ENTRELUGAR

Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFGD

ANO 12 | número 24 | 2021



ISSN 2176-9559

"Essas palavras que escrevo me protegem da completa loucura."
Charles Bukowski, poeta, 1920-994

ENTRE-LUGAR

v. 12, n. 24

UNIVERSIDADE FEDERAL

DA GRANDE DOURADOS

Coordenadoria Editorial

Revista Semestral do Programa de Pós-Graduação em Geografia
da Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD
Dourados, v. 12, n.24, 2021.

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

COED

Coordenador Editorial: Givaldo Ramos da Silva Filho

FCH

Diretora da Faculdade de Ciências Humanas, Marisa de Fátima Lomba de Farias

REVISTA ENTRE-LUGAR

Editores: Charlei Aparecido da Silva e Lisandra Pereira Lamoso
Editor convidado Fabio de Oliveira Sanches

CAPA

Charlei Aparecido da Silva e Rafael Brugnolli Medeiros
Criada a partir das figuras presentes na Seção Temática Técnicas Estatísticas e de Modelagem aplicadas à Climatologia.

EDITORAÇÃO E DIAGRAMAÇÃO

Charlei Aparecido da Silva, Lidiane Perbelin Rodrigues, Rafael Brugnolli Medeiros e Bruno de Souza Lima

COMISSÃO CIENTÍFICA

Aldomar Arnaldo Rückert (UFRGS), Adáuto de Oliveira Souza (UFGD), Ana Fani Alessandri Carlos (USP/CNPq), Antonio Thomaz Junior (Unesp – Presidente Prudente), Arlete Moysés Rodrigues (Unicamp), Cássio Eduardo Viana Hissa (UFMG), Carlos Espíndola (UFSC), Celene Cunha Monteiro A. Barreira (UFG – Goiânia), Charlei Aparecido da Silva(UFGD), Dirce Maria Antunes Suertegaray (UFRGS), Douglas Santos (PUC), Edvaldo César Moretti (UFGD), Flaviana Gasparotti Nunes (UFGD), Francisco de Assis Mendonça (UFPR/ANPEGE), Francisco Sergio Ladeira (Unicamp), João Edmilson Fabrini (Unioeste – Rondon), Lia Osório Machado (UFRJ), Lisandra Pereira Lamoso (UFGD), Marcelino Andrade Gonçalves (UFMS), Márcio Cataia (Unicamp), Márcio Piñon de Oliveira (UFF), Márcia Yukari Mizusaki (UFGD), Márcio Rogério Silveira (Unesp – Ourinhos), Marcos Aurélio Saquet (Unioeste – Beltrão), Margareth Cristiane Trindade da Costa Amorim (UNESP), Maria José Martinelli Silva Calixto (UFGD), Rogério Haesbaert da Costa (UFF/CNPq), Silvana de Abreu (UFGD), Silvio Carlos Rodrigues (UFU/CNPq (CA)), Tereza Cristina Cardoso de Souza Higa (UFMT), Wenceslao Machado de Oliveira Junior (Unicamp).

COMISSÃO INTERNACIONAL

Adriano Rovira (Instituto de Geociências da Universidad Austral de Chile), Fabrício Vázquez (Universidad Nacional de Asunción – Paraguai), José Omar Moncada Maya (Universidad Nacional Autónoma do México (UNAN), Maria Laura Silveira (Conicet- Instituto de Geografía, Universidad de Buenos Aires), Massimo Quaini (Università di Genova - Unige/Itália), Xosé Manuel Santos Solla (Universidad de Santiago de Compostela - USC/Espanha)

Entre-Lugar [recurso eletrônico]/Universidade Federal da Grande Dourados, Faculdade de Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em Geografia. – Ano 1, n.1 ([jan./jun.], 2010)- . – Dados eletrônicos. – Dourados, MS: Ed. Universidade Federal da Grande Dourados, 2010- Semestral.
Modo de acesso: Word Wide Web:
< http://ojs.ufgd.edu.br/index.php/entre-lugar >
ISSN 2176-9559 (online).

1. Geografia. 2. Geopolítica. 3. Universidade Federal da Grande Dourados – Periódicos. I. Universidade Federal da Grande Dourados. Faculdade de Ciências Humanas.

Ficha Catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da UFGD.
Alisson Antonio de Souza – CRB1 2722

ENTRE-LUGAR

v. 12, n. 24

UNIVERSIDADE FEDERAL

DA GRANDE DOURADOS

Coordenadoria Editorial

Revista Semestral do Programa de Pós-Graduação em Geografia
da Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD
Dourados, v. 12, n.24 - 2021.

ENTRELUGAR

Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFGD

ANO 12 | número 24 | 2021



ISSN 2176-9559

"Essas palavras que escrevo me protegem da completa loucura."
Charles Bukowski, poeta, 1920-994

SUMÁRIO

EDITORIAL

O pastiche, a Ciência Brasileira e o poema de Manuel Bandeira 09-16

Charlei Aparecido da Silva

Fabio de Oliveira Sanches

ARTIGOS

Redes da migração haitiana no Mato Grosso do Sul.....18-48

Alex Dias de Jesus, Jones Dari Goettert

A paisagem entre a região e o lugar.....49-76

Leonardo Luiz Silveira da Silva

O urbano no contexto da produção acadêmica do Programa de Pós Graduação em Geografia da Universidade Federal do Piauí entre os anos de 2013 e 2020.....77-97

Juliana Oliveira Araújo, Alice Silva Costa Alelaf

Caracterização físico-ambiental da bacia hidrográfica do rio Santo Antônio.....98-125

Cleiton Messias Rodrigues Abrão, André Geraldo Berezuk, Adelsom Soares Filho, Gilberto Alves de Assis Júnior

***Geography, landscape and photogeography an experience in teaching deaf students*.....103**

(Geografia, paisagem e fotogeografia: uma experiência no ensino de alunos surdos)

Jean Volnei Fernandes, Valdir Adilson Steinke, Alfonso Garcia de la Vega

SEÇÃO TEMÁTICA

TÉCNICAS ESTATÍSTICAS E DE MODELAGEM APLICADAS À CLIMATOLOGIA

Climatologia do regime de chuvas em Campina Grande/PB: modelos e variabilidades.....147-169

Hermes Alves de Almeida, Emerson Galvani

Análises estatísticas da precipitação e temperatura do ar em ambientes semiáridos.....170-191

Jório Bezerra Cabral Júnior, Rebecca Luna Lucena

Avaliação da tendência da precipitação no município de Campina Verde (MG) no período de 1976 a 2020.....192-208

Rildo Aparecido Costa, Arlei Teodoro de Queiroz

Variação espaço-temporal da temperatura do ar no perímetro urbano de Ponte Nova, na Zona da Mata Mineira.....209-243

Edson Soares Fialho, Rodson Andrade Allocca, Larissa Galvão Fontes dos Santos, Welerson Machado Silva, Crislaine de Oliveira Jesus Luz

Teleconexões atmosféricas e vazão fluvial na bacia amazônica brasileira por meio de mapas de correlação linear.....244-268

Leila Limberger, Maria Elisa Siqueira Silva

Utilização do índice de área construída (IBI) para análise da evolução espaço-temporal da temperatura da superfície continental (TSC) na região metropolitana do rio de janeiro (RMRJ).....269-300

Andrews Lucena, Isabela Herbst, Vanessa Bastos, Vitor Miranda

Aplicação e avaliação de técnicas para o preenchimento de falhas de dados pluviométricos em anos habituais, secos e chuvosos.....301-320

Thiago Alves de Oliveira, Fabio Sanches, Cássia de Castro Martins Ferreira

Caracterização e variabilidade climática baseada em séries de temperatura e precipitação nos municípios de Manaus (AM) e Belém (PA).....321-345
Thiago Oliveira dos Santos, Valdir Soares de Andrade Filho, Rebeca dos Santos França, Weslley de Brito Gomes, Vinícius Machado Rocha

Validação estatística de dados do Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) para a bacia hidrográfica do rio Jordão – Paraná – Brasil.....346-366
Bruno Henrique Costa Toledo, Aparecido Ribeiro de Andrade

Dados discrepantes ou outliers: avaliação da quadra chuvosa do semiárido do RN, Brasil.....367-387
Bruno Claytton Oliveira da Silva, Ranyére Silva Nóbrega

NOTA DE PESQUISA

CNPq e a genealogia de um desmonte 389-394
Denise de Souza Elias

RESENHA

Um breve comentário a respeito do IPCC AR6.....396-403
Vinícius Machado Rocha

EDITORIAL

EDITORIAL

O PASTICHE, A CIÊNCIA BRASILEIRA E O POEMA DE MANUEL BANDEIRA

A Revista Entre-Lugar apresenta seu segundo número de 2021, sua vigésima quarta edição. Como nas outras edições a publicação deste número é resultado do empenho dos pareceristas, dos autores e do apoio técnico recebido da Editora da UFGD, a qual tem dedicado esforços para manter a qualidade e o funcionamento do portal de periódicos, mesmo frente a tantas adversidades registradas no ano de 2021.

O trabalho conjunto é uma marca importante da REL (Revista Entre-Lugar), ele permite dar continuidade aquilo pensado no passado quando da criação da revista e a publicação das edições semestrais. A elaboração da capa desta edição contou com o apoio de técnico Rafael Brugnolli Medeiros, egresso do PPGG-UFGD. A doutoranda Lidiane Perbelin Rodrigues se encarregou da revisão técnica dos artigos, isso no que se refere ao atendimento das normas. Agradecemos imediatamente ambos pelo trabalho realizado.

Sobre a capa desta edição. As figuras dos textos foram usadas como hachuras a fim de preencher o Entre-Lugar sempre presente no logotipo da revista. Não há uma exatidão métrica, prevalece a ideia do preenchimento do Entre-Lugar, o qual, como na realidade, não corresponde necessariamente há representações fixas. O leitor e os próprios autores deverão buscar nas figuras o significado geográfico do onde e seus por quês. A palavra pastiche aqui ganha o contexto presente nas artes plásticas, se mescla ao autor do poema que fecha esse editorial, usuário habitual dessa técnica.

O tempo pró-tempore e pandêmico, sobrecarregado e incerto, relatado no editorial da vigésima terceira edição, não se diluiu; registramos ainda a permanência de uma necropolítica e o desmantelamento daquilo que sustenta e/ou sustentava a universidade pública e a pesquisa científica brasileira.. As estruturas normativas, o fomento financeiro, o regramento, os princípios políticos e administrativos construídos e consolidados por décadas a partir de esforços individuais e coletivos cada vez se tornam mais frágeis e distantes do ideal. O contexto da pós-graduação brasileira se apresenta muito distante daquilo que foi vivenciado no período de 2000 a 2015 sob diversos aspectos, seja no que diz respeito ao financiamento e/ou regramentos normativos e/ou política institucional. O ano de 2021 é marcado assim por muitas

manifestações, cartas de repúdio e ações colaborativas na internet a fim de denunciar e evitar de alguma forma o desmantelamento da ciência brasileira. A ANPEGE (Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia) e a SBPC (Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência) se demonstraram ativas nesse processo.

O PNPG proposto o interstício 2011-2020 foi incorporado ao PNE (Plano Nacional de Educação) instituído pela Lei 13.005 de 2014, em suas vinte metas para educação brasileira vislumbrava-se aumentar "qualitativa e quantitativamente o desempenho científico tecnológico do país e a competitividade internacional da pesquisa brasileira", e, "ampliar o investimento na formação de doutores de modo a atingir a proporção de 4 (quatro) doutores por 1.000 (mil) habitantes", ao contrário disto no presente observa-se um horizonte muito diferente.

A judicialização do processo de avaliação quadrienal da CAPES, os pedidos de renúncias nos comitês de áreas e o atraso na formulação do PNPG (Planos Nacionais de Pós-Graduação) para o período 2021-2030 são fragmentos das incertezas que se apresentam e corroem diuturnamente o sistema de pós-graduação brasileiro, e, por consequência, a formação de recursos humanos especializados, a pesquisa científica e o desenvolvimento de Ciência & Tecnologia. Esse panorama foi retratado na Revista Pesquisa Fapesp, Edição nº309 de novembro 2021, na reportagem "Turbulência no horizonte da pós-graduação", assinada por Fabricio Marques e disponível para leitura em: https://revistapesquisa.fapesp.br/folheie-a-edicao-de-novembro-de-2021.

Soma-se. O que se apresentava como factual no âmbito do CNPq no que diz respeito a oferta de editais e possibilidades de financiamento à pesquisa nos parece um pastiche quando comparado aquilo ofertado a comunidade científica brasileira em anos anteriores. A palavra pastiche aqui ganha o tom negativo da manipulação desprovida de validade e credibilidade. O corte imposto, a pedido do Ministério da Economia, a perda imediata de R$ 600 milhões no orçamento da ciência brasileira surge assim como aquilo relatado na batalha de Batracomiomaquia, uma paródia cômica presente em poema épico. Batracomiomaquia retrata a caricatura posta no corte do orçamento previsto para a ciência brasileira, o ato em si e seu significado em curto prazo para a ciência brasileira é desastroso – uma busca pela palavra batracomiomaquia permitirá compreender o contexto de seu uso. Nem mesmo aquilo que se apresentava como um patrimônio da comunidade científica brasileira, reconhecida internacionalmente, a Plataforma Lattes, não passou ilesa em 2021. O mesmo aconteceu com a

Plataforma Carlos Chagas. Ambas apresentaram problemas no decorrer do ano por falta de manutenção, prejudicando o cotidiano dos pesquisadores sob vários aspectos e formas.

Como aprendi nas minhas aulas de Geomorfologia Fluvial, um rio nunca se modifica abruptamente, raros são os casos; quase sempre são ações conjuntas, contínuas e interligadas que levam a sua modificação. A ação das ondas, por exemplo, em seu movimento contínuo e ininterrupto na base de suas margens leva ao solapamento, desencadeia movimentos de massa na forma de blocos, cuja consequência é a erosão e o assoreamento. O que se observou assim na CAPES e no CNPq no ano de 2021 foi o solapamento da estrutura que formam, que dão sustentação, ao desenvolvimento da Ciência & Tecnologia do país – infelizmente. Daí a importância da Nota de Pesquisa, **CNPq e a genealogia de um desmonte,** escrita pela pesquisadora Denise Elias, nela encontraremos com objetividade, números e fatos sobre o quadro de fragilidade posto, o solapamento da ciência brasileira em curso.

O segundo número de 2021 da Revista Entre-Lugar apresenta aos seus leitores como sempre textos inéditos, decorrentes de experiências de pesquisa realizadas em diversas partes do Brasil. O texto de abertura é um registro especial, um fragmento da tese de doutorado de Alex Dias de Jesus, **Redes da migração haitiana no Mato Grosso do Sul**, agraciada pela CAPES como a melhor tese de Geografia no ano de 2021. Publicar o texto desse jovem pesquisador é um privilégio.

Os artigos que se seguem. **A paisagem entre a região e o lugar** explora campos da congruência semântica da categoria paisagem e seu diálogo com a região sob o aspecto teórico-conceitual, tendo como elemento de analise o movimento conhecido como virada cultural; faz reflexões sobre o uso do sentido da paisagem e sua construção nas formas discursivas.

O urbano no contexto acadêmico analisa o banco de dissertações do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Piauí (PPGGEO-UFPI), o propósito, averiguar o estado da arte dos trabalhos voltados ao contexto da urbanização, evidenciando os procedimentos metodológicos utilizados nas pesquisas. Observa-se uma contribuição importante da pós-graduação em Geografia no que diz respeito ao estudo das cidades do Piauí – condição que reforça a importância dos programas de pós-graduação no âmbito da pesquisa brasileira. Essa importância também se faz presente no artigo **Diagnóstico físico-ambiental da bacia hidrográfica do rio Santo Antônio**, resultado de pesquisa realizada no Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFGD, cujo objetivo foi analisar os componentes físicos e

antrópicos dessa bacia hidrográfica de Mato Grosso do Sul fazendo uso de geoprocessamento e SIGs. Os resultados revelam a ocorrência de processos erosivos em função do uso e ocupação de áreas com restrições ao uso agrícola, uma condição que se repete com frequência no estado e sem trabalhos semelhantes não é possível a implementação de ações mitigadoras.

Geography, landscape and photogeography an experience in teaching deaf students aborda um tema desafiador, a inclusão de alunos com deficiência no processo de ensino-aprendizagem da Geografia. A proposta usa a geoiconográfica como instrumento, relata e analisa a experiência realizada com alunos surdos matriculados do 6º ao 9º ano do ensino fundamental de uma escola pública do Distrito Federal/Brasil. O foco, encontrar as relações e possibilidades de ensino-aprendizagem tendo como base três eixos: paisagem, fotogeografia e transdisciplinaridade. Observa-se a experiência sensitiva vivida durante atividade de campo, revela uma compreensão de mundo no a ausência parcial ou total do som cria outras dimensões, a espacialidade geográfica ganha uma outra estrutura lógica, registrada por meio de fotografias. Um texto singular e importante, acreditamos que sua publicação permitirá a realização de experiências semelhantes e ampliará o debate sobre a inclusão e a necessidade de uma Geografia inclusiva.

Para além dos artigos encaminhados em fluxo contínuo e selecionados para essa edição uma Seção Temática, "**Técnicas Estatísticas e de Modelagem aplicadas à Climatologia**", se faz presente. A ST (Seção Temática) foi construída visando incentivar e promover à pesquisa científica no campo da Geografia. Elaborada a partir de uma ação colaborativa e interinstitucional a ST contou com um editor convidado, o Prof. Dr. Fabio de Oliveira Sanches, da Universidade Federal de Juiz de Fora. Uma experiência profícua cujo resultado inspira a realização de outras ST no futuro. O professor Fabio Sanches assina também o Editorial dessa edição.

Sobre a ST trazemos um conjunto de artigos que buscam demonstrar diversas técnicas estatísticas aplicadas aos estudos de climatologia desenvolvidos por geógrafos. O artigo intitulado **Aplicação e avaliação de técnicas para o preenchimento de falhas de dados pluviométricos em anos habituais, secos e chuvosos** traz a comparação de técnicas estatísticas para o preenchimento de falhas (*regressão linear* e *ponderação regional*) em dados pluviométricos mensais, bem como a aplicação de técnicas para avaliação da consistência dos valores preenchimentos (*Coeficientes de Determinação, Correlação de Pearson, Teste Dupla-*

Massa, teste t de Student, Erro Médio Absoluto, Erro Relativo Médio e da Raiz do Erro Quadrado Médio), sobretudo para anos considerados, na Climatologia Geográfica, como *habituais*, *secos* e *chuvosos*.

O artigo **Validação estatística de dados do *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) para a bacia hidrográfica do rio Jordão – Paraná – Brasil** nos apresenta uma alternativa para um antigo problema comumente enfrentado por climatologista/climatólogos, além das falhas de dados, a inexistência de estações meteorológicas em localidades de difícil acesso e/ou áreas remotas. Por meio dos recursos do satélite TRMM e de sua grade de dados, é demonstrado um método, e porque não também chamar de técnica, de ajuste e correção de seus dados à partir de dados obtidos em estações meteorológicas de superfície: *a proposição de um modelo*. Assim como o artigo sobre preenchimento de falhas, o qual abre essa ST, foram adotados procedimentos estatísticos que buscaram a validação e consistência dos dados obtidos.

Ambos os artigos demonstram o profundo cuidado e zelo com uma etapa extremamente importante em qualquer pesquisa em climatologia: *a coleta, a organização e preparação dos dados para análises posteriores*.

No texto **Dados discrepantes ou *outliers*: avaliação da quadra chuvosa do semiárido do RN, Brasil** os leitores poderão encontrar técnicas qualitativas (*Boxplot* e *Dotplots*) e quantitativas (*Escore Z, Escore Z Modificado, Grubbs* e *Dixon*) para avaliar a ocorrência de dados discrepantes de precipitação no semiárido do estado do Rio Grande do Norte, considerando condições climáticas caracterizadas como *habituais* ou *excepcionais*.

Estudos sobre a região nordeste do Brasil são igualmente trazidos no artigo intitulado **Análises estatísticas da precipitação e temperatura do ar em ambientes semiáridos**. Nele, os autores exploram a adoção de técnicas da estatísticas descritiva (*média, mediana, desvio padrão e anomalias*) e inferencial (*t* de *Student*, *Mann-Kendall* e *ANOVA*) a fim de caracterizar diferenças em parte do semiárido nordestino.

Técnicas analisando as anomalias das chuvas e dos índices de seca meteorológica (*Índice de Anomalia da Chuva, Índice Padronizado de Precipitação Modificado* e *decis*), bem como análises de dispersão são desenvolvidos no artigo **Climatologia do regime de chuvas em Campina Grande/PB: modelos e variabilidades**.

A avaliação de tendências também foi objeto de estudo em parte da região do Triângulo Mineiro, presente no texto **Avaliação da tendência da precipitação no município de Campina Verde (MG) no período de 1976 a 2020**. Nele os autores empregam a técnica consagrada em estudos sobre longas séries temporais na busca por evidências de mudanças no comportamento da pluviosidade, por meio de planilha eletrônica *MAKESENS-application for trend calculation*, disponível na web para pesquisadores que se debruçam sobre o tema.

Estudos sobre a climatologia na região Norte do Brasil são apresentados nos artigos **Teleconexões atmosféricas e vazão fluvial na bacia amazônica brasileira por meio de mapas de correlação linear**, e, **Caracterização e variabilidade climática baseada em séries de temperatura e precipitação nos municípios de Manaus (AM) e Belém (PA)**. No primeiro, são demonstradas as correlações entre os padrões de teleconexões atmosféricas e as vazões dos rios da bacia amazônica por meio da aplicação de *técnicas de análise de clusters* e de *coeficientes de correlação linear*. No segundo artigo são aplicadas *técnicas de estatística descritiva* e *modelagem polinomial* para demonstrar e compreender as mudanças no comportamento das temperaturas e precipitações em Manaus e Belém, à partir da segunda metade do século XX.

Os dois últimos artigos da ST, mas não menos importantes, versam sobre estudos em Climatologia Urbana. O artigo **Variação espaço-temporal da temperatura do ar no perímetro urbano de Ponte Nova, na Zona da Mata Mineira** busca compreender as variações de temperatura na cidade de Ponte Nova (MG) analisando-os sob a perspectiva das *diferenças e semelhanças estatísticas*, *técnicas dos quantis* complementando suas análises por meio de técnicas como *Sky View Factor* e a *participação das massas de ar* no período de coleta dos dados. Por sua vez a **Utilização do índice de área construída (IBI) para análise da evolução espaço-temporal da temperatura da superfície continental (TSC) na região metropolitana do rio de janeiro (RMRJ)** nos traz o sensoriamento remoto como ferramenta de análise da atmosfera urbana, tendo como viés a compreensão da importância de averiguar as mudanças em sua superfície e suas correlações diretas e indiretas no clima urbano das cidades. Por meio do uso das imagens de satélite e seus recursos foi possível extrair um conjunto de índices e equações a partir de características físicas registradas pelos sensores remotos.

Para além do que já foi brevemente descrito sobre cada artigo da ST, cabe ressaltar, o caráter eminentemente didático apresentado nas técnicas estatísticas empregadas. Essa

característica norteou a seleção dos artigos publicados, uma vez que essas e outras técnicas se mostram cada dia mais eficazes como ferramentas de análise para a Climatologia, sobretudo, para a Climatologia desenvolvida por geógrafos.

A ST trata-se, portanto, de uma contribuição aos estudos desenvolvidos por colegas da Geografia, pesquisadores da área da Climatologia, a qual tem ampliado, se apropriado do uso de ferramentas, de técnicas e de métodos da Estatística.

A edição termina com a resenha **Um breve comentário a respeito do IPCC AR6,** resultado da leitura e avaliação do Sexto Relatório de Avaliação (AR6) publicado pelo IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas) em agosto de 2021. Como o próprio autor escreve "a publicação sintetiza o conhecimento sobre as bases físicas das ciências relacionadas ao clima, analisa as evidências científicas da mudança do clima tomando como parâmetro mais quatorze mil estudos". O relatório reforça tendências passadas, evidencia e não deixa dúvidas sobre qual o papel da sociedade no que tange a mudança do clima global, é enfático sobre a gravidade do problema.

Aqueles que chegaram até aqui, nossos agradecimentos. A mensagem permanece; que o conhecimento científico seja sempre aquele a descortinar o achismo e a ignorância, aquele a eliminar os dogmas e o fanatismo. Que a poesia, a literatura, a arte e outras formas de expressão nos ajudem a ir além da lógica e da racionalidade formal, para com isso sermos mais humanos – inclusive para compreendermos com clareza a importância e o papel social da Ciência. Cada vez mais isso nos parece essencial e reforça os princípios editoriais da REL.

Quando do término deste editorial a campainha soa, a cena cotidiana se repete, a pergunta se faz presente novamente: "**Tem algo para dar?!**". Nesses tempos o pedido por comida é o mais comum. O flagelo que se abate sobre a comunidade indígena em Dourados é reconhecido nacionalmente, são eles os invisíveis, os transeuntes e os mais necessitados. Paradoxalmente na cidade cercada por commodity há fome, muita fome. O poema de Manuel Bandeira, "O Bicho", escrito em 1947, surge como um lampejo; passados setenta e quatro anos, em pleno século XXI, sua crítica social se apresenta como real e retrata fielmente aquilo que ainda presenciamos em Dourados e outras partes do Brasil nesse momento histórico marcado pela pandemia, arbitrariedades, fome e em certa medida a desesperança:

Vi ontem um bicho
Na imundície do pátio
Catando comida entre os detritos.

Quando achava alguma coisa,
Não examinava nem cheirava:
Engolia com voracidade.

O bicho não era um cão,
Não era um gato,
Não era um rato.

O bicho, meu Deus, era um homem.

(Manuel Bandeira, "O Bicho", 1947)

Que possamos incrementar, incentivar e fomentar o desejo por publicar, por se fazer ciência! Que possamos seguir acreditando em dias melhores! Em dias sem fome.

Charlei Aparecido da Silva
Editor da Revista Entre-Lugar

Bruno de Souza Lima
Secretário Executivo

Fabio de Oliveira Sanches
Editor da Seção Temática

Dourados (MS) – 2021

Final de Primavera, nunca é demais reafirmar aquilo que já foi dito:

"O pobre pode e deve comer camarão, ele tem o direito de ter o que produz."

O HAITI E A ALTERNATIVA MIGRATÓRIA[1]

HAITI AND THE MIGRATORY ALTERNATIVE

HAITÍ Y LA ALTERNATIVA MIGRATORIA

Alex Dias de Jesus
Instituto Federal do Piauí
alexdias@ifpi.edu.br

Jones Dari Goettert
Universidade Federal da Grande Dourados
jonesgoettert@ufgd.edu.br

RESUMO

Este artigo objetiva traçar um panorama das migrações haitianas para diversos destinos do mundo, em destaque para o continente americano. Transformado em país mais pobre do continente e imerso em uma contínua crise que mistura instabilidade política, precariedade econômica, ingerência estrangeira e desastres ambientais, o Haiti tornou-se incapaz de prover dignamente a sua população dos direitos humanos mais básicos como saúde e educação gratuitas. Frente a um quadro tão complexo, milhões de haitianos buscam na migração internacional alternativas para a melhoria das condições de vida, inclusive dos familiares que permanecem no país. Com base em um levantamento bibliográfico diversificado, foi possível identificar que há mais de um século a migração internacional vem sendo a saída encontrada por parte significativa da população. No século XXI, frente às restrições de entrada no Norte Global, os haitianos incorporam países da América do Sul como novos destinos.

Palavras-chave: Haiti. Migração Internacional. Espaço transnacional. Trabalho. Remessas.

ABSTRACT

This article aims to provide an overview of Haitian migrations to various destinations in the world, especially the American continent. Transformed into the poorest country on the continent and plunged into a continuous crisis that mixes political instability, economic

[1] Este artigo é resultado da pesquisa de doutorado do autor, realizada no Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), com o título "Redes da migração haitiana no Mato Grosso do Sul" (2020).

precariousness, foreign interference and environmental disasters, Haiti has become incapable of dignifiedly providing its population with the most basic human rights such as health and education free. Faced with such a complex situation, millions of Haitians are looking to international migration for alternatives to improve their living conditions, including family members who remain in the country. Based on a diversified bibliographic survey, it was possible to identify that for over a century international migration has been the solution found by a significant part of the population. In the 21st century, faced with restrictions on entry into the Global North, Haitians are incorporating South American countries as new destinations.

Keywords: Haiti. International Migration. Transnational space. Work. Remittance.

RESUMEN

Este artículo tiene como objetivo proporcionar una descripción general de las migraciones haitianas a varios destinos en el mundo, especialmente al continente americano. Transformado en el país más pobre del continente y inmerso en una crisis continua que mezcla inestabilidad política, precariedad económica, injerencia extranjera y desastres ambientales, Haití se ha vuelto incapaz de brindar dignamente a su población los derechos humanos más básicos como la salud y educación gratis. Ante una situación tan compleja, millones de haitianos buscan en la migración internacional alternativas para mejorar sus condiciones de vida, incluidos los familiares que permanecen en el país. A partir de un estudio bibliográfico diversificado, se pudo identificar que durante más de un siglo la migración internacional ha sido la solución encontrada por una parte importante de la población. En el siglo XXI, ante las restricciones de entrada al Norte Global, los haitianos están incorporando a los países de América del Sur como nuevos destinos.

Palabras clave: Haiti. Migración Internacional. Espacio transnacional. Trabajo. Remesas.

INTRODUÇÃO

A migração internacional é uma marca profunda do Haiti. Há mais de um século os haitianos recorrem à migração como alternativa ao precário quadro socioeconômico vigente e buscam, por meio da inserção laboral e educacional fora do país, formas de ascensão social tanto para os que migram quanto para os que permanecem. Uma das características marcantes

dessa migração, verificada em vários fluxos em diferentes tempos e espaços, é a grande vinculação daqueles que migram com as famílias e comunidades de origem.

De maneira paradoxal, a globalização, desde as fases iniciais da colonização até o período atual, deslocou o Haiti para a periferia através da Divisão Internacional do Trabalho e ofereceu condições – predominantemente precárias – para a inserção dos migrantes haitianos como trabalhadores necessários nas economias desenvolvidas e subdesenvolvidas, ocupando um lugar bem marcado na parte inferior da hierarquia social. Como exemplo, os haitianos estiveram empregados nos canaviais da República Dominicana e de Cuba, no setor hoteleiro das Bahamas, e mais recentemente na construção civil e nos frigoríficos do Brasil.

O passado do Haiti como colônia francesa contribuiu para que a província do Quebec, no Canadá, e os atuais departamentos ultramarinos franceses de Martinica, Guadalupe, San Martin e Guiana Francesa e a própria França se transformassem em destinos dos migrantes haitianos. Por outro lado, a influência dos Estados Unidos no Caribe, especialmente após a ocupação americana no Haiti, entre 1915-1934, também influenciou para que grandes grupos se estabelecessem em cidades como Miami, Nova York e Boston e em suas respectivas regiões metropolitanas.

A localização do Haiti, no centro do mar do Caribe, contribuiu para que além dos destinos prioritários, outros intermediários fossem alcançados em uma migração por etapas. Várias ilhas do Caribe passaram a receber migrantes haitianos que pretendiam se estabelecer temporariamente antes de ingressar em países como Estados Unidos, França e Canadá. Essa estratégia, nem sempre concretizada, ampliou o espaço social haitiano para além das fronteiras do Estado-nação.

Como uma constante, a migração haitiana segue como alternativa viável para a reprodução social e mobilidade econômica. É por isso que, de maneira quase ininterrupta, os haitianos seguem apostando na migração, acrescentando destinos na diáspora que se iniciou há mais de um século. A América do Sul, especialmente países como Brasil e Chile, tem se constituído como uma recente extensão do espaço transnacional haitiano através das relações sociais dos migrantes e não migrantes entre origem e destinos.

Recentemente, impactados pela deterioração das condições de vida no Brasil, muitos daqueles que haviam aqui chegado anos antes passaram a migrar em direção aos Estados Unidos. Um projeto nem sempre bem-sucedido, obrigando milhares deles a permanecerem nas cidades da fronteira norte do México. Em 2021, além da saída massiva de haitianos do Brasil e do Chile, muitos outros saídos diretamente do Haiti se somaram àqueles que permanecem no México há alguns anos para, uma vez mais, tentarem ingressar nos Estados Unidos.

Frente a isso, o objetivo deste artigo é apresentar um panorama da migração haitiana pelo mundo, argumentando que a saída do país é uma alternativa de sobrevivência apresentada para homens e mulheres, sobretudo os mais jovens. Para isso, buscamos auxílio em um levantamento bibliográfico diversificado sobre investigações realizadas nos diversos destinos dessa intensa e contínua migração. Espera-se, com isso, que o leitor possa compreender que as raízes da migração estão fortemente assentadas no desenvolvimento desigual.

A SAÍDA MIGRATÓRIA: OS HAITIANOS PELO MUNDO

O Haiti foi marcado pela grande presença estrangeira no país. Pouco tempo depois da independência, a imposição das dívidas vinculou a produção interna às necessidades das potências e submeteu o Haiti à dependência internacional. Embora a ocupação dos Estados Unidos tenha se efetivado em 1915, antes disso, já era grande a influência norte-americana nas terras caribenhas através de empresas agropecuárias. Por meio delas surgem as primeiras grandes migrações de haitianos para outros países do Caribe, principalmente Cuba e República Dominicana.

Transformado em país mais pobre do continente americano, é dele que saem, há mais de um século, os trabalhadores e trabalhadoras mais pauperizados que serão recrutados (ou não) em diversos países da região. Para os que dispõem de melhores condições financeiras, o acesso aos Estados Unidos, Canadá e França é prioritário. Para os demais, além desses

destinos, outros atravessamentos intermediários funcionam como estágios a serem cumpridos. É assim que alcançam o México, a República Dominicana ou a Guiana Francesa. A maioria permanece sem alcançar o sonho da "grande diáspora", mas não regressam em definitivo para o Haiti.

Enquanto fenômeno de grande dimensão e continuidade no tempo, a mobilidade haitiana assume padrões variados desde o início do século XX. O processo migratório está intimamente ligado à história do Haiti. Postos em movimento, milhões de haitianos expandiram o espaço desse país muito além de suas fronteiras demarcadas, produzindo um espaço transnacional através de variados vínculos. Mais do que os números, as relações entre os diferentes destinos e o Haiti, materializadas pelos sujeitos em mobilidade, lançam luz na compreensão desse processo.

Segundo Regine Jackson (2011), os estudiosos do transnacionalismo acreditam que o geógrafo haitiano Georges Anglade, ainda na década de 1970, foi o primeiro a usar o termo "décimo departamento" para descrever a província externa do Haiti, composta por migrantes, exilados e refugiados que viviam no exterior. Era o início da conceituação do que mais tarde ele chamaria de "novo espaço haitiano" para se referir à diáspora, a ampliação do espaço haitiano feita através das migrações, sua manutenção e recriação a partir de variados fluxos, conectando distintos locais de destino e de passagem com os de origem.

No contexto revolucionário do Haiti no início do século XIX, alguns colonos fugiram e levaram consigo negros escravizados para a vizinha Cuba. Os primeiros colonos franco-haitianos começaram a chegar nas províncias de Baracoa, Guantánamo e Santiago de Cuba em 1789, mas em número ainda reduzido. Em 1793, cerca de 2.000 colonos brancos fogem para Cuba, República Dominicana e Estados Unidos (MALEMBE, 2013). Como já tinham experiência no manejo dos cafezais, esses colonos transformaram-se na vanguarda econômica das regiões onde se estabeleceram, principalmente nas franjas montanhosas de Sierra Maestra e na Cordilheira de Nipe-Sagua-Baracoa, locais com terras mais baratas (MACHADO; LORES, 2014).

Esse primeiro fluxo não teve continuidade durante o século XIX. As autoridades coloniais cubanas passaram a impedir a entrada de haitianos para evitar a propagação das

ideias revolucionárias trazidas pelos negros e mulatos livres[2]. Já estabelecidos na ilha de Cuba, os senhores cuidaram de evitar possíveis revoltas, reduzindo castigos corporais mais severos, permitindo festejos e a compra da liberdade para alguns (MACHADO; LORES, 2014). Desse modo, a migração haitiana para Cuba diminuiu até o fim daquele século, voltando a aumentar nas primeiras três décadas do século XX, com outro perfil e outras características.

De acordo com Machado e Lores (2014), em 1889, a empresa norte-americana *United Fruit Company* iniciou suas atividades na região cubana de Banes, mas enfrentou escassez de mão de obra local para a construção da usina e das vias férreas. A partir desse momento, inicia-se um fluxo migratório de antilhanos, sobretudo de haitianos e jamaicanos, tendo o primeiro grupo chegado à cidade em 1900. Nos anos seguintes, a companhia manteve a contratação de migrantes, na maioria das vezes de maneira ilegal.

Os *braceros*, como eram denominados, configuravam uma migração sazonal. Anualmente eram recrutados nas áreas rurais do Haiti e da Jamaica, embarcados para Cuba, onde permaneciam durante os meses da colheita da cana-de-açúcar, principalmente, mas também trabalhavam em cafezais e fazendas de algodão. A contratação dessa mão de obra era vantajosa pois era barata, altamente produtiva, além de não demandar um vínculo empregatício estável, sendo dispensada e devolvida aos seus países no período de entressafra.

Os fluxos ficaram conhecidos, de modo pejorativo, como "haitianadas" e referiam-se aos trabalhadores que se deslocavam principalmente da costa sul do Haiti para o leste de Cuba. "Este tráfico de *braceros* entre Haiti e Cuba esteve controlado por empreiteiros haitianos, utilizados pelas companhias norte-americanas, que viam nesses homens e mulheres mão de obra barata e disponível aos seus interesses" (MACHE; LIMONTA, 2007, p. 2, tradução nossa). De acordo com Pichardo (1973), em 1912, entraram 1.400 haitianos em Cuba, entre 1913 e 1921, 81.000 e entre 1921 e 1930, 114.495.

A partir desse momento, a migração diminuiu significativamente. A depressão econômica dos anos 1930, as flutuações no preço do açúcar e a crescente rejeição pelos

[2] A Revolução Haitiana ocorreu entre 1791 e 1803, com a declaração de independência da França em 1 de janeiro de 1804. Ainda no curso da Revolução, em 1793, os haitianos declararam o fim da escravidão.

trabalhadores cubanos, contribuíram para a criação de decretos que impediram a entrada e expulsaram milhares de antilhanos, sendo a maioria haitianos, ainda no ano de 1931. Apesar da proibição, os *braceros* continuaram a chegar até 1961 para trabalhar nas lavouras de café (JOSEPH, 2015).

Embora majoritariamente sazonal, gradativamente a população haitiana foi permanecendo em Cuba, dando origem a comunidades nas atuais províncias de Camaguey, Las Tunas, Holguín, Granma, Santiago de Cuba e Guantánamo. Começaram a agrupar-se em torno da língua, da religião e de outros costumes trazidos do Haiti, como forma de enfrentar as dificuldades de adaptação. "Isto lhes permitiu sustentar uma identidade entre seus membros e, a sua vez, constituir elementos de alteridade ao proporcionar a diferenciação como meio de reafirmação ou autodefinição de si mesmos" (MACHE; LIMONTA, 2007, p. 3, tradução nossa). Para essas autoras, as comunidades haitianas, em consequência dos processos de transculturação, transformaram-se em comunidades haitiano-cubanas, originando novas características etnoculturais, mudança nas atividades econômicas, bilinguismo, mobilidade para zonas urbanas, dentre outras.

Alguns autores defendem que, com a Revolução Cubana em 1959 e as transformações políticas e econômicas provenientes dela, os haitianos passaram a ter os mesmos direitos que os cubanos e assim suas influências foram visibilizadas gerando processos de transculturação e diminuíram sua marginalização (MALEMBE, 2013; MACHE; LIMONTA, 2007).

Joseph (2015) afirma que, em 1944, estimava-se em cerca de 80.000 o número de haitianos residentes em Cuba. Baptiste e Vieira (2016), apontam a existência de mais de 200.000 na década de 2010. Esse acréscimo se deve às grandes saídas nos últimos anos da ditadura Duvalier, na instabilidade decorrente do golpe de estado de 2001 e mais recentemente, na saída pós terremoto de 2010. Por situar-se a cerca de 100 quilômetros do Haiti, muitos haitianos enxergam em Cuba uma alternativa de destino ou de passagem e se arriscam na travessia em frágeis embarcações. Em 2011, por exemplo, 38 pessoas morreram após o naufrágio de uma embarcação na costa de Guantánamo[3].

[3] Naufrágio em Cuba mata 38 emigrantes haitianos. http://veja.abril.com.br/mundo/naufragio-em-cuba-mata-38-emigrantes-haitianos/

Também nas primeiras décadas do século XX inicia-se a contratação de *braceros* para as áreas canavieiras da República Dominicana. Assim como em Cuba, a carência de mão de obra foi suprida com o trabalho sazonal de milhares de antilhanos, inicialmente vindos das ilhas caribenhas de língua inglesa, mas a grande maioria foi e continua sendo proveniente do Haiti. As contratações eram irregulares até 1919 e por esse motivo não há números confiáveis acerca da presença haitiana no país nesse período. A partir dessa data, o governo militar de ocupação estadunidense[4] formalizou um sistema de contratos regulados para a importação desses trabalhadores que passaram a ser cerca de 5.000 anualmente. Os censos dominicanos registraram 28.258 haitianos em 1920 e 52.657 em 1935 (WOODING; MOSELEY-WILIAMS, 2004).

Por décadas os *braceros,* contratados no campo haitiano formaram a base do trabalho que sustentou a produção açucareira da República Dominicana. Passaram a residir nas proximidades das áreas canavieiras em povoações conhecidas como *bateyes* – inicialmente alojamentos para trabalhadores, transformados depois em bairros com população predominantemente haitiana ou dominico-haitiana. Nesses locais, há carência de serviços básicos como saúde, educação e saneamento. Configuram-se, ainda hoje, como espaços segregados em várias áreas do país. "Na atualidade há umas 30.000 famílias *bateyanas*. Todas elas sofrem os resultados da negligência dos proprietários de açúcar, do governo e dos países importadores, como Estados Unidos ou Reino Unido" (REVUELTA, 2017, p. 1, tradução nossa).

A presença crescente de haitianos na República Dominicana provocou o surgimento de reações contrárias, tanto da elite quanto da população pobre. Mais do que xenofobia, a aversão aos haitianos ficou conhecida como anti-haitianismo, marcada profundamente pelo preconceito racial. Entre os dominicanos, é comum a associação dos haitianos e descendentes com o estrito trabalho nos canaviais. Por esse motivo, grande parte da população nega a ancestralidade africana para não se assemelhar aos haitianos. De acordo com Grondin (1985),

[4] Os Estados Unidos, que já haviam ocupado militarmente o Haiti em 1915, iniciaram uma ocupação na República Dominicana em 1916 e permaneceram até 1924.

no imaginário de grande parte da população, ser negro significa ser haitiano e, portanto, cortador de cana. Uma manifestação da colonialidade do pensamento sob a forma de racismo.

Durante toda a história da migração haitiana nesse país, os migrantes conviveram com o desrespeito verbal, a segregação residencial, a ausência de serviços essenciais, deportações arbitrárias, as piores remunerações e os trabalhos mais precários. Enfim, uma série de abusos e violações que foram amplamente denunciadas internacionalmente por organizações de Direitos Humanos. O ápice da violência aconteceu em 1937, quando o ditador Rafael Leonidas Trujilo, que governou o país entre 1930 e 1961, ordenou a matança de milhares de haitianos, principalmente nas áreas fronteiriças. Não se sabe o número de mortes, mas as estimativas chegam a 30.000 (WOODING; MOSELEY-WILIAMS, 2004).

Apesar da continuidade das contratações temporárias, a República Dominicana passou a ser um destino, ao menos provisório, da diáspora haitiana. Os 275 quilômetros de fronteira entre os dois países e a rede de estradas que os conectam apresentam menos obstáculos à entrada do que outros vizinhos do Caribe, por exemplo. Desse modo, essa migração aumentou durante o século XX e o Censo de Imigrantes Haitianos realizado pela Oficina Nacional de Estatística, em 1991, registrou a presença de 245.000 deles no país (WOODING; MOSELEY-WILIAMS, 2004).

Soma-se ainda a grande quantidade de domínico-haitianos, que são os filhos e netos nascidos na República Dominicana, estimados em 260.000 na década de 1990 (WOODING; MOSELEY-WILIAMS, 2004). Por esse motivo, frequentemente, estima-se em mais de 500.000 o número de haitianos e descendentes residentes no país. Entretanto, esses autores fazem a ressalva das inúmeras deportações, muitas delas coletivas, fazendo com que os números apresentados possam ser superestimados. Os números inflados também são utilizados no discurso político contrário à essa migração, quando se argumenta que o Estado dominicano tem arcado com os custos sociais da presença haitiana dentro de suas fronteiras.

De todo modo, a República Dominicana é um dos mais destacados destinos da migração haitiana. Apenas os Estados Unidos têm uma população de migrantes haitianos comparável em números, afirma Martínez (2011). Obviamente, a menor distância e os menores custos da migração para o país vizinho ajudam a entender a permanência desse

fluxo. Apesar de ser o mais "acessível" é o menos desejado dos destinos e muitos dos que lá estão, almejam migrar para outros países que ofereçam melhores condições de vida.

> Paradoxalmente, os haitianos consideram a República Dominicana como o menos desejado dos destinos internacionais da migração. Em outro lugar, observei que a maioria dos conhecimentos dos haitianos sobre seu vizinho na ilha de Hispaniola parece estender-se pouco além da sua reputação como um mundo de plantação que absorve o mais despreparado dos emigrantes do país. Os residentes das zonas rurais fronteiriças do sudeste do Haiti, as principais áreas de onde partem os migrantes, conhecem o país vizinho melhor, mas mantêm poucas opiniões melhores sobre isso. No Sudeste, onde fiz meses de campo etnográfico, rumores e lendas descrevem a República Dominicana como um lugar de intriga, traição, magia, loucura e assassinato (...) A República Dominicana não é, enfaticamente, um lugar onde a maioria dos haitianos desejaria se instalar, ao menos no momento em que saem de casa pela primeira vez (MARTÍNEZ, 2011, p. 51, tradução nossa).

Além das violações mencionadas, em 2004, a *Ley General de Migración* aplicou uma exceção ao princípio do *jus soli* que permite negar a cidadania dominicana aos filhos de pessoal diplomático, dos migrantes não documentados e trabalhadores temporários, considerando-se que todos esses são migrantes em trânsito. A partir desse momento, muitos haitianos foram deportados e milhares de crianças nascidas em solo dominicano tornaram-se apátridas (BERNARDES, 2016). Isso porque, para as autoridades dominicanas, grande parte da população haitiana no país encontra-se em trânsito e não reside definitivamente.

Em setembro de 2013, o Tribunal Constitucional da República Dominicana emitiu a sentença 168-13 que causaria ainda maior impacto na vida dos haitianos e dominicanos de ascendência haitiana residentes no país. A decisão passou a considerar que todos os nascimentos de filhos de imigrantes em situação irregular no país, desde 21 de junho de 1929[5], se enquadrariam na definição de "pessoas em "trânsito". Diante de tantos abusos, inclusive respaldados em lei, não é difícil imaginar o porquê de muitos haitianos não terem a República Dominicana como destino permanente e sim, como uma etapa provisória em seus projetos migratórios.

[5] Data da Constituição Dominicana de 1929, na qual filhos de estrangeiros em trânsito não mais teriam direito à nacionalidade dominicana.

Outro destino da migração haitiana é o arquipélago das Bahamas. Essa migração começou na década de 1950, quando o crescimento do turismo e a instalação de empresas *offshore* demandou a contratação de trabalhadores migrantes dos Estados Unidos, mas também do Caribe. Alfonso (2012) afirma que, nesse período, a migração era predominantemente temporária. Os haitianos passavam temporadas, juntavam dinheiro e retornavam ao Haiti. Nas décadas seguintes, com a consolidação do país como destino turístico e com o processo de transição para a independência – que ocorreu em 1973, os haitianos passaram a migrar por conta própria e serem empregados no setor hoteleiro, na construção civil e na agricultura.

À medida que foi se configurando uma comunidade haitiana no sul da Flórida, as Bahamas se converteram em lugar de passagem para Miami. Transformou-se em um destino intermediário, onde os migrantes de outras partes do Caribe permaneciam um tempo necessário para organizar a continuidade da viagem. Também em muitos casos, migrantes pagavam passagens de barco até a Flórida, mas eram abandonados ali. Ainda que muitos haitianos migrem para as Bahamas, o fazem tentando chegar aos Estados Unidos, mas a espera no lugar de passagem pode durar anos ou até mesmo a vida inteira. "Isto marca a migração haitiana nestas ilhas com um selo particular de não pertencimento" (ALFONSO, 2012, p. 23, tradução nossa).

> Paradoxalmente, a regularização do status nas Bahamas através da aquisição de uma autorização de trabalho ou residência promove a migração para o sul da Flórida. As autorizações de trabalho e residência permitem que os migrantes encontrem empregos com melhor remuneração, o que lhes permite economizar dinheiro para futuras migrações e solicitar um visto para entrar nos Estados Unidos. Além disso, os cidadãos das Bahamas com passaportes válidos não precisam de visto para entrar nos Estados Unidos (JACQUES, 2011, p. 93, tradução nossa).

Essa característica enquanto local de passagem teve consequências diretas no sistema migratório bahamês que impôs uma série de restrições para a regularização como residente. Dentre elas, entrada no país antes de 12 de janeiro de 1985, não possuir antecedentes criminais e estar trabalhando. Os poucos que conseguem atingir esses critérios, amargam anos para finalizar o processo, exceto se possuem investimentos no país (JACQUES, 2011).

Mesmo com as restrições, a migração haitiana teve continuidade no início dos anos 1990, período de grande instabilidade política no Haiti e voltou a crescer após a catástrofe de 2010. De acordo com Alfonso (2012), o Censo de 2001 contabilizou 21.426 haitianos no país, o que representava 7% da população. Porém, o mesmo autor sugere que aproximadamente 60.000 vivam no arquipélago, já que cerca de dois terços são indocumentados.

Assim como na República Dominicana, os haitianos estão sujeitos à discriminação racial generalizada. São acusados de inflarem os serviços de saúde e educação e, como correm o risco de deportação, vivem uma grande segregação residencial em favelas com ausência de serviços básicos. "O trabalho manual que os haitianos desempenham na agricultura, paisagismo, construção, hotéis e restaurantes é comumente referido como 'trabalho haitiano'" (JACQUES, 2011, p. 98, tradução nossa). Isso talvez indique que o haitiano ocupa o lugar do "outro", do não estabelecido, na sociedade nacional.

A localização das Bahamas no Caribe contribuiu para a configuração enquanto local de passagem da migração haitiana, isto é, um destino temporário que serve para conectar o noroeste do Haiti e o sul da Flórida (JACQUES, 2011). Contudo, Alfonso (2012) acrescenta que a posição ocupada por esse país no cenário geopolítico regional reflete diretamente nas práticas transnacionais desses migrantes. Ele sugere que os haitianos que para lá se destinam não são tão pobres a ponto de permanecerem no Haiti ou migrarem para a República Dominicana, mas também não têm recursos suficientes para chegarem diretamente aos Estados Unidos ou Canadá.

Isso significa que o espaço intermediário das Bahamas, entre centro e periferia, também é refletido na condição social dos migrantes que conectam o Haiti aos Estados Unidos através de suas práticas transnacionais. Há desde uma minoria que se estabeleceu no país e atualmente consegue acessar tanto os Estados Unidos quanto o Haiti, fazendo viagens ou remessas, até aqueles que se restringem a contatos esporádicos com parentes nos dois lugares. A posição que cada um ocupa nas Bahamas reflete o grau e o tipo de interação com familiares que estão fora.

Na última década, o debate em torno na migração haitiana nas Bahamas voltou a se acirrar. A nova política migratória das Bahamas, em vigor desde 1 de novembro de 2014, exige que todos tenham um passaporte ou documento bahamês. Sem passaporte ou autorização de trabalho, migrantes são sumariamente detidos e, em alguns casos, deportados. Embora essa lei sirva para os migrantes em geral, é principalmente sobre os haitianos que seu peso recai, pois são os mais excluídos da restrita política de regularização. Nos últimos anos, aumentaram as vistorias policiais e detenções nas favelas de Nassau, capital do país, onde vivem a maioria dos haitianos (ROBLES, 2015).

Com os pais em situação indocumentada, as crianças não podem obter passaporte no país e caso solicitem no Haiti, perdem a futura possibilidade de cidadania bahamense ao completar 18 anos. Com isso, muitas crianças estão sendo impedidas de estudar por não portarem documentos nem do Haiti nem das Bahamas. Essas medidas trazem sérias consequências para a segunda e terceira gerações, pois aqueles que conseguirem permanecer no país, dificilmente terão acesso à educação e, provavelmente, continuarão exercendo os mais precários e mal pagos serviços.

Como afirmamos, a migração para as Bahamas a partir da década de 1960 esteve associada ao trânsito de migrantes para a Flórida. De acordo com Joseph (2015), ainda na década de 1950, a elite haitiana enviava seus filhos para estudarem nos Estados Unidos. Porém, foi durante o período da ditadura Duvalier que esse fluxo se intensificou. Nesse período, a migração era predominantemente de intelectuais e membros de diversas categorias da classe média.

Para Audebert (2012), essa migração deve ser analisada no contexto da aproximação dos Estados Unidos com o Haiti, principalmente após a ocupação militar. A presença estadunidense exerceu influência também no plano cultural. O ensino de inglês tornou-se obrigatório durante o governo de Élie Lescot (1941-1946) e aumentou o número de igrejas protestantes americanas no país. Durante o século XX, o expansionismo e intervencionismo americano no Caribe aumentou a dependência política e econômica do Haiti em relação a eles. “Foi dentro do quadro dessa nova forma de dependência que a emigração para países

vizinhos foi desenvolvida e depois para os próprios Estados Unidos" (AUDEBERT, 2012, p. 24, tradução nossa).

No contexto ditatorial, os primeiros perseguidos a deixarem o país foram os membros da elite mulata que migraram para os Estados Unidos ainda no final da década de 1950. A autoproclamação de François Duvalier como presidente vitalício, em 1964, assustou profissionais da classe média que também se exilaram. Médicos, professores, advogados e outros profissionais liberais passaram a migrar com suas famílias para os Estados Unidos. Nas décadas de 1970 e 1980, apesar de algumas medidas liberalizantes na política e na economia, a pobreza generalizada, principalmente no campo, impulsionou milhares de camponeses pobres à migração. Desse modo, o que era restrito a um pequeno grupo nos anos iniciais da ditadura, generalizou-se no universo haitiano nos anos finais e mesmo após o duvalierismo.

De acordo com Audebert (2012), no período de 1956 a 1986, 154.108 haitianos migraram legalmente para os Estados Unidos. Entretanto, a grande maioria encontra-se fora desse número pois a prática comum era solicitar o visto de turista, quando não era possível obter o de residente, e prolongar a estadia de maneira irregular. Além disso, muitos partiam sem qualquer documentação, através das frágeis embarcações pelo mar do Caribe. Entre 1977 e 1981, mais de 50.000 haitianos chegaram vivos à costa da Flórida (STEPICK, 1992). Porém, é sobretudo no conturbado período pós Duvalier, no final dos anos 1980, que o fenômeno dos *boat people* ganha destaque[6].

A migração haitiana para os Estados Unidos intensifica-se no contexto do golpe de Estado implementado pelo General Raoul Cédras que depôs o presidente Jean-Bertrand Aristide, em 1991. De acordo com Audebert (2012, p. 35, tradução nossa), "durante os três anos do golpe, entre 3 mil e 5 mil partidários de Aristide foram assassinados. Essa situação serviu de catalisador para o relançamento de fluxos migratórios para a Flórida". Nos anos 2000, o sentimento de insegurança, a instabilidade política e a precariedade das condições de

[6] Nesse período, foi grande a reação contrária dos americanos em relação aos haitianos. Discursos racistas que associavam os haitianos à AIDS e à criminalidade eram frequentes.

vida vão continuar apontando a migração como uma saída para grande parte da população, sobretudo os mais jovens.

Alguns autores como Télémaque (2012), Nieto (2014) e Baptiste e Vieira (2016) indicam que o número de haitianos residentes nos Estados Unidos atualmente é de cerca de 1 milhão, distribuídos em diversos estados, mas com grande concentração na Flórida (46,2%), Nova York (25,1%), Massachusetts (8,2%) e New Jersey (7,4%) (MENINO, 2009). Em alguns desses locais, as comunidades haitianas adquiriram grande organização política e um avançado debate acerca dos direitos dos migrantes. "Como resultado, dois deputados estaduais de ascendência haitiana já foram eleitos na legislatura de Massachusetts desde 2000, e mais haitianos estão buscando ativamente cargos eletivos em vários outros estados" (TÉLÉMAQUE, 2012, p. 27).

O primeiro destino de uma migração massiva de haitianos nos Estados Unidos foi Nova York. Como mencionamos, em fins da década de 1950, esses migrantes eram principalmente políticos e membros de diversas categorias da classe média. Por terem ocupado postos privilegiados na sociedade haitiana e, de modo geral, usufruído de boa formação, esses migrantes se estabeleceram na área metropolitana de Nova York, mas evitavam a associação com uma "comunidade haitiana" fora do Haiti. Glick-Schiller *et al* (1987) mostraram que as primeiras associações de haitianos na cidade estavam restritas a clubes recreativos e não buscavam falar em nome de todos os haitianos, e sim reforçar a distinção de classe que trouxeram do país de origem. "Os membros estavam orientados a retornar ao Haiti onde esperavam derrubar o regime de Duvalier e restaurar suas próprias posições políticas e sociais de classe alta" (GLICK-SCHILLER *et al*, 1987, p. 170, tradução nossa).

Com a mudança no perfil dos migrantes haitianos nos Estados Unidos, que passou a receber cada vez mais uma população pobre, principalmente do Norte e Noroeste do Haiti, as associações se multiplicaram e diversificaram, incorporando o debate étnico e nacionalista. Na década de 1970, com a continuidade da ditadura, aqueles que não tinham meios suficientes para a migração documentada passaram a realizar a viagem para a Flórida através de barcos, no fenômeno conhecido como *boat people.* É a partir desse momento que

o número de haitianos em Miami começa a crescer e supera essa população residente em Nova York. Em 2008, estimava-se que entre 350.000 e 400.000 haitianos residiam no estado americano da Flórida (FAGEM *et al,* 2009).

Os primeiros *boat people* chegaram à costa da Flórida em 1972 e o fluxo tornou-se regular a partir de 1973, trazendo cada vez mais haitianos que fugiam da precariedade econômica e da insegurança presente no regime de Jean-Claude Duvalier. Também neste ano as Bahamas tornaram-se independentes e dificultaram a entrada e permanência de haitianos no arquipélago, o que fez com que, entre o retorno e uma nova migração, os haitianos optassem pela segunda opção, na maioria dos casos. Desse modo, a Flórida foi se tornando um destino para milhares de famílias haitianas somando-se ao grande de número de hispânicos e caribenhos de outros países que para lá se dirigiam.

Ao analisar essa migração, Audebert (2004) afirma que as frequentes trocas de informações, recursos e produtos, bem como a própria circulação das pessoas entre a Flórida e o Haiti, gerou uma família transnacional haitiana, estruturada por relações fortes entre seus membros. Esse quadro familiar foi fundamental para a continuidade da migração e para a inserção urbana. Fatores como pobreza e o tamanho das famílias dificultaram a migração de todos de uma só vez e assim os jovens, preferencialmente homens, migravam primeiro para depois acolher os demais membros, em uma estrutura de rede migratória.

> As decisões (individuais ou não) de migração são articuladas nas redes sociais cuja família é o quadro principal. O enorme afluxo de haitianos para a Flórida por quase 30 anos criou centenas de milhares de famílias transnacionais com grandes fluxos de capital e informações (AUDEBERT, 2004, p. 5, tradução nossa).

A reforma da lei de migração de 1965 aboliu as cotas por nacionalidade e enfatizou a importância da reunião familiar, concedendo 74% dos vistos de residência nessa categoria até 1980. Isso contribuiu para que muitas famílias haitianas se reunificassem na Flórida, sobretudo em Miami. “Assim, entre 1982 e 2001, 96% dos 114.400 haitianos admitidos, foram beneficiados pelo reagrupamento familiar” (AUDEBERT, 2004, p. 5, tradução nossa).

Soma-se a isso os reagrupamentos indocumentados, já que no Haiti, frequentemente, a concepção de família extrapola o núcleo de pais e filhos e incorpora primos, tios, avós e até

vizinhos e amigos de infância. Essa família "alargada" desempenhou importante papel nas remessas de dinheiro e na divisão dos custos no destino. Contrariando as normas de habitação da época, as casas planejadas para cinco ou seis pessoas, agrupavam doze e até quinze membros dessa família haitiana ampliada no auge do reagrupamento, no início da década de 1980. Ao dividir ao máximo o aluguel, podiam economizar preparando-se para uma situação de desemprego ou para a mobilidade residencial futura, desmembrando a família e mudando-se para áreas mais periféricas. Em consequência, a forte concentração da população haitiana na área de Miami conhecida como "*Little Haiti*", nas décadas de 1970 e 1980, deu lugar a uma dispersão maior em vários bairros periféricos (AUDEBERT, 2004).

Nas décadas iniciais do século XXI esse fluxo da migração haitiana diminuiu, devido às maiores restrições e ao controle das fronteiras estadunidenses. Porém, a intensa circulação de informações, capitais e mercadorias entre a Flórida e o Haiti mantém o papel de destaque de uma rede transnacional, tendo as famílias como nós centrais.

A terceira maior comunidade de haitianos nos Estados Unidos está em Boston, no estado de Massachusetts, com números que se aproximam das 100.000 pessoas (FAGEM *et al*, 2009). Embora o censo de 2004 tenha contabilizado 60.630 nacionais do Haiti residindo na cidade, Jackson (2011) alerta para o fato de que muitos haitianos chegaram por meio da migração interna, tendo residido antes em outras cidades americanas, além dos casos daqueles que chegaram com visto de turista e permaneceram sem regularizar a situação no país.

Assim como em Nova York, as chegadas começaram no fim da década de 1950 tendo as mesmas características: comerciantes, profissionais liberais, estudantes e outros, em geral com recursos e boa formação educacional que fugiam da ditadura. Mais pobres e menos escolarizados, aqueles que chegaram no fim da década de 1980 e durante os anos 1990 partiram de diversas regiões do Haiti, grande parte de origem rural com prolongada exposição à violência. Diferente dos anteriores, tinham pouca ou nenhuma experiência com migração (JACKSON, 2011). Alguns se beneficiaram dos processos de reunião familiar e outros das solicitações de refúgio no contexto do golpe de Estado de 1991 e a violência agravada nos anos seguintes.

O estudo de Jackson (2011) mostra que a concepção de diáspora foi sendo concebida pelos haitianos em Boston ao longo de várias décadas. Enquanto os primeiros vivenciaram pouca interação na sociedade de destino e investiam mais no Haiti do que em Boston, os últimos viram na interação comunitária, baseada nos laços de conterraneidade, uma convergência da consciência diaspórica.

Essa mudança nos usos do conceito pelos haitianos reflete os distintos contextos migratórios entre as décadas de 1950 e 2000. Apesar da situação política do Haiti, os primeiros viam na migração a possibilidade de acesso à educação e ao trabalho, mas em grande parte vinculado ao desejo de retorno. Já os que migraram nas últimas décadas deram um sentido político à diáspora e contribuíram mais intensamente para que Boston fosse vista não apenas como um lugar para ganhar dinheiro, mas também como o centro da atividade política e cultural da diáspora.

A diáspora haitiana nos Estados Unidos tem se mostrado bastante ativa na vida política e cultural nos lugares onde estão inseridos. Além dos casos acima elencados, há contingentes significativos desses migrantes nos estados de Nova Jersey, Pensilvânia, Geórgia e Connecticut (MENINO, 2009). Nas últimas duas décadas surgiram dezenas de programas de rádio e televisão que se destinam a produzir conteúdo para essas comunidades. Até mesmo onde os haitianos estão em pequena quantidade, como no estado de Michigan, as associações têm se configurado como elementos importantes da diáspora (VERNA, 2011). Se entre os anos de 1970 e 1980, quando a migração indocumentada era expressiva, esconder-se era uma estratégia vital para evitar a deportação, a partir dos anos 1990 observou-se uma consolidação da diáspora com maior engajamento político em diversas esferas.

No Canadá, os haitianos começaram a se estabelecer no mesmo período da migração para Nova York, tendo também a ascensão de Duvalier como causa principal dessa mobilidade inicial. Assim como em outros destinos, políticos e profissionais liberais iniciaram esse processo que foi alterando-se nas décadas posteriores no que diz respeito à sua composição demográfica e social. Todavia, a relação dessa comunidade com o governo canadense foi significativamente diferente.

De acordo com Fagem *et al* (2009) o início da migração haitiana para o Canadá coincidiu com a passagem do poder político da província do Québec das mãos dos conservadores anglófonos para os liberais francófonos, em 1960. Para fortalecer essa base, precisavam de profissionais de língua francesa que contribuíssem com as transformações que desejavam. Assim, o Québec, e mais precisamente a cidade de Montreal, tornou-se o grande centro da diáspora haitiana no país.

> Como os haitianos se assentaram no Québec e se concentraram em Montreal, a comunidade é percebida como um número maior do que realmente é. Em 2006, havia 102.061 cidadãos de origem haitiana no Canadá, um aumento de 20.000 desde 2001, com 91.435 residentes no Quebec. É a segunda maior população de origem caribenha no Canadá, mas apenas metade da população jamaicana (FAGEM *et al*, 2009, p. 32, tradução nossa).

Médicos, enfermeiras, professores e agrônomos ajudaram a ampliar a oferta e a qualidade dos serviços sociais na província. Nos anos 1960 se podia contar mais de duzentos médicos e cerca de mil professores haitianos no Quebec (ICART, 2004). O elevado grau de instrução desses profissionais contribuiu para atenuar o preconceito racial. Situação diferente será vivenciada pelos haitianos migrantes a partir de meados da década de 1970.

Essa migração aumentou bastante a partir de 1975, como resultado da reunificação familiar e dos pedidos de refúgio. Desse modo, a composição da migração mudou e começaram a chegar haitianos de diferentes estratos sociais. É nesse contexto que as relações entre haitianos e canadenses passam a ser mais conflituosas. Dorino (2009) argumenta que a crescente presença de haitianos que falavam apenas o *creóle*, a recessão econômica dos anos 1980 e a existência de trabalhadores qualificados em número suficiente, contribuíram para a rejeição cada vez maior desses migrantes.

Embora o idioma tenha sido um fator fundamental na integração dos haitianos no Québec, a racialização dessa migração dificultou a mobilidade social de muitos deles. Em 2005, a taxa de desemprego entre os jovens haitianos era quase duas vezes maior do que a média da província. 15,9% contra 8,2% (NIETO, 2014). Agrava o fato de a comunidade de origem haitiana no Québec ser predominantemente jovem, a maioria da segunda ou terceira

gerações. Segundo Boucard (2006), em 2001, mais de 50% dessa população tinha menos de 30 anos de idade.

O idioma francês também foi um fator que contribuiu para que milhares de haitianos se deslocassem para os territórios franceses ultramarinos de Guadalupe, Martinica, St. Martin e Guiana Francesa. Nesses locais, a população haitiana corresponde de 30 a 50% da população migrante (LAETHIER, 2015) e desde a década de 1960 tem marcado profundamente as relações com a população local e outros grupos de migrantes, pois, por se tratar de um grupo numeroso, manteve visibilidade e provocou rejeições.

De acordo com Alfonso (2012), as estimativas indicam que em Guadalupe vivem entre 15.000 e 20.000 haitianos; 15.000 em St. Martin; menos de 10.000 em Martinica e cerca de 40.000 na Guiana Francesa. Todavia, o mesmo autor alerta para a oscilação desses números, tendo em vista que muitos haitianos estão em deslocamento, podendo permanecer um tempo variável até acessar outro destino. Acrescentamos o fato de que a recente mobilidade a partir de 2010 pode ter incorporado ainda mais migrantes a esses destinos, como foi o caso da Guiana Francesa.

Diferente do que aconteceu na América do Norte, a migração haitiana para os territórios franceses do Caribe iniciou com uma mobilidade da força de trabalho nos anos iniciais da década de 1960. Trabalhando em diversas áreas, principalmente na agricultura e construção civil, esses migrantes foram fundamentais, já que, naquela época, esses territórios eram pouco povoados a ponto de produzir e contribuir com a economia francesa. Para se ter uma ideia, na Guiana Francesa, a população estrangeira correspondia a 1/10 em 1946 e saltou para 1/3 em 1990. Surinameses, brasileiros e principalmente haitianos estiveram na base do crescimento populacional do local (CALMONT, 1993).

Iniciada em 1963, a migração de haitianos foi aumentando até a média de entrada anual chegar a 2.000 pessoas entre os anos de 1980 e 1984 (CALMONT, 1993). Nesse período, o visto de permanência na Guiana Francesa já estava condicionado à comprovação de um vínculo empregatício com carteira assinada. Essa restrição fez surgir uma nova rota através do Suriname que se configurou como um espaço de passagem para a maioria dos

haitianos. Munidos de um visto surinamês temporário, os haitianos deslocavam-se para a Guiana Francesa, principalmente para as cidades de Saint-Laurent-du-Marroni e Cayenne.

Apesar da emergência do Suriname enquanto espaço de passagem, Joseph (2015) relata que os primeiros haitianos a chegarem no país foram recrutados no Haiti para trabalharem nas plantações de cana-de-açúcar em 1977, criando as bases de migrações futuras. Outros passaram a utilizar este país com um local de estadia temporária, uma pausa necessária no movimento em direção ao vizinho departamento francês. Diante das dificuldades em conseguir a documentação para residir na Guiana Francesa, muitos se estabeleceram em Paramaribo e criaram bases de redes migratórias que foram sustentadas ao longo de décadas.

> A nova "rota do Suriname" é seguida por aqueles que não podem obter um passaporte, um visto ou qualquer outro documento, por exemplo, um convite escrito de um parente que já tenha residido legalmente na Guiana Francesa. Eles então recorrem a redes de migração, também chamadas de "vein" em créole. É claro que há outro acesso mais legal para a entrada na Guiana Francesa: o migrante pode comprar um visto de curto prazo que menciona "os Departamentos Franceses das Américas" e, em seguida, simplesmente permanecer. Mas o custo é muito alto. Uma alternativa mais barata é a "rota do Suriname" com o *rakètè*, os contrabandistas. Esses contrabandistas trabalham com "agências" (*ajans*), redes de intermediários que são distribuídos ao longo da rota (LAETHIER, 2015, p. 233, tradução nossa).

É necessário apontar que os destinos adquirem significados variados na migração haitiana e que, às vezes, o projeto migratório realiza-se em etapas. Entrar na Guiana Francesa e regularizar-se legalmente é um importante passo para se chegar à França. "Aqueles que chegam ou já estão na Guiana Francesa consideram este país como 'país de França', o que dá outro significado à sua mobilidade" (LAETHIER, 2015, p. 14).

No cenário das discussões da Diretiva do Retorno[7] na Comunidade Europeia, em 2009, o governo francês solicitou do governo do Suriname diminuição dos vistos para haitianos com o objetivo de controlar a entrada destes na Guiana Francesa. Desse modo, como estratégia de contornamento, outras rotas e redes começaram a surgir. É nesse contexto

[7] Diretiva 2008/115/CE do Parlamento Europeu que passou a vigorar em 2010. Estabeleceu procedimentos comuns aos países membros da U.E. no que diz respeito aos migrantes em situação irregular, prevendo deportação e em alguns casos prisões sem julgamentos.

que se insere a entrada de haitianos por Tabatinga, Amazonas, a partir dos primeiros meses de 2010.

Com a restrição do Suriname, para alcançar a Guiana Francesa, a maioria dos haitianos que entravam por Tabatinga seguiam uma rota de vários dias cujos pontos principais eram Manaus, Santarém, Macapá e Oiapoque. Ao chegar na cidade fronteiriça de St. Georges, procuravam a polícia para adquirir um visto temporário com o qual se deslocavam para Cayenne e, por fim, pediam refúgio na prefeitura (JOSEPH, 2015). Porém, em 2011, o governo francês deixou de conceder esse visto e muitos migrantes passaram a fazer o trajeto Oiapoque-Cayenne de balsa, em precárias condições de segurança. Apesar das restrições e da vigilância, essa rota ainda funciona como via de acesso para migrantes, principalmente haitianos e brasileiros.[8]

Outros países e ilhas do Caribe também se inserem na diáspora haitiana, com populações de migrantes numericamente menores, mas igualmente relevantes para pensar os processos que dão forma ao que estamos tratando aqui como espaço transnacional haitiano, notadamente a partir da articulação desses destinos com o Haiti, mas também com outros locais. É assim, por exemplo, com os cerca de 10 mil haitianos que vivem nas Ilhas Turks e Caicos, possessão inglesa que incorporou o trabalho de haitianos na expansão do turismo na década de 1990 (ALFONSO, 2012).

Apesar da residência de algumas centenas e até milhares de haitianos, alguns locais estão bastante associados ao espaço de trânsito, principalmente para os Estados Unidos. São os casos de Porto Rico e Jamaica que, devido à proximidade, serviram de pontos estratégicos em momentos de grande tensão no Haiti (ALFONSO, 2012). Mais recentemente, a Venezuela se inseriu nas rotas dos haitianos para chegarem até o Brasil, embora, segundo Machado (2010), os censos venezuelanos registraram um fluxo pequeno, porém permanente, desde a década de 1950, chegando no início dos anos 2000 com uma população oficializada de cerca de 1.661 haitianos no país.

[8] "Naufrágio com imigrantes revela faceta do tráfico". Disponível em: http://selesnafes.com/2017/02/naufragio-com-imigrantes-revela-faceta-do-trafico/

Outro tradicional destino dessa migração, a França, abriga atualmente entre 25.000 e 30.000 haitianos que se concentram, predominantemente, nos subúrbios de Paris (MOONEY, 2011). Devido à relação colonial, há séculos ocorrem movimentações de pessoas entre os dois países, mas até a década de 1970, o número era bastante limitado e estava restrito a estudantes e professores que dispunham de meios para acessar um destino tão distante.

> Esses migrantes, em geral de classe média alta e alta, vinham principalmente de Porto Príncipe e não viam a França como um novo país, mas pretendiam voltar sob um sistema mais democrático (MOONEY, 2011, p. 118, tradução nossa).

O pioneiro estudo de Bastide, Morin e Raveau (1974) apontou 400 haitianos na França em 1970, sendo 300 estudantes. Dez anos antes, eram apenas 100. De modo semelhante ao que ocorreu em outros países, o contexto ditatorial exerceu influência direta sobre a diversificação da migração no que se refere aos destinos e ao perfil dos migrantes. Dos anos 1980 até a atualidade, há um fluxo com maior heterogeneidade social e etária. É justamente nessa década que o número de migrantes haitianos na França mais cresceu, passando de 4.724 em 1982 para 12.311 em 1990 (MOONEY, 2011).

Segundo Primé (2013), enquanto os primeiros facilmente se integraram na sociedade local, em grande parte devido ao elevado grau de educação formal, os demais encontraram dificuldades. Como muitos chegaram com visto de turista e permaneceram, a ausência de documentação legalizada desdobrava-se na inacessibilidade de emprego e outros serviços. Mooney (2011) afirma que a laicidade do Estado francês afastou instituições religiosas que em outros locais atuavam como mediadores, priorizando a relação do indivíduo com as instituições estatais. Isso enfraqueceu importantes fontes de apoio para os migrantes haitianos, como aconteceu nos Estados Unidos.

A continuidade desse fluxo esteve sustentada basicamente nas redes familiares. Porém, em momentos de crise política no Haiti, algumas entradas foram realizadas por meio de asilo político e refúgio. Com o golpe de 1991, estudantes e intelectuais apoiadores de Aristide buscaram apoio nas embaixadas e alguns conseguiram chegar à França. Entre 2003

e 2004 a situação se repete. Mais uma vez, após o terremoto de 2010, o governo francês concedeu 700 bolsas para estudantes haitianos em universidades francesas (PRIMÉ, 2013).

Contudo, segundo Mooney (2011), o nacionalismo francês opera como um importante fator de segregação. Por exemplo, em 2002, a taxa de desemprego entre os haitianos era de 28,4% contra 12,5% dos franceses. Embora o grau de escolaridade, habilidades em língua francesa e experiência profissional provavelmente influenciem nas altas taxas de desemprego entre os haitianos, as dificuldades em obter cidadania francesa e discriminações diversas também contribuem.

Essa diversificação dos destinos da migração haitiana se reflete nos aportes financeiros. Uma das consequências diretas da migração haitiana é o envio de remessas. O envio de dinheiro aos familiares está intimamente ligado ao projeto migratório posto em prática por milhões de haitianos pelo mundo. Tal é a importância disso que entre 2005 e 2014, as remessas de migrantes representaram entre 20 e 30% do PIB haitiano (MAGALHÃES; BAENINGER, 2016). De acordo com Mooney (2011), durante os anos 2000, as transferências representaram entre 3 e 4 vezes o valor das exportações do Haiti e correspondeu ao dobro do orçamento anual naquela década. A cada ano, entre 1,5 e 1,8 bilhão de dólares era transferido para o Haiti através de seus migrantes. Para além desses números estão as transferências informais, transportadas pelos próprios migrantes.

Charry (2017), ao analisar os números das transferências de migrantes para os países da América Latina, informa que o Haiti recebeu 2,4 bilhões de dólares provenientes dessa fonte em 2016. A autora destaca ainda que nos países centro-americanos e caribenhos esses recursos têm maior impacto.

> Nos países centro-americanos e do Caribe se evidencia igualmente uma alta das remessas impulsionadas pela recuperação do emprego estadunidense. Se bem que nestas nações ingressam muito menos recursos que no México, nelas as remessas são mais importantes para suas respectivas economias. Enquanto no México as remessas equivalem a 2,5% do Produto Interno Bruto, no Haiti são 29,6%; em Honduras, 18,4% e em El Salvador, 17,2%. Pelo contrário, na Argentina, Brasil e Chile estes giros implicam um ingresso pequeno, com apenas 0,1% do seu PIB (CHARRY, 2017, p. 88, tradução nossa).

Também são diversas as finalidades e os usos dessas transferências. Geralmente, as famílias com mais recursos econômicos, tendem a destinar parte ou todo o dinheiro recebido para a aquisição ou melhoria de bens, como reforma ou compra de imóveis ou automóveis. Já aquelas com menos recursos, tendem a utilizar o dinheiro imediatamente nas despesas de consumo familiar. De acordo com os dados obtidos no Projeto "Estudos sobre a Migração Haitiana ao Brasil e Diálogo Bilateral", mais de 80% das remessas são destinadas ao consumo da família (FERNANDES, 2014). Desse modo, parece haver uma relação direta entre essas transferências e dependência econômica. "A forma de utilização das remessas é uma expressão da estratificação socioeconômica no Haiti. É justamente nos domicílios mais pobres onde as remessas serão utilizadas prioritariamente para o consumo" (MAGALHÃES; BAENINGER, 2016, p. 246).

As remessas podem ampliar o nível de consumo da família e estimular novas migrações. Como vimos em vários casos, na migração haitiana, quando alguém se estabelece em algum destino, tende a mobilizar recursos para que um familiar também o faça. Não havendo possibilidades para que isso aconteça, novos destinos podem surgir, fomentando futuras mobilidades. É nesse contexto que milhares de haitianos alcançam diversos países da América do Sul, atualmente. As dificuldades de entrada e de regularização documental nos tradicionais destinos desses migrantes, aliadas às transformações políticas e econômicas na periferia do capitalismo global, fizeram com que países como Equador, Chile, Argentina e Brasil se incorporassem ao espaço transnacional haitiano.

Entretanto, depois de incorporar os países sul-americanos ao espaço transnacional do Haiti, os migrantes haitianos têm abandonado o subcontinente e implementado novas migrações em direção aos Estados Unidos. Contribuem para isso, fatores como a segmentação do mercado de trabalho, baixos salários, aumento dos custos de vida, racismo e uma ilusão generalizada de que o governo de Joe Biden mudará a política migratória estadunidense. Porém, o que se tem observado, é o impedimento massivo e violento posto em prática pelas autoridades migratórias dos Estados Unidos (JESUS, 2019; MIRANDA, 2021). Uma vez mais os haitianos são rechaçados e impedidos de entrar. Entre um país

destroçado e as portas fechadas do Norte Global, eles continuam à espera em um intenso e complexo trânsito.

CONCLUSÃO

O processo colonial, as intervenções internacionais e a instabilidade política e econômica permanentes criaram condições de produção e reprodução da pobreza e apontaram a migração como alternativa de vida para milhões de haitianos, sejam elas migrantes ou não. Mais de um terço da população do Haiti vive fora e faz com que as remessas sejam o principal aporte financeiro do país. Entretanto, ao mesmo tempo em que a diáspora haitiana traz alternativas de vida para milhares de famílias, ela retrata o precário quadro social vigente.

Tais condições, ainda no início do século XX, impulsionaram milhares de haitianos à migração sazonal para o trabalho nos canaviais da República Dominicana e de Cuba. A permanência de alguns grupos nos locais de trabalho originou consideráveis e contínuos fluxos migratórios ao longo de todo o século. O padrão temporário, masculino e documentado foi substituído, gradativamente, por outro marcado pela estadia definitiva, pela presença de famílias e pelo elevado grau de indocumentação. As comunidades de haitianos estabelecidas nesses países, embora volumosas, não simbolizam o sucesso de ser um sujeito diáspora como são considerados aqueles residentes nos países ricos.

Foram particularmente importantes as migrações em períodos de agudização das crises políticas e econômicas. Assim, no contexto da ocupação americana do Haiti (1915-1934), na ditadura da família Duvalier (1957-1986) e na instabilidade provocada pelo golpe de Estado em 1991, milhares de haitianos se destinaram principalmente aos Estados Unidos, ao Canadá e para a França. A continuidade desses fluxos alterou o padrão inicial, predominantemente de classe média e documentado, para outro mais pauperizado e com permanências não autorizadas. Cidades como Miami, Nova York, Montreal e Paris são, ainda hoje, espaços marcantes dessa diáspora e viram o desenvolvimento das segunda e terceira gerações de migrantes.

As dificuldades de ingresso nos destinos prioritários da migração haitiana provocaram o surgimento de uma migração por etapas. Alcançar os departamentos ultramarinos franceses da Guiana Francesa, Guadalupe, Martinica e San Martin representava maior possibilidade de chegar à França. Do mesmo modo, residir regularmente nas Bahamas ou em Porto Rico poderia encurtar o caminho em direção aos Estados Unidos. Em muitos casos, a estadia temporária deu lugar à permanência.

Mais recentemente, países da América do Sul que não contavam com grupos significativos de migrantes haitianos passaram a fazer da parte dos destinos dessa população. Embora pequenos grupos já residissem em países como Venezuela, Equador e Brasil, o ano de 2010 marcou o início de uma nova fase da migração haitiana quando o terremoto agravou o precário quadro socioeconômico do Haiti. Entretanto, à catástrofe devem ser somadas outras causas como as dificuldades de acessar os destinos prioritários impostas pelas políticas migratórias restritivas, a presença da Missão das Nações Unidas para a Estabilização do Haiti (MINUSTAH), liderada pelo Brasil, bem como o crescimento da economia brasileira e chilena no início do século XXI.

No novo contexto, as migrações incorporaram variados estratos sociais e não esteve restrito aos sobreviventes do terremoto e sim, envolveu pessoas de todo o Haiti, inclusive residentes em outros países como Equador e principalmente República Dominicana. As dinâmicas recentes da migração haitiana pela América do Sul demonstraram a importância das redes sociais na definição e redefinição dos itinerários assim como nos processos de adaptação e de mudança. Seja nos países do Norte ou do Sul Global, os haitianos seguem apostando na migração como alternativa de vida.

REFERÊNCIAS

ALFONSO, H. D. **La migración haitiana en el Caribe:** una proposta para la acción. Servicio Jesuita de Migrantes. Santo Domingo, 2012.

AUDEBERT, C. Immigration et insertion urbaine en Floride: le rôle de la famille transnationale haïtienne. **Revue Européenne des Migrations Internationales**, v. 20, n. 3, p. 127-146, 2004.

AUDEBERT, C. **La diaspora haitienne**. Territoires migratoires et réseaux. Rennes: Éditeur Presses universitaires de Rennes, 2012.

BAPTISTE, C. J.; VIEIRA, J. M. Catástrofe ambiental e migração internacional: a perspectiva dos migrantes haitianos na cidade de São Paulo. In: BAENINGER, Rosana *et al* (Org.). **Imigração Haitiana no Brasil**. Jundiaí: Paco Editorial, 2016.

BASTIDE, R.; MORIN, F.; RAVEAU, F. **Les Haïtiens en France**. Paris: Ed. Mouton – la Haye, 1974.

BERNARDES, P. H. D. A. A apatridia dentro do regime interamericano de direitos humanos: o caso de dominicanos de ascendência haitiana. II Simpósio Internacional Pensar e Repensar a América Latina [**Anais...].** São Paulo, 2016. p. 1-14.

BOUCARD, A. **La Communauté Haitienne de Montréal**. Laval, Québec: La Fondation littéraire Fleur de Lys, 2006.

CALMONT, A. Les Haïtiens en Guyane: une communauté en voie d'intégration?. In: **Espace, populations, sociétés**, p. 427-434, 1993.

CHARRY, L. Todos giran. **Avianca em revista**. Set. 2017, p. 88-89.

DORINO, A. **En vue de l'action**: Portait de la Communauté Haïtienne au Québec. Document du SJRM de la Province de Canada Français, 2009.

FAGEM, P. W. *et al*. **Haitian diaspora associations and their investments in basic social services in Haiti.** Georgetown University, 2009.

FERNANDES, D. (Coord.). **Projeto "Estudos sobre a Migração Haitiana ao Brasil e Diálogo Bilateral"**. Belo Horizonte: TEM/IOM-IOM/PUC Minas/ Gedep, 2014.

GLICK-SCHILLER, N. *et al.* ALL IN THE SAME BOAT? Unity and Diversity in Haitian Organizing. **Caribbean Life in New York City**. New York, p. 167-184, 1987.

GRONDIN. M. **Haiti**: cultura, poder e desenvolvimento. São Paulo: Ed. Brasiliense, 1985.

ICART, J.-C. **Le Québec et Haïti:** Une histoire ancienne. Cap-aux-Diamants 79, 2004. p. 30–34.

JACKSON, R. O. The uses of diaspora among Haitians in Boston. In: JACKSON, Regine O. **Geographies of the Haitian Diaspora**. New York: Routledge, 2011. p. 135-162.

JACQUES, Ermitte St. Between Periphery and Center in the haitian Diaspora. In: JACKSON, Regine O. **Geographies of the Haitian Diaspora**. New York: Routledge, 2011. p. 91-110.

JESUS, A. D. de. Fronteiras e atravessamentos: experiências migratórias de haitianos em Tijuana, México. **Formação** (Online), v.26, n.49, p. 85-105, 2019.

JESUS, A. D. de. **Redes da migração haitiana no Mato Grosso do Sul**. Tese (Doutorado em Geografia). Dourados: Universidade Federal da Grande Dourados, 2020. 313p.

JOSEPH, H. ***Diaspora.*** As dinâmicas da mobilidade haitiana no Brasil, no Suriname e na Guiana Francesa. Tese (Doutorado em Antropologia Social), UFRJ/Museu Nacional. Rio de Janeiro, 2015. 430p.

LAETHIER, M. The role of Suriname in Haitian migration to French Guyana. Identities on the move and border crossings. In: E. B. Carlin, I. Léglise, B. Migge, P. Tjon Sie Fat (eds), **In and out of Suriname:** language, mobility and identity. Brill, Leiden Boston, 2015. p. 229-251.

MACHADO, J. Haití está en Venezuela. **Solidariedade Social**, p. 82-84, 2010.

MACHADO, M. R.; LORES, D. N. La inmigración haitiana hacia Guantánamo. Principales aportes culturales. **Revista Caribeña de Ciencias Sociales**, p. 1-8, 2014.

MACHE, Y. C.; LIMONTA, I. H. **El vodu.** Su impronta en la cultura religiosa cubana. Buenos Aires: CLACSO, 2007.

MAGALHÃES, L. F. A.; BAENINGER, R. Imigração haitiana no Brasil e remessas para o Haiti. In: BAENINGER, Rosana *et al* (Orgs). **Imigração Haitiana no Brasil**. Jundiaí: Paco Editorial, 2016.

MALEMBE. **Inmigración hatiana a Cuba.** 2013. Disponível em: https://mayombe.net/2013/01/12/inmigracion-haitiana-a-cuba/ Acesso feito em 21/09/2017.

MARTÍNEZ, S. The onion of oppression: haitians in the Dominican Republic. In: JACKSON, R. O. **Geographies of the Haitian Diaspora**. New York: Routledge, 2011. p. 51-70.

MENINO, T. **Imagine all the people:** Haitian immigrants in Boston**.** City of Boston, 2009.

MIRANDA, B. Movilidades haitianas en el corredor Brasil-México: efectos del control migratorio y de la securitización fronteriza. **PERIPLOS**, Revista de Investigación sobre Migraciones, v. 5, n. 1, p. 108-130, 2021.

MOONEY, M. Mediating Institutions and the Adaptation of Haitian Immigrants in Paris. In: JACKSON, Regine O. **Geographies of the Haitian Diaspora**. New York: Routledge, 2011. p. 113-134.

NIETO, C. **Migración haitiana a Brasil**: redes migratorias y espacio social transnacional. 1ª ed. Buenos Aires: CLACSO, 2014.

PICHARDO, H. **Documentos para la historia de Cuba**. V. 2. La Habana: Editorial Ciencias Sociales, 1973.

PRIMÉ, J. **De l'immgration haitienne em France**: historique, causes et types. 2013. Disponível em: http://jamesonprimeup.over-blog.net/de l%E2%80%99immigration-ha%C3%AFtienne-en-france-historique-causes-et-types Acesso feito em 18/09/2017.

REVUELTA, L. **Azúcar amargo**: el 'apartheid' dominicano que sustenta la industria de la caña. Espanha: El Confidencial, 2017. Disponível em: https://www.elconfidencial.com/mundo/2017-07-28/bateyes-republica-dominicana-haiti-inmigracion-racismo-negocio-azucarero_1413985/ Acesso feito em 29/09/2017.

ROBLES, F. **Onde os haitianos não são bem-vindos**. Gazeta do Povo, 2015. Disponível em: http://www.gazetadopovo.com.br/mundo/onde-os-haitianos-nao-sao-bem-vindos-ejrq6dvxckun9vb2osiw8d1zi Acesso feito em 07/10/2017.

STEPICK, A. The refugees nobody wants: Haitians in Miami. In: GRENIER, G.; STEPICK, A. (Orgs.). **Miami Now!** Immigration, Ethnicity and Social Change. Gainesville: University Press of Florida, 1992. p. 57-80.

TÉLÉMAQUE, J. **Imigração haitiana na mídia brasileira**: entre fatos e representações. Monografia (Graduação em Comunicação Social) UFRJ. Rio de Janeiro, 2012.

VERNA, C. F. Haitian Migration and Community-Building in Southeastern Michigan, 1966–1998. In: JACKSON, R. O. **Geographies of the Haitian Diaspora**. New York: Routledge, 2011, p. 163-184.

WOODING, B; MOSELEY-WILLIAMS, Richard. **Inmigrantes haitianos y dominicanos de ascendencia haitiana en la República Dominicana**. Santo Domingo: Cooperación Internacional para el Desarrollo (CID) y el Servicio Jesuita a Refugiados y Migrantes (SJR), 2004.

Recebido em setembro de 2020.

Revisão realizada em março de 2021.

Aceito para publicação em novembro de 2021.

A PAISAGEM ENTRE A REGIÃO E O LUGAR

THE LANDSCAPE BETWEEN THE REGION AND THE PLACE

EL PAISAJE ENTRE LA REGIÓN Y EL LUGAR

Leonardo Luiz Silveira da Silva
Doutor em Geografia, IFNMG- Campus Salinas
leonardo.silveira@ifnmg.edu.br

RESUMO

O artigo em questão explora dois campos de congruência semântica da categoria paisagem. O primeiro, relacionado com o campo semântico da região, está associado às perspectivas próximas ao positivismo e a abordagem material da paisagem. O segundo campo, relacionado com a categoria lugar, transcende a materialidade e situa-se no contexto das correntes reativas ao neopositivismo, sobretudo àquelas vinculadas ao movimento intelectual conhecido como virada cultural. A relevância do artigo reside justamente na reflexão sobre as grandes diferenças do sentido da paisagem e a necessidade de contextualizarmos a categoria, sob o risco do seu emprego descuidado conduzir a falhas comunicativas indesejáveis, tanto em construções textuais como em outras formas discursivas.

Palavras-chave: Paisagem; Região; Lugar; Semântica.

ABSTRACT

This article explores two fields of semantic congruence in the landscape category. The first, related to the region's semantic field, is associated with perspectives close to positivism and the material approach of the landscape. The second field, related to place category, transcends materiality and is located in the context of the reactive mainstreams to neopositivism, especially those linked to the intellectual movement known as a cultural turn. The relevance of this article lies precisely in the reflection on the great differences in the sense of the landscape and the need to contextualize the category, under the risk of its careless use leading to undesirable communicative failures, both in textual constructions and in other discursive forms.

Keywords: Landscape; Region; Place; Semantics.

RESUMEN

El artículo en cuestión explora dos campos de congruencia semántica en la categoría de paisaje. El primero, relacionado con el campo semántico de la región, está asociado con perspectivas cercanas al positivismo y el enfoque material del paisaje. El segundo campo, relacionado con la categoría de lugar, trasciende la materialidad y se ubica en el contexto de las corrientes reactivas al neopositivismo, especialmente aquellas vinculadas al movimiento intelectual conocido como giro cultural. La relevancia del artículo radica precisamente en la reflexión sobre las grandes diferencias en el sentido del paisaje y la necesidad de contextualizar la categoría, bajo el riesgo de que su uso descuidado conduzca a fallas comunicativas indeseables, tanto en construcciones textuales como en otras formas discursivas.

Palabras Clave: Paisaje; Región; Lugar; Semántica.

INTRODUÇÃO

Este artigo propõe estabelecer uma discussão de natureza epistemológica acerca dos limites semânticos da categoria geográfica paisagem frente às categorias região e lugar. Para tanto, se faz necessário perpassar pela evolução diacrônica da paisagem, assim como considerar, na contemporaneidade, sua polissemia. A importância desta reflexão reside na proposição de uma interlocução desta categoria central da ciência geográfica com diversas correntes de pensamento e o seu *zeitgeist*. Acreditamos que a pluralidade da geografia não nos permite apropriar das categorias à esmo: se faz necessária uma fundamentação teórica para que a estratégia de comunicação entre escritor e leitor seja assertiva.

A categoria região foi escolhida para estabelecer uma interface com a paisagem pelo fato muito disseminado em produções não só em língua portuguesa, mas também em inglesa, de que a palavra alemã *landschaft* significa ao mesmo tempo paisagem e região. No desenrolar do texto se dá uma importância excessiva a este fato, visto que a própria palavra paisagem na língua portuguesa possui grande diversidade.

A categoria lugar também foi escolhida para que se possa refletir sobre sua zona de congruência frente à paisagem, visto que, em certas acepções assumidas para a paisagem, os aspectos ligados ao sentido, significado e emoções acabam, à *prima facie*, por obliterar os limites conceituais entre paisagem e lugar.

A estratégia discursiva passa pela reflexão acerca de uma breve evolução do conceito de paisagem, para posteriormente propormos a avaliação das congruências da categoria em questão frente à região e ao lugar. É importante observar que não estabelecemos um juízo ingênuo de contrapor dicotomicamente uma abordagem supostamente correta da abordagem *versus* uma abordagem equivocada. Todavia, apontamos as diferenças que sustentam as concepções formativo-epistemológicas das abordagens precisam ser compreendidas, para que a apropriação da categoria não provoque desentendimentos nos leitores que carregam, cada um em sua perspectiva formativa, experiências de uso do conceito.

A PAISAGEM

Toda sociedade humana possui um ambiente, que é percebido, expresso simbolicamente e adaptado aos seus propósitos. Entretanto, existem poucas civilizações as quais o ambiente tornou-se explícito objeto imagético-paisagístico. De fato, somente duas civilizações na história da humanidade que desenvolveram a estética da paisagem em sua plenitude: a chinesa e a europeia. Todavia, devemos considerar ainda as respectivas esferas de influência destas civilizações (BERQUE, 1993). Considerando esta perspectiva, podemos dizer que a paisagem é uma invenção. Exportada para outros povos, a noção estética da paisagem forçou a criação de neologismos que acampassem a nova ideia (SERPA, 2020), além de promover o florescimento de formas de expressão artísticas, como a pintura e a literatura. Ou seja, a paisagem enquanto invenção passa pela apropriação linguística e pela expressão artística. Nesse sentido, como é amparado amplamente pelos estudos da paisagem, o continente europeu e a China apresentam-se como vanguarda. Para conceber o vanguardismo europeu e chinês, se faz necessária a consideração de que a paisagem não é o mesmo que ambiente, pois a compreensão e abordagem paisagística exigiria penetrar na dimensão da subjetividade[1].

[1] Existem certas abordagens de viés positivista que tratam a paisagem como ambiente ou geossistema, o que expressa uma visão modernista de separação brutal entre o homem e a natureza, a partir da objetificação desta última à serviço das demandas antrópicas.

A paisagem vista como sinônimo de ambiente certamente apresentou origens mais difusas e imprecisas. Estas diferenças no sentido da paisagem expressam certamente as tensões e contradições que acompanham o conceito. Assim, a noção de paisagem está presente na memória do ser humano antes mesmo da elaboração do conceito (MAXIMIANO, 2004). No mundo ocidental, a pintura de paisagem surgiu antes mesmo do que a própria palavra paisagem e sua problematização. Durante a Antiguidade Clássica, os estudos que incorporavam a paisagem – sem que o termo ainda tivesse sido cunhado – faziam-se presentes com a descrição dos lugares (OLIVEIRA, 2000). Na Europa, a paisagem enquanto conceito parece ser uma invenção do Renascimento (MARANDOLA E OLIVEIRA, 2018), precisamente no final do século XV e início do XVI (COSGROVE, 1985), em um momento no qual o homem passou a ser visto como uma entidade à parte da natureza. Claude Raffestin (1977) assegura que a paisagem não era objeto de interesse dos ocidentais até a aurora do século XVI. É a necessidade de representação do Renascimento que ajuda a fundar a paisagem em um contexto que propõe a dicotomia entre o homem como sujeito e a natureza como objeto.

A ciência moderna, que emergiu no período da Renascença e do Iluminismo, trouxe consigo a promessa de que isolando a natureza como um objeto de estudo, seria possível transformá-la e controla-la em prol do benefício da sociedade (OLWIG, 2008). A natureza, assim, transforma-se em uma construção cultural quando funções são atribuídas a ela[2] (LARSEN, 1992). A ideia da acumulação da produção advinda do trabalho, que é uma especificidade humana bastante problematizada no século XIX, ajuda a aprofundar a separação entre homem e natureza (BURGESS, 1978). Pensando deste modo, a própria consolidação do capitalismo contribui para a cisão aqui abordada.

A paisagem era considerada como parte integrante da pintura ao ser definida como o fundo de quadros religiosos (KIYOTANI, 2014), em um momento em que o foco era o antropocentrismo, sendo representada como detalhe ou complemento das

[2] A separação do homem e natureza torna-se mais evidente com o posterior processo de urbanização. De acordo com Margaret Fitzsimmons (1989), nossas considerações inconscientes de que o trabalho e vida intelectuais são urbanos ajudam a elaborar esta cisão entre homem e natureza. De acordo com a autora, a natureza como conhecemos foi inventada na diferenciação entre cidade e o espaço rural e entre o trabalho braçal e mental, além da abstração da cultura contemporânea acerca do necessário trabalho social produtivo de nossa vida material (FITZSIMMONS, 1989, p.108).

telas. A paisagem renascentista que explorava as interferências humanas na paisagem abordava vilas ricas e poderosas, palácios e castelos, de tal modo que pouca atenção era dada à representação de paisagens ordinárias (ANTROP, 2005).

Séculos antes da institucionalização da geografia enquanto disciplina acadêmica – que ocorreu no século XIX – praticantes da arte da geografia[3] estiveram engajados em desenvolver linguagens e técnicas – com destaque para a pintura e a literatura – que pudessem capturar o que os olhos poderiam ou deveriam ver na paisagem (DRIVER, 2003). No Renascimento, a paisagem passou a ser identificada como um espaço cênico abrangente e com objetos organizados dentro da totalidade daquele campo espacial unificado (OLWIG, 2011). Logicamente, como se espera das estruturas híbridas do pensar, certos artistas se destacavam por apresentarem propostas deslocadas da tendência do seu *zeitgeist*. As aquarelas de Albrecht Dürer destacam-se ao dar importância também ao quadro natural, já que o artista estava inserido em uma sociedade até então culturalmente afastada da natureza (MAXIMIANO, 2004).

Já no Oriente, segundo Augustin Berque (1998), a noção de paisagem [*shanshui*] foi desenvolvida no sul da China na virada do século IV para o V, período com o qual concordam Marandola e Oliveira (2018). Um dos indícios da precocidade da reflexão paisagística chinesa é o fato do texto "Introdução à pintura de paisagem" de autoria de Zong Bing [Tsung Ping] – músico e artista chinês que viveu entre os séculos IV e V da nossa era – ser reconhecido como o primeiro manuscrito sobre o assunto (TURNER, 2009). Existe a hipótese – apoiada por certos autores como o sinologista japonês Miyazaki Ichisada – que a unificação do continente euroasiático realizada pelo império mongol possibilitou a chegada de pintores chineses de paisagem à Europa, o que poderia ter despertado os europeus (BERQUE, 1998) à reflexão paisagística.

Em uma narrativa eurocentrista, a paisagem passou a integrar o escopo de preocupações dos artistas e viajantes, em um momento em que os horizontes para os descobrimentos de novas terras e contatos entre distintas sociedades proliferaram. Apenas no final do século XVIII e no início do século XIX que as transformações

[3] Donald Meinig destacou que na Syracuse University, assim como em muitas universidades dos Estados Unidos, o departamento de geografia engloba um núcleo de pesquisa de artes e ciências, destacando o quanto as expressões artísticas são importantes para o fazer geográfico (MEINIG, 1983). O uso da expressão "arte da geografia" foi escolhido para aludir a uma prática geográfica anterior à institucionalização acadêmica. É importante observar que esta escolha não foi gratuita: é antagônica ao imperativo positivista que se lançou não somente à geografia, mas ao conjunto das ciências humanas que também se institucionalizaram no século XIX.

induzidas pela Revolução Industrial passaram a ser consideradas como devastadoras e ameaçadoras para o meio-ambiente e para a integridade da paisagem. Concomitantemente a essas transformações, o Romantismo se desenvolveu, oferecendo novas visões sobre a natureza, a paisagem e sua evolução. Foi o mesmo momento em que as primeiras legislações de conservação ambiental e paisagística surgiram (ANTROP, 2005).

As reminiscências que perpassam gerações ajudam a alimentar sentimentos que variam do medo à esperança, do ódio ao amor, que somente encontram justificativa como componentes da interpretação paisagística por intermédio de uma investigação histórica, nem sempre disponível, ao observador. Assim, por muito tempo as florestas eram vistas por muitos como ambientes maléficos, onde se escondiam assassinos, bruxas e diversas criaturas que somente a imaginação humana poderia conceber (SCHAMA, 2009). Estas significações passaram a ser fortalecidas pela história oral, mas também pelo sucesso de escritores que se aventuraram pelo campo da literatura.

O enciclopedismo descritivo das paisagens, que marcou o tempo de Humboldt, particularizou a descrição regional, o que contrastou com a necessidade de conflagrar teorias e leis essencialmente geográficas, que marcou tanto o período do positivismo como o do neopositivismo (HARTSHORNE, 1978; HARVEY, 1986; CAPEL, 2013). A virada cultural (VALENTINE, 2001; PEDROSA, 2016), movimento interdisciplinar que se apresentou como uma reação a dominância do neopositivismo das décadas de 1950 e 1960, deslocou o sentido da paisagem como objeto para a paisagem como fenômeno a ser percebido. Uma miríade de abordagens se seguiram, como a da geografia humanista, da geografia crítica, da nova geografia cultural, do pós-estruturalismo e pós-modernismo. Alguns autores transitaram por estas correntes, estabelecendo abordagens híbridas para a paisagem. Apesar da pluralidade, ficou evidenciada a transcendência da materialidade da paisagem, ainda que, sobretudo no campo de avaliação das paisagens (APPLETON, 2000), a estatística que marcou a geografia neopositivista fosse utilizada com pouco constrangimento.

ENTRE A PAISAGEM E A REGIÃO

A avaliação das congruências e limites entre paisagem, região e lugar depende do tipo de abordagem que se dá a estas categorias. A título de exemplificação,

podemos afirmar que a abordagem naturalista da paisagem aproxima a categoria em questão do sentido geralmente atribuído à região e ao mesmo tempo distancia a paisagem do sentido comumente aplicado ao lugar. Por esta razão, é necessário que alguns apontamentos sejam feitos quanto às oscilações semânticas.

A etimologia da palavra paisagem na língua francesa deriva de *pays/paysans/paysages*. Esta etimologia também guia a construção da palavra em língua portuguesa. *Paysans* possui um duplo significado: pode referir-se aos habitantes de um determinado *pays*, como, literalmente, aos camponeses (DOMINGUES, 2001). A origem da palavra em francês está claramente ligada aos modos de vida rurais tradicionais. Basta lembrar que, no momento em que o termo foi cunhado, o modo de vida campesino era, dentre as realidades possíveis, um status muito mais expressivo do que o que encontramos hoje. Assim, nas línguas latinas, as mudanças sociais e espaciais ditaram o distanciamento da palavra paisagem frente ao seu significa original.

É bem reconhecido o fato de que na Europa o conceito de paisagem e as palavras similares tanto de origem romana como germânica emergiram por volta do início do século XVI significando uma dada pintura cujo objeto primário de abordagem era o cenário natural, o que dava a abertura para o desenvolvimento do pitoresco. Em especial, o significado germânico primário de paisagem incluía o homem na perspectiva do enquadramento. É interessante pensar que os resquícios de organização feudal estavam presentes naquele tempo. Na era feudal, as propriedades pertenciam a um senhor, que estabelecia em sua propriedade um complexo de direitos de uso que era reforçado pelos costumes e pelas obrigações diárias da vassalagem (OLWIG, 1996). Forma-se aqui, no enquadramento dos resquícios feudais, um sentido de domínio jurídico para a paisagem, ainda que consuetudinário.

Landscape é um termo utilizado na língua inglesa para paisagem. O seu correspondente em língua alemã é *landschaft*. *Landscape*, em seu sentido mais comum, refere-se "a aparência do terreno do modo como percebemos" e "uma parcela da superfície terrestre e do céu que repousa no nosso campo de visão a partir da perspectiva de um ponto em particular (o ponto do observador)" (OLWIG, 1996, p.630). Já a construção da palavra *landschaft* é dada pelo prefixo "terra[4]" e sufixo

[4] O sentido atribuído a terra [*land*] na palavra landscape, "em uma etimologia primária, refere-se a país ou região – a Escócia é a terra, país ou região dos escoceses" (OLWIG, 2008, p.1848).

"forma". Para Sauer, a ideia de formatação da terra, trazida pela palavra *landschaft*, não alude meramente à forma física, referindo-se também a "uma área produzida por uma distinta associação entre formas, tanto físicas quanto culturais" (SAUER, 2008). Esta argumentação de Sauer nos aponta para o entendimento da paisagem como meio de relação da natureza e do homem. Além disto, *Landschaft* tanto significa uma porção limitada da superfície terrestre que possui um ou mais elementos que lhe dão unidade, como a aparência de determinada porção do espaço tal como era percebida por um observador (SALGUEIRO, 2001). Ou seja, na língua alemã, a mesma palavra que significa paisagem, também traz o sentido de região. *Landschaft* e o seus cognatos nas línguas escandinavas ainda são palavras usadas para descrever regiões administrativas em partes da Frísia e Schleswig-Holstein (COSGROVE, 2006). Entretanto, este fato não pode ser entendido como uma deficiência na abordagem regional por parte dos alemães.

É notável o fato deste duplo sentido da palavra *Landschaft* ser tão explorado na literatura brasileira. É relativamente comum a apresentação desse duplo sentido da paisagem como se fosse algo excepcional ou que colocasse a geografia alemã em algum apuro epistemológico. Esta é uma celeuma vazia. Afinal, a palavra paisagem na língua portuguesa também apresenta variações importantes, dentre estas variações entendimentos que aproximam o sentido de paisagem com o de região, tal qual está posto na língua alemã. Denis Cosgrove afirma: "é difícil conceber o argumento de que a palavra *landschaft* sustenta na geografia alemã o mesmo sentido neutro das palavras área ou região como os geógrafos ingleses e americanos do período entre guerras clamam" (COSGROVE, 1985, p.57), o que mostra que o significado das palavras também deve ser interpretado a partir do seu contexto. Assim, a polêmica do duplo sentido da palavra paisagem na Alemanha é muito mais uma curiosidade linguística do que um imbróglio epistemológico. Sobre estas congruências, Cosgrove crava: "a paisagem compartilha e estende o conceito de região e de área, que são os conceitos que geralmente são apontados como equivalentes" (COSGROVE, 1998, p.54).

O sentido das palavras também é construído diacronicamente. Muitas palavras possuem sentido contemporâneo que se afasta do seu original etimológico. Assim, ao comparar o sentido epistemológico de paisagem e região, precisaríamos acessar a própria evolução destes conceitos para não realizarmos análises anacrônicas.

O sentido original da região, que advém de *regere*[5], acabou "gradativamente perdendo terreno, o que provavelmente explica a relativa perda de importância do conceito de região para o entendimento de processos socioespaciais ligados à esfera do político" (HAESBAERT, 2010, p.22). Em sua acepção moderna, a palavra região caminhou no sentido de significar uma porção do espaço com elementos (a partir de determinado(s) critério(s)) relativamente comuns, ou, ainda, que os fatos geográficos[6] apresentam-se com relações mais intensas do que as comparadas com outros recortes regionais[7].

Para Sauer, os fatos da Geografia são os fatos do lugar. Sua associação daria origem ao conceito de paisagem. A estrutura e a função da paisagem seriam determinadas por formas integradas e dependentes (SAUER, 2008), cuja integração e dependência se daria ao longo do tempo. É interessante apontar que a tradicional definição da escala da paisagem como a do alcance da visão pode se apresentar incoerente face à argumentação de Carl Sauer. Afinal, as relações entre os fatos geográficos podem se apresentar:

- Fortes e relativamente homogêneas em porções do espaço que abrangem áreas que estão além da percepção visual;
- Fracas, desconectadas ou postas em diversas conexões relativamente independentes em áreas percebidas pela visão.

A visão de Sauer, organicista e funcional, permitir-nos-ia associar a paisagem à escala que não estaria necessariamente limitada pelo alcance da visão. Deste modo, inauguraria um discurso funcional da paisagem, que seria aprofundado após a Segunda Guerra Mundial e que permitiria, ainda, uma maior congruência entre o sentido da paisagem e da região. Estes fatos derivariam de um movimento ocorrido dentro da própria geografia marcado pelo resgate de sua validade científica. Durante e principalmente após a Segunda Guerra Mundial, fortes discussões acadêmicas foram travadas e aprofundadas acerca da validade científica da Geografia, que foi tida por alguns como um saber engajado, a serviço do interesse do Estado para que o mesmo possa praticar a política no campo internacional de uma forma mais favorável e quiçá

[5] Regere significa comandar ou ainda administrar, denotando a região como área de comando ou reino (HAESBAERT, 2010).
[6] Fatos geográficos é uma expressão utilizada por Carl Sauer em *A Morfologia da Paisagem*. Denotam as formas e as estruturas contidas na paisagem.
[7] Nesse sentido, se as relações são definidas como fluxos, regiões também podem ser definidas como redes.

fazer a guerra (PARKER, 1998). Esta imagem recaiu fortemente sobre a Geopolítica, mas replicou em toda a geografia. A acusação era justamente a mesma: a geografia era um campo do saber que facilmente ultrapassava os limites entre a "ciência pura" e o "saber engajado".

Uma reação direta ao momento da geografia no pós-Segunda Guerra Mundial foi a ascensão do neopositivismo (CAPEL, 2013), materializada na geografia teorético-quantitativa, conhecida também como "a nova geografia". A palavra "nova" nos mostra a tentativa de reformular a Geografia tal como a mesma se apresentava, sugerindo novos paradigmas como tentativa de apagar os seus incômodos estigmas. Lembrar-nos-emos que, na aurora de sua institucionalização enquanto saber acadêmico (metade do século XIX), a geografia possuía forte viés positivista, que foi sendo questionado à medida que o século XX nascia.

No contexto da geografia teorético-quantitativa, destacou-se no ano de 1953 o artigo de Fred K. Schaefer: *Excepcionalismo em Geografia*. Considerando que uma das formas de legitimação da geografia como ciência é a busca de leis, Schaefer considera que é sobre os arranjos de fenômenos espaciais, e não sobre os fenômenos propriamente, que os geógrafos deveriam procurar estabelecer esquemas explicativos assemelhados às leis (JOHNSTON, 1986). Schaefer considera que a interpretação sistemática do arranjo dos elementos no espaço encontra no geógrafo o profissional ideal. Salientou enfaticamente que não teria, enquanto geógrafo, uma visão tão otimista (da validade científica da geografia) caso os profissionais da geografia abandonassem a busca por leis (SCHAEFER, 1953).

A paisagem enquanto categoria geográfica não ficou imune frente às novas tendências da geografia. Na busca incessante pelas leis, a geografia teorético-quantitativa passou a ver que o princípio da comparação entre a análise sistemática de certas porções do espaço geográfico era o seu maior nicho, assim como defendia Schaefer. Não é de se surpreender o fato de que a região tornou-se a categoria preferencial, como um instrumento de reflexão espacial que conduziria a geografia ao processo de recuperação do seu status de ciência. A partir dos anos 1960, o termo "região" substitui, a partir da influência de Richard Hartshorne, quase totalmente o termo paisagem nos circuitos geográficos, principalmente na América do Norte (SCHIER, 2003). Naquele momento, o espaço geográfico construiu-se com base numa

ciência teorética que pretendia exorcizar a paisagem, por considerar que a mesma, até então (meados da década de 1950), possuía caráter meramente descritivo e – o que era mais grave para os neopositivistas – subjetivo (DOMINGUES, 2001).

A ascensão da perspectiva neopositivista logo encontra (já na década de 1960) um movimento de reação ambientalista que influencia as relações internacionais, a academia e o senso comum. O apontamento de cientistas acerca da existência de questões ambientais de escala global, tais como a existência e o aumento do buraco na camada de ozônio, a chuva ácida e a crítica à capacidade destrutiva do homem, dá espaço às teses ecodesenvolvimentistas. No plano internacional, grandes conferências internacionais passaram a ser realizadas e celebradas: o encontro do Clube de Roma e, posteriormente, em 1972, a Conferência de Estocolmo. Foi neste contexto que na Europa se desenvolve, por intermédio de geógrafos alemães, um estudo da paisagem que parte do pressuposto que esta categoria geográfica representa um conjunto específico de relações ecológicas. A ideia que prevaleceu na América do Norte acerca do estudo das relações entre os elementos da paisagem como meio para a legitimação da geografia se fez presente na alternativa europeia, centrada, contudo, nos estudos das relações do meio físico/ecológico. A ecologia da paisagem consagrou-se como vertente europeia sendo que muitos dos seus métodos de descrição ambiental desenvolveram-se fora da geografia e foram sendo absorvidos pela disciplina, onde são adaptados e utilizados (GREGORY, 1992). Esta razão talvez sustente o fato de que os biomas ou domínios morfoclimáticos, por vezes negligenciando a preocupação com questões associadas à escala geográfica e/ou área de abrangência da unidade espacial a que se refere, geralmente são referidos como paisagens. Nesse sentido, o uso da palavra paisagem se aproxima do sentido epistemológico da região, tal como está contido no relato de Aziz Ab´Sáber:

> Num primeiro nível de abordagem, poder-se-ia dizer que as **paisagens** têm sempre o caráter de heranças de processos de atuação antiga, remodelados e modificados por processos de atuação recente. Em muitos lugares – como é o caso dos velhos planaltos e compartimentos de planaltos do Brasil – os processos antigos foram responsáveis sobretudo pela compartimentação geral da topografia. Nessa tarefa, as forças naturais gastaram milhões a dezena de milhões de anos (AB´SÁBER, 2003, p.9).

O trecho anterior revela associa grandes eventos geológicos e geomorfológicos ao espaço, realizando em sua abordagem recortes regionais. A

influência da ecologia da paisagem e a aproximação com a ideia de região se manifestam ainda no trecho:

> Entendemos como domínio morfoclimático e fitogeográfico um conjunto espacial de certa ordem de grandeza territorial – de centenas de milhares a milhões de quilômetros quadrados de área – onde haja um esquema coerente de feições de relevo, tipos de solos, formas de vegetação e condições climático-hidrológicas. Tais domínios espaciais, de feições paisagísticas e ecológicas integradas, ocorrem em uma espécie de área principal, de certa dimensão e arranjo, em que as condições fisiográficas e biogeográficas formam um complexo relativamente homogêneo e extensivo (AB´SÁBER, 2003, p.12)

No discurso de Aziz Ab´Saber, a relativa homogeneidade aponta para o fundamento básico da ideia de região para a geografia. Já as relações sistêmicas são evidenciadas pela expressão "feições paisagísticas e ecológicas integradas", apontando-nos as reminiscências dos pressupostos da ecologia da paisagem, surgidos no contexto da ascensão da nova geografia. Os princípios ecológicos de interpretação da paisagem, entretanto, acompanham a geografia há mais tempo. Segundo Salgueiro, "é claramente a posição dos geógrafos que veem a paisagem numa perspectiva ecológica, na convergência da geografia e da Ecologia que prolongam a tradição naturalista do princípio do século[8]" (SALGUEIRO, 2001, p.44).

No âmbito do contexto já caracterizado, Gabriel Rougerie escreveu em 1969[9] *Geografia das Paisagens*. Em sua abordagem, logo na introdução, a paisagem é celebrada como a categoria instrumental fundamental da geografia, por ser capaz de materializar as diferenciações espaciais que fundamental o exercício da geografia e cobrem a disciplina com um verniz científico.

> É cômodo definir a geografia como o estudo das paisagens. Não há de faltar, por certo, quem venha apontar a imprecisão e a feição qualitativa, ou mesmo "artística" da expressão; outros, movidos por um desejo de exatidão hão de preferir a cisão da realidade e falarão em paisagens morfológicas, em paisagens vegetais, em paisagens agrárias ou urbanas... Contudo, como a geografia também consiste em localizar fatos, em apreender as diferenciações do espaço terrestre e em comparar conjuntos desvendando seu dinamismo interno e suas relações recíprocas, poderemos nos considerar no âmago desta ciência quando nos declaramos favoráveis à expressão material de tais diferenciações: a paisagem (ROUGERIE, 1971, p.7)[10].

Gabriel Rougerie (1971) aborda a paisagem como região ecológica, defendendo, contudo, a abordagem sistêmica, que se opõe a meramente descritiva. No

[8] A autora se refere ao século XX.
[9] Edição original em língua francesa.
[10] Edição em língua portuguesa.

sumário do seu livro, os capítulos receberam títulos como “as paisagens litorâneas”, “as paisagens montanhosas” e “as paisagens de planícies de planaltos”. Este entendimento da paisagem como “região ecológica” foi incorporado por inúmeros geógrafos em âmbito nacional e internacional e ainda sobrevive na contemporaneidade como reminiscência, tradição e/ou convicção.

O contexto marcado pela ascensão da abordagem ambientalista da paisagem trouxe alguns impactos para o pensamento geográfico, destacando-se, no âmbito das reflexões que propõe, as seguintes perspectivas:

- A paisagem deixa, de forma inequívoca, de se constituir como um conceito restrito à geografia. Se nunca o foi, claramente é neste momento que a interdisciplinaridade do conceito ficou mais clara;
- Ocorre a diversificação da polissemia do conceito;
- O contato com as novas ciências do ambiente e a incorporação das variáveis ambientais oriundas de outros campos disciplinares – como a biologia, o planejamento, o urbanismo, o paisagismo e a economia –, constituem-se uma fonte de enriquecimento da geografia;
- Ao mesmo tempo, a participação dos outros campos de conhecimento nos estudos da paisagem passaram a representar uma ameaça à capacidade do geógrafo de se apropriar e de se constituir como referência dos estudos da paisagem (DOMINGUES, 2001).

Além destes quatro pontos, em oposição diametral à perspectiva ambiental, há de se destacar a reação “culturalista” à ascensão do neopositivismo na geografia, que – negando modelos universais de interpretação da cultura no espaço – escancarou a percepção acerca da excepcionalidade dos trabalhos que versam sobre as culturas. Para Claval (2002), a negação de modelos universalizantes conduziu a uma excessiva fragmentação da abordagem cultural. Os geógrafos culturais teriam internalizado de uma forma crua os perigos potenciais da generalização cultural (CLAVAL, 2001) e, portanto, “em lugar de estudar a cultura inglesa, a civilização chinesa”, os trabalhos culturais passaram a versar sobre “as comunidades paquistanesas no Birmingham, dos bairros ricos de Vancouver ou das mulheres dos subúrbios da zona sul de Chicago”

(CLAVAL, 2002, p.24)[11]. Se por um lado consolida-se a crença de que não se pode invocar uma razão universal para explicar a organização da realidade social, por outro, há de se considerar que algumas regularidades ocorrem na vida social, permanecendo aí a relevância dos microestudos culturais descritos por Claval, bem como a relevância da paisagem enquanto fenômeno/produto da intersubjetividade. São nas particularidades que a alteridade, tão cara para o relativismo cultural, pode ser maximizada. Sobre os microestudos culturais, a pergunta ideal não nos parece ser acerca de sua validade enquanto produto; diferentemente, parece-nos ser sobre como aproveitarmos estas abordagens para avançarmos em uma reflexão mais ampla sobre a cultura. Michel Sivignon (2002), todavia, nos alerta para o que ele chama de "risco etnográfico": as descrições exaustivas e particulares dos microestudos culturais, assim como as antigas descrições dos hábitos das sociedades camponesas, podem compor uma geografia de curiosidades *stricto sensu*, extremamente detalhada em seus relatos e que acaba por diluir a nossa capacidade de hierarquizar elementos culturais nos textos. Em um exemplo prático, Sivignon alerta que "a prática de uma língua não pode ser colocada no mesmo plano de importância no qual está situada a forma de um telhado" (SIVIGNON, 2002, p.34).

Por mais que as idas e vindas do pensamento geográfico estejam sendo problematizadas neste artigo como estratégia para problematizar as (re)significações da paisagem enquanto categoria geográfica, é mister considerar – ainda que soe como uma obviedade – que as tendências dominantes de cada época não constituem-se, *per se*, como formas monopolistas de expressão geográfica. É importante ser dito que, na recente história da ciência geográfica instituída academicamente, vozes destoantes existiram, como percursos analíticos paralelos ao *mainstream* da geografia ou mesmo como elementos propulsores de rupturas epistemológicas.

Resgatamos a questão que funda parte deste tópico: quais são os limites entre a paisagem e região? De que forma a ascensão da vertente neopositivista – que passou a valorizar o estudo regional em detrimento ao estudo paisagístico – contribui para que possamos responder a questão? De que maneira a ascensão de valores

[11] Jacquelin Burgess percebeu este movimento enfatizado por Paul Claval, argumentando que existe um abismo existente nos trabalhos acerca de paisagens culturais que envolve, de um lado, estudos teóricos (*high theory*) e, de outro, estudos etnográficos de pequena escala (BURGESS, 1996, p.10).

ambientais fortemente ligados à ecologia da paisagem podem nos fornecer respostas sobre a congruência semântica das categorias paisagem e região?

Dois importantes fatos inspira-nos pensar sobre a congruência semântica entre paisagem e região. O primeiro é referente ao verbete *landschaft*. Como consta nas páginas anteriores, esta palavra é utilizada como "região" e "paisagem" na língua alemã. Vimos, todavia, que este fato não é extraordinário, à medida que o contexto do emprego da palavra paisagem em outras línguas pode aproximar o sentido desta palavra com a da categoria região. O segundo fato refere-se à ascensão neopositivista experimentada pela geografia marcadamente ao longo da década de 1950. No afã de criar modelos e encontrar "leis naturais" que poderiam valorizar a disciplina (no sentido da legitimação científica), foi promovida a aproximação do conceito de paisagem e região. Neste contexto, a paisagem, considerada de definição subjetiva, passou a ser interpretada de forma mais material, com dados físicos, e, acima de tudo, lida a partir das inter-relações dos elementos que a compõem. Podemos nos referir neste contexto à busca desenfreada por uma "reificação da paisagem".

Aprioristicamente poder-se-ia parecer uma resposta evasiva à questão aqui lançada; todavia, o questionamento sobre a congruência entre a paisagem e região não é digna de uma resposta plebiscitária. Faz-se necessário considerar que as idas e vindas do pensamento geográfico podem deslocar o próprio entendimento do escopo das categorias que são instrumentais à geografia. Deste modo, vozes destoantes convivendo em tempos de fortes tendências podem dar respostas não esperadas à questão. É preciso ser dito que, dependendo da corrente analítica do pesquisador, a congruência semântica entre a paisagem e a região terá maior ou menor extensão.

O princípio da relativa homogeneidade de certa porção do espaço – que baliza o entendimento da definição da região enquanto entidade espacial – encontra paralelo na paisagem funcional, com elementos e funcionalidades espaciais descritas em sua forma, estrutura e inter-relação. O entendimento em questão integrou o *mainstream* do pensamento geográfico no período 1950-1960. Tal método empregado na leitura da paisagem evidencia a busca de padrões espaciais que seriam úteis à guisa de comparação com outras paisagens, fomentando o estabelecimento de modelos ou quiçá leis geográficas, atendendo aos desígnios da ascensão neopositivista e da ecologia da paisagem. Neste contexto, verifica-se inequivocadamente o mesmo uso que se fazia dos

estudos regionais na aurora da geografia acadêmica oitocentista: a corografia à serviço do estabelecimento de modelos e leis em nome da busca de legitimação científica, em uma verdadeira obsessão nomotética, todavia, panglossiana e quixotesca.

ENTRE A PAISAGEM E LUGAR

A abordagem (neo)positivista não parece ver na questão da escala (no que diz respeito à limitação da unidade analisada) um constrangimento. Este é um ponto conflituoso frente aos que consideram a experiência sensorial como fundamental para a definição de uma paisagem. Afinal, à medida que a escala analítica diminui, aumentando a área de análise, a capacidade sensorial torna-se comprometida. É justamente a atuação dos sentidos, a percepção intersubjetiva do espaço e o papel da experiência humana que estabelecem a zona de congruência entre a paisagem e o lugar. Nesse sentido, a interpretação humanista da paisagem foi responsável por providenciar grande congruência desta categoria com o lugar (COSGROVE, 1990). Além da abordagem humanista, outras correntes que se fortaleceram e/ou nasceram da virada cultural também são capazes de considerar a multiplicidade de significados advindos da intersubjetividade humana, como é o caso de abordagens pós-estruturalistas, pós-modernas e vinculadas à nova geografia cultural. Deste modo, estas abordagens também colaboram para a aproximação das categorias paisagem e lugar. Este não parece ser o caso das tradicionais abordagens culturais em geografia, advindas do período pré-virada cultural. A tradicional geografia cultural, vinculada à força das tradições de Berkeley e de seu *chef d´école* Carl Sauer, prima pelo foco na cultura material, pecando na sua capacidade de transcender o meio físico (MIKESELL, 1978; DUNCAN , 1980; LEY, 1981; COSGROVE; 1993; DEMERITT, 1994), ainda que esta opinião não seja compartilhada por uma minoria sintetizada pelo artigo de Marie Price e Martin Lewis (1993).

Chama a atenção na obra consagrada por Sauer "*A morfologia da paisagem*" a utilização da expressão "a perspectiva fenomenológica da ciência". O significado da palavra "fenomenológica" utilizada por Sauer precisa ser entendida dentro do contexto de sua obra. Não é o sentido da fenomenologia trazida por Husserl e Heidegger, sendo

mais indicado "tratar o significado da raiz desse termo simplesmente como fenômenos experimentados ou aparências" (PENN e LUKERMANN, 2011, p.140). Esta discussão é importante para a compreensão de que, no contexto saueriano, a interpretação da paisagem não é amplamente intersubjetiva. Para entendermos o papel da subjetividade como promotor da interseção entre a paisagem e o lugar, abordaremos brevemente esta segunda categoria, em sua essência.

Os lugares são centros aos quais atribuímos valor e onde são satisfeitas as diversas necessidades biológicas (TUAN, 2013). É o palco da experiência humana, e, assim como a paisagem, estabelecemos nos lugares vínculos emocionais. A experiência humana é multissensorial à medida que a visão não detém o monopólio dos nossos sentidos. Por isso falamos em *soundscapes*[12] (PORTEOUS e MASTIN, 1985) e *smellscapes*[13] (PORTEOUS, 1985). Estabelecemos afeição (TUAN, 1980) e desenvolvemos o medo (TUAN, 2005) frente ao lugar e àqueles indivíduos que não estamos habituados a conviver (TUAN, 1986). Lamentamos as mudanças que alteram certos elementos ou mesmo conjunto dos lugares, ao ponto de desenvolvermos palavras para este tipo de ressentimento: o topocídio e o domicídio (PORTEOUS, 1988; PORTEOUS; SMITH, 2001). A necessidade das pessoas de acessar as marcas na paisagem em um mundo marcado por rápidas mudanças está associada ao desejo de permanecer em contato com memórias físicas do seu passado. Este movimento está motivando comunidades a preservarem cenas e estruturas que não haviam sido pensadas como algo a ser preservado (LOWENTHAL, 1979). Por isso não é estranho que o desconforto ambiental possa nos induzir à fuga (TUAN, 1998). É notável o fato de que

[12] Sons precisam ser considerados como fontes de bem-estar individual e comunitário (UIMONEN, 2008). Os sons produzidos pelo homem se apropriam do espaço e da paisagem, ajudando determinadas áreas a se tornarem lugares, justamente por prover experiências sonoras a quem frequenta. Quando falamos do som, em outro viés, se faz necessário considerar que o silêncio – comum em alguns lugares sacros – também compõe paisagens sonoras (PISTRICK; ISNARD, 2013). Como em uma melodia, a pausa faz parte da música. O som também pode ser controlado como forma de induzir as sensações: é o que ocorre em lugares com projetos acústicos que maximizam os efeitos das sensações sonoras. É interessante pensar que a busca pela aprazibilidade ambiental visa explorar, a priori, os aspectos associados àquilo que a visão pode perceber. Todavia, assim como ocorre com os arranjos visuais, implementações acústicas podem gerar efeitos muito poderosos na capacidade perceptiva e na avaliação de ambientes, ainda que o som seja uma dimensão negligenciada nos estudos geográficos e na estética ambiental (POCOCK, 1989).

[13] Também se fala em paisagens olfativas [*smellscapes*] como uma forma de aludir a certa espacialidade passível de ser associada a determinados odores. Em relação à precisão espacial e agilidade temporal no ato perceptivo, nossa capacidade olfativa apresenta-se assimétrica frente à visão (YOUNG, 2020). O olfato nos permite evitar certos alimentos contaminados e é um componente na atração sexual. Certos cheiros podem nos informar horários, pois práticas sistemáticas que produzem aromas podem nos indicar, por exemplo, que é hora do café da tarde, pontual e diariamente servido. Além disso, reviver certos odores permite lembrar-nos de alguns momentos e lugares (PORTEOUS, 1985).

as alterações que ressentimos possam ser ressignificadas. A aniquilação dos Budas de Baymian realizada pelo regime afegão do Taleban sob pretextos religiosos pode ter feito com que as cavidades nas rochas que abrigavam os budas tragam mais significado do que a sua antiga presença (ANDREOTTI, 2010).

Como argumento de defesa àqueles que são identificados com os pressupostos da geografia humanista, é difícil acreditar que um geógrafo desconsidere a relevância dos elementos sensoriais para a análise geográfica. Ao mesmo tempo, não parece adequado destinar ao lugar – entendido aqui como categoria geográfica – a reponsabilidade exclusiva da análise espacial sensorial. Afinal, o lugar possui escala espacial restrita e os aspectos sensoriais são extremamente dominantes, ao passo desta categoria ser ignorada por alguns geógrafos que não acreditam na força da subjetividade como ferramenta de leitura do espaço. Lowenthal (1978) argumentou que paisagem e lugar se confundem em dadas situações, mas que a primeira transmite uma noção genérica enquanto que o segundo denota especificidade. A paisagem abriga o lugar, mas o lugar não abriga a paisagem, o que reforça a retórica de Carl Sauer: a paisagem se constitui como o conceito unitário da geografia.

Qual categoria poderia realizar a tarefa de incluir as questões sensoriais em uma análise multiescalar do espaço? Se esta não é a exclusiva responsabilidade da paisagem, deveríamos compartilhar esta tarefa a outra ferramenta, pois é plausível considerar que os elementos sensoriais fazem parte da leitura do espaço. O foco analítico da categoria lugar é mais restrito, centrando-se na noção de pertencimento, memória e diversas emoções que interferem na organização do nosso pensamento. Os limites do escopo da paisagem e lugar são menos tênues do que uma avaliação apriorística poderia inferir, afinal, as escalas muito grandes parecem sugerir a abordagem do lugar. Yi-Fu Tuan (1979) argumenta que o lugar pode ser pequeno como um canto de um quarto ou grande como a própria Terra. Em sua poderação, o autor diz: “é um simples fato na observação de saudosos astronautas que a Terra é o nosso lugar no universo” (TUAN, 1979, p.421). Apesar da razoabilidade desta afirmação, consideramos desconfortável que grandes áreas sejam definidas como palco do enraizamento e do estabelecimento de relações. Faz mais sentido referir-se a um pequeno vilarejo como palco do enraizamento, memória e experiência do que uma grande metrópole na qual sequer conhecemos parcela importante de suas vias de circulação e dos seus ângulos de visão, ainda que

tenhamos visitado seus domínios. A noção de lugar torna-se mais poderosa em áreas espacialmente restritas, como àquelas ligadas a uma instituição ou cercada por muros, como a escola, o hospital, o presídio ou o mercado. Mesmo considerando tais áreas menos extensas, a ideia de lugar não abandona seus pressupostos: a presença da intersubjetividade de suas adjetivações e mesmo limitações: em um exemplo, para além do muro, pode se incorporar mentalmente a calçada como um componente espacialmente integrado ao lugar; como desvincular o pipoqueiro que permanentemente ficava na calçada do cinema deste lugar de entretenimento?

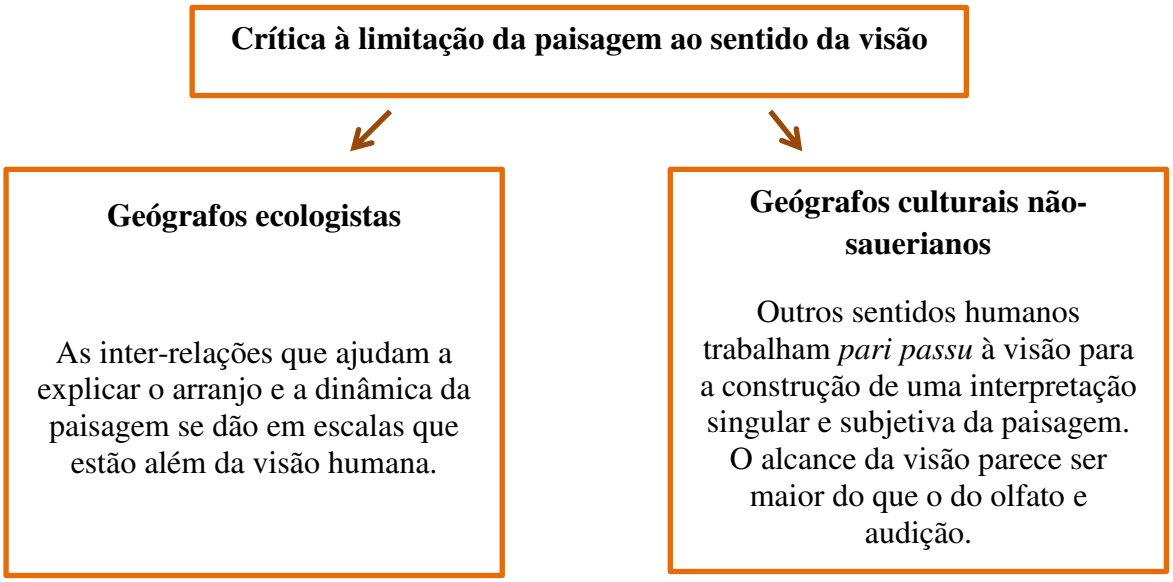
É importante destacar, à título de diferenciação, que a paisagem em relação ao lugar é concebida como se o observador estivesse sempre fora dela. Mesmo em uma perspectiva baseada na subjetividade, transcendendo o materialismo e a objetividade, a paisagem é interpretada como algo externa àquele que a percebe (CRESSWELL, 2008). Ademais, comparativamente ao lugar, a paisagem apresenta uma área de forma mais continuamente distribuída, talvez interrompida por limitações sensoriais provocadas por feições do relevo ou mesmo arranha-céus descomunais. Já o lugar pode se apresentar de forma reticular. Joel Bonnemaison (1994) destaca este fato, ao argumentar que a nossa experiência espacial é mais assertivamente representada de forma reticular do que em áreas contínuas que formam polígonos.

Pauli Tapani Karjalainen considera que o lugar é proximamente entrelaçado à paisagem. “Nós habitamos um lugar que está sempre embrulhado por uma paisagem” (KARJALAINEN, 1993, p.68), o que, de acordo com o autor, é evidenciado pelo fato de muitas vezes ser a paisagem que vem à mente quando nos é pedido para descrever um lugar. Para esta afirmação de Karjalainen fazer sentido, se faz necessário considerar certa parcela do universo semântico da palavra paisagem.

Segundo José Bueno Conti: “A ideia de paisagem não se refere apenas ao que é observável, pois o conhecimento dos fenômenos e processos menos visíveis é essencial para se interpretá-la de forma cabal” (CONTI, 2014, p.240). Se as inter-relações devem ser compreendidas para a definição da amplitude espacial da paisagem, quais seriam os limites para o engendramento destas inter-relações? A grosso modo, é plausível considerar que existem relações que se manifestam em escala global. Assim, pragmaticamente, paisagem seria espaço. Não parece adequado seguir por esta linha. Não é uma questão de considerar que a análise integrada homem e natureza não deva

ser estudada. Mas é afirmar, de maneira categórica, que a paisagem entendida desta forma carrega problematizações epistemológicas e ambiguidades semânticas. Claramente, a paisagem dos ecologistas[14] constitui-se como uma entidade diferente da paisagem dos geógrafos culturais. Em um exemplo, a crítica à limitação do conceito da paisagem ao sentido da visão parece comum, mas encontra desdobramentos diferentes entre geógrafos ecologistas e os culturais alinhados às perspectivas pós-virada cultural:

Figura 1 – Oposições ao ocularcentrismo paisagístico



Fonte: Organizado pelo autor.

É importante destacar que esta categorização envolvendo "geógrafos ecologistas" e "geógrafos culturais", já é, em si, uma generalização. No que diz respeito aos geógrafos culturais, podemos nos referir às distintas visões intermediadas por àqueles que abordam a cultura em suas distintas ontologias, em outro extremo, por aqueles que afirmam que a cultura não existe da forma que costumamos conceber (MITCHELL, 1995). Independente do ponto de vista do estudioso, delimitar a paisagem é uma tarefa árdua que não passa pelos referenciais materiais passíveis de observação. Como nos diz Tim Ingold, "nenhum aspecto da paisagem é, em si mesmo, um limite" (INGOLD, 1993, p.156). Interessante pensar que a categoria lugar também não está

[14] Palavras como "geossistema" ou mesmo expressões como "região ecológica" parecem facilitar as diferenciações entre ecologistas e geógrafos culturais, fazendo, sobretudo, a leitura leiga em Geografia ser mais palatável devido à polissemia carregada pela categoria paisagem.

livre dessa problemática. Além disso, o mesmo autor ressalta que os lugares podem ter centro, mas não possuem limites. O que explica essa problemática é justamente a participação das distintas formulações mentais que participam *pari passu* às expressões materiais da paisagem e do lugar. Mesmo na dimensão identitária, os limites se portam de maneira inquieta, ao sabor das ressignificações que são naturais à experiência humana. Acrescenta-se ainda, uma elaboração que é congruente à perspectiva da paisagem e do lugar, trazida por Augustin Berque (2012; 2017): a paisagem quanto o lugar encontram interseção na necessidade de transcender a materialidade, não a rejeitando, mas visitando domínios imateriais em um exercício dialético. A este exercício Berque propôs o nome de trajeção (BERQUE, 2017).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O fato de uma só palavra da língua alemã (*landschaft*) significar paisagem e região não determina que o pensamento geográfico de uma das mais tradicionais escolas da geografia ignore a reflexão – em termos epistemológicos – sobre as diferenças e congruências das duas categorias geográficas em questão. Mesmo em outras línguas, a palavra paisagem pode assumir concepções muito distintas, que variam diacronicamente e de acordo com as concepções mobilizadas a partir de determinadas correntes do pensamento geográfico. A ecologia da paisagem apresenta-se de maneira curiosa como partícipe desta problemática. Nos estudos ecológicos, as diferenças entre as abordagens nomotéticas e idiográficas não ficam muito esclarecidas (MALANSON, 2002). É justamente a noção da paisagem enquanto área ecológica que aproxima o sentido da categoria em questão da ideia que prevalece na contemporaneidade sobre região: porção do espaço relativamente homogênea, marcada pela presença de um ou mais elementos marcantes.

A abordagem exclusivamente material da paisagem, que é uma marca de parcela importante dos estudos geográficos voltados para as questões ambientais, abalroa nas concepções conflituosas que envolvem o antagonismo entre a percepção cultural da natureza e o conceito objetivo da função ecológica. É importante destacar que as tradições culturais na geografia, fortemente guiadas pelos pressupostos ditados

pela escola de Berkeley e por Carl Sauer, também são dominadas por um foco material da paisagem. Somente a partir da virada cultural a hegemonia de Berkeley foi quebrada, fazendo com que a paisagem fosse vista a partir da transcendência da materialidade, com foco nos significados e na experiência humana. Esta ruptura na perspectiva cultural permitiu o distanciamento da categoria paisagem da região e a aproximação entre paisagem e lugar, pelo menos no âmbito dos estudos culturais contemporâneos.

Em uma problematização de viés cultural, aquilo que parece uma natureza bela e aprazível pode se constituir como um antigo aterro poluído. Da mesma forma, o que aprioristicamente pode se apresentar como o retrato de um negligente abandono, pode se constituir como um rico ecossistema. A distinção entre a função ecológica e as percepções culturais da natureza é inegável. Ao mesmo tempo em que os residentes suburbanos valorizam o canto dos pássaros, podem desvalorizar o habitat amadeirado que tais pássaros requerem (NASSAUER, 1995). Estas valorizações, quando avaliadas de forma cruzada, mostram algumas vezes assimetrias e irracionalidades, que, por sua vez, aludem ao descompasso entre a subjetividade da cultura e a objetividade da ciência. É importante destacar que a percepção cultural da natureza não é errada, ela é o que é. Em outras palavras, a incongruência com a racionalidade científica faz parte de suas manifestações.

As novas abordagens culturais da paisagem, dentre as quais podemos citar a realizada pela geografia humanista e por outras correntes que se desenvolveram após a virada cultural, é a antítese da exclusiva materialidade e objetividade que marcam os pressupostos da ecologia da paisagem e da geografia teorético-quantitativa. As novas abordagens culturais resgatam a subjetividade ensaiada por autores como Eric Dardel (2011) e John K. Wright (2014) no período pós-Segunda Guerra e obliterada pela ascensão da geografia teorético-quantitativa dos anos 1950.

Concluímos que o conceito de paisagem, dependendo dos pressupostos que fundamentam a sua abordagem, pode flutuar e adentrar em uma zona de congruência com os conceitos de região e lugar. A reflexão epistemológica aqui proposta nos permite apontar que nos discursos e nas construções textuais precisamos dar vazão à nossa apropriação teórica do conceito de paisagem, sob o risco de comprometer o processo de comunicação, fundamental para os objetivos científicos da geografia. Conforme foi indicado na introdução deste texto, não queremos apontar que exista

abordagem certa ou errada da paisagem; é importante apontar, todavia, os desdobramentos teóricos que apoiam o uso fatiado do universo semântico da paisagem, para que se possa evitar incoerências ou ruídos de compreensão.

REFERÊNCIAS

AB´SÁBER, A. **Os Domínios de Natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas.** São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

ANDREOTTI, G. Paisagens do espírito: a encenação da alma. **Ateliê Geográfico,** v.4, n.4, p.264-280, 2010.

ANTROP, M. Why landscapes of the past are important for the future. **Landscape and urban planning**, n.70, p.21-34, 2005.

APPLETON, J. What landscapes means to me. **Landscapes,** v.1, n.2, p.94-97, 2000.

BERQUE, A. A cosmofania das realidades geográficas. **Geograficidade,** v.7, n.2, p.4-16, inverno, 2017.

BERQUE, A. Beyond the modern landscape. **Architectural Association school of Architecture,** n.25, summer, p.33-37, 1993.

BERQUE, A. Geogramas, por uma ontologia dos fatos geográficos. **Geograficidade,** v.2, n.1, verão, p.4-12, 2012.

BERQUE, A. Landscape and Immanence. **Thesis Eleven,** n.54, august, p.106-116, 1998.

BONNEMAISON, J. The Metaphor of the tree and the canoe. Tradução de Peter Crowe. **Pacific Arts**, n.9-10, p.21-24, Jul.,1994.

BURGESS, J. Editorial. **Landscape Research**, v.21, n.1, p.5-12, 1996.

BURGESS, R. The concept of nature in Geography and Marxism. **Antipode,** v.10, n.2, p.1-11, 1978.

CAPEL, H. Neopositivismo e Geografia Quantitativa. (in): CAPEL, Horacio. **Ruptura e continuidade no pensamento geográfico**. Maringá: EDUEM, 2013.

CLAVAL, P. "A Volta do Cultural" na Geografia. **Mercator - Revista de Geografia da UFC,** Fortaleza, v.1, n.1, 2002.

CLAVAL, Paul. A paisagem dos geógrafos. (in) Corrêa, Roberto Lobato; Rosendahl, Zeny. **Paisagens, texto e identidades.** Rio de Janeiro: Eduerj, 2004.

CLAVAL, P. The cultural approach and geography – the perspective of communication. **Norsk Geografisk Tidsskrift – Norwegian Journal of Geography,** v.55, n.3, p.126-137, 2001.

CONTI, J. B. Geografia e Paisagem. Santa Maria: **Ciência e Natura**, v.36, ed. Especial, p. 239-245, 2014.

COSGROVE, D. Landscape studies in geography and cognate fields of the humanities and social sciences. **Landscape Research**, v.15, n.3, p.1-6, 1990.

COSGROVE, D. On "the reinvention of Cultural geography" by Price and Lewis. **Annals of the Association of American Geographers,** v.83, n.3, p.515-517, 1993.

COSGROVE, D. Prospect, Perspective and the Evolution of the Landscape Idea. **Transactions of the Institute of British Geographers,** new series, v.10, n.1, p.45-62, 1985.

COSGROVE, D. **Social Formation and symbolic landscape**. Madison: University of Wisconsin Press, 1998.

COSGROVE, D. Modernity, Community and the Landscape Idea. **Journal of Material Culture**, v.11, n.49, p.49-66, 2006.

CRESSWELL, T. Place: encountering geography as philosophy. **Geography**, v.93, n.3, p.132-139, Autumn, 2008.

DARDEL, E. **O Homem e a Terra: natureza da realidade geográfica**. São Paulo: Perspectiva, 2011.

DEMERITT, D. The nature of metaphors in cultural geography and environmental history. **Progress in Human Geography,** v.18, n.2, p.163-185, 1994.

DOMINGUES, Á. A paisagem revisitada. Lisboa: **Finisterra,** n.72, p.55-66, 2001.

DRIVER, F. On Geography as a Visual Discipline. **Antipode,** v.35, n.2, p.227-231, mar., 2003.

DUNCAN, J. The superorganic in american cultural geography. **Annals of the Association of American Geographers,** v.70, n.2, jun., p.181-198, 1980.

FITZSIMMONS, M. The matter of nature. **Antipode,** v.21, n.2, p.106-120, 1989.

GREGORY, K. J. **A Natureza da Geografia Física**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1992.

HAESBAERT, R. **Regional-Global.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

HARTSHORNE, R. **Propósitos e natureza da Geografia.** São Paulo: Hucitec Edusp, 1978.

HARVEY, D. **Explanation in Geography.** Bristol: Edward Arnold, 1986.

INGOLD, T. The temporality of the landscape. **World Archaelogy,** v.25, n.2, p.152-174, 1993.

JOHNSTON, R. J. **Geografia e Geógrafos**. São Paulo: Difel, 1986.

KARJALAINEN, P. T. House, Home and the Place of Dwelling. *Scandinavian* **Housing & Planning Reasearch**, n.10, p.65-74, 1993.

KIYOTANI, I. O conceito de paisagem no tempo. Florianópolis: **Geosul,** v.29, n.57, p.27-42, jan./jun., 2014.

LARSEN, S. E. Is nature really natural? **Landscape Research**, v.17, n.3, p.116-122, 1992.

LEY, D. Cultural/humanistic geography. **Progress in Human Geography**, v.5, p.249-257, 1981.

LOWENTHAL, D. Environmental perception: preserving the past. **Progress in Human Geography,** v.3, n.4, p.549-559, dez., 1979.

LOWENTHAL, D. Finding valued landscapes. **Progress in Human Geography**, March, 1978.

MALANSON, G. P. **Riparian Landscapes.** New York: Cambridge University Press, 2002.

MARANDOLA, H. L.; OLIVEIRA, L. de. Origens da paisagem em Augustin Berque: pensamento paisageiro e pensamento da paisagem. **Geograficidade,** v.8, n.2, inverno, 2018.

MAXIMIANO, L. A. Considerações sobre o conceito de paisagem. **RA 'E GA**, n.8, p.83-91, 2004.

MEINIG, D. W. Geography as an art. **Transactions of the Institute of British Geographers**, New Series, v.8, n.3, p.314-328, 1983.

MIKESELL, M. W. Tradition and innovation in cultural geography. **Annals of the Association of American Geographers,** v.68, n.1, p.1-16, mar., 1978.

MITCHELL, D. There's No Such Thing as Culture: Towards a Reconceptualization of the Idea of Culture in Geography. **Transactions of the Institute of British Geographers.** New Series, v.20, n.1, p.102-116, 1995.

NASSAUER, J. I. Culture and changing landscape structure. **Landscape Ecology,** v.10, n.4, p.229-237, 1995.

OLIVEIRA, L. Percepção da paisagem geográfica: Piaget, Gibson e Tuan. **Geografia,** v.25, n.2, p.5-22, 2000.

OLWIG, K. R. All that is landscape is melted into air: the "aerography" of ethereal space. **Environment and Planning D: Society and Space**. v.29, p.519-532, 2011.

OLWIG, K. R. Has "geography" always been modern?: choros, (non)representation, performance, and the landscape. **Environmental and Planning A,** v.40, p.1843-1861, 2008.

OLWIG, K. R. Recovering the substantive nature of landscape. **Annals of the Association of American Geographers,** v.86, n.4, p.630-653, 1996.

PARKER, G. **Geopolitics: Past, Present and Future.** London: Pinter, 1998.

PEDROSA, B. V. O império da representação: a virada cultural e a geografia. **Espaço e Cultura,** UERJ, n.39, jan./jun, p.31-58, 2016.

PENN, M.; LUKERMANN, F. Corologia e paisagem: uma leitura internalista de "A Morfologia da Paisagem". (in): CORREA, Roberto Lobato; ROSENDAHL, Zeny (Orgs.) **Sobre Carl Sauer**. Rio de Janeiro: Eduerj, 2011.

PISTRICK, E.; ISNART, C. Landscapes, soundscapes, mindscapes: introduction. **Etnográfica,** v.17, n.3, p.503-513, October, 2013.

POCOCK, D. C. D. Sound and the Geographer. **Geography,** v.74, n.3, p.193-200, June, 1989.

PORTEOUS, J. D. **Planned to death: the annihilation of a place called Howdendyke.** Toronto: University of Toronto Press, 1988.

PORTEOUS, J. D. Smellscape. Manchester: **Progress in Human Geography,** n.9, p.356-378, 1985.

PORTEOUS, J. D.; MASTIN, F. J. Soundscape. Chicago: **Journal of Architectural and Planning Research,** v. 2, n.3, p.169-186, 1985.

PORTEOUS, J. D.; SMITH, S. E. **Domicide: the global destruction of home.** Montreal: Mcgill-Queen´s University Press, 2001.

PRICE, M.; LEWIS, M. The Reinvention of Cultural Geography. **Annals of the Association of American Geographers,** v.83, n.1, p.1-17, 1993.

RAFFESTIN, C. Paysage et territorialité. **Cahiers de geographie du Quebec,** v.21, n.53-54, p.123-134, 1977.

ROUGERIE, G. **Geografia das Paisagens**. São Paulo: Difusão Europeia do Livro, 1971.

SALGUEIRO, T. B. Paisagem e Geografia. Lisboa: **Finisterra,** n.72, p.37-53, 2001.

SAUER, C. A morfologia da paisagem. (in): OAKES, Timothy S; PRICE, Patricia L (eds). **The Cultural Geography Reader.** New York: Routledge, 2008.

SCHAEFER, F. K. Excepcionalism in Geography: A methodological examination. **Annals of the association of American geographers,** v.43, n.3, p.226-249, 1953.

SCHAMA, S. **Paisagem e Memória.** São Paulo: Companhia das Letras, 2009.

SCHIER, R. A. Trajetórias do conceito de paisagem na Geografia. Curitiba: **RA'EGA**, n.7, p.79-85, 2003.

SERPA, A. Lugar, paisagem e experiência. **Geograficidade**, v.10, número especial, p.99-105, 2020.

SIVIGNON, M. Sobre a Geografia Cultural. **Espaço e Cultura**, UERJ, n.14, p.33-39, jul-dez, 2002.

TUAN, Y.-F. **Escapism**. Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 1998.

TUAN, Y.-F. **Espaço e lugar: a perspectiva da experiência.** Londrina: Eduel, 2013.

TUAN, Y. -F. **Paisagens do medo.** São Paulo: Editora Unesp, 2005.

TUAN, Y.-F. Space and Place: Humanistic Perspective. (in) Gale S; Olsson, G. (eds) **Philosophy in Geography**. Theory and Decision Library, Springer, v.20, 1979.

TUAN, Y.-F. Strangers and Strangeness. **Geographical Review**, v.76, n.1, jan, p.10-19, 1986.

TUAN, Y.-F. **Topofilia: um estudo da percepção, atitudes e valores do meio ambiente.** São Paulo: Difel, 1980.

TURNER, M. Classical chinese landscape painting and the aesthetic appreciation of nature. **Journal of Aesthetic Education**, v.43, n.1, spring, p.106-121, 2009.

UIMONEN, H. Pure Geographer: Observations on J. G. Granö and Soundscapes Studies. **The Journal of Acustic Ecology**, v.8, n.1, p.14-16, 2008.

VALENTINE, G. Whatever happened to the social? Reflections on the "cultural turn" in British Human Geography. **Norwegian Journal of Geography,** v.55, p.166-172, 2001.

WRIGHT, J. K. Terrae Incognitae: O lugar da imaginação na Geografia. **Geograficidade,** v.4, n.2, inverno, p.4-18, 2014.

YOUNG, B D. Perceiving Smellscapes. **Pacific Philosophical Quarterly**, v.101, n.2, p.203-222, jun., 2020.

Recebido em julho de 2020.

Revisão realizada em setembro de 2021.

Aceito para publicação em dezembro de 2021.

O URBANO NO CONTEXTO DA PRODUÇÃO ACADÊMICA DO PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ ENTRE OS ANOS DE 2013 E 2020

THE URBAN IN THE CONTEXT OF ACADEMIC PRODUCTION OF THE POSTGRADUATE PROGRAM IN GEOGRAPHY AT THE FEDERAL UNIVERSITY OF PIAUÍ BETWEEN 2013 AND 2020

LO URBANO EN EL CONTEXTO DE PRODUCCIÓN ACADÉMICA DEL PROGRAMA DE POSGRADO EN GEOGRAFÍA DE LA UNIVERSIDAD FEDERAL DE PIAUÍ ENTRE 2013 Y 2020

Juliana Oliveira Araújo
Mestra em Geografia, Universidade Federal do Piauí-UFPI
ju.o.ara@hotmail.com

Alice Silva Costa Alelaf
Mestra em Geografia, Universidade Federal do Piauí-UFPI
alice.alelaf@gmail.com

RESUMO

O estado da arte é um levantamento que auxilia no processo de investigação científica sobre as temáticas desenvolvidas no âmbito acadêmico. Este artigo tem por objetivo analisar o banco de dissertações do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Piauí (PPGGEO-UFPI), com propósito de fazer o estado da arte sobre os trabalhos voltados ao contexto da urbanização e os procedimentos metodológicos escolhidos pelos autores. Os procedimentos metodológicos, utilizados para alcançar este objetivo, relacionam-se aos métodos dedutivo, observacional e estatístico, as pesquisas: descritiva, quantitativa, bibliográfica, documental e a análise de conteúdo. Os resultados revelaram uma significativa concentração de produções acadêmicas na cidade de Teresina, contrapondo-se as demais cidades que compõem o estado do Piauí. Por fim, observou-se que as tendências de pesquisa no Mestrado em Geografia abrangem desde a gestão urbana, a análise dos planos, as transformações socioespaciais e socioambientais, até o processo de urbanização em ambientes litorâneos.

Palavras-chave: Urbano. Estado da arte. Geografia. Produção científica

ABSTRACT

The state of the art is a survey that helps in the process of scientific research on the themes developed in the academic field. This article aims to analyze the master's degree thesis database of the Postgraduate Program in Geography at the Federal University of Piauí (PPGGEO-UFPI), with the purpose of making the state of the art on the works, focused on the context of urbanization and the

chosen methodological procedures by the authors. The methodological procedures used to achieve this objective are related to the deductive, observational, and statistical methods, the research: descriptive, quantitative, bibliographic, documentary, and content analysis. The results revealed a significant concentration of academic productions in Teresina city , in contrast to the other cities that make up the state of Piauí. Finally, it was observed that the research trends in the Master degree in Geography range from urban management, the analysis of plans, socio-spatial and socio-environmental transformations, to the urbanization process in coastal environments.

Key-words: Urban. State of art. Geography. Scientific production.

RESUMEN

El estado del arte es uma encuesta que ayuda em el processo de investigación científica sobre los temas desarrolhados em la esfera académica.Este artículo tiene como objetivo analizar el banco de tesis del Programa de Posgrado en Geografía de la Universidad Federal de Piauí (PPGGEO-UFPI), con el propósito de hacer el estado del arte de las obras enfocadas en el contexto de urbanización y los procedimientos metodológicos elegidos por los autores. Los procedimientos metodológicos utilizados para lograr este objetivo están relacionados con los métodos deductivo, observacional y estadístico. La investigación: descriptiva, cuantitativa, bibliográfica, documental y análisis de contenido. Los resultados revelaron una importante concentración de producciones académicas en la ciudad de Teresina, en contraste con las otras ciudades que conforman el estado de Piauí. Finalmente, se observó que las tendencias de investigación en el Máster en Geografía van desde la gestión urbana, el análisis de planes, las transformaciones socioespaciales y socioambientales, hasta el proceso de urbanización en entornos costeros.

Palabras clave: Urbano. Estado del arte. Geografía. Producción científica

INTRODUÇÃO

O Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Piauí (PPGGEO-UFPI), em nível de mestrado aprovado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Capes (março /2011), constitui-se da área de concentração Organização do Espaço e Educação Geográfica com duas linhas de pesquisas: uma relacionada aos Estudos Regionais e Geoambientais, e a outra ao Ensino de Geografia (UFPI, 2014).

Tendo por base os objetivos do PPGGEO, destacam-se algumas premissas: formação de profissional que exerça o senso crítico sobre a utilização do território e de seus recursos ambientais, capacitação do profissional docente para o desenvolvimento da

educação geográfica e, articulação de atividades e pesquisas que contribuam para conhecer a realidade do estado do Piauí (UFPI, 2014).

Segundo UFPI (2014) no programa são ofertadas quatro disciplinas obrigatórias: epistemologia da geografia, metodologia da pesquisa em geografia, seminário de projeto de pesquisa e seminário de introdução ao mestrado, esta última ministrada pelo Coordenador em exercício. Além dessas, apresenta vinte e duas disciplinas optativas, exemplos: análise integrada do ambiente, organização do espaço piauiense, e urbanização, política e cidadania, com ênfase à linha de pesquisa Estudos Regionais e Geoambientais.

Diante disso, este artigo origina-se da necessidade de evidenciar o que tem sido produzido sobre o fenômeno urbano no Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Piauí, bem como verificar as metodologias que os pesquisadores utilizaram nas produções acadêmicas.

Isto surgiu a partir das concepções teóricas auferidas pelas disciplinas cursadas de Metodologia da Pesquisa em Geografia, sobre a importância da revisão sistemática das dissertações e teses referentes às temáticas de estudo, denominada estado da arte e sob a influência da disciplina de Urbanização, Política e Cidadania.

Desse modo, surge o questionamento: de que forma a urbanização foi discutida nas dissertações de Geografia do programa e quais os procedimentos metodológicos adotados pelos pesquisadores? Assim, esse artigo, tem por objetivo central: analisar o banco de dissertações do PPGGEO-UFPI, com propósito de fazer o estado da arte sobre os trabalhos voltados ao contexto da urbanização e os procedimentos metodológicos escolhidos pelos autores.

Realizou-se levantamento das dissertações elaboradas no PPGGEO/UFPI no período compreeendido entre 2013 a 2020, e por sua vez destacou-se àquelas vinculadas a temática da urbanização. Nesta circunstância, verifica-se que o programa não apresenta curso de Doutorado, em razão disso, o estudo ocorreu apenas com as dissertações, elementos disponíveis no site do programa.

Os procedimentos metodológicos que nortearam o desenvolvimento deste estudo foram constituídos com base no aporte teórico de Prodanov e Freitas (2013), Gil (2008), Ferreira (2002), Vergara (2003) e Bardin (1977), quanto ao método de

abordagem, tipo de pesquisa, métodos de procedimentos, abordagem do problema, procedimento técnico e tratamento dos dados.

Conforme Prodanov e Freitas (2013), o método dedutivo se caracteriza por utilizar o racionalismo, particularidade que corrobora o processo de investigação realizado do geral para o particular. Quanto ao tipo de pesquisa, a descritiva registra e descreve os fatos sem interferir neles.

Para Gil (2008), o método observacional vincula-se a algo que acontece ou já aconteceu. No entanto, para Prodanov e Freitas (2013) o método estatístico possibilita uma descrição quantitativa da sociedade, considera que tudo pode ser quantificável, o que significa traduzir em números opiniões e informações para classificá-las e analisá-las.

A pesquisa bibliográfica se constitui segundo Prodanov e Freitas (2013, p.69) como aquela que é: "[…] elaborada a partir de material já publicado, […] dissertações, teses, […] com o objetivo de colocar o pesquisador em contato direto com todo material já escrito sobre o assunto da pesquisa". Utilizou-se, então, a pesquisa denominada por "estado da arte" ou "estado do conhecimento", definida:

> […] de caráter bibliográfico, […] desafio de mapear e de discutir uma certa produção acadêmica em diferentes campos do conhecimento, tentando responder que aspectos e dimensões vêm sendo destacados e privilegiados em diferentes épocas e lugares, de que formas e em que condições têm sido produzidas certas dissertações de mestrado [...] (FERREIRA, 2002, p.257).

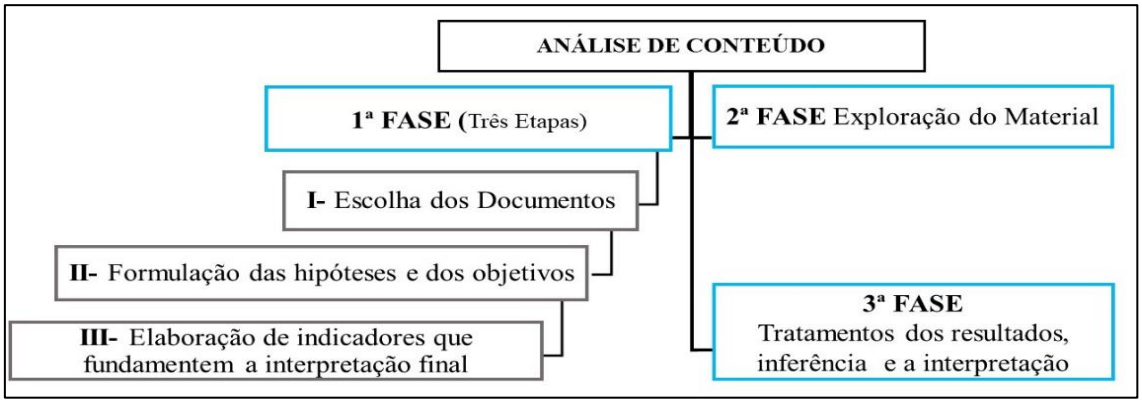
Sobre o universo e amostra, segundo Vergara (2003) trata-se de definir toda a população (conjunto de elementos que possuem as características que serão objeto de estudo) e a população amostral (uma parte do universo escolhida segundo algum critério de representatividade). População: todas as dissertações defendidas no PPGGEO/UFPI (2013-2020). Amostra: Dissertações voltadas para o urbano.

Já a pesquisa documental "vale-se de materiais que não receberam ainda um tratamento analítico, ou que ainda podem ser reelaborados de acordo com os objetivos da pesquisa" (GIL, 2008, p.51). Realizou-se a compilação de informações através da apreciação do Regimento Interno do Programa de Pós-Graduação em Geografia-UFPI.

Para tratamento dos dados, utilizou-se à análise de conteúdo de Bardin (1977, p.42) busca "[...] obter por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens indicadores que permitam a inferência de conhecimentos

relativos às condições de produção/recepção destas mensagens". Para Bardin (*op. cit.*) a análise de conteúdo se organiza em três fases, conforme a figura 01.

Figura 01 – Organização da Análise de Conteúdo



Fonte: Bardin (1977). Elaboração/Organização: Autoras (2020)

A primeira fase concentra-se no processo de organização do material, sob duas perspectivas: a leitura flutuante, o primeiro contato com os documentos de análise e a escolha dos documentos. Nesta fase, destacam-se três etapas (Figura 01), a etapa I corresponde as dissertações do PPGGEO UFPI referentes ao processo de urbanização, a etapa II foi abordada no decorrer do artigo, com destaque para o objetivo.

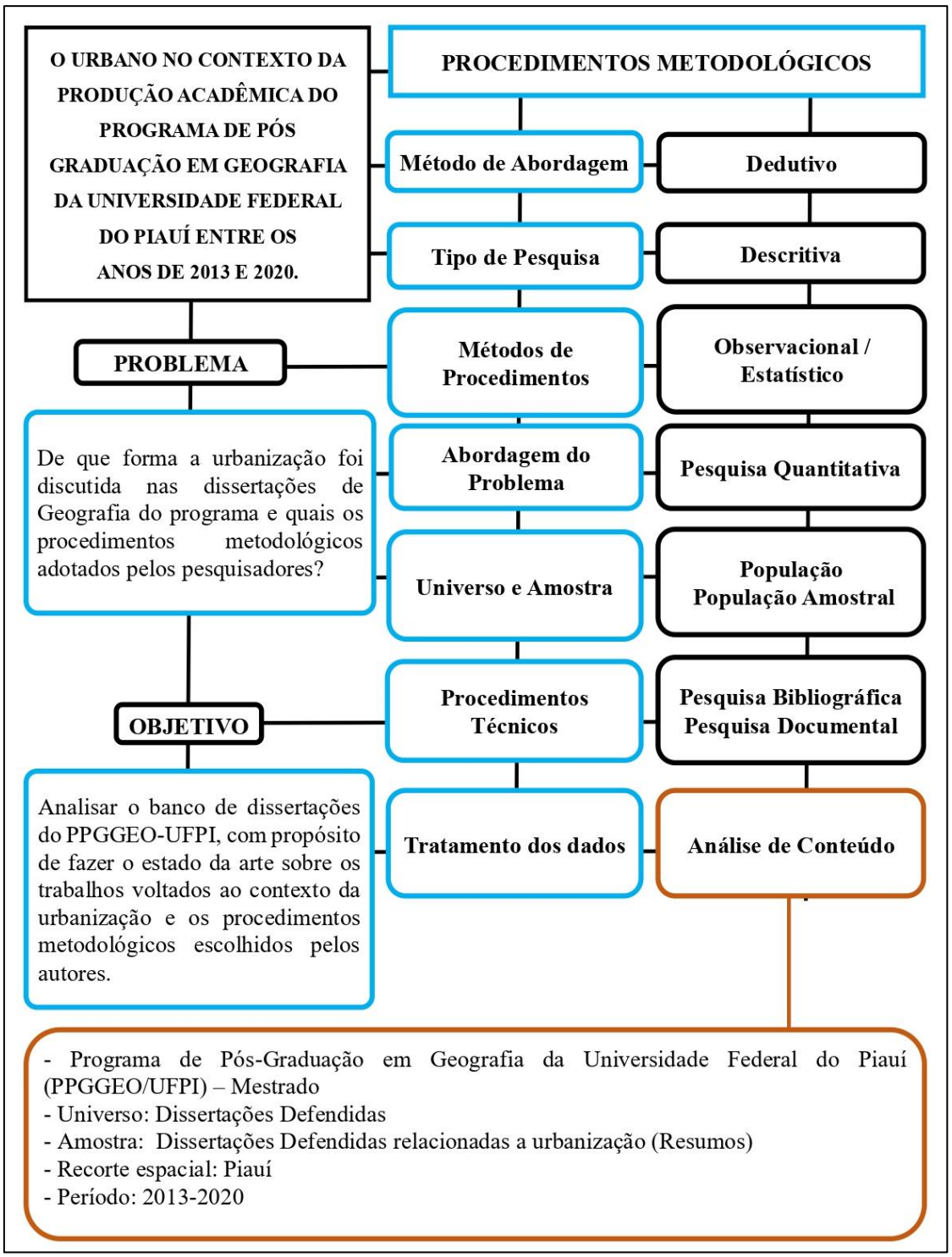
Todavia, a etapa III se refere aos indicadores/critérios utilizados neste estudo, são eles: Programa de Pós-Graduação em Geografia, Resumos: dissertações, Recorte temporal: 2013 a 2020, Recorte espacial: Piauí, abordagem do estudo e procedimentos metodológicos. Neste ínterim, ressalta-se o conceito de resumo, que segundo Lakatos e Marconi (2003, p.68), é:

> a apresentação concisa e freqüentemente seletiva do texto, destacando-se os elementos de maior interesse e importância, isto é, as principais idéias do autor da obra. A finalidade do resumo consiste na difusão das informações contidas em livros, artigos, teses etc., permitindo a quem o ler resolver sobre a conveniência ou não de consultar o texto completo.

De acordo com Bardin (1977) a segunda fase consiste na administração sistemática das decisões tomadas e a terceira fase se refere às operações estatísticas, que permitem a elaboração de quadros de resultados ou figuras. A análise de conteúdo de acordo com a sequência de etapas auxiliou na produção dos resultados e discussões sobre

o levantamento dos trabalhos acadêmicos. O esboço da figura 02, representa uma síntese do percurso teórico-metodológico deste artigo.

Figura 02 - Percurso Metodológico



Organização: Autoras (2020)

ESTADO DA ARTE: O URBANO NAS DISSERTAÇÕES DE GEOGRAFIA DA UFPI

De acordo com Romanowski e Ens (2006, p.39) estados da arte significam:

> […] contribuição importante na constituição do campo teórico de uma área de conhecimento, pois procuram identificar os aportes significativos da construção da teoria […]. apontar as restrições sobre o campo em que se move a pesquisa, as suas lacunas de disseminação, identificar experiências inovadoras investigadas que apontem alternativas de solução para os problemas da prática e reconhecer as contribuições da pesquisa na constituição de propostas na área focalizada.

Realizou-se a título de verificação a contagem das dissertações (2013-2020), segundo banco de dissertações defendidas listadas no Site do PPGGEO/UFPI, contabilizando-se 104 dissertações, destas vinte e oito apresentam em seu título as palavras: urbano, urbana ou urbanização, ou palavras que se relacionem ao viés urbano. Além disso, dentre os trabalhos considerou-se apenas àqueles com recorte espacial no estado do Piauí, pois constatou-se uma pesquisa sobre evolução urbana em território maranhense.

Identificou-se que 27 % das dissertações defendidas apresentaram premissas referentes ao urbano contrapondo-se aos 73% que se referem as outras concepções. O quadro 01 apresenta a lista destas produções acadêmicas de acordo com o ano de defesa (1), Orientador (2), Título (3), Palavras-chave (4) e Procedimentos metodológicos (5).

Quadro 01 – Dissertações Defendidas no PPGGEO/UFPI (2013-2020) relacionadas ao fenômeno urbano (continua)

Nº	1	2	3	4	5
1	Rodrigo da Silva Rodrigues (2013)	Francisco de Assis Veloso Filho	Planejamento urbano em Teresina: análise das projeções de expansão urbana	Planejamento Urbano. Geografia Urbana. Planos Urbanos. Expansão Urbana. Teresina-PI.	Pesquisa bibliográfica e Pesquisa documental
2	Wesley Pinto Carneiro (2013)	Antonio Cardoso Façanha	Planejamento regional e urbano no Território dos Cocais: um estudo de caso da gestão urbana em Barras (PI).	Planejamento regional. Planejamento urbano. Gestão urbana	Pesquisa bibliográfica; Pesquisa documental; Pesquisa de campo e Entrevistas
3	Silvana de Sousa Silva (2014)	Antonio Cardoso Façanha	(Re) produção espacial, intervenções urbanas e Agenda 2015: a área central de Teresina em questão;	(Re) produção Espacial. Área Central. Intervenções Urbanas. Agenda 2015.	Método dialético; Pesquisa bibliográfica; Entrevistas estruturadas e Aplicação de questionários em formulários.
4	Jaciara Karolyne Bezerra da Costa (2014)	Jose Luis Lopes Araujo	Demandas por Serviços de Saúde e as Transformações Socioespaciais na Área Central de Teresina;	Demandas. Polo de Saúde. Transformações Socioespaciais. Geografia da Saúde.	Pesquisa bibliográfica; Pesquisa documental; Pesquisa de campo; Acervos fotográficos; Visitas e Entrevistas semiestruturadas.
5	Carlos Eduardo Oliveira (2014)	Claudia Maria Saboia de Aquino	Avaliação da expansão urbana e dos impactos ambientais no Bairro Vale do Gavião – Teresina – Pi.	Expansão urbana; impacto ambiental; Check List. Vale do Gavião.	Método do check list e Análise de imagens de satélite.
6	Kleyson Campelo de Araújo (2014)	Carlos Sait Pereira de Andrade	Espaço urbano e climatologia: ilhas de calor em evidência na cidade de Teresina-Pi.	Geografia. Clima Urbano. Complexidade. Ilhas de calor.	Mensurações de temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade dos ventos.
7	David José da Silva Carvalho (2015)	Antonio Cardoso Façanha	O processo de verticalização do Bairro Jóquei na cidade de Teresina: formação, agentes e produção do espaço.	Produção imobiliária. Verticalização. Espaço. Teresina	Teoria da produção do espaço; Método dialético; Levantamento bibliográfico; Registro fotográfico; Aplicação de questionários; Entrevistas e Pesquisa de campo.

Quadro 01 – Dissertações Defendidas no PPGGEO/UFPI (2013-2020) relacionadas ao fenômeno urbano (continuação)

Nº	1	2	3	4	5
8	Fabiana da Silva Pessoa (2015)	Antonio Cardoso Façanha	Rio Parnaíba, planejamento e gestão: interfaces das cidades de Teresina (PI) e Timon (MA).	Cidade. Rio. Planejamento. Gestão. Meio ambiente. Bacia hidrográfica.	Método dialético e Pesquisa qualitativa.
9	Luís Carlos Batista Rodrigues (2016)	Antonio Cardoso Façanha	A dinâmica das Instituições de Ensino Superior e a (re) produção do espaço urbano em Teresina.	Produção do espaço urbano. Serviços. Instituições de ensino superior. Teresina.	Método dialético; Pesquisa bibliográfica e Pesquisa documental.
10	Francisco Pereira da Silva Filho (2016)	Jose Luis Lopes Araujo	Espaço urbano e sustentabilidade: a gestão dos resíduos sólidos na cidade de Parnaíba- PI.	Sociedade. Cidade. Gestão Pública. Políticas Públicas. Meio Ambiente.	Pesquisa exploratória; Pesquisa descritiva; Pesquisa documental; Pesquisa bibliográfica; Pesquisa de campo; Aplicação de questionários semiestruturado; Entrevistas Registros fotográficos e Anotações da investigação in loco.
11	Fredson Anderson Brito de Castro (2016)	Antonio Cardoso Façanha	Regionalização, planejamento e gestão urbana em Teresina: a cidade planejada e a cidade real.	Regionalização. Planejamento urbano. Gestão urbana. Cidade. Teresina.	Pesquisa bibliográfica; Pesquisa documental; Observações diretas e Entrevistas semiestruturadas
12	Geovane da Silva Abreu (2016)	Carlos Sait Pereira de Andrade	Análise têmporo-espacial da relação entre a cobertura do solo e a temperatura de superfície na cidade de Teresina (Pi) mediante o uso de Geoprocessamento.	Clima urbano. Satélite Landsat. Supressão da vegetação. Sensoriamento remoto.	Sistema de Informações Geográficas (SIG).
13	Adalgiso Barbosa de Araujo Neto (2017)	Antonio Cardoso Façanha	Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV): habitação e espacialização na RIDE Grande Teresina.	Habitação. Política Habitacional. Espacialização. RIDE	Visitas Técnicas e Confecção de mapas temáticos
14	Ângela Oliveira Vieira (2017)	Antonio Cardoso Façanha	Produção do espaço urbano, moradia e formas socioespaciais na cidade de Teresina (PI).	Espaço urbano. Moradia. Formas socioespaciais. Teresina.	Pesquisa bibliográfica.

Quadro 01 – Dissertações Defendidas no PPGGEO/UFPI (2013-2020) relacionadas ao fenômeno urbano (continuação)

Nº	1	2	3	4	5
15	Jéssica Cristina Oliveira Frota (2017)	Gustavo Souza Valladares	Potencial de expansão urbana na Planície Costeira do estado do Piauí.	SIG. Modelagem. Risco. Potencial. Dunas móveis.	Pesquisa bibliográfica e Uso do geoprocessamento.
16	Gracielly Portela da Silva (2017)	Francisco de Assis Veloso Filho	Expansão do espaço urbano recente de Teresina (Pi): uma análise do setor habitacional.	Organização interna das cidades. Política habitacional. Evolução urbana. Adensamento urbano. Teresina, Piauí.	Pesquisa bibliográfica e Uso do geoprocessamento.
17	José Edson da Silva Barrinha (2017)	Raimundo Lenilde de Araujo	Transporte coletivo urbano por ônibus em Teresina: da implantação à integração.	Teresina. Planejamento urbano. Transporte coletivo. Ônibus	Pesquisa documental e Registro Fotográfico.
18	Francisco Jean da Silva Araújo (2018)	Antonio Cardoso Façanha	Segurança pública e violência urbana em Teresina (PI): discutindo a regionalização da Polícia Militar na cidade.	Violência urbana. Segurança pública. Regionalização. Teresina.	Abordagem dialética; Pesquisa bibliográfica e Pesquisa de campo.
19	Sara Raquel Cardoso Teixeira de Sousa (2018)	Carlos Sait Pereira de Andrade	Verticalização urbana e a produção do espaço de Teresina - Piauí: cenários, reflexos e tendências.	Geografia Urbana. Áreas Verticalizadas. Teresina	Pesquisa bibliográfica e Pesquisa documental
20	Albert Isaac Gomes Viana (2018)	Iracilde Maria de Moura Fe Lima	Análise Geoambiental dos Parques Urbanos de Teresina, Piauí.	Mapeamento dos parques urbanos. Parques das faixas de APP de Teresina. Os parques e a qualidade de vida urbana.	Observações de campo; Entrevistas técnicas e Uso do geoprocessamento
21	Vânia Vieira Lima (2019)	Bartira Araujo da Silva Viana	Produção do espaço urbano e políticas habitacionais em Teresina-PI: velhos dilemas.	Produção do Espaço. Habitação. Políticas habitacionais. Teresina.	Método dialético; Pesquisa bibliográfica; Pesquisa documental e Pesquisa de campo; Entrevistas; Registro fotográfico e Produção de material cartográfico.

Quadro 01 – Dissertações Defendidas no PPGGEO/UFPI (2013-2020) relacionadas ao fenômeno urbano (conclusão)

Nº	1	2	3	4	5
22	Poliana Santos Ferraz de Oliveira (2019)	Antonio Cardoso Façanha	A expansão urbana da Zona Norte da cidade de Teresina.	Expansão Urbana. Agentes Produtores. Zona Norte de Teresina	Método dialético; Pesquisa bibliográfica; Pesquisa documental; Pesquisa de campo; Entrevistas.
23	Fernanda de Sousa Monteiro (2019)	Francisco Soares Santos Filho	Estudo da qualidade ambiental a partir da expansão urbana na cidade de Teresina, Piauí.	Expansão Urbana; Meio Ambiente; Áreas Verdes; Parques municipais	Pesquisa bibliográfica; Pesquisa documental e Pesquisa de campo.
24	Orleando Leite de Carvalho Dias (2020)	Antonio Cardoso Façanha	Rede Urbana Piauiense e a Espacialização dos Shoppings Centers.	Rede Urbana. REGIC. Shopping Center. Piauí.	Pesquisa bibliográfica e Pesquisa documental.
25	John Kennedy Viana Rocha (2020)	Edvania Gomes de Assis Silva	Urbanização e espaços turísticos da cidade de Parnaíba/PI.	Espaço geográfico, Espaço turísticos, Turismo, Planejamento, Turismo Urbano	Pesquisa bibliográfica; Pesquisa de campo e Aplicação de questionários semiestruturados
26	Emilson Oliveira Dos Santos (2020)	Bartira Araujo da Silva Viana	Contact Centers em Teresina-Pi: impactos sociais e transformações no espaço urbano.	Contact Centers. Transformações Espaciais. Impactos Sociais. Teresina.	Abordagem quali-quantitativa; Pesquisa bibliográfica; Pesquisa documental e Pesquisa de campo.
27	Edileia Barbosa Reis (2020)	Bartira Araujo da Silva Viana	Impactos espaciais e socioambientais em espaços de moradia de condomínios horizontais na região sul de Teresina/Piauí/Brasil.	Impactos Socioambientais. Condomínios Horizontais Fechados. Consumo da Cidade. Região Sul. Teresina.	Método histórico-dialético; Método checklist; Matriz de impactos socioambientais e, Produção e da análise de material cartográfico, registro fotográfico.
28	Mariana Rodrigues Oliveira dos Santos (2020)	Carlos Sait Pereira de Andrade	Clima de Teresina e Indicadores de Clima Urbano a partir do Sensoriamento Remoto.	Condicionantes climáticos. Geoprocessamento. Meio Ambiente urbano.	Produção material cartográfico

Fonte: PPGGEO/UFPI (2020). Organização: Autoras (2019/2020)

Verificou-se que, a maioria dos trabalhos se concentra em Teresina, capital do Estado, contrapondo-se aos realizados nos Territórios de Desenvolvimento[1] do Paiuí: Planície litorânea[2] (três trabalhos) e Cocais[3] (um trabalho). Na abordagem dos estudos há o predomínio do método dialético e dos procedimentos técnicos pesquisas bibliográfica, de campo e documental.

Para fins de estudo, por meio da análise de conteúdo as dissertações foram agrupadas de acordo com os temas abordados acerca do urbano. Nesse sentindo, inicia-se a discussão sobre as pesquisas que discorrem sobre o processo de formação e expansão urbana.

Destacou-se as obrigações legais, nas dissertações de Rodrigues (2013), Carneiro (2013), Silva (2014), Pessoa (2015), Castro (2016) e Frota (2017) quando o primeiro analisou as projeções da expansão urbana nos planos elaborados para a cidade de Teresina, que pontuavam as seguintes diretrizes: descentralização da cidade e ocupação dos vazios urbanos. O segundo realizou seu estudo no município de Barras-Piauí, ao salientar o contexto da expansão urbana desordenada com ênfase na discussão do planejamento e gestão sob enfoque regional e urbano.

Pessoa (2015) ressaltou as contradições da Agenda 2015[4] de Teresina, percebidas desde sua elaboração, para a inobservância das demandas requeridas no plano diretor e dos questionamentos relacionados ao desenvolvimento das atividades na área central da cidade de Teresina. A quarta realizou um estudo compativo entre as cidades à beira rio Teresina e Timon, por meio da investigação das políticas e instrumentos de

[1] O estado do Piauí é organizado em 12 Territórios de Desenvolvimento (TDs), que são unidades de planejamento da ação governamental, considerando as peculiaridades locais e regionais, visando à promoção do desenvolvimento sustentável do Estado, a redução das desigualdades e a melhoria da qualidade de vida da sua população, (PEREIRA; NASCIMENTO; RODRIGUES, 2017).

[2] Localizado na macrorregião do litoral, o Território de Desenvolvimento da Planície Litorânea, possui dois aglomerados: de número 1 composto pelos municípios Cajueiro da Praia, Ilha Grande, Luís Correia e Parnaíba, e o de número 2 com os seguintes municípios Bom Princípio do Piauí, Buriti dos Lopes, Caraúbas do Piauí, Caxingó, Cocal, Cocal do Alves e Murici dos Portela, (PEREIRA; NASCIMENTO; RODRIGUES, 2017).

[3] Localizado na macrorregião do meio-norte, o Território de Desenvolvimento dos Cocais, compõem-se de dois aglomerados (junção de municípios de acordo com suas características físicas e econômicas): o de número 3 formado pelos municípios Barras, Batalha, Campo Largo do Piauí, Esperantina, Joaquim Pires, Joca Marques, Luzilândia, Madeiro, Matias Olímpio, Morro do Chapéu do Piauí, Nossa Senhora dos Remédios, Porto e São João do Arraial e o de número 4 constituído por Brasileira, Domingos Mourão, Lagoa de São Francisco, Milton Brandão, Pedro II, Piracuruca, São João da Fronteira e São José do Divino, (PEREIRA; NASCIMENTO; RODRIGUES, 2017).

[4] Segundo Silva (2014), Plano de Desenvolvimento Sustentável Teresina Agenda 2015 ou Agenda 2015. Definido como Plano Diretor, a Agenda 2015, Lei nº 3.558/2006 assume a proposição de desenvolvimento das exigências impostas pela Agenda 21 que representa um planejamento estratégico. (SILVA, 2014, p.121).

planejamento e gestão urbana no Rio Parnaíba. Castro (2016), enfatiza o conhecimento e a delimitação espacial ao abordar o contexto da regionalização oficial da cidade de Teresina nos quesitos planejamento e gestão urbana. Frota (2017) enfatizou que a vocação natural da zona costeira piauiense ofecere subsídios para a construção de políticas públicas que visem o planejamento e a ordenação da ocupação humana, provocado pelo avanço dos equipamentos urbanos em ambientes costeiros. Todos, destacaram que o planjemanto e a gestão urbana eficazes contribuem no processo ordenamento do espaço, para o atendimento das demandas socioespaciais.

Os estudos apresentados a seguir, fazem referência ao contexto do processo de elaboração de políticas públicas referentes a moradia, a identidade territorial dos moradores dos conjuntos habitacionais e as fragilidades percebidas após implantação desses conjuntos.

Araujo Neto (2017) mostrou a ineficiência das políticas habitacionais nos municípios de Dermeval Lobão, União e José de Freitas que não se adequam a realidade local e não oferecem serviços básicos que satisfaçam as necessidades dos moradores. Vieira (2017) retratou a produção de espaço urbano da zona sul de Teresina sob o enfoque da política de habitação e o direito à cidade por meio do aspecto histórico, ação dos agentes, atores sociais e a forma espacial. Silva (2017), investigou sobre a expansão urbana de Teresina entre 1990 a 2015 sob análise dos papéis das organizações públicas e privadas no setor habitacional.

Lima (2019), verificou que a política habitacional desenvolvida pelo Banco Nacional de Habitação (BNH) e a Política Minha Casa Minha Vida (PMCV), atuaram no crescimento periférico da cidade, no entanto a construção de conjuntos habitacionais não antiguiu as necessidades dos moradores quanto a infraestrutura urbana, exemplo transporte público.

Reis (2020) enfatizou os impactos causados pelos condomínios horizontais na dinâmica urbano-ambiental da região Sul de Teresina, relacionados a insegurança, ao isolamento social e a especulação imobiliária, além de modificações na paisagem urbana. Oliveira (2020) abordou o processo de expansão urbana no bairro Vale do Gavião em Teresina, ao salientar que a especulação imobiliária impulsionou a dinâmica urbana provocando inúmeros impactos ambientais negativos.

Costa (2014), aborda as transformações socioespaciais ocorridas no espaço urbano teresinense (2000-2012) com a disseminação dos serviços de saúde. Araújo (2018) ressaltou o estudo sobre o aumento da violância criminal no espaço urbano ao se investigar sobre a regionalização da Polícia Militar e a espacialização dos crimes de homicídios no espaço urbano em Teresina. Barrinha (2017), salienta as transformações urbanas causadas pelo processo de integração do transporte coletivo. Silva Filho (2016), verificou as politicas públicas direcionadas a gestão dos resíduos sólidos urbanos na cidade de Parnaíba. Rodrigues (2016) investigou a produção do espaço urbano teresinense a partir da dinâmica dos serviços de ensino superior. Rocha (2020) discutiu o influencia da produção dos espaços turísticos no processo de expansão urbana da cidade de Parnaíba e a priorização por parte do poder público de algumas áreas.

Carvalho (2015), destaca a geografia da verticalização do Bairro Jóquei, lugar de espaços privilegiados, com a expansão dos empreendimentos imobiliários. Sousa (2018), ressaltou os papéis dos agentes produtores e reprodutores do espaço (Estado e promotores imobiliários) na determinação da valorização e desvalorização de locais nas cidades. Em Teresina contribuíram para especulação imobiliária urbana e determinaram o crescimento vertical de áreas específicas da cidade.

Viana (2018) verificou a distribuição espacial dos parques urbanos, com destaque para àqueles que se localizam em Áreas de Preservação Permanente (APP) dos rios Parnaíba e Poti. Monteiro (2019) destacou o papel dos parques ambientais na compensação ambiental na zona urbana da cidade de Teresina.

Nas dissertações de Viana (2018) e Monteiro (2019) , os espaços públicos (parques urbanos) foram objetos de estudo, para reiterar a expansão urbana da cidade, enquanto espaços de lazer, mas também como espaços que propiciam a valorização da natureza , áqueles que auxilam a melhorar a qualidade ambiental da cidade de Teresina.

Santos (2020a) analisou as transformações provocadas pela instalação das *Contact Centers* (empresas especializadas no atendimento ao cliente pelo telefone) no espaço urbano da cidade de Teresina, na alteração do fluxo de pessoas e mercadorias. Dias (2020), destaca as interferências causadas no espaço urbano-regional com a instalação de *shopping centers*.

Os trabalhos de Santos (2020a) e Dias (2020) ao destacar a questão do individualismo, dos equipamentos e serviços (por exemplo, os telemáticos -bancários, de compra, entrega em domicílio; telefonia) são cada vez mais difundidos com o intuito de facilitar o acesso ao confinamento social. Isso, auxilia no processo de transformação das relações socioespaciais que contribuem para o deslocamento solitário e virtual. Os *shopping centers* são exemplos de espaços utilizados para a sociabilidade mais ampla, espaços de circuitos espaciais fechados e seletivos.

Araújo (2014), apresentou em seu estudo características sobre o sistema termodinâmico da cidade de Tersina por meio do mapeamento de ilhas de calor. Abreu (2016), investigou o clima urbano ao relacionar a cobertura do solo e a temperatura da superfície da cidade de Teresina (1985 a 2015) por meio de técnicas de Geoprocessamento. Santos (2020b), pautou-se no Geoprocessamento para auxiliar no estudo das condições climáticas de Teresina, que se encontra em contínuo processo de expansão urbana.

Araújo (2014), Abreu (2016) e Santos (2020b), utilizaram-se do Geoprocessamento para elaboração de mapas temáticos que reiterassem as transformações urbanas ocorridas na cidade de Teresina, e de que forma isto alterou a dinâmica climática.

Em suma, todos os trabalhos citados, foram ao encontro da perspectiva da ordem espacial da cidade, que se origina da união de duas dimensões: a física e a sociocomportamental.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo teve por finalidade fazer levantamento referente às pesquisas realizadas no âmbito dos estudos relacionados as condições urbanas presentes nas cidades. Para isso, desenvolve-se o estado da arte das produções acadêmicas do PPGGEO/UFPI produzidas no período de 2013-2020. Com base na análise dos resumos, foram elencadas algumas particularidades relativas à diversificação de estudos voltados para análise do espaço urbano de Teresina desde a perspectiva ambiental, com avaliação

do ambiente dos parques urbanos, clima urbano, questão dos resíduos sólidos passando pelo crescimento vertical da cidade, centralização e descentralização de alguns serviços, caso das instituições de ensino.

Sobre o processo de gestão do espaço urbano com a criação de planos a exemplo da Agenda 2015, a conjuntura das políticas públicas na criação dos conjuntos habitacionais, questão do sistema de transporte público, "geografia das mortes", evidenciando as áreas que apresentavam maior frequência de homicídios, e as dificuldades no processo de gestão da polícia nas áreas de alta periculosidade, sobre o uso do geoprocessamento elaboração de mapas, para espacializar os parques urbanos e para fazer o mapeamento de risco da expansão urbana na planície costeira, ou seja, os procedimentos metodológicos, principalmente os voltados para o uso das tecnologias têm sido primordial para compreender a dialética do urbano.

Não obstante, após análise dos dezoito trabalhos observou-se algumas fragilidades. Utilizando-se por base os Territórios de Desenvolvimento do estado do Piauí, pode-se destacar que a maioria se concentra no Território entre rios (macroregião Meio-Norte), na cidade de Teresina (centrados na expansão urbana, gestão, planejamentos, aspectos habitacionais, processos de verticalização e de violência). Verificou-se, também existência de dois trabalhos relacionados ao urbano no Território da Planície Litorânea (um sobre o espaço urbano e os resíduos sólidos, e outro sobre o potencial de expansão urbana) e um no Território dos Cocais (com ênfase no planejamento regional e urbano, e gestão urbana).

Percebe-se que as produções que envolvem o urbano têm apresentado uma quantidade consideravél em várias abordagens, no entanto, outras perspectivas de abordagem do urbano ainda são incipientes que deveriam ser investigadas pelos pesquisadores como, por exemplo, a geografia do turismo da cidade de Teresina, visto que a mesma recebe o título de cidade de eventos e saúde.

Salienta-se que as pesquisas que envolvem o urbano estão concentradas em Teresina. Diante desse estudo, percebe-se que a análise do contexto urbano se faz necessário em outras cidades piauienses para que sistematize um diagnóstico urbano a nível estadual. A ausência de trabalhos urbanos voltados para outras cidades pode ser justificada pela dinâmica socioespacial pela qual a cidade de Teresina se constitui, seja através do estudo do velho, da questão do transporte coletivo, de uma parada que atenda as necessidades dos usuários, até o

contexto da verticalização da área urbana, através da criação de conjuntos habitacionais e condomínios de luxo.

Contudo, esta pesquisa sobre o estado ou estados da arte das dissertações, é um subsídio para investigar o urbano no contexto acadêmico, mas também para inferir quais foram as situações elencadas pelos autores a despeito do urbano, outras possibilidades de trabalhos e procedimentos metodológicos.

REFERÊNCIAS

ABREU, G. S. **Análise têmporo-espacial da relação entre a cobertura do solo e a temperatura de superfície na cidade de Teresina (Pi) mediante o uso de Geoprocessamento.** 2016. 152f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2016. Disponível em: https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=4102610. Acesso em: 18 jun. 2020.

ARAUJO NETO, A. B. **Banca de Defesa - Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV): habitação e espacialização na RIDE Grande Teresina.** 2017. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2017. Disponível em: https://www.sigaa.ufpi.br/sigaa/public/programa/noticias_desc.jsf?lc=en_US&id=372&noticia=180870552. Acesso em: 25 jun. 2020.

ARAÚJO, F. J. S. **Segurança pública e violência urbana em Teresina (PI):** discutindo a regionalização da Polícia Militar na cidade. 2018. 196. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2018. Disponível em: https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=6720114. Acesso em: 10 ago. 2020.

ARAÚJO, K. C. **Espaço urbano e climatologia:** ilhas de calor em evidência na cidade de Teresina-Pi.2014. 207f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2014. Disponível em: https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=2392312. Acesso em: 16 jun. 2020.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo.** Lisboa: Edições 70, 1977.

BARRINHA, J. E. S. **Transporte coletivo urbano por ônibus em Teresina: da implantação à integração.** 2017. 240f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2017. Disponível em: https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=5788777. Acesso em: 10 ago. 2020.

CARNEIRO, W. P. **Planejamento regional e urbano no Território dos Cocais:** um estudo de caso da gestão urbana em Barras (PI). 2013. 121f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2013. Disponível em: https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=89472. Acesso em: 16 jun. 2020.

CARVALHO, D. J. S. **O processo de verticalização do Bairro Jóquei na cidade de Teresina:** formação, agentes e produção do espaço. 2015. 188f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2015.Disponível em: https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=2358848. Acesso em: 18 jun. 2020.

CASTRO, F. A. B. **Regionalização, planejamento e gestão urbana em Teresina:** a cidade planejada e a cidade real. 2016. 231f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2016. Disponível em: https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=3697729. Acesso em: 18 jun. 2020.

COSTA, J. K. B. **Demandas por Serviços de Saúde e as Transformações Socioespaciais na Área Central de Teresina**. 2014. 123f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2014. Disponível em: https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=388787. Acesso em: 16 jun. 2020.

DIAS, O. L. C. **Banca de Defesa - Rede Urbana Piauiense e a Espacialização dos *Shoppings Centers*.** 2020. Disponível em: https://sigaa.ufpi.br/sigaa/public/programa/noticias_desc.jsf?lc=pt_BR&id=372&noticia=314814201. Acesso em: 19 nov. 2020.

FERREIRA, N. S. A. **As pesquisas denominadas "estado da arte**". Educação & Sociedade, Campinas, v. 23, n. 79, p. 257-272, 2002. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-73302002000300013&lng=en&nrm=iso. Acesso: 25 nov.2020.

FROTA, J. C. O. **Potencial de expansão urbana na Planície Costeira do estado do Piauí.** 2017. 148f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2017. Disponível em: https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=5789957. Acesso em: 25 jun. 2020.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4.ed. São Paulo: Atlas, 2008.

LAKATOS, E.M.; MARCONI, M.A. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas 2003.

LIMA, V. V. **Produção do espaço urbano e políticas habitacionais em Teresina-PI:** velhos dilemas. 2019.111f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal

do Piauí, Teresina, 2019. Disponível em: https://repositorio.ufpi.br/xmlui/handle/123456789/2355. Acesso em: 19 nov. 2020.

MONTEIRO, F. S. **Estudo da qualidade ambiental a partir da expansão urbana na cidade de Teresina, Piauí**. 2019. 113f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2019. Disponível em: https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=8069995. Acesso em: 23 nov. 2020.

OLIVEIRA, C. E. **Avaliação da expansão urbana e dos impactos ambientais no Bairro Vale do Gavião – Teresina – Pi**. 2014. 109f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2014. Disponível em: https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=441553. Acesso em: 16 jun. 2020.

OLIVEIRA, P. S. F. **A expansão urbana da Zona Norte da cidade de Teresina.** 102f. 2019. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2019. Disponível em: https://repositorio.ufpi.br/xmlui/handle/123456789/2322 . Acesso em: 19 nov. 2020.

PEREIRA, S. L. B.; NASCIMENTO, M. S.; RODRIGUES, J. V. S. **Compatibilização entre territórios de desenvolvimento e instâncias de gestão regionais.** Teresina: Fundaçao CEPRO, 2017.

PESSOA, F.S. **Rio Parnaíba, planejamento e gestão:** interfaces das cidades de Teresina (PI) e Timon (MA). 2015.176f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2015.Disponível em: https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=2414095. Acesso em: 18 jun. 2020.

PRODANOV, C.C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico:** métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale,2013.

PPGGEO/UFPI. PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ PPGGEO-UFPI. **Ensino:** dissertações/teses. Disponível em: https://sigaa.ufpi.br/sigaa/public/programa/defesas.jsf?lc=pt_BR&id=372. Acesso em: 10 nov. 2020.

REIS, E. B. **Banca de Defesa - Impactos espaciais e socioambientais em espaços de moradia de condomínios horizontais na região sul de Teresina/Piauí/Brasil.** 2020. Disponível em: https://sigaa.ufpi.br/sigaa/public/programa/noticias_desc.jsf?lc=lc=en_US&id=372&noticia=315771798. Acesso em: 19 nov. 2020.

ROCHA, J. K. V. **Banca de Defesa - Urbanização e espaços turísticos da cidade de Parnaíba/PI.** 2020. Disponível em:

https://sigaa.ufpi.br/sigaa/public/programa/noticias_desc.jsf?lc=pt_BR&id=372&noticia=314616310. Acesso em: 19 nov. 2020.

RODRIGUES, L. C. B. **A dinâmica das Instituições de Ensino Superior e a (re) produção do espaço urbano em Teresina**. 2016. 157f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2016. Disponível em: https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=4103154. Acesso em: 18 jun. 2020.

RODRIGUES, R. S. **Planejamento urbano em Teresina:** análise das projeções de expansão urbana. 2013. 196 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2013. Disponível em: https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=89471. Acesso em: 16 jun. 2020.

ROMANOWSKI, J. P.; ENS, R.T. As pesquisas denominadas do tipo "estado da arte" em educação. **Revista Diálogo Educacional**, Paraná, v. 6, n.19, p.37-50, set./dez. 2006. Disponível em: https://www.redalyc.org/pdf/1891/189116275004.pdf. Acesso em: 17 dez.2019.

SANTOS, E. O. **Banca de Defesa - *Contact Centers* em Teresina-Pi:** impactos sociais e transformações no espaço urbano. 2020. Disponível em: https://www.sigaa.ufpi.br/sigaa/public/programa/noticias_desc.jsf?lc=pt_BR&id=372&noticia=315771799. Acesso em: 19 nov. 2020a.

SANTOS, M.R. O. **Banca de Defesa - Clima de Teresina e Indicadores de Clima Urbano a partir do Sensoriamento Remoto.** 2020. Disponível em: https://sigaa.ufpi.br/sigaa/public/programa/noticias_desc.jsf?lc=pt_BR&id=372&noticia=324545460. Acesso em: 19 nov. 2020b.

SILVA FILHO, F. P. **Espaço urbano e sustentabilidade:** a gestão dos resíduos sólidos na cidade de Parnaíba- PI. 2016. 167f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2016. Disponível em: https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=3643757. Acesso em: 18 jun. 2020.

SILVA, G. P. **Expansão do espaço urbano recente de Teresina (Pi):** uma análise do setor habitacional. 2017. 115f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2017. Disponível em: https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=5040275. Acesso em: 10 ago. 2020.

SILVA, S. S. **(Re) produção espacial, intervenções urbanas e Agenda 2015:** a área central de Teresina em questão. 2014. 196f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2014. Disponível em: https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=353254. Acesso em: 16 jun. 2020.

SOUSA, S. R. C. T. **Verticalização urbana e a produção do espaço de Teresina - Piauí:** cenários, reflexos e tendências. 2018. 150f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2018. Disponível em: https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=6711533. Acesso em: 10 ago. 2020.

UFPI. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ. **Regimento do Programa de Pós-Graduação em Geografia-UFPI**. Teresina: UFPI, 2014. Disponível em: https://sigaa.ufpi.br/sigaa/public/programa/documentos.jsf?lc=pt_BR&id=372&idTipo=2. Acesso em: 17 dez.2019.

VERGARA, S.C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**.4.ed.São Paulo: Atlas, 2003.

VIANA, A. I. G. **Análise Geoambiental dos Parques Urbanos de Teresina, Piauí.** 2018. 116f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2018. Disponível em: https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=6710124. Acesso em: 10 ago. 2020.

VIEIRA, A. O. **Produção do espaço urbano, moradia e formas socioespaciais na cidade de Teresina (PI).** 2017. 161f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2017. Disponível em: https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=5790255. Acesso em: 25 jun. 2020.

Recebido em novembro de 2020.

Revisão realizada em novembro de 2021.

Aceito para publicação em dezembro de 2021.

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SANTO ANTÔNIO

PHYSICAL AND ENVIRONMENTAL CHARACTERIZATION OF THE SANTO ANTÔNIO RIVER HYDROGRAPHIC BASIN

DESCRIPCIÓN FÍSICO Y AMBIENTAL DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO SANTO ANTÔNIO

Cleiton Messias Rodrigues Abrão
Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD)
cleiton.geografo@yahoo.com.br

André Geraldo Berezuk
Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD)
andreberezuk@ufgd.edu.br

Adelsom Soares Filho
Universidade Federal da Grande Dourados
adelsomfilho@ufgd.edu.br

Gilberto Alves de Assis Júnior
Universidade Federal da Grande Dourados
assisgeoprocessamento@gmail.com

RESUMO

Este artigo tem por objetivo analisar os componentes físicos e antrópicos da Bacia Hidrográfica do Santo Antônio (BHSA), compilados dos mapas bases de geologia, geomorfologia, pedologia e uso da terra e cobertura vegetal. Esses dados foram extraídos do projeto RADAMBRASIL, da Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais (CPRM), referente a geologia da área e levantamento semidetalhado das classes de solo disponibilizado pelo Geoportal na escala de 1:100.000, produzido pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) para os municípios que compõem a bacia. Com auxílio das técnicas de sensoriamento remoto e Sistemas de Informação Geográfica, foram utilizados dados vetoriais e matriciais para ajustar as classes de solos, bem como elaborar o mapa de uso da terra e cobertura vegetal com as imagens Sentinel 2A. Os resultados mostram que existem quatro formações litológicas nessa bacia, com áreas de sobreposição de camadas entre Botucatu e Serra Geral, nas áreas com relevo mais acidentado. Para Geomorfologia, a BHSA apresenta um relevo diverso, com formação de planaltos (morros e morrotes) no médio curso, e platôs, no alto curso. As planícies ficam restritas nos fundos de vale, e em um nível mais elevado, os terraços fluviais. Já para os solos, há um predomínio de Latossolos Vermelho no alto curso e Neossolos Regolíticos e Litólicos no médio curso. As formas de uso mais presentes nessa bacia foi pastagem encontradas no médio e baixo curso e agricultura concentrada, sobretudo, no alto curso. No entanto, foram identificadas áreas de agricultura em solos rasos (Neossolos) que possuem alto risco de erosão. As características ambientais da área de estudo revelam uma tendência para o surgimento de processos erosivos, em decorrência da ocupação de áreas com restrições ao uso agrícola.

Palavras-chave: SIGs. Sensoriamento Remoto. Uso da Terra.

ABSTRACT

This article aims take an inventory the physical and anthropogenic components of the Santo Antônio River Hydrographic Basin (BHSA), compiled from base maps of geology, geomorphology, pedology and land use and vegetation cover. These data were extracted from the RADAMBRASIL Project, of the Mineral Resources Research Company (CPRM), referring to the geology of the area and semi-detailed survey of soil classes provided by Geoportal on a scale of 1:100.000, produced by the Research Corporation Brazilian Agricultural (EMBRAPA) for the municipalities that make up the basin. With the help of remote sensing techniques and Geographic Information Systems, in raster and vector format were used to adjust some soil classes as well as preparing the land use and vegetation cover map with Sentinel 2A images. The results show that there are 4 lithological formations in this basin, with areas of overlapping layers between Botucatu and Serra Geral in areas with more rugged relief. For geomorphology, the BHSA presents a diverse relief, with the formation of plateaus (hills and little hills) in the medium course, and plateaus in the high course. The plains are restricted to the valley bottoms, and at a higher level, the river terraces. As for the soils, there is a predominance of red latosols in the high course and regolithic and lithic neosols in the middle course. The most common forms of use in this basin were the pastures found in the middle and lower course and concentrated agriculture, especially in the high course. However, agricultural areas were identified in shallow soils (neosols) that are highly fragile to erosion. The environmental characteristics of the study area reveal a tendency for the occurrence of erosive processes, as a result of the occupation of areas with restrictions on agricultural use.

Keywords: GIS. Remote Sensing. Land Use.

RESUMEN

Este artículo tiene como objetivo hacer un inventario de los componentes físicos y antropogénicos de la Cuenca Hidrográfica de Santo Antônio (BHSA), compilado a partir de mapas base de geología, geomorfología, pedología y uso del suelo y cobertura vegetal. Estos datos fueron extraídos del proyecto RADAMBRASIL, por la Compañía de Investigación en Recursos Minerales (CPRM), haciendo referencia a la geología del área y un levantamiento semidetallado de clases de suelo proporcionado por Geoportal a escala 1: 100.000, elaborado por la Corporación Brasileña de Investigación Agropecuaria (EMBRAPA).) para los municipios que componen la cuenca. Con la ayuda de técnicas de teledetección y Sistemas de Información Geográfica, utilizamos datos vectoriales y matriciales para ajustar algunas clases de suelo, así como preparar el mapa de uso del suelo y cobertura vegetal con imágenes Sentinel 2A. Los resultados muestran que existen 4 formaciones litológicas en esta cuenca, con áreas de capas superpuestas entre Botucatu y Serra Geral, en las áreas de relieve más accidentado. Para la geomorfología, BHSA presenta un relieve diverso, con la formación de mesetas (cerros y cerros) en el curso medio y mesetas en el curso superior. Las llanuras se limitan a los fondos de los valles y, en un nivel superior, a las terrazas fluviales. En cuanto a los suelos, hay predominio de latosoles rojos en el curso superior y neosoles regolíticos y líticos en el curso medio. Las formas de uso más comunes en esta cuenca fueron los pastos que se encuentran en el curso medio y bajo y la agricultura concentrada, especialmente en el curso alto. Sin embargo, se identificaron áreas agrícolas en suelos poco profundos (neosoles) que son altamente frágiles a la erosión. Las características ambientales del área de estudio revelan una tendencia a la ocurrencia de procesos erosivos, como resultado de la ocupación de áreas con restricciones de uso agrícola.

Palabras clave: SIG. Detección Remota. Uso Del Suelo.

INTRODUÇÃO

Uma bacia hidrográfica, ou bacia de drenagem constitui-se como qualquer área da superfície terrestre por onde são escoadas água, sedimentos e matérias dissolvidas

das mais altas cotas em direção as áreas mais baixas, drenadas por um canal que pode desembocar em outro canal, lago ou oceano (BOTELHO; SILVA, 2011). Os limites de uma bacia hidrográfica são chamados de divisores de água, delimitados a partir da maior cota altimétrica do relevo, onde estão localizadas as nascentes por onde aflora água do lençol freático (NASCIMENTO; VILLAÇA, 2008).

Segundo Botelho e Silva (2011), na bacia hidrográfica é possível observar de maneira integrada, as inter-relações entre os recursos naturais e as ações do homem sobre a paisagem e suas implicações nos sistemas hidrológico e ecológico, na qual estudos de processos erosivos, manejo e conservação do solo, água e planejamento ambiental são os mais aplicados. As apreensões em manter a qualidade da água potável para consumo foi o principal motivo em adotar as bacias hidrográficas como unidade básica de planejamento e gestão ambiental, com a proposição de elaborar-se Plano Nacional e Estadual de Recursos Hídricos (SANTOS, 2004; ROSS; DEL PRETTE, 1998).

Neste cenário, as bacias hidrográficas passaram a serem adotadas como referência espacial para o manejo e adoção de práticas de aproveitamento dos recursos naturais, principalmente a água. Deve-se ter em conta que, a água não deve ser o único elemento referencial, pois devem ser levados em consideração os outros componentes naturais, como geologia, relevo, solo, flora e fauna e os aspectos econômicos, sociais e políticos e, assim, passar a compreender esta totalidade (TROMBETA; LEAL, 2016).

Logo, a qualidade da água passa a ser considerada como resultado das ações antrópicas, um dos principais indicadores ambientais em uma bacia hidrográfica, ou seja, tudo que incidir em uma bacia, em maior ou menor magnitude, vai influenciar na resposta hidrológica, tanto na qualidade como na quantidade das águas. Nesse contexto, este artigo tem por objetivo elaborar um inventário dos componentes físicos e antrópicos da Bacia Hidrográfica do Santo Antônio (BHSA), utilizando-se dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs). Essa bacia é uma importante fonte de abastecimento de água para população local, em especial aos moradores da cidade de Guia Lopes da Laguna (ANA, 2020).

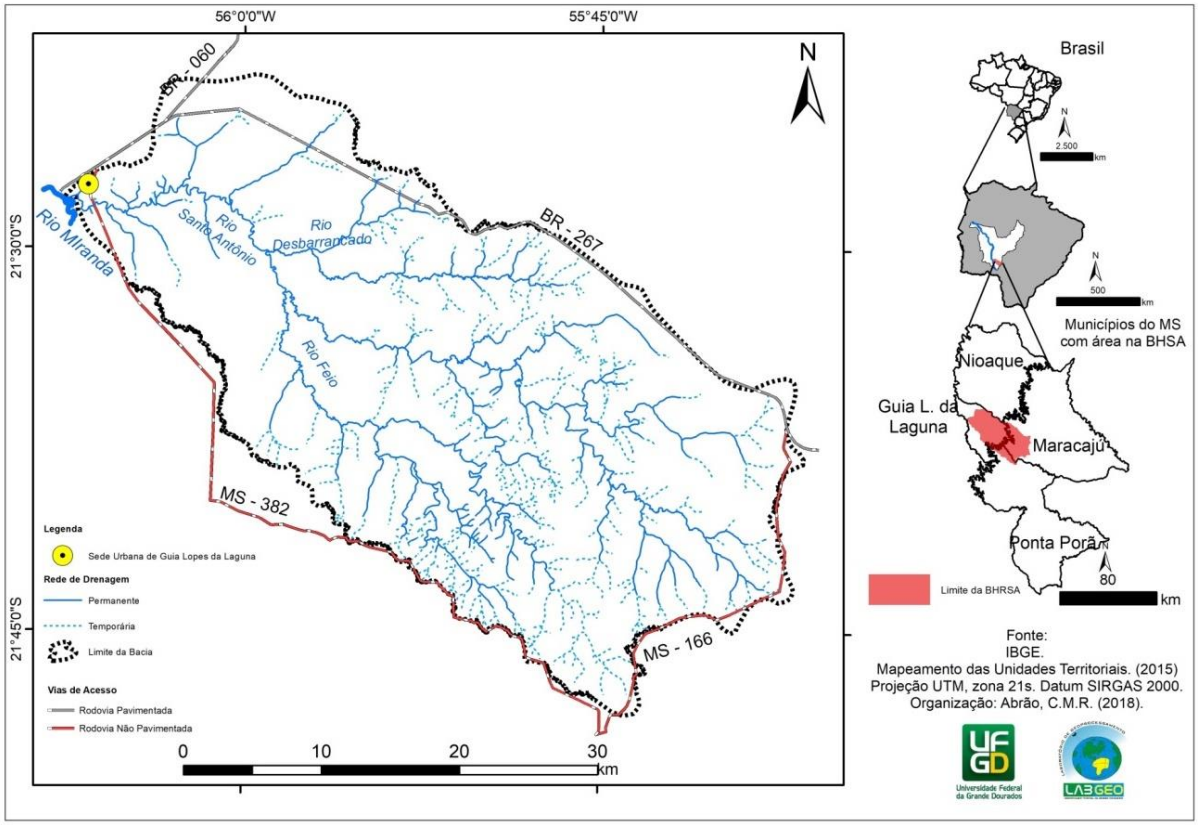
Outros estudos também apontam problemas como a perda de biodiversidade e impactos ambientais como desmatamento e ocorrência de processos erosivos quem vem comprometendo a qualidade dos recursos naturais (ABRÃO; KUERTEN, 2016; ABRÃO; BACANI, 2018). Nesse sentido, torna-se importante um levantamento mais

detalhado das informações sobre os componentes físicos desta bacia para, futuramente, propor medidas mais adequadas para o uso da terra, visto que essa área faz parte de uma das mais importantes bacias hidrográficas do bioma Pantanal (Bacia do Rio Miranda) sendo necessário estudos e estratégias para preservação e conservação dos seus recursos.

ÁREA DE ESTUDO

A BHSA está localizada em quatro municípios que compõem a mesorregião sudoeste e da Grande Dourados (MATO GROSSO DO SUL, 2019): Guia Lopes da Laguna, Nioaque, Maracaju e Ponta Porã (Figura 1). Entre os quatro municípios que compõem a BHSA, apenas Guia Lopes da Laguna tem sua sede municipal inserida parcialmente nessa bacia, bem como maior parte da sua extensão territorial (55,08%) seguido de Maracaju (34,07%), Ponta Porã (10,02%) e Nioaque (0,65%).

Figura 1 - Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio Santo Antônio



Elaboração: Os autores (2018).

A bacia tem uma área calculada em 1.202 km², cujo principal manancial é o rio Santo Antônio, com 54 km de extensão. As nascentes da BHSA estão localizadas sobre o planalto Maracaju - Campo Grande, a mais de 670 m de altitude, e sua foz a 242 m em relação ao nível do mar. Ele é o primeiro grande afluente do rio Miranda, cuja sua foz é na divisa entre os municípios de Guia Lopes da Laguna e Jardim.

MATERIAIS E MÉTODOS

Correção do Modelo Digital de Elevação SRTM

Foram escolhidas as principais variáveis do meio físico para melhor representar as condições da BHSA: Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Uso da Terra e Cobertura Vegetal. São elementos que, analisados de maneira conjunta, fornecem dados relevantes para melhor forma de uso e conservação dos recursos naturais.

Foi realizada a correção do Modelo Digital de Elevação (MDE) para diminuir a influência do efeito dossel nos dados de altitude. Esse problema ocorre devido as copas das árvores em área de vegetação densa que acabam sendo mapeadas pelo sensor do radar como elevação superior ao terreno em volta, podendo variar de acordo com a altura das árvores (de 6 a 12m) e influenciar nos dados de altitude, declividade e comprimento de rampa. Esse procedimento, portanto, tem por objetivo melhorar a acurácia desses dados e evitar eventuais erros de mapeamento para uma escala média (1:100.000).

Para efetuar a correção do modelo digital de elevação SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) (SRTM, 2000), extraído do site do serviço geológico dos Estados Unidos (USGS, 2018), foram utilizadas curvas de nível com equidistância de 40 metros e as cotas altimétricas das cartas topográficas que cobrem a área de estudo, tais como: (Boqueirão SF 21-X-C-V; Jardim SF 21-X-C-II; Maracajú SF 21-X-D-IV e Nioaque SF 21-X-C-III); elaboradas pelo Serviço Geográfico do Exército (DSG).

Mapeamento Geológico

Para o tema geologia, foi utilizado o mapa elaborado pela CPRM para o estado do Mato Grosso do Sul, na escala de 1:250.000. Também foram utilizados dados

de campo para-coleta de amostras de rochas para análise em laboratório, bem como fotos e pontos de GPS para conferir a cota altimétrica.

Mapeamento Geomorfológico

O mapa geomorfológico foi elaborado a partir dos dados do MDT, curva de nível e cotas altimétricas das cartas topográficas do DSG, declividade, relevo absoluto e dados de campo. Assim, como a Geologia, as informações referentes ao relevo existentes para área de estudo são em escalas maiores (de 1:250.000 do macrozonemanto ambiental ou 1.250.000 da CPRM). Foi seguida a divisão morfológica recomendado por Florenzano (2008), IBGE (2009) e Ross (1992; 2012), representando a morfoescultura para área de estudo.

Mapeamento Pedológico

Para o mapeamento pedológico foram utilizados os dados do levantamento de baixa intensidade de solos extraídos no Geoportal da Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) (EMBRAPA, 2009), por meio dos arquivos em formato *shapefile* (shp.) de solo em baixa intensidade, na escala de 1.100.000 de alguns municípios do Estado do Mato Grosso do Sul. No caso da BHSA, foram utilizados os dados dos municípios de Guia Lopes da Laguna, Maracajú, Nioaque e Ponta Porã. Essas informações foram aferidas com os dados de campo, no qual utilizou-se a técnica de descrição dos perfis pedológicos, seguindo o manual de descrição e coleta de solos em campo (SANTOS et al. 2005) e coleta de 12 pontos de GPS onde os foram abertos os perfis pedológicos para análise e detalhamento.

Mapeamento de Uso da Terra e Cobertura Vegetal

O mapa de uso das terras foi elaborado a partir de três cenas do satélite Sentinel 2A (21KWS; 21KXR e 21KXS), sensor MSI (*multi-spectral instrument*), bandas 2B, 3G e 4R, com resolução espacial de 10m, obtidas no dia 29 de abril de 2018, extraídas do banco de dados do *United States Geological Survey* (USGS). O processamento dessas imagens foi realizado no software ENVI 5.1.

Com a definição das classes de uso das terras, a classificação foi realizada de maneira supervisionada, onde há coleta de amostras dos pixels em diferentes regiões da imagem e o processamento pelo algoritmo *Maximum Likelihood Classification*. Para

cobertura vegetal utilizou-se dados do projeto GeoMS (SILVA et al. 2011), cujo mapeamento é na escala de 1:100.000 para todo estado de Mato Grosso do Sul - MS, desenvolvido pela Embrapa Informática. Foi extraída desse mapeamento, informações sobre a fitofisionomia da cobertura vegetal identificada pelo projeto, sendo corroborada com os dados de campo realizados na área de estudo. O padrão de cores das classes de uso da terra e cobertura vegetal foram definidos conforme descrito nos manuais técnicos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de uso da terra (IBGE, 2013) e vegetação brasileira (IBGE, 2012).

Para validar o mapa de uso, foram coletados 400 pontos amostrais de cada classe de uso da terra e cobertura vegetal obtidos pela interpretação visual da imagem Sentinel 2A e 20 pontos marcados em trabalho de campo com *Global Positioning System* (GPS). Na tabela de atributos desses pontos, foi criada uma coluna para inserir o nome da classe que eles representavam e, depois, exportada em formato shapefile *(shp)*. O procedimento de validação foi realizado no software ENVI 5.1 usando o arquivo *raster* classificado.

O cálculo estatístico foi realizado por meio do Índice *Kappa* (Eq.1), na qual, Segundo Congalton (1991), o uso é satisfatório na avaliação da precisão de uma classificação temática, pelo fato de levar em consideração toda a matriz de confusão no seu cálculo.

$$\hat{K} = \frac{N\sum_{i=1}^{k} x_{ii} - \sum_{i=1}^{k}(x_{i+}.x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^{k}(x_{i+}.x_{+i})} \quad \text{(Eq. 1)}$$

Onde $\hat{K}$: valor estimado *Kappa*; *k*: número de linhas; $\sum_{i=1}^{k} x_{ii}$: soma dos elementos da matriz em sua diagonal principal ; x_{i+}: soma total das observações para as linhas; x_{+i}: soma total das observações para as colunas e N: número de observações total. Os valores obtidos pelo Índice *Kappa* para avaliar a confiabilidade dos mapas foram comparados a parâmetros estabelecidos por Landis e Koch (1977), conforme tabela 1 a seguir.

Tabela 1 - Exatidão e avaliação do índice *Kappa*

Índice *Kappa*	Qualidade
0,0 a 0,2	Ruim
0,2 a 0,4	Razoável
0,4 a 0,6	Bom
0,6 a 0,8	Muito Bom
> 0,8	Excelente

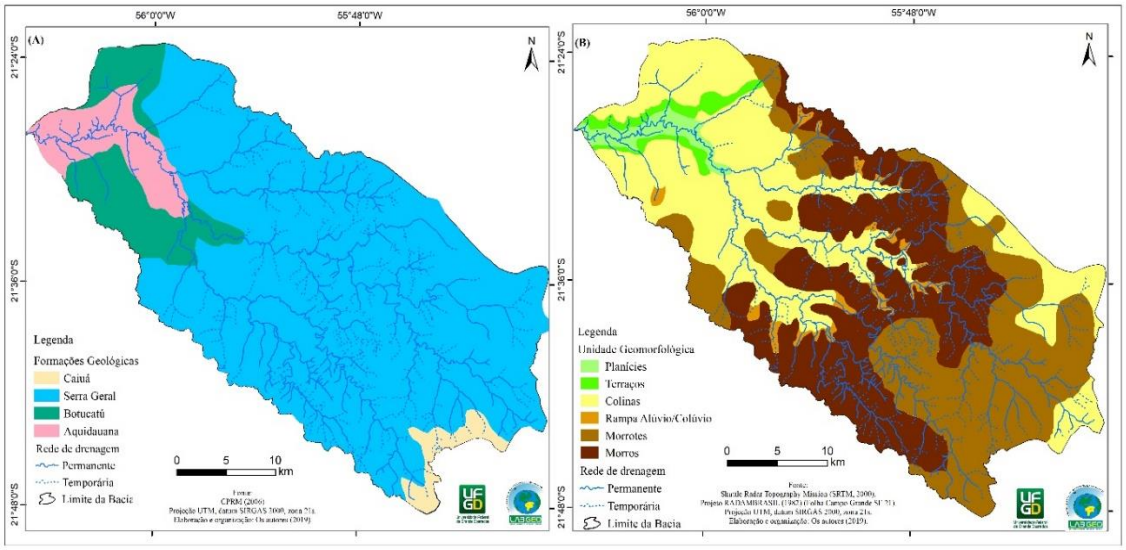
Fonte: Adaptado de Landis e Koch (1977).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Geologia

A BHSA apresenta quatro formações geológicas em sua área de abrangência (Figura 2): Aquidauana, Botucatu, Serra Geral e Caiuá. Sobre o aspecto geomorfológico, a BHSA localiza-se na macrounidade geomorfológica da bacia sedimentar do Paraná, na divisão entre as bordas de dissecação oriental e ocidental, tendo esta, como divisor, o planalto de Maracajú-Campo Grande (ALVARENGA et al. 1982). Foram identificadas seis unidades geomorfológicas, em mesoescala: Planície, Terraços, Colinas, Rampas de Alúvio/Colúvio, Morrotes e Morros (Figura 2).

Figura 2 - A) Mapa geológico da BHSA. B) Mapa das unidades geomorfológicas da BHSA



Elaboração: Os autores (2018).

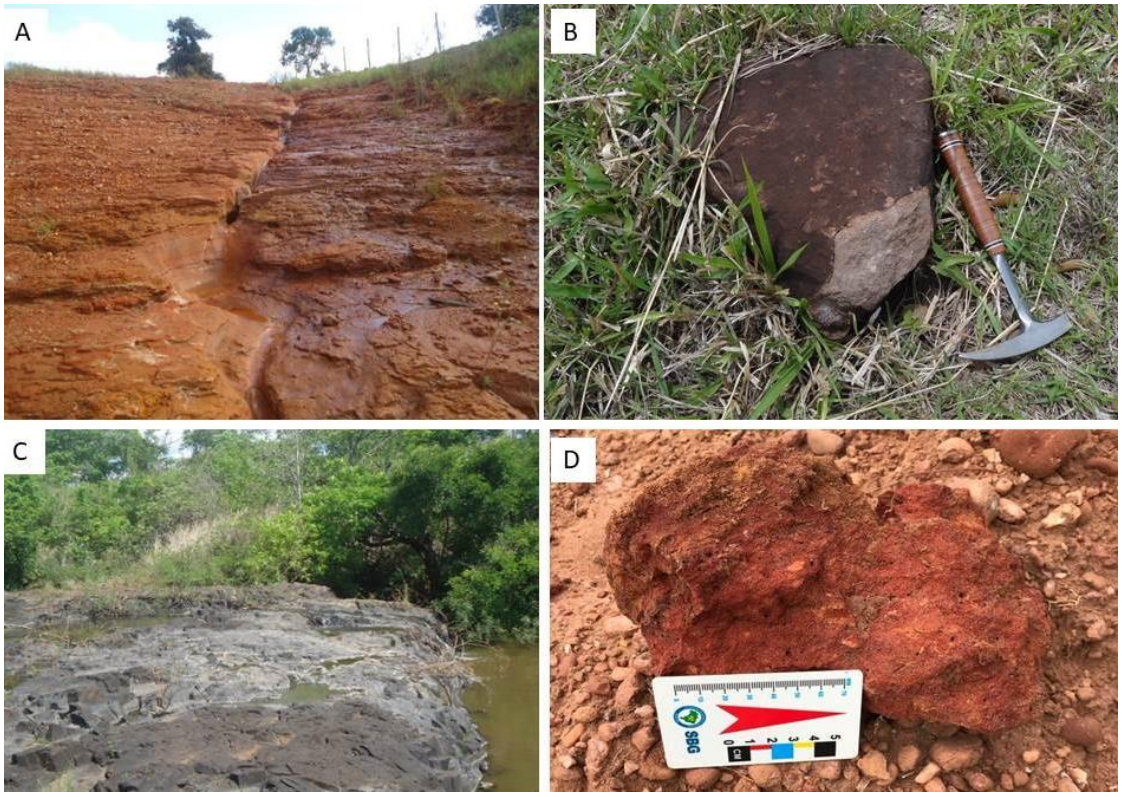
A Formação Aquidauana ocupa áreas do baixo curso, próximo ao rio Miranda e, se estende por toda planície de inundação da área de estudo. Nessa formação, há presença de arenitos médios ou finos, com estratificação, na maioria das vezes, grosseira e menos fina (Figura 3a). Estudos indicam que os sedimentos dessa formação se originaram em um ambiente continental sobre ação de glaciações e com remoção e deposição de sistemas fluviais e lacustre (ALVARENGA et al., 1982).

Por sua vez, a Formação Botucatu ocupa desde áreas do baixo curso até o médio curso do rio Santo Antônio. Segundo Araújo et al. (1982), mesmo com o início da atividade vulcânica, os depósitos de areia de origem desértica da Formação Botucatu continuavam a ser depositados através da ação eólica, onde eram recobertas pela lava novamente (metaarenitos) (Figura 3b). Já para Araújo et al. (1982), esta formação é composta por arenitos de coloração vermelha e, muitas vezes, em formas de conglomerados, que apresentam estratificações cruzadas de médio a grande porte, bem caracterizados.

A Formação Serra Geral ocupa áreas do médio e alto curso da bacia. Segundo Araújo et al. (1982), ela teve, como origem, grandes derrames que, por milhões de anos, cobriram extensas áreas de dunas da Formação Botucatu. Devido a esse ambiente de grande atividade vulcânica, a formação Serra Geral apresenta grande quantidade de afloramentos de basalto e, dependendo da condição estratigráfica local, de diabásio (Figura 3c).

Já a Formação Caiuá ocupa uma pequena área ao sul da BHSA, sobrepondo a Formação Serra Geral. Segundo Larcerda Filho et al. (2006) essa formação é composta por arenitos arcoseanos vermelhos e roxo com granulometria variável de material muito fino e grossos, como boa seleção, conforme foi encontrado na área de estudo (Figura 3d). Acredita-se que o ambiente de sedimentação tenha origem fluvial na base e eólico nos topos dos sedimentos (LACERDA FILHO et al., 2006).

Figura 3 - Afloramentos rochosos. A) Afloramento da formação Aquidauana. B) Rocha da formação Botucatu. C) Afloramento rochoso da formação Serra Geral. D) Arenito da formação Caiuá



Fonte: Os autores (2018).

Dentre a abrangência das quatro formações geológicas, a formação Serra Geral é a que ocupa maior área da bacia, com 81,84%, seguida da formação Botucatu (8,48%), Aquidauana (7,14%) e Caiuá (2,52%) conforme pode ser visto na tabela 1.

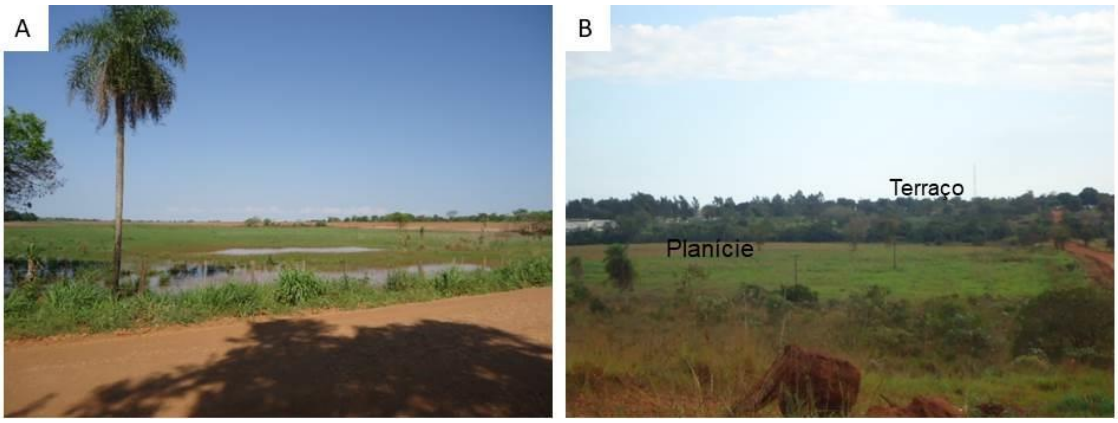
Tabela 1 - Quantificação das formações geológicas

Formação Geológica	Km²	Porcentagem (%)
Aquidauana	85,84	7,14
Botucatu	101,9	8,48
Serra Geral	983,7	81,84
Caiuá	30,56	2,54
Total	**1.202**	**100**

Fonte: Os autores (2019).

As áreas de planícies foram mapeadas como aquelas com declividade inferior a 2% e com altitude entre 230 a 250m (Figura 4a). A maior parte dela está situada no baixo curso, próxima do canal principal. Boa parte dessa área já está ocupada por atividades antrópicas, como criação de bovinos, moradia e cultivos agrícolas. Os terraços foram identificados na adjacência da planície, formando um tipo de degrau, conforme pode ser visto na figura 4b.

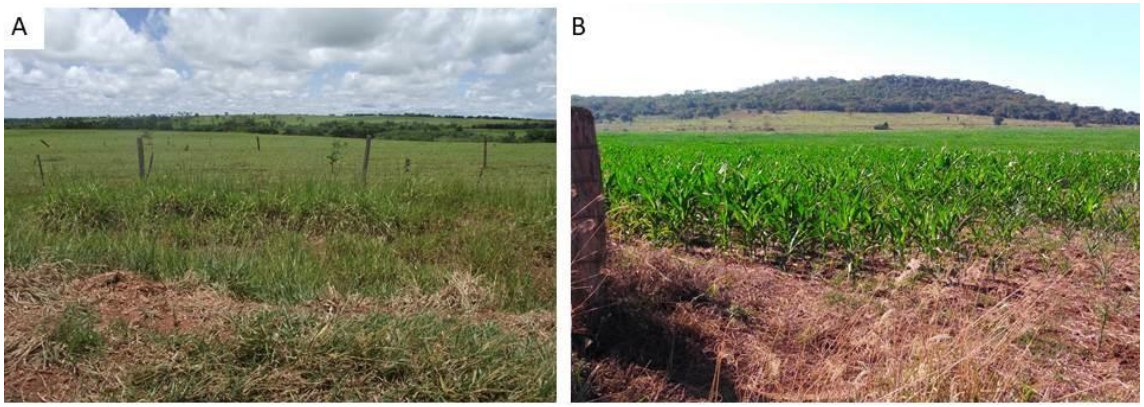
Figura 4 - Unidades geomorfológicas. A) Planície da BHSA. B) Área de terraço adjacente à planície



Fonte: Os autores (2018).

As áreas de colinas caracterizam-se por constituírem locais com declividade baixa, entre 3 a 8%, dotadas de relevo suave ondulado e topo arredondado (Figura 5a). Estão localizadas do baixo até o médio curso, em áreas mais contínuas, e pequenas faixas no alto curso. São utilizadas para criação de bovinos em pastagem e para cultivo agrícola mecanizado no alto curso (Figura 5b). Os morrotes se caracterizam por apresentar áreas com declividade média a alta (12 a 20%), com relevo ondulado e topo arredondado, cuja vegetação ainda permanece. Entretanto, algumas áreas foram totalmente ocupadas por pastagem exótica da espécie Brachiaria *(Decumbes).*

Figura 5 - Unidades geomorfológicas da BHSA. A) Relevo de colinas. B) Morrote ocupado por vegetação e pastagem na base.



Fonte: Os autores (2018).

As áreas de morro são caracterizadas, por sua vez, com declividade acima de 20%, sendo considerada muito forte na divisão proposta por Florenzano (2008), com relevo ondulado a fortemente ondulado e topo arredondado (Figura 6). A BHSA localiza se no médio curso, em áreas de contato (*intertrapps*) da formação Botucatu e Serra Geral. São áreas que ainda possuem vegetação remanescente densa, caracterizadas pelas Florestas Deciduais, ainda remanescentes de Mata Atlântica porém, algumas áreas já estão ocupadas pela pastagem ou agricultura. Próxima a essas áreas estão às rampas de alúvio e colúvio, caracterizadas por alta declividade e amplitude do relevo em relação aos fundos de vale. São locais onde ocorre a erosão de matérias em direção aos canais, onde são depositados ou transportados pela força da correnteza.

Figura 6 - Área com predomínio de morros



Fonte: Os autores (2018).

Dentre as unidades geomorfológicas, as colinas e os morros abrangem mais de 30% da área, caracterizando um relevo ondulado entre fortemente a forte ondulado, resultado da influência das diferentes formações litológicas existentes na área, conforme mostra a tabela 2.

Tabela 2 - Quantificação das unidades geomorfológicas.

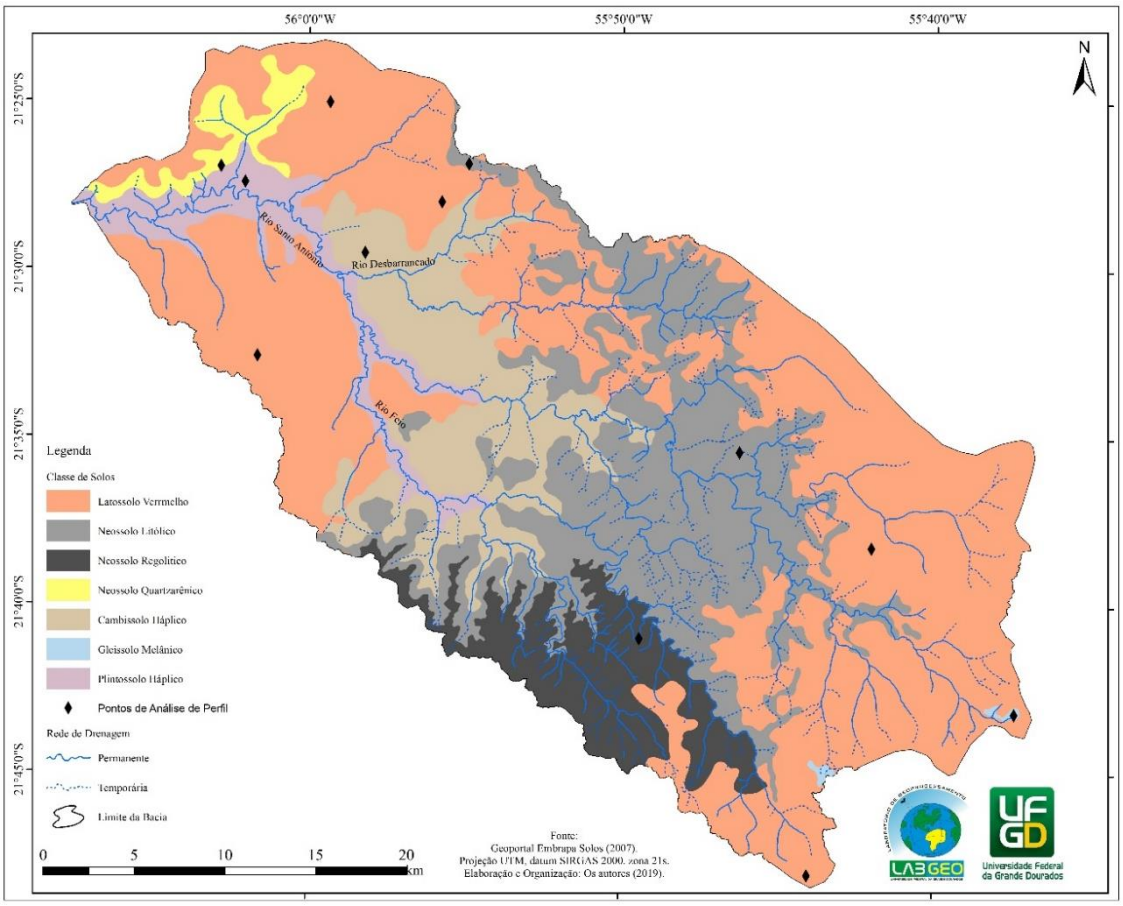
Unidade Geomorfológica	Km²	Porcentagem (%)
Planície	28,70	2,38
Terraço	15,74	1,30
Colina	407,28	33,67
Rampa de Alúvio/Colúvio	23,80	1,98
Morrotes	357,79	29,76
Morro	368,69	30,67
Total	1.202	100

Fonte: Os autores (2019).

Pedologia

Foram identificadas e mapeadas sete classes de solo existentes na BHSA, conforme apresentado na Figura 7. Foram identificados dois solos hidromórficos que sofrem alterações devido a presença de água: os Gleissolos Melânicos (Figura 8a) e os Plintossolos Háplicos (Figura 8b). São solos que estão localizados em áreas planas e sujeitas a inundação, ou com a presença do lençol freático mais próximo da superfície.

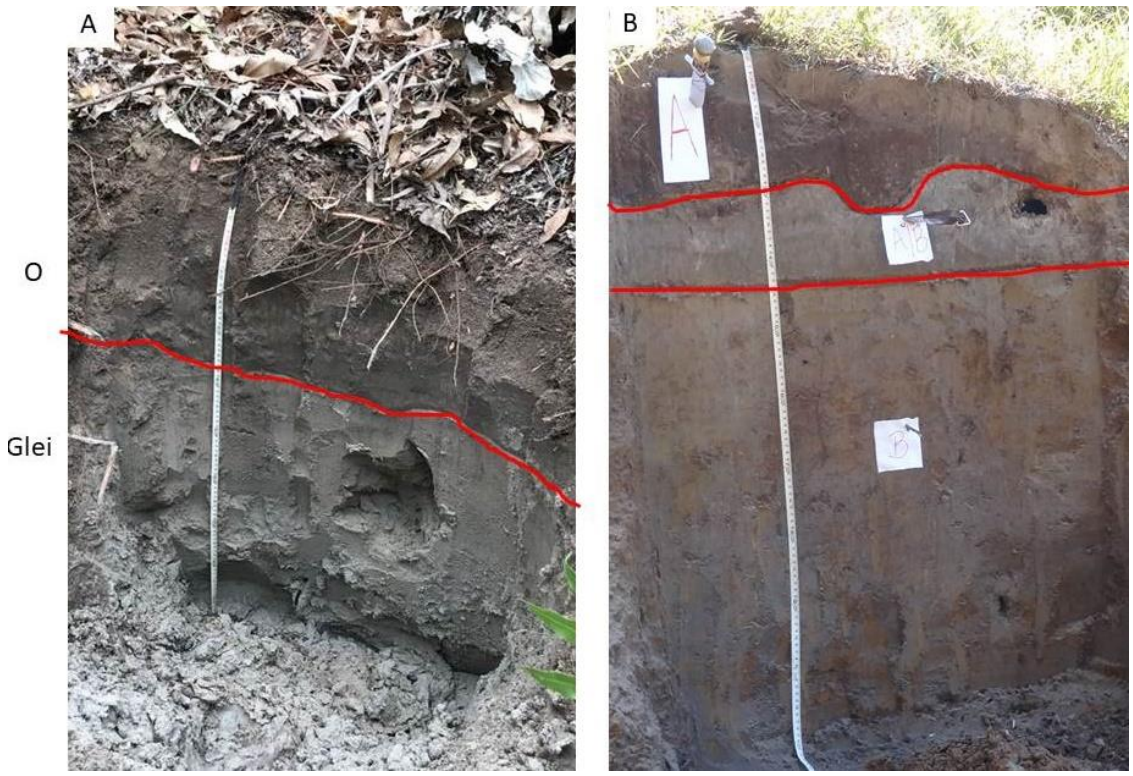
Figura 7 - Mapa de solos da BHSA



Elaboração: Os autores (2018).

Os Gleissolos que ocorrem apenas em duas áreas do alto curso em áreas de nascentes, foram identificados em dois horizontes: o com espessura de 20 cm, coberto por matéria orgânica, e o horizonte Glei acinzentado, característico desse tipo de solo. Os Plintossolos Háplicos, por sua vez, ocorrem na área de planície do canal principal, desde o médio até o baixo curso. Também sofrem alterações com a presença da água, revelando cor acinzentada, com formação de plintitas, que são pedaços de solo petrificados devido a ação da água com ferro existente no solo. Foram identificados três horizontes nesse solo, sendo estes: o horizonte A, com espessura de 15cm e com acumulação de material orgânico; o horizonte A/B ou E (eluvial) com espessura de 10cm mais claro; e o horizonte B ou Plíntico, onde ocorre a oxidação do ferro com água dando coloração mais amarelada, o que caracteriza esse tipo de solo. Apresentou uma variação de textura entre os horizontes com A arenoso para o Plíntico mais argiloso.

Figura 8 - Solos hidromórficos. A) Gleissolo Melânico e seus horizontes. B) Plintossolo Háplico e seus horizontes.

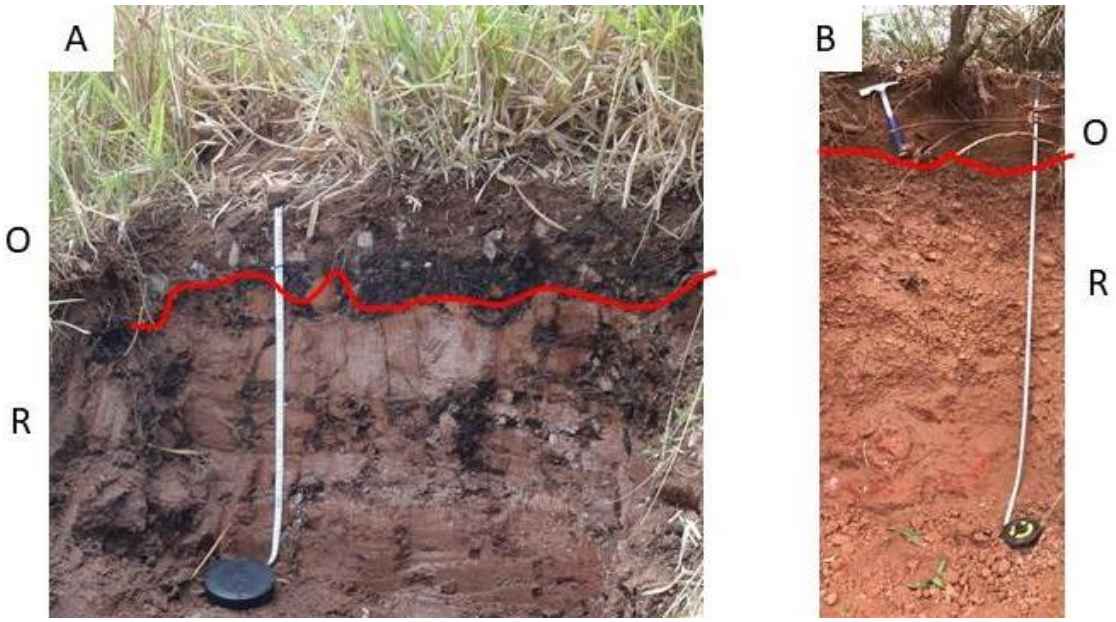


Fonte: Os autores (2018).

Foram identificados também, solos em processo de evolução na área, que compreendem os Neossolos Litólico e Regolítico (Figura 9a e b). Ambos os solos estão situados em área de relevo ondulado a fortemente ondulado, em áreas com presença de afloramentos de rochas basálticas, areníticas e seixos. Os Neossolos Litólicos foram caracterizados como solos rasos, com horizonte muito superficial. O horizonte O de coloração escura devido a presença de muita matéria orgânica com espessura não superior a 15 cm e, logo abaixo, se encontrava a rocha de origem, em processo de intemperismo.

Os Neossolos Regolíticos foram descritos como rasos, com horizonte O pouco maior que 20 cm de espessura e, logo em seguida, em contato com o horizonte R. Apresentou pouca matéria orgânica no horizonte superficial.

Figura 9 - Solos em processo de formação A) Neossolo Litólico e seus horizontes. B) Neossolo Regolítico e seus horizontes

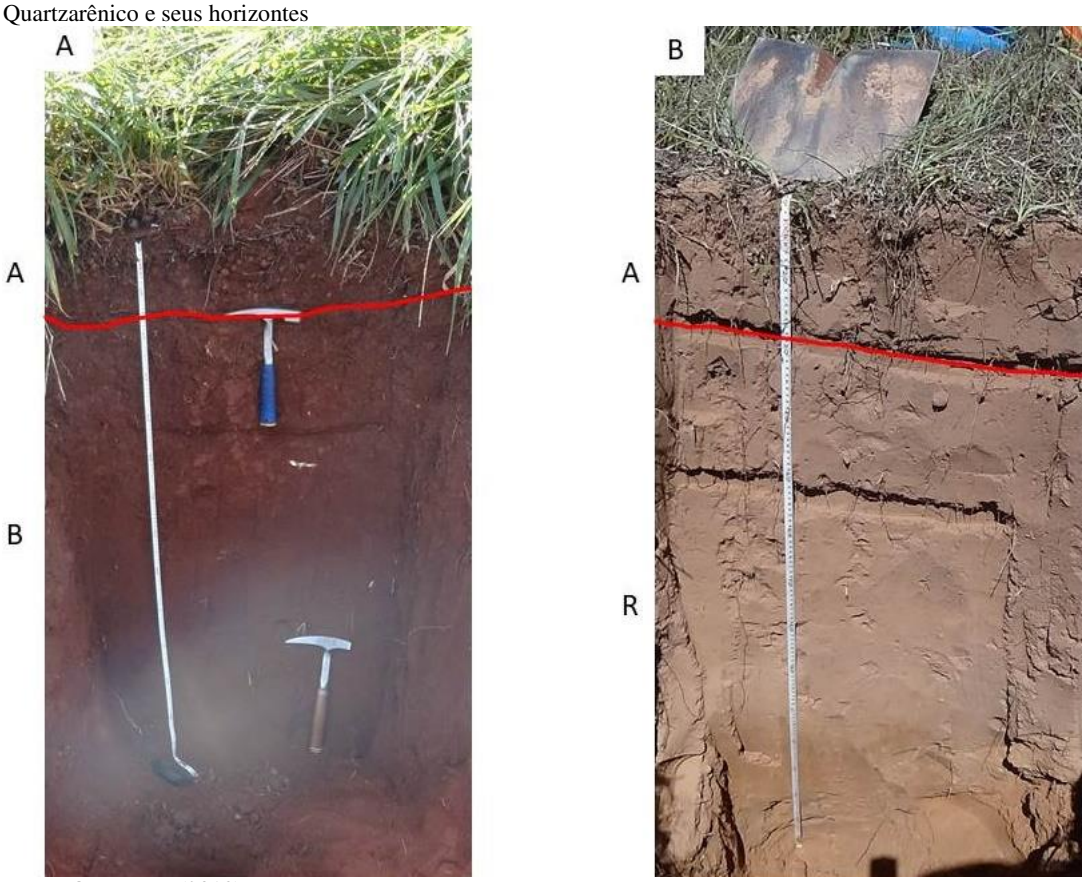


Fonte: Os autores (2018).

As duas classes de solo que são consideradas como as mais desenvolvidas encontradas na área de estudo foram os Latossolos Vermelhos e os Neossolos Quartzarênicos. Os Latossolos Vermelhos (Figura 10a) ocupam grande parte do alto e médio curso, tendo em vista o predomínio de um relevo mais aplainado e suave ondulado com predomínio de colinas, com materiais originários da formação Serra Geral. As áreas compostas pelo Latossolo Vermelho foram caracterizadas com dois horizontes, a saber: o horizonte A, com 12cm de espessura e cor escura avermelhada, devido a presença de material orgânico, e o horizonte B, de cor vermelha, bem intemperizado, indicando grande desenvolvimento. Esse solo é amplamente utilizado, seja pelo uso agrícola e pastoril, devido sua significativa fertilidade natural e pelas condições topográficas locais propícias com relevo aplainado a pouco ondulado favoráveis à mecanização.

O Neossolo Quartzarênico (Figura 10b) foi localizado em trabalho de campo, numa pequena faixa no baixo curso, em áreas de relevo de planície a suave ondulado. Foi caracterizado por possuir dois horizontes, sendo ambos muito arenosos: o horizonte A, de cor bem clara e com 12 cm de espessura, indicando pouca matéria orgânica, e um horizonte R, de cor clara e bem desenvolvido que representa o material de origem.

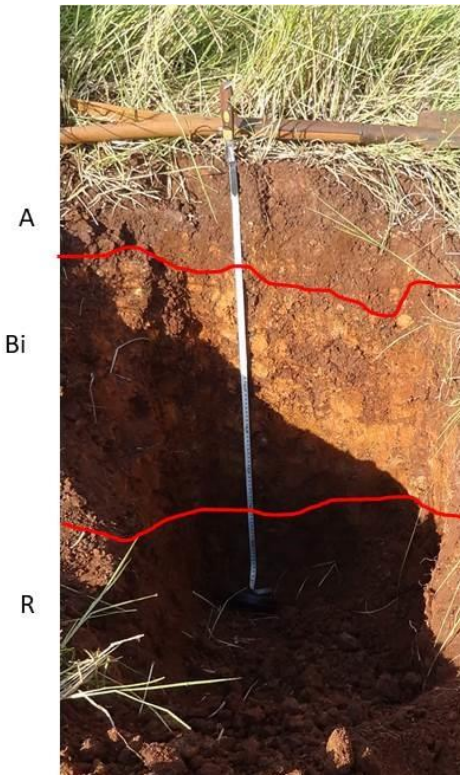
Figura 10 - Solos com horizontes bem desenvolvidos. A) Latossolo Vermelho e seus horizontes. B) Neossolo Quartzarênico e seus horizontes



Fonte: Os autores (2018).

Por fim, foram identificados os Cambissolos, sendo estes solos em estágio intermediário de desenvolvimento, (Figura 11). Essa classe foi encontrada em áreas onde o relevo varia de suave a ondulado, onde ainda estão ocorrendo os processos de pedogênese. Os Cambissolos foram caracterizados com três horizontes: o A, com espessura de 10 cm, dotado de cor escura, com presença da matéria orgânica; o horizonte Bi (B incipiente) que caracteriza essa classe de solo, ou seja, esse tipo de solo ainda não possui seu horizonte B (pedogenético) totalmente desenvolvido, pois ainda é possível notar a presença de fragmentos de rochas, cuja espessura é apresentada em até 23 cm; e o horizonte R que se constitui como o material de origem do solo, neste caso o basalto.

Figura 11 - Cambissolo e seus horizontes



Fonte: Fonte: Os autores (2018).

A classe de solo predominante na bacia é o Latossolo Vermelho, ocupando 49,83% da área, seguida da classe dos Neossolos Litólicos (24,29%) e Neossolos Regolíticos com 13,37%, conforme mostra a tabela 3.

Tabela 3 - Quantificação das classes de solo.

Classe de Solos	Km²	Porcentagem (%)
Latossolo Vermelho	599,07	49,83
Neossolo Litólito	292,04	24,29
Neossolo Regolítico	160,80	13,37
Neossolo Quartzarênico	24	1,99
Cambissolo Háplico	62,34	5,18
Plintossolo Háplico	62,01	5,15
Gleissolo Melânico	1,74	0,14
Total	1.202	100

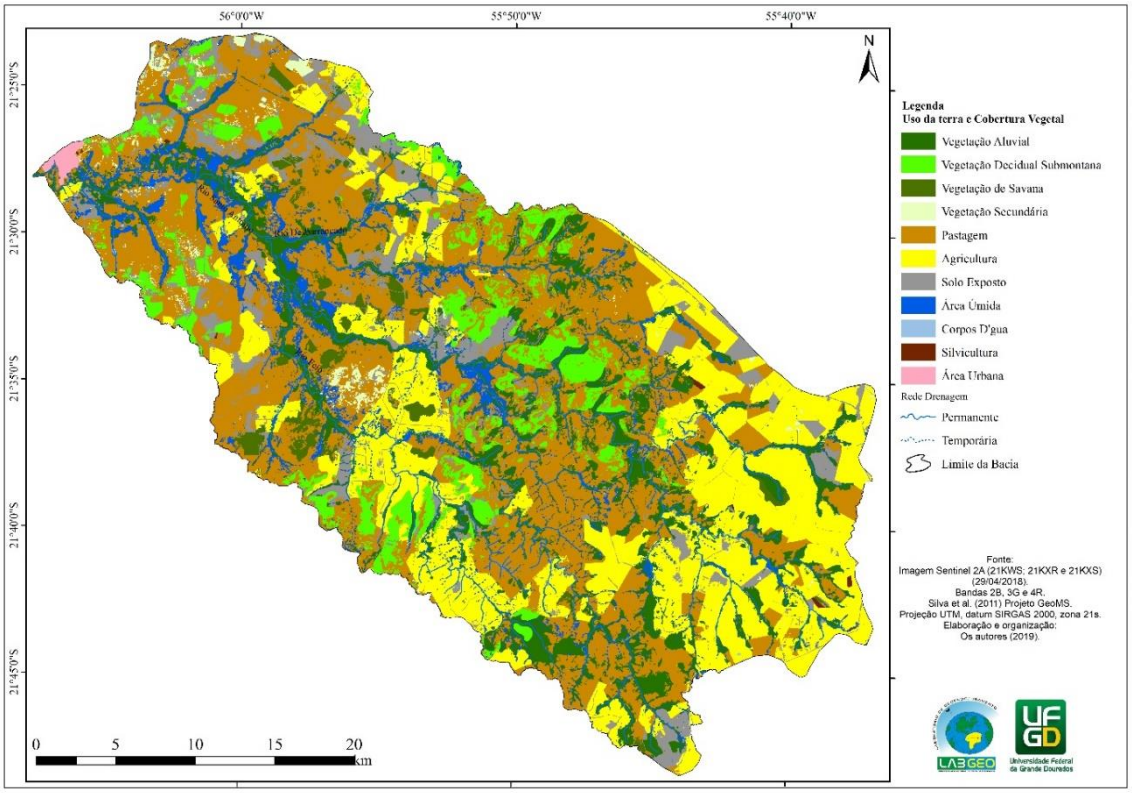
Fonte: Os autores (2019).

Uso da terra e Cobertura Vegetal

Na área correspondente à BHSA foram identificadas quatro classes de cobertura vegetal e sete classes de uso da terra, conforme figura 12. O mapa obteve uma

acuraria de 0,93 segundo índice *Kappa* calculado, sendo classificado como excelente (Quadro 1).

Figura 12 - Mapa de Uso da Terra e Cobertura Vegetal para BHSA



Elaboração: Os autores (2018).

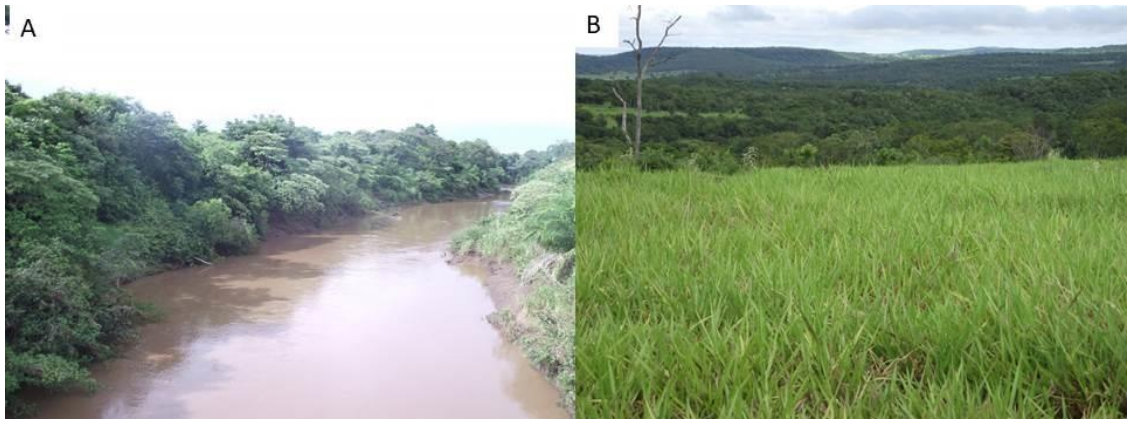
As áreas classificadas como vegetação aluvial ou mata ciliar estão localizadas ao longo de todos os cursos d'água, fazendo parte das Áreas de Preservação Permanente (APP) (Figura 13a). São áreas de vegetação natural responsáveis pela proteção dos recursos hídricos contra possíveis impactos ou danos ambientais. As áreas de vegetação decidual submontana são enclaves da vegetação típica do bioma de mata atlântica localizadas em áreas em contato com vegetação de savana ou cerrado (Figura 13b), sendo que estão situadas, em maior parte na bacia, em áreas do médio curso, no topo dos morrotes e morros.

Quadro 1 - Matriz de confusão para o mapeamento de uso da terra e coberta vegetal da BHSA

Classes	V.A	V.D.S	V. Sa	V. Se	Pasta-gem	Agri-cultura	S.E	Silvi-cultura	A.U	Corpos D'água	Ar. Ur.
V.A	280	50	20	5	20	0	0	20	5	0	0
V.D.S	30	230	100	30	10	0	0	0	0	0	0
V. Sa	20	100	220	30	12	9	0	4	5	0	0
V. Se	5	30	30	215	90	15	0	15	0	0	0
Pastagem	20	10	12	76	220	20	0	0	42	0	0
Agricultura	0	0	20	15	20	240	80	15	10	0	0
S.E	0	0	0	0	0	80	300	10	3	2	5
Silvicultura	20	0	4	10	0	6	10	350	0	0	0
A.U	5	0	5	0	42	10	3	0	280	55	0
Corpos D'água	0	0	0	0	0	0	0	2	55	343	0
Ar. Ur	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	395

Legenda: V.A (Vegetação Aluvial); V.D.S (Vegetação Decidual Submontana); V.Sa (Vegetação de Savana); V.Se (Vegetação Secundária); S.E (Solo Exposto); A.U (Área Úmida); Ar. Ur (Área Urbana).
Org.: Os autores (2019).

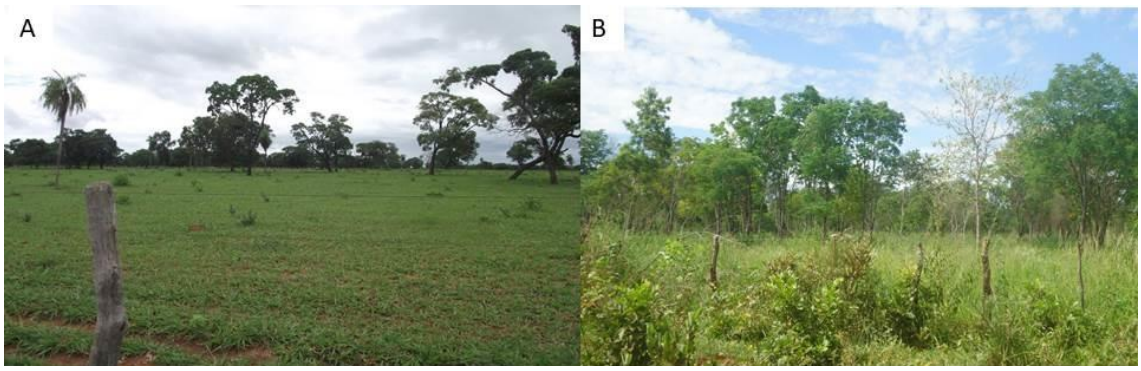
Figura 13 - Vegetação típica da BHSA. A) Vegetação Aluvial às margens do rio Santo Antônio. B) Vegetação Decidual Submontana em áreas com de morros e morrotes.



Fonte: Os autores (2019).

A vegetação de savana da área é formada por espécies típicas do bioma cerrado, com tronco retorcido de porte mediano a alto, com 5 a 15 metros de altura (Figura 14a). Na área de estudo, essa fitofisionomia encontra-se espalhada em pequenos fragmentos isolados, pois grande parte da área original dessa vegetação já foi convertida em áreas de pastagem ou de agricultura. As áreas de vegetação secundária, por sua vez, são exatamente áreas em que a vegetação regenerou a certo tempo, principalmente em áreas de pastagem nativa ou áreas de APP (Figura 14b). Também estas estão distribuídas de maneira irregular pela bacia, e apresentam características como porte baixo, com árvores com não mais que 10m de altura e tronco fino.

Figura 14 - Vegetação de cerrado na BHSA. A) Vegetação de Savana em meio a pastagem. B) Vegetação Secundária em processo de recomposição.

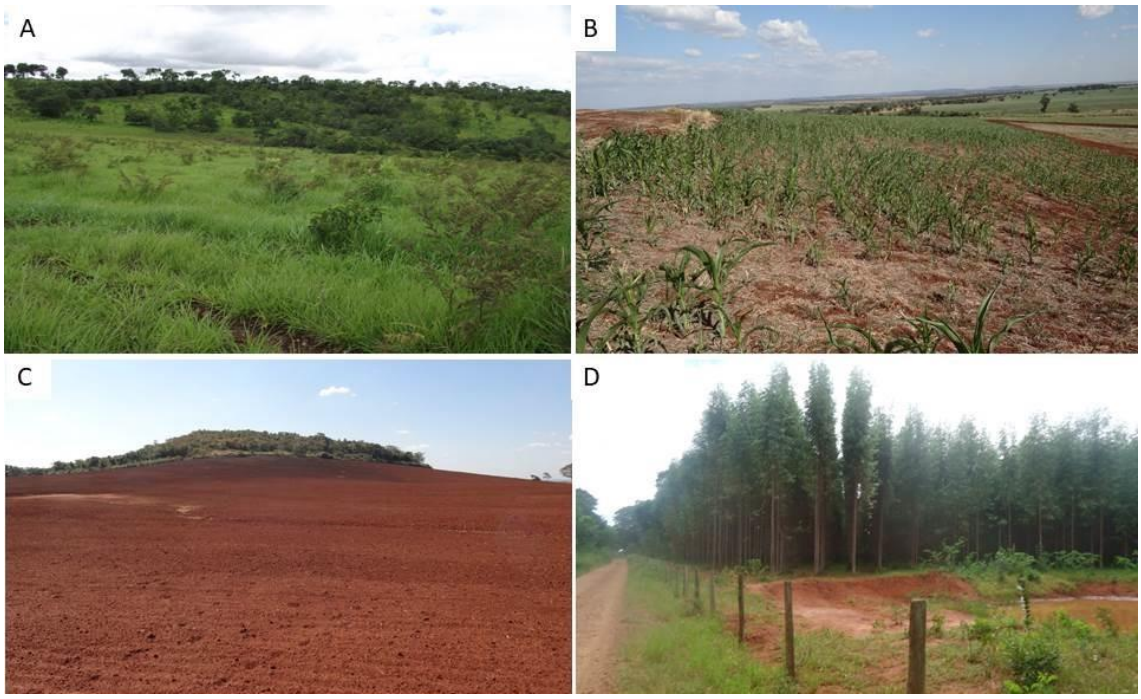


Fonte: Fonte: Os autores (2019).

A pastagem é a principal classe de uso da terra, está presente em todas as áreas da bacia. É utilizada para criação de bovinos para engorda ou produção de leite, usa-se pastagem nativa ou exótica da espécie Brachiaria (*Decumbes*) (Figura 15a). A agricultura apresenta maior concentração em áreas do alto curso, devido a presença de solos mais férteis (Latossolo Vermelho) e relevo aplainado. No entanto, foi identificado e validado na etapa de trabalho de campo que, há um processo de expansão de áreas agrícolas para áreas do médio curso em áreas de relevo mais acidentado e com presença de solos mais rasos (Neossolos Litólicos e Regolíticos) (Figura 15b). São cultivadas lavouras de período cíclico, intercalando soja/milho e totalmente mecanizada.

Já as áreas de solo exposto foram classificadas como aquelas em que o solo estava em preparo para o plantio agrícola (Figura 15c) ou adubação e renovação de pastagem, bem como áreas com estradas vicinais. As áreas de silvicultura, por sua vez, estão distribuídas em pequenas áreas pela bacia, onde foi plantado eucalipto para recuperação de áreas degradadas (Figura 15d).

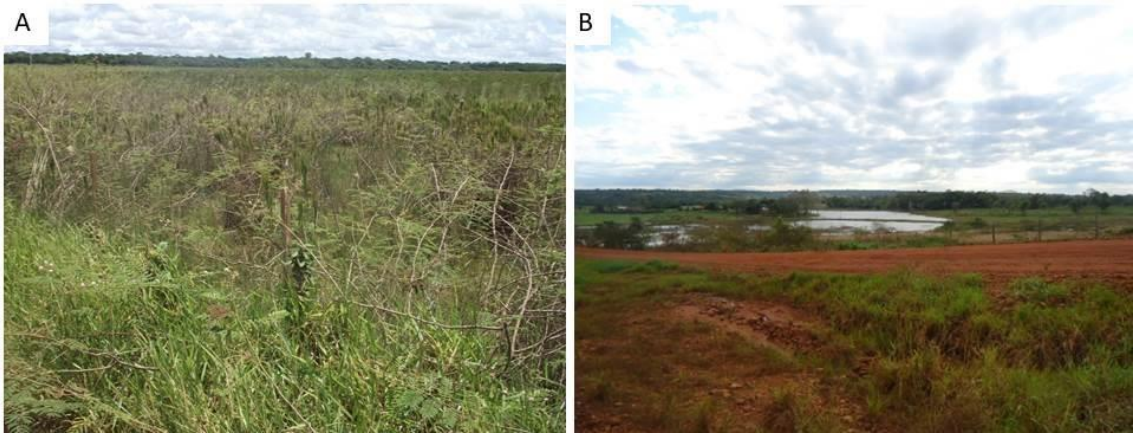
Figura 15 - Tipos de Uso da terra A) Pastagem cultivada para criação de animais. B) Agricultura, cultivo de milho safrinha. C) Solo exposto em preparado para o cultivo em área com alta declividade e, D) Silvicultura



Fonte: Fonte: Os autores (2018).

As áreas úmidas foram identificadas, em sua maioria, próximas dos cursos d'água e na planície de inundação do rio Santo Antônio (Figura 16a). São áreas que permanecem com água o ano todo ou boa parte dele, influenciando nas características dos solos, pois é, em boa parte dessas áreas que estão os Plintossolos e os Gleissolos. São áreas de extrema importância para conservação da água e da biodiversidade local. Os corpos d'água foram identificados como reservatórios de água construídos artificialmente, em áreas úmidas, para represamento da água para dessedentação de animais, irrigação de pequenas lavouras e criação de peixes, conforme mostra figura 16b.

Figura 16 - Áreas alagadiças na BHSA. A) Área Úmida e com vegetação típica. B) Corpo D'água construído em uma área úmida utilizado para dessedentação de animais e criação de peixes



Fonte: Os autores (2019).

Entre as classes de vegetação, a classe de vegetação aluvial abrange maior área na bacia, ocupando mais de 13% da área total (Tabela 4). Isso se deve ao fato dessas áreas estarem em áreas de APP, que são áreas protegidas por lei. Em seguida, aparece a vegetação decidual submontana, ocupando 6,82% da área. As outras classes vegetacionais não ocupam mais que 2%.

Tabela 4. Quantificação das Classes de Uso da Terra e Cobertura Vegetal

Classe de Uso da Terra e Cobertura Vegetal	Km²	Porcentagem (%)
Vegetação Aluvial	168,13	13
Vegetação Decidual Submontana	82,08	6,82
Vegetação de Savana	23,36	1,94
Vegetação Secundária	13,17	1,09
Pastagem	453,16	37,70
Agricultura	297	24,70
Solo Exposto	102	8,48
Silvicultura	1,07	0,08
Área Úmida	58,5	4,86
Corpos D'água	0,52	0,04
Área Urbana	3,01	0,25
Total	1.202	100

Fonte: Os autores (2019).

Em relação a classe de uso da terra, a pastagem ocupa 37,70% da área, seguido da agricultura com 24,70% e áreas de solo exposto, com 8%. Isso demostra que essa área é majoritariamente ocupada por atividades antrópicas, pois mais da metade da sua extensão total foi convertida para algum tipo de uso agropecuário. Resultados

semelhantes também foram encontrados por Cunha et al. (2021) na bacia hidrográfica do rio da Prata e Medeiros (2020) na bacia hidrográfica do rio Formoso, que são áreas próximas a BHSA e também afluentes do rio Miranda. Os resultados dos respectivos trabalhos demostraram que houve grandes modificações na paisagem dessas bacias, principalmente um aumento de áreas destinadas a agricultura e, causando fortes impactos na qualidade da água, ocorrência de fortes processos erosivos e com o turvamento recorrente dos mananciais cênicos da região de Jardim e Bonito, muito explorados pelo setor turístico.

Neste contexto, se percebe uma tendência para a expansão das atividades agrícolas, por essa região onde está inserida a BHSA, de forma agressiva, visando o aumento da produção, porém, há pouca ou, em alguns casos, nenhuma cautela sobre os impactos que podem ocorrer sobre os recursos naturais. Os municípios que se destacam na produção agrícola da área são Maracajú e Ponta Porã, sendo os responsáveis pela produção da soja, milho e cana de açúcar, segundo a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Econômico (SEMADE, 2017). Sobre a bacia, o município de Maracajú ocupa a segunda maior área, justamente onde estão localizadas grandes propriedades rurais que produzem, principalmente, soja e milho.

Na área de Ponta Porã, também é ocupada, com soja e milho e uma pequena parcela com cana de açúcar. Em Nioaque e Guia Lopes da Laguna se destaca-se a criação de bovinos de maneira extensiva, que abastecem os frigoríficos locais. Entretanto, em Guia Lopes da Laguna, recentemente, observou-se um aumento das áreas destinadas às lavouras de soja e milho que, em 2012, eram de apenas 460 hectares (ha) e, em 2016, já eram 24.154ha, segundo dados da SEMADE (2017).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As características ambientais da área de estudo analisadas revelam grande antropização da BHSA e com predisposição a ocorrência de processos erosivos, em decorrência da ocupação de áreas com restrições ao uso agrícola. Nas áreas dotadas de forte declividade, onde se formam solos em processo de evolução, como os Neossolos Litólicos, devem ser conservadas com vegetação nativa, pois são fundamentais para proteção dos solos contra ação das chuvas e prevenção de processos erosivos.

Principalmente, onde está havendo um avanço das atividades agrícolas no médio curso, onde predomina um relevo mais ondulado com morros e morrotes com declividade superior a 15%, onde não foram identificadas práticas conservacionistas, como curva de nível e plantio direto. São áreas, portanto, que devem permanecer com vegetação ou com uso mais restrito e implementação das práticas de conservação do solo.

Essa bacia possui áreas para utilização agropecuária no alto e baixo curso, com características favoráveis, com solos bem desenvolvidos e declividade não superior a 8%, no qual essas atividades podem ser desenvolvidas, utilizando-se, todavia, boas práticas conservacionistas, como plantio direto e terraceamento para proteção do solo nas áreas mais inclinadas.

De acordo com o Zoneamento Econômico Ecológico do MS, essa área encontra-se apta para usos agropecuários, pastagem e agricultura, por suas características e solos de boa fertilidade, como os Latossolos Vermelhos. Entretanto, nesse estudo revelou que existem áreas de solos muitos frágeis em processo de evolução como os Neossolos Regolíticos e Litólicos que estão sendo ocupados por atividades agropecuárias. Sua capacidade de uso é deixada de lado nesse documento de referência para ocupação das terras no estado, pois, mesmo essa área sendo propícia para ocupação com atividades agropecuárias, as características dos solos e do relevo devem ser levadas em consideração nos planejamentos de uso e ocupação das terras. Por fim, é necessária a continuidade nos estudos na BHSA para subsidiar ações futuras voltadas a melhor utilização dos seus recursos naturais, com menor dano possível aos recursos naturais.

AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de Doutorado junto ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD).

REFERÊNCIAS

ABRÃO, C. M.R.; BACANI, V.M. Diagnóstico da fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do rio Santo Antônio, MS: subsídio ao zoneamento ambiental. **Boletim Goiano de Geografia.** v. 38, n. 3, p. 619-645, 2018.

ABRÃO, C. M.R.; KUERTEN, S. Avaliação da Área de Preservação Permanente do rio Santo Antônio na colônia Santo Antônio em Guia Lopes da Laguna-MS: aplicação do novo código florestal. **Boletim Goiano de Geografia**. v. 36, n. 2, p. 265-284, 2016.

ALVARENGA, S. M.; BRASIL, A. E.; DEL´ARCO, D. M. Geomorfologia In: BRASIL: **ministério de minas e energia secretaria geral Projeto Radambrasil**. Folha SF 21 Campo Grande; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1982. p. 125 – 184.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Disponível em: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/default.aspx>. Acesso em 10 jun. 2020.

ARAÚJO, H. J. de. et al. Geologia. In: BRASIL: **Ministério de Minas e Energia Secretária Geral Projeto Radambrasil**. Folha SF 21 Campo Grande; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1982.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. da. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. 5ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. p. 153 – 192.

CONGALTON, R. G. A Review of Assesing the Accuracy of Classifications of Remotely Sensed Data. **Remote Sens. Environ**. v. 47, p. 35-46, 1991.

CUNHA, E. R.; SANTOS, C. A. G.; SILVA, R. M da.; BACANI, V.M.; POTT, A. Future scenarios based on a CA-Markov land use and lande cover simulation model for a tropical humid basin in the Cerrado/Atlantic forest ecotone of Brazil. **Land Use Policy**, v.101, 2021. p. 105-141

DSG. DIRETORIA DO SERVIÇO GEOGRÁFICO DO EXÉRCITO (1973) **Folha Vista Alegre SF**. 21-X-C-VI. Escala: 1: 100.000.

DSG. DIRETORIA DO SERVIÇO GEOGRÁFICO DO EXÉRCITO. (1973) **Folha Boqueirão SF**. 21-X-C-V. Escala: 1:100.000.

DSG. DIRETORIA DO SERVIÇO GEOGRÁFICO DO EXÉRCITO. (1973) **Folha Jardim SF**. 21-X-C-II. Escala: 1.100.000.

DSG. DIRETORIA DO SERVIÇO GEOGRÁFICO DO EXÉRCITO. (1979) **Folha Nioaque SF**. 21-X-C-III. Escala: 1:100.000.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Levantamento de Baixa Intensidade de solos. 2009.< http://mapoteca.cnps.embrapa.br/> Acesso em 18 de março de 2017.

ENVI. Versão 5.1 Disponível em:<http://www.envi.com.br/envi.php> Acesso em: 14 set. 2017.

ESRI. **Environmental Systems Research Institute**. ArcGis10.2 Copyright ESRI Inc. 2013.

FLORENZANO, T. G. Sensoriamento remoto para geomorfologia In: FLORENZANO, T. G. **Geomorfologia**: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de textos, 2008. p. 36 – 72.

IBGE. **Manual técnico de geomorfologia**. 2.ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 182p.

IBGE. **Manual Técnico de uso da terra**. 3.ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. 171p.

IBGE. **Manual Técnico de Vegetação**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 175p.

LACERDA FILHO, J. V. de. **Geologia e recursos minerais do estado de Mato Grosso do Sul**. Goiânia: CPRM, 2006. 121p.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v. 33, n.1, p. 159-174, 1977.

MATO GROSSO DO SUL. Secretária de Estado de Meio ambiente e Desenvolvimento Econômico (SEMADE). 2019 <http://www.semade.ms.gov.br/a-secretaria/> Acesso em 20 de Outubro de 2018.

MEDEIROS, R. B. **Zoeamento Ambiental para o sistema Cárstico da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso.** (Tese de Doutorado) 403f. Dourados, UFGD, 2020.

NASCIMENTO, W. M. do.; VILLAÇA, M. G. Bacias hidrográficas: planejamento e gerenciamento. **Rev. eletrônica da AGB – seção Três Lagoas MS**. n. 7, maio., ano 5, 2008. p. 102 – 121.

ROSS, J. L. S. Land forms and environmental planning: potentialities and fragilities .**Revista do depto. degeografia** - FFLCH – USP, 2012. p. 38 – 51.

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do depto de geografia** FFLCH/USP. 1992. p. 19 – 29.

ROSS, J. L. S.; DEL PRETTE, M. E. Recursos hídricos e as bacias hidrográficas: âncoras do planejamento e gestão ambiental. **Revista do depto de geografia** – FFLCH – USP: Humanitas, 1998. p. 88 – 121.

SANTOS, R. F. dos. **Planejamento ambiental**: teoria e prática. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2004. 184p.

SANTOS, R. D. dos.; LEMOS, R. C. de.; SANTOS, H. G. dos.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. dos. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 53 ed. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência de Solo, 2005. 100p.

SEMADE. SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO-MS. Disponível em: <http://www.semade.ms.gov.br/a-secretaria/> Acesso em 22 mar. 2019

SILVA, J. S. V.; POTT, A.; ABDON, M. M. POTT, V. J.; SANTOS, K, R. **Projeto GeoMS**: Cobertura vegetal e uso da terra do Estado de Mato Grosso do Sul. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2011. 64p.

TROMBETA, L. R.; LEAL, A. C. Planejamento ambiental e geoecologia das paisagens: contribuições para a bacia hidrográfica do córrego Guaiçarinha, município de Álvares Machado, São Paulo, Brasil. **Rev. Formação Online**. v. 3, n. 23, 2016. 187-216.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVERY. *Shuttle Radar Topography Mission*. 2019 <https://earthexplorer.usgs.gov/ > Acesso em 15 de abril de 2017.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. <https://earthexplorer.usgs.gov/ > Acesso em 15 de abril de 2017.

Recebido em agosto de 2021.

Revisão realizada em outubro de 2021.

Aceito para publicação em dezembro de 2021.

GEOGRAPHY, LANDSCAPE AND PHOTOGEOGRAPHY: AN EXPERIENCE IN TEACHING DEAF STUDENTS

GEOGRAFIA, PAISAGEM E FOTOGEOGRAFIA: UMA EXPERIÊNCIA NO ENSINO DE ALUNOS SURDOS

GEOGRAFÍA, PAISAJE Y FOTOGEOGRAFÍA: UNA EXPERIENCIA EN LA ENSEÑANZA DE ESTUDIANTES SORDOS

Jean Volnei Fernandes
Doutor, Secretaria de Educação do Distrito Federal
jeanvolneif@gmail.com

Valdir Adilson Steinke
Doutor, Universidade de Brasília
valdirsteinke@gmail.com

Alfonso Garcia de la Vega
Doutor, Universidade Autônoma de Madrid
alfonso.delavega@uam.es

ABSTRACT

One of the great challenges for elementary school teachers involves the inclusion of students with disabilities, which makes the development of new teaching-learning procedures a constant in the school process. The aim of this research was to offer deaf students (enrolled from the 6th to the 9th grade of elementary school, in a public school in the Federal District of Brazil) a geoiconographic method of study, in order to find the relationships and possibilities of teaching-learning based on the three axes of landscape, photogeography, and transdisciplinarity, as instruments that enhance geographic thinking, particularly for deaf students. The methodological procedures involved qualitative research, semi-structured interviews, and field activities. The semi-structured interview made it possible to understand the relationship between deaf students belonging to Geography, the didactic resources used in Geography classes, the existing relationships between students' daily lives and Geography classes, and how imagery resources can be considered facilitators in learning for these students. Field activity made it possible for students to recognize the different landscapes existing in their city, in order to relate them to concepts and geographical phenomena. Photographic cameras were used to obtain images, distributed individually to students. From the images obtained and communicating through Libras (Brazilian Sign Language), a didactic intervention was carried out in which the students visualized the photos, constructing/reconstructing their concepts and geographical meanings. This construction process culminated in the elaboration and presentation of banners to the school community, using the photography obtained by the students.

Keywords: teaching, landscape, photogeography, transdisciplinarity, deaf education.

RESUMO

Um dos grandes desafios dos professores do ensino fundamental envolve a inclusão de alunos com deficiência, portanto, a busca pelo desenvolvimento de novos procedimentos de ensino-aprendizagem deve ser uma constante no processo escolar. Esta pesquisa teve como objetivo aplicar uma proposta geoiconográfica com alunos surdos matriculados do 6º ao 9º ano do ensino fundamental, em uma escola pública do Distrito Federal/Brasil. Objetivou-se encontrar as relações e possibilidades de ensino-aprendizagem baseada nos três eixos paisagem, fotogeografia e transdisciplinaridade, como instrumentos que potencializam o pensamento geográfico para alunos surdos. Os procedimentos metodológicos envolveram pesquisa qualitativa, por meio de entrevistas semiestruturadas e atividades de campo. A entrevista semiestruturada possibilitou compreender a relação entre o pertencimento do aluno surdo à Geografia, os recursos didáticos utilizados nas aulas de Geografia, as relações existentes entre o cotidiano dos alunos e as aulas de Geografia, e como os recursos imagéticos podem ser considerados facilitadores na aprendizagem desses alunos. A atividade de campo permitiu aos alunos reconhecer as diferentes paisagens existentes na sua cidade, de forma a relacioná-las com conceitos e fenómenos geográficos. Para a obtenção das imagens foram utilizadas câmeras fotográficas, distribuídas individualmente aos alunos. A partir das imagens obtidas, e utilizando Libras, foi realizada uma intervenção didática em que os alunos visualizaram as fotos, construindo/reconstruindo seus conceitos e significados geográficos. Esse processo de construção culminou na elaboração e apresentação de banners para a comunidade escolar, a partir das fotos obtidas pelos alunos.

Palavras-chave: ensino, paisagem, fotogeografia, educação transdisciplinar, surdos.

RESUMEN

Uno de los grandes desafíos para los docentes de primaria pasa por la inclusión de alumnos con alguna discapacidad, por lo que la búsqueda de desarrollar nuevos procedimientos de enseñanza-aprendizaje debe ser una constante en el proceso escolar. Esta investigación tuvo como objetivo aplicar una propuesta geoiconográfica con estudiantes sordos matriculados del 6 ° al 9 ° grado de la escuela primaria, en una escuela pública del Distrito Federal-Brasil, en esta perspectiva se vislumbró encontrar las relaciones y posibilidades de enseñanza-aprendizaje. basados en tres ejes, paisaje, fotogeografía y transdisciplinariedad, como instrumentos que potencian el pensamiento geográfico de los estudiantes sordos. Los procedimientos metodológicos involucraron investigación cualitativa, utilizando entrevistas semiestructuradas y actividades de campo. La entrevista semiestructurada permitió comprender la relación entre la pertenencia de los estudiantes sordos a la Geografía, los recursos didácticos utilizados en las clases de Geografía, las relaciones existentes entre la vida cotidiana de los estudiantes y las clases de Geografía, y cómo los recursos imaginarios pueden considerarse facilitadores en el aprendizaje. de este grupo de estudiantes. La actividad de campo permitió a los estudiantes reconocer los diferentes paisajes existentes en su ciudad, con

el fin de relacionarlos con conceptos y fenómenos geográficos. Se utilizaron cámaras fotográficas para la obtención de las imágenes, distribuidas individualmente a los estudiantes. A partir de las imágenes obtenidas, y utilizando Libras como lenguaje, se realizó una intervención didáctica en la que los alumnos visualizaron las fotos, construyendo/reconstruyendo sus conceptos y significados geográficos. Este proceso de construcción culminó con la elaboración y presentación de pancartas a partir de las fotos obtenidas por los estudiantes para la comunidad escolar.

Palabras-clave: docencia, paisaje, fotogeografía, educación transdisciplinar, sordos.

INTRODUCTION

Working in the education of students with disabilities, whether motor, cognitive, or sensory, requires, on the part of educators, a process of daily reinvention, as there are still countless social confrontations to be overcome, even though we are in the 21st century and despite all advances achieved and technologies developed.

In regard to the education of the deaf, Bybee's concern (1972) should be noted, which, in an important literature review, pointed to the demands necessary for the teaching of science to deaf students, highlighting that success would only be achieved if new methods and techniques were applied; in the same vein, other authors can be cited, Castro (1964), Furth (1966), Bybee (1972), and Wassell (1964).

For geographic studies, the Landscape is considered a category of analysis, of which one of the most classic definitions considers it as a portion of the territory seen by an observer from a certain point of view, which essentially favors its visible aspects. Lacoste (1977), Turri (2011), Ritter e Gage (1865), Haw e Oldfieldl (2007), Bertrand (2013) and Küster (2004) endorse the classic concept of landscape when stating that it "is a portion of the terrestrial space that can be seen at a certain point of observation".

The concept presented above guided this analysis, with regards to the study of landscape in Geography, using photogeography and transdisciplinarity as a significant and dialogical learning tool for deaf students; it was based on the communication through Libras (Brazilian Sign Language), with the presence of a Libras Interpreter-Translator (TILS), whose participation consisted in facilitating students' understanding and learning.

According to Quadros (2003), the educational interpreter is one who acts as a professional language interpreter in education, whose function is to mediate relations between teachers and students, as well as between hearing and deaf people. This process constituted a fundamental step in the elaboration of data and the foundation of our research, considering that the Libras Interpreter-Translator was, in a way, giving voice to deaf students when translating /interpreting their perceptions, feelings, doubts, and desires as they confronted visualized landscapes.

During the development of this stage, the students acted in an interdependent manner, composing the investigative scenario of this research through the expansion of their perceptions as they visualized the landscapes recorded by them, which resulted in a more significant understanding of the different levels of realities observed. In this sense, Arnt (2009, p.112) states that:

> "It is not simply a matter of composing, arranging, including wholeness, multidimensionalities, but also providing the student, at every moment, with the comfort of knowing where we are going, showing them that the trajectory is built together, but helping them to see such a trajectory. Since absolute certainty does not exist, absolute uncertainty paralyzes. Navigating between one and the other, making clear the results obtained, inviting this awareness of the paths taken can be indicative of new levels of consciousness that will awaken new levels of perception, showing us new levels of reality, incorporating a transdisciplinary view of the topics covered and experiences. This notion of planning in action is not restricted to the specific theme but is spread and transforms our way of seeing the environment, the context, the other and ourselves. But, when we become aware that it is in this whirlwind that our learning is reflected, we open our perception to new frontiers of meaning and transform moments of learning or discussion about something into moments of education since and for life."

In this context, Transdisciplinarity can be understood as a mechanism that uses all known disciplines, aiming to capture among them what is similar, focusing on its interdependence, convergence, and connection, in terms of information, laws, methods, and knowledge.

With regards to Photogeography, it should be considered directly related to the imagery aspects which are part of the teaching-learning processes. According to Fernandes (2005), we must start from the recognition that in our society visual communication is of great importance, especially for those who live in cities, who are, since childhood, bombarded with visual stimuli – television, internet, billboards, cinema, magazines. For Litz (2009), knowing how to interpret visual signs, with their specificities,

has become a necessity, as we live in an era of images that reach us in an increasingly faster, dynamic, and innovative way.

It can be considered, then, that the process of photographing is unique, but not its subsequent analyses, since each person, when looking at a photograph, can analyze it in a different way from the one thought by the photographer during his process of production. It follows that, although each photograph has "its origin from the desire of an individual who was motivated to freeze in image a given aspect of the real, in a certain place and time" (Kossoy, 1989, p.22), it can produce several interpretations of the same object/subject. Barbieri (2006) reiterates that photography contributes to the cultural formation of students, as well as to the construction of their worldview, society, and the environment in which they live.

Given this context, this research had as its central objective enabling deaf students to develop geographic reasoning, through photogeographic production, analysis, and interpretation, based on dialogical practices between teacher and student, with the intent of making the students the subjects of learning.

METHODOLOGICAL APPROACH

Methodological procedures deal with a set of activities that, with greater security and economy, allow a stipulated objective to be reached, tracing a path to be followed, detecting errors, and assisting in the researcher's decisions (Ludwig, 2014).

The research data here shown were gathered following a qualitative approach, which according to Chizzotti (2008, p.79), can be understood as

> "[an] approach [that] starts from the foundation that there is a dynamic relationship between the real world and the subject, a living interdependence between the subject and the object, an inseparable link between the objective world and the subjectivity of the subject".

Which allows the observer to participate actively and fully in the process of investigation, seeking to appreciate the different perspectives and points of view of the respondents.

Semi-structured research and fieldwork were used as data collection instruments, which sought to highlight the spatial practices of deaf students. This study

allowed us to carry out a didactic intervention, aligned with the use of imagery elements, through photogeography as assisted by the usage of Libras and transdisciplinarity, as instruments that enhance the geographic learning, serving, then, as the basis for our analysis and reflections.

As an initial data collection instrument, interviews were conducted, and a questionnaire was applied, in school, to the students participating in this research. We opted to elaborate this questionnaire in (written) Portuguese. During its application, and with the aim of respecting the primary language of the deaf students, its questions were interpreted in Libras with the assistance of a Libras Interpreter-Translator; throughout the survey, when students encountered a word in Portuguese they did not understand, or when they wanted to express something in Portuguese and could not find a word for it, they communicated in Libras, and the researcher, with the interpreter's aid, would transcribe the answer in Portuguese, without compromising their content.

The questionnaire addressed issues related to pedagogical practices and the teaching of Geography to deaf students, mainly students' perception of the teaching work, didactic resources and the teaching methodologies used in Geography classes.

We also carried out on-site observations as part of our fieldwork, both in the inclusive classroom and in the resource room, with the aim of verifying whether the procedures used by Geography teachers in the development of their classes would consider the use of imagery elements as facilitators of geographic learning for deaf students.

Guided by the notes of Kinder (2018), we can characterize fieldwork as a moment destined to search for information about the universe of deaf students, how their process of constructing geographical knowledge is structured through imagery elements, and how the proposed didactic intervention can facilitate a more meaningful knowledge for these students. Within this context and seeking to present elements that make fieldwork more reflective, Lacoste (2006, p.87) explains that

> "[f]ieldwork, in order not only to be an empiricism, must be linked to the theoretical formation that it is also indispensable. Knowing how to think about space is not just putting problems in the local framework; it is also to articulate them effectively to the phenomena that develop over much wider extensions".

Throughout our fieldwork, based on Fuller et. al. (2003) and with the aid of a Libras Interpreter-Translator, we made direct observations of the physical spaces and dynamics of the school, took photographic records and interviewed deaf students in order to get to know them and be better able to identify their perceptions and experiences regarding geographic learning, as focused on the use of imagery elements.

This research was carried out at an inclusive education school in the regional teaching area of Gama/DF, in 2019, when the school offered 28 classes, with a total of 859 students, distributed in 14 classes in the morning (448 students, in the 8th and 9th grades) and 14 classes in the afternoon (411 students, in the 6th and 7th years). This school offers assistance to students with disabilities through a resources room, with a primary focus on students with hearing impairments (AD), the Physically Disabled (DF) and the Intellectually Disabled (ID). The school also takes on students who have syndromes such as Attention-Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD) and Cerebral Auditory Processing Disorder (DPAC). In 2019, the school had 22 deaf students enrolled, distributed according to Table 1:

Table 1 - Number of deaf students enrolled in 2019

6º year	7º year	8º year	9º year
05 (five)	09 (nine)	01 (one)	07 (seven)

Organization: Jean Volnei Fernandes (2020)

RESULTS AND DISCUSSION

The results of our research are presented in two stages: the first, indicating the locations selected for field activity as geographic elements that facilitate the teaching-learning process, and the second, the presentation of material produced by the students.

For this research, we selected the following Geography content considering certain imagery elements (in the analysis of landscapes) to be used according to the students' years. Table 2 shows such information:

Table 2 - Geography content selected to be worked with deaf students

6º year	7º year	8º year	9º year
■ The geographical space; ■ The landscape and its elements; ■ Transformed and preserved landscapes.	■ Human work; ■ Human action changes the environment; ■ The relationship between work and landscape.	■ Sustainable development; ■ Environmental problems in urban centers.	■ Production, consumption and environmental degradation; ■ Environmental problems in the contemporary world.

Organization: Jean Volnei Fernandes (2020)

Once the guidelines for this research were established, we selected activity locations that show landscape similarities inherent to the students' year's content, which, then, were used to reinterpret reality through imagery, photogeography and transdisciplinary elements. As for the didactic intervention, field trips were organized, wherein us, the researches, a Libras Interpreter-Translator, and the students (separate by their school year and group) were present; the professional interpreter of Libras helped the students in understanding the dynamic and objectives proposed. In order to collect material from this trip, cameras, previously acquired through the LAGIM-UnB (Laboratory of Geoiconography and Multimedia) were offered to each of the students.

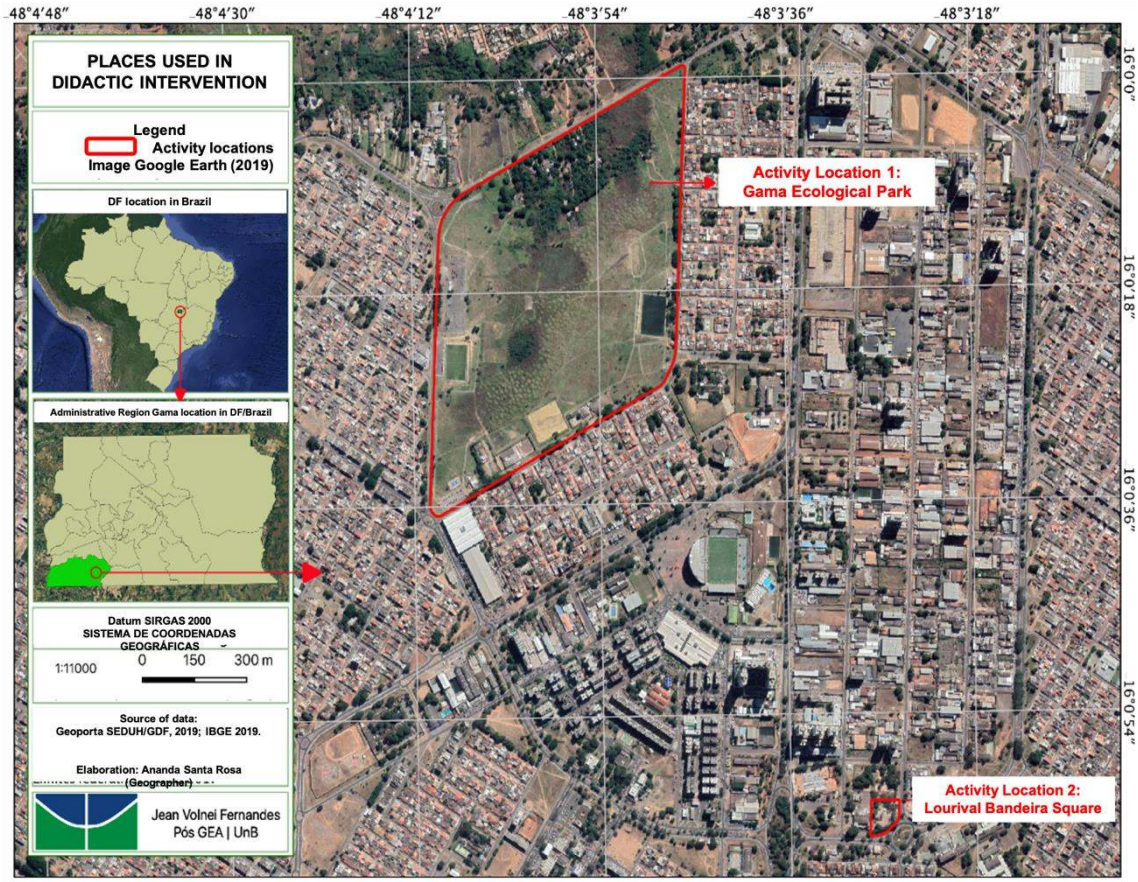
Afterwards, we held a mini photographic workshop, at which time the photography acquired through those cameras were delivered to the students. Each student received a camera labeled with their respective name, the purpose of which was to identify and organize the storage of the photos and their subsequent re-introduction. The photographic workshop's purpose was to train students in the handling of cameras and their functionalities (throughout which a Libras Interpreter-Translator was also present).

Our selection of places to visit were: Parque Ecológico do Gama/Gama Ecological Park (Activity Location 1), located in the north sector of the city, characterized as an APP (Área de Proteção Permanente/Permanent Protection Area), representative of the Phyto physiognomy murundum fields, according to the normative instruction of IBRAM nº 39 of 02/21/2014, and Praça Lourival Bandeira/Lourival Bandeira Square (Activity Location 2), known also as Praça do Cine Itapuã, located in the eastern sector of the city (inaugurated in October of 1997, in honor of the pioneer and repentant poet

born in the city of Gama). Figure 1 shows the locations explored for field activity (Field 1 and Field 2, respectively).

The selection of these two activity locations was based on the importance, recognition, and feeling of belonging for the population of the Administrative Region of Gama/DF. The geographical aspects are present in both spaces, from physical characteristics such as the presence of Cerrado, in the case of Parque Ecológico do Gama, to the transformation of the perceived geographical space in Praça Lourival Bandeira.

Figure 1 - Location map of the areas of field activity



Organization: Ananda Santa Rosa (2019)

During this field trip, the students obtained a total of 962 photos, which depicted a variety of subjects. This amount varied individually between 24 photos (the student with the lowest amount) up to 162 photos (the student with the highest amount).

Another significant aspect noticed during our fieldwork was the moment of social interaction between the students. They showed great satisfaction in being able to perceive and identify landscapes and their characteristics, performing a job that considered their specific features within the cultural, linguistic, and ideological aspects.

This stage in the research was characterized by the construction of a didactic intervention, in which we re-introduced the photos obtained by the students during the fieldwork. This process was characterized by the use of visual/motor communication, aided by the interpreter, who translated Libras into Portuguese and vice-versa, which allowed the students a greater interaction and approximation with the chosen geographical concepts.

When explaining the photos obtained, students were given the opportunity to construct and develop geographic reasoning, from a bias, encompassing Photogeography, Transdisciplinarity, Landscape and Communication in Libras, which are fundamental elements in the structuring of our research.

Photogeography allows for an analytical view of the photographer and the observer of an image, regarding the (environmental, social, economic, and historical) aspects that occur in the geographical space. This process of photogeographic analysis linked to the teaching-learning of Geography allows the observer to build narratives and concepts about the registered phenomena and landscapes. When photographing a landscape, the photographer can interfere with the captured image, highlighting one factor or ignoring another. Thus, the "image can be understood as a mediation between man and world, as the images present the world accessible and inaccessible through the translation of codes capable of deciphering events" (STEINKE, 2014).

Transdisciplinarity, in turn, arose from the reflections of Nicolescu (1999) when referring to it as the movement that occurs between disciplines and through them – and there is no discipline that is immune to that.

Lastly, the Landscape, which according to Santos (1998) can be defined as: "everything we see, what our vision achieves and is not only formed by volumes, but also by colors, movements, odors, sounds". An idea confirmed by Neves (2010, p. 56), who explains that "the study of the landscape takes us directly to the visible aspects of a geographic space, although it is not restricted to them, since it covers other elements, all

related to the way in which an individual perceives space through their senses." García de La Vega (2011, p.5) concludes that "the didactic application of the study of landscapes tries to discover and explain the interaction between man, medium, and the society from which it develops".

Other aspects must be taken into account in the study of landscapes, such as those presented by Taylor (2008) when referring to the way we interpret the environment, by Tilley (2004) when pointing out the importance of natural and cultural aspects in the study of landscapes, and by Tilley (2006) when studying the Landscape based on relationships established between lived experiences, places, feelings, and emotions.

That is to say, combining the study of landscapes, photogeography and transdisciplinarity with a communication in Libras allowed deaf students to develop their geographic reasoning, leading them to know, understand and interpret the various themes seen and photographed. On this matter, Oliveira (2009, p.357) establishes that a

> "geographic reasoning, a way of exercising spatial thinking, applies certain principles [...] to understand fundamental aspects of reality: the location and the distribution of facts and phenomena on the earth's surface, the territorial ordering, the existing connections between physical-natural components and anthropic actions".

Therefore, the idea of a new approach to teaching, applying photogeography as an instrument for geographic learning used by deaf students, arose from the conceptual reflections and aspirations presented by the Geography teachers in charge of this group of students, who offered initial considerations which served as the guiding axis for the development of this research. The main question unanimous among teachers was the need to verify aspects related to the learning process of deaf students, regarding the perception of knowledge and the development of geographical reasoning.

In this stage of our research, the photos obtained by the students during our fieldtrip were selected, with a view to presenting the students with images that were most related to the content studied in the classroom.

Due to the number of students participating in this research, and the greater demand for time to build narratives, we limited the selection to four photos per student, who, then, were given the opportunity to present and build their entire reasoning in Libras,

at which time they stood by the chalkboard, presented their points of view, interacted and explained to other students the reason behind their chosen images, and, even, elaborated illustrative drawings as to better explain the concepts developed by them.

During these explanations, all narratives elaborated and presented by the deaf students were transcribed into Portuguese by us, aided by an interpreter of Libras. This moment made it possible to enter the universe of deaf students, through their own culture and language, which later allowed them to present to the school community (teachers, students, coordinators and directorship) their impressions, opinions, and concepts regarding the use of photogeography as a possibility for geographic learning.

This stage characterizes the moment of association between practice and the structuring concepts of our research (Landscape, Photogeography, Transdisciplinarity, and Communication in Libras), allowing deaf students to develop their reasoning based on the use of these elements.

This process of collective construction of narratives, through the visualization of photos (again, mixing Landscape, Photogeography, Transdisciplinarity, and Communication in Libras) made it possible to develop and approach the revision of concepts and the learning of new themes in various areas of knowledge, which demonstrated, then, the student's capacity to elaborate, create and structure their thinking, as long as properly stimulated and understood.

In the process of constructing narratives and concepts, we consulted Azambuja (2012) and Uhlenwinkel (2013), who, in their works, indicated the use of terms such as location, space, and scale, among others, as keywords for the development of concepts. Another argument that must be highlighted is that of Dittrich (2017), who indicates that if a problem or question is given, concepts can help a student develop, understand, and find a structured solution.

Regarding the elaboration of concepts and new learning, we noticed the following themes as presented by students (Table 3):

Table 3 - Themes addressed during students' photos presentation.

Savannah/Vegetation Types	Waste/Recycling
Popular Culture	Urban Occupation
Urban Growth	Ecological Park
Electricity	Reforestation
School space	Relief
Sports and leisure	Services in the City
Fauna	Symbols of Brazil
Flora	Signaling
Cloud Formation	Image
Fungi	Solar Energy

Organization: Jean Volnei Fernandes (2020)

Each of these themes emerged from the visualization of images obtained in our fieldwork. Initially, when the fieldtrip was planned, it focused more on the identification and perception of the geographical aspects of teaching-learning, an idea which was promptly reviewed, following the construction of narratives by the students. These narratives presented went beyond the geographical field (Figure 2 and 3), crossing several areas of knowledge, as shown in the previous table, which confirms the potential of images when raising students' desires, aspirations, feelings, and perceptions regarding the world around them (Fögele, 2017).

Figure 2 - Visualization of the Ecological Park of Gama (Field 1)



Authorship: Valdir Steinke (2019)

Figure 3 - View of Praça Lourival Bandeira (Field 2)



Authorship: Valdir Steinke (2019)

After this collective moment of constructing knowledge, we registered the different narratives presented and a set of banners was elaborated. Each student worked individually on their banner and all were presented in an exhibition held at the school, as developed and planned by us, the researchers. Figure 4 shows an example of a student banner.

Figure 4 - Example of a banner created from photos obtained by students (the original banner is in portuguese)



Organization: Jean Volnei Fernandes (2020)

CONCLUSIONS

The process of transforming the results from fieldwork into a presentation made it possible for deaf students to present narratives developed by them to other students in school. We must also highlight the availability and interest of the hearing students in participating and developing teaching-learning activities in the classroom,

which allowed us to combine the use of landscape, photogeography and transdisciplinarity in those narrative constructions.

Another significant data point, observed throughout the exhibition, was the participation and correlation made by the geography teachers, who singled out the importance of imagery elements, guiding and enhancing the construction of new narratives by the students. These teachers also showed their interest in using these elements in their classes, since they noticed the involvement of both deaf and hearing students as they visualized, notice, and observed the images in different banners.

Throughout the exhibition, the hearing students issued opinions, identified places from which images were obtained, questioned the deaf students about those images, complemented the narratives presented, and formulated new narratives using their own perception.

Returning to school and presenting our results to the school community (teachers, students, coordinators, directorship, and family) represents the implementation and application of theories, readings, bibliographic research, questionnaires, and fieldwork; it's the resignification of the teaching-learning process of Geography for deaf students. This idea is ratified by Oliveira and Assis (2009, p.205), who pointed out that "the return to the classroom requires teachers and students to be able to reconstruct what they saw socially in learning and the geographic reading of the place studied." Likewise, according to Azambuja (2012, p.204)

> "the activity of returning to the classroom completes what in the field escaped, was implied or misunderstood. It goes beyond the moment of gathering interviews, photographs and narrating the best experiences. It does not end with the simple 'assessment', in which a group says it was great 'to see' reality".

The moment of presentation is characterized by the expansion and discussion of knowledge by the student. In this process, the teacher will act as a mediator and interlocutor of activities that lead students to the knowledge, understanding and interpretation of a geographical space, re-reading visited and viewed spaces. Uhlenwinkel (2013, p.193) explains this process as the

> "[m]oment of the elaboration of new school knowledge, of the exposition of the results through school works, such as: the narrative texts, essays, and reports; elaboration of videos, thematic maps and/or models; mural board with photos, drawings, and texts; news album, portfolios, and exhibition of materials".

In conclusion, aiming to promote activities which demonstrate the construction and appreciation of the teaching-learning processes in Geography by deaf students, based on imagery elements, landscapes, transdisciplinarity and communication in Libras, our exhibition was structured as the final product in which different themes, as perceived and viewed by the students participating in the research, were portrayed.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to thank: the directorship of the Basic Education Center 08 of Gama/DF for their support in conducting this research; the students and their families, for consenting to participate in this research; the teachers in the resource room and the Libras' interpreters, who were essential throughout the research; the Geoiconographies and Multimedia Laboratory of the Department of Geography in the University of Brasília, for their operational support.

REFERENCES

ARNT, R.M. **Formação de professores e didática transdisciplinar**: aproximações em foco. Mimeo, 2009.

AZAMBUJA, L. D. Trabalho de campo e ensino de Geografia. **Geosul (UFSC)**, Florianópolis, v. 27, n. 54, jul./dez., 2012.

BARBIERI, G. **Fotografie e carte geografiche**. In: BARBIERI, Giuseppe. CANIGIANI, França, 2006.

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. **RA'E GA - O Espaço Geográfico em Análise**. Curitiba, n. 8, p. 141-152, 2004. Disponível em: http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/raega/article/view/3389/2718. Acesso em: 14 out. 2013.

BYBEE, R. W. A. Review of Literature on Science for the Deaf. **Science Education**, v.56, n.2, p.237-242, 1972.

BYBEE, R. W. Science in a Silent World. **Science Activities**, n.5, p. 25-54. jan. 1972.

CASTRO, P. J. E. Teaching of Science to Deaf and Profound Hard of Hearing Children. In: ***Proceedings…*** International Congress on Education of the Deaf. 1964, Washington, D.C., U.S. Government Printing Office.

CHIZZOTTI, A. **Pesquisa em Ciências Humanas e Sociais**. 9ed. São Paulo, SP: Cortez, 2008.

DITTRICH, S. **Argumentieren als Methode zur Problemlösung.** Eine Unterrichtsstudie zur mündlichen Argumentation of Schülerinnen und Schülern in Kooperativen Settings im Geographieunterricht; Redbox Unipress: Münster, Alemanha, 2017.

FERNANDES, H. L. **A fotografia como mediadora subversiva na produção do conhecimento**. Unicamp - Faculdade de Educação. Campinas, 2005.

FÖGELE, J. From content to concept. Teaching global issues with geographical principles. **Eur. J. Geogr.,** n.7, p. 6–16. 2017,

FULLER, I. C.; GASKIN, S.; SCOTTI I. Student perceptions of geography and environmental science fieldwork in the light of restricted access to the field, caused by foot and mouth disease in the UK in 2001. **Journal of Geography in Higher Education**. London (UK), n. 27, p. 79–102, 2003.

FURTH, H. G. **Thinking without Language-Psychological Implications of Deafness**. The Free Press, 1966, p. 114-143.

GARCÍA DE LA VEGA, A. El paisaje: um desafio curricular y didáctico. **Revista de Didáctica específicas**, n. 4, p. 1-19, 2011.

HAW, D. J. B.; OLDFIELDL, J. D. Landscape Science: A Russian Geographical Tradition. **Annals of the Association of American Geographers**, n.97, v.1, p. 111–126, 2007.

KINDER, A. Acquiring geographical knowledge and understanding through fieldwork. **Teach. Geogr.,** n. 43, p.112–209, 2018.

KOSSOY, B. Fotografia e história. São Paulo, SP: Ática, 1989. 110p.

KÜSTER, H. Cultural Landscape: An Introduction. In: DIETERICH, M.; STRAATEN, J. V. D. (Orgs). **Cultural Landscapes and Land Use**: The Nature Conservation – Society Interface, Kluwer Academic Publishers, Holanda, 2004.

LACOSTE, Y. A **Geografia serve antes de mais nada para fazer a guerra**. Lisboa, Portugal: Iniciativas Editoriais, 1977.

LACOSTE, Y. A pesquisa e o trabalho de campo: um problema político para os pesquisadores, estudantes e cidadãos. **Boletim Paulista de Geografia**, São Paulo, n.84, p.77- 92, jul., 2006.

LITZ, V. G. **O uso da imagem no ensino de História**. UFPR - Departamento de Graduação em História. PDE: Curitiba, 2009.

LUDWIG, A. C. **Fundamentos e prática de metodologia científica**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2014.

NEVES, K. F. T. V. **Os trabalhos de campo no ensino de Geografia**: reflexões sobre a prática docente na educação básica. Ilhéus, BA: Editus, 2010.

NICOLESCU, B. Um novo tipo de conhecimento - transdisciplinaridade. In: **UNESCO - Educação e Transdisciplinaridade**. Brasília, DF: Ed. UNESCO, 2000.

OLIVEIRA, C. D. M.; ASSIS, R. J. S. Travessias da aula em campo na geografia escolar: a necessidade convertida para além da fábula. **Revista Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 35, n. 1, jan./abr., 2009.

QUADROS, R. M. O. **Tradutor Intérprete de Língua de Sinais e Língua Portuguesa.** Secretaria de Educação Especial, Programa Nacional de Apoio à Educação de Surdos. Brasília: MEC; SEESP, 2003.

RITTER, C.; GAGE, W. L. Comparative Geography. **The North American Review**., v.1, n. 208, p. 267-269, 1865. Access: http://www.jstor.org/stable/25107841.

SANTOS, M. **Metamorfoses do espaço habitado**. São Paulo, SP: Hucitec, 1998.

STEINKE, V. A. Imagem e Geografia: o protagonismo da "fotogeografia". In: STEINKE, V. A.; REIS JÚNIOR, D. F.; COSTA, E. B. (Orgs). **Geografia e fotografia**: apontamentos teóricos e metodológicos. Brasília: Laboratório de Geoiconografia e Multimídia – LAGIM, UnB, 2014.

TAYLOR, K. Landscape and memory: Cultural landscapes, intangible values and some thoughts on asia. In: ***Proceedings…*** 16th ICOMOS General Assembly and International Symposium: Quebec, QC, Canada, 29 September–4 October 2008.

TILLEY, C. Introduction: Identity, place, landscape and heritage. **J. Mater. Cult.** n.11, p.7–32, 2006.

TILLEY, C. **The Materiality of Stone**: Explorations in Landscape Phenomenology; Berg Publishers: New York, USA, 2004; ISBN 9781859738979.

TURRI, E. A paisagem como teatro – do território vivido ao território representado. In: SER-RÃO. A. V. **Filosofia da Paisagem**: uma antologia. Lisboa: Ed. Centro de Filosofia da Universidade de Lisboa, 2011.

UHLENWINKEL, A. Geographical Concepts als Strukturierungshilfe für den Geographieunterricht. **J. Geogr. Educ.** n.41, p.18–43, 2013.

WASSELL, I. T. The Essence of Science-A Development of Understandings. In: ***Proceedings…*** International Congress on Education of the Deaf. 1964, Washington, D.C., U.S. Government Printing Office.

Recebido em setembro de 2020.

Revisão realizada em novembro de 2021.

Aceito para publicação em dezembro de 2021.

SEÇÃO TEMÁTICA

CLIMATOLOGIA DO REGIME DE CHUVAS EM CAMPINA GRANDE/PB: MODELOS E VARIABILIDADES

CLIMATOLOGY OF THE RAINFALL REGIME IN CAMPINA GRANDE/PB: MODELS AND VARIABILITY

CLIMATOLOGÍA DEL RÉGIMEN PLUVIAL EN CAMPINA GRANDE/PB: MODELOS Y VARIABILIDAD

Hermes Alves de Almeida
Prof. Dr, Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), Campina Grande, PB
hermes_almeida@uol.com.br

Emerson Galvani
Prof. Dr, Universidade de São Paulo (USP), Departamento de Geografia
egalvani@usp.br

RESUMO

O Semiárido nordestino é um recorte geográfico caracterizado pela elevada variabilidade no regime pluvial, sempre associada ao fenômeno da seca. Por isso, procurou-se estabelecer as principais características da climatologia da chuva da cidade de Campina Grande, PB, sendo essas determinações os objetivos principais. Dados mensais de chuvas, dos últimos 61 anos, foram cedidos pela AESA, PB, e analisados mediantes critérios da estatística climatológica. Utilizaram-se os métodos da anomalia da chuva e dos índices de seca meteorológica (anomalia da chuva, padronizado de precipitação modificado e decis), além de análises de dispersão. Os principais resultados indicaram que os modelos de regimes pluviais são assimétricos, irregulares e a estação chuvosa tem chance de ser seca. As oscilações mensais e anuais dos totais de chuvas observadas e as respectivas anomalias indicam que as dispersões são indicativas de variabilidade natural e não há indícios de mudança climática. Embora as secas sejam de difícil previsibilidade, os índices de secas meteorológica são eficazes para monitorar as diferentes categorias de seca. Recomenda-se o uso de dois ou mais índices e da comparação entre si a fim de estabelecer a tipologia da seca.

Palavras–chave: clima; precipitação pluvial; índices de secas; variabilidade climática; semiárido.

ABSTRACT

The northeastern semiarid is a geographic feature characterized by high variability in the rainfall regime, always associated with the phenomenon of drought. Therefore, we sought to study the climatology of the pluvial regime in Campina Grande, PB, with these determinations being the main objectives. Monthly rainfall data for the last sixty-one years were provided by AESA, PB, and analyzed using climatologically statistics criteria. The methods of rainfall anomaly and meteorological drought indices (rain anomaly, modified precipitation standard and deciles) were used, in addition to dispersion analyses. The main results indicated that the models of rainfall regimes are asymmetrical, irregular, the temporal dispersions and the rainy season has a chance of being dry. The monthly and annual fluctuations of the observed rainfall totals and the respective anomalies indicate that the dispersions are indicative of natural variability and not of climate change. Although droughts are difficult to predict, meteorological drought indices are effective in monitoring different categories of drought. It is recommended the use of two or more indices and the comparison between them in order to establish the most real typology of the drought.

Keywords: climate; rainfall; drought indexes; climate variability; semiarid.

RESUMEN

El semiárido nororiental es un accidente geográfico caracterizado por una alta variabilidad en el régimen de lluvias, siempre asociado al fenómeno de la sequía. Por ello, se buscó estudiar la climatología del régimen pluvial en Campina Grande, PB, siendo estas determinaciones los principales objetivos. Los datos de precipitación mensual de los últimos sesenta y un años fueron proporcionados por AESA, PB y analizados utilizando criterios de estadísticas climatológicas. Se utilizaron los métodos de anomalía de lluvia e índices de sequía meteorológica (anomalía de lluvia, estándar de precipitación modificado y deciles), así como análisis de dispersión. Los principales resultados indicaron que los modelos de regímenes pluviales son asimétricos, irregulares y la temporada de lluvias tiene posibilidades de ser seca. Las fluctuaciones temporales de lluvia observadas y las respectivas anomalías indican que las dispersiones son indicativas de variabilidad natural y no de cambio climático. Aunque las sequías son difíciles de predecir, los índices de sequía meteorológicos son eficaces para monitorear diferentes categorías de sequías. Se recomienda el uso de dos o más índices y la comparación entre ellos para establecer la tipología más real de la sequía.

Palabras clave: clima; precipitaciones; índices de sequía; variabilidad climática; semi árido.

INTRODUÇÃO

As oscilações das condições meteorológicas são as principais responsáveis pela dinâmica ambiental, por exercerem influência direta tanto nos processos de ordem física quanto biológica, assim como na sociedade em geral.

Neste contexto, a precipitação pluvial se destaca como um dos elementos do clima mais importante, mas o que tem maior variabilidade espaço-temporal (FERREIRA et al., 2018; DIAS e PENNER, 2021), podendo ser o mais influenciado num cenário de mudança climática.

As variabilidades temporais e espaciais dos regimes pluviais são características marcantes no Semiárido nordestino, não somente nos totais mensais ou anuais, mas na quantidade, distribuição e duração da estação chuvosa (ALMEIDA e FARIAS, 2015).

Os principais mecanismos dinâmicos indutores de chuvas no nordeste brasileiro e, em especial, no recorte geográfico paraibano resultam de acoplamentos de vários sistemas atmosféricos, com predominância para os da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), influencia o regime pluvial na parte setentrional no nordeste e na região norte do Brasil (NOBRE e MOLION, 1988; UVO, 1989).

Nos anos de seca, a ITCZ, que é o principal mecanismo indutor de chuva no Semiárido (MOLION e BERNARDO, 2002), fica bloqueada mais ao norte de sua posição normal e no final do verão e início do outono, ela se posiciona mais ao sul, que coincide, portanto, com a estação das chuvas (REBOITA et al., 2010).

O regime pluvial no leste do Nordeste recebe uma contribuição significativa de chuva, nos meses de maio a julho, que advém dos distúrbios ondulatórios de leste, denominado de Onda de Leste (OL), que se propagam do Oceano Atlântico em direção ao continente, durante o outono/inverno (CHAN, 1990; KOUADIO et al., 2012). Esse sistema pode provocar eventos extremos de chuva, com alagamentos e deslizamentos de encostas (MACHADO et al., 2012).

Os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN) correm na atmosfera superior, são perceptíveis nas cartas sinóticas de 200 hPa e favorecem a ocorrência de chuvas em várias regiões brasileiras e, em particular, no nordeste. O VCAN é uma

circulação ciclônica fechada que se forma, preferencialmente, sobre o Oceano Atlântico Tropical Sul e se desloca para Oeste na primavera, outono e verão (GAN e KOUSKY, 1986; COUTINHO, 2010).

Analisar as oscilações de séries pluviais, combinadas ou não com outros elementos do clima, permite detectar periodicidades que são fundamentais para planejar inúmeras atividades agrícolas, econômicas, sociais, dentre outras (SILVA et al., 2005).

As cidades, em geral, despertam mais atenção aos eventos extremos de chuvas, especialmente, porque são espaços onde se concentram áreas mais suscetíveis aos impactos mais severos, tais como: enchentes, deslizamentos de terra e perdas de vida.

A seca é um fenômeno meteorológico extremo e complexo, afeta drasticamente uma região, por provocar danos ambientais, econômicos e sociais graves, frequentemente, agravada pelas ações antrópicas.

A seca é uma característica temporária do tempo, definida, a priori, quando os totais de chuva são inferiores aos valores referenciais, na sua maioria, a média climatológica. No Semiárido nordestino, as secas fazem parte da variabilidade natural do clima, que ocorreram no passado e estão ocorrendo no presente e que poderão ser intensificadas, diante das projeções de mudanças climáticas (MARENGO et al., 2016).

A identificação de eventos extremos de chuvas pode ser caracterizada, utilizando-se diferentes técnicas estatísticas, com destaque para os trabalhos desenvolvidos por McKee et al. (1993), Coelho et al. (2015) e outros.

As secas são, conceitualmente, descritas em quatro tipos: meteorológica, hidrológica, agrícola e socioeconômica (FERNANDES et al., 2009). Qualquer tipo de seca inicia-se pela meteorológica que resulta da diminuição da pluviosidade. Se essa condição persistir, com o tempo, vai ocasionar os demais tipos de secas, embora possa ocorrer a seca hidrológica e não acontecer à agrícola.

A combinação das três secas mencionadas, por exemplo, tem-se a seca socioeconômica, a qual se relaciona com a oferta e demanda de bens, tais como a água, alimentos e energia, que se manifesta sequencialmente após a seca meteorológica.

A compreensão das características de eventos extremos de chuva (frequência, intensidade, duração) requer informações atuais e históricas das condições

meteorológicas (curto prazo) ou climatológicas (médio prazo), ambos integram a variabilidade climática.

Neste contexto, os objetivos principais deste trabalho foram o de estabelecer as principais características dos modelos estatísticos da climatologia dos regimes pluvial na cidade de Campina Grande, PB.

MATERIAIS E MÉTODOS

A cidade de Campina Grande (Figura 1), localiza-se na região geográfica intermediária de Campina Grande, PB, latitude 7º13'50" S, longitude 35º 52' 52" W e altitude de 550 m.

Figura 1 - Vista aérea da parte central da cidade de Campina Grande, PB



Fonte: https://www.oimenu.com.br/cardapio-digital-campina-grande-pb, disponível em 16.07.2021

O clima, de acordo com a classificação climática de Köppen, é do tipo tropical chuvoso (A), megatérmico, com temperatura média do mês mais frio maior que 18 ºC e

média anual de precipitação pluvial superior a 700 mm e estação chuvosa entre outono e inverno.

As séries de dados mensais e anuais de chuvas da cidade de Campina Grande foram extraídas dos arquivos da SUDENE e/ou cedidas pela Agência Executiva de Gestão das Águas (AESA), correspondente ao período: 01.01.1911 a 31.12.2020, agrupando-as seguindo-se uma sequência cronológica.

Os modelos da climatologia das chuvas foram estabelecidos, utilizando-se os critérios e métodos da estatística descritiva, determinando-se as medidas de tendência central (média e mediana), de dispersão (desvio padrão) e os parâmetros da distribuição de frequência (histogramas e polígonos de frequência).

Na comparação gráfica, verificou-se que as médias mensais e anuais de chuvas diferem das medianas e, por isso, os respectivos modelos de distribuição são assimétricos e, portanto, utilizou-se a mediana e não a média aritmética simples.

As oscilações anuais e na estação chuvosa foram determinadas pelas diferenças entre os valores observados, em cada escala temporal, e a mediana esperada da série, denominando-as por anomalias da chuva (AC) e calculadas pela expressão:

$$AC\,(mm) = O\,valor\,da\,chuva\,observada\,(no\,mês\,ou\,ano) - mediana\;da\,série$$

Para averiguar se as os totais de chuvas observados anualmente e as ACs indicam variabilidades naturais, eventos extremos ou indícios de mudança climática (no regime pluvial), compararam-se os valores da chuva observados (no ano e na estação chuvosa) com os respectivos desvios padrão (± DP) das séries, mediante as equações:

$$Chuva\,observada\,(mm) \pm DP\,da\,série\,(mm)$$

$$Anomalia\,da\,chuva\,(AC - mm) \pm DP\,da\,série\,(mm)$$

Para monitorar as categorias/tipologias das secas meteorológicas, para os totais de chuvas observados, aplicaram-se os respectivos procedimentos metodológicos

dos métodos, através dos índices: de anomalia da chuva (IAC), padronizado de precipitação modificado (SPIM) e dos Decis, descritos nas equações:

a) Índice de anomalia da chuva (IAC):

- O IAC foi determinado pela diferença entre cada valore observado e a média esperada. Nessa contabilidade, primeiramente, fez-se a ordenação das diferenças algébricas positivas das negativas (AC), ordenando-se, cronologicamente, as anomalias positivas das negativas, calculando-se pelas equações:

$$IAC = 3 \times \left[\frac{(Pobs - Pmédia)}{(\overline{M} - Pmédia)} \right]$$, para anomalias positivas;

$$IAC = -3 \times \left[\frac{(Pobs - Pmédia)}{(\overline{X} - Pmédia)} \right]$$, para anomalias negativas.

Sendo:

Pobs= precipitação pluvial observada (mm)

Pmédia= precipitação pluvial média da série (mm);

$\overline{M}$ = média dos dez maiores valores de precipitações observadas (mm)

$\overline{X}$ = média dos dez menores valores de precipitações observadas (mm)

- De posse dos valores do IAC, adotaram-se as tipologias descritas por Araújo et al., (2009), com algumas modificações, para enquadrar as respectivas categorias de secas, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1 - Índice de anomalia da chuva (IAC) e suas respectivas categorias de seca, conforme tipologia proposta por Araújo et al., (2009)

Índice de Anomalia da Chuva (IAC)	Categorias Umidade/Seca
IAC >= 4,0	Extremamente úmida
2,0 =< IAC < 4,0	Muito úmida
0,0 =< IAC < 2,0	Úmida
-2,0 =< IAC < 0,0	Seca
-4,0 =< IAC < -2,0	Muito seca
IAC < - 4,0	Extremamente Seca

b) Índice padronizado de precipitação modificado (SPIM):

- O método do Índice padronizado de precipitação (SPI) quantifica o déficit de precipitação, para múltiplas escalas de tempo, cujos procedimentos metodológicos foram desenvolvidos por McKee et al., (1993). Em virtude da assimetria do modelo de chuva, Almeida e Silva (2008) modificaram o método original, substituindo-se a média, pela mediana (med), que passou a ser denominado de índice padronizado da precipitação modificado (SPIM) e calculado pela equação:

$$SPIM = \frac{(Pobservada - Med)}{DP}$$

Sendo: Pobservada = precipitação pluvial observada, em mm;

Med = mediana da precipitação pluvial (da série), em mm;

DP= desvio padrão da média da chuva (da série), em mm.

- As categorias de secas foram estabelecidas a partir dos SPIMs, adotando-se os critérios de McKee et al., (1993) e descritas na Tabela 2.

Tabela 2 - Índice Padronizado de Precipitação Modificado (SPIM) e categorias de umidade

SPIM	Categorias de umidade/seca
≥ 2,00	Extremamente Úmido
1,50 →1,99	Muito úmido
1,00→1,49	Moderadamente Úmido
0,99→-0,99	Próximo ao normal
-1,00 →-1,49	Moderadamente Seco
-1,50 →-1,99	Muito Seco
≤ -2,00	Extremamente Seco

c) Método dos Decis:

- Esse método consistiu em agrupar em décimos (decis) por ordem crescente, do primeiro, segundo, até o décimo decis. Com base nos decis, foram determinadas as probabilidades empíricas (Pr), ordenando-se cronologicamente os dados de chuvas, nas escalas estudadas (Tabela 3).

Tabela 3 - Decis, probabilidade e categorias de umidade/seca, propostas por Fernandes et al., (2009)

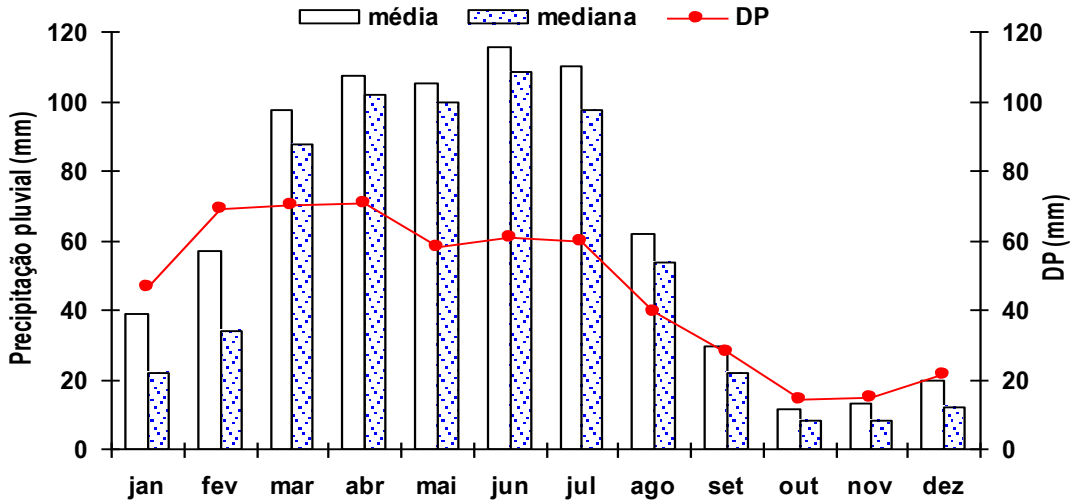
Decis	Probabilidades (Pr)	Categorias umidade/seca
8-10	Pr >=80%	Extremamente úmido
6-8	60%=< Pr <80%	Muito úmido
4-6	40%=< Pr <60%	Moderadamente úmido
2-4	20%=< Pr <40%	Muito seco
1-2	Pr < 20%	Extremamente seco

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas últimas décadas, estudos científicos priorizam na temática da variabilidade do regime pluvial e aos impactos de alguns eventos extremos, por afetar diretamente o meio ambiente e a sociedade humana. Por isso, faz-se necessário estabelecer as principais características do regime pluvial local e averiguar se as dispersões são ou não indícios de mudança climática, alusão essa sempre citada nos relatórios do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC).

A Figura 2 mostra os modelos de distribuição de chuvas, para a cidade de Campina Grande, PB, referentes às médias mensais das medias, medianas e desvios padrão (DP). Observa-se que, os valores das médias mensais da precipitação são extremamente irregulares ao longo do ano, cujos desvios padrão superam as médias aritméticas, dos meses de setembro a fevereiro.

Figura 2 - Modelos estatísticos da distribuição das médias mensais da média, mediana e desvio padrão da chuva. Campina Grande, PB. Período: de janeiro de 2011 a dezembro de 2020

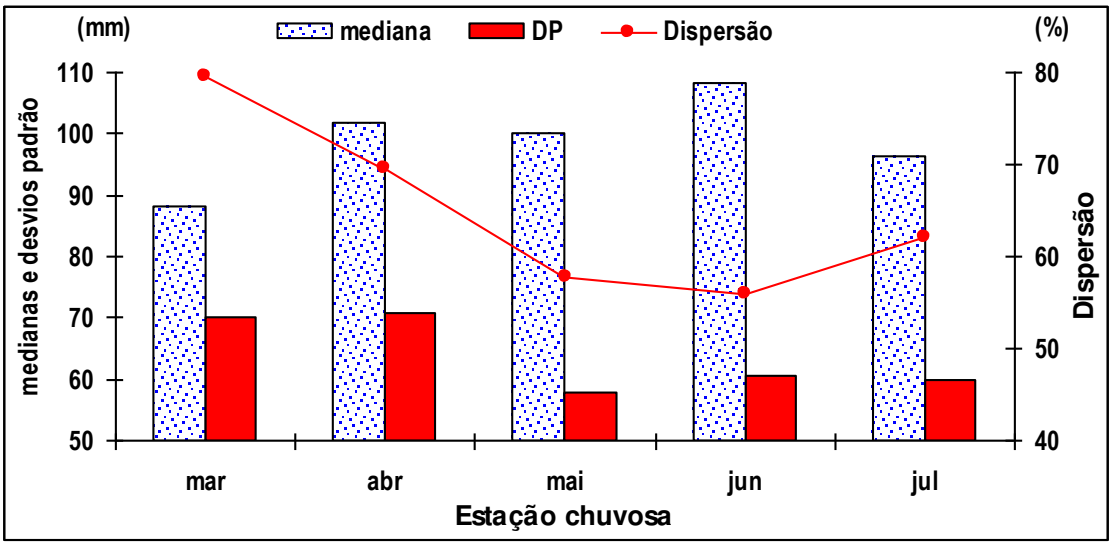


Os valores dos desvios padrão das médias são superiores aos das médias nos meses de julho a dezembro. Observa-se, ainda, Figura 2, que nos meses menos chuvosos, os valores das dispersões são relativamente maiores, ou seja, a variabilidade é inversamente proporcional ao valor mediano.

Na análise gráfica, verifica-se que as médias mensais das médias são diferentes e superiores aos valores medianos. Isso indica, portanto, que o modelo de distribuição de chuva é assimétrico e o coeficiente de assimetria de Person é positivo. Essa assimetria indica que não se deve usar a média, mesmo sendo a medida de tendência central mais usada, por não ser o valor mais provável de ocorrer. Por isso, concorda-se em recomendar o uso da mediana, em vez da média, o que corrobora com os resultados encontrados para outras localidades por Oliveira, Nóbrega e Almeida (2012), Almeida e Cabral Júnior (2014) e Almeida e Farias (2015).

Como o modelo mensal de distribuição de chuva é assimétrico, a curta estação chuvosa foi estabelecida pela sequência dos maiores valores mediana (Figura 3). Mesmo assim, constata-se a existência de uma elevada variabilidade, nesse curto período chuvoso (de março a julho), cuja dispersão média, equivale a cerca de 60,0 % do valor esperado.

Figura 3 - Modelos estatísticos das medianas, desvios padrão e dispersão da chuva, nos meses da estação chuvosa. Campina Grande, PB, no período: janeiro de 2011 a dezembro de 2020



As elevadas dispersões mensais mostram, entretanto, que há chances da estação chuvosa ser seca. Essas condições são geralmente atribuídas como mudança climática, quando na realidade essas oscilações, nesses meses, indicam variabilidade natural do regime de chuvas.

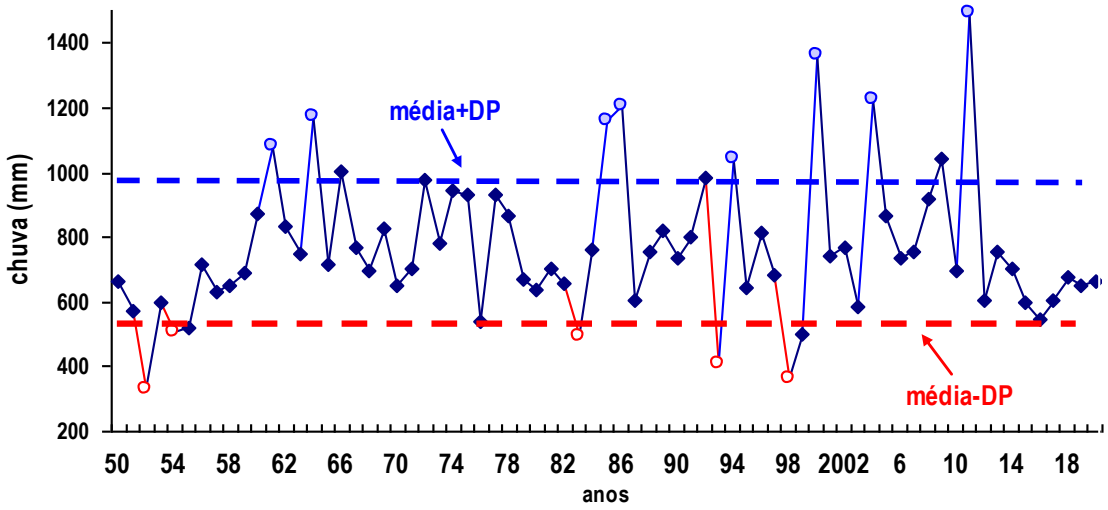
As oscilações espaciais e temporais da chuva são características inerentes do tempo e do clima. Quando a descrição for do clima, a sequência cronológica do tempo é de trinta anos ou mais, ou seja, a média climatológica.

Se o clima é descrito por uma média e essa medida, associa-se ao desvio padrão, comparou-se o valor da chuva observado anualmente, com a média climatológica ± o desvio padrão (Figura 4).

Fazendo-se essa comparação, observa-se (Figura 4) que a maioria dos sessenta e um dados de chuva observados, oscilou entre a média + o desvio padrão e entre a média- o desvio padrão. Constatou-se que, em apenas alguns anos, os totais de chuvas foram acima ou abaixo da média ± DP, em 11,4 e 4,9 % dos anos, respectivamente.

As oscilações que ultrapassam as médias ± os desvios padrão são consideradas como eventos extremos, embora a priori, elas sejam inerentes as características de variabilidade do elemento chuva, cuja hierarquização enquadra-se como flutuação climática do regime pluvial.

Figura 4 - Totais anuais de chuva observada comparados com a média climatológica ± desvio padrão (DP), na cidade de Campina Grande, PB

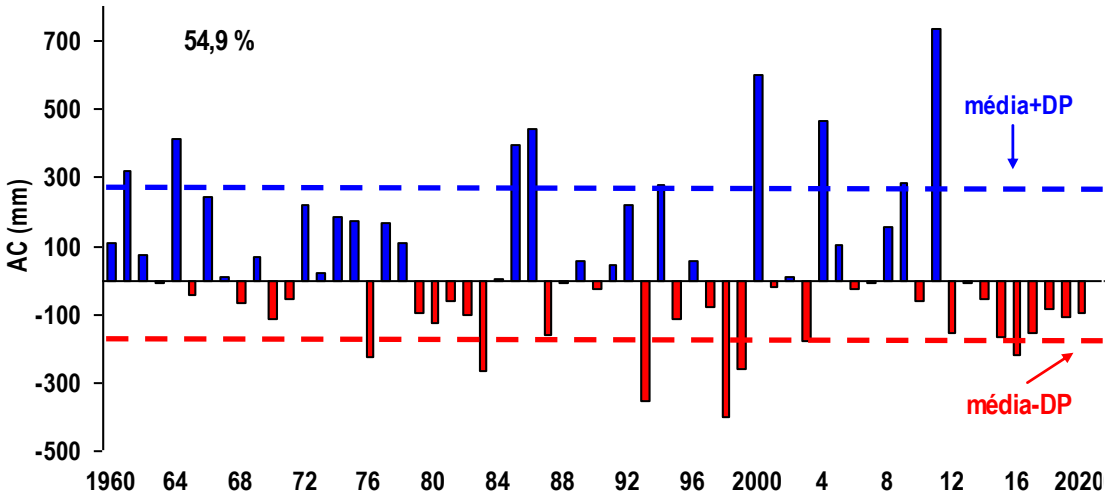


A sequência ano a ano dos totais de chuvas observados mostram uma elevada variabilidade natural nesse quantitativo. Isso mostra, portanto, as elevadas dispersões associadas a esse elemento, nessa escala, o que corrobora com Almeida e Marques (2021), a precipitação pluvial é o elemento de com maior variação em qualquer região.

Os extremos observados da chuva (acima ou abaixo da média ± DP), ocorreram em alguns anos não devem ser creditados, confundidas e muito menos, ainda, descritos como mudança climática, Embora para Marengo (2008) essa condição tem como consequência a frequência de eventos extremos de chuva, especialmente, na intensidade e duração de períodos secos. Concorda-se com Junges e Massoni (2018) e Pina, Silva e Oliveira Júnior, (2010) que o tema mudança climática é complexo e torna difícil separar os elementos controversos dos não controversos.

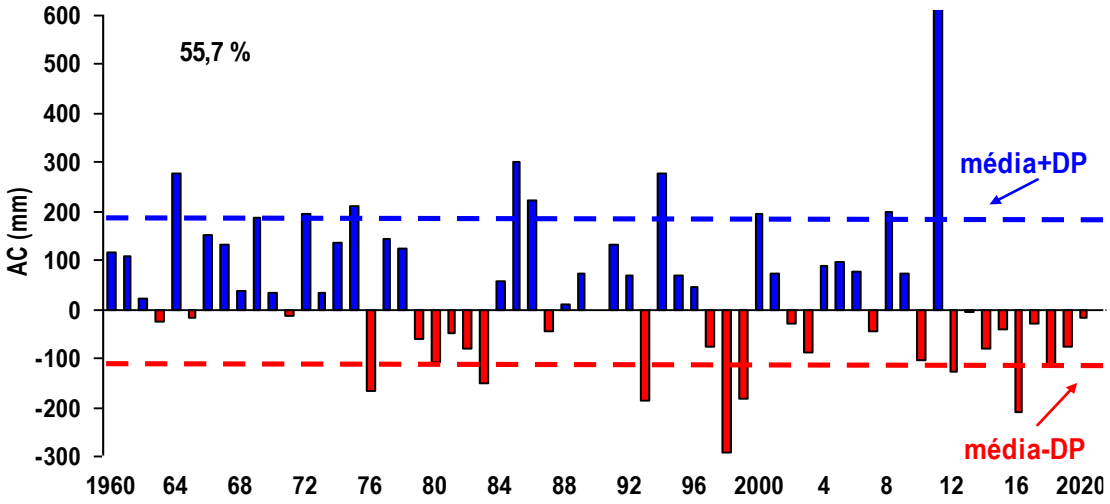
Por outro lado, há necessidade da modelagem estatística, como um critério científico, a fim de estabelecer as características principais da variabilidade temporal da chuva observada. A anomalia da chuva é uma técnica que consiste comparar, o valor de chuva observado em relação ao esperado (mediana). As anomalias dos totais de chuvas observados, anualmente e na estação chuvosa, comparadas com os valores das médias climatológicas ± os desvios padrão, são apresentadas nas Figuras 5 e 6.

Figura 5 - Anomalias da chuva (AC) anual observada, comparadas com a média climatológica ± desvio padrão (DP), na cidade de Campina Grande, PB.



Os modelos de dispersões entre os totais observados e o esperado (mediano) revelam irregularidade no modelo de distribuição da chuva, representadas pelas anomalias negativas, totais de chuvas observados abaixo do esperado (retângulos vermelhos), e positivas, precipitações acima do esperado (retângulos azuis).

Figura 6 - Anomalias da chuva (AC) observada, na estação chuvosa, comparadas com a média climatológica ± o desvio padrão (DP), na cidade de Campina Grande, PB.



Os somatórios das frequências das ACs negativas, referentes aos números de anos (Figura 5) e na estação chuvosa (Figura 6), constatam-se percentuais de 55,1 e 44,3 %, respectivamente. Contrariamente, os complementos das frequências com ACs positivas foram de 54,9 e 55,7 %.

Os resultados de AC anuais são compatíveis e corroboram com os encontrados por Almeida e Ramos (2020), para a cidade de Sumé, no cariri paraibano. No entanto, difere das ACs negativas, especificamente, na estação chuvosa, porque a chuva se concentra no outono (março a maio) e a de Campina Grande, os meses mais chuvosos são os de inverno.

Outra característica importante nos modelos de variabilidade da chuva (Figuras 5 e 6), no período estudado, é quando se compara os módulos das anomalias da chuva com média climatológica ± o DP. Observa-se, nas referidas figuras, que mais de 75 % dos anos as oscilações foram, respectivamente, menores e maiores que a média climatológica + o desvio e a média climatológica menos o desvio padrão.

Em apenas 14,7 % dos anos analisados e em 12,3 %, dos meses das estações chuvosos, os totais de chuvas foram maiores ou menores que a média climatológica ± DP, ou seja, em mais de 85,0 % ficam dentro do intervalo da média ± DP. Isso mostra, portanto, que as oscilações apresentadas indicam a existência de uma variabilidade natural da climatologia da chuva, sem indícios de mudança no regime pluvial e muito menos ainda de mudança climática, até porque essas oscilações além de serem de curto prazo não são estatisticamente significativas.

A seca é um fenômeno meteorológico que afeta drasticamente uma determinada região, por provocar danos econômicos e sociais graves. Essa característica temporária do Tempo é descrita, a priori, quando os totais de chuvas, mensais ou num certo período, são menores que os esperados. Essa condição pode ser avaliada pelos índices: de anomalia da chuva, padronizado de precipitação modificado e decis, cujas frequências relativas, para cada tipologia da seca especificada em cada método, são mostradas, respectivamente, nas Figuras 7 e 8.

Como não há um conceito universal para definir a seca, as descrições das categorias de secas e/ou de umidade, em qualquer método de monitoramento, diferem entre si. As anomalias negativas da chuva anualmente (Figura 5) indicam os déficits pluviais, além disso, quanto mais negativo for, maior será o déficit.

Figura 7 - Frequências relativa de anos, com categorias de umidade/seca meteorológicas, estabelecidas pelo método do índice de anomalia da chuva. Campina Grande, PB, no período: 1960 a 2020.

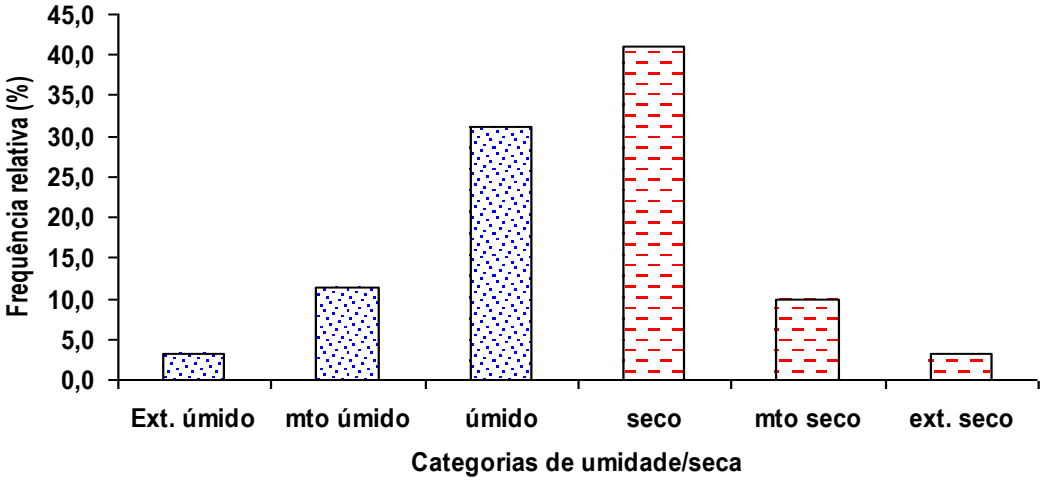
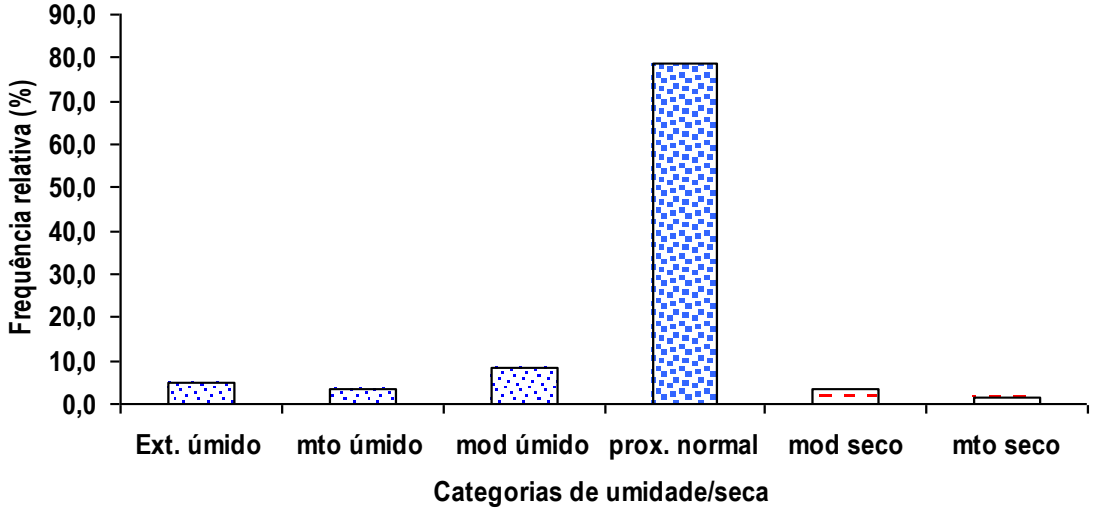


Figura 8 - Frequências relativa de anos, com categorias de umidade/seca meteorológicas, estabelecidas pelo método do índice padronizado de precipitação modificado. Campina Grande, PB, no período: 1960 a 2020**.**



Na escala anual, o mês com o primeiro déficit, há prenúncio de início de uma seca meteorológica e a depender, da sua continuidade, fica caracterizada a seca. Neste contexto, corrobora-se com Palmer (1965), que o intervalo de tempo, geralmente é da ordem de meses, durante o qual a precipitação pluvial, ou o abastecimento hídrico, seja menor que o valor "climatologicamente" esperado.

As frequências relativas dos índices de anomalia da chuva (Figura 7) mostram que 57,4 % dos anos, ocorreram secas, nas categorias, enquadradas como de extremamente úmido a úmido e de 42,6 % de seco a extremamente seco.

Embora a categoria seca tenha sido repetida em vinte cinco anos, da série de sessenta e um anos, o equivalente a 41,0 %, enquanto que, as categorias extremas (extremamente úmida ou extremamente seca), ocorreram com uma frequência muito pequena (em apenas em dois anos).

Análises comparativas das categorias de umidade/seca da Figura 7, estabelecidas pelo índice de anomalia da chuva, com as do padronizado de precipitação modificado (Figura 8), mesmo com tipologias distintas, verifica-se que há predominância da categoria próxima ao normal, com frequência de 78,7 % dos anos e os 21,3%, restantes foram para outras categorias de secas.

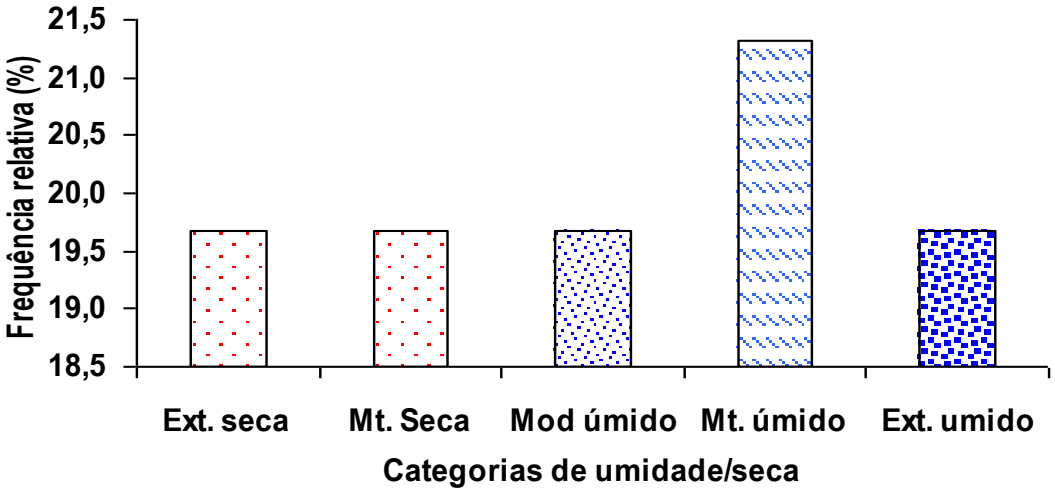
Na comparação dos dois métodos é visível as diferenças das frequências nas tipologias; no índice de anomalia da chuva (Figura 7) as categorias úmidas e secas são predominantes, totalizando-se 71,1 % da frequência, contra 78,7 % na próxima ao normal, no método padronizado de precipitação modificado. Apesar de não ter sido observada tendência nos dados de chuvas, foi possível observar eventos extremos e aleatoriedade nos dados.

As desigualdades nas categorias de umidade/seca se devem, em parte, aos procedimentos utilizados em cada método. No primeiro, utilizou-se a média aritmética, mesmo não sendo a medida de tendência central recomendada nos modelos assimétricos. O segundo método (padronizado de precipitação modificado), ao incorporar à mediana, em virtude da assimetria, essa correção resultou na melhoria desse método, quando se compara os resultados entre si.

O método dos Decis integra-se as chances probabilísticas empíricas, para séries climatológicas de chuvas, ordenando-as e dividindo-as simetricamente, em dez partes iguais, ou seja, em décimos.

O primeiro decil, o de menor valor, tem 10% de chance de ocorrer e assim sucessivamente. As categorias de umidade/seca meteorológica são quantificadas mediantes frequências relativas, com repetições de anos, como mostram a Figura 9.

Figura 9 - Frequências relativas de anos, com categorias de umidade/seca meteorológica, estabelecidas pelo método do Decis. Campina Grande, PB, no período: 1960 a 2020.



Como se observa na Figura 9, 39,3 % dos eventos de chuvas, enquadra-se nas categorias de extremamente seca ou muita seca, equivalentes aos decis com probabilidade entre 10 e 20% e 20 e 40%, respectivamente. Já, as categorias moderadamente úmidas, muito úmida e extremamente úmida, equivalem a 60,7 % dos anos, ou seja, 37 dos 61 anos analisados.

Como cada método tem procedimento próprio, resulta na descrição de categoria de seca meteorológica distinta. Condição essa que inviabiliza a comparação, mesmo quando a descrição for a mesma, porque os dados e os cálculos diferem entre si. Assim, não há uma única descrição da categoria de seca e nem um único índice que atenda todas as situações. Por isso, devem-se utilizar dois ou mais índices, o que corrobora com os estudos de Almeida e Marques (2021), Almeida (2017), Fernandes et al., (2009), Blain e Brunini (2007), dentre outros.

Outra característica da seca é a não dissociação do contexto social, porque à duração, intensidade e extensão geográfica, reduz a disponibilidade de água e afeta a produção agrícola (WILHITE e GLANTZ, 1987). O uso desses indicadores de avaliação da seca auxilia no monitoramento e na adoção de medidas de convivência, principalmente, no Semiárido, onde esse fenômeno é mais recorrente e as consequências são mais graves, porque a irregularidade no regime pluvial contribui para esse agravamento (DAI, 2011).

O quantitativo anual de chuvas no Semiárido nordestino não seria, a priori, a causa principal da vulnerabilidade e sim, a irregularidade espacial e temporal, especificamente, na curta estação chuvosa, haja vista as chances de ocorrer veranicos ou estiagens.

Como pode ser observada na Figura 3, a estação chuvosa dura cinco meses chovem o equivalente a 70,0 % do total anual e tem uma dispersão média da ordem de 65,0% da mediana esperada. Para averiguar se houvera seca meteorológica, nessa época, utilizaram os índices de anomalia da chuva e o padronizado de precipitação modificado, cujas frequências relativas, por categorias de seca, são mostradas nas Figuras 10 e 11.

Figura 10 - Frequências relativa das categorias de seca meteorológicas, estabelecidas pelo método do índice de anomalia da chuva, na estação chuvosa. Campina Grande, PB, no período: 1960 a 2020

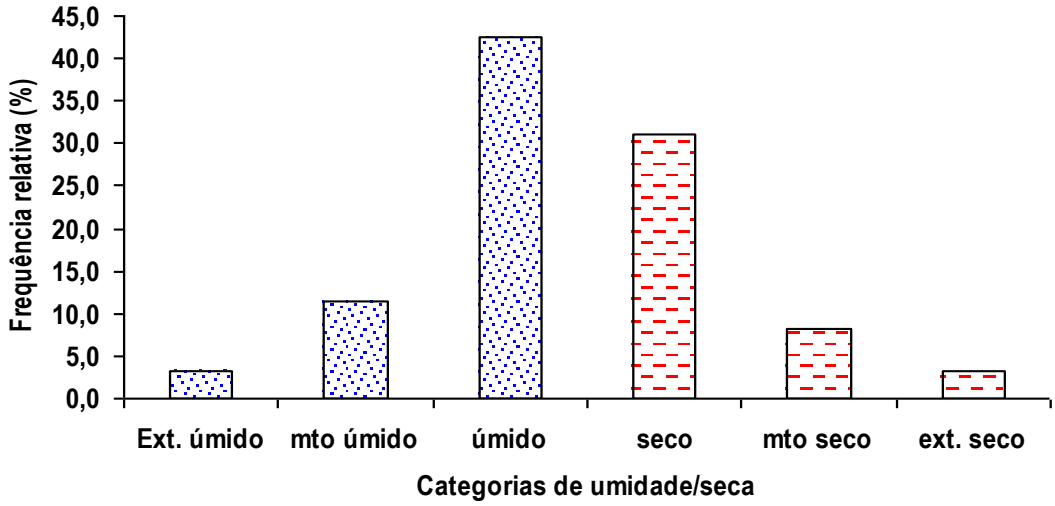
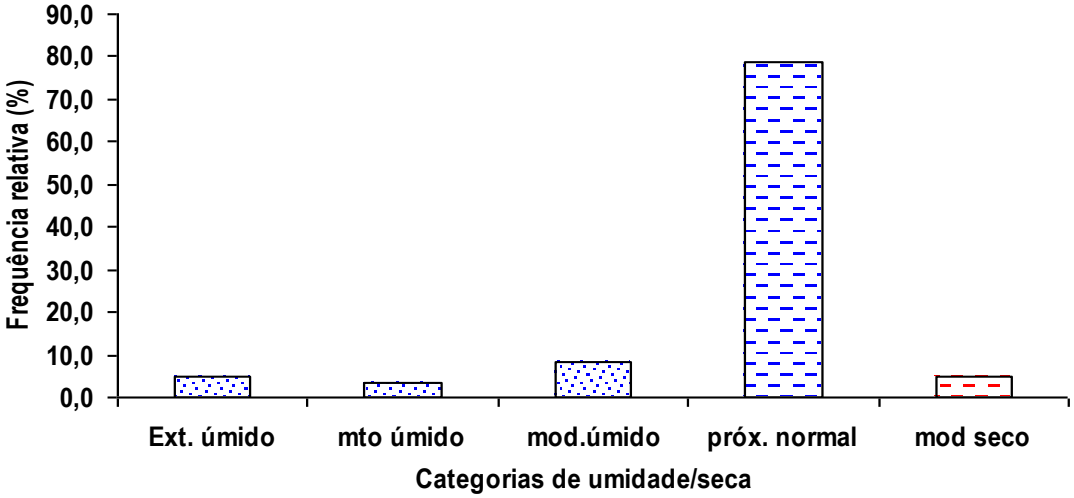


Figura 11 - Frequências relativa das categorias de seca meteorológica, estabelecidas pelo método do índice padronizado de precipitação modificado. Campina Grande, PB, no período: 1960 a 2020.

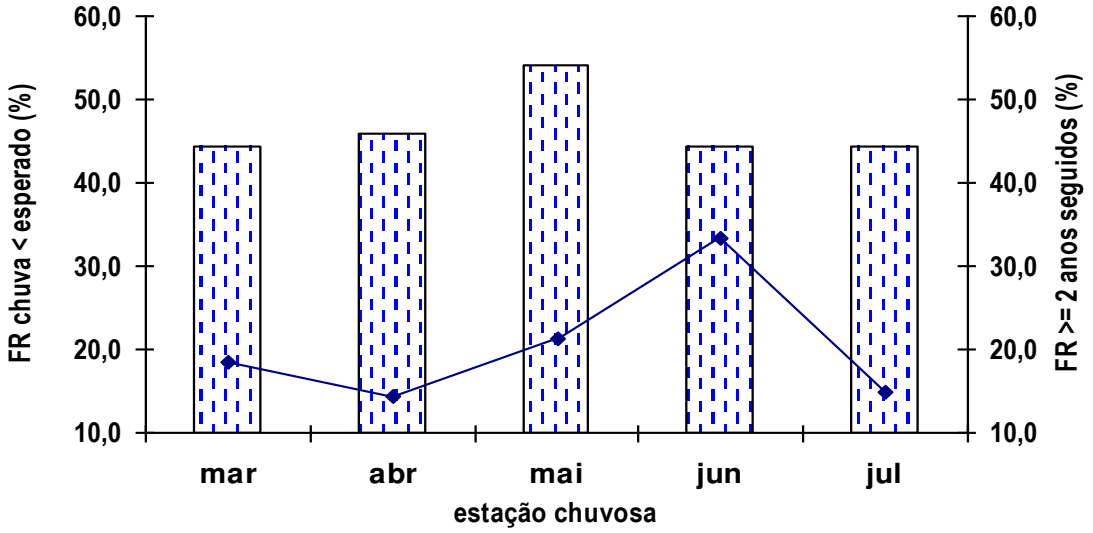


Os percentuais de repetições histogramas, para o método de anomalia da chuva, mostram que as categorias: seco, muito seco e extremamente seco ocorreram em 42,6 % dos anos analisados. Resultados esses que confirmam as chances da estação chuvosa ser seca, o que concorda com Almeida e Ramos (2020), para outras localidades paraibanas.

Quando se utiliza o índice de seca meteorológica, calculado pelo método padronizado de precipitação modificado, observa-se na Figura 11, a categoria de umidade/seca próxima a normal predominou em 78,7 % dos anos

Para averiguar se há tendência da estação chuvosa ser seca, contabilizaram-se as frequências relativas dos totais observados inferiores ao esperado e comparou-se se essas condições persistiram, cronologicamente, por dois ou mais anos (Fr ≥ 2 anos seguidos), cujos percentuais são apresentados na Figura 12.

Figura 12 - Frequências dos totais de chuvas observados inferiores aos esperados, nos meses da estação chuvosa, e a sequência cronológica de 2 ou mais anos. Campina Grande, PB, no período: 1960 a 2020.



Os elevados percentuais de repetições (>40,0%), com totais de chuvas observados durante os meses da chuvosa, nos sessenta e um ano analisados, revelaram, pelo menos, a tendência de chover abaixo do esperado (Figura 12). Além disto, houvera sequência cronológica de dois ou mais anos com essa mesma propensão do regime pluvial.

As análises das características da precipitação pluvial, nos meses da estação chuvosa, baseadas nas categorias de seca, pelos métodos da seca meteorológica, contabilizadas pelas frequência dos totais de chuvas observados inferiores aos esperados são convergentes. Essas condições, conclui-se que a estação chuvosa tem chance de ser

seca. Resultados esses que concordam com os encontrados para outras localidades por Almeida e Cabral Júnior (2014).

As variabilidades temporais e espaciais da chuva constituem uma característica marcante do clima do Nordeste do Brasil, em particular sobre a porção semiárida, onde a irregularidade temporal e espacial das chuvas constitui fator relevante, até mesmo que os totais pluviais sazonais propriamente ditos.

Destaca-se, ainda, que os índices de seca são técnicas estatísticas que possibilitam identificar, avaliar e monitorar o grau de severidade da seca, o tempo de duração e as diferentes categorias de seca, nas escalas espaciais e temporais, identificando-as os padrões de variabilidade da chuva.

CONCLUSÕES

Os modelos mensais e anuais de distribuição de chuvas, para a cidade de Campina Grande, PB, são assimétricos, irregulares e as variabilidades são inversamente proporcionais aos valores esperados.

A estação chuvosa é assimétrica, irregular e com chance de ser seca, com destaque para as mais secas as dos anos de 2012 a 2020, por serem enquadradas nas categorias de seca a muito seca.

As oscilações na climatologia da chuva tanto as mensais quanto as anuais são indicativas de variabilidade natural e não há indícios de mudança climática (desse elemento). Os eventos extremos ocorreram em apenas 10 % dos anos e não foram altamente significativos.

O critério da anomalia da chuva (AC) é um método comparativo e efetivo para analisar o modelo de distribuição de chuva local. As anomalias observadas nos totais anuais e na estação chuvosa de Campina Grande revelaram irregularidade no modelo de distribuição, com magnitudes positivas maiores que as negativas.

A seca é uma característica temporária do Tempo e os índices de seca meteorológica (IAC, SPIM e Decis) são importantes para monitorar as diferentes

categorias de umidade/seca. No entanto, recomenda-se o uso de dois ou mais índices, além da comparação entre si a fim de estabelecer a tipologia da seca

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, H. A, de; MARQUES, M. P. F. Análises comparativas de índices de seca meteorológica para o polo de Petrolina, PE, e Juazeiro, BA. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, v. 6, pp. 81-98, 2021.

ALMEIDA, H. A. de, SILVA, L. Determinação das características hídricas da microbacia de drenagem da barragem Vaca Brava. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.16, n.1, p.77-86, 2008.

ALMEIDA, H. A. de. Índices de secas e a influência do fenômeno El Niño na estação chuvosa de Ipiaú, BA**. Agrotrópica,** v.29, n.1, p.51-62, 2017.

ALMEIDA, H. A. de; CABRAL JÚNIOR, J. B. Variabilidades sazonais e interdecadais da chuva nas microrregiões geográficas do estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física,** v.7, n.5. p. 846-858, 2014.

ALMEIDA, H. A. de; FARIAS, M. P. Potential for rainwater catchment's as an alternative for human consumption in drier micro-region of the state of Paraiba, Brazil. **International Journal of Research in Geography** (IJRG), v.1, n.2, p.32-37, 2015.

ALMEIDA, H. A. de; RAMOS, D. B. Alternative of living in the geographical outline of cariri paraibano, Brazil. **International Journal of Development Research**, v. 10, n.5, p. 35820-35824, 2020.

ARAÚJO, L. E. de. MORAES NETO, J. M. de. SOUSA, F. de A. S. de. Analise climática da bacia do rio Paraíba - Índice de Anomalia de Chuva (IAC). **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n.3, p. 508-523, 2009.

BLAIN, G. C.; BRUNINI, O. Análise comparativa dos índices de seca de Palmer, Palmer adaptado e índice padronizado de precipitação no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.22, p.105- 111, 2007.

CHAN, S. C. **Análise de distúrbios ondulatórios de leste sobre o Oceano Atlântico Equatorial Sul**. São José dos Campos: INPE, 1990. 89p. Dissertação Mestrado.

COELHO, C. A. S., DENIS, H. F. C., MÁRI, A. F. F. Precipitation diagnostics of an exceptionally dry event in São Paulo, Brazil. **Theoretical and Applied Climatology,** v.125, p. 1-16, 2015.

COUTINHO, M. D. L; GAN, M. A.; RAO, V. B. Método objetivo de identificação dos vórtices ciclônicos de altos níveis na região Tropical Sul: validação**. Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25, p. 311-323, 2010.

DAI, A. Drought under global warming**:** a review. **Wiley Interdisciplinary Reviews**: **Climate Change**, v. 2, p. 45-65, 2011

DIAS, E. C., PENNER, G. C. Equação de chuvas intensas para Abaetetuba-PA: estudo comparativo. **Research, Society and Development**, v.10, n.4, p. 1-13, 2021.

FERNANDES, D. S., HEINEMANN, A. B., PAZ, R. L., AMORIM, A. O., CARDOSO, A. S. **Índices para a quantificação da seca**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 48p., 2009.

FERREIRA, P. S., SOUZA, W. M., SILVA, J. F., GOMES, V.P. Variabilidade espaço-temporal das tendências de precipitação na Mesorregião Sul Cearence e sua relação com as anomalias de TSM. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.33, p. 141-152, 2018.

GAN, M. A; KOUSKY, V. E: Vórtices ciclônicos da alta troposfera no oceano Atlântico Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.1, n. 92.651, p. 19-28, 1986.

JUNGES, A. L.; MASSONI, N. T. O Consenso Científico sobre Aquecimento Global Antropogênico: Considerações Históricas e Epistemológicas e Reflexões para o Ensino dessa Temática. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v.18, n.2, p. 455–491, 2018.

KOUADIO, Y.K., SERVAIN, J., MACHADO, L. A. T. LENTINI, C.A.D. Heavy Rainfall Episodes in the Eastern Northeast Brazil Linked to Large-Scale Ocean-Atmosphere Conditions in the Tropical Atlantic. **Advances in Meteorology**, v. 2012, 16 p., 2012.

MACHADO, C. C. C., NÓBREGA, R. S, OLIVEIRA, T. H., ALVES, K. M. A. S. Distúrbio Ondulatório de Leste como Condicionante a Eventos Extremos de Precipitação em Pernambuco. **Revista Brasileira de Climatologia**, 8, v. 11, 2012

MARENGO, J. A. Água e mudanças climáticas. **Estudos Avançados**, v.22, n.63, p. 83-96, 2008.

MARENGO, J. A.; CUNHA, A. P.; ALVES, L. M. A seca de 2012-15 no semiárido do Nordeste do Brasil no contexto histórico. **Climanálise**, v. 3, p. 49-54, 2016.

MCKEE, T. B.; DOESKEN, N. J.; KLEIST, J. The relationship of drought frequency and duration to the time scales. In: CONFERENCE ON APPLIED CLIMATOLOGY, 8, 1993, Anhaeim, CA. Proceedings. Boston: **American Meteorological Society**, p. 179-184, 1993.

MOLION, L. C. B; BERNARDO, S. O. Dinâmica das chuvas no nordeste brasileiro. Congresso Brasileiro de Meteorologia, p.1334-1342, 2000.

NOBRE, C. A., MOLION, L.C.B. **The climatology of droughts and drought prediction**. The Impact of Climatic Variations on Agriculture. Assessments in Semi-Arid Regions, M. Parry, T. R. Carter, and N. T. Konijn, Eds., Kluwer Academic, p. 305–323, 1988.

OLIVEIRA, G. C. S.; NÓBREGA, R. S.; ALMEIDA, H. A. de. Perfil socioambiental e estimativa do potencial para a captação de água da chuva em catolé de casinhas, PE. **Revista de Geografia** (UFPE), v. 29, no. 1, p. 75-90, 2012.

PALMER, W. C. **Meteorological drought**. US Weather Bureau Res. Nº 45. Washington, 58p, 1965.

PINA, A., SILVA, L. F., OLIVEIRA JÚNIOR, Z. T. Mudanças climáticas: reflexões para subsidiar esta discussão em aulas de física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.27, n.3, p. 449–472, 2010.

REBOITA, M. S.; GAN, M. A., ROCHA, R. P.; AMBRIZZI, T. Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.25, n.2, 185 - 204, 2010.

SILVA, A.; SANTO, F.; PIRES, V. **A Seca em Portugal: Prevenção, Monitorização e Mitigação**. Lisboa: Fundação Calouste. Gulbenkian, 128 p, 2005.

UVO, C. **A Zona de Convergência e sua relação com a precipitação no Nordeste Brasileiro**. São José dos Campos. 120 p. (INPE-4887-TDL/378). Dissertação de Mestrado. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE. 1989.

WILHITE, D. A.; GLANTZ, M. H. Understanding the drought phenomenon: The role of definitions. In: WILHITE et al. **Planning for drought toward a reduction of societal vulnerability**. WESTVIEW, p.11-14, 1987.

Recebido em agosto de 2021.

Revisão realizada em novembro de 2021.

Aceito para publicação em dezembro de 2021

ANÁLISES ESTATÍSTICAS DA PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA DO AR EM AMBIENTES SEMIÁRIDOS

STATISTICAL ANALYSIS OF PRECIPITATION AND AIR TEMPERATURE IN SEMI-ARID ENVIRONMENTS

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA DEL AIRE EN AMBIENTES SEMIÁRIDOS

Jório Bezerra Cabral Júnior
Doutor em Ciências Climáticas (PPGCC/UFRN). Professor do Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente (IGDEMA) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
jorio.cabral@gmail.com

Rebecca Luna Lucena
Doutora em Geografia (UnB). Professora do Departamento de Geografia do Centro de Ensino Superior do Seridó (DGC/CERES) da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)
rebecaosvaldo@yahoo.com.br

RESUMO

O objetivo principal neste trabalho foi aplicar técnicas estatísticas para analisar a variabilidade da precipitação e temperatura média do ar em Campina Grande, Paraíba e Petrolina, Pernambuco. Para isso utilizaram-se dados mensais das referidas variáveis de ambas as localidades, disponibilizados pela Empresa Brasileira de Agropecuária (EMBRAPA), no período de 1977 a 2014. De posse dos dados, aplicou-se estatísticas descritivas (média, mediana, desvio padrão e anomalias) e inferenciais (T-Student, Mann-Kendall e ANOVA) para caracterizar e identificar diferenças climáticas entre as localidades e a variabilidade dentro da localidade. Entre os principais resultados destacam-se que, em termos médios Campina Grande é mais chuvosa e Petrolina é mais quente, com significância estatística de 5%. A distribuição das chuvas também é distinta, em Campina Grande o período mais chuvoso ocorre de março a julho e em Petrolina as chuvas se concentram entre dezembro a abril. A temperatura média do ar em Campina Grande apresentou tendência de aumento nas quatro estações do ano, com significância estatística de 5%. As aplicações estatísticas foram cruciais para análises e obtenção dos resultados climatológicos.

Palavras–chave: climatologia; chuva; temperatura; região semiárida; testes de hipótese.

ABSTRACT

The main objective of this work was to apply statistical analyzes to analyze the variability of precipitation and average air temperature in *Campina Grande*, *Paraíba* and *Petrolina*, *Pernambuco*. For this, monthly data of these variables from both locations, made available by the Brazilian Agricultural Company (EMBRAPA), in the period from 1977 to 2014 were used. With the data in hand, descriptive statistics were applied (mean, median, standard deviation and anomalies) and inferential (T-Student, Mann-Kendall and ANOVA) to characterize and identify climatic differences between localities and variability within the locality. Among the main results stand out that, in average terms, *Campina Grande* is rainier and Petrolina is warmer, with a statistical significance of 5%. The distribution of rainfall is also distinct, in *Campina Grande* the rainiest period occurs from March to July and in *Petrolina* the rains are concentrated between December and April. The average air temperature in Campina Grande showed a tendency to increase in the four seasons of the year, with a statistical significance of 5%. Statistical applications were crucial for analyzing and obtaining climatological results.

Keywords: climatology; rain; temperature; semiarid region; hypothesis tests.

RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo fue aplicar análisis estadísticos para analizar la variabilidad de la precipitación y la temperatura promedio del aire en Campina Grande, Paraíba y Petrolina, Pernambuco. Para ello, se utilizaron datos mensuales de estas variables de ambas localidades, puestos a disposición por la Empresa Agropecuaria Brasileña (EMBRAPA), en el período de 1977 a 2014. Con los datos en mano, se aplicó estadística descriptiva (media, mediana, desviación estándar y anomalías) e inferenciales (T-Student, Mann-Kendall y ANOVA) para caracterizar e identificar diferencias climáticas entre localidades y variabilidad dentro de la localidad. Entre los principales resultados se destaca que, en términos promedio, Campina Grande es más lluviosa y Petrolina es más cálida, con una significancia estadística del 5%. La distribución de las lluvias también es distinta, en Campina Grande el período más lluvioso ocurre de marzo a julio y en Petrolina las lluvias se concentran entre diciembre y abril. La temperatura promedio del aire en Campina Grande mostró una tendencia a aumentar en las cuatro estaciones del año, con una significancia estadística del 5%. Las aplicaciones estadísticas fueron cruciales para analizar y obtener resultados climatológicos.

Palabras clave: climatología; lluvia; la temperatura; región semiárida; pruebas de hipótesis.

INTRODUÇÃO

O estudo dos elementos climáticos é multidisciplinar e complexo, envolvendo fenômenos físicos e químicos no campo da mecânica, da termodinâmica, da ótica e do magnetismo, dentre outras disciplinas. O Sol é o principal emissor de radiação eletromagnética para o planeta Terra, e a partir da sua interação com os componentes da atmosfera e da superfície terrestre, originam os mecanismos de absorção, reflexão ou transmissão dessa energia, determinando o sistema climático (OLIVEIRA et al., 2001). Assim, a interação da energia solar com a atmosfera e a superfície terrestre causa variações na temperatura e no ciclo da água, e, portanto, na precipitação.

No território brasileiro, país predominantemente tropical, observa-se contrastes climáticos na distribuição da precipitação inter e intrarregional (ALVARES et al., 2014). O maior exemplo é o Nordeste do Brasil (NEB), que na área Semiárida são registrados, com maior frequência, acumulados de precipitação inferiores a 800 mm/ano, e, na costa leste do NEB chove de duas até cinco vezes mais (KAYANO; ANDREOLI, 2009; SILVA et al, 2011). Em termos de temperatura do ar, ocorre uma menor variabilidade comparada à precipitação, entretanto, as elevadas temperaturas do ar associadas a intensa irregularidade da precipitação estão na gênese da semiaridez da Região Semiárida do Brasil (RSB), que tem historicamente gerado conflitos de ordem hídrica na região, daí a importância de seu entendimento.

A temperatura do ar e a precipitação são as variáveis mais discutidas nos estudos do tempo atmosférico (AYOADE, 2007). A temperatura do ar "é definida em termos relativos tomando-se por base o grau de calor que um corpo possui" (AYOADE, 2007, p. 50). A precipitação, por sua vez, ocorre quando a força gravitacional supera a força que mantém a umidade suspensa no ar, e então essa atinge o solo em forma líquida ou sólida (TORRES; MACHADO, 2011). O calor ou o frio de uma substância é medida através de termomêtros e seus valores são expressos em graus de temperatura enquanto a precipitação pluvial é medida por pluviômetros e geralmente indicada em milímetros (FORSDYKE, 1978). Esses elementos climáticos têm sido analisados historicamente através de técnicas estatísticas que buscam organizar dados numéricos, interpretá-los e extrair conclusões dos mesmos (REBOITA, 2005). A aplicação de técnicas estatísticas

possui importância de destaque que permite concluir informações acerca dos dados em análise (FRANCISCO, 1995, p.11).

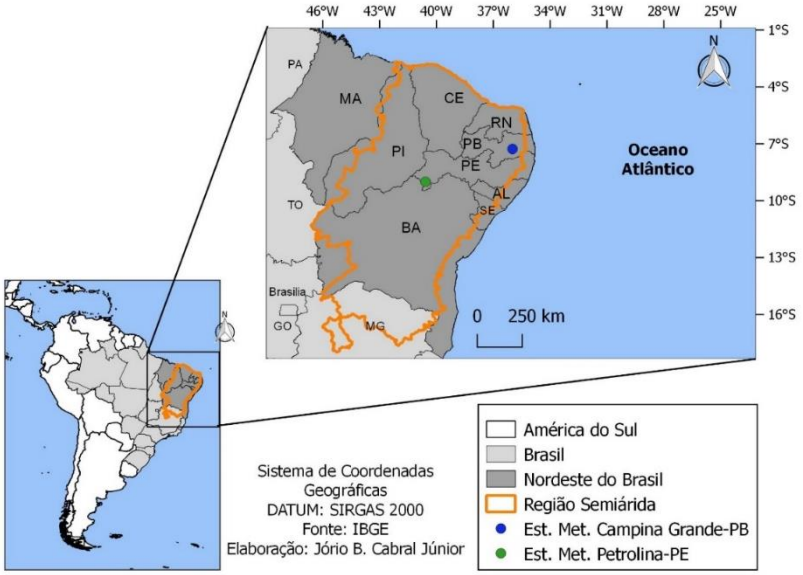
Nos estudos climáticos, análises de estatística descritiva são importantes e mais comuns, e as técnicas estatísticas mais robustas, como testes de hipóteses, vêm obtendo destaque nas produções científicas. Nesse sentido, o objetivo nesta pesquisa é analisar a variabilidade da precipitação e da temperatura do ar em dois municípios localizados na RSB, visando uma interpretação quantitativa e representativa das condições termopluviométricas dominantes nessas localidades.

MATERIAL E MÉTODO

Localização da área de estudo

As localidades analisadas nessa pesquisa estão inseridas na RSB, sendo respectivamente, Campina Grande (7° 13’ 00” Sul, 35° 53' Oeste e 547,6 m), inserida na mesorregião do Agreste paraibano, e Petrolina (09° 09’ 00’’ Sul, 40° 22’ Oeste e 376 m) localizada na mesorregião do São Francisco pernambucano (Figura 1).

Figura 1 - Localização dos pontos de coleta de dados nas Estações Meteorológicas localizadas nos municípios de Campina Grande (PB) e Petrolina (PE), ambas inseridas na Região Semiárida do Nordeste do Brasil.



Tanto Campina Grande quanto Petrolina são cidades de médio porte (com população superior aos 350.000 hab. cada) e são centros regionais de seus estados, Paraíba e Pernambuco, respectivamente (IBGE, 2021).

Dados meteorológicos e preenchimento de falhas

Os dados meteorológicos de precipitação e de temperatura do ar, mensais e anuais, correspondem ao período de 38 anos (1977 a 2014), disponibilizados pela EMBRAPA Algodão, em Campina Grande-PB, e pela EMBRAPA Semiárido, em Petrolina-PE. De posse dos mesmos, foram preenchidas as falhas e o/ou dados faltosos, utilizando-se o *Multivariate Imputation by Chained Equations* (MICE) (VAN BUUREN; GROOTHUIS-OUDSHOORN, 2011). Essa técnica é utilizada para preenchimento de dados faltantes em séries históricas, faltas essas causadas por motivos diversos, como falha no instrumento ou problemas nas estações meteorológicas (COSTA et al., 2012). Neste trabalho, a aplicação dessa técnica foi realizada através do software R pelo pacote MICE, cujas descrições mais detalhadas podem ser encontradas em https://cran.r-project.org/web/packages/mice/mice.pdf.

Análises estatísticas (descritivas)

A partir dos dados mensais de precipitação e temperatura média do ar, de Campina Grande-PB e Petrolina-PE, foram calculadas as estatísticas descritivas de tendência central (média e mediana), de dispersão (Desvio Padrão) e também foram estabelecidas as separatrizes através das técnicas dos quartis, esses resultados foram representados graficamente pelo *BoxPlot*. Essas estatísticas possibilitam identificar, além da variabilidade das variáveis em questão, as probabilidades aos níveis de 25, 50 e 75%.

As anomalias de temperatura média do ar foram calculadas para as quatro estações do ano (verão, outono, inverno e primavera), a partir da diferença entre o valor da estação e o valor médio climatológico. Esses valores resultaram em anomalias positivas ou negativas, ou seja, valores que ficaram acima ou abaixo do valor médio. A partir dessa técnica identifica-se o quanto cada valor em questão se distancia do valor médio esperado.

Testes de hipótese (T-Student e Mann–Kendall)

Para efeitos comparativos, foi verificado se os quantitativos de precipitação, entre as localidades, apresentam diferenças com significância estatística. O mesmo foi feito para a temperatura média do ar. Para isso aplicou-se o teste T-Student, esse teste tem sido utilizado em vários trabalhos de hidrologia e climatologia (SANCHES et al., 2017; CABRAL JÚNIOR et al., 2017; FRAUCHES et al., 2020) e demonstrado bastante útil para a tomada de decisão.

Em seguida, análises de ruptura de série temporal também foram aplicadas a partir do teste não paramétrico proposto por Mann-Kendall (MANN, 1945; KENDALL, 1975; KENDALL; GIBBONS, 1990), tanto para a precipitação como para a temperatura média do ar em ambas as localidades, através da equação:

$$S = \sum_{i=2}^{n} \sum_{j=1}^{i=1} sinal\ (x_j - x_i) \tag{1}$$

em que S é o resultado da soma das contagens de $(x_j - x_i)$; x_j é o primeiro valor após x_i, n é o número de dados da série temporal. Dada a soma das contagens sequenciadas da série temporal, obtém-se como possíveis resultados os seguintes sinais:

$$sinal = \begin{cases} +1 & se\ (x_j - x_i) > 0 \\ 0 & se\ (x_j - x_i) = 0 \\ -1 & se\ (x_j - x_i) < 0 \end{cases} \tag{2}$$

A variância é calculada por:

$$VAR(S) = \frac{1}{18}\left[n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^{q} t_p (t_p - 1)(2t_p + 5) \right] \tag{3}$$

em que t_p é o número de dados com valores iguais em certo grupo; q é o número de grupos contendo valores iguais na série de dados em um grupo p.

A estatística do teste de Mann-Kendall é baseada no valor da variável Z_{MK}, calculado conforme a equação 4:

$$Z_{MK} = \begin{cases} \dfrac{S-1}{\sqrt{Var(S)}}, & se\ S > 0 \\ 0, & se\ S = 0 \\ \dfrac{S+1}{\sqrt{Var(S)}}, & se\ S < 0 \end{cases} \quad (4)$$

Por meio de teste bilateral, considerou-se, para ambos os testes, um nível de significância α de 5%, ou seja, rejeitou-se as hipóteses de nulidade (que a precipitação e temperatura do ar são similares entre as localidades e que não há evidência de tendência na série temporal) quando o valor-p foi inferior ao nível α.

Análise de variância (ANOVA)

A Análise de Variância (ANOVA) é um teste para comparar se há diferenças significativas entre valores médios em três ou mais grupos de dados com mesmo tamanho amostral. Alguns estudos, na área de climatologia, têm utilizado essa técnica para comparar médias de dados meteorológicos entre séries de um ou mais locais e/ou de dados oriundos entre diferentes metodologias (SANCHES et al., 2018; CABRAL JÚNIOR et al., 2019).

Nesta pesquisa considerou-se sete grupos subdivididos, cada um, com exatamente cinco anos de dados, a citar: quinquênio_1 (de 1980 a 1984), quinquênio_2 (1985 a 1989), quinquênio_3 (2000 a 2009) e assim sucessivamente, considerando o período de 1980 a 2014. A hipótese nula é que não há diferenças significativas entre as médias quinquenais para cada variável (precipitação e temperatura média do ar) em Campina Grande e Petrolina.

A estatística do teste F consiste na relação entre os quadrados médios da variável por grupos com 3 graus de liberdade e o residual (HIRSCH et al., 1992;

MONTGOMERY; RUNGER, 2003; HOFFMANN, 2011). Como a ANOVA não detecta valores médios por grupos que diferem entre si, decidiu-se utilizar o teste de comparações múltiplas preconizado por Tukey (1949) que consiste em definir as magnitudes das diferenças, em média, e se são significativas com base nos dados amostrais.

Para garantir a eficácia e os pressupostos de normalidade, homocedasticidade (variância constante) e independência do modelo ANOVA, realizou-se a análise dos resíduos por meio dos testes estatísticos de Kolmogorov-Smirnov, Bartlett e Durbin-Watson, respectivamente. Em todos os testes desenvolvidos neste estudo considerou-se um nível de significância estatística de 5%.

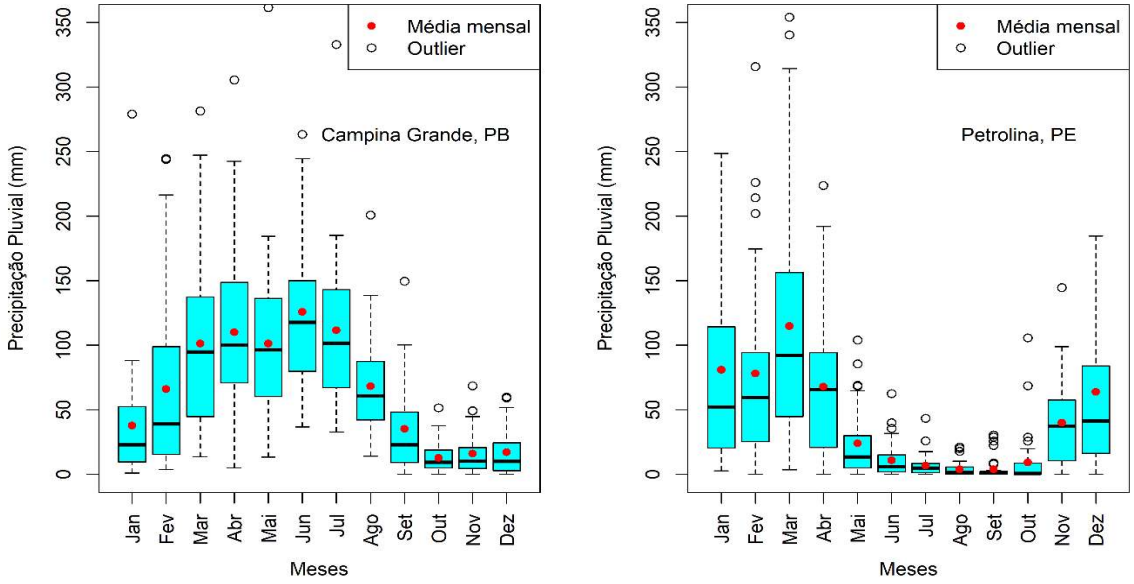
Todas as análises e construções de gráficos foram realizadas utilizando-se o software estatístico livre R 3.3.1.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análises descritivas da precipitação pluvial

As variabilidades mensais da precipitação, em Campina Grande-PB e Petrolina-PE, são apresentadas na Figura 2. Observa-se, a partir das estatísticas apresentadas em Boxplot, que o período mais chuvoso ocorre de março a julho (Campina Grande), e que o acumulado para esse período corresponde a 68,3% do acumulado mediano anual (748,0 mm), sendo o mês de junho o mais chuvoso (117,6 mm). Enquanto para Petrolina os meses mais chuvosos ocorrem de dezembro a abril, concentrando-se 62,5% do total anual (496,9 mm), sendo março o mês mais chuvoso (92,3 mm), em termos medianos. A diferença de precipitação anual entre as duas localidades é significativa a 5%.

Figura 2 - Boxplot dos acumulados mensais da precipitação pluvial com as respectivas médias para Campina Grande, PB e Petrolina, PE, no período de 1977 a 2014.



O padrão apresentado na Figura 2 confirma que Campina Grande e Petrolina exibem uma sazonalidade distinta das precipitações, sendo o comportamento da chuva em Campina Grande típico do Litoral, Brejo e Agreste (MENEZES et al 2008; ALMEIDA; CABRAL JÚNIOR, 2014; FRANCISCO; SANTOS, 2017) enquanto que em Petrolina o padrão das chuvas é característico do Sertão com maior irregularidade e índice de aridez (NÓBREGA et al 2015; CABRAL JÚNIOR; BEZERRA, 2018; RODRIGUES et al., 2021).

Nas Figuras de 3 e 4 são verificadas as séries temporais dos acumulados de precipitação (1977 a 2014), por estação do ano, para Campina Grande e Petrolina. Fazendo-se uma análise comparativa, verifica-se que o quantitativo e a distribuição das chuvas são desiguais, dentro e entre as localidades.

Figura 3 - Série temporal da Precipitação acumulada para o verão, outono, inverno e primavera para Campina Grande, PB, período:1977 a 2014.

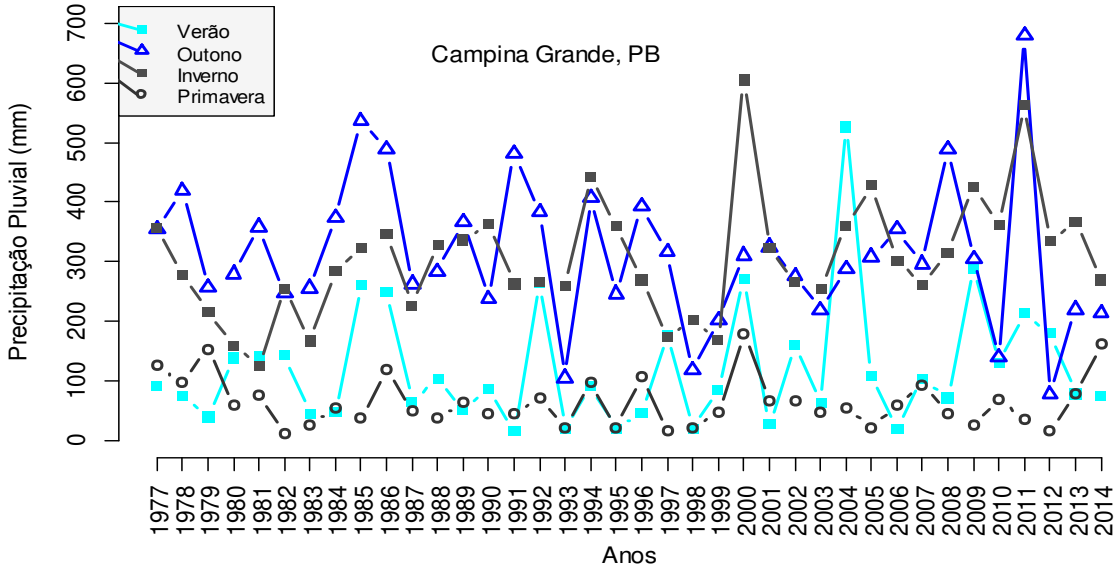
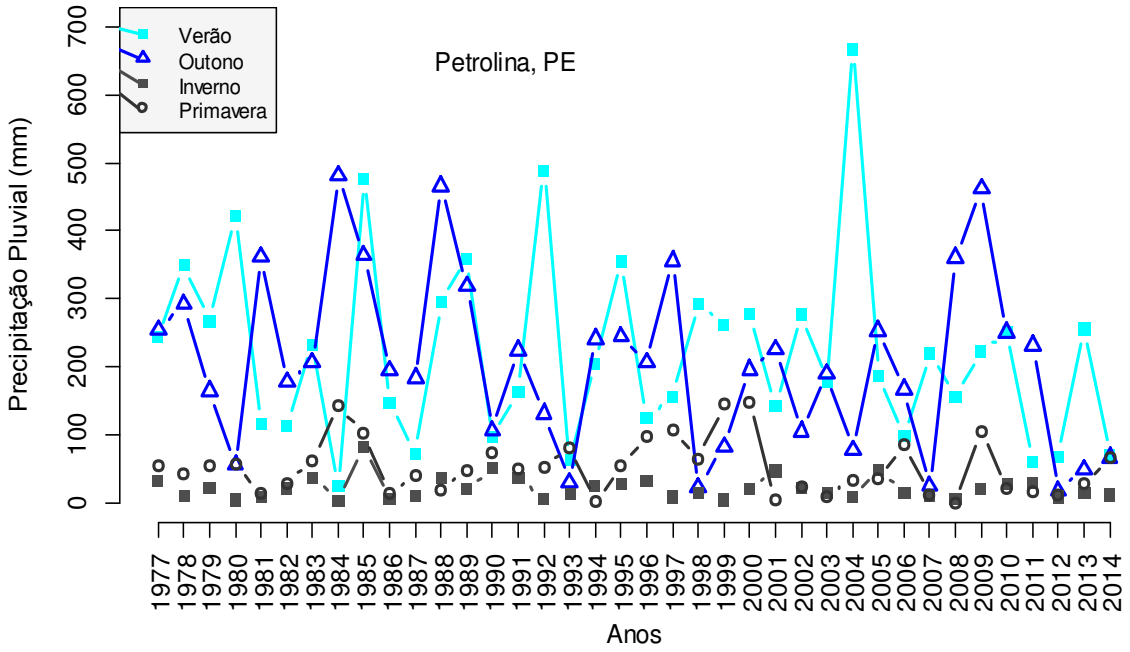


Figura 4 - Série temporal da Precipitação acumulada para o verão, outono, inverno e primavera para Petrolina, PE, período:1977 a 2014.

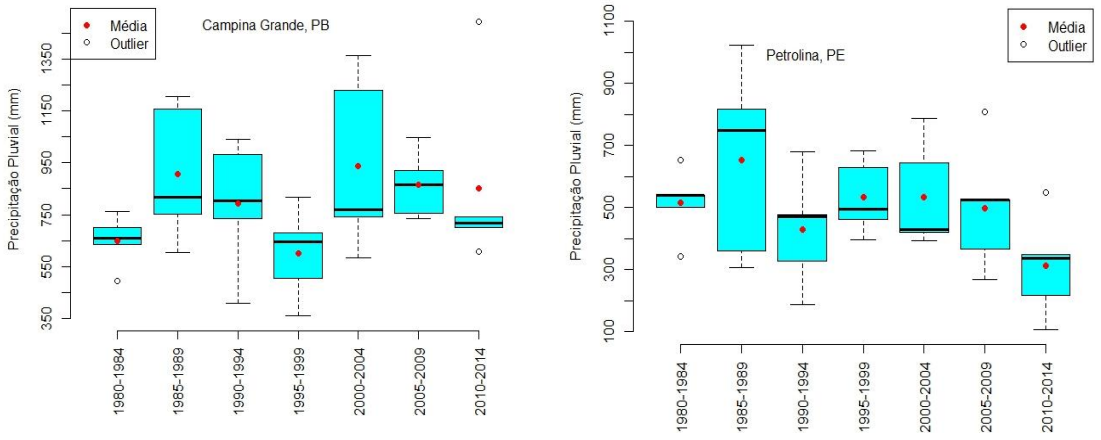


Para Campina Grande o outono e inverno se destacam em termos de maiores quantitativos de chuvas, registrando pico em 2011 (outono) e em 2000 (inverno), e esses dois anos foram os mais chuvosos da série. Enquanto que o máximo registrado no verão, ocorreu em 2004. De acordo com Alves et al. (2006) essas condições estiveram associadas as interações dos principais sistemas meteorológicos: a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), incursões de frentes frias no centro-sul do Nordeste do Brasil (NEB) e episódios de Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN).

Para as séries temporais da precipitação em Petrolina-PE (Figuras 4) destacam-se os maiores quantitativos de chuva no verão e outono. Também em 2004 o verão apresentou um pico de precipitação, com 666,6 mm, maior até mesmo que o esperado para todo o ano (496,9 mm) na localidade. Esse registro de extremo pluvial foi possivelmente influenciado pela atuação de VCAN's (Alves et al., 2006). Ressalta-se que não houve tendência significativa na série temporal da precipitação em qualquer estação do ano para o município pernambucano.

Análises estatísticas da precipitação por grupos quinquenais (5 anos cada) são demonstrado na Figura 5, para Campina Grande e Petrolina.

Figura 5 - Variabilidade do acumulado anual de precipitação, por quinquênios, para Campina Grande-PB e Petrolina-PE, período: 1980 a 2014.



Nota-se que os quantitativos pluviais oscilaram quando se compara os diferentes grupos de 5 anos e as diferentes localidades. Para as médias dos períodos de 1985-1989, 1990-1994 e 1995-1999 a chuva, em Campina Grande, foi decrescente, e

atingiu o menor valor de 601,6 mm (1995-1999), entretanto não foi verificada diferença com significância estatística entre o comportamento médio da chuva nos grupos analisados.

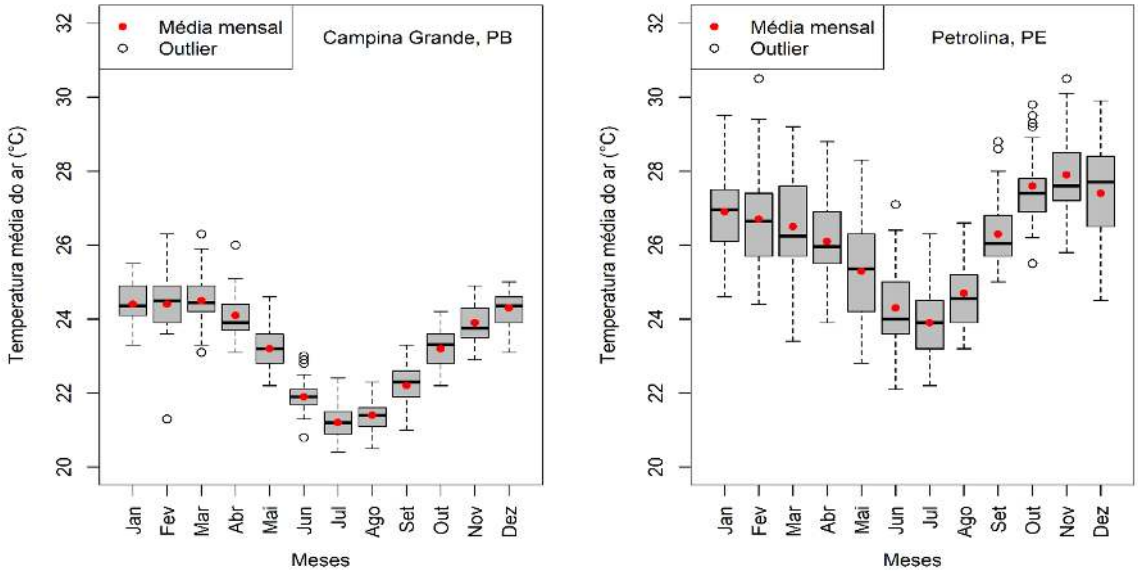
Por outro lado, em Petrolina-PE observou-se que houve um aumento médio de precipitação sucessivo do quinquênio de 1990-1994 ao de 2000-2004 e a partir deste último houve uma diminuição sequenciada média da chuva, até a média referente entre 2010-2014, que atingiu o menor valor, com 311,2 mm. O maior valor médio correspondeu ao quinquênio de 1985-1989 (651,2 mm), porém, também não foi identificada diferença significativa entre as médias pluviais dos grupos para Petrolina.

As características de elevada irregularidade na distribuição temporal e espacial de da precipitação na região do Semiárido do NEB também são relatadas em outros trabalhos realizados nos estados da Paraíba (ALMEIDA; CABRAL JÚNIOR, 2014), do Rio Grande do Norte (LUCENA et al., 2018; CABRAL JÚNIOR; LUCENA, 2020), do Ceará (HIERA et al., 2019), de Pernambuco (MAINAR et al., 2021), entre outros. Essa elevada variabilidade são consequências conjuntas decorrentes da localização geográfica, das células de circulação da atmosfera e da contrapartida oceânica, especialmente das Temperaturas da Superfície do Mar (TSM) do Atlântico e do Pacífico (MOLION; BERNARDO, 2002; FERREIRA; MELLO, 2005; REBOITA et al., 2012; REBOITA et al., 2016; MEDEIROS et al., 2021).

Análises descritivas da temperatura média do ar

As estatísticas das temperaturas médias do ar mensais, para Campina Grande e Petrolina, são observadas na Figura 6. Verifica-se que os meses de maiores valores médios ocorrem de janeiro a março, em Campina Grande, com valor médio de 24,4°C. Para Petrolina verifica-se que as maiores temperaturas médias ocorrem de outubro a dezembro, com valor médio de 27,6°C.

Figura 6 - Boxplot das variabilidades médias mensais da temperatura do ar calculada pelo método padrão para Campina Grande, PB e Petrolina, PE, no período de 1977 a 2014.

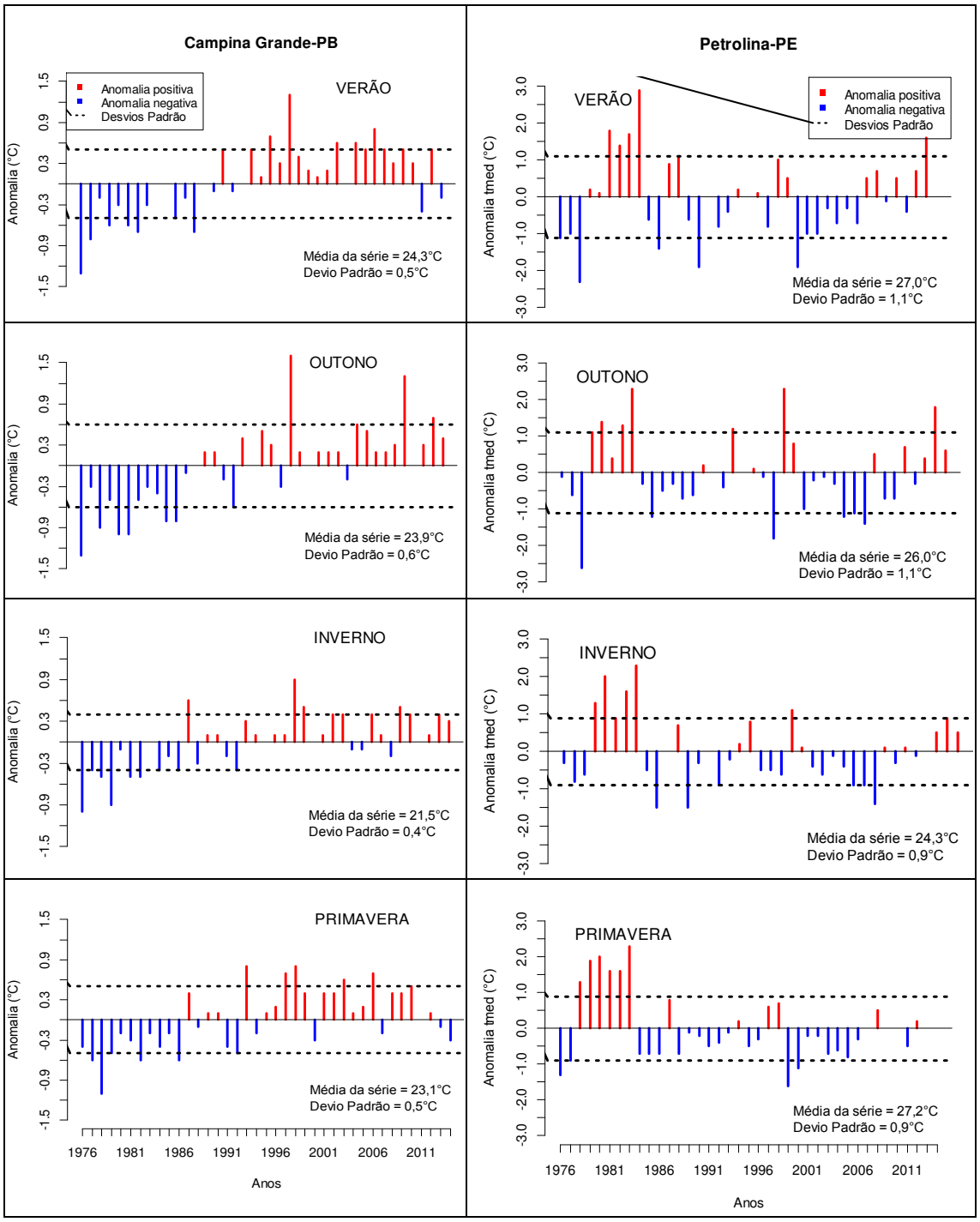


Ambas as localidades coincidiram de registrar as menores temperaturas médias nos meses de junho a agosto, sendo julho o mês mais frio, com valores médios de 21,2°C e 23,6°C, para Campina Grande e Petrolina, sucessivamente. Esse padrão de temperatura é recorrente na RSB onde se registra um leve decréscimo no período do inverno austral (CABRAL JÚNIOR et al., 2013; CONCEIÇÃO et al, 2016; FRANCISCO; SANTOS, 2017). As médias anuais para as localidades foram de 23,2°C e 26,1°C, perfazendo uma amplitude total de 2,9°C entre os dois locais.

Ressalta-se que a temperatura média do ar anual em Campina Grande e em Petrolina, quando comparadas, são significativamente diferentes a 1%, verificada através do teste t de Student.

As anomalias das temperaturas médias do ar sazonais com o limiar dos respetivos desvios padrão, em Campina Grande e Petrolina, são apresentadas na Figura 7. Conforme os resultados obtidos, percebe-se que há anos com anomalias positivas (valores acima da média) e outros com anomalias negativas (valores abaixo da média).

Figura 7 - Anomalias sazonais (verão, outono, inverno e primavera) das temperaturas médias do ar para Campina Grande-PB e Petrolina-PE, período:1976 a 2014.

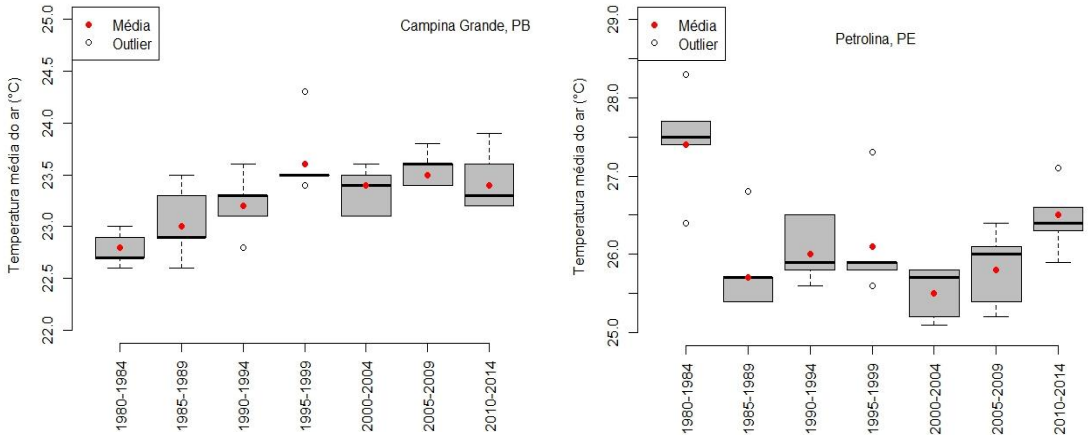


Destaca-se que para Campina Grande, nas quatro estações do ano, as anomalias negativas de temperatura média do ar foram mais frequentes até o ano de 1990 e que a partir desse ano as frequências de anomalias positivas foram dominantes e superaram, em alguns anos, o valor médio + o desvio padrão, indicando, portanto, que anos mais recentes da série temporal analisada foram mais quentes, em média.

Quando se aplica a mesma análise para Petrolina, identifica-se um comportamento distinto comparado às anomalias de temperatura média do ar em Campina Grande. Para Petrolina, as anomalias verificadas foram mais aleatórias, embora tenha apresentado valor de anomalia maior, média de 1,0°C, enquanto a anomalia média em Campina Grande foi de 0,5°, nas quatro estações do ano. Em média, 57% das anomalias sazonais em Petrolina foram negativas, enquanto em Campina Grande esse mesmo percentual foi de anomalias positivas. Ressalta-se ainda que Petrolina obtém as maiores temperaturas médias do ar, com destaque na primavera, cuja diferença média entre as localidades é de 4,1°C.

As médias e variabilidades das temperaturas médias do ar anuais foram analisadas por quinquênios e são observadas na Figura 8.

Figura 8 - Variabilidades das médias de temperaturas médias do ar anuais, subdivididas em grupos de 5 anos (quinquênios) para Campina Grande-PB e Petrolina-PE, período: 1980 a 2014.



Destaca-se que a temperatura média do ar, apresentou sequências de aumento em Campina Grande, em média. Ao aplicar a ANOVA foi verificado que houve diferença

em pelo menos uma das médias, com confiança estatística de 99%. A partir do teste de Tukey identificou-se que essa diferença significativa pertence ao quinquênio de 1980-1984 (menor média, com 22,8°C). Observou-se ainda que, em Campina Grande, o período de 1995-1999 obteve o maior valor médio, com 23,6°C.

Em Petrolina, identificou-se que a média da temperatura média do ar, para o período de 1980-1984 foi a maior em relação aos períodos seguintes, e registrou média de 27,4°C. A partir da ANOVA acompanhada pelo teste de Tukey identificou-se que essa média foi significativamente diferente quando comparada às médias referentes aos períodos de 1985-1989; 1990-1994; 1995-1999; 2000-2004 e 2005-2009, cujas diferenças foram sucessivamente 1,8°C; 1,4°C; 1,3°C; 2,0°C e 1,6°C com confiança estatística de 99%.

Uma justificativa dos comportamentos opostos das temperaturas médias no quinquênio de 1980-1984, entre as duas localidades, pode ser atribuída às localizações das estações meteorológicas e ao tipo de transição temporal específico de cada uma. Para as proximidades da estação em Campina Grande houve uma intensificação no processo de urbanização com o tempo (SILVA, 2014) que possivelmente contribui para o aumento da temperatura média na cidade nos anos subsequentes (CABRAL JÚNIOR et al., 2013). Por outro lado, Petrolina obteve o processo de expansão da área com agricultura irrigada (SILVA, 2000) e isso alterou o balanço de energia na região, favorecendo à diminuição da temperatura média do ar após o referido quinquênio (CABRAL JÚNIOR et al., 2019).

Na Tabela 1 constam as tendências sazonais, para as quatro estações do ano, da precipitação e temperatura média do ar para Campina Grande e Petrolina. A partir da aplicação do teste estatístico de Mann-Kendall pode-se identificar que em Campina Grande houve tendências significativas, tanto para a precipitação como para a temperatura média do ar, enquanto que em Petrolina o mesmo não foi identificado.

Tabela 1 - Estatística Z do teste de Tendência de Mann-Kendall para a Precipitação Pluvial, e temperatura média do ar para Campina Grande, PB, período de 1977 a 2014.

Estações do ano	Estatística Z			
	Precipitação		Tmed	
	CG	PE	CG	PE
Verão	0,79	-1,03	3,57***	-1,03
Outono	-1,43	-1,61	4,88***	-1,61
Inverno	2,39**	-0,14	4,03***	-0,14
Primavera	-0,64	-0,78	3,10***	-0,78

CG – Campina Grande-PB; PE – Petrolina-PE; **Significativo a 5%; ***Significativo a 1%.

Os resultados reforçam que o ar em Campina Grande está aquecendo, independente da estação do ano, e esse aquecimento do ar, na série analisada (1976-2014), ocorreu com um nível de confiança estatística de 99%. Para esse município paraibano, houve ainda aumento significativo a 5% da precipitação pluvial no trimestre do inverno, que coincide com os meses mais chuvosos na localidade (de junho e julho). Embora todos os sinais de tendência para Petrolina tenham sido negativos, nenhum foi estatisticamente significativo.

CONCLUSÕES

A partir das técnicas estatísticas aplicadas foi possível detectar o comportamento das temperaturas médias do ar e da precipitação ao longo de uma série histórica de 38 anos, bem como comparar quantitativamente as variáveis climatológicas utilizando-se testes estatísticos de hipóteses, no tempo (mensal, sazonal, anual e por quinquênios) e no espaço (entre diferentes localidades).

Dentre os principais resultados encontrados destaca-se que Campina Grande é mais chuvosa (748,0 mm/ano) que Petrolina (496,9 mm/ano). Por outro lado, Petrolina é mais quente (26,1°C) que Campina Grande (23,2°). Com a aplicação do teste T-Student foi possível identificar que as diferenças entre as localidades, tanto em termos pluviais como térmicos, são significativas com respaldo de 95% de confiança estatística.

Foi relevante ainda a análise de tendência em série temporal através do teste de Mann-Kendall, a partir dessa técnica percebeu-se que a temperatura média do ar em Campina Grande evidencia aumento significativo em todas as estações do ano e que esses resultados subsidiam, dentre outros, a necessidade de estudos que expliquem as possíveis causas, se é atribuída a questão do efeito da urbanização e/ou às mudanças climáticas!? Nessa cidade, o quantitativo de precipitação no período mais chuvoso (inverno) também aumentou significativamente. Em Petrolina, não houve significância quando se analisou as tendências nas séries temporais.

Por fim, considera-se que os métodos estatísticos aplicados às Ciências Climáticas são diversos e requerem conhecimentos sobre qual o mais adequado para aplicação. Vale enfatizar que o mais simples não é necessariamente o mais irrelevante, partindo dessa premissa a estatística básica (descritiva) é importante para caracterizar uma ou mais variáveis, e, explicitando-se não apenas as medidas de tendência central (média e mediana) mas sobretudo o conhecimento sobre a variabilidade que os dados apresentam em torno dos valores médios. A média por si e somente pode não representar suficientemente um fenômeno, principalmente se este apresentar assimetria e elevada variabilidade.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, H. A.; CABRAL JÚNIOR, J. B. Variabilidades sazonais e interdecadais da chuva nas microrregiões geográficas do estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 07, 2014.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. de M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, p.711-728, 2014.

ALVES, J. M. B., FERREIRA, F. F., CAMPOS, J. N. B., SOUZA FILHO, F. D. A. D., SOUZA, E. B. D., DURAND, B. J., ... & STUDART, T. M. D. C. Mecanismos atmosféricos associados à ocorrência de precipitação intensa sobre o Nordeste do Brasil durante Janeiro/2004. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.21, n.1, 56-76, 2006.

AYOADE, J. O. **Introdução à Climatologia para os trópicos.** 12ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

CABRAL JÚNIOR, J. B.; ALMEIDA, H. A.; SILVA, C. M. S. Análise Comparativa da Temperatura Média do Ar em Campina Grande, PB, Obtida pelo Método dos Extremos e pelo Método Padrão. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, p. 888-902, 2013.

CABRAL JÚNIOR, J. B.; BEZERRA, B. G. Análises da evapotranspiração de referência e do índice de aridez para o Nordeste do Brasil. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 4, p. 71-89, 2018.

CABRAL JÚNIOR, J. B.; LUCENA, R. L. Analysis of precipitation using Mann-Kendall and Kruskal-Wallis non-parametric tests. **Mercator** (Fortaleza), v. 19, p. 1-14, 2020.

CABRAL JÚNIOR, J. B.; SILVA, C. M. S. E.; ALMEIDA, H. A. Comparação mensal, sazonal e anual de métodos de estimativas da evapotranspiração de referência para Juazeiro-BA e Petrolina-PE. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 3, p. 23-42, 2017.

CABRAL JÚNIOR, J. B.; SILVA, C. M. S.; ALMEIDA, H. A.; BEZERRA, B. G.; SPYRIDES, M. H. C. Detecting linear trend of reference evapotranspiration in irrigated farming areas in Brazil's semiarid region. **Theoretical And Applied Climatology**, v. 138, 2019.

CONCEIÇÃO, R. S.; PEREIRA, L. B.; VEIGA, A. J. P. Análise da temperatura do ar, precipitação, evapotranspiração, déficit e excedente hídrico em Vitória da Conquista–BA, de 1961 a 1990. **Revista Eletrônica Geoaraguaia.** Barra do Garças-MT. v. 6, n.1, p. 71 a 83, 2016.

COSTA, R. L.; DOS SANTOS SILVA, F. D.; SARMANHO, G. F.; LUCIO, P. S. Imputação Multivariada de Dados Diários de Precipitação e Análise de Índices de Extremos Climáticos**. Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 5, n.3, 661-675, 2012.

FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, n. 1, 2005.

FORSDYKE, A. G. **Previsão do tempo e clima.** São Paulo: Edições Melhoramentos, 1978.

FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, D. **Climatologia do estado da Paraíba.** Campina Grande: EDUFCG, 2017.

FRANCISCO, W. de. **Estatística básica:** síntese da teoria, exercícios propostos e resolvidos. 2ª ed. Piracicaba: Editora Unimep, 1995.

FRAUCHES, M. S.; OLIVEIRA, T. A.; SANCHES, F. O.; FERREIRA, C.C.M. Chapéu D'Uvas: um estudo sobre as chuvas locais em reservatórios em Minas Gerais. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 27, p. 289-302, 2020.

HIERA, M. D.; LIMA JUNIOR, A. F.; ZANELLA, M. E. Tendência da Precipitação no Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 24, p. 300-321, 2019.

HIRSCH, R. M.; HELSEL, D. R.; COHN, T. A.; GILROY, E. J. Statistical analysis of hydrologic data. **Handbook of hydrology**, p. 17-55, 1992.

HOFFMANN, R. Estatística para economistas. 4ed. rev. e ampl., São Paulo: Cengage Learning, 2011.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e Estados.** Disponível em: https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ Acesso em 23 ago 2021.

KAYANO. M. T., ANDREOLI, R. V. Clima da Região Nordeste do Brasil. In: CAVALCANTI et al (Org). **Tempo e Clima no Brasil.** São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

KENDALL, M.G. **Rank correlation methods**. Charles Griffin, 120 p., 1975

KENDALL, M.G.; GIBBONS, J.D. **Rank correlation methods**. 5ed. Griffin, London, 1990.

LUCENA, R. L.; CABRAL JÚNIOR, J. B.; STEINKE, E. T. Comportamento Hidroclimatológico do Estado do Rio Grande do Norte e do Município de Caicó. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 33, p. 485-496, 2018.

MAINAR, R.M.; HOLANDA, R. M.; FRANÇA, M.V.; SABOYA, L.M.F.; ROLIM NETO, F.C.; ARAÚJO, W. R. Espacialização pelo método da krigagem nas variabilidades pluvial, evapotranspiração e evaporação no estado do Pernambuco - Brasil. RECIMA21. **Revista Científica Multidisciplinar**, v. 2, p. e28573, 2021.

MANN, H.B. Nonparametric tests against trend. **Econometrica.** 13, 245-259, 1945.

MEDEIROS, F. J.; OLIVEIRA, C. P.; GOMES, R. S.; SILVA, M. L.; CABRAL JÚNIOR, J. B. Hydrometeorological conditions in the semiarid and east coast regions of Northeast Brazil in the 2012-2017 period. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 93, p. 1-15, 2021.

MENEZES, H. E. A., BRITO, J. I. B. de, SANTOS, C. A. C. dos, SILVA, L. L. da. A relação entre a temperatura da superfície dos oceanos tropicais e a duração dos veranicos no estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.23, n.2, 152-161, 2008.

MOLION, L.C.B.; BERNARDO, S. O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 17, n.1, p. 1-10, 2002.

MONTGOMERY, D.C.; RUNGER, G.C. Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros. Ed LTC, 2003.

NÓBREGA, R. S., FARIAS, R. F. de L., SANTOS, C. A. C. dos. Variabilidade temporal e espacial da precipitação pluviométrica em Pernambuco através de índices de extremos climáticos. **Revista Brasileira de Meteorologia,** v.30, n.2, 171 - 180, 2015.

OLIVEIRA, L. L. de.; VIANELLO, R. L., FERREIRA, N. J. **Meteorologia Fundamental.** Erechim: EdiFAPES, 2001.

REBOITA, M. S. **Introdução à Estatística Aplicada à Climatologia:** Parte I Estatística Descritiva. Projeto PAE. São Paulo, 2005.

REBOITA, M. S.; KRUSCHE, N.; AMBRIZZI, T.; ROCHA, R. Entendendo o tempo e o clima na América do Sul. **Terra e Didática**, Campinas, v. 8, p. 34-50, 2012.

REBOITA, M. S.; RODRIGUES, M.; ARMANDO, R.; FREITAS, C.; MARTINS, D.; MILLER, G. Causas da semi-aridez do Sertão Nordestino. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 19, 2016.

RODRIGUES, D. T.; SILVA, C. M. S. E.; REIS, J. S.; PALHARINI, R. S. A.; CABRAL JÚNIOR, J. B.; SILVA, H. J. F.; MUTTI, P. R.; BEZERRA, B. G.; GONCALVES, W. A. Evaluation of the Integrated Multi-SatellitE Retrievals for the Global Precipitation Measurement (IMERG) Product in the São Francisco Basin (Brazil). **Water**, v. 13, p. 1-12, 2021.

SANCHES, F. O.; FERRAZZO, S.; SILVA, R. V.; CHECHI, L.; FERREIRA, R.V. Influence of the hydroelectric power plant of Passo Fundo lake (RS, Brazil) on local rainfall pattern. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 20, p. 299-312, 2017.

SANCHES, F. O.; SANTOS, E. F.; FERREIRA, R.V.; FIRMINO, G.V.; ALVES, M. O. Contribuição ao estudo do clima urbano em Uberaba (MG). **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, p. 87-109, 2018.

SILVA, M.T.; COSTA, S. C. F. E.; SOUSA, E.P.; OLIVEIRA, S. D.; SILVA, V. P. R. Análise da expansão do espaço urbano do município de Campina Grande-PB tendo o sistema de transportes como agente modificador. **Ciência e Natura**, v. 36, p. 520-529, 2014.

SILVA, V. P. R. da, Pereira. E. R. R., Azevedo, P. V. de, Sousa, F. de A. S. de, Sousa, I. F. de. Análise da pluviometria e dias chuvosos na região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.2, p.131–138, 2011.

SILVA, V.P.R. **Estimativas das necessidades hídricas da mangueira**. Tese de Doutorado em Recursos Naturais, Universidade Federal da Paraíba: Campina Grande, Brasil, 2000.

TORRES, F. T. P., MACHADO, P. J. de O. **Introdução à climatologia.** São Paulo: Cengage Learning, 2011.

TUKEY, J.W. One degree of freedon for non-additivity. Biometrics 5:232-242, 1949.

VAN BUUREN, S.; GROOTHUIS-OUDSHOORN, K. MICE: Multivariate imputation by chained equations in R. **Journal of statistical software**, v. 45, p. 1-67, 2011.

Recebido em setembro de 2020.

Revisão realizada em novembro de 2021.

Aceito para publicação em dezembro de 2021.

AVALIAÇÃO DA TENDÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO NO MUNICÍPIO DE CAMPINA VERDE (MG) NO PERÍODO DE 1976 A 2020

EVALUATION OF THE PRECIPITATION TREND IN THE MUNICIPALITY OF CAMPINA VERDE (MG) IN THE PERIOD FROM 1976 TO 2020

EVALUACIÓN DE LA TENDENCIA DE PRECIPITACIÓN EN EL MUNICIPIO DE CAMPINA VERDE (MG) EN EL PERÍODO DE 1976 A 2020

Rildo Aparecido Costa
Professor da Universidade Federal de Uberlândia – Campus Pontal
rildocosta@ufu.br

Arlei Teodoro de Queiroz
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro/IFTM
arleiteodoro@yahoo.com.br

RESUMO

Os estudos do comportamento da atmosfera, vem sendo, nos últimos anos, destaque no desenvolvimento de pesquisas e em discussões relacionadas ao cotidiano da sociedade moderna. A variabilidade desse comportamento da atmosfera e sua mudança na essência climática, é um processo dinâmico e complexo desde a sua gênese até a aplicabilidade. Neste contexto, essa pesquisa objetivou compreender a evolução da precipitação através da aplicação de tendência. Utilizou-se como metodologia para o desenvolvimento da pesquisa a aplicação do teste não paramétrico de Mann-Kendall, através da planilha Makesens em sua versão 1.0, desenvolvida por Tino Salmi do Instituto Meteorológico da Finlândia. Os dados de precipitação, de uma série de 45 anos foram obtidos junto à Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico (ANA) para o município de Campina Verde - MG. Concluiu-se que apesar de se ter uma tendência negativa, para os dados de precipitações totais anuais e sazonais, essa tendência não é significativa para se afirmar a existência de uma mudança no padrão da precipitação.

Palavras-Chave: Variabilidade Climática; Tendência Climática; Planilha Makesens; Precipitação.

ABSTRACT

Studies on the behavior of the atmosphere have, in recent years, been highlighted in the development of research and in discussions related to the daily life of modern society. The variability of this behavior of the atmosphere and its change in the climatic essence

is a dynamic and complex process from its genesis to its applicability. In this context, this research aimed to understand the evolution of precipitation through the application of trend. The nonparametric Mann-Kendall test was used as a methodology for the development of the research, through the Makesens spreadsheet in its 1.0 version, developed by Tino Salmi from the Meteorological Institute of Finland. Precipitation data, from a series of 45 years, were obtained from the National Water and Basic Sanitation Agency (ANA) for the municipality of Campina Verde - MG. It was concluded that despite having a negative trend, for the total annual and seasonal precipitation data, this tendency is not significant to affirm the existence of a change in the precipitation pattern.

Key words: Climate Variability; Climate Trend; Makesens worksheet; Precipitation.

RESUMEN

Los estudios sobre el comportamiento de la atmósfera se han destacado, en los últimos años, en el desarrollo de investigaciones y en debates relacionados con la vida cotidiana de la sociedad moderna. La variabilidad de este comportamiento de la atmósfera y su cambio en la esencia climática es un proceso dinámico y complejo desde su génesis hasta su aplicabilidad. En este contexto, esta investigación tuvo como objetivo comprender la evolución de la precipitación mediante la aplicación de tendencia. La prueba no paramétrica de Mann-Kendall se utilizó como metodología para el desarrollo de la investigación, a través de la hoja de cálculo Makesens en su versión 1.0, desarrollada por Tino Salmi del Instituto Meteorológico de Finlandia. Los datos de precipitación, de una serie de 45 años, se obtuvieron de la Agencia Nacional de Agua y Saneamiento Básico (ANA) para el municipio de Campina Verde - MG. Se concluyó que a pesar de tener una tendencia negativa, para los datos de precipitación total anual y estacional, esta tendencia no es significativa para afirmar la existencia de un cambio en el patrón de precipitación.

Palabras clave: Variabilidad climática; Tendencia climática; Hoja de trabajo de Makesens; Precipitación.

INTRODUÇÃO

Os estudos do clima e o comportamento da atmosfera, vem interessando, nas últimas décadas à sociedade como um todo, “seja por possuir caráter altamente dinâmico e apresentar rompimento na variabilidade natural ou apenas por estabelecer previsão de futuras mudanças no sistema atual” (PINHEIRO e VIDE, 2018, p.60). A compreensão da variabilidade climática, bem como a sua dinâmica é essencial para se buscar o conhecimento da fluidez das mudanças climáticas.

A variabilidade é um dos elementos da dinâmica climática. Compreendê-la é essencial para se buscar o conhecimento da fluidez das mudanças climáticas. A variabilidade climática é resultado de um processo complexo da dinâmica da atmosfera e de influências externas ao planeta, como as mudanças solares. Vale destacar que, mesmo dependendo dessa dinâmica, são as escalas local e regional que sentirão os maiores impactos da variabilidade climática que nos últimos anos vem sendo modificada também com o avanço das mudanças climáticas (QUEIROZ e COSTA, 2012).

Na busca de se compreender as mudanças climáticas em curso, torna-se necessário fazer o estudo do clima atual em suas diversas escalas do tempo (escalas horárias – tempo atmosférico até escalas geológicas – milhões de anos.) e do espaço (microclima e até escalas globais), pois o entendimento da variabilidade dos fenômenos são essenciais para a compreensão das mudanças no clima. Porém, são no tempo atmosférico que se abrigam os eventos climáticos extremos, que são responsáveis pelos vários desastres causados no mundo, principalmente nos grandes centros urbanos (BRUNINI et al., 1983).

As mudanças climáticas e sua relação direta e indireta com a sociedade tem sido uma das maiores preocupações de cientistas e gestores, principalmente em relação ao processo de variabilidade climática e a produção de eventos extremos, acentuado desde meados do século XX até os dias atuais, culminando com o processo intenso de urbanização.

Para a compreensão do sistema climático há a necessidade do estudo de diversas variáveis que compõem o clima de uma determinada região, tais como os componentes atmosféricos e sua relação direta com o sistema hídrico, bem como a biosfera como um todo, buscando a interrelação de seus elementos em um processo geossistêmico, interagindo em diversas escalas.

Dentre essas diversas variáveis, a compreensão da distribuição e frequência das precipitações, destacando as escalas horárias, diárias e mensais é de suma importância para a compreensão da variabilidade dentro do sistema climático e sua relação com as mudanças climáticas que estão em curso, destacando seu excesso ou sua escassez que pode causar um desequilíbrio hídrico. As mudanças climáticas influenciam de forma

significativa nos padrões de chuva (distribuição espacial e temporal) e nas alterações na distribuição e intensidade dos eventos climáticos extremos destacando as secas e as inundações (GUEDES; PRIEBE e MANKE, 2018).

Juntamente com a variabilidade climática e os eventos extremos, diversos cientistas ao estudar as mudanças climáticas, tem trabalhado as tendências da diminuição ou aumento das chuvas, usando diversas séries históricas (AHMAD et al., 2015). Porém, utilizar de métodos estatísticos no intuito de quantificar esse fenômeno é de extrema dificuldade, mas necessário, buscando compreender a dinâmica da relação atmosfera com os processos hidrológicos.

Yevjevich (1972, p.32) define tendência "como uma mudança sistemática e contínua em qualquer parâmetro de uma dada amostra, excluindo-se mudanças periódicas ou quase periódicas". Segundo Ribeiro et. al., (2014, p.12), os estudos de tendência no clima são compreendidos como "uma alteração suave do clima, com acréscimo ou decréscimo nos valores médios das variáveis analisadas". Os estudos de tendências da precipitação estão dentre essas variáveis propostas. As precipitações possuem uma relevância significativa para a compreensão dos estudos do clima.

Um dos fatores que podem causar esse processo são as mudanças climáticas que estamos presenciando, agravado principalmente pela queima de combustíveis fósseis pela sociedade. No Brasil, tem-se verificado, nos últimos anos, diversos estudos para análise de tendências de precipitação, alguns estudos serão relatados aqui, buscando principalmente a relação das séries de precipitação com os estudos de tendências climáticas.

Ferreira (2012), apresentou três alternativas metodológicas para se analisar tendências de séries pluviométricas (tendência linear, média móvel de cinco períodos e teste do sinal), para tal utilizou-se de uma série temporal de 69 anos na bacia do rio Araguari, no Triângulo Mineiro (posto Santa Juliana), pertencente a ANA (Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico). O autor observou que, apesar das metodologias serem de simples aplicação, os resultados foram satisfatórios, mostrando uma concordância entre os três métodos.

Rocha et. al. (2017) elaborou uma pesquisa no intuito de contribuir com os estudos do comportamento das precipitações, em escala regional. Os autores utilizaram a estação pluviométrica de Porto Glândia (município de Porto do Carmo – TO) pertencente a ANA com uma série de dados de 31 anos. Os métodos estatísticos aplicados foram Mann-Kendall, Spearman e o Estimador Sen Slope para verificar a ocorrência de tendência na série de chuva (média anual), assim como, avaliar as alterações associadas ao El Niño e La Niña. Os resultados da pesquisa indicaram tendência negativa para os três parâmetros.

Pinheiro e Vide (2018) estudaram as tendências pluviométricas para o município de Irati (PR). Utilizou-se de uma série temporal de 30 anos e o método estatístico de Mann-Kendall foi escolhido no desenvolvimento da pesquisa. Os resultados demostraram que a cidade não apresenta tendências para a precipitação para os últimos 30 anos.

Guedes, Priebe e Manke (2018), fizeram um estudo de tendência em séries temporais de precipitação para o norte do estado do Rio Grande do Sul, aplicando como método os testes estatísticos não paramétricos Mann-Kendall e Spearman's rho. Os testes identificaram alterações na tendência de 50% das estações analisadas (os resultados foram iguais para os dois métodos). Os autores consideraram satisfatórios os estudos com os testes aplicados. Atingindo o objetivo traçado pela pesquisa.

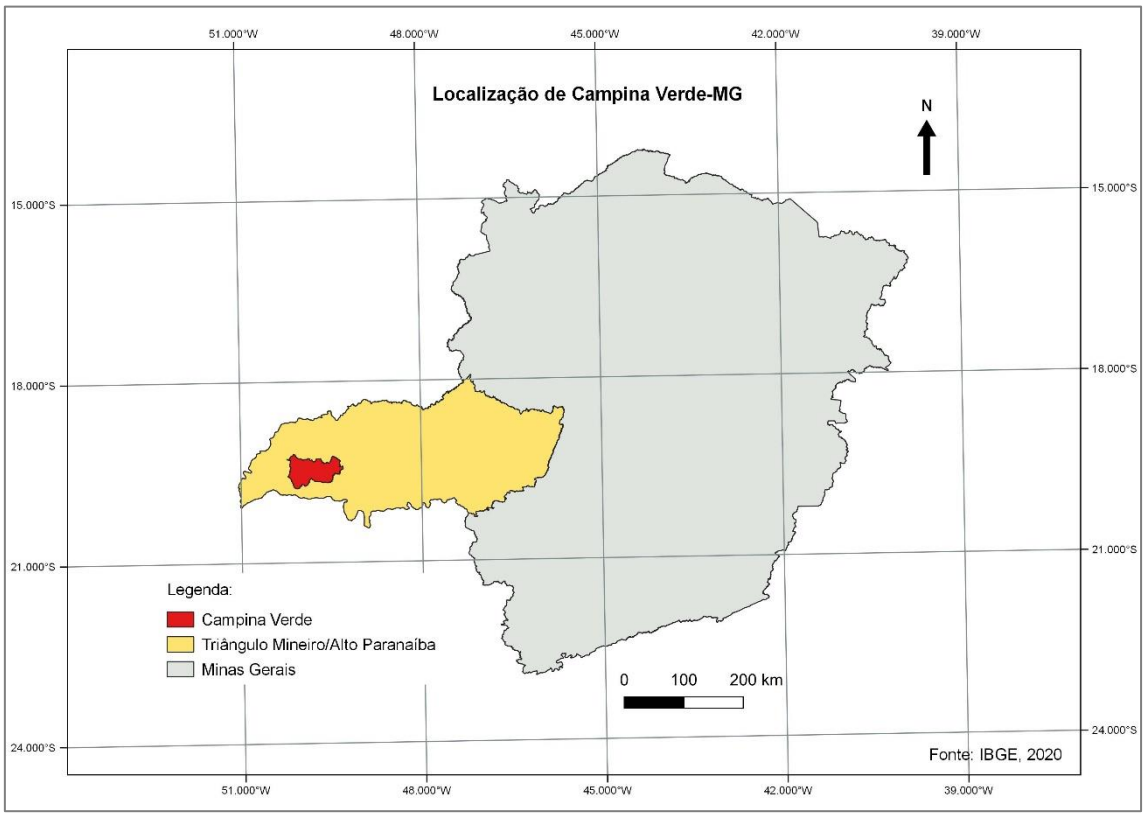
Como se pode observar, a análise de tendências através de testes estatísticos vem sendo realizada por diversos pesquisadores, visando identificar eventuais tendências em séries históricas de precipitação com diversos objetivos.

Conhecer o comportamento espacial e temporal, bem como a tendência das precipitações dentro da dinâmica climática é de suma importância, pois as chuvas são uma das variáveis mais importantes dos estudos climáticos e é a que mais influência no cotidiano da sociedade. Sua distribuição e intensidade afetam as pessoas, a economia e a dinâmica hídrica das regiões. Portanto, busca-se, com esta pesquisa, analisar tendências pluviométricas para o município de Campina Verde em Minas Gerais.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo, o município de Campina Verde, está situado no Triângulo Mineiro, a oeste do Estado de Minas Gerais, na mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, mais especificamente na microrregião de Frutal, delimitado pelas coordenadas geográficas 49º17’00” - 50º15’00” de longitude oeste e 19º09’00” - 19º47’00” de latitude sul (Figura 1). Possui uma área de 3.650,8 km² e geograficamente a cidade está distante 581 km da capital mineira, Belo Horizonte. Possui uma população estimada de 19.759 mil habitantes (IBGE, 2021)

Figura 1 - Campina Verde-MG: Localização do município.



Fonte: IBGE, 2021.

O município possui, em quase todo o seu território, o cerrado como bioma predominante, embora grande parte desta área já foi substituída pela agricultura e pecuária, restando somente algumas Áreas de Preservação Permanente, declividades mais

altas e Reservas Legais. É comum encontrar as veredas nas áreas mais baixas, que são caracterizadas por solos mal drenados e o acúmulo de águas, formando as nascentes das áreas de Cerrado. Nas partes mais altas, em solos mais desenvolvidos, encontra-se o Cerradão que devido ao avanço agropecuário foi quase todo desmatado (COSTA, 2011).

O município está localizado na Bacia Sedimentar do Paraná, mais precisamente nos domínios de chapadas e chapadões do Triângulo Mineiro, que tem como principal característica relevos suavemente ondulados, com vales pouco desenvolvidos (BACCARO, 1991). Aproximadamente 70% da área do município está entre 0 a 6% de declividade.

Os principais tipos de solos que ocorrem no município são os podzólicos Vermelho Amarelo, Latossolo Vermelho Escuro, Latossolo Roxo, Solo Litólico e o Solo Hidromórfico, sendo os dois primeiros os de maior abundância no município, atingindo aproximadamente 94% da área (FRANCO e ROSA, 1998).

O uso e ocupação do solo no município possui a pastagem como atividade principal, ocupando mais de 70% da área. A agricultura representa apenas 5% do município sendo os principais cultivares a cana-de-açúcar e o milho (IBGE, 2021)

Segundo Mendes e Queiroz (2011), essa região está sob a influência, de forma geral, “dos sistemas intertropicais e polares, cuja atuação, ao longo do ano (...) induz a formação de um clima tropical que se altera entre seco e úmido” (MENDES e QUEIROZ, 2011, p. 336). O verão é caracterizado por sucessões de dias com temperaturas elevadas e tempo estável que tem a influência da Massa Tropical Atlântica Continentalizada (mTac), e dias com tempo chuvoso e temperaturas altas sob influência, principalmente, da Massa Equatorial Continental (MEC) e sistemas frontais oriundos da Massa Polar Atlântica (MPA). O inverno “pode ser caracterizado por sucessões de dias com temperaturas elevadas causadas pela MTAc, bem como, dias com temperaturas amenas causado pela ação da MPA” (MENDES e QUEIROZ, 2011, p. 337) com baixos índices de precipitação e de umidade, sobretudo no final do inverno. Desta forma, o município de Campina Verde apresenta o clima tropical semi-úmido com duas estações bem definidas, o verão chuvoso e com temperaturas elevadas e o inverno com escassez de chuvas e temperaturas amenas.

Também é comum a ocorrência da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), que se estende da porção sul da região Amazônica ao litoral da Região Sudeste, passando sobre o Triângulo Mineiro, provocando nebulosidade e chuvas intensas por dias e até semanas no verão. As estações de primavera e outono são consideradas de transição seca/chuvosa e chuvosa/seca, respectivamente.

METODOLOGIA

Compreender o comportamento das precipitações é complexo, principalmente para as áreas de cerrado, que possuem um período seco extenso e uma chuva concentrada em um período de aproximadamente seis meses. Portanto, há a necessidade de se estudar a variabilidade climática em suas escalas temporal e espacial. As séries históricas são extremamente importantes para os cientistas e sociedade, uma vez que se configura em uma base de conhecimento para os estudos de tendência, variabilidade climática e os eventos extremos que tanto assolam as populações atingidas.

Pinheiro e Vide (2018) destacam a importância de se conhecer a variabilidade climática e sua tendência ressaltando que "anos chuvosos ou secos, no caso da série pluviométrica anual, intercalam-se de modo quase sempre aleatório, formando parte do comportamento normal do clima" não afetando, portanto, na análise de tendência da precipitação.

No intuito de se estudar a tendência da precipitação do município de Campina Verde (MG), optou-se por utilizar uma série histórica de 45 anos (1976 a 2020) da Estação pluviométrica da ANA, localizada na sede do município, nas coordenadas 19°32'S e 49°28'W, com uma altitude de 525 metros (HIDROWEB, 2020).

A tabulação dos dados e a elaboração de gráficos foram feitas utilizando o software Microsoft Office Excel. Sobre a utilização de gráficos, Ayoade (2003, p.241) afirma que "o clima de uma região é descrito com a ajuda de gráficos das variações sazonais nos valores dos elementos climáticos, usualmente a temperatura e a precipitação".

Para se obter a tendência da série de precipitações utilizou-se o teste de Mann-Kendall (MANN, 1945; KENDALL, 1975). Os cálculos foram efetuados na planilha Makesens, (Microsoft Excel 2010) desenvolvida por Tino Salmi do Instituto Meteorológico da Finlândia (SALMI et al., 2002), que é utilizado para detectar e estimar tendências em séries temporais baseado no teste não-paramétrico de Mann-Kendall e no declive de Sen. A planilha "Makesens", desenvolvido por Salmi, et. al. (2002), tem como finalidade atender a execução do teste não paramétrico de Mann-Kendall, com o intuito de se calcular a tendência climática em série histórica suficientemente longa de precipitação, onde se analisa a existência de tendência (crescente ou decrescente) e se examina a inclinação da tendência linear.

Pode-se enumerar quatro lâminas de trabalho que se apresentam na planilha Makesens apresentada a seguir:

1 – *About* – apresenta as informações em relação ao uso da planilha Makesens pelo usuário embora de forma resumida, é suficiente para o manuseio da mesma;

2 – *Annual Data* – essa lâmina é onde se deve inserir a série de dados anuais para se elaborar o cálculo dos valores. No caso da pesquisa os dados de precipitação;

3 – *Trend Statistics* – onde serão apresentados os resultados estatísticos com base nos dados inseridos, mostrando a existência ou não de tendência;

4 – *Figure* – nessa etapa são mostrados os dados originais, além do gráfico modelo, onde será visualizada a estação de forma individual.

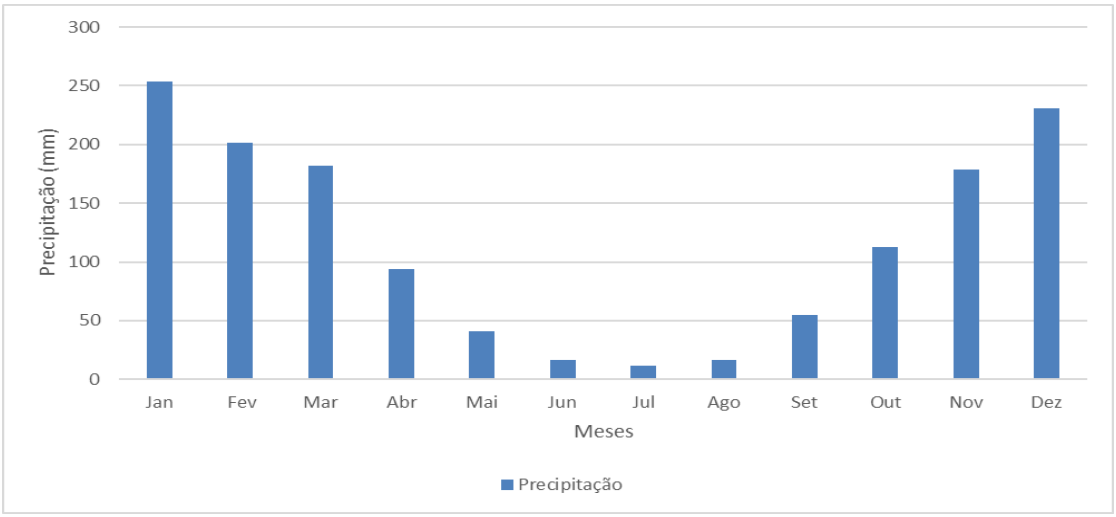
A tendência é identificada em relação aos níveis de significância, pois quanto mais alto o nível de significância estatística mais confiável ela será.

Os dados de precipitação do município de Campina Verde, foram analisados calculando os totais anuais e logo em seguida os totais sazonais (primavera, verão, outono e inverno) e também para a sazonalidade do cerrado, período seco (maio, junho, julho, agosto, setembro e outubro) e período chuvoso (janeiro, fevereiro, março, abril, novembro e dezembro).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Em relação ao clima de Campina Verde, a sazonalidade é uma das características principais, proporcionando duas estações bem definidas, estação seca (maio a outubro) e estação chuvosa (novembro a abril), com uma média de precipitação anual de 1394 mm, como pode ser observado no gráfico 1. Essa sazonalidade é essencial para se compreender a paisagem do Cerrado, além de condicionar as atividades econômicas e sociais.

Gráfico 1 – Campina Verde - MG: Precipitação Média Mensal 1976 – 20200



Fonte de dados: ANA. Org: Costa e Queiroz, 2021.

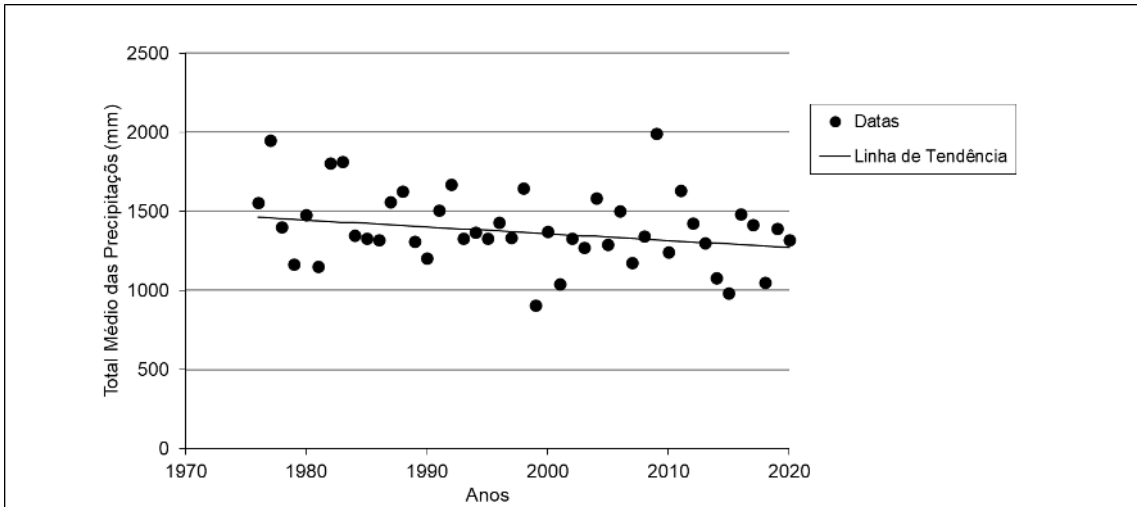
Destaca-se aqui a importância de se compreender possibilidade de mudanças climáticas. Para a pesquisa em questão foram analisados, de início, os totais anuais de precipitação, usando o teste de Mann Kendall, quando observou-se que não foi apresentado tendências significativas nos valores anuais, apresentando um valor negativo, como pode ser observado no quadro 1.

Quadro 1 – Teste Estatístico de Mann-Kendall para os Totais Anuais de Precipitação

Série	Início da Série	Final da Série	Número de Amostras	Test Z	Significância
Precipitação	1976	2020	45	-0,33	Mais de 90%

Quando se observa os dados plotados no gráfico, com sua respectiva linha de tendência, observa-se uma pequena tendência negativa (aproximadamente 3,2%) na diminuição das precipitações para a área estudada. Porém a tendência negativa apresentada não é suficiente para observar uma mudança nos padrões de precipitação.

Gráfico 2 – Campina Verde - MG: Totais de Precipitações Anuais 1976 – 2020.



Fonte de dados: ANA. Org: Costa e Queiroz, 2021.

Neste período de estudos, pode-se destacar que os anos de 1979 e 2009 foram os anos que mais choveram no município de Campina Verde, 1950,5mm e 1991,4mm respectivamente, com um valor aproximadamente 40% acima da média.

Ao se analisar os dados mensais da estação, foram observadas variações negativas para todos os meses, exceto os meses de fevereiro, abril e novembro. Mesmo com esse sinal negativo de tendência nenhuma delas foi classificada como não significativa (Quadro 2).

Quadro 2 – Tendências detectadas nos dados de precipitação mensal através do teste de Mann-Kendall para a estação meteorológica de Campina Verde-MG, entre os anos de 1976 e 2020.

Período	Início da Série	Final da Série	Número de Amostras	Test Z	Significância
Janeiro	1976	2020	45	-0,22	Mais de 90%
Fevereiro	1976	2020	45	0,22	Mais de 90%
Março	1976	2020	45	-0,66	Mais de 90%
Abril	1976	2020	45	0,22	Mais de 90%
Maio	1976	2020	45	-0,21	Mais de 90%
Junho	1976	2020	45	-0,84	Mais de 90%
Julho	1976	2020	45	-1,13	Mais de 90%
Agosto	1976	2020	45	-0,02	Mais de 90%
Setembro	1976	2020	45	-,88	Mais de 90%
Outubro	1976	2020	45	-1,32	Mais de 90%
Novembro	1976	2020	45	0,38	Mais de 90%
Dezembro	1976	2020	45	-0,75	Mais de 90%

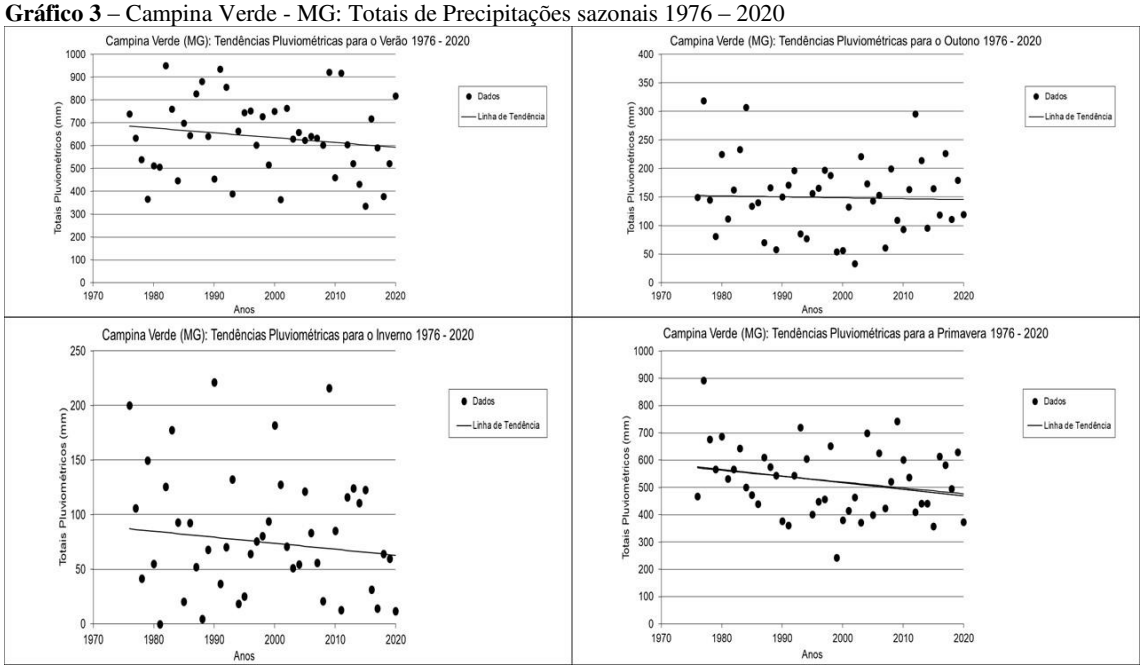
Para se compreender a variabilidade climática é essencial que se faça a análise sazonal, no intuito de se entender o comportamento climático em escala regional. Nos testes de Mann-Kendall para a sazonalidade das chuvas do município de Campina Verde, observou-se que a tendência não é significativa para os dados estudados (Quadro 3). Destaca-se, nos resultados, o decréscimo das tendências para as quatro estações do ano, porém não expressivos para se afirmar uma tendência representativa.

Quadro 3 - Tendências detectadas nos dados de precipitação sazonal através do teste de Mann-Kendall para a estação meteorológica de Campina Verde-MG, entre os anos de 1976 e 2020.

Estações do Ano	Início da Série	Final da Série	Número de Amostras	Test Z	Significância
Verão	1976	2020	45	-1,11	Mais de 90%
Outono	1976	2020	45	-0,17	Mais de 90%
Inverno	1976	2020	45	-0,79	Mais de 90%
Primavera	1976	2020	45	-1,53	Mais de 90%

Quando se plotam os dados estudados com suas linhas de tendências (gráfico 3) observa-se uma condição negativa em todas as estações, como pode ser observado nos gráficos a seguir. Isso representa uma diminuição nas alturas pluviométricas no município de Campina Verde. Vale destacar que mesmo apresentando esse decréscimo não se pode afirmar que existe uma mudança significativa a longo prazo para a precipitação, pois mesmo se tendo uma significância alta (acima de 90%) o declínio é muito pequeno.

Gráfico 3 – Campina Verde - MG: Totais de Precipitações sazonais 1976 – 2020



Fonte de dados: ANA. Org: Costa e Queiroz, 2021.

Deve-se fazer a observação aqui que a região estudada, que se localiza no cerrado brasileiro, não possui as quatro estações do ano bem destacadas. O outono e a primavera são períodos de transição entre períodos secos e chuvosos, ou seja, nessas regiões se destacam apenas duas estações do ano, um período seco, que abarca os meses de abril a setembro, e o período chuvoso que está entre os meses de outubro a março.

Portanto, no intuito de deixar a pesquisa mais completa, optou-se por fazer o teste de Mann-Kendall também para a sazonalidade do cerrado (Quadro 4), objeto de estudo aqui, porém os resultados não foram diferentes dos observados nos totais anuais e na sazonalidade convencional (verão, outono, inverno e primavera).

Quadro 4 - Tendências detectadas nos dados de precipitação sazonal do Cerrado através do teste de Mann-Kendall para a estação meteorológica de Campina Verde-MG, entre os anos de 1976 e 2020.

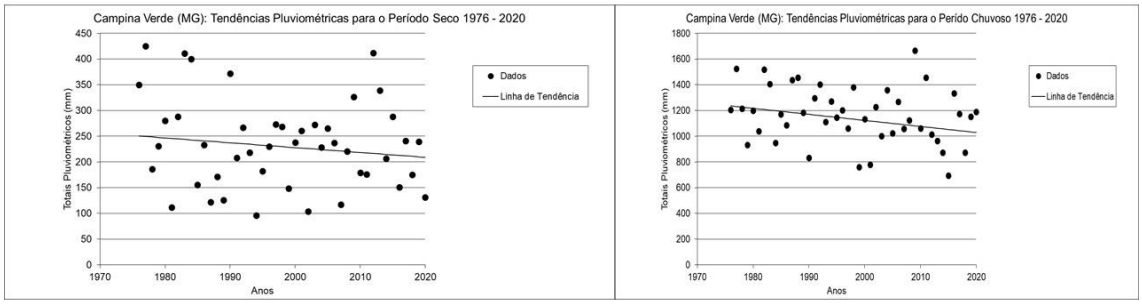
Estações do Ano	Início da Série	Final da Série	Número de Amostras	Test Z	Significância
Período Seco	1976	2020	45	-0,85	Mais de 90%
Período Chuvoso	1976	2020	45	-1,73	Mais de 90%

A tendência para o período seco e chuvoso mostrou uma leve tendência negativa, com uma significância maior de 90%. Estes resultados não são expressivos para

se afirmar que se tenha uma tendência significativa para os dados da estação do município de Campina Verde.

Vale destacar que o período chuvoso do município (outubro a março) representa 83,2% das precipitações da área estudada. O período seco é responsável por apenas 16,8%, possuindo uma média de 150 dias sem chuvas no período seco (abril a setembro), por isso é importante compreender a sazonalidade da região do cerrado, que se apresenta de forma complexa para se estudar.

Gráfico 4 – Campina Verde - MG: Totais de Precipitações Estações Secas e Chuvosas 1976 – 2020.



Fonte de dados: ANA. Org: Costa e Queiroz, 2021.

Em relação à linha de tendência, observa-se um decréscimo leve ao longo da série de dados estudados para o município de Campina Verde.

CONCLUSÃO

A análise dos dados, tanto para os totais anuais, bem como para os sazonais para os 45 anos de observações (1976 – 2020) do município de Campina Verde, mostrou que não houve tendências significativas de crescimento e decréscimo das precipitações. Os meses de julho e outubro que apresentaram de forma negativa, mas devemos destacar que não foi significativo.

Considerando os cálculos estatísticos e os testes aplicados, foi possível observar que a precipitação verificada da estação pluviométrica de Campina Verde apresenta tendência negativa ao longo dos anos, porém vale ressaltar que se carece de

mais estudos, principalmente relacionando a precipitação com os fenômenos climáticos ENOS.

Contudo, a distribuição espacial da precipitação não depende somente dos efeitos provocados pelos sistemas climáticos globais, mas também, dos processos meteorológicos regionais e locais. O estudo das outras variáveis climáticas (temperatura, umidade relativa do ar, ventos, dentre outros) será de suma importância para entender o contexto geral do comportamento da variabilidade climática e as mudanças climáticas que estão em curso.

O teste não paramétrico aplicado (Mann-Kendall) se mostrou eficiente para os estudos sobre a evolução das precipitações para o município de Campina Verde, demostrando que apesar de se mostrar a tendência negativa para a série, não foram significativas ao longo dos anos.

Os resultados obtidos foram essenciais para a compreensão da distribuição temporal das precipitações, podendo assim, colaborar com planejamentos e zoneamento da região em relação às mudanças climáticas, bem como dar ênfase em possíveis estudos sobre desastres naturais causados pelos eventos climáticos extremos, tais como secas, enchentes, alagamentos e deslizamentos.

REFERÊNCIAS

AHMAD, I.; TANG, D.; WANG, T. F.; WANG, M.; WANG, B. Precipitation trends over time using Mann-Kendall and Spearman's rho tests in Swat river basin, **Pakistan. Advances in Meteorology**, v. 2016, p.1-15, 2015.

AYOADE, J.O. **Introdução a Climatologia para os trópicos**. Tradução de Maria Juraci Zani dos Santos, revisão de Suely Bastos; coordenação editorial de Antônio Christofoletti. 14ed. Rio de Janeiro, 2003.

BACCARO, C. A. D. Unidades geomorfológicas do Triângulo Mineiro – Estudo Preliminar. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, v. 3, n.5 e 6, p. 37-42, jan/dez. 1991.

BRUNINI, O. et. al. Efeito dos elementos climáticos no desenvolvimento da cultura do milho. In: **SIMPÓSIO SOBRE PRODUTIVIDADE DO MILHO**. Londrina, 1983 Anais... Londrina: IAPAR, 1983, p. 21-39.

COSTA, R. A. Riscos Ambientais em Cidades Pequenas do Cerrado Brasileiro. In: SEABRA, G. F. (Org.). **Educação Ambiental no Mundo Globalizado**: Uma ecologia de riscos, desafios e resistências. João Pessoa: EdUFPB, 2011. p. 199-214.

FERREIRA, V. O. Análise de Tendências em Séries Pluviométricas: Algumas Possibilidades Metodológicas. **Revista Geonorte**, Edição Especial 2, v.1, n.5, p.317 – 324, 2012.

FRANCO, J. B. S.; ROSA, R. Zoneamento Agrícola do Município de Campina Verde - mg, Utilizando Técnicas de Sensoriamento Remoto e Sistema de Informação Geográfica. Anais IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Santos, Brasil, p. 561-572, 1998..

GUEDES, H. A. S.; PRIEBE, P. S.; MANKE, E. B. Tendências em Séries Temporais de Precipitação no Norte do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 34, n. 2, 283 - 291, 2018.

HIDROWEB. **Sistema de Informações Hidrológicas**. Disponível em <http://hidroweb.ana.gov.br/>. Acesso em 17 mar. 2020.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Disponível em: https://www.ibge.gov.br/. Acesso em: 03 maio 2021.

KENDALL, M. G.. **Rank Correlation Methods.** 4ed. Londres: Charles Griffin, 1975.

MANN, H. B. Nonparametric tests against trend. **Econometrica**, v.13, n.3, p.245-259, 1945.

MENDES, P. C; QUEIROZ, A. T. Caracterização climática do município de Ituiutaba-MG. In_ PORTUGUÊS, A. P.; MOURA, G.; COSTA, R. A. (Org.). **Geografia do Brasil central.** Uberlândia: Assis, 2011, p. 333-353.

PINHEIRO, G. M.; VIDE, J. M. Tendências Pluviométricas no Município de Irati, PR. **Revista Brasileira de Climatologia**. p. 60 – 71, v.23, jul/dez., 2018.

QUEIROZ A. T.; COSTA, R. A. Caracterização e Variabilidade Climática em Séries de Temperatura, Umidade Relativa do Ar e Precipitação em Ituiutaba – MG. **Revista Caminhos de Geografia.** Uberlândia v.13, n.43, out. 2012, p. 346–357

RIBEIRO, R.E.P.; ÁVILA, P.L.R.; BRITO, J.I.B.; SANTOS, E.G.; SOUSA, L.F. Análise da tendência climática nas séries temporais de temperatura e precipitação de Tucuruí-Pará. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.7, p.798-807, 2014.

ROCHA, G. S; FERNANDES, L. L; SILVEIRA, R. N. P. O.; SILVA, M. N. A.; MESQUITA, D. A. Análise de Tendência da Precipitação Pluviométrica Através de Métodos Estatísticos não Paramétricos para o Município de Monte do Carmo/TO. **ABS/FERNAZAN**. p. 1-7, 2017.

SALMI, T.; MÄÄTTÄ, A.; ANTTILA, P.; RUOHO-AIROLA, T.; AMNELL, T. Makesens for detecting and estimating trends. Helsinki: **Finnish Meteorological Institute**, 2002.

SEN, P. K. Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. **Journal of the American Statistical Association**, v.63, n.324, 1379-1389 p. 1968.

YEVJEVICH, V. Probability and statistics in hydrology. Fort Collins: **Water Resources Publication**, p. 276. 1972.

Recebido em setembro de 2021.

Revisão realizada em novembro de 2021.

Aceito para publicação em dezembro de 2021.

VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA TEMPERATURA DO AR NO PERÍMETRO URBANO DE PONTE NOVA, NA ZONA DA MATA MINEIRA

SPATIAL VARIATION OF TEMPERATURE IN THE URBAN PERIMETER OF PONTE NOVA, IN ZONE OF MATA MINEIRA

VARIACIÓN ESPACIAL DE LA TEMPERATURA DEL AIRE EN LE PERÍMETRO URBANO DE PONTE NOVA, EN LA ZONA DE MATA MINEIRA

Edson Soares Fialho
Pós-Doutor em Geografia (UFJF-2018). Doutorado em Geografia Física (USP-2009). Mestrado em Geografia (UFRJ-2002). Bacharelado e Licenciatura em Geografia (UFRJ-1998)
fialho@ufv.br

Rodson Andrade Allocca
Mestre em Geografia (UFES-2018). Licenciatura em Geografia (UFV-2015)
rodson.ufv@gmail.com

Larissa Galvão Fontes dos Santos
Bacharelanda em Geografia (UFV). Bolsista de Iniciação Científica (FAPEMIG). Licenciada em Geografia (UFV-2021).
larissa.galvao@ufv.br

Welerson Machado Silva
Mestrando em Geografia (UFV). Licenciatura em Geografia (UFV-2018).
welerson.silva@ufv.br

Crislaine de Oliveira Jesus Luz
Licencianda em Geografia (UFV). Bolsista do Residência Pedagógica.
crislaine.luz@ufv.br

RESUMO

Este trabalho busca compreender a variação da temperatura do ar, considerando cinco pontos fixos em Ponte Nova-MG, com características de uso ocupação da terra distintas. Para a análise foram utilizados registros horários de temperatura do ar, nos meses de março, maio, julho e outubro de 2017. Como complemento à análise, foi realizado o cálculo o índice *Sky View Factor* (SVF) – e a identificação do sistema atmosférico, com base nas cartas sinóticas disponibilizadas pela Diretoria de Hidrologia da Marinha (DHN). Pôde-se constatar, que as diferenças térmicas observadas variam de acordo com a atuação dos sistemas sinóticos. No verão e no outono, as menores diferenças ocorreram, quando do predomínio da massa polar atlântica e de sistemas frontais, enquanto as maiores diferenças sob ação da massa tropical atlântica. No inverno, as menores

diferenças ocorrem em situações de massa tropical atlântica. Na primavera, se identificou uma maior alternância entre a massa polar e tropical. Ao longo do dia as maiores diferenças foram verificadas 15h00min e 16h00min, correspondendo a 98,0% das ocorrências, isto porque a posição geográfica sobre a morfologia, produz uma diferença no tempo de exposição à radiação solar. Os maiores valores térmicos constatados foram coincidentes com a área mais dinâmica e adensada da cidade e os índices de SVF não apresentaram a correlação esperada com as temperaturas registradas.

Palavras–chave: Temperatura do ar; Ponte Nova-MG; cidade de pequeno porte; Fator de cobertura do céu; Variação sazonal.

ABSTRACT

This work seeks to understand the variation of air temperature considering five fixed registration points in Ponte Nova-MG, with distinct land use and occupation characteristics. For the analysis, air temperature records were used, in hourly interval, in the months of March, May, July and October 2017. As a complement to the analysis, the Sky View Factor (SVF) index was calculated - and the identification of the atmospheric system, based on the synoptic charts made available by the Directorate of Hydrology of the Navy (DHN). It was possible to verify that the observed thermal differences vary according to the action of the synoptic systems. In summer and fall, the smallest differences occurred during the predominance of the Atlantic polar mass and frontal systems, while the largest differences were verified during the predominance of the Atlantic tropical mass. In winter, the smallest differences occur in situations of Atlantic tropical mass. In spring, a greater alternation between polar and tropical masses is identified. Throughout the day the greatest differences were verified at 3:00 PM and 4:00 PM, corresponding to 98.0% of the occurrences, because the geographical position on the morphology, produces a difference in the time of exposure to solar radiation. The highest thermal values found were coincident with the most dynamic and densely populated area of the city and the SVF indexes did not show the expected correlation with the recorded temperatures.

Keywords: Air temperature; Ponte Nova-MG; small town; Sky view factor; Seasonal Variation.

RESUMEN

Este trabajo busca comprender la variación en la temperatura del aire considerando los registros en cinco puntos fijos distribuidos en diferentes usos y ocupaciones del suelo en esta ciudad. Para el análisis se utilizaron os registros de temperatura a intervalos horarios, de marzo, mayo, julio y octubre de 2017. Como complemento al análisis, se calculó el Sky View Factor (SVF) - y se identificaron los sistemas atmosféricos que actuaron en el tiempo, con base en los mapas sinópticos proporcionados por la Dirección de Hidrología

de la Marina (DHN). Se pudo observar que las diferencias térmicas observadas varían según la temporada Y el sistema sinóptico activo. En verano y otoño, las diferencias más pequeñas se produjeron cuando predominaron la masa polar atlántica o los sistemas frontales, mientras que las mayores diferencias se observaron en el predominio de la masa polar atlántica. Ya en invierno, las diferencias más pequeñas se dan en situaciones de masa tropical atlántica. En primavera, hay una mayor alternancia entre la masa polar y tropical. En cuanto a la hora del día, las mayores diferencias se registraron en el intervalo entre las 3:00 pm y las 4:00 pm, correspondientes al 98,0% de las ocurrencias, esto debido a que la posición geográfica en la morfología produce una diferencia en el tiempo de exposición solar. radiación. Los valores térmicos más altos observados coincidieron con la zona más dinámica y densa de la ciudad. Los índices de SVF no mostraron la correlación esperada con las temperaturas registradas.

Palabras clave: La temperatura del aire, Ponte Nova-MG; pequeño Pueblo; factor de obstrucción del cielo; la variación estacional.

INTRODUÇÃO

O clima urbano é resultante da participação de diferentes fenômenos (MONTEIRO, 1975). As diferenças térmicas, segundo Jardim (2010, p. 17) podem derivar da interação entre vários componentes do ambiente (altitude, orientação e exposição de vertentes, dimensionamento dos vales, densidade de edifícios, sistemas atmosféricos, etc.). Frequentemente, os estudos de clima urbano indicam que, em grande medida, as causas dos fenômenos e anomalias climáticas derivam das alterações do meio natural, como uma consequência do próprio movimento de expansão da mancha urbana das cidades (BRANDÃO, 2009; FIALHO, 2009; OKE *et al*., 2017).

Contudo, é importante ressaltar que, segundo Jardim (2010), o "natural" não deixa de existir mesmo em meio a essas transformações. Desse modo, desconsiderar os fatores naturais, tais como: orientação de vertentes, o sítio, cobertura vegetal, posição geográfica e a dinâmica dos ventos, podem dificultar o entendimento das dinâmicas do clima nas cidades.

Segundo Jardim e Ferreira (2005, p. 7099) "...as modificações impostas pela cidade sobre a variabilidade dos elementos climáticos, não é suficiente para a definição

de um clima eminentemente urbano...". É preciso compreender a gênese, dos fatores e mecanismos envolvidos e das suas múltiplas repercussões na vida social.

A área urbana de Ponte Nova-MG, inserida as margens da calha do rio Piranga, de acordo com o Plano Diretor Estratégico de Desenvolvimento Integrado e Sustentável – PLEDS do município ocupa um perímetro de área de aproximadamente 59Km², situado a 431 metros de altitude, pode-se considerar que o *input* energético da atmosfera é o mesmo para toda a sua extensão, dado à sua pequena variação latitudinal. Entretanto, o componente de retorno (*output*), na forma de radiação de ondas longas, sofrem modificações ao nível topoclimático da superfície, por conta da variação da densificação urbana, como também da orientação das vertentes, somado aos diferentes tipos de usos e cobertura da terra.

Esse nível de compreensão do clima pede algumas respostas: como os fatores naturais e antrópicos influenciam na estruturação do clima urbano? Uma vez identificada essa relação, qual o peso dos fatores envolvidos na modificação dos elementos climáticos, nos diferentes lugares e em diferentes escalas espaciais, ao longo do tempo? As modificações impostas são tamanhas a ponto de pedirem soluções por parte da sociedade?

Apresentando a área de pesquisa

O município de Ponte Nova-MG situa-se na porção norte da Zona da Mata Mineira, é atravessada pela Estrada de Ferro Leopoldina, que interligava a cidade do Rio de Janeiro a Itabira. Desativada no final da década de 1980, até então, a mesma modulava o tempo e o ritmo de vida dos habitantes, pois seu percurso sinuoso em relevo de planalto dissecado controlava o ritmo de vida e das relações sociais.

Com o fim das atividades econômicas, relacionadas à linha férrea, impactou novamente a dinâmica do município, que apresentou uma mudança do seu perfil agrário para o urbano, configurado o atual cenário de uso e cobertura da terra (Figura 1).

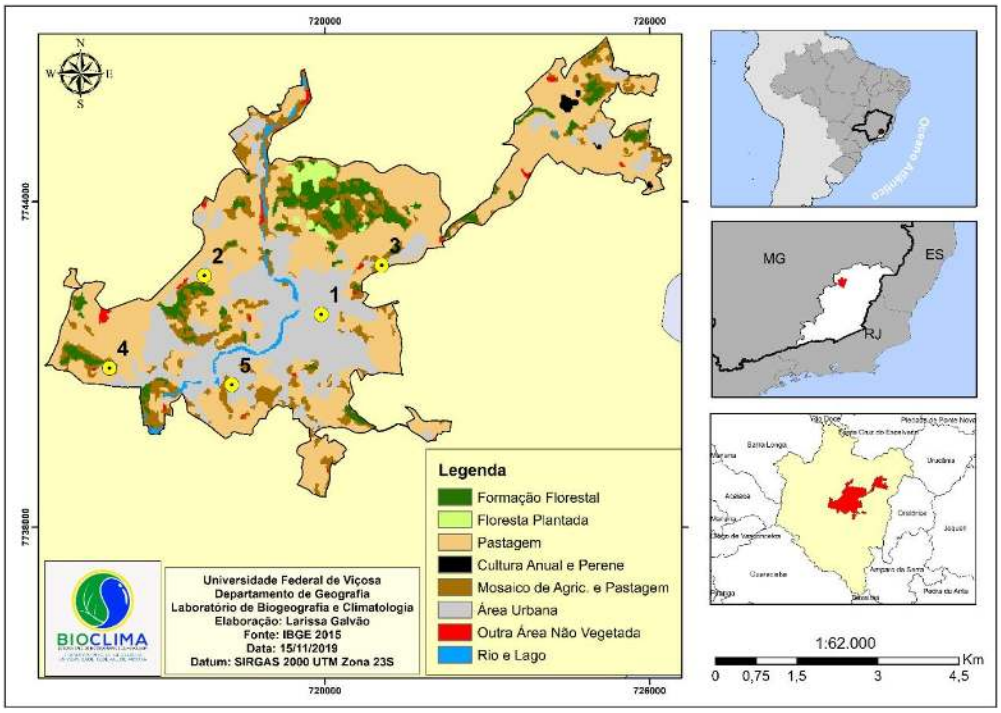
A população residente, na área rural, detentora de portentosas sedes de fazendas centenárias, as quais muitas das mesmas, tinham senzalas, não suportaram a decadência econômica, e por causa desse fato, grande parte da população rural seguem em direção à cidade, e, por conseguinte a área construída se amplia.

Até a década de 1980, Ponte Nova-MG era um polo de atração econômica, mais relevante do que a cidade de Viçosa, que modifica este perfil a partir de meados da década de 1980. Atualmente, a população residente em Ponte Nova é de 57,390 habitantes, sendo que destes, 51,185 (aproximadamente 86,5%) residem na área urbana da sede municipal. A estimativa populacional para o ano de 2021 é de 60.003 habitantes (IBGE-CIDADES, 2021). O território possui uma área de 470,643 km², compondo uma densidade demográfica de 121,94 hab./km², em 2010.

Em relação ao relevo do município de Ponte Nova, elemento peculiar da paisagem, tem como característica uma morfologia ondulada, inserida dentro do Domínio de Mar de Morros (AB'SÁBER, 2003), registra segundo Marchi *et al*. (2005) 20,0% de áreas planas, 60,0% de onduladas e 20,0% de montanhosa. Em sua constituição natural, nota-se um rebaixamento do relevo em direção à sua parte central.

Segundo Marchi *et al*. (2005) a ocupação é caracterizada por áreas dispersas no perímetro urbano, alto de morros e áreas planas limítrofes a loteamentos mais antigos. Os arruamentos localizados em áreas de risco são esguios, com a maioria das casas acima ou abaixo do nível das vias, chegando a desníveis da ordem de até 3m, o que dificulta o acesso dos serviços públicos de distribuição de água e esgoto.

Figura 1 - Uso e cobertura da terra no perímetro urbano de Ponte Nova-MG.



Fonte: MapBiomas. Elaborado por Larissa Galvão Fontes dos Santos

Em relação à morfologia, o sítio, apresenta vales encaixados, embora sejam mais comuns os vales abertos, com fundos planos. Os afloramentos de rocha são mais frequentes na porção ocidental do município. Porém, na área do perímetro urbano, existe um controle litoestrutural, que condiciona a passagem do rio Piranga dentro da área urbana do município, que em determinados momentos registra extravasamento do seu leito. Isto porque, a sede municipal localiza-se às margens do rio Piranga, onde se situam as principais ruas e avenidas da cidade, dentro do leito maior. Por isso de tempos em tempos são atingidas por inundações que afetam o espaço urbano, como, analisado por Silva e Fialho (2009), Fialho et al. (2010), Fialho (2012), Silva (2009; 2014) e Silva et al. (2016).

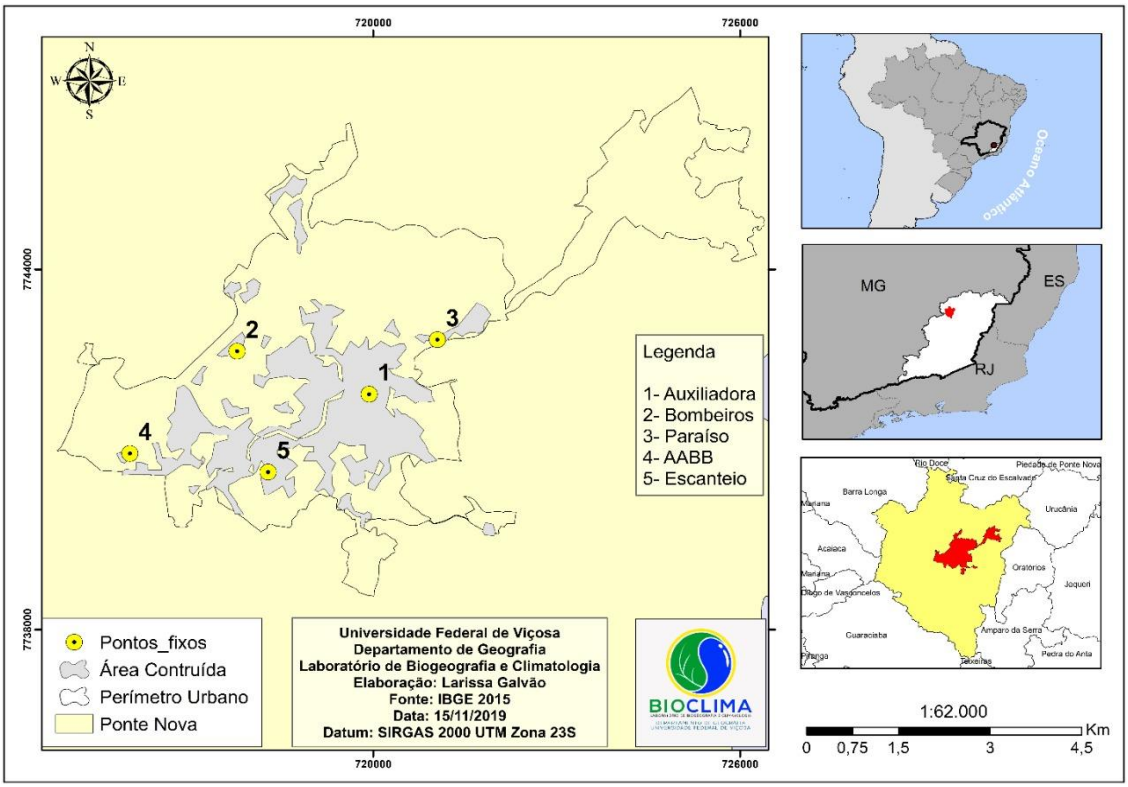
Como se percebe o ponto Auxiliadora, fica na planície do leito maior do Rio Piranga, assim como o ponto, no Escanteio, enquanto os demais distribuídos na meia encosta (AABB e Paraíso) e no topo da colina (Bombeiro). Este tipo de relevo, durante o inverno, favorece em dias de tempo estável a drenagem do ar frio para o fundo do vale, por meio da brisa de montanha, favorecendo a formação de inversões térmicas, que não é uniforme em todos os vales, o que pode muito influenciar a diferenciação térmica.

Segundo Nimer (1989), a topografia acidentada da região Sudeste configura-se como um fator estático de influência na determinação do clima regional. O município possui clima tropical de altitude, apresentando duas estações bem definidas: verão (chuvoso) e inverno (seco). Porém a localização do município, na depressão do rio Piranga, fica a sotavento da direção dos ventos do quadrante sul, que indica o avanço de sistemas extra-tropicais, tornando o ambiente resguardado dos ventos e ao mesmo tempo sofrendo o aquecimento dos ventos de sotavento, o que influencia na temperatura do ar se comparada a região de Viçosa e Teixeiras, que situam-se na sela do planalto de Viçosa, conforme explanado em trabalhos de Alves (2015), Fialho et al. (2011), Fialho e Paulo (2014), Fialho et al. (2018), Prado et al. (2018) e Fialho (2021a e 2021b).

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho utilizou um mini-abrigo meteorológico feito de Policloreto de Vinila (PVC) em cinco postos de coleta dentro do perímetro urbano de Ponte Nova (Figura 2 – Tabela 1), desenvolvido inicialmente por Machado e Jardim (2014). E também verificado por Fialho e Celestino (2017), onde constatou, que os resultados demostram que os dados obtidos pelo mini-abrigo alternativo apresentaram o mesmo padrão da Estação Meteorológica de Viçosa, pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Figura 2 - Postos de observação de temperatura do ar em Ponte Nova-MG.



Fonte: MapBiomas. Elaborado por Larissa Galvão Fontes dos Santos.

Tabela 1 - Caracterização dos pontos fixos de observação

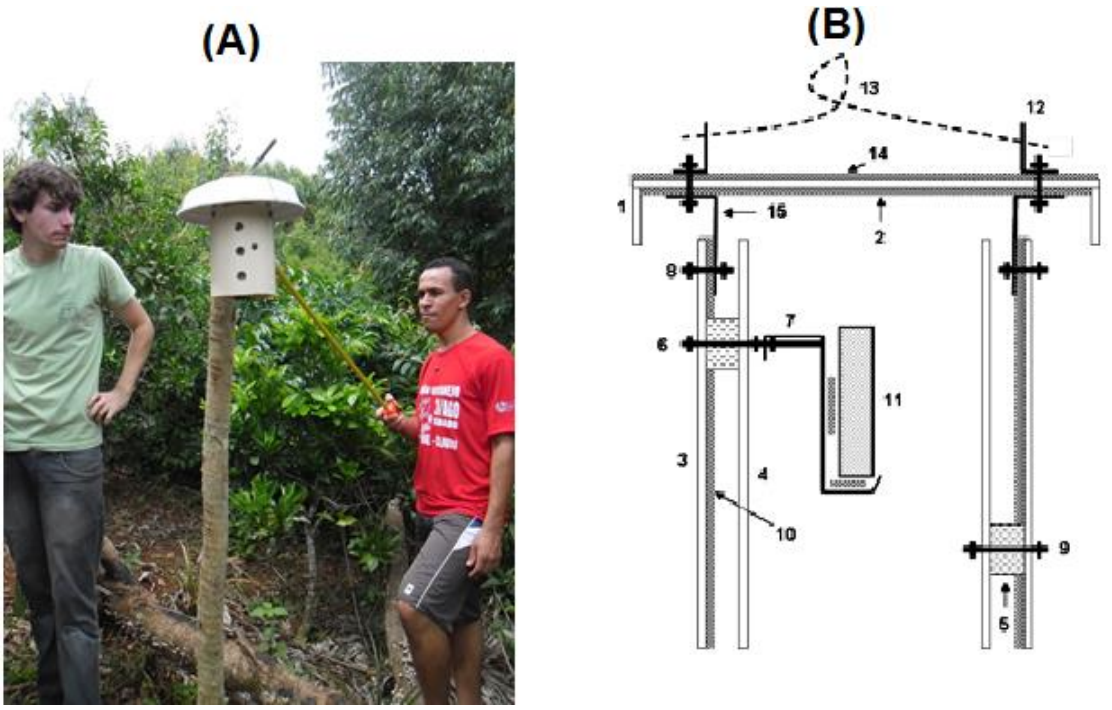
Ponto	Localização	Característica	Altitude (m)
1	Auxiliadora	Intensidade de tráfego moderada no entorno; Elevada presença de construções; Ausência de vegetação; Fixado sobre gramíneas e com calçamento de bloquete no entorno.	416
2	Bombeiro	Intensidade de tráfego baixa no entorno; Baixa presença de construções; Ausência de vegetação; Fixado sobre solo exposto.	569
3	Paraíso	Intensidade de tráfego baixa no entorno; Baixa presença de construções; Presença de vegetação; Fixado sobre gramíneas.	510
4	AABB	Intensidade de tráfego alta no entorno; Baixa presença de construções; Presença moderada de vegetação arbórea e rasteira; Fixado sobre gramíneas.	490
5	Escanteio	Ausência de tráfego no entorno; Construções esparsadas; Presença moderada de vegetação (arbórea e rasteira); Fixado sobre gramíneas.	475

Fonte: Allocca (2018, p. 36).

Muito embora, nos horários de maior radiação solar, apresenta as maiores discrepâncias. Porém, conclui-se que, os dados de temperatura do mini-abrigo de PVC mostram-se viáveis, com uma confiabilidade de 93,8 %.

Este abrigo também foi aplicado nos estudos realizados em Viçosa (FERNANDES, 2015; FIALHO et. al., 2015; FIALHO, 2015; FERREIRA e FIALHO, 2016; FIALHO e QUINA, 2016 e 2017), em Cajuri (FIALHO et al., 2016) na região da Zona da Mata Mineira (FIALHO et al. 2011; ALVES et al. 2012; FIALHO e PAULO, 2014; ALVES, 2015, PAULO e ALVES, 2015; ALLOCCA, 2018 e ALLOCCA e FIALHO, 2019) e em Serra-ES (OLIVEIRA, 2018), como pode ser visto na Figura 3.

Figura 3 - (A) Vista do mini-abrigo meteorológico em campo e (B) perfil esquemático do abrigo (direita):



Legenda da Figura 3(B): 1. Teto; 2. Lâmina de isopor; 3. Tubo PVC; 4. Tubo PVC; 5. Calço de madeira para manter afastamento e fixar as paredes; 6. Parafuso unindo os dois abrigos e o suporte do sensor; 7. Suporte do registrador; 8. Parafuso da haste; 9. Parafuso de união dos dois abrigos; 10. Lâmina de EVA; 11. Registrador; 12. Alça externa; 13. Arame; 14. Lâmina de EVA superposta ao isopor; 15. Haste de metal unindo teto e corpo do abrigo **(B).**
Fonte: Adaptado de Machado e Jardim (2014).

Técnica dos *quantis* aplicada aos dados climáticos

Após o período de observação em Ponte Nova entre fevereiro de 2017 e janeiro de 2018, a análise estatística e exploratória dos dados coletados foi aplicada a técnica dos quantis (XAVIER e XAVIER, 1987) sumarizada por meio de dados agrupados.

Para isso, utilizou-se uma forma gráfica, denominada Boxplot, que permite uma análise descritiva e a interpretação da tendência conjunta dos dados, pois possibilita, através de um recurso visual, exibir de maneira sintética os dados como: mediana, quartis e os valores pontuais máximos e mínimos, que foi confeccionado no programa Past versão 3 (HAMMER et al., 2001).

Os intervalos de cada percentil representam as probabilidades ou frequências esperadas para cada um dos eventos que podem ocorrer na sequência da série temporal de uma variável x (ANANIAS et al., 2010). Portanto, a metodologia adotada consiste na distribuição em ordenamento crescente de uma série amostral contínua.

Fator de Obstrução do Céu

Em relação à obtenção do valor do índice de obstrução do horizonte à entrada de radiação pode ser obtida por estimativa ou conhecimento do Fator de Visão do Céu (FVC) ou Sky View Factor (SVF), utilizou-se uma máquina Canon T5, um tripé de 1,5m de altura e uma lente olho de peixe, material pertencente ao Laboratório de Biogeografia e Climatologia da Universidade Federal de Viçosa, que seguiu as normas de orientação de uso e manuseio utilizado por Ferreira e Fialho (2016), Fernandes et al. (2017), Allocca et al. (2018) e Fialho et al. (2019) além do uso do software RayMan 1.25 para que fossem calculados os índices de visão do céu. Na classificação dos valores do SVF, considerada a proposta de Collischonn (2015), onde Alta Obstrução varia de 0 a 0,400; Obstrução Moderada 0,401 a 0,700 e Baixa Obstrução 0,701 a 1.

Classificação dos sistemas sinóticos

Pautado em fundamentos genéticos e dinâmicos, assim como em um mecanismo de encadeamento sequencial de tipos de tempo, que propõe uma compreensão rítmica dos tipos de tempo (MONTEIRO, 1971). A classificação dos sistemas sinóticos obedeceu à

nomenclatura dos sistemas proposta por Borsato (2016). Ainda esta parte da pesquisa a verificação dos sistemas atmosféricos atuantes sobre a região em questão, foi realizada por meio das cartas sinóticas coletadas no site da Diretoria de Hidrologia e Navegação (DHN) da Marinha, as quais foram analisadas e relacionadas com os dados de superfície coletados nos postos para os meses de março, maio, julho e outubro.

Mapeamento do uso da terra

O mapeamento do uso da terra da área do perímetro urbano de Ponte Nova (Figura 1), foi baseado nos dados do projeto MapBiomas, baseado no processamento de mosaicos criados a partir das melhores cenas do ponto órbita durante o período do ano em que é analisado, utilizando a série de satélites Landsat, abrangendo o período de 1985, começo da série de satélites Landsat até os dias atuais (MAPBIOMAS, 2020).

O Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil (MapBiomas), uma iniciativa que envolve uma rede colaborativa com diversos especialistas em diversas áreas incluindo: especialistas em cada um dos biomas nacionais, nos usos da terra, em sensoriamento remoto, no Sistema de Informações Geográficas (SIG) e em Ciência da Computação (SOUZA JUNIOR, 2017). Além disto, foi elaborado um levantamento do percentual dos tipos de uso e cobertura da terra, num raio de 30 metros de cada ponto de registro, a fim de avaliar a correlação com a temperatura do ar.

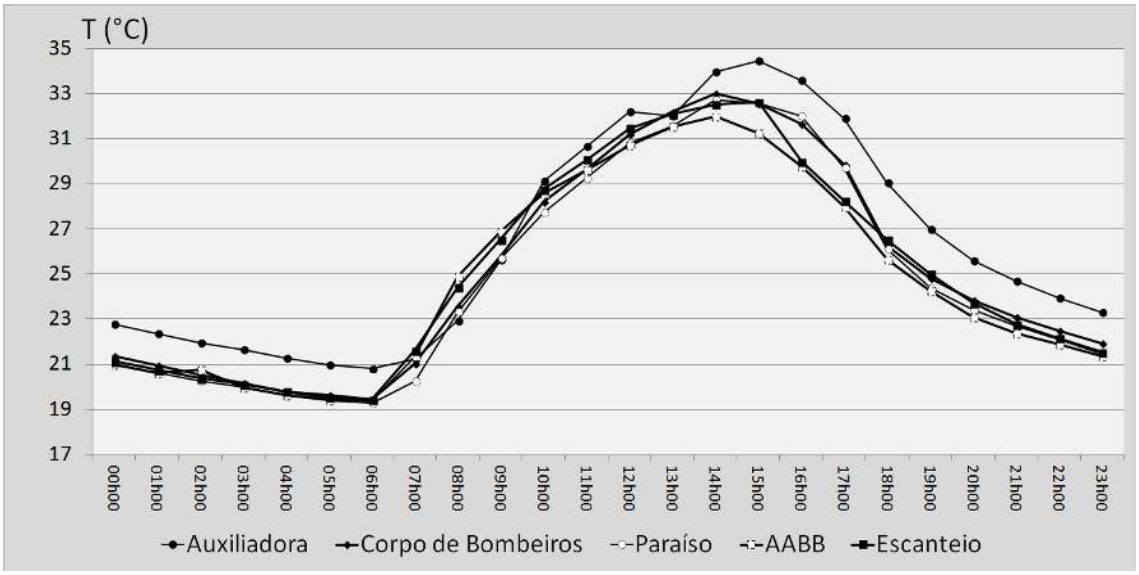
Síntese da análise

A partir do levantamento das informações de SVF, o mapeamento do uso da terra, a classificação dos sistemas sinóticos, os dados de temperatura do ar, que foram registrados na escala horária, foi analisada a partir da técnica dos quantis, sob a perspectiva da análise rítmica. O acompanhamento da variação da temperatura do ar, não apenas ficou restrito à média da temperatura diária, mas há variação em momentos do dia (manhã, tarde, noite e madrugada). Isto porque, a área de pesquisa, apresenta uma variação da inclinação das vertentes do relevo, como visto na Figura 2, associada à variação altimétrica e orientação do mesmo, importante papel na distribuição da energia calorífica e luminosa das mesmas.

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Com a informação obtida, a partir dos pontos fixos, percebe-se que, embora as temperaturas médias mensais entre os pontos apresentem pouca diferença, quando se observa a dinâmica de ganho e perda de energia térmica ao longo do ciclo de 24 horas (Figura 4), nota-se uma diferença de desempenho entre eles, que se torna mais evidente, quando se detém atenção nos horários das 9h00min, 15h00min e 21h00min.

Figura 4 - Variação da Temperatura do ar média em Ponte Nova-MG, durante o ciclo de 24 horas, com base no período de observação - março, maio, julho e outubro de 2017.



Fonte: Bioclima. Elaborado por Edson Soares Fialho.

Determinados pontos têm sua dinâmica de aquecimento iniciada mais cedo, variando de acordo com o dia do mês e também com a estação do ano. Do mesmo modo, alguns lugares possuem uma dinâmica de perda de calor mais lenta do que os demais, característica que também não está restrita, pois as características do lugar (cor, textura, tipo de material, dentre outros) influenciam no albedo.

O ponto Auxiliadora (Tabela 2), registrou as maiores médias térmicas em quase todos os meses (março, maio, julho e outubro) do período de observação, possivelmente está relacionado à sua localização.

O ponto situa-se em um ambiente de grande adensamento construtivo e de maior dinâmica da área urbana de Ponte Nova-MG, onde se localizam muitas lojas, bancos, supermercados, algumas escolas e um dos hospitais da cidade, o que lhe confere um ritmo e afluxo de pessoas e veículos constante durante o dia.

Tabela 2 - Estatística descritiva dos postos de observação térmica em Ponte Nova-MG.

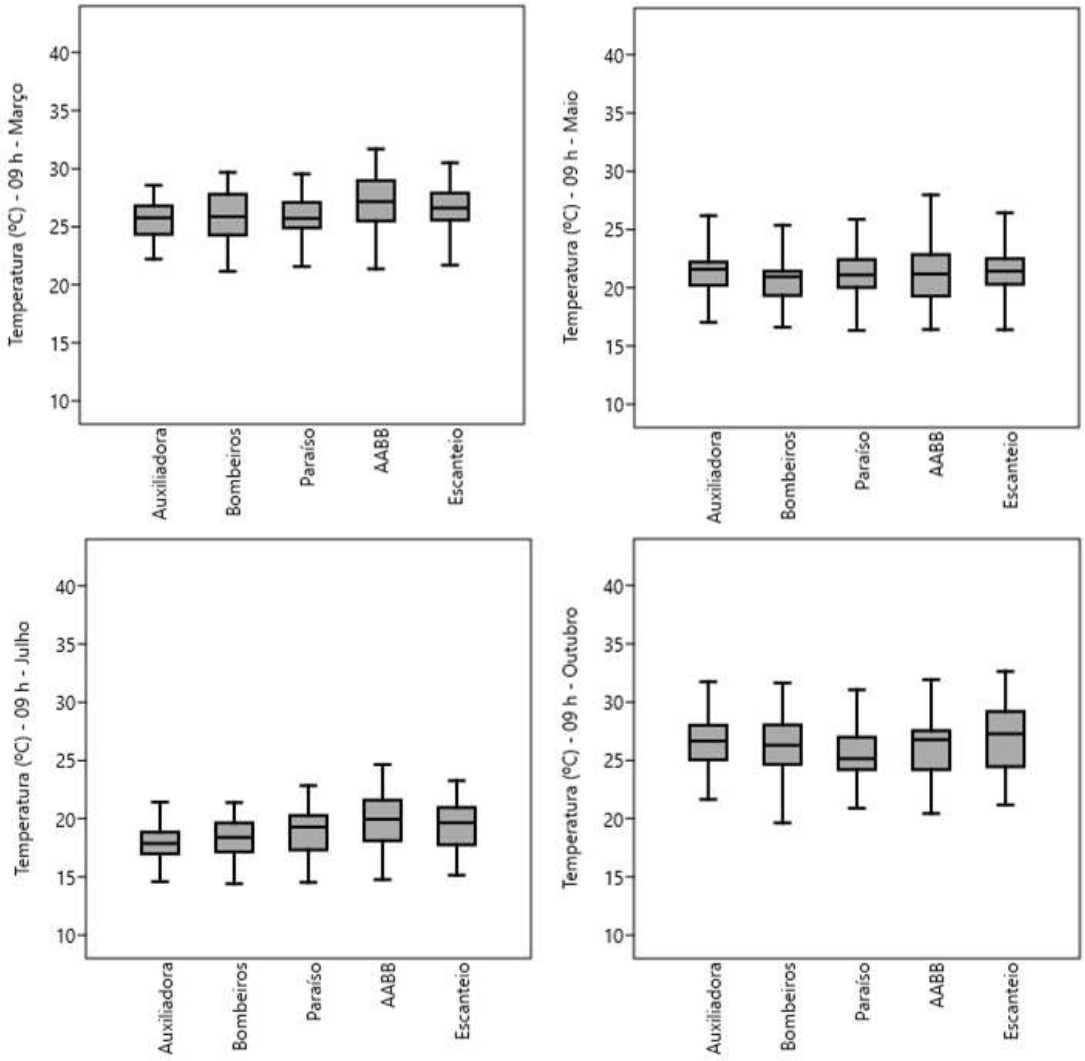
Ano	Mês	Estatística descritiva	Pontos Fixos de Observação				
			Auxiliadora	Bombeiros	Paraíso	AABB	Escanteio
2017	Março	Média	26,38	25,14	24.83	24,74	25,06
		Mediana	26,95	25,60	25,26	25,18	25,50
		V. Máximo	29,95	28,97	28,34	28,19	28,48
		V. Mínimo	23,20	21,67	22,07	21,88	22,35
		Amplitude	6,75	7,30	6,27	6,31	6,13
	Maio	Média	21,55	20,93	20,83	20,41	20,72
		Mediana	22,01	21,08	21,16	20,60	21,05
		V. Máximo	23,88	24,45	23,57	23,16	23,52
		V. Mínimo	19,12	17,95	18,55	18,06	18,19
		Amplitude	4,76	6,50	5,02	5,10	5,33
	Julho	Média	18,71	19,04	18,58	18,05	18,40
		Mediana	18,96	19,28	18,77	18,14	18,55
		V. Máximo	21,52	21,12	20,77	20,34	20,94
		V. Mínimo	15,26	15,65	14,97	14,82	15,00
		Amplitude	6,26	5,47	5,80	5,52	5,94
	Outubro	Média	26,46	25,23	25,15	24,50	25,16
		Mediana	26,50	25,06	25,06	24,30	25,10
		V. Máximo	30,20	28,73	28,71	28,34	29,17
		V. Mínimo	22,84	21,40	21,62	21,26	21,94
		Amplitude	7,36	7,33	7,09	7,08	7,23

Fonte: Bioclima. Elaborado por Rodson Andrade Allocca.

Ao acompanhar a variação da diferença da temperatura do ar entre os pontos fixos em três momentos do dia, ao longo de quatro meses específicos, representativos de cada estação do ano, verifica-se que às 9h00min (Figura 5), o mês de maio registrou as menores diferenças de temperatura do ar, enquanto em julho, apesar dos menores registros, foram verificados as maiores diferenças térmicas, onde o ponto de observação Auxiliadora

apresentou os menores valores se comparado a AABB, que exibiu os maiores registros térmicos, bem como desvio padrão.

Figura 5 - Variação da Temperatura do ar às 9h00mim em Ponte Nova-MG



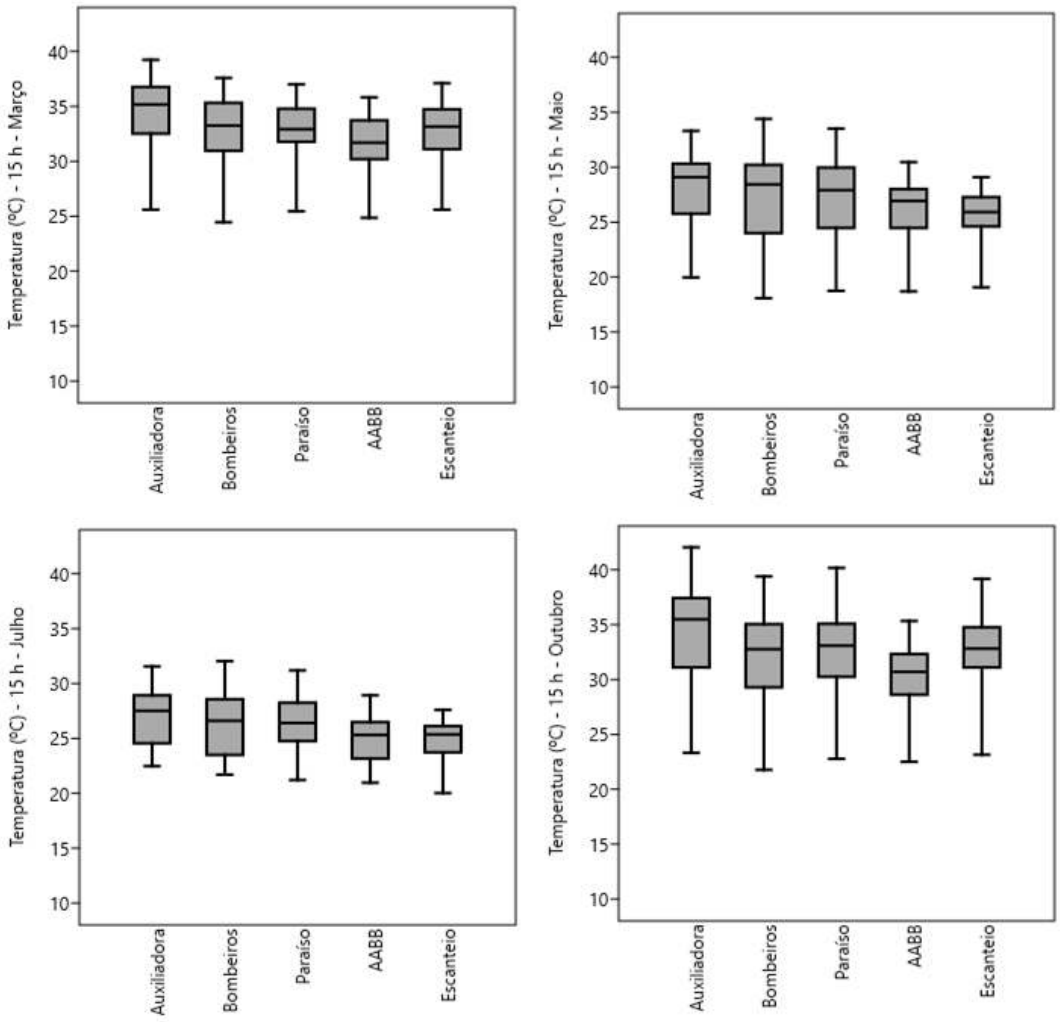
(Da esquerda para direita – Auxiliadora, Bombeiro, Paraíso, AABB e Escanteio).

Fonte: Bioclima. Elaborado por Welerson Machado da Silva.

Cabe destacar, que no Ponto 1 – Auxiliadora, apresenta 63,4% (Tabela 3) de sua área de entorno (30metros), constituído por área urbanizada, o que pode explicar a demora do aquecimento pela manhã. No horário das 15h00min (Figura 6), a estação do verão (março) apresentou as maiores temperatura registrada em todos os cinco pontos de

observação, porém na primavera (outubro), se verificou a maior diferença entre as temperaturas máximas e mínimas, como esperado, por se tratar de uma estação de transição, então é comum mudanças de tempo bruscas, com ocorrência de episódios pluviais intensos. Diferentemente, das 9h00min, o ponto Auxiliadora sempre foi o local de maior registro de temperatura do ar, e pode-se dizer que a maior diferença entre os postos de monitoramento, também foi registrado neste horário em 98,0% dos casos.

Figura 6 - Variação da Temperatura do ar às 15h00mim em Ponte Nova-MG



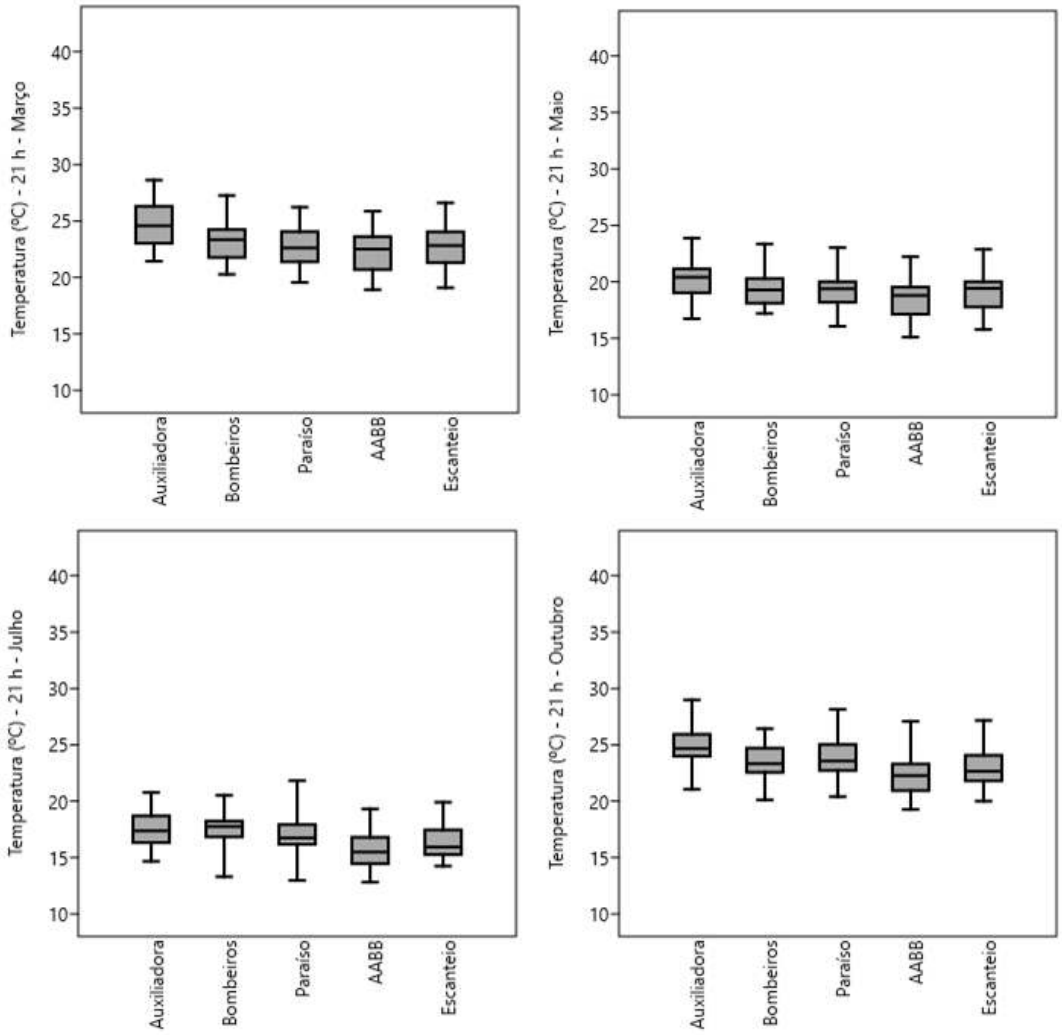
(Da esquerda para direita – Auxiliadora, Bombeiro, Paraíso, AABB e Escanteio).

Fonte: Bioclima. Elaborado por Welerson Machado da Silva.

O ponto Escanteio desta vez registrou a menor variabilidade em todas as estações do ano, principalmente, no inverno (julho).

No terceiro horário, às 21h00min, mais uma vez, Auxiliadora se caracteriza como a localidade de maior temperatura, como pode também ser verificado no ciclo de 24 horas para as temperaturas horárias, conforme a Figura 7.

Figura 7 - Variação da Temperatura do ar às 21h00mim em Ponte Nova-MG.



(Da esquerda para direita – Auxiliadora, Bombeiro, Paraíso, AABB e Escanteio).

Fonte: Bioclima. Elaborado por Welerson Machado da Silva.

Este resultado também foi encontrado por Fialho e Santos (2021) ao compararem a temperatura do ar e de superfície para os mesmos cinco pontos de observação utilizados nesse trabalho. Além disso, os mesmos autores encontraram uma relação de 73,0% entre

a temperatura do ar e de superfície. Por outro lado, o ponto da AABB, com uma área construída de 29,2% (Figura 8 e Tabela 3), registrou a menor temperatura média do período de análise (Fevereiro de 2017 a Janeiro de 2018). Com base nos resultados, que indicam a localidade de Auxiliadora como mais aquecida, Allocca e Fialho (2021) realizaram um experimento de campo com registros de temperatura do ar, com alunos do Ensino Médio, apresentado de forma articulada com a rotina cotidiana e vivências dos discentes, a fim de despertar o interesse da relação entre a dinâmica urbana e sua repercussão no meio urbano.

Figura 8 - Descrição do uso e cobertura da terra nos pontos de monitoramento da temperatura do ar em de Ponte Nova-MG.

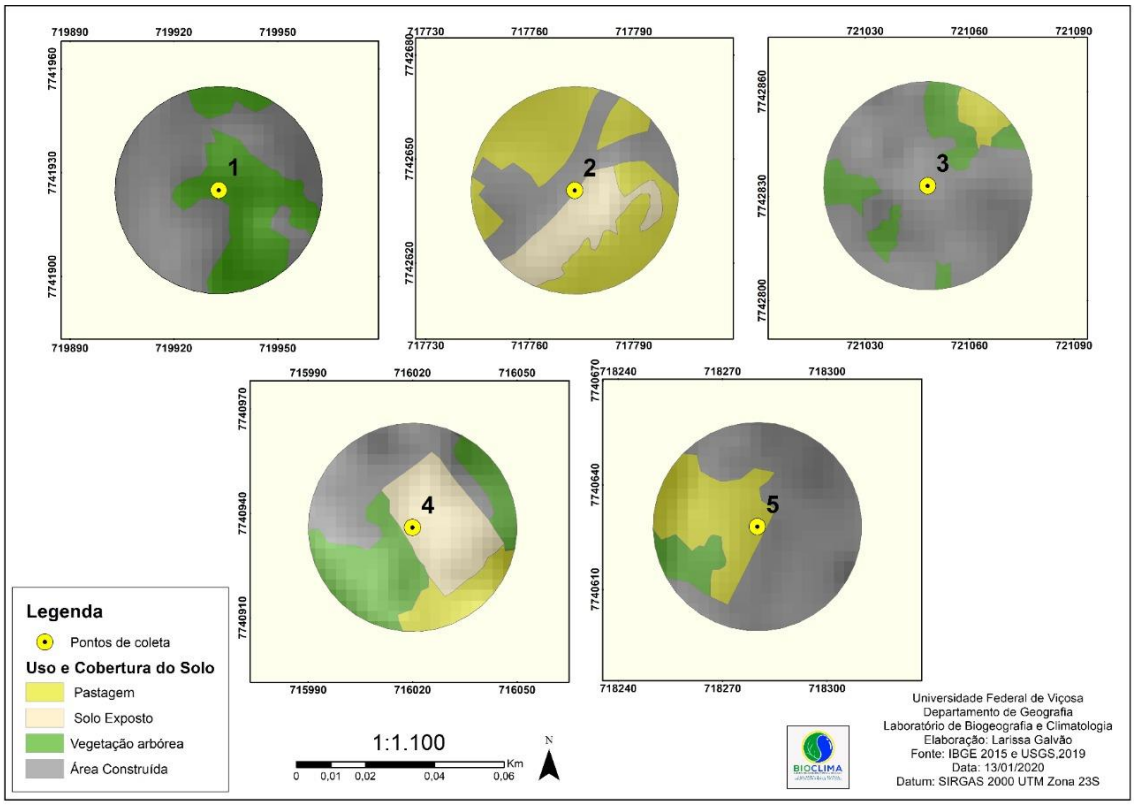


Tabela 3 - Percentual dos tipos de uso e cobertura da terra nos pontos de monitoramento de temperatura do ar, no perímetro urbano de Ponte Nova-MG.

PONTOS	Área Construída	Vegetação Arbórea	Pastagem	Solo Exposto	Altitude (m)
Ponto 1 - Auxiliadora	63,4	36,2	0,0	0,0	416
Ponto 2 - Bombeiro	29,1	0,0	49,4	21,1	569
Ponto 3 – Paraíso	75,2	19,2	5,1	0,0	510
Ponto 4 – AABB	29,2	32,5	11,2	26,8	490
Ponto 5 - Escanteio	64,4	7,8	27,4	0,0	475

Fonte: Bioclima. Elaborado por Larissa Galvão Fontes dos Santos.

O posto Bombeiro, apesar de apresenta quase que o mesmo percentual de área construída do posto AABB, com 29,1%, foi o segundo posto com os maiores registros de temperatura do ar. A explicação para tal fato, decorre da morfologia de Ponte Nova. Ao observar a Tabela 3, se identifica que o posto Bombeiro fica a 569 metros de altitude, 69 metros acima do posto AABB. E como no Bombeiro, existe uma pista de aviação, não hão obstáculo no horizonte, tanto que o SVF foi 1 para o local de observação, enquanto na AABB fora de 0,659.

A situação topográfica do posto Bombeiro, no topo da colina, explica também o maior valor da amplitude térmica (março, maio, julho e outubro de 2017), enquanto a posição de base de vertente do posto da AABB, associado as características de cobertura vegetal e sua densidade entorno do posto com 32,5%, favorece a amenização da temperatura do ar, durante o dia, pois a recepção da radiação solar é utilizada para o processo de evapotranspiração da cobertura da vegetação, enquanto à noite dada a sua localização em área deprimida de um vale de rio de primeira ordem (sem toponímia), que é represado na altura do sítio Lagoa e na sede do clube da AABB, às margens da Rodovia Luís Martins Soares, eu permite acesso a MG-262, que liga a Belo Horizonte.

O posto fica no fim deste vale, o que possibilita ser acessado pelo fluxo de ar quente ascendente vento anabático, durante o dia e do ar frio descendente oriundo da montante, durante à noite (vento catabático). Esses processos são intensificados em situações de forte estabilidade atmosférica e de baixa umidade, conforme Jardim e Galvani (2018).

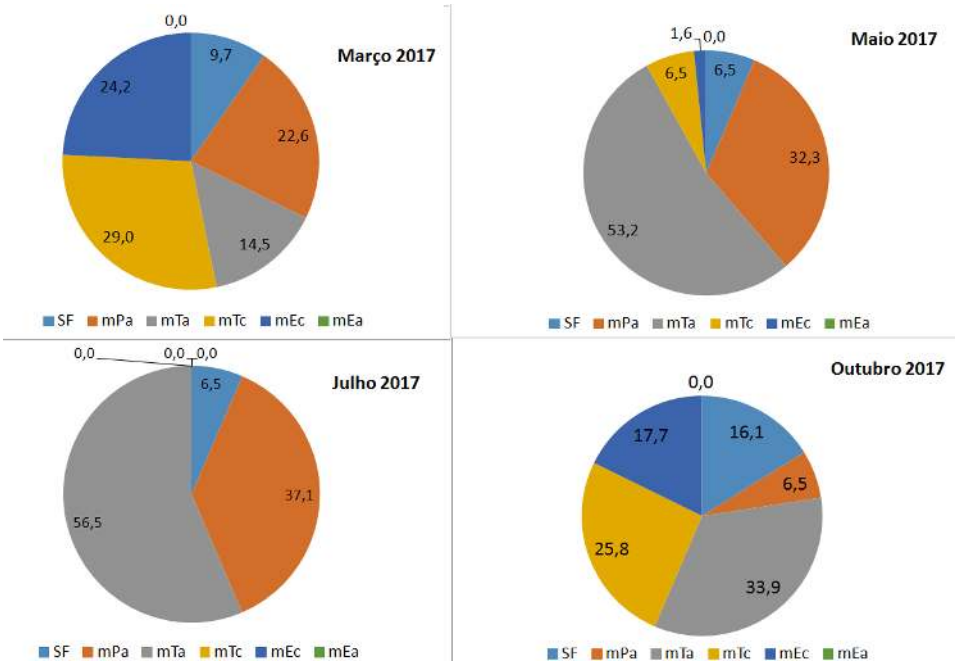
No posto Paraíso, encontra-se uma discrepância, na relação de área construída e temperatura do ar. Com uma construída de 75,2%, esse ponto de observação, assim como

o da AABB, apresentou um desvio padrão baixo. E apesar da elevada porcentagem de área construída, cabe salientar, que a mesma apresenta um perfil residencial com casas com quintal e pouco tráfego de veículos nas ruas, uma vez que a mesma, fica na periferia da cidade, nas proximidade das margens do rio Piranga, próximo as estradas rurais sem asfalto, que dão acesso as represas do Brito e do Brecha.

Em um segundo momento, quando se observa as condições produtoras de tempo, verifica-se que as diferenças de temperatura do ar, a partir das temperaturas médias diárias, variam de acordo com o predomínio de sistemas atmosféricos atuantes na região sudeste (Figura 9).

Ao observar a participação das massas de ar, nos meses de análise em questão, constatou-se que no verão a massa Tropical continental (mTc) predominou com 29,0%, no outono a massa Tropical atlântica (mTa) persistiu 53,2% dos dias, no inverno, a mTa predominou 56,5% dos dias e na primavera com 33, 9%.

Figura 9 - Sistemas sinóticos atuantes em Ponte Nova -2017.

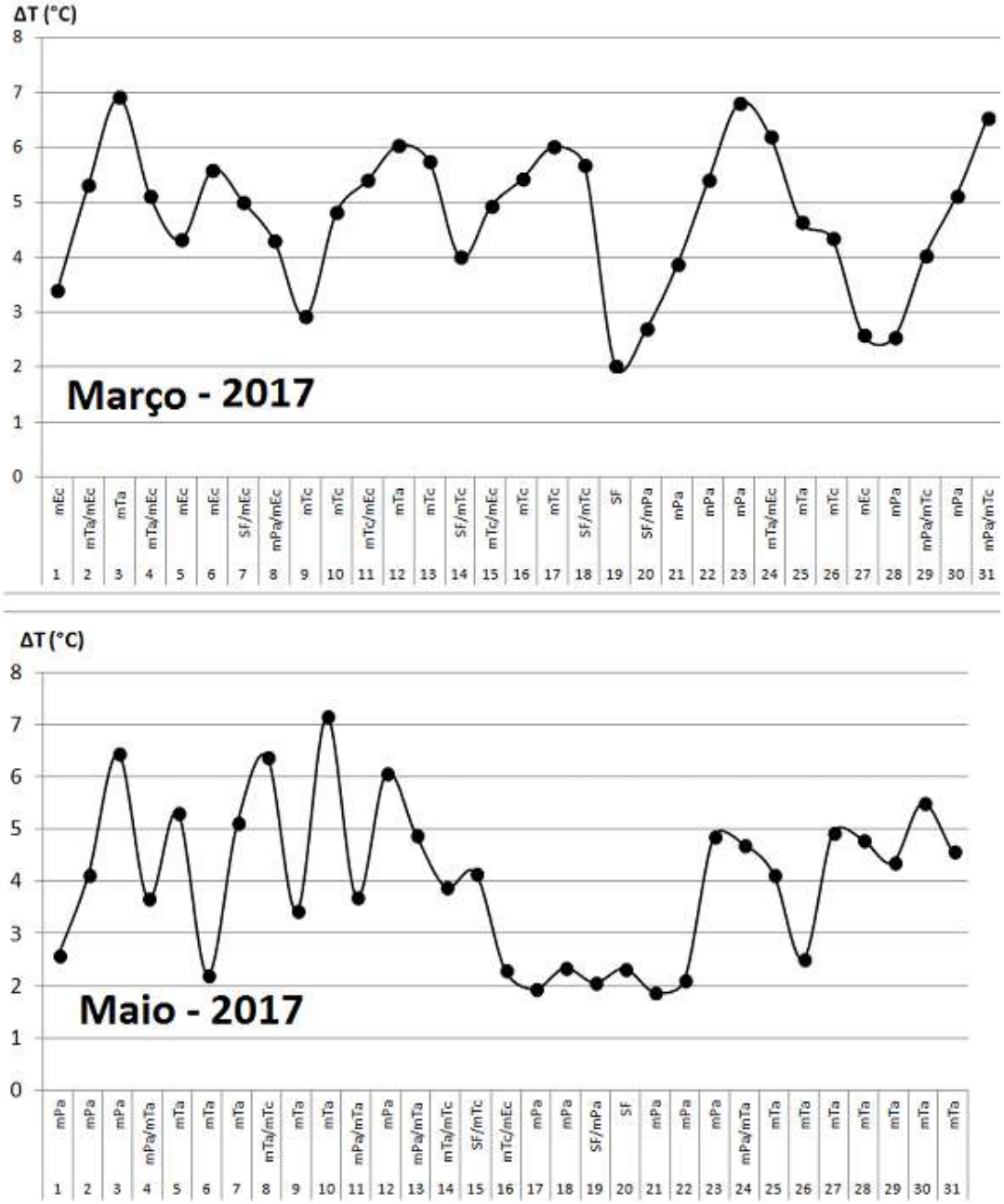


Fonte: Bioclima. Elaborado por Edson Soares Fialho.

Na Figura 10, observa-se que, no verão e no outono, as menores diferenças ocorrem, quando do predomínio da massa Polar atlântica (mPa) ou quando da atuação de

Sistemas Frontais (SF). Enquanto as maiores diferenças se estabelecem, quando do predomínio da massa Tropical atlântica (mTa).

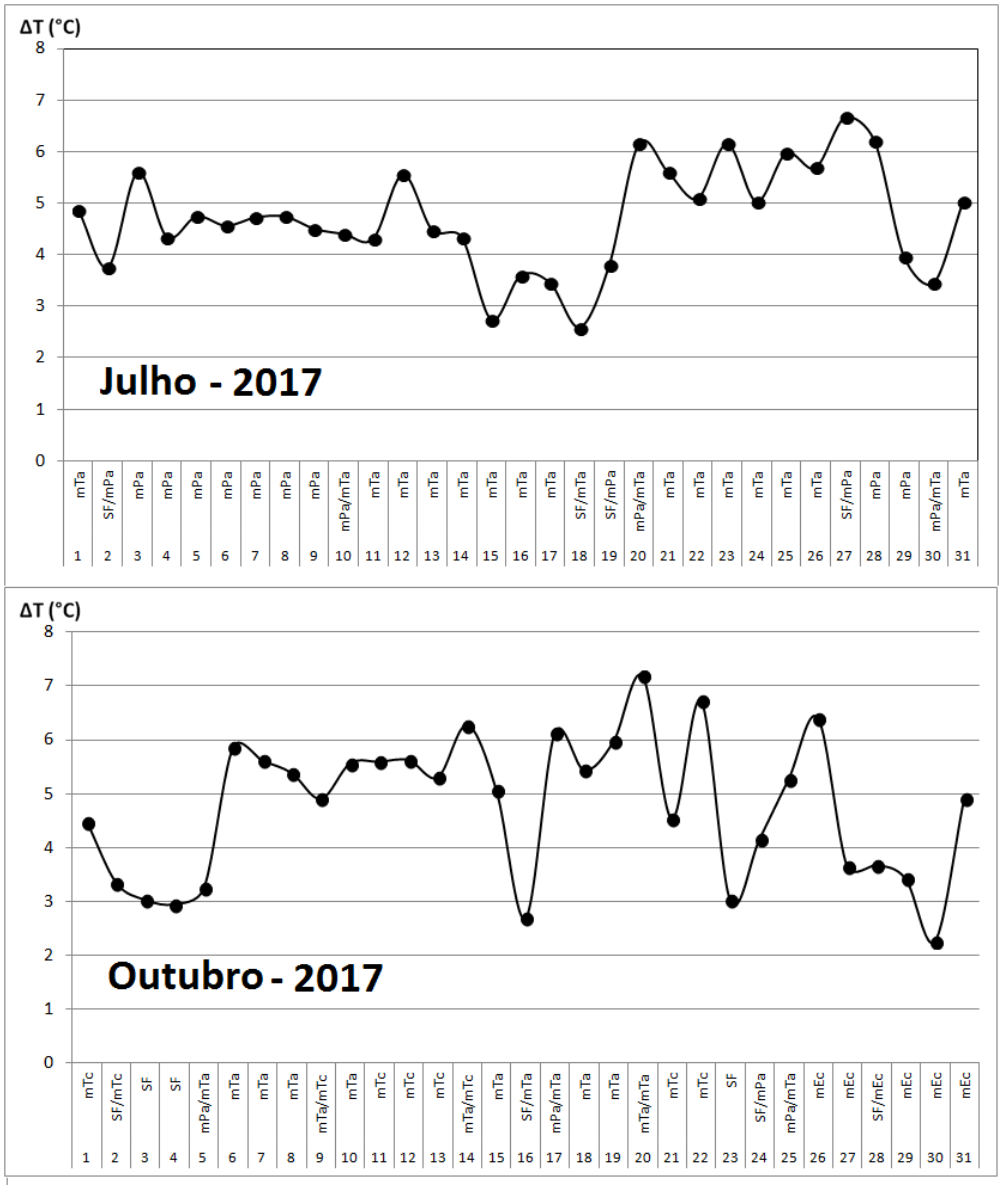
Figura 10 - Variação da diferença de temperatura diária, segundo sistema sinótico predominante para o verão e outono-2017.



Fonte: Bioclima e CHN. Elaborado por Edson Soares Fialho.

No inverno (Figura 11), também se observa, que as menores diferenças ocorrem em situações de mPa (entre os dias 4 e 9 de julho) e as maiores em situações de mTa (21 a 26 de julho). Mas, na primavera, se identifica uma maior observância da diferença de temperatura do ar, obedecendo a mudança do tempo, seguindo o ritmo de alternância entre a mPa e a mTa.

Figura 11 - Variação da diferença de temperatura diária, segundo sistema sinótico predominante para o inverno e primavera-2017.

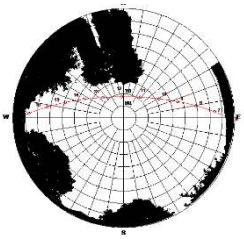
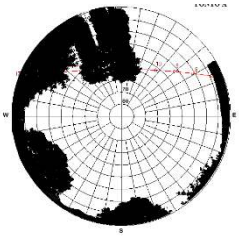
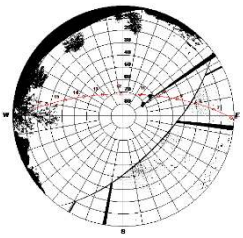
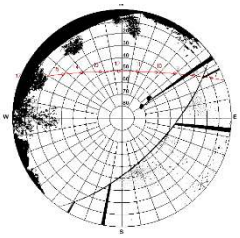
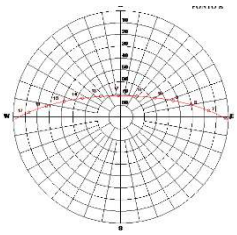
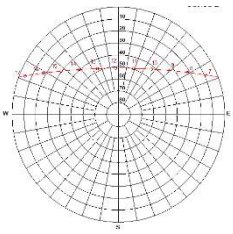
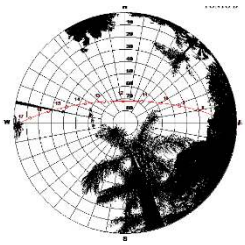
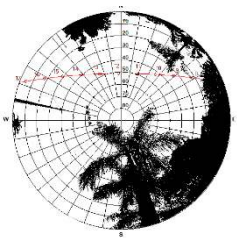
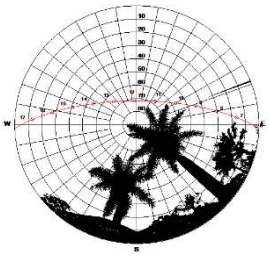
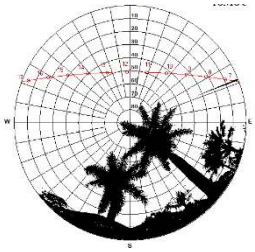


Fonte: Bioclima e CHN. Elaborado por Edson Soares Fialho.

Análise horária das diferenças térmicas e do SVF

A utilização da técnica Sky View Factor (SVF) possibilitou a constatação de que na maioria dos pontos onde foram realizadas as coletas de dados na área urbana de Ponte Nova, as obstruções da abóbada celeste não são capazes de gerar grande influência no processo de entrada de radiação solar direta. Uma associação entre a trajetória aparente do sol, a orientação do relevo onde os pontos estão situados e aos baixos índices de obstrução do céu, permite que essa radiação solar incida desde as primeiras horas da manhã (Figura 12).

Figura 12 - Gráfico polar da trajetória aparente do sol para os pontos de monitoramento de temperatura do ar em Ponte Nova-MG, no verão e inverno.

Verão	**Inverno**	**Verão**	**Inverno**
Auxiliadora 	Auxiliadora 	Escanteio 	Escanteio 
Bombeiro 	Bombeiro 	Paraíso 	Paraíso 
AABB 	AABB 	**Valores do SVF** Auxiliadora 0,689 Bombeiro – 1,0 Paraíso – 0,775 AABB – 0,659 Escanteio – 0,867	

Fonte: Bioclima. Elaborado por Rodson de Andrade Allocca.

Os valores dos índices de SVF de cada ponto podem ser verificados na Tabela 4, juntamente com informações sobre a classificação desses índices (baixa, moderada e alta obstrução) e a orientação do relevo onde o ponto de coleta está localizado.

Tabela 4 - *Sky View Factor* dos postos de observação.

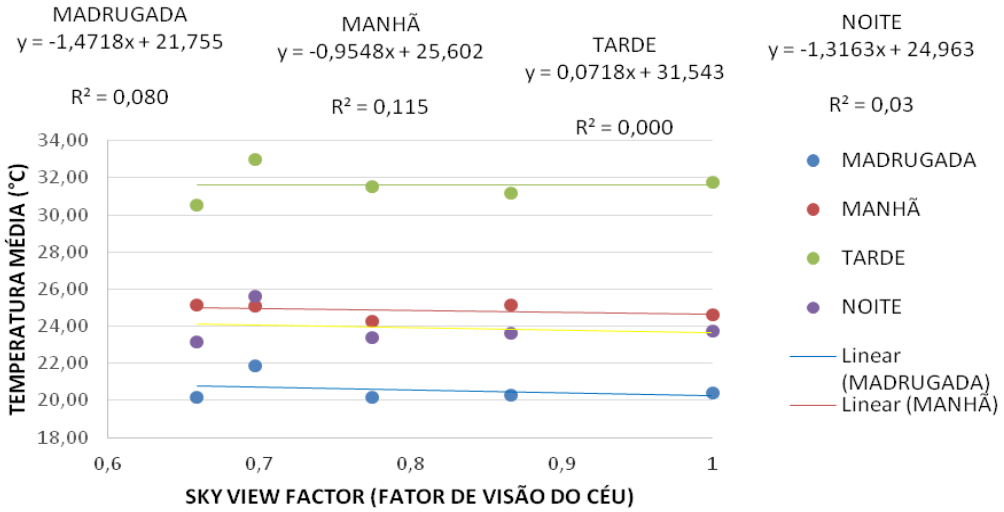
Ponto	SVF	Obstrução	Orientação do relevo
Ponto 1 -Auxiliadora	0,689	Moderada	Oeste
Ponto 2 - Bombeiros	1,0	Baixa	Relevo plano
Ponto 3 - Paraíso	0,775	Baixa	Nordeste
Ponto 4 - AABB	0,659	Moderada	Leste
Ponto 5 - Escanteio	0,867	Baixa	Leste

Fonte: Bioclima. Organizado por Rodson de Andrade Allocca.

Os baixos índices de obstrução da abóbada celeste, obtidos através da aplicação da técnica de SVF, estão ligados ao fato da cidade de Ponte Nova ainda não apresentar elevado grau de verticalização, fato esse que pode ser verificado, quando se observa as imagens das Figuras 13, 14, 15 e 16.

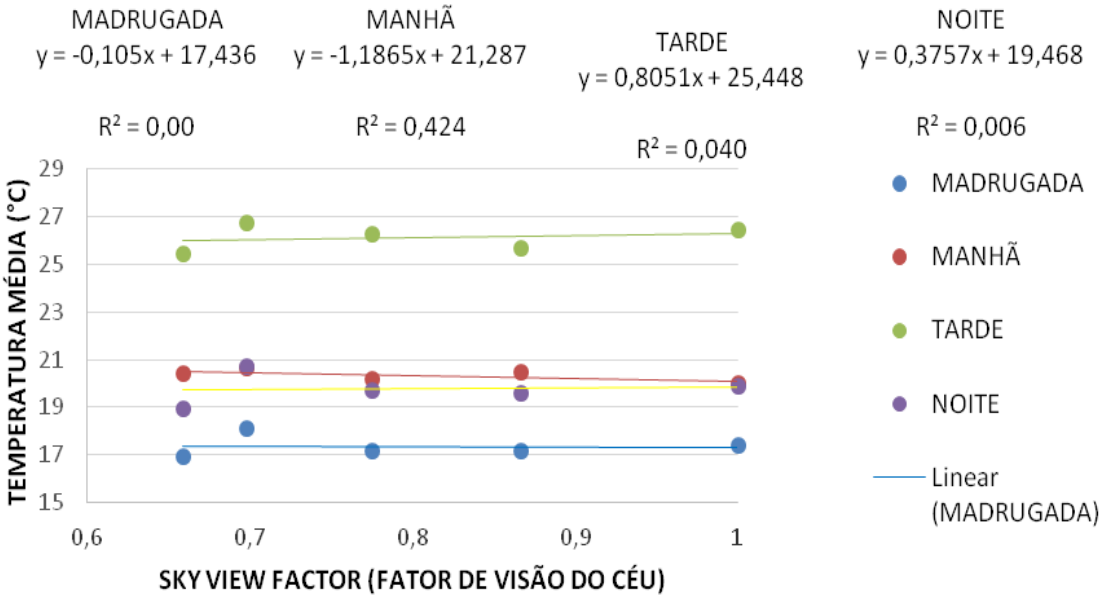
Na correlação linear entre o SVF e a temperatura do ar, dividindo o dia em períodos (manhã, tarde, noite e madrugada), constata-se, que nos valores térmicos observados no mês de maio (outono) houve uma correlação linear positiva entre o fator de visão do céu e a temperatura do ar, nos locais com menor grau de obstrução da abóbada celeste as temperaturas eram mais elevadas, explicando em cerca de 40,0% dos registros realizados no período da manhã.

Figura 13 - Correlação entre Temperatura do ar e SVF - Março/2017 em Ponte Nova



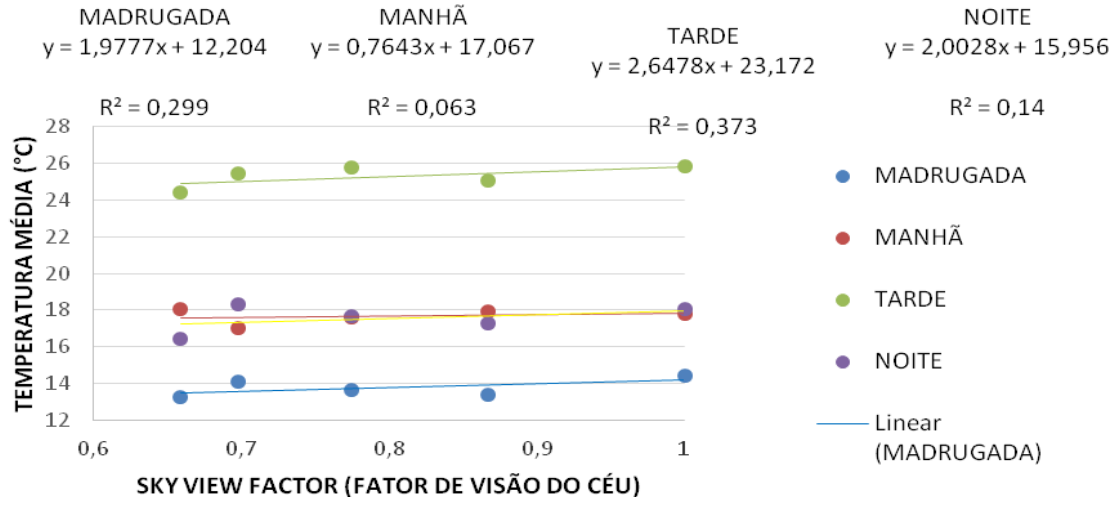
Fonte: Bioclima. Elaborado por Rodson de Andrade Allocca

Figura 14 - Correlação entre Temperatura do ar e SVF - Maio/2017 em Ponte Nova



Fonte: Bioclima. Elaborado por Rodson de Andrade Allocca

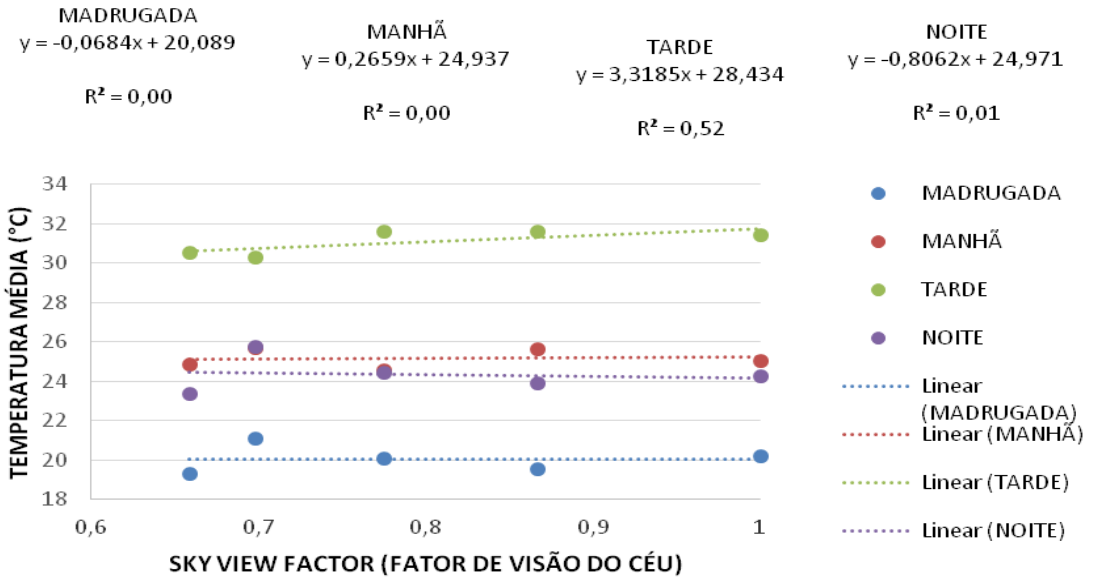
Figura 15 - Correlação entre Temperatura do ar e SVF - Julho/2017 em Ponte Nova



Fonte: Bioclima. Elaborado por Rodson de Andrade Allocca

Para o mês de outubro (Figura 14), a mesma correlação foi verificada, chegando a explicar 50,0% dos registros no período da tarde. Nesse sentido, a baixa obstrução da abóbada celeste favorece ao processo de aquecimento diurno. Para o período noturno, em todas as estações analisadas, a relação é praticamente nula, contrariando o que a literatura consagrou como sendo o momento de maior impacto do SVF no clima de uma cidade.

Figura 16 - Correlação entre Temperatura do ar e SVF - Outubro/2017 em Ponte Nova



Fonte: Bioclima. Elaborado por Rodson de Andrade Allocca

Os resultados aqui apresentados diferem-se dos encontrados em Viçosa por Ferreira (2015) e Fernandes et al. (2017), que em suas análises apresentaram uma relação forte entre o SVF e as temperaturas do ar para o período da madrugada, durante o inverno. Embora a pesquisa para Ponte Nova tenha encontrado, de uma maneira geral, baixa correlação entre o SVF e a temperatura do ar nos pontos de coleta de dados para o período analisado, não podemos excluir a interferência dos fatores geourbanos no comportamento dos dados registrados, mesmo que não seja possível identificar com total clareza em que medida ocorre essa interferência.

Por se tratar de um sítio com relevo movimentado com a presença de vales abertos, torna-se complexa a constatação dos reais fatores de influência para conformação das características do campo térmico local. Nesse sentido, mesmo no ponto do Auxiliadora que se encontra em local de maior verticalização da cidade, com sobrados, alguns edifícios novos e uma dinâmica marcada pelo grande fluxo de veículos e pessoas, não é possível afirmar se esses que fatores geourbanísticos são capazes de modificar o microclima local.

Possivelmente, as características térmicas observadas derivam das características do próprio relevo e sua interação com os sistemas formadores do clima, na qual muitas das vezes o calor é fruto de dinâmicas de circulação de escala superior associadas ao sítio convergente e sua localização, que é abrigada dos ventos e favorece a atuação da radiação solar. Conforme Jardim (2010) aventa, ocorre a existência da atuação dos fatores naturais, conjugados com os fatores humanos, que não devem ser desconsiderados.

Desse modo, ressalta-se a importância de um maior aprofundamento no âmbito das pesquisas sobre o clima urbano em cidades com características de geometria e de sítio semelhantes ao que se encontra o município de Ponte Nova. Faz-se necessária uma ampliação e, até mesmo, uma associação das técnicas utilizadas, pois uma análise que se restrinja a uma única abordagem pode ser considerada limitada e imprecisa para dar conta da complexidade dinâmica entre os fatores e elementos climáticos.

CONCLUSÕES

A tentativa de compreensão da variação espaço-temporal da temperatura no perímetro urbano de Ponte Nova-MG, localizado em um sítio convergente, na sua relação com o processo de urbanização se mostra relevante para os estudos de clima urbano, pois a partir desta análise começa-se a compreender a atuação do sítio nesta variação, bem como da atuação do meio urbano edificado e consolidado.

Isto porque, apesar de se enquadrar nos padrões de uma cidade de pequeno porte, a mesma apresenta, como a maioria dos sítios urbanos brasileiros, problemas ambientais decorrentes, em grande medida, de ordenamento do espaço urbano equivocado, que acarreta uma redução da qualidade de vida e no bem-estar dos urbanitas. Esses impactos deveriam ser prioridade do poder executivo local, responsável pelo gerenciamento desta cidade, visto que, conforme tendência mundial, esta continuará sendo o tipo de organização espacial onde se concentrará a maioria das pessoas em escala mundial.

Nesse contexto, a pesquisa desenvolvida demonstrou, por meio dos dados obtidos, primeiramente, a relação entre a condição sinótica predominante e a variação da

temperatura do ar dentro do perímetro urbano de Ponte Nova-MG. No verão, inverno e outono, foram registradas as menores diferenças térmicas, quando do predomínio da massa polar atlântica ou de sistemas frontais, enquanto as maiores diferenças foram verificadas, sob predomínio da massa tropical atlântica; já na primavera, as maiores diferença, também foi observado sob domínio da massa tropical atlântica, enquanto as menores sob ação dos sistemas frontais e da massa equatorial continental.

Além disso, pode-se constatar que o índice SVF, pelo menos no que se refere a obstrução por edificações, não apresentou uma correlação esperada com as temperaturas registradas. O papel do sítio ainda é mais importante, na configuração espacial das diferenças térmicas, como pôde ser verificado com os horários das maiores diferenças de temperatura do ar, que ocorreram às 15h00min e 16h00min, momento do dia no qual já se observa um sombreamento do fundo do vale em algumas localidades.

Por fim, cabe salientar, que se constatou uma influência do tipo de uso e cobertura da terra sobre a variação da temperatura do ar. O posto Auxiliadora, localizado na região de Palmeiras, foi o mais aquecido da cidade, tanto à noite, quanto durante o dia. A razão pela qual, se identifica esse aquecimento, durante o dia, está relacionado a centralidade exercida pelo bairro Palmeiras, por conta da localização de uma grande atividade de comércio e serviços, o que atrai um fluxo de população, já durante a noite, a conservação do calor resulta da interação do ambiente morfológico e o adensamento de estruturas no entorno do ponto de coleta.

É necessário ressaltar que ao longo dos experimentos, nem sempre os espaços intra-urbanos mais densamente ocupados apresentaram temperaturas mais altas do que os postos localizados próximo ao meio rural ou em topo de colina, durante o dia, mas no período noturno, o posto Auxiliadora sempre se manteve como o mais aquecido, com valores entre 1,0°C e 2,0°C.

Apesar do trabalho empírico não poder afirmar a existência de um clima urbano em Ponte Nova-MG, a identificação do posto Auxiliadora, situado na área de maior dinâmica urbana e com uma das maiores taxas de área construída dentre os postos de observação, ser o mais aquecido durante o período noturno, é possível dizer que há uma

tendência de aquecimento em certos ambientes, o que ressalta a necessidade de um planejamento estratégico quanto à adequação do espaço urbano citadino

(Des)humanidades da Paisagem.

A Paisagem é Física?

é Natureza?

é (des)humanizada?

NÃO...!!!!!!!!

A Paisagem é Natureza culturalizada,

transformada, tecida e tramada.

A Paisagem é co-evulução,

onde se materializa em ações,

que deixa vestígios, testemunhos, que se metamorfisam

sobre um espaço morfologicamente humano e desigual.

Inverno nas alterosas mineiras do ano de 2020.
Autor: Edson Soares Fialho

AGRADECIMENTOS

À Professora Dra. Érika Collischonn (Universidade Federal de Pelotas-UFPEL) pela leitura crítica e suas contribuições ao longo do trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela concessão das Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC), que permitiram a realização do trabalho, que faz parte do Projeto: *Paisagens, Clima e Territórios apropriados*: Uma discussão sobre o significado social do clima em diferentes sociedades e escalas geográficas (Registro SISPPG–Sistema de Pesquisa e Pós-graduação: 10708275919) desenvolvido no Bioclima/Laboratório de Biogeografia e Climatologia (*Redes Sociais: Instagram: @bioclimaufv Facebook: https://www.facebook.com/bioclimaufv/. Home-page: https://www.bioclima.ufv.br/*) do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil:** potencialidades paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editora, 2003. 159p.

ALLOCCA, R. A. **Análise do campo térmico na área urbana de Ponte Nova, Minas Gerais**. 159f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Centro de Ciências Humanas e Naturais da UFES. Vitória, 2018. Disponível em: <http://repositorio.ufes.br/bitstream/10/10673/1/tese_12778_Disserta%C3%A7%C3%A3o_Final%20%28Vers%C3%A3o%20Digital%29.pdf>. Acesso em: 16 maio 2020.

ALLOCCA, R. A.; OLIVEIRA, W. D.; FIALHO, E. S. O uso do sky view factor na análise do campo térmico noturno, em episódio de verão, no perímetro urbano, do município de Ponte Nova – MG, na Zona da Mata Mineira. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 13, 2018. Minas Gerais, ***Anais***..., Juiz de Fora: ABCLIMA/UFJF, 2018. Disponível em: <http://www.abclima.ggf.br/sbcg2018/site/anais/arquivos/18/0df85354d00b0e3d7a1b2f0255eed4af.pdf >. Acesso em: 19 maio 2020.

ALLOCCA, R. A.; FIALHO, E. S. O campo térmico no perímetro urbano de Ponte Nova-MG (Zona da Mata Mineira), em situações sazonais de verão e Inverno, no ano de 2017. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba-PR, v. 24, n. 15, p. 300-329, 2019. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/60753>. Acesso em: 25 maio 2020.

ALLOCCA, R. A.; FIALHO, E. S. Uma experiência no ensino de climatologia escolar. **Revista Brasileira de Climatologia**, Dourados-MS, Ano 17, v. 28. P. 220-241, 2021. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/rbclima/article/view/14502>. Acesso em: 27 set. 2021.

ALVES, R. S.; FIALHO, E. S. SILVA, A. C. S. Uma análise comparada de parâmetros climáticos em situação de inverno (2011), ao longo do perfil Ubá-Ponte Nova, na Zona da Mata Mineira. **Revista Acta Geográfica**, Boa Vista-RR, Ed. Especial. Climatologia Geográfica, p. 87-100, 2012. Disponível em: <https://revista.ufrr.br/actageo/article/view/1096>. Acesso em: 12 maio 2020.

ALVES, R. S. **Interações entre fatores e elementos do clima no percurso Ponte Nova – Viçosa – Ubá, Zona da Mata Mineira**: identificação de diferentes ambientes termohigrométricos. 2015. 79 f. Monografia (Bacharel em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2015. Disponível em <http://www.geo.ufv.br/wp-content/uploads/2015/12/Rafael-de-Souza-Alves.pdf>. Acesso em: 25 maio 2020.

ANANIAS, D. S.; SOUZA, E. B.; SOUZA, P. F. S.; SOUZA, A. M. L.; VITORINO, M. I.; TEIXEIRA, G. M.; FERREIRA, D. B. Climatologia da estrutura vertical da atmosfera em novembro para Belém - PA. **Revista Brasileira de Meterologia**, São Paulo-SP, v. 25, n. 2, p. 218-226, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbmet/v25n2/a06v25n2.pdf>. Acesso em: 26 maio 2020.

BORSATO, V. **A dinâmica climática do Brasil e massas de ares.** Curitiba: CRV, 2016. 193p.

BRANDÃO, A. M. P. M. O clima urbano da cidade do Rio de Janeiro. In: Monteiro, C. A. F. Mendonça, F. (orgs.).: **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto, p. 93-120, 2009. 192p.

COLLISCHONN, E. O fator de visão do céu e sua influência sobre as características térmico-higrométricas intra-urbanas em Pelotas/RS, Brasil. **Geographia Meridionalis**, Pelotas-RS, v. 1, n. 1, p.160–178, 2015. Disponível em <https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/Geographis/article/view/5716>. Acesso em:26 maio 2020.

DHN - Diretoria de Hidrologia e Navegação da Marinha do Brasil. Cartas sinóticas da Marinha. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/chm/dados-do-smm-cartas-sinoticas/cartas-sinoticas>. Acesso em: 10 maio 2020.

FERNANDES, L. A. Ambientes urbanos e fatores naturais na conformação das condições climáticas no período de inverno em Viçosa/MG. **Revista de Ciências Humanas**, Viçosa-MG, v. 15, n. 2, p. 366-380, 2015. Acesso em: <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/13076>. Acesso em: 10 maio 2020.

FERNANDES, L. A.; BRANDÃO, L. P.; FIALHO, E. S. The Relationship between the Geoecological and Anthropic Aspects for the Conformation of the Urban Climate of Viçosa-MG in the Synotic Situation of Stability in 2015. **Climate**, New York-EUA, v. 5, n. 2, p. 1-10, 2017. Disponível em <https://www.mdpi.com/2225-1154/5/2/35>. Acesso em: 24 maio 2020.

FERREIRA, G. R. **Estudo do campo térmico e sua relação com o sky view factor em situação sazonal de verão no centro urbano de Viçosa-MG**. 70f. Dissertação (Monografia em Geografia). Departamento de Geografia, Universidade Federal de Viçosa. 2015. Disponível em: <https://www.geo.ufv.br/wp-content/uploads/2015/07/Gabriela-Regina-Ferreira.pdf>. Acesso em 23 maio. 2020.

FERREIRA, G. R.; FIALHO, E. S. Campo térmico x fator de visão do céu: estudo da área central do município de Viçosa - MG em episódios de outono e inverno/2014. **Boletim Gaúcho de Geografia**, Porto Alegre-RS, v. 43, n.1, p. 247-271, 2016. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/bgg/article/view/53920>. Acesso em: 15 maio 2020.

FIALHO, E. S. **Ilha de calor em cidade de pequeno porte:** Caso de Viçosa, na Zona da Mata Mineira. 259f. Tese (Doutorado em Geografia Física) Faculdade de Filosofia, Ciência, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo-USP, 2009. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-22022010-154045/publico/EDSON_SOARES_FIALHO.pdf>. Acesso em: 29 set. 2021.

FIALHO, E. S.; NASCIMENTO, R. A.; SILVA, C. H.; SILVA, L. O. Compreendendo a dinâmica das enchentes e suas repercussões no médio e baixo vale da bacia hidrográfica do rio Piranga em dezembro de 2008. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 9, 2010. Ceará, ***Anais***..., Fortaleza: ABCLIMA/UFC, 2010. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/276273659_COMPREENDENDO_A_DINAMICA_DAS_ENCHENTES_E_SUAS_REPERCUSSOES_NO_MEDIO_E_BAIXO_VALE_DA_BACIA_HIDROGRAFICA_DO_RIO_PIRANGA_EM_DEZEMBRO_DE_2008_1>. Acesso em: 19 mar. 2020.

FIALHO, E. S.; ALVES, R. S.; LOPES, D. I. Clima e sítio na Zona da Mata Mineira: Uma análise em episódio de verão. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba-PR, v. 7, n. 8, p. 118-136, 2011. Disponível: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/25799>. Acesso em: 25 set. 2020.

FIALHO, E. S. O clima e a gestão do território: o papel da defesa civil no processo de reconstrução das áreas atingidas por eventos atmosféricos extremos. **Revista Entre-Lugar**, Dourados-MS, v. 3, n. 6, p. 109-126, 2012. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/entre-lugar/article/view/2449/1400>. Acesso em: 26 set. 2021.

FIALHO, E. S.; PAULO, M. L. S. Clima e sítio: A variabilidade termohigrométrica, ao longo do transeto Ponte Nova-Ubá, na Zona da Mata Mineira-Brasil. In: SILVA, C. A.; FIALHO, E. S.; STEIINKE, E. T. (Orgs.). **Experimentos em Climatologia Geográfica**. Dourados: EdUFGD, p. 107-128, 2014, 391p.

FIALHO, E. S. As repercussões da expansão da mancha urbana na dinâmica climática local de Viçosa-MG. **Revista de Ciências Humanas**, Viçosa-MG, v. 15, n. 2, p. 301-323, 2015. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/13099>. Acesso em: 15 maio 2020.

FIALHO, E. S.; QUINA, R. R.; ALVES, R. S.; MIRANDA, D. E. C. O campo térmico em situação sazonal de verão, no município de Viçosa-MG. **Revista Geografias**, Belo Horizonte-MG, Edição Especial III SEGEO, p. 80-98, 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/geografias/article/view/15836>. Acesso em: 10 maio 2020.

FIALHO, E. S.; QUINA, R. R. Análise das diferenças térmicas entre o campo e a cidade em situação sazonal de verão, em 2014, no município de Viçosa (MG). **Revista Entre-Lugar**, Dourados-MS, v. 7, n. 14, 2016. Disponível em

<http://ojs.ufgd.edu.br/index.php/entre-lugar/article/view/8145>. Acesso em: 26 maio 2020.

FIALHO, E. S.; QUINA, R. R. O campo térmico no município de Viçosa-MG, Brasil, durante o período de verão (2014/2015) e inverno (2015). **Revista de Geografia e Ordenamento do Território**, Lisboa, n. 12, p. 127-151, 2017; Disponível em: <http://cegot.org/ojs/index.php/GOT/article/viewFile/2017.12.006/pdf>. Acesso em: 17 maio 2020.

FIALHO, E. S.; CELESTINO, E. J.; QUINA, R. R. O campo térmico em situação episódica de primavera em uma cidade de pequeno porte, na zona da mata mineira: um estudo de caso em Cajuri-MG. **Revista de Geografia**, Recife-PE, v. 33, n. 4, p. 299-318, 2016. Disponível em <https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/229300>. Acesso em: 25 maio 2020.

FIALHO, E. S.; CELESTINO, E. J. Abrigos termo-higrométricos de policloreto de vinila. **Revista Entre-Lugar**, Dourados-MS, v. 8, n. 16, p. 164-188, 2017. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/entre-lugar/article/view/8072>. Acesso em: 23 set. 2021.

FIALHO, E. S.; SANCHES, F. O.; ALVES. R. S.; PAULO, M. L. S.; OLIVEIRA, W. D.; FERNANDES, L. A.; PRADO, L. B. Proximidades e contendas: uma análise das diferenças entre parâmetros climáticos ao longo do *transect* Ponte Nova-Ubá, na Zona da Mata Mineira. **Revista Brasileira de Climatologia**, Dourados-MS, v. 14, Dossiê Especial sobre Climatologia de Minas Gerais. 8, p. 357-368, 2018. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/rbclima/article/view/14076/7317>. Acesso em: 26 set. 2021.

FIALHO, E. S.; FERNANDES, L. A.; CORRREA, W. S. C. Climatologia urbana: conceitos, metodologias e técnicas. **Revista Brasileira de Climatologia**, Edição Especial do Simpósio Brasileiro de Climatologia-SBCG-2018, Curitiba-PR, v. 15, n. 2, p. 47-85, 2019. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/65748>. Acesso em: 5 set. 2021.

FIALHO, E. S. Experimentos climáticos realizados pelo BIOCLIMA da UFV na Zona da Mata Mineira. in: CHRYSOSTOMO, M. I.; FARIA, A. L.; IORIO, G. S. (orgs.).: **Espaço, Dinâmicas territoriais e apropriações**. Editora UFV, Viçosa-MG, p. 169-194, 2021a. 280p. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/351101363_Experimentos_climaticos_realizados_pelo_BIOCLIMA_da_UFV_na_Zona_da_Mata_Mineira>. Acesso em: 10 set. 2021.

FIALHO, E. S. Topoclimatologia: Estudo de caso do transect Ponte Nova-Ubá, na Zona da Mata Mineira. **Humboldt**: Revista de Geografia Física e Meio Ambiente, Rio de

Janeiro-RJ, v. 1, n. 2, 2021b, 34p. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/humboldt/article/view/57374>. Acesso em: 3 fev. 2021.

FIALHO, E. S.; SANTOS, L. G. F. A climatologia urbana e o uso do sensoriamento remoto: Um estudo de caso em uma cidade de pequeno porte em clima tropical de altitude. **Revista Geografia**, Rio Claro-SP, v. 41, n, 1, 28p., 2021. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/ageteo/article/view/16047>. Acesso em: 23 set. 2021.

HAMMER, O., HARPER, D., RYAN, P. D. **Past:** Pacote de software de estatísticas paleontológicas para educação e análise de dados. Palaeontologia Electronica, v. 4, n. 1, 9p. 2001. Disponível em: <http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm>. Acesso em: 8 jun. 2020.

IBGE-CIDADES. **Dados censitários resumidos de Ponte Nova-MG**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/ponte-nova/panorama>. Acesso em: 25 set. 2021.

JARDIM, C. A.; FERREIRA, M. A correlação dos fatos geográficos em climatologia e partir da noção de "sítio" e "situação". In: ENCONTRO NACIONAL DE GEÓGRAFOS DA AMÉRICA LATINA, 5., São Paulo. ***Anais...,*** São Paulo: Universidade de São Paulo, p. 7099-7111, 2005. Disponível em: <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal10/Procesosambientales/Climatologia/06.pdf>. Acesso em: 25 maio 2020.

JARDIM, C. H. Variações da temperatura do ar e o papel das áreas verdes nas pesquisas de climatologia urbana. **Revista de Ciências Humanas**, Viçosa-MG, v. 10, n. 1, p. 9-25, 2010. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/RCH/article/view/3495>. Acesso em: 23 set. 2021.

JARDIM, C, H. GALVANI, E. Uso da Terra e Variações da Temperatura do Ar no Interior e Áreas Limítrofes ao Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo-SP. Volume Especial do II Workshop do Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, p. 162-173, 2018. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/145802/147233>. Acesso em: 26 set. 2021.

SOUZA JUNIOR, C. **Mapbiomas**. MapBiomas General "Handbook", v. 1, p. 15, 2017.

MACHADO, F. L. V.; JARDIM, C. H. Indicadores climáticos de degradação ambiental em áreas urbanas: o aglomerado da Serra em Belo Horizonte – MG. In: SILVA, C. A.; FIALHO, E. S. STEINKE, E. T. (orgs).: **Experimentos em Climatologia Geográfica**. Dourados-MS: Ed.UFGD, p. 107-144, 2014, 392p.

MAPBIOMAS. Projeto MapBiomas, **Coleção 4.0 da série anual de mapas de uso e cobertura do solo do Brasil**. Disponível em: <www.mapbiomas.org>. Acesso em: 12 de dez 2020.

MARCHI, O. A. M.; CALIJURI, M. L.; COSTA, S. H. G.; LUGÃO, W. G.; SOUZA, P. J. A.; Leitura e Caracterização da Paisagem em Auxílio ao Planejamento da Ocupação Urbana de Ponte Nova – MG. **Natureza & Desenvolvimento**, Viçosa-MG, v. 1, n. 1, p. 41-50, 2005. Disponível em: <http://www.cbcn.org.br/arquivos/p_leitura_nova-mg_1379590217.pdf>. Acesso em: 26 maio 2020.

MONTEIRO, C. A. F. **Análise rítmica em climatologia**: Problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. Climatologia, São Paulo-SP, FFLCH, Universidade de São Paulo, 1971, 21p. Disponível em: <http://www.abclima.ggf.br/arquivos/obrasclimatologia/4/Climatologia%201.pdf>. Acesso em: 23 set. 2021.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e Clima urbano**. Tese de Livre Docência. 219f. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, USP, São Paulo-SP, 1975. Disponível em: <https://www.abclima.ggf.br/arquivos/obrasclimatologia/29/TEORIA%20E%20CLIMA%20URBANO_LD_1975.pdf>. Acesso em: 5 set. 2021.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2ed. Rio de :Janeiro: IBGE.1989. 422p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv81099.pdf>. Acesso em: 23 set. 2021.

OKE, T. R., MILLS, G., CHRISTEN, A., VOOGT, J. A. **Urban Climates**. Cambridge: Cambridge University Press, 2017. 519p.

PRADO, L. B.; ALVES, L. A.; FIALHO, E. S. A variação da temperatura do ar, ao longo do percurso Ponte Nova - Ubá (Brasil) no anos de 2014 e 2015**. Cadernos de Geografia,** Coimbra-PORT, n. 37, v. 1, p. 55-69, 2018. Disponível em: <https://impactum-journals.uc.pt/cadernosgeografia/article/view/37_5>. Acesso em: 31 ago. 2021.

OLIVEIRA, W. D. **O campo térmico do distrito de Carapina-Serra-ES**: Estude de caso em áreas litorâneas. 200f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Centro de Ciências Humanas e Naturais da UFES. Vitória, 2018. Disponível em: <http://repositorio.ufes.br/jspui/handle/10/10886>. Acesso em: 16 maio 2020.

PAULO, M. L.; ALVES, R. S. Variação termo-higrométrica nos meses de verão ao longo do percurso Ponte Nova-Ubá, na Zona da Mata Mineira. **Revista de Ciências Humanas**, Viçosa-MG, v. 15, n. 2, p. 381-396, 2015. Disponível em <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/13282>. Acesso em: 16 maio 2020.

PONTE NOVA, **Plano Diretor Estratégico de Desenvolvimento Integrado e Sustentável do Município de Ponte Nova (PLEDS) – LEI 2.685/2003**. Disponível em: <http://sapl.pontenova.mg.leg.br/sapl_documentos/norma_juridica/62_texto_integral>. Acesso em: 18 de jun. 2017.

SILVA, L. A. O.; FIALHO, E. S. Problemas ocasionados pela enchente de dezembro de 2008. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 13, 2009,

Viçosa-MG, ***Anais...***, Minas Gerais: UFV, 2009. Disponível em: <http://www.geomorfologia.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos_completos/eixo8/034.pdf>. Acesso em: 12 maio 2020.

SILVA, L. A. O. **A Desorganização do Espaço Urbano em Ponte Nova (MG) Frente às Grandes Enchentes de 1951, 1979, 1997 e 2008**. 66f. Dissertação (Monografia em Geografia). Curso de Geografia. Departamento de Geografia, Universidade Federal de Viçosa, UFV, Viçosa – MG, 2009. Disponível em <http://www.novoscursos.ufv.br/graduacao/ufv/geo/www/wp-content/uploads/2013/08/Leonardo-Alves-de-Oliveira.pdf>. Acesso em: 26 maio 2020.

SILVA, L. A. **Os fatores intensificadores das enchentes/Inundações no Médio e Baixo Rio Piranga-MG**. 150f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-graduação em Geografia – Tratamento da Informação Espacial – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, PUC-MG, Belo Horizonte – MG, 2014.

SILVA, L. A. O.; CASTRO, J. F. M.; BUENO, G. T. Fatores intensificadores das enchentes/inundações no médio e baixo rio Piranga–MG. **Revista CLIMEP:** Climatologia e Estudos da Paisagem, Rio Claro-SP, v. 9, n. 1, p. 18-41, 2016. Disponível em: <http://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/climatologia/index>. Acesso em: 12 maio 2020.

XAVIER, T. de M. B. S.; XAVIER, A. F. S. Classificação e Monitoração de Períodos Secos e Chuvosos e Cálculo de Índices Pluviométricos para a região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia/Cadernos de Recursos Hidricos**, Rio de Janeiro-RJ, v.5, n. 2, p.7-31, 1987.

Recebido em junho de 2020.

Revisão realizada em setembro de 2020.

Aceito para publicação em outubro de 2021.

TELECONEXÕES ATMOSFÉRICAS E VAZÃO FLUVIAL NA BACIA AMAZÔNICA BRASILEIRA POR MEIO DE MAPAS DE CORRELAÇÃO LINEAR[1]

ATMOSPHERIC TELECONNECTIONS AND STREAMFLOWS IN THE BRAZILIAN AMAZON BASIN USING LINEAR CORRELATION MAPS

TELECONEXIONES ATMOSFÉRICAS Y FLUJO DE RÍOS EN LA CUENCA AMAZÓNICA BRASILEÑA UTILIZANDO MAPAS DE CORRELACIÓN LINEAL

Leila Limberger
Doutora. Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste.
leila.limberger@unioeste.br

Maria Elisa Siqueira Silva
Docente. Universidade de São Paulo - USP
elisasiq@usp.br

RESUMO

A presente pesquisa busca compreender como variados padrões de teleconexões atmosféricas atingem diferentes áreas da bacia amazônica brasileira. Para isso, foram utilizadas as técnicas estatísticas de análise de cluster para definição de áreas homogêneas de variabilidade de vazão dos rios amazônicos. Foram definidas cinco sub-regiões: Norte, Amazonas-Foz, Oeste, Sul e Central. Para analisar a associação entre a variabilidade da vazão e sua associação com anomalias da temperatura da superfície do mar (TSM) global, foram calculados os mapas de correlação linear com defasagem temporal entre as variáveis para as sub-regiões Norte e Sul. As duas sub-regiões apresentaram valores distintos nos mapas de correlação linear com defasagem temporal, indicando que a aplicação dessa técnica é adequada para a identificação de áreas oceânicas correlacionadas com variáveis hidrometeorológicas nos continentes. A sub-região Norte apresentou associação maior com o Pacífico, enquanto a sub-região Sul, com o Atlântico.

Palavras–chave: análise de cluster; sub-região Norte; sub-região Sul; correlação linear; temperatura da superfície do mar.

[1] Esse artigo é resultado e contém partes da tese desenvolvida pela primeira autora, e orientada pela segunda autora. A referência completa é Limberger, L. (2015). *Variabilidade da vazão de regiões homogêneas da bacia hidrográfica amazônica brasileira: teleconexões com temperatura da superfície do mar (TSM) de 1976-2010.* Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Geografia Física da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

ABSTRACT

This paper analyzes how different patterns of atmospheric teleconnections affect diverse areas of the Brazilian Amazon basin. To that end, statistical techniques of cluster analysis were used to define homogeneous areas of variability in the flow of Amazon rivers. Five sub-regions were defined: North, Amazon-Mouth, West, South and Central. To understand the association between flow variability and its association with global sea surface temperature (SST) anomalies, linear correlation maps with time lag between the variables for the North and South subregions were calculated. Both subregions showed distinct values in the linear correlation maps with time lag, indicating that the application of this technique is appropriate for identifying oceanic areas correlated with hydrometeorological variables on the continents. The North sub-region displayed a greater association with the Pacific, while the South sub-region with the Atlantic.

Keywords: cluster analysis; North sub-region; South sub-region; linear correlation; sea surface temperature.

RESUMEN

Esta investigación analiza como distintos patrones de teleconexiones atmosféricas afectan diversas áreas de la cuenca del río Amazonas brasileño. Para ello, se utilizaron técnicas estadísticas de análisis de conglomerados para definir áreas homogéneas de variabilidad del flujo de los ríos amazónicos. Se definieron cinco subregiones: Norte, Amazonas-Desembocadura; Oeste, Sur y Central. Para comprender la asociación entre la variabilidad del flujo y su asociación con anomalías de la temperatura global de la superficie del mar (TSM), se calcularon mapas de correlación lineal con tiempo de retardo entre las variables para las subregiones Norte y Sur. Ambas subregiones mostraron valores diferentes en los mapas de correlación lineal con tiempo de retardo, lo que indica que la aplicación de esta técnica es adecuada para identificar áreas oceánicas correlacionadas con variables hidrometeorológicas en los continentes. La subregión Norte se asoció más con el Pacífico, mientras que la subregión Sur, con el Atlántico.

Palabras clave: análisis de conglomerados; subregión Norte; subregión Sur; correlación lineal; temperatura de la superficie del mar.

INTRODUÇÃO

O sistema climático (ou sistema superfície-atmosfera - SSA) é composto por cinco elementos básicos, sendo: a atmosfera, o oceano, a criosfera, os continentes com

sua hidrologia e biosfera, todos interagindo em processos de retroalimentação positiva ou negativa (KAGAN, 1995). Dentre esses elementos, os oceanos se destacam por cobrirem a maior parte da superfície terrestre e participarem de forma significativa no armazenamento e trocas energéticas com a atmosfera. Segundo Wells (1998, p. 320) "todas as escalas de movimentação atmosférica são envolvidas pela transferência de energia entre oceano e atmosfera"; por isso, a temperatura da superfície do mar responde pela variabilidade de muitos fenômenos atmosféricos, direta ou indiretamente.

Portanto, identificar anomalias de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) torna-se chave para compreender fenômenos atmosféricos, já que o oceano é o grande responsável pela variabilidade climática da circulação atmosférica, seja nos trópicos ou nas altas latitudes. As alterações de TSM e seus reflexos na atmosfera podem se constituir tanto de interações ar-mar anômalas ou mudanças sazonais da quantidade de energia, “todavia, uma vez que um evento de interação ar-mar é desenvolvido, o oceano tenderá a manter o padrão por um período de um a alguns meses” (WELLS, 1998, p. 326).

Alterações na superfície do mar podem influenciar anomalias atmosféricas em locais bastante distantes da anomalia oceânica original, ou podem ainda ter efeitos globais. Mas os padrões de variabilidade de TSM nas escalas interanuais ou maiores são resultado de uma combinação de processos atmosféricos e oceânicos (DESER *et al*., 2010). Analisando-se a questão atmosférica deve-se considerar a velocidade do vento, nebulosidade e umidade como reguladores da troca de energia com a superfície do mar. Já quando se analisa o oceano, o transporte de calor pelas correntes marítimas, a mistura vertical e profundidade da camada limite afetam a TSM. A associação entre a variabilidade de TSM e a variabilidade climática em algum ponto remoto do planeta é conhecida como "teleconexão" pela literatura meteorológica (DESER *et al*., 2010).

Teleconexão refere-se a um "recorrente e persistente padrão de anomalia de pressão e circulação de grande escala que cobre vastas áreas geográficas" (AMBRIZZI, 2003, p. 1). Este conceito é aceito na atualidade de forma ampla e pode ser considerado como um retrato da evolução da compreensão das interações entre oceano e atmosfera. Os padrões de teleconexão são, normalmente, de escalas planetárias, envolvendo oceanos e continentes, cobrindo distâncias da ordem de milhares de

quilômetros e apresentam estruturas de padrões de onda geograficamente dependentes (GRIMM e AMBRIZZI, 2009).

Há pelo menos dois séculos são verificados eventos onde alterações nas condições dos oceanos repercutem na atmosfera continental, ou mesmo condições "inversas" são verificadas em dois locais diferentes no globo; Ambrizzi (2003) cita o exemplo do missionário Saabye, da Groenlândia, que notou tendências contrárias de temperatura entre o norte da Europa e a Groenlândia. Mas somente em 1935, o termo "teleconexão" foi utilizado pela primeira vez por Anders Angstrom. A ligação entre pressão ao nível do mar, temperatura do ar e do mar e precipitação em alguns locais do globo, mostrando um padrão de teleconexão global, estendendo-se pelo hemisfério sul e grande parte do hemisfério norte foi feita por Walker (1923, 1924, 1928), e Walker e Bliss (1932, 1937) que definiram a "Oscilação Sul" (HOREL e WALLACE, 1981; AMBRIZZI, 2003).

Os estudos de teleconexão têm evoluído desde então, combinados com a evolução da termodinâmica, da computação, da coleta e armazenamento de dados meteorológicos e especialmente com a maior compreensão sobre a propagação de ondas planetárias. Vale destacar os trabalhos de Hoskins e Karoly (1981) e Simmons (1982), que dentre outras contribuições, mostram a propagação de ondas em um modelo barotrópico, a atuação do jato subtropical de inverno como "guia de onda" e os principais pontos de distúrbios ligados às regiões de saídas dos jatos. Juntamente, destaca-se o trabalho de Horel e Wallace (1981) que mostrou a possibilidade de propagação de trens de onda (teleconexão) do equador para as latitudes médias. Estas ondas se propagariam em direção aos polos, curvando-se para leste e finalmente ao longo do equador, formando uma "rota em grande círculo".

Wallace e Gutzler (1981) são considerados precursores de uma série de outras pesquisas que firmam cientificamente o termo "teleconexão". Os autores organizaram um conjunto de técnicas para o estudo dos fenômenos de teleconexão e analisaram a correlação entre a pressão ao nível do mar e o campo de altura geopotencial em 500 hPa durante o inverno do hemisfério. Como forma de apresentar as correlações, os autores

inovaram com a apresentação de **mapas de correlação**, muito utilizados posteriormente para esse tipo de estudos.

Blackmon *et al.* (1984a) encontraram resultados sustentados por uma série de estudos que estavam sendo produzidos na época (HOSKINS [1983]; HOSKINS e KAROLY [1981]; HOSKINS *et al.* [1977]; SIMMONS *et al.* [1983], dentre outros) e que ampliavam o conhecimento sobre o comportamento das ondas planetárias de Rossby. O principal resultado do trabalho de Blackmon *et al.* (1984a) foi compreender a estrutura e o padrão de deslocamento de ondas em eventos com escalas temporais diferentes (maiores de 30 dias, de 10 a 30 dias e de 2,5 a 6 dias). Em um artigo do mesmo ano, Blackmon *et al.* (1984b) acrescentaram uma técnica aos estudos de teleconexão: **a correlação com defasagem temporal (*lag-correlation*)**, uma técnica que contribui sobremaneira para a compreensão dos efeitos de anomalias de TSM sobre diversas regiões do globo com o passar do tempo.

A consolidação dessa técnica de elaboração de mapas de correlação linear é tamanha que é considerada, juntamente com a técnica de Funções Ortogonais Empíricas (FOE) como as principais a serem utilizadas em estudos de teleconexões atmosféricas (CAVALCANTI e AMBRIZZI, 2021).

Embora muitos estudiosos tenham se dedicado a buscar mais esclarecimentos de como se dá a interação oceano-atmosfera, e quais os principais padrões de anomalias de TSM que afetam a variabilidade do clima global, ainda restam inúmeras lacunas nesse âmbito do conhecimento. Uma delas é em relação aos efeitos combinados de diferentes áreas de TSM com anomalias ativas no mesmo período, e para isso, é necessário o estudo da variabilidade de TSM global, sem priorizar somente algumas áreas já exploradas pela literatura.

Visando ampliar o conhecimento científico nessa carência identificada, no presente trabalho serão discutidas as principais alterações de TSM que podem causar anomalias de precipitação na bacia amazônica brasileira. O foco principal é apresentar a técnica de mapas de correlação linear com defasagem temporal aplicada aos dados de vazão da bacia hidrográfica amazônica brasileira. O objetivo é compreender como

diferentes padrões de teleconexões atmosféricas atingem diferentes áreas da bacia amazônica brasileira.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados no presente estudo foram:

a) vazão mensal para a bacia amazônica, obtidos do sistema Hidroweb/ANA (Agência Nacional de Águas) para o período de 1976-2010;

b) dados mensais de TSM da Reanálise I do NCEP/NCAR (KALNAY *et al.*, 1996), com resolução espacial de dois graus, originalmente obtidos para o período de janeiro de 1854 a julho de 2013. Esses dados foram obtidos pelo *site* do *Climatic Data Center/National Oceanic and Atmospheric Administration*, CDC/NOAA;

Os dados de vazão do Hidroweb/ANA foram consistidos, sendo adotadas para a presente análise somente as estações que apresentaram, no mínimo, 20 anos de registros (não necessariamente de forma sequencial), com não mais do que 30% de dados faltantes em toda a série histórica (1976 a 2010). Os dados faltantes foram preenchidos com a climatologia mensal.

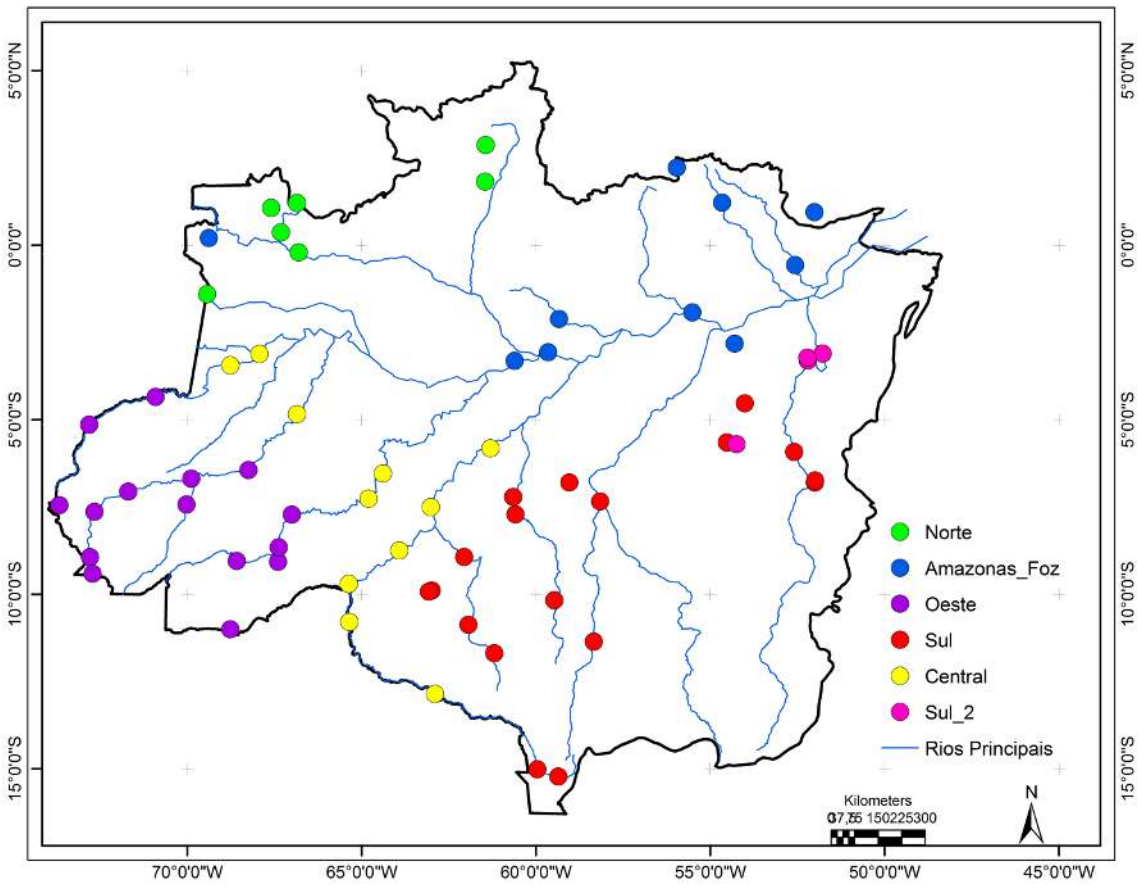
A vazão, de modo geral, é obtida a partir do nível das águas, observado com a ajuda da régua linimétrica ou registrado pelo linígrafo. "A relação nível-vazão deve ser estabelecida por medições diretas em diversas situações de descarga, podendo, em geral, ser consubstanciada graficamente pela curva de descarga ou curva-chave da seção. Esta relação pode ser unívoca ou não, constante ou variável com o tempo, dependendo das condições locais." (PINTO, 1976, p. 182). No entanto, através do material disponibilizado pela ANA, em seu *site*, não foi possível identificar qual o método utilizado para coletar os dados, tanto de precipitação quanto de vazão. Mas como se trata de uma rede ampla, com vários períodos em que os dados começaram a ser registrados, acredita-se que sejam coletados através de métodos diferenciados e disponibilizados aos usuários.

Sub-regiões Homogêneas - Análise De Cluster

Compreendendo que a análise pontual de postos de vazão com a TSM global poderia produzir correlações artificiais, uma vez que a bacia cobre uma vasta extensão do território brasileiro, o uso dos dados de apenas um posto fluviométrico poderia caracterizar a variabilidade não climática, mas oriunda da variabilidade local, relativa às particularidades do terreno, do uso da terra ou de outros aspectos não diretamente ligados ao clima, optou-se por analisar os dados de vazão de forma espacializada. Para tanto, foi necessário adotar a técnica de Análise de Agrupamento (*Cluster Analysis*), uma análise multivariada, cujo objetivo é "separar dados em grupos que não são conhecidos de antemão" (WILKS, 2006, p. 549). Segundo Hair *et al.* (2005, p. 391) a análise de agrupamento "é muito mais uma arte do que uma ciência", pois "é a única técnica multivariada que não estima a variável estatística e empiricamente, mas ao invés disso usa a variável estatística como especificada pelo pesquisador" (HAIR *et al*., 2005, p. 384). Por esse motivo, é muito importante ao pesquisador conhecer os dados para poder diferenciar um "bom agrupamento" de um "mau agrupamento". O método definido para realizar a análise de agrupamento foi o Ward por correlação de Pearson, que é a medida da soma dos quadrados dos desvios em relação à média entre os agrupamentos. A aplicação desta técnica aos dados de vazão ocorreu pela utilização do software *Statistica* 8.0 da *StatSoft*. Pela análise de agrupamento aplicada aos dados de vazão, foi possível definir 5 (cinco) grupos, considerando-se o terceiro nível de agrupamento.

A espacialização dos postos fluviométricos, feita através do uso do software *ArcGis*, associada aos resultados da análise de agrupamento, permitiu a subdivisão da bacia Amazônica em cinco sub-regiões, tal como indicado na Figura 1. As cinco sub-regiões de vazão para a bacia amazônica brasileira foram denominadas: Norte, Amazonas-Foz, Oeste, Sul e Central.

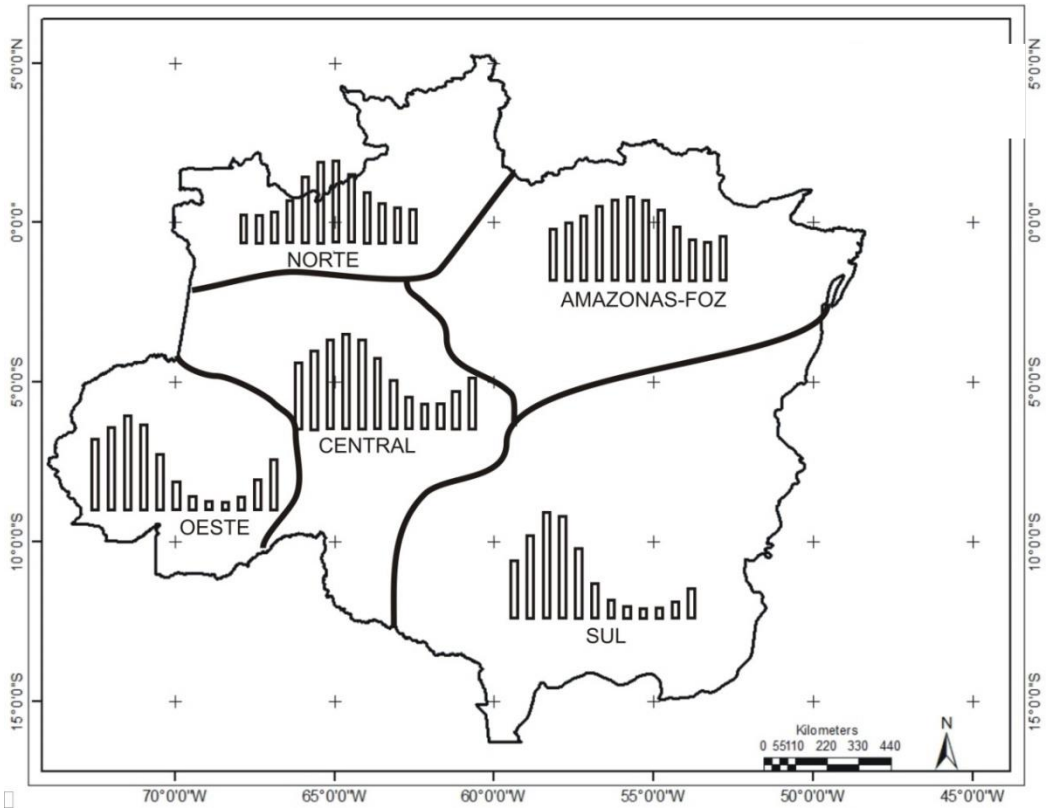
Figura 1 - Espacialização dos resultados da análise de agrupamento para a variável vazão em cinco sub-regiões: Norte, Amazonas-Foz, Oeste, Sul, Central e Sul_2.



Fonte: Dados mensais obtidos do sistema Hidroweb/ANA, para o período de 1976 a 2010.

A definição dos limites das sub-regiões foi feita com o auxílio do software *Corel Draw 12*, tendo sido considerados, qualitativamente, a delimitação das bacias hidrográficas e os resultados das análises de agrupamento, tanto de vazão quanto de precipitação. O resultado é apresentado na Figura 2, indicando a média do ciclo anual da vazão para cada sub-região.

Figura 2 – Vazão média anual para cada sub-região da bacia amazônica brasileira para o período de 1976 a 2010.



Mapas de Correlação Linear

Os mapas de correlação linear começaram a ser usados nos estudos sobre teleconexões a partir da década de 1980, inicialmente por Wallace e Gutzler (1981). Na presente pesquisa, esses mapas mostram onde ocorrem as maiores correlações de TSM com relação à variabilidade da vazão de cada sub-região da bacia Amazônica.

A correlação linear entre a TSM global e os dados de vazão média para cada sub-região foi realizada por meio do software *NCAR Command Language* (NCL). Os cálculos de correlação linear foram realizados entre as séries temporais com (*lag* 1 a 9) e sem defasagem temporal (*lag* 0). No caso de defasagem temporal, a série de vazão foi sempre deslocada à frente da série de TSM. A significância estatística dos valores de correlação linear foi avaliada pela aplicação do teste-t para significâncias superiores a 90, 95 e 99%.

Para a realização desse cálculo foi removida a tendência e a sazonalidade dos dados através dos comandos *dtrend_leftdim* e *calcMonAnomTLL*, respectivamente, no software *NCL*. A sazonalidade foi removida para que fossem correlacionadas somente a

variabilidade interanual, tanto da TSM quanto da vazão. A tendência linear de longo prazo é normalmente removida das séries temporais de forma a desconsiderar os efeitos de mudanças globais. O cálculo da correlação linear foi realizado aplicando-se o comando *esccr* do *NCL* aos dados de vazão e TSM, com 9 *lags* (ou seja, para 10 meses, *lags* de 0 a 9).

Média da TSM em Áreas Oceânicas

Optou-se por utilizar médias de TSM em detrimento do uso de índices climáticos, devido aos resultados dos mapas de correlação que indicavam áreas variadas para cada uma das sub-regiões, visto que nem sempre as áreas com maiores valores de correlação correspondiam às áreas de índices já calculados por institutos ou outros pesquisadores. Conjuntamente, objetiva-se ampliar a análise para além dos índices, buscando definir áreas específicas de TSM que possam influenciar a vazão de cada uma das sub-regiões.

Para calcular a média das áreas de TSM mais bem correlacionadas com a vazão das cinco sub-regiões homogêneas, foi utilizado o GrADS, que permite o cálculo de áreas quadriláteras. Utilizando os mapas de correlação em um mapa-mundi para definição das coordenadas, foram escolhidas as áreas com correlação linear mais forte para cada sub-região. Assim, cada sub-região está associada a diferentes áreas de TSM nos oceanos.

Após a definição das áreas de TSM e a extração das respectivas médias, a esses valores, aplicaram-se testes de correlação linear de Pearson, correlacionando-os aos dados de vazão de cada sub-região; para esse cálculo, a todos os dados foram utilizadas médias móveis de 3 e 6 meses, além dos valores sem média móvel. Aos valores de correlação linear foram aplicados testes de significância de t-Student.

RESULTADOS

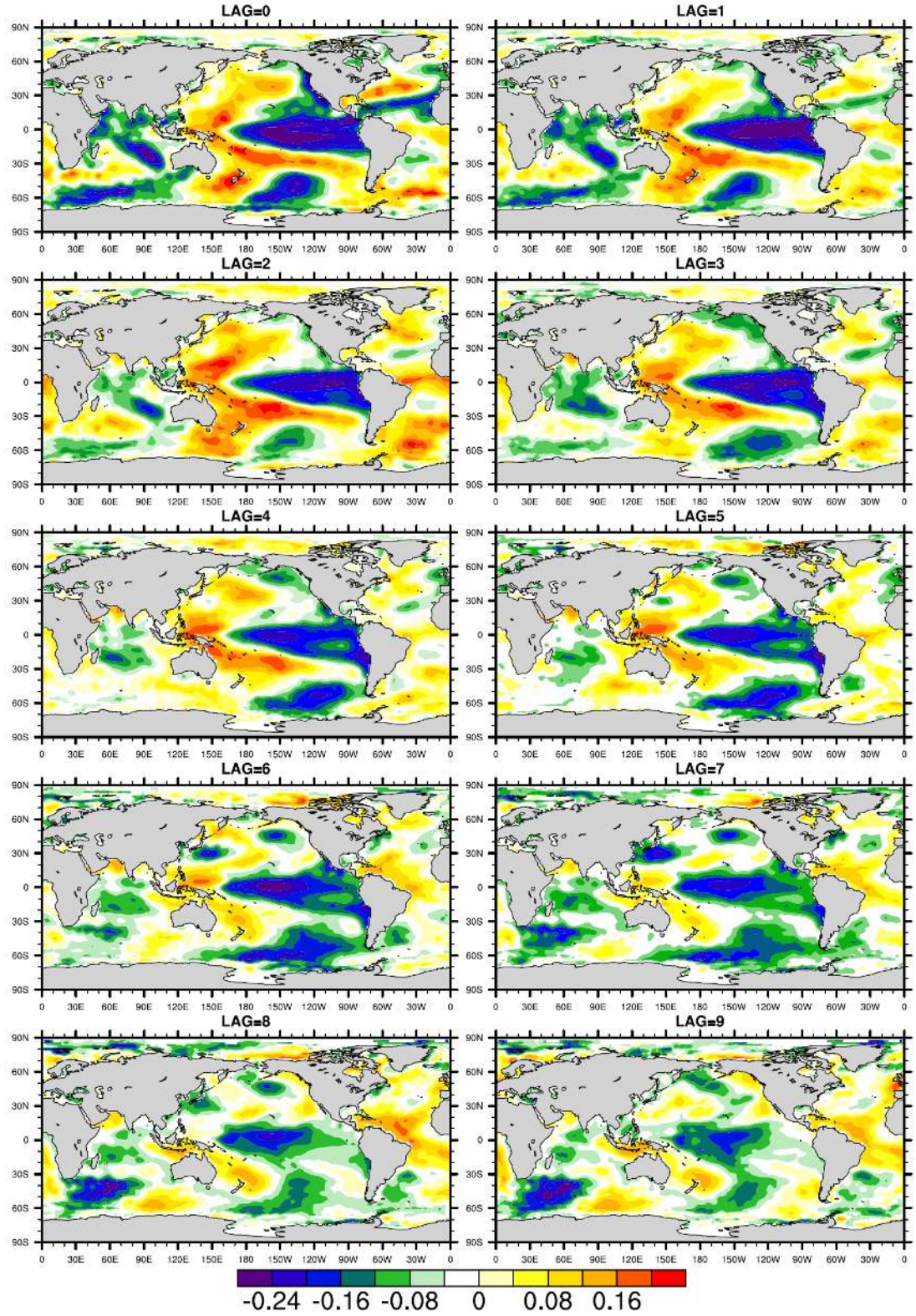
Nesse item são analisados os resultados dos mapas de correlação linear com defasagem temporal para as sub-regiões Norte e Sul da bacia Amazônica, definidas no item 2.1, visando evidenciar as potencialidades de análise a partir dessa técnica.

Relação entre TSM e Vazão da Sub-região Norte da Bacia Amazônica Brasileira

A sub-região Norte recebe água do rio Uaupés (que ao confluir com o rio Içana dá origem ao rio Negro), que nasce na Colômbia, e entra no Brasil pela cidade de Iauaretê. Esta sub-região é a que apresenta as menores taxas totais de vazão, sendo constituída em grande parte por pequenos rios.

Sem considerar intervalo temporal entre os dados correlacionados (*lag* 0), verifica-se que a vazão da sub-região Norte apresenta os maiores valores absolutos de correlação com a TSM do Pacífico Equatorial centro-leste, incluindo a região dos Niños (valores negativos inferiores a - 0,24), mostrando com bastante evidência o "padrão ferradura" que caracteriza o padrão espacial da Oscilação Decenal do Pacífico (ODP), como apresentado na Figura 3.

Figura 3 - Correlação linear entre TSM e dados de vazão mensal da sub-região Norte (1978-2010).



O padrão de ferradura, com valores negativos no setor centro-leste do Pacífico Equatorial e positivos nas áreas adjacentes subtropicais e de latitudes médias do Pacífico Sul e Norte, enfraquece-se com o aumento da defasagem temporal entre as duas variáveis correlacionadas, TSM e vazão. Campos espaciais para correlação com mais de cinco meses de intervalo temporal apresentam o padrão de ferradura com valores mais fracos. A região ao sul do Pacífico Sul, entre 120ºO e 150ºO, apresenta valores negativos de correlação.

A bacia Indo-Atlântica (sul da África do Sul), próxima à Antártica, também apresenta importante correlação, com valores negativos. A vazão da região Norte igualmente apresenta correlação linear negativa com a região tropical do Atlântico Norte, numa faixa que se estende do Caribe até o extremo oeste do continente africano. Ao norte desta região oceânica, no Atlântico Norte Subtropical, adjacente à costa leste do EUA, observam-se valores positivos de correlação. A TSM da região de latitudes altas do Atlântico Sul apresenta correlação positiva com a vazão da sub-região Norte da bacia amazônica sem defasagem temporal. O padrão espacial do GMAT aparece de forma enfraquecida no caso de correlação com a vazão para esta sub-região: são notadas correlações positivas e negativas com valores fracos nas regiões tropicais dos oceanos Atlântico Norte e Sul, exceto para o intervalo de dois meses, mostrando valores positivos mais intensos. Nesta região tropical, os valores de correlação diminuem gradativamente com o aumento do intervalo temporal entre as duas variáveis consideradas.

Assim, enquanto o Pacífico Equatorial se comporta de maneira a suprimir a precipitação e, consequentemente, diminuir a vazão da sub-região Norte em períodos de anomalias positivas de TSM, o Atlântico Tropical Norte favorece a precipitação e a vazão em períodos de anomalias positivas. Portanto, em situações de El Niño, com águas aquecidas no Pacífico Equatorial, a precipitação e vazão seriam suprimidas na sub-região Norte e, em situações de La Niña, seriam intensificadas. Com relação ao Atlântico Tropical Norte, associa-se o resultado da correlação positiva ao deslocamento da ZCIT para norte quando as águas desta porção do oceano estão mais aquecidas. Sugere-se que o padrão de anomalias positivas no sul do Atlântico Sul indique apenas que este padrão oceânico esteja associado ao padrão do Atlântico Tropical Norte, permitindo a instalação

de um padrão com anomalias positivas de TSM e anomalias positivas de chuva na região Norte, o que está associado a padrões de TSM obtidos da aplicação da análise de componentes principais a dados de TSM do Atlântico (DESER *et al.*, 2010). Desta forma, o Atlântico Tropical Norte aparece como um elemento importante nessa análise. Águas mais quentes no Atlântico Tropical Norte induzem o deslocamento da ZCIT para norte e enfraquecem os alísios de nordeste e a subsequente advecção de umidade a partir do Atlântico Tropical Norte para o sul e oeste da bacia amazônica durante o verão austral (MARENGO *et al*., 2008; ESPINOZA *et al.*, 2014; LINAGE *et al*., 2014). Assim, quando a ZCIT se posiciona mais ao norte do que em média, há menor precipitação na porção sul da bacia amazônica e no nordeste brasileiro e maior precipitação na porção norte da bacia amazônica.

A correlação forte no Pacífico Sul (com mesmo sinal e valor similar ao valor obtido para as regiões de Niño) pode ser atribuída à alta associação entre o *Southern Annular Mode* (SAM) e o ENOS (com valores absolutos de correlação maiores que 0,5 em vários pontos de longitude nas latitudes de extensão do gelo polar) verificada por Pezza *et al*. (2012). Os autores afirmam que, apesar de se verificar alta similaridade entre os padrões de variabilidade dos dois índices (ao que chamam de variabilidade sincrônica), não se pode estabelecer causalidade a essa similaridade. Para eles, SAM e ENOS são interligados em termos das suas respostas observadas no campo de gelo marinho, com expansão ou retração da extensão do gelo com mesmo padrão, assim como na intensidade dos ciclones, principalmente por efeitos não-lineares. Porém, continua muito incerto se SAM e ENOS operam em conjunto nos seus mecanismos geradores de respostas no gelo marinho, ou se as respostas finais no campo de gelo marinho são similares devido a um modo preferencial de onda estacionária em latitudes altas, ao redor de toda a Antártica. Mélice e Servain (2003) também afirmam que tal correlação entre a Antártica e o ENOS pode existir. Os autores levantam a possibilidade de o ENOS ter sua origem na região do Mar de Ross, devido ao aumento/diminuição do gelo, visto que os autores encontraram correlação de 0,6 entre a TSM da região do Mar de Ross e o IOS com defasagem de oito meses. Mélice e Servain (2003) verificaram correlações de 0,43 e 0,62 para os períodos de 1964-81 e 1985-98, respectivamente, entre o Atlântico Tropical Sul (TS) e o IOS, com

o IOS defasado à frente da TSM, confirmando eventualmente a importância do Atlântico Tropical Sul na definição dos eventos ENOS. Os autores sugerem que há uma ligação entre a TSM do Mar de Ross, o Atlântico Tropical Sul e, em seguida, os eventos ENOS. Afirmam, no entanto, que essa teoria ainda carece de mais elementos para comprovação e que sequer conseguiram identificar com precisão um padrão físico de teleconexão, sugerindo dois: o deslocamento para leste das ondas de Kelvin ou uma ligação direta pela circulação na alta troposfera.

Com base nos resultados obtidos no presente estudo e na bibliografia consultada, pode-se sugerir que as regiões de TSM que mais influenciam linearmente a vazão na sub-região Norte seriam o Pacífico Equatorial centro-leste e o Atlântico Norte, porém isso será mais bem analisado a seguir.

Procurando entender como se dá a relação entre cada uma das áreas mais bem correlacionadas, procedeu-se ao cálculo da média da TSM nestas áreas, identificadas na Figura 4.

A Tabela 1 apresenta os valores da correlação entre a vazão na sub-região Norte e os valores mensais de TSM médios, sem suavização e com suavização com média móvel (MM) de 3 e 6 meses. Das áreas de TSM selecionadas, as que mais explicam a variabilidade da vazão mensal na sub-região Norte, com dados de média simples, são as regiões de TSM Pacífico Sul (r = -0,374), Niño (r = -0313) e Atlântico Tropical Norte (r = 0,275). Quando calculada a correlação a dados com média móvel de 3 meses, acrescentam-se às regiões de TSM já citadas o Atlântico Central (r = 0,239) e Atlântico Tropical Sul (r = 0,570). A região Pacífico Tropical Sul somente apresenta correlação significativa com os dados de vazão para média móvel de 6 meses (r = 0,360). De alguma forma, considera-se o papel importante de todas as regiões de TSM selecionadas como bem correlacionadas com a vazão da sub-região Norte. Ademais, destaca-se a importância da suavização dos dados para que alguns padrões emerjam, bem como o caso da região do Atlântico Central, que teve os sinais dos valores de correlação invertidos com a aplicação da média móvel. Acredita-se que o uso da média móvel, nesse caso de dados mensais de uma série de 35 anos de dados, seja necessário, exatamente para permitir a averiguação de correlações nem sempre tão diretas entre a TSM e a vazão.

Figura 4 - Áreas oceânicas cuja TSM é bem correlacionada (|r| > 0,2) com a vazão da sub-região Norte da bacia Amazônica brasileira, no período de 1976 a 2010.

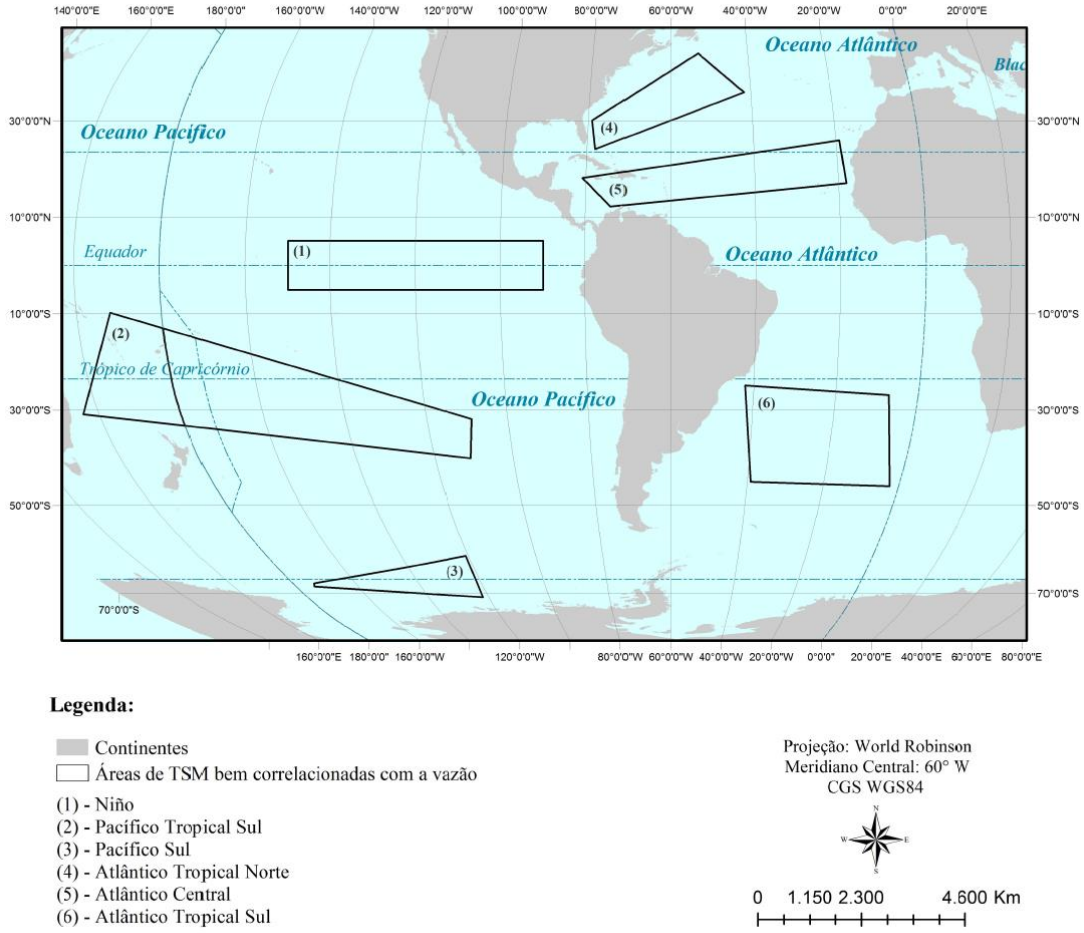


Tabela 1 - Correlação linear entre vazão mensal e valores mensais de TSM para áreas oceânicas bem correlacionadas da sub-região Norte da bacia amazônica, para o período de 1976 a 2010, com média móvel (MM) de 0 a 6 meses. Valores em negrito são significativos estatisticamente ao nível 90 % (t-crítico = 1,307), segundo o teste t-Student

Áreas de TSM	**Correlação com a vazão da sub-região Norte**		
bem correlacionadas	**MM = 0 meses**	**MM = 3 meses**	**MM = 6 meses**
Atlântico Central	r = -0,204	**r = 0,239**	**r = 0,322**
Atlântico Tropical Norte	**r = 0,275**	**r = 0,237**	**r =0,442**
Atlântico Tropical Sul	r = 0,201	**r = 0,570**	**r = 0,597**
Niño (Pacífico Equatorial)	**r = -0,313**	**r = -0,485**	**r = -0,381**
Pacífico Sul	**r = -0,374**	**r = -0,254**	**r = -0,352**
Pacífico Tropical Sul	r = 0,006	r = 0,220	**r = 0,360**

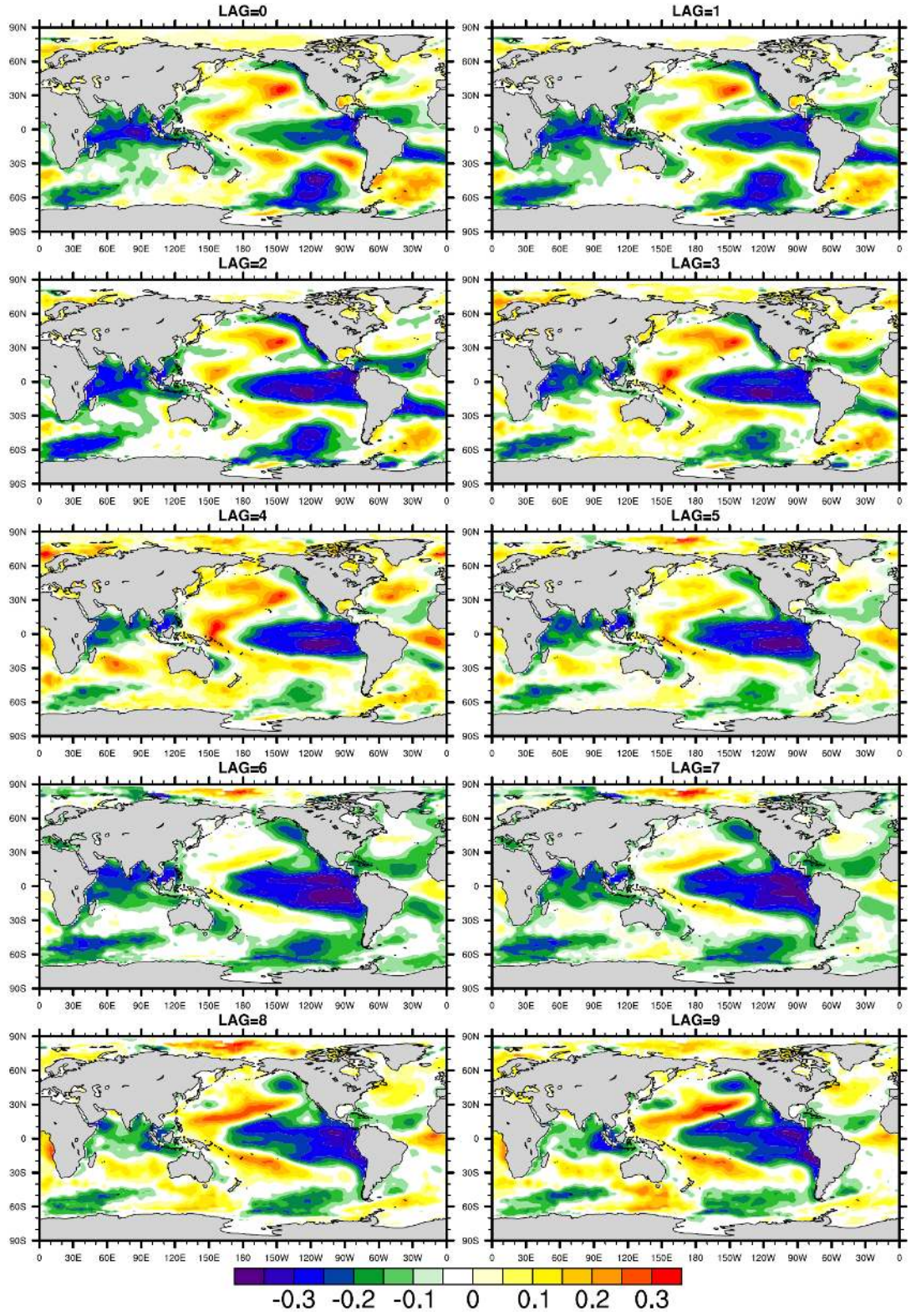
Relação entre TSM e Vazão da Sub-região sul da Bacia Amazônica Brasileira

A sub-região Sul da bacia amazônica brasileira teve grande alteração no uso do solo durante o período considerado, devido ao desmatamento ocorrido a partir dos anos de 1960-70 com as frentes pioneiras oriundas do centro-sul do Brasil (LIMBERGER *et al.*, 2021). Além de se situar no centro do continente sul-americano, parte desta sub-região encontra-se em uma zona climática de transição, entre os climas equatorial e tropical do Brasil, o que contribui para que haja a maior amplitude no ciclo anual, tanto de chuva quanto de vazão se comparada às demais sub-regiões consideradas. A sub-região Sul tem como principais rios constituintes o Tapajós e o Xingu, afluentes da margem direita do Amazonas.

Quando se analisa a correlação linear entre a TSM e a vazão para esta sub-região, na Figura 5, verifica-se que a região do Índico, Pacífico Sul, Pacífico Equatorial e Atlântico Sul tropical apresentam sinal negativo de correlação, que se enfraquece com a defasagem temporal, exceto a região do Pacífico Equatorial, que tem a correlação negativa aumentada. As áreas que indicam correlação positiva são o Pacífico Norte e Sul tropical (configurando-se um padrão semelhante ao de "ferradura" em associação com a correlação negativa no Pacífico Equatorial centro-leste) e o Atlântico Sul subtropical, entre as latitudes de 30º e 60ºS, que se enfraquece com a defasagem temporal, após o intervalo de quatro meses entre a TSM e a vazão. Apesar de haver áreas oceânicas que, em média, manifestem os sinais positivos e negativos mencionados, indicando relação linear entre elas, a modulação dos valores de correlação em relação à defasagem temporal nas diversas áreas oceânicas apresenta diferentes fases. A TSM do sul do Pacífico Sul demonstra correlação mais intensa com a vazão da sub-região Sul para defasagens de até dois meses, enquanto a TSM do Pacífico Equatorial exibe os maiores valores para três meses de defasagem. As áreas de correlação negativa do Atlântico tropical associadas à variabilidade da vazão têm maior significância para defasagens de até três meses. As áreas com correlação positiva no setor subtropical do Atlântico Sul também sinalizam os maiores valores de correlação com a vazão para defasagens de até três meses. A razão para a manutenção da correlação no tempo pode ser explicada fisicamente, já que o Atlântico tropical se associa com a vazão desta sub-região através da posição da ZCIT.

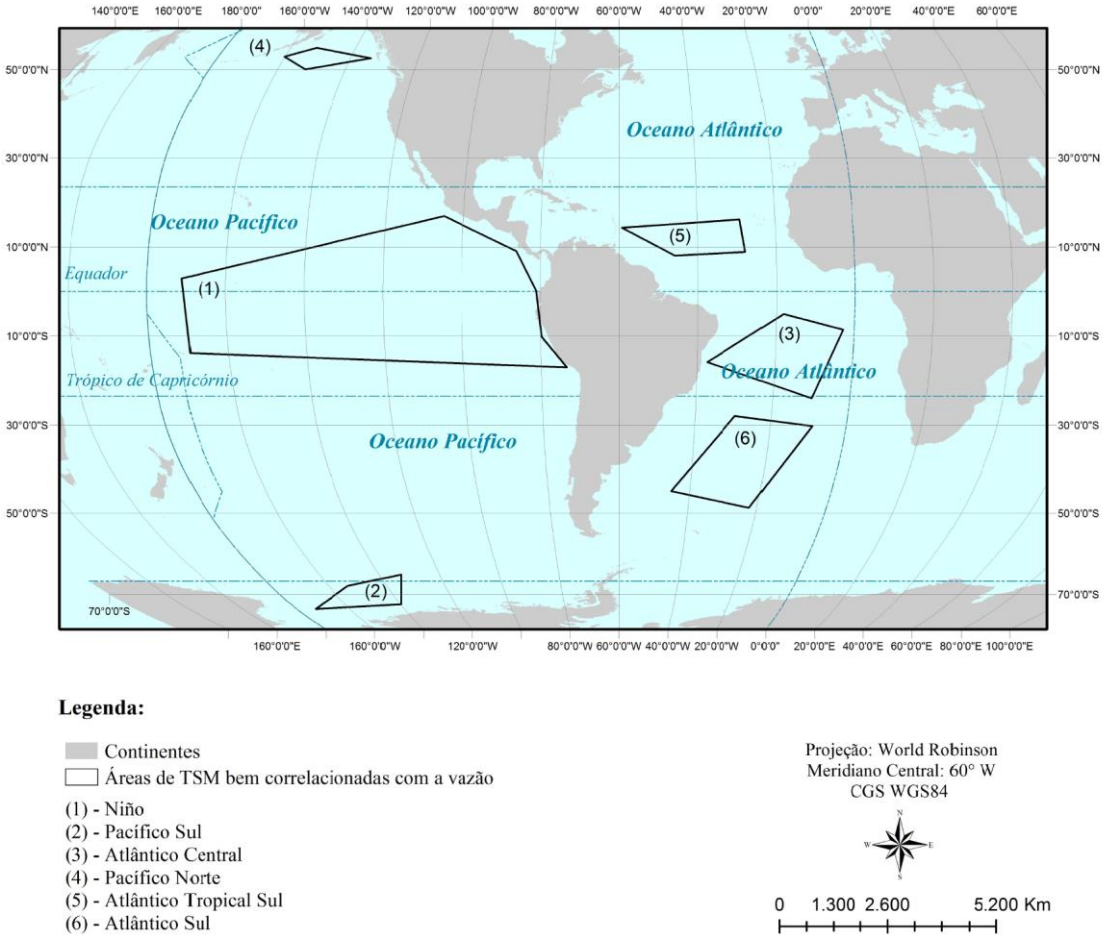
Para *lag* de até 2 meses, as águas mais aquecidas do Atlântico Equatorial ficam em uma estreita faixa centrada em 10º S, contribuindo para que a ZCIT fique nesta posição. Conforme há o aumento da defasagem entre a vazão e a TSM, os valores altos e positivos de correlação entre vazão e TSM no Atlântico Equatorial ocupam uma faixa ligeiramente mais larga, o que sugere que as várias posições da ZCIT sobre as águas mais aquecidas do Atlântico Equatorial podem contribuir para o aumento da vazão da sub-região Sul.

Figura 5 - Correlação linear entre TSM e dados de vazão mensal da sub-região Sul para o período de 1976 a 2010.



Procurando entender detalhadamente a relação entre vazão e a TSM das áreas mais bem correlacionadas, foram definidas seis áreas oceânicas, sendo denominadas Niño (Pacífico Equatorial), Pacífico Sul, Atlântico Central, Pacífico Norte, Atlântico Tropical Sul e Atlântico Sul, tendo seus limites apresentados na Figura 6.

Figura 6 - Áreas oceânicas bem correlacionadas (1976-2010) com a vazão da sub-região Sul da Amazônia.



Para verificar de forma mais específica a associação entre a TSM das áreas selecionadas e a vazão da sub-região Sul, foram efetuados cálculos de correlação linear entre os dois conjuntos de dados, verificando-se a significância estatística pelo teste t-Student, conforme se verifica na Tabela 3. Para os dados sem suavização (MM = 0 meses), as regiões de TSM com correlação significativa são o Atlântico Central (r = -

0,484) e o Atlântico Tropical Sul (r = -0,387). Porém, com o avanço da defasagem temporal, com média móvel de 3 meses, todas as áreas oceânicas têm correlação significativa com a vazão, sendo o maior valor registrado para a região Atlântico Central (-0,446), e o menor, para o Pacífico Norte (-0,227). Para os dados com média móvel de 6 meses, somente o Pacífico Norte não apresenta valores de correlação significativos com a vazão da sub-região Sul. Portanto, todas as regiões escolhidas, especialmente para a suavização com média móvel de 3 meses, são significativas para a explicação da variabilidade da vazão para a sub-região Sul, inclusive para a elaboração de um modelo estocástico de previsão.

Tabela 3 - Correlação linear entre vazão mensal e valores mensais de TSM para áreas oceânicas bem correlacionadas da sub-região Sul da bacia amazônica, para o período de 1976 a 2010, com média móvel (MM) de 0 a 6 meses. Valores em negrito são significativos estatisticamente ao nível de 90% (t-crítico = 1,307), segundo o teste t-Student.

Áreas de TSM bem correlacionadas	**Correlação com a vazão da sub-região Sul**		
	MM = 0 meses	**MM = 3 meses**	**MM = 6 meses**
Atlântico Central	**r = -0,484**	**r = -0,446**	**r = -0,597**
Atlântico Sul	r = 0,118	**r = 0,257**	**r = 0,294**
Atlântico Tropical Sul	**r = -0,387**	**r = -0,409**	**r = -0,435**
Niño - Pacífico Equatorial	r = -0,212	**r = -0,366**	**r = -0,224**
Pacífico Norte	r = -0,170	**r = -0,227**	r = -0,079
Pacífico Sul	r = -0,004	**r = 0,283**	**r = 0,614**

DISCUSSÃO

Comparando, separadamente, os mapas de correlação das sub-regiões analisadas, verifica-se que os resultados foram diferentes para cada uma delas. Na Tabela 4, para os dados sem média móvel (MM0), a vazão da sub-região Sul teve valores significativos de correlação linear com o Pacífico Sul, Niño e Atlântico Tropical Norte, enquanto a sub-região Norte teve a variabilidade da vazão mais explicada pelo Atlântico Central e Atlântico Tropical Sul.

Tabela 4 - Maiores valores de correlação (significativos para teste t-Student 90%) de TSM com vazão para cada sub-região sem média móvel (MM0).

Sub-região Norte	Sub-região Sul
Pacífico Sul r=-0,374	Atlântico Central r=-0,484
Niño – Pacífico Equatorial r=-0,313	Atlântico Tropical Sul r=-0,387
Atlântico Tropical Norte r=0,275	

Quando se analisam os valores para MM3 (Tabela 5) também se verifica que a ordem e o valor das áreas de TSM mais bem correlacionadas variam para as duas sub-regiões analisadas. A sub-região Norte tem sua variabilidade associada com Atlântico Tropical Sul e a região do Niño, enquanto a sub-região Sul é mais associada com Atlântico Central e Atlântico Tropical Sul.

Tabela 5 - Maiores valores de correlação (significativos para teste t-Student 90%) de TSM com vazão para cada sub-região (MM3).

Sub-região Norte	Sub-região Sul
Atlântico Tropical Sul r = 0,570	Atlântico Central r = -0,446
Nino r = -0,485	Atlântico Tropical Sul r = -0,409
Pacífico Sul r = -0,254	Nino r = -0,366
Atlântico Central r = 0,239	Pacífico Sul r = 0,283
Atlântico Tropical Norte r = 0,237	Atlântico Sul r = 0,257
	Pacífico Norte r = -0,227

Esses resultados indicam que os padrões de teleconexões atmosféricas atingem de formas diferentes as duas sub-regiões da bacia amazônica abordadas na presente pesquisa. Essa constatação foi possível a partir da identificação, nos mapas de correlação linear, das áreas de TSM mais bem correlacionadas com a vazão para cada sub-região. A sub-região Norte está mais associada à variabilidade do Pacífico, que tem a circulação da célula de Walker alterada quando da ocorrência de eventos ENOS, afetando diretamente a chuva e vazão naquela área, enquanto a sub-região Sul, está mais ligada ao Atlântico, sendo que anomalias nesse oceano afetam o posicionamento da ZCIT, o que pode alterar os elementos hidrometeorológicos que atingem essa porção da bacia amazônica brasileira.

CONCLUSÕES

A presente pesquisa apresentou técnicas estatísticas para estudos de teleconexões atmosféricas associadas à vazão de rios da bacia amazônica brasileira. Definiram-se áreas homogêneas de variabilidade de vazão a partir da análise de cluster. Nesse estudo analisaram-se duas sub-regiões das cinco definidas: a sub-região Norte a sub-região Sul. As médias de vazão dessas duas sub-regiões foram correlacionadas com a TSM global para o período de 1976 a 2010 e verificaram-se diferentes resultados para ambas.

A vazão da sub-região Norte tem valores de correlação linear maiores com a TSM do Pacífico do que a sub-região Sul, que se relaciona em maior intensidade à variabilidade do Atlântico. Isso pode ser explicado fisicamente pela associação direta do clima da área mais ao norte da bacia amazônica com a circulação da célula de Walker, que é afetada por eventos de ENOS, enquanto a sub-região sul tem sua variabilidade interanual melhor explicada pelo posicionamento da ZCIT, que se associa com anomalias de TSM no Atlântico.

Essa diferença de resultados demonstra que o uso de mapas de correlação linear, embora desprezando as interações não-lineares entre os fenômenos atmosféricos, é uma técnica importante e adequada para estudos de teleconexões, pois permite a identificação de detalhes da associação da circulação atmosférica dos diferentes locais com o comportamento oceânico.

REFERÊNCIAS

AMBRIZZI, T. **El Niño/Oscilação Sul e teleconexões atmosféricas no hemisfério austral.** São Paulo: USP/IAG, 2003. (Tese de Livre-Docência).

BLACKMON, M. L., LEE, Y.-H; J. M.; WALLACE, J. M.: Horizontal structure of 500 mb height fluctuations with long, intermediate and short time scales. **Journal of Atmospheric Science**, vol. 41, p. 961-979, 1984a.

___, ____, ____; HSU, H. -H. Time variations of 500 mb height fluctuations with long, intermediate, and short time scales as deduced from lag correlation statistics. **Journal of Atmospheric Science**, v. 41, p. 981-991, 1984b.

CAVALCANTI, I. F. A.; AMBRIZZI, T. Teleconexões e suas influências no Brasil In__: CAVALCANTI, I.F.A.; FERREIRA, J. **Clima das regiões brasileiras e variabilidade climática.** São Paulo: Oficina de Textos, 2021, p. 145-161.

DESER, C.; ALEXANDER, M. A.; XIE, S.-P.; PHILLIPS, A.S. Sea Surface Temperature variability: patterns and mechanisms. **Annual Review of Marine Science**. v. 2, p. 115-143, 2010.

ESPINOZA, J.C. et al. The extreme 2014 flood in south-western Amazon basin: the role of tropical-subtropical South Atlantic SST gradient. **Environmental Research Letters.** v. 9, p. 124007 (9p.), 2014.

GRIMM, A.M.; AMBRIZZI, T. Teleconnections into South America from the Tropics and Extratropics on Interannual and Intraseasonal timescales. In__: VIMEUX, F.; SYLVESTRE, F.; KHODRI, M. **Past climate variability in South America and Surrounding Regions:** from the last glacial maximum to the Holocene. 14ed. USA: Springer, 2009, p. 159-191.

HAIR, J.F. et al. **Análise multivariada de dados**. 5ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

HOREL, J.D.; WALLACE, J.M. Planetary-Scale Atmospheric Phenomena associated with the Southern Oscillation. **Monthly Weather Review**. Vol. 109, p. 813-89, abr. 1981.

HOSKINS, B. J. Dynamical processes in the atmosphere and the use of models. **Quarterly Journal of Royal Meteorological Society**. Vol. 109, p.1–21, 1983.

HOSKINS, B. J.; KAROLY, D. The steady linear response of a spherical atmosphere to thermal and orographic forcing. **Journal of Atmosphere Science**. v. 38, p. 1179-1196, 1981.

HOSKINS, B.J. et al. Energy dispersion in a barotropic atmosphere. **Quarterly Journal of Royal Meteorological Society**. v.103, p. 553-567, 1977.

KAGAN, B. A. **Ocean-atmosphere interaction and Climate Modeling.** Tradução M. A. Chazin. Cambridge: Cambrigde University Press, 1995.

KALNAY, E. The NCEP/NCAR 40-year Reanalysis Project. **Bulletin of the American Meteorological Society**. v. 77, n. 3, p.437-471, mar. 1996.

LIMBERGER, L.; SILVA, M.E.S.; PEREIRA, G.; CARDOZO, F. S.; MATAVELI, G.A.V.; LIMA, B.S. Streamflow and precipitation trends in the Brazilian Amazon basin and their association with Pacific decadal oscillation and deforestation. **Theoretical and Applied Climatology**. Vol. 146, p. 511-526, 2021. pages 511–526.

LINAGE, C. de; FAMIGLIETTI, J. S.; RANDERSON, J. T. Statistical prediction of terrestrial water storage changes in the Amazon Basin using tropical Pacific an North Atlantic sea surface temperatures anomalies. **Hydrology and Earth System Sciences**. Vol. 18, p. 2089-2102, 2014.

MARENGO, J.A. et al. The drought of Amazonia in 2005. **Journal of Climate.** Vol. 21, p. 495-516, feb. 2008.

MÉLICE, J.-L; SERVAIN, J. The tropical Atlantic meridional SST gradient index and its relationships with the SOI, NAO and Southern Ocean. **Climate Dynamics**. N. 20, p. 447–464, 2003.

PEZZA, A. B.; RASHID, H.A.; SIMMONDS, I. Climate links and recent extremes in antarctic sea ice, high-latitude cyclones, Southern Annular Mode and ENSO. **Climate - Dynamics**. v. 38, p. 57-73, 2012.

PINTO, N.L.S.(org.) **Hidrologia Básica**. São Paulo: Edgard Blücher, 1976.

SIMMONS, A.J. et al. Barotropic wave propagation and instability, and atmospheric teleconnection pattern. **Journal of Atmospheric Sciences**. v.40, n. 6, p. 1363-1391, jun. 1983.

SIMMONS, A.J. The forcing of stationary wave motion by tropical diabatic heating. **Quarterly Journal of Royal Meteorological Society**. v.108, p. 503-534, 1982.

WALLACE, J.M.; GUTZLER, D.S. Teleconnections in the geopotential height field during the Northern Hemisphere winter. **Meteorological Weather Review**. v.109, p. 785-812, 1981.

WELLS, N. **The atmosphere and ocean: a physical introduction**. 2ed. Chichester: John Wiley & Sons, 1998.

WILKS, D.S. **Statistical Methods in the Atmospheric Sciences.** 2ed. San Diego - CA: Elsevier, 2006.

Recebido em setembro de 2021.

Revisão realizada em outubro de 2021.

Aceito para publicação em dezembro de 2021.

UTILIZAÇÃO DO ÍNDICE DE ÁREA CONSTRUÍDA (IBI) PARA ANÁLISE DA EVOLUÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE CONTINENTAL (TSC) NA REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO (RMRJ)

USE OF THE INDEX-BASED BUILTUP (IBI) INDEX TO ANALYZE THE SPATIO-TEMPORAL EVOLUTION OF THE LAND SURFACE TEMPERATURE (LST) AT THE RIO DE JANEIRO METROPOLITAN AREA (MARJ)

USO DEL ÍNDICE DE ÁREA CONSTRUIDA (IBI) PARA ANALIZAR LA EVOLUCIÓN ESPACIO-TIEMPORAL DE LA TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE CONTINENTAL (TSC) EN LA REGIÓN METROPOLITANA DE RIO DE JANEIRO (RMRJ)

Andrews Lucena
Doutor em Ciências Atmosféricas. Professor Associado do Departamento de Geografia e do Programa de pós-graduação em Geografia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)
lucenageo@gmail.com

Isabela Herbst
Graduanda em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ).
isadealmeidah@gmail.com

Vanessa Bastos
PhD in Geography. Teaching and Research Fellow at the University of St Andrews (UK NAWA ULAM). Research Fellow at the Wroclaw University of Environmental and Life Sciences – Poland.
vdsbb@st-andrews.ac.uk

Vitor Miranda
Bacharel em Ciências Matemáticas e da Terra - Especialização em Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento; Mestre em Meteorologia – Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).
vitormiranda91@yahoo.com.br

RESUMO

A região metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) é um espaço de grandes transformações que resultam em problemas e impactos ambientais, dentre os quais aqueles relacionados ao clima das cidades. O sensoriamento remoto tem se mostrado útil para mensurar, estimar e avaliar as mudanças e impactos na atmosfera urbana e contribuído para a ciência do clima urbano. As imagens de satélite da plataforma *Landsat* são bastante utilizadas para este fim, especialmente quanto à utilização de índices temáticos e estimativa da

Temperatura da Superfície Continental (TSC). O objetivo deste trabalho é analisar a evolução do campo térmico e da área urbana na RMRJ, entre 2001 e 2020, por meio da TSC e do Índice de Área Construída (IBI) extraídos das imagens do satélite *Landsat*. Foram selecionadas as três cidades mais contrastantes no espaço metropolitano e explorados o campo térmico e a sua área urbana. Os resultados mostram que as áreas urbanas evoluíram e coincidem com os mais elevados valores da TSC, dando espaço à manifestação da Ilha de Calor Urbana (ICU), ao passo que aqueles espaços de área natural sem uso urbano expõe a Ilha de Frescor Urbana (IFU). Muitos espaços na RMRJ continuam seu processo de expansão urbana e, portanto, devem integrar o conhecimento do clima urbano ao seu planejamento.

Palavras–chave: Região Metropolitana do Rio de Janeiro; Imagens *Landsat*; Temperatura da Superfície Continental; Índice de Área Construída; Sensoriamento Remoto.

ABSTRACT

The Rio de Janeiro Metropolitan Area (MARJ) is a geographic space of intense transformations. These transformations lead to environmental problems and changes in the climate of the cities within the MARJ. Remote sensing has been shown useful to the science of urban climate, especially for assessing changes in the urban atmosphere. Satellite images from Landsat have been used to assess changes in the urban atmosphere, often through radiometric indices and land surface temperature retrieved from thermal bands. This research analyses the evolution of the thermal field in the MARJ from 2001 to 2020. For that Land Surface Temperature (LST) and the Index-Based Builtup (IBI) index extracted from Landsat images are used. The three most contrasting cities in the MARJ were selected for further analysis of the thermal field. The results show that urban areas have expanded and that this expansion coincides with highest LST values and the occurrence ofUrban Heat Island (UHI). On the other hand, green spaces coincide with the Urban Freshness Island (UFI). Many municipalities in the MARJ continue their urban expansion and need further information to t integrate the knowledge of the urban climate into their planning.

Keywords: Metropolitan Area of Rio de Janeiro; Landsat Images; Land Surface Temperature; Index-Based Builtup; Remote sensing.

RESUMEN

La región metropolitana de Río de Janeiro (RMRJ) es un espacio de grandes transformaciones que generan impactos ambientales, incluso los que se encuentran relacionados con el clima de las ciudades. La teledetección es una herramienta muy utilizada para medir, estimar y evaluar cambios e impactos en la atmósfera urbana y ha contribuido a la ciencia del clima urbano. Las imágenes de satélite de la plataforma

Landsat son las más utilizadas para esta finalidad, especialmente al uso de índices temáticos y estimación de la temperatura superficial. El objetivo de este trabajo es analizar los cambios del campo térmico en el área urbana de la RMRJ, entre los años de 2001 y 2020, por medio de la Temperatura de Superficie Continental (TSC) y el Índice de Área Construida (IBI), extraídos de imágenes del satélite *Landsat*. Se seleccionaron las tres ciudades más contrastantes del espacio metropolitano y se exploró el campo termal y su área urbana. Los resultados muestran que las áreas urbanas han evolucionado y coinciden con los valores más altos de TSC, dando espacio a la manifestación de la Isla de Calor Urbano (ICU), mientras que aquellos espacios de área natural sin uso urbano exponen la Isla de Frescura Urbana (IFU). Muchos espacios de la RMRJ siguen en proceso de expansión urbana y, por lo tanto, deben integrar el conocimiento del clima urbano en su planificación.

Palabras clave: Región Metropolitana de Río de Janeiro; Imágenes Landsat; Temperatura de Superficie Continental; Índice de Área Construida; Teledetección.

INTRODUÇÃO

A Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) é o segundo polo de concentração demográfica e de atividades econômicas do país, com grande volume de atividades e fluxos, oferta de bens e serviços mais especializados e uma alta taxa de urbanização, condições adquiridas por conta da sua posição geográfica e em razão dos processos históricos, econômicos, jurídicos e políticos. No estado de mesmo nome, Rio de Janeiro, a RMRJ concentra, em média, 90,0% da população estadual e é sobrecarregada regionalmente pela concentração de grande parte dos serviços, reduzindo a força política e econômica do interior fluminense (MARAFON et al., 2011; BRITO, 2006).

As transformações ocorridas ao longo da história da RMRJ resultaram em uma série de modificações no sistema ambiental, atingindo os recursos hídricos, os sistemas geomorfológicos, biogeográficos e atmosféricos. Uma dessas mudanças, a Ilha de Calor Urbana (ICU), é o principal produto do clima urbano, que na RMRJ é objeto de estudo permanente dos últimos 30 anos com diferentes repercussões metodológicas (MORAES, 2008; MARQUES FILHO et. al., 2009; KARAM et. al., 2010; LUCENA et

al, 2013; PERES et al, 2018) e sua complexidade se dá pelas características de cada espaço geográfico.

A RMRJ é um laboratório dos estudos em clima urbano, que se consolidou na década de 1990 com os trabalhos de BRANDÃO (1992; 1996). Na primeira referência a autora analisa a série temporal da temperatura do ar de estações meteorológicas e indica uma provável influência antrópica sobre os dados ao longo da série (BRANDÃO, 1992). Na segunda referência, a autora se utiliza da técnica de medidas móveis e fixas para mensurar a temperatura do ar e mensurar a ilha de calor urbana (BRANDÃO,1996), que neste caso define a Ilha de Calor Urbana Atmosférica. Este termo ainda não é utilizado na época daquelas publicações, mas que atualmente seria apropriado para distinguir da Ilha de Calor Urbana de Superfície, oriunda da mensuração por sensoriamento remoto. A respeito dos métodos e técnicas em clima urbano, no campo térmico, operados para a RMRJ, consultar a publicação de Lucena e Peres (2017).

O sensoriamento remoto permite pesquisas no campo do clima urbano (GALLO et al., 1995). A partir das bandas termais é possível estimar a temperatura da superfície das cidades RAO (1972). Simultaneamente e complementarmente, são utilizados índices a partir dos demais canais de sensores remotos para reforçar as pesquisas em clima urbano, desde os mais clássicos índices de vegetação, FR, SAVI e NDVI (ZHA et al., 2003; YUAN e BAUER, 2007; XU, 2008; ZHANG et al., 2009. IMHOFF et al., 2010) até índices para áreas construídas, tais como o NDBI, IBI e ISA (ZHA et al., 2003; CHEN et al., 2006; XIAN e CRANE, 2006; YUAN e BAUER, 2007; XU, 2008; ZHANG et al., 2009; IMHOFF et al., 2010).

Herold et al (2003) analisaram temporalmente o crescimento urbano na região de Santa Bárbara (Califórnia) por um período de 72 anos, através de imagens do satélite IKONOS, usando um modelo matemático que permite prever os avanços urbanos com base nos dados de 1930 a 2001, provando o quão importante e acuradas são as análises urbanas com sensoriamento remoto. Lucena et al (2012) analisaram os impactos dos empreendimentos na região metropolitana do Rio de Janeiro por meio da análise de índices temáticos de vegetação, área urbana e temperatura da superfície entre os anos de 2004 a 2011, descrevendo as alterações desses parâmetros com imagens *Landsat*.

A série temporal do *Land Remote Sensing Satellite* (*Landsat*) está acessível gratuitamente e virtualmente aos usuários nacionais através do serviço geológico dos Estados Unidos (USGS). Foram lançados até o momento oito satélites, com os sensores ERTS-1 (*Earth Resources Technology Satellite*), RBV (*Return Beam Vidicon*), MSS (*Multispectral Scanner System*), TM (*Thematic Mapper*), ETM (*Enhanced Thematic Mapper*), ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper Plus*), OLI (*Operational Land Imager*) e TIRS (*Thermal Infrared Sensor*). O nono lançamento da série Landsat está previsto para setembro de 2021. A plataforma *Landsat* representa a maior série temporal se comparada com outros sistemas-sensores em órbita. Desse modo, seu uso traz maior vantagem nas análises que tratam de uma evolução espaço-temporal da temperatura da superfície continental desde 1984, por exemplo.

A Temperatura da Superfície Continental (TSC) é um importante produto da base *Landsat*. Medidas adequadas de TSC são úteis aos estudos de clima urbano devido ao mapeamento e estimativa da Ilha de Calor Urbana, condição limitada à mensuração em estações meteorológicas convencionais. O mapeamento da cidade e das áreas metropolitanas pela TSC favorece o conhecimento e a delimitação dos espaços de calor e frescor, fornecendo orientações às políticas públicas urbano-ambientais.

Complementares ao uso da TSC, os índices derivados do Landsat ampliam a análise espacial do clima urbano e da sua Ilha de Calor Urbana (ICU) associada. O Índice de Área Construída (IBI) é efetivo na identificação de áreas urbanizadas e supressão dos ruídos das imagens, além de possuir uma correlação positiva com a temperatura da superfície terrestre e negativa com índices de vegetação e de água (XU, 2008).

Neste contexto, este artigo propõe uma análise espaço-temporal da evolução do campo térmico e da área urbana na Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) entre 2001 e 2020 através da Temperatura da Superfície Continental (TSC) e do Índice de Área Construída (IBI) extraídos das imagens de satélite Landsat. Considerando a estatística descritiva (por diagramas de caixa) pretende-se selecionar as três cidades mais contrastantes no espaço metropolitano e explorar seus espaços classificando-as internamente a partir de um ranking de calor e mais urbanos dos seus bairros.

A seção seguinte, que trata de material e métodos, traz uma breve apresentação da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) e descreve a técnica estatística de construção dos diagramas de caixa e a estimativa da Temperatura da Superfície Continental (TSC) e do Índice Área Construída (IBI). Nos resultados e discussões, discute-se a composição dos diagramas de caixa para as cidades selecionadas e são analisados os mapas de TSC e IBI da RMRJ, com destaque aquelas cidades selecionadas e seus bairros mais quentes e mais urbanizados; finalmente, nas considerações finais, são mostradas as conclusões, abordando o papel do método adotado, assim como a sua limitação, as contribuições e a proposição de trabalhos futuros no contexto deste tema.

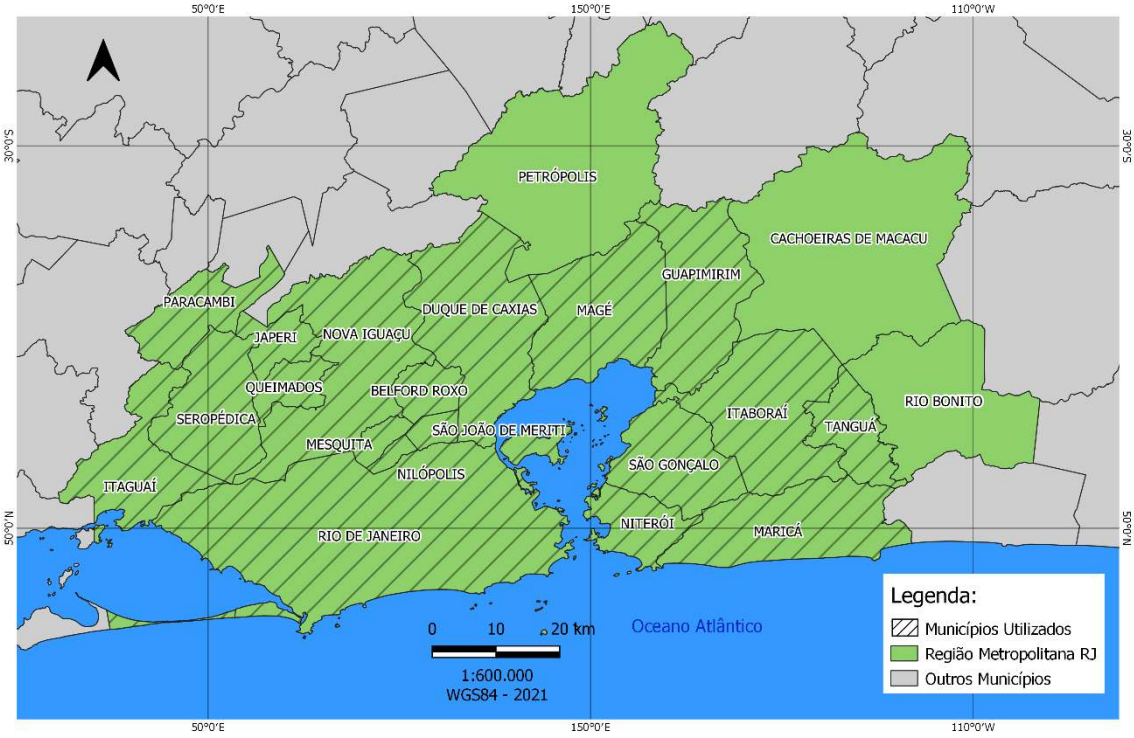
MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo

A região metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ), situada na região sudeste do Brasil, no estado do Rio de Janeiro, foi definida em 2018 pela Lei Complementar Estadual nº 184, que descreve sua composição, organização e gestão, e define funções públicas e de interesse comum. A RMRJ é composta por Rio de Janeiro, Belford Roxo, Cachoeiras de Macacu, Duque de Caxias, Guapimirim, Itaboraí, Itaguaí, Japeri, Magé, Maricá, Mesquita, Nilópolis, Niterói, Nova Iguaçu, Paracambi, Petrópolis, Queimados, Rio Bonito, São Gonçalo, São João de Meriti, Seropédica e Tanguá (Figura 1).

Neste estudo, foram utilizadas 19 das 22 cidades da RMRJ (Figura 1), as exceções foram Petrópolis, Cachoeiras de Macacu e Rio Bonito. Isto se deve ao fato destas cidades ultrapassarem o limite da cena Landsat. Incluí-las em um possível mosaico não é viável, visto que a resolução temporal do *Landsat* é de 16 dias, o que poderia excluir as informações reais do espaço por conta da temporalidade diferente.

Figura 1 - Delimitação da região metropolitana do Rio de Janeiro.



Tratamento das imagens Landsat

A Temperatura da Superfície Continental (TSC) e o Índice de Área Construída (IBI) foram calculados usando dados de sensoriamento remoto do TM, ETM +, OLI e TIRS a bordo dos satélites *Landsat* 5, 7 e 8, obtidos por meio do *United States Geological Survey* (USGS). Foram consideradas imagens a partir do ano 2001 até o ano de 2020. Apesar de as imagens já serem georreferenciadas, os dados brutos foram corrigidos geometricamente usando o método *Nearest Neighbour* presente em softwares de código livre (e.g. *SPRING*). Tal procedimento foi realizado porque algumas imagens ainda possuíam erros residuais, quando comparados com bases geográficas in-situ.

Conforme o próprio USGS, desde 31 de maio de 2003, o *Scan Line Corrector* (SLC), que compensa o movimento de avanço do Landsat 7, apresentou falhas permanentes, o que gerou linhas de lacunas nas imagens. Vários estudos desenvolveram métodos e algoritmos (SCARAMUZZA et al., 2004) para preencher as devidas linhas nos dados, porém as lacunas sobre o RMRJ cobrem quase todas as cenas e apresentam grande variabilidade. Além disso, boa parte dos métodos utilizam interpolações, o que para a

TSC (que possui alta variabilidade), não é o mais adequado. Assim, apesar dos nossos resultados apresentarem a data de 2012, não serão considerados nas análises textuais. Após esse período, com o término do programa Landsat-5 TM em novembro de 2011, o lançamento do Landsat 8 em março de 2013 garantiu a continuidade do conjunto de dados, sendo a partir desta data o único sistema sensor-satélite considerado.

Em seguida, foi realizada a correção radiométrica para cada banda do Landsat, com base nas equações e constantes de calibração USGS (CHANDER et al., 2009). Com suporte no trabalho de França e Cracknell (1995), foram adotadas três técnicas de mascaramento de nuvens: a) técnica com base em limiar do valor da reflectância na banda 3; b) técnica com base em limiar do valor de temperatura de brilho na banda 6; c) técnica da razão entre as bandas 4 e 3. As três técnicas identificam se o pixel está coberto por nuvens ou não.

Cálculo da Temperatura da Superfície Continental (TSC)

Após as correções geométricas, radiométricas e o mascaramento de nuvens, é feito o cálculo da Temperatura da Superfície Continental (TSC), que é estimada utilizando as bandas termais (e.g. 6 do Landsat 5 e 7, e 10 do Landsat 8), com base em diferentes parametrizações (QIN et al., 2001; JIMÉNEZ-MUÑOZ e SOBRINO, 2003; SOUZA e SILVA, 2005), nas quais a correção atmosférica é realizada utilizando dados de estações meteorológicas na RMRJ. A TSC estimada é resultado da combinação entre a temperatura de brilho nas bandas termais e um fator de correção que considera a influência atmosférica e a emissividade da superfície no sinal registrado pelo instrumento a bordo do satélite. A emissividade foi obtida a partir do NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index)* de acordo com Van de Griend e Owe (1993). A demonstração com as equações e algoritmos de correção geométrica e correção atmosférica podem ser encontradas em Lucena et al. (2013).

Cálculo dos Índice de Área Construída

O IBI, do inglês *index-based built up index* (XU, 2008), é usado para identificar áreas construídas. É calculado com base em três índices temáticos: o SAVI

índice ajustado de solos para a vegetação, MNDWI índice de água por diferença normalizada modificado e o NDBI índice de área construída por diferença normalizada. Esses índices radiométricos representam os três mais significativos componentes urbanos (água, vegetação e área construída). O IBI é um índice normalizado, com valores entre -1 e 1, com os valores próximos a um indicando altas taxas de área urbanizada. É calculado com base nos valores de reflectância das bandas do verde (*Green)* e vermelho (*Red*), infravermelho próximo (NIR) e infravermelho médio (MIR).

$$IBI = \frac{\frac{2MIR}{MIR+NIR} - \left[\frac{NIR}{NIR+Red} + \frac{Green}{Green+MIR}\right]}{\frac{2MIR}{MIR+NIR} + \frac{NIR}{NIR+Red} + \frac{Green}{Green+MIR}}$$

Seleção dos municípios e bairros para análise da TSC e do IBI

Para selecionar os municípios a serem analisados, geramos uma série temporal de gráficos de caixa dos valores de TSC para cada município da RMRJ no período entre 2001 e 2020. Os gráficos foram gerados com base em todos os pixels de TSC que intersectam o polígono representando o limite político-administrativo de cada município. A partir da análise visual exploratória dos gráficos, selecionamos os municípios, que quando comparados com os demais, apresentaram padrões diferenciados e únicos na distribuição e evolução da TSC. Em seguida, a média, o desvio padrão, o mínimo e o máximo zonal foram calculados para os bairros dos municípios selecionados. As estatísticas zonais foram utilizadas para ranquear os bairros e identificar as três localidades mais quentes nos anos de 2001, 2010 e 2020 para cada município selecionado.

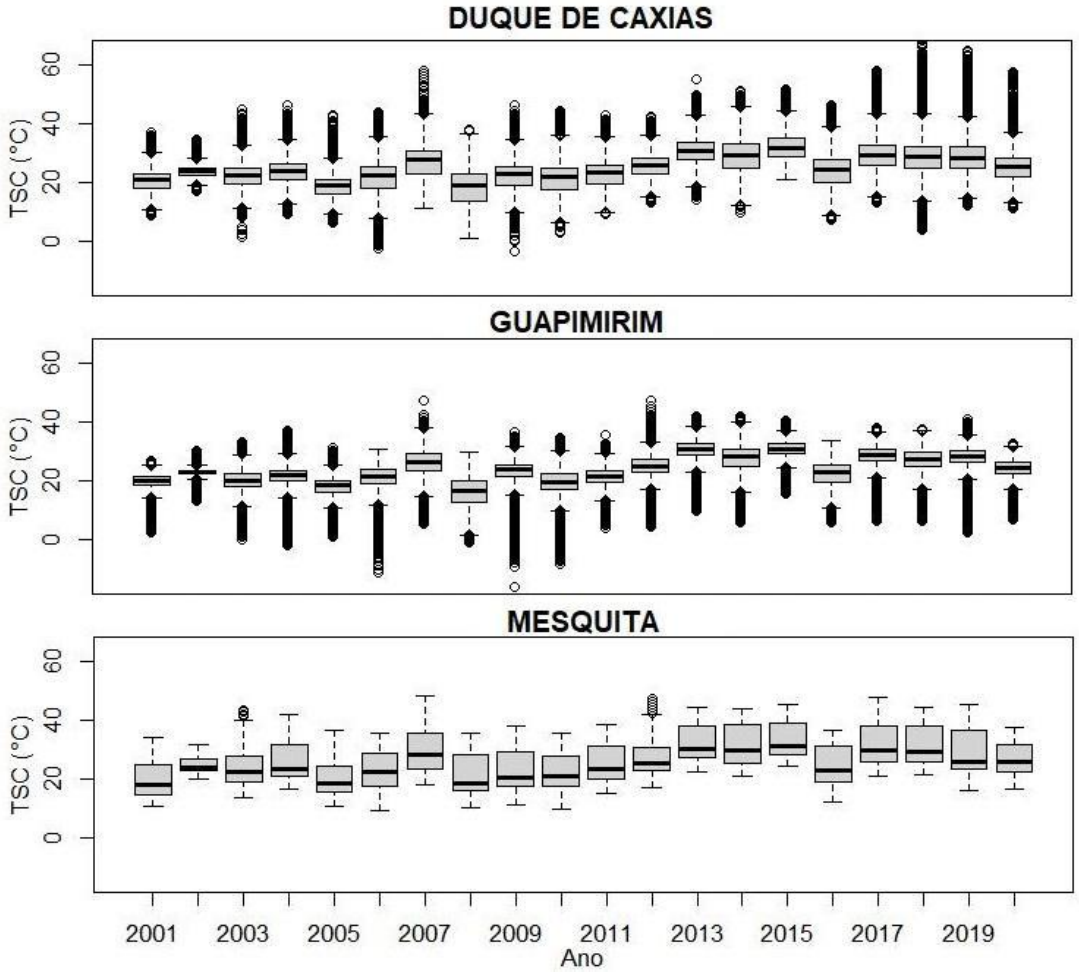
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estatística dos gráficos de caixa

Com base em nossa análise visual exploratória, selecionamos os municípios de Duque de Caxias, Guapimirim e Mesquita (Figura 2). Os municípios de Duque de

Caxias e Guapimirim apresentaram forte presença de *outliers* na série temporal de TSC anual média.

Figura 2 - Gráficos de caixa dos municípios Duque de Caxias, Guapimirim e Mesquita.



No caso de Duque de Caxias, até o ano de 2006 os *outliers* são compostos predominantemente por temperaturas acima de 30°,0ºC, mas esse limite aumenta para cerca de 35,0°C entre 2007 e 2012 e para mais de 40,0°C entre 2013 e 2020. O aumento do limite que determina *outliers* indica haver uma tendência de aumento da TSC entre 2001 e 2020. Além disso, em Duque de Caxias também se observa acréscimo no número de *outliers* com o passar dos anos. Essas mudanças nos valores e distribuição da TSC podem ser resultado de modificações nos padrões de cobertura do solo, os quais exploraremos através da análise espacial do IBI no começo, meio e fim da série temporal.

No caso de Guapimirim, até 2006 há predominância de *outliers* compostos predominantemente por temperaturas abaixo de 10,0°C, mas esse limite aumenta para cerca de 18,0°C entre 2007 e 2012 e para cerca de 20,0°C entre 2013 e 2020. O aumento do limite que determina *outliers* indica haver uma tendência de aumento da TSC entre 2001 e 2020. Entretanto, diferente de Duque de Caxias, observa-se relativa estabilidade no número de *outliers* ao decorrer da série temporal. Enquanto as mudanças nos valores da TSC podem ser resultado de modificações nos padrões de cobertura do solo, a relativa estabilidade no número de *outliers* representando temperaturas mais baixas pode estar relacionado às áreas de preservação no município; hipótese que verificaremos na análise do IBI.

Contrastando com os anteriores, o município de Mesquita apresenta certa homogeneidade na série temporal da TSC média anual. *Outliers* são ínfimos e ocorrem apenas no ano de 2003 e no ano de 2012. No entanto, como já explicado anteriormente, evitaremos conclusões baseadas no ano de 2012 devido à falha do SLC do *Landsat* e a necessidade de interpolação dos dados para correção. Apesar da quase inexistência de *outliers*, observa-se também em Mesquita a tendência de elevação da TSC entre 2001 e 2020, registrada pelo aumento da mediana. Na Figura 2 estão representados os diagramas de caixa da distribuição da média anual da temperatura de superfície (TSC) entre 2001 e 2020 para os municípios selecionados. O traço preto nos diagramas de caixa representa a mediana e os círculos indicam os *outliers.*

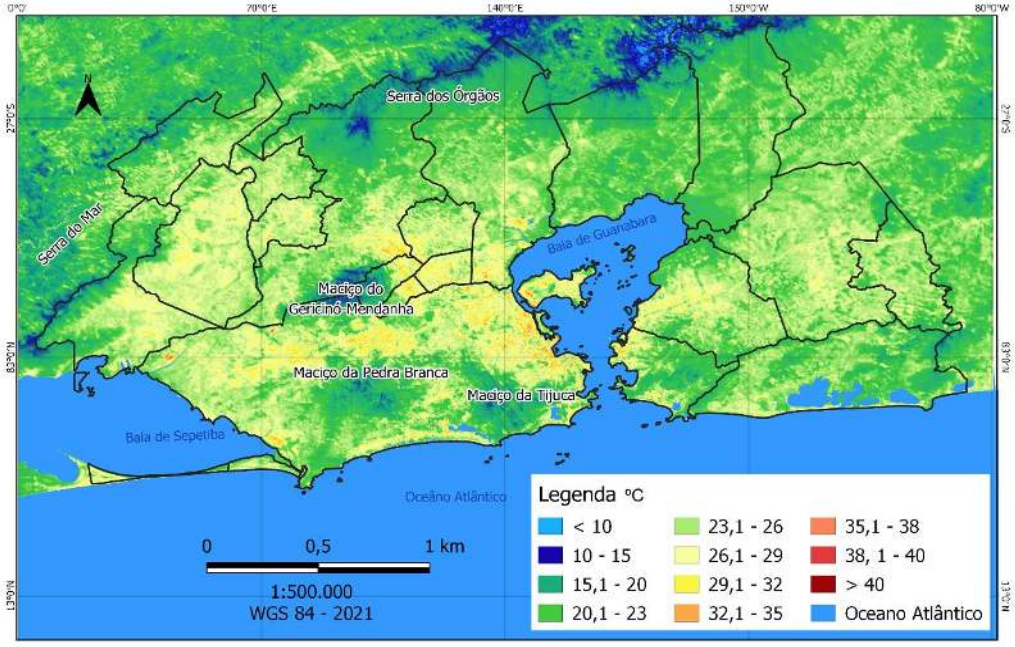
O mapeamento da Temperatura da Superfície Continental (TSC) na Região Metropolitana do Rio de Janeiro nos anos de 2001, 2010 e 2020

Considerando o mapa da TSC para o ano de 2001 na RMRJ, os espaços mais quentes, iguais ou superiores a 26,0ºC (em tom amarelo), concentraram-se nos principais núcleos urbanos da metrópole, a saber: a baixada da Guanabara, de Jacarepaguá, Bangu e Santa Cruz e a Zona Sul da cidade do Rio de Janeiro, boa parte da Baixada Fluminense, e o setor leste da baía de Guanabara no eixo conurbado Niterói-São Gonçalo (Figura 3). O espaço em tom amarelo, com faixa da TSC entre 26,1 e 32,0ºC é um espaço heterogêneo com diferentes formas e funções de uso urbano, ocupado pelas baixadas que deram início à urbanização carioca e metropolitana, como a Baixada da Guanabara e a

faixa litorânea na Zona Sul da cidade do Rio de Janeiro, enquanto as demais, mais recentes, como Jacarepaguá, Bangu e a Baixada Fluminense, ainda estão em processo de ocupação.

Observam-se naqueles espaços valores acima dos 32,0ºC, que indicam a heterogeneidade espacial da metrópole. São exemplos os locais conectados a avenida Ayrton Senna e Américas na Barra da Tijuca, Zona Oeste da cidade do Rio de Janeiro, a avenida Brasil na Zona Norte da cidade do Rio de Janeiro, e a Rodovia Presidente Dutra entre o bairro de Irajá, na cidade do Rio de Janeiro, e os municípios da Baixada Fluminense, como Belford Roxo, Mesquita, Queimados e São João de Meriti. Acrescenta-se também a rodovia Niterói-Manilha, da BR-101, no setor leste da RMRJ, que conecta Niterói e São Gonçalo, importantes municípios deste setor metropolitano.

Figura 3 - Média da TSC na RMRJ em 2001.

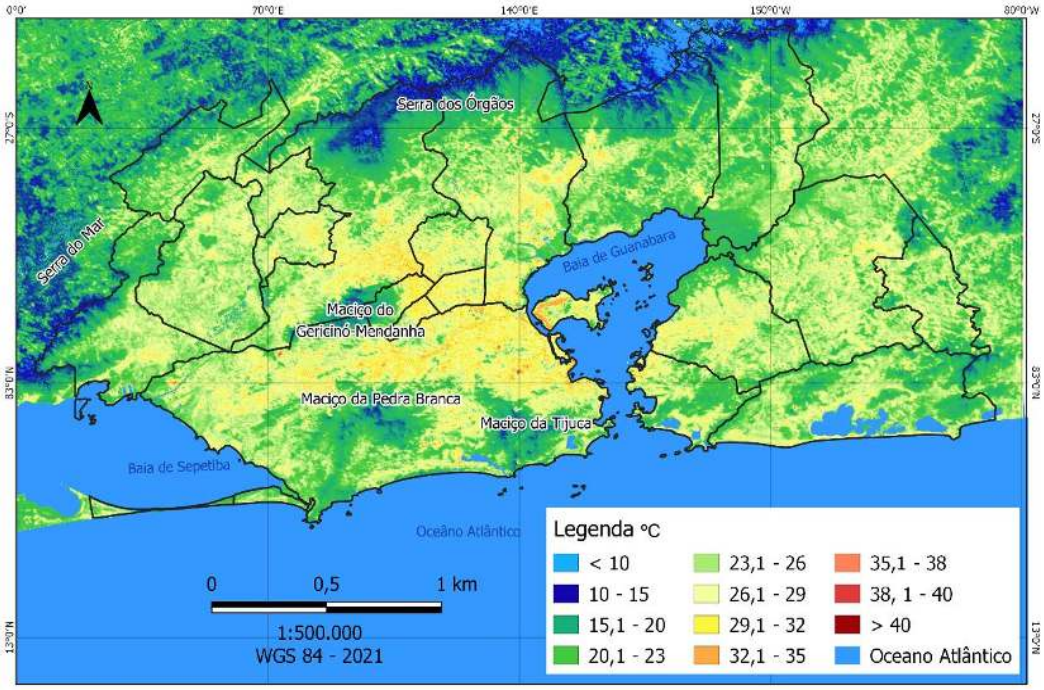


Por outro lado, os espaços mais amenos, com TSC abaixo de 26,0ºC, em coloração verde e azul, estão situados no extremo norte e a nordeste da RMRJ. Tratam-se de cidades com baixa urbanização e extensa área verde, como é o caso das cidades de Duque de Caxias, Guapimirim e Magé, todas na Baixada Fluminense. Os espaços verdes são de grande relevância no arrefecimento da TSC e estão representados pelos conjuntos biogeográficos da Floresta Atlântica na metrópole. Em muitos destes conjuntos a TSC

não ultrapassa 15,0ºC (representado pela cor azul), como no domínio da Serra do Mar, no extremo norte e oeste da RMRJ, que contempla as cidades de Duque de Caxias, Nova Iguaçu e Itaguaí, ou mesmo no seio da cidade do Rio de Janeiro, que conta com três importantes maciços costeiros, representados por Unidades de Conservação, a saber, Tijuca, Pedra Branca e Gericinó-Mendanha (este que divide limite administrativo com os municípios de Nova Iguaçu, Mesquita e Nilópolis, na Baixada Fluminense) .

A Figura 4 reproduz os mesmos espaços mais quentes de 2001, mas com os tons de amarelo e laranja mais destacados, que representam valores da TSC entre 29,0 e 35,0ºC. Valores acima de 35,0ºC, em tom rosado, também são identificados, e mais evidentes, diferentemente do mapa de 2001.

Figura 4 - Média da TSC na RMRJ em 2010.



A mancha mais amarela na cidade do Rio de Janeiro conecta a baixada da Guanabara (Zona Norte) à baixada de Jacarepaguá (Zona Oeste) e de Bangu (Zona Oeste). Neste mapa de 2010, é mais evidente a conexão entre a baixada da Guanabara, na cidade do Rio de Janeiro, e os vários municípios da Baixada Fluminense (Duque de Caxias, Nova Iguaçu, São João de Meriti, Mesquita e Belford Roxo). Esta conexão entre a Zona Norte

do Rio de Janeiro e a Baixada Fluminense deixa evidente a conurbação, fenômeno típico de grandes áreas metropolitanas, como é o caso da RMRJ. Apesar da presença de um extenso corpo hídrico, a baía de Guanabara, entre a cidade do Rio de Janeiro e o setor leste da área metropolitana, representada pelas cidades de Niterói, São Gonçalo e Itaboraí, o fenômeno da conurbação também é confirmado, uma vez que os espaços apresentam o mesmo grau de urbanização, de similar história de ocupação urbana na RMRJ.

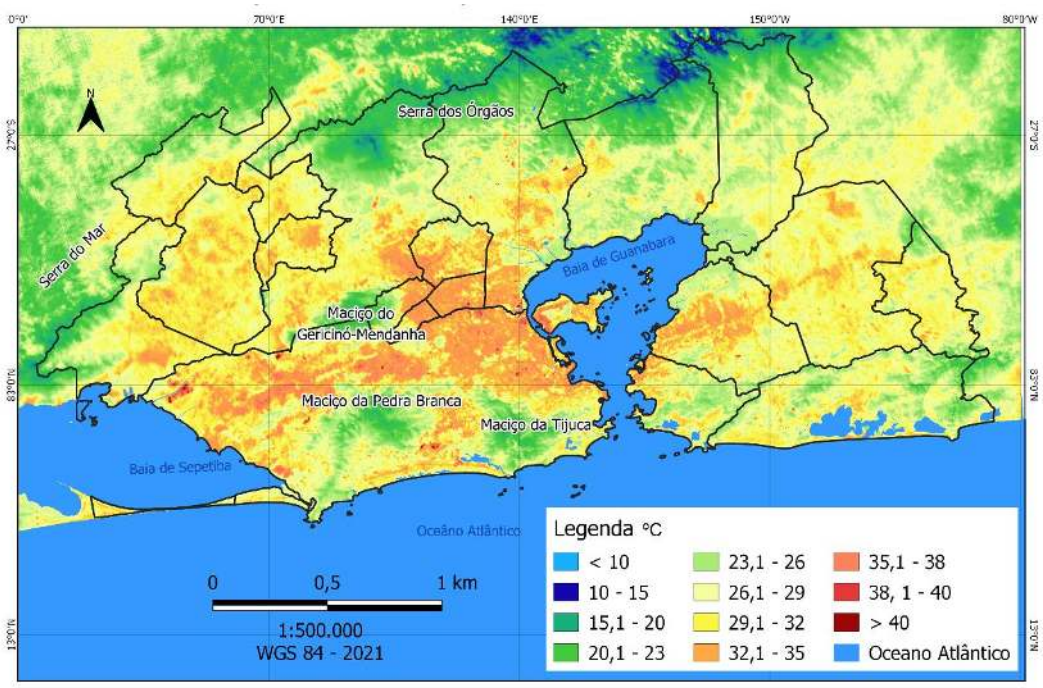
Em 2010 outros espaços também se destacam, antes escondidos no mapa de 2001, como em Duque de Caxias e Nova Iguaçu, as principais cidades da Baixada Fluminense, Itaboraí, no leste metropolitano, e o extremo oeste da cidade do Rio de Janeiro, como os bairros de Santa Cruz e Guaratiba, importantes eixos de expansão urbana atual.

Os espaços mais amenos, em tom verde (entre 15,1 e 23,0ºC), azul escuro (entre 10,1 e 15,0ºC) e azul claro (abaixo de 10,0ºC), estão situados a norte, nordeste, leste e extremo oeste da RMRJ. A norte e nordeste os municípios englobados são Nova Iguaçu, Duque de Caxias, Magé e Guapimirim, todos na Baixada Fluminense, com destaque a Serra do Mar no extremo norte. A leste se destacam Itaboraí, Tanguá e Maricá, enquanto no extremo oeste Itaguaí é o município de destaque. É importante ressaltar a extensão da Serra do Mar, em Itaguaí, que, na direção sul tende a se integrar com os municípios da Costa Verde fluminense, e que em direção norte segue para os municípios da região Serrana. E, finalmente, mas não menos importante, deve-se considerar os espaços dos maciços costeiros na cidade do Rio de Janeiro (em tom azul e verde escuro) que empurram a TSC para valores bem abaixo do complexo urbano carioca, em torno 10,0ºC, o que marca o papel desses espaços de vegetação na cidade.

O mapa de 2020 (Figura 5) reporta os espaços de calor e frescor dos anos anteriores, mas com contrastes mais marcantes. Os espaços contínuos mais quentes vão do tom laranja (32,1 a 35,0ºC) ao rosado (35,1 a 38,0ºC), enquanto os mais amenos estão em tom de verde (entre 15,1 e 26,0ºC). Deste modo, a conexão entre as baixadas da cidade do Rio de Janeiro, permeadas pelos maciços costeiros, são evidentes, assim como a conurbação Baixada da Guanabara, na cidade do Rio de Janeiro, com a Baixada Fluminense.

Deve-se destacar as cidades do Oeste metropolitano (Queimados, Japeri, Seropédica e Itaguaí) e do extremo leste, Itaboraí, com valores de TSC expressivos. Seropédica e Itaguaí têm importantes áreas de exploração de areais que elevam a temperatura do solo, enquanto Itaboraí comportou uma grande parcela territorial para a construção do COMPERJ (Complexo Petroquímico do estado do Rio de Janeiro), iniciado em 2008, e se estendeu e consolidou ao longo da década passada (2011-2020). Queimados e Japeri se integram, aos poucos, à franja urbana metropolitana pelo setor noroeste, e tendem a consolidar suas contribuições à mancha da TSC na RMRJ daqui em diante.

Figura 5 - Média da TSC na RMRJ em 2020.

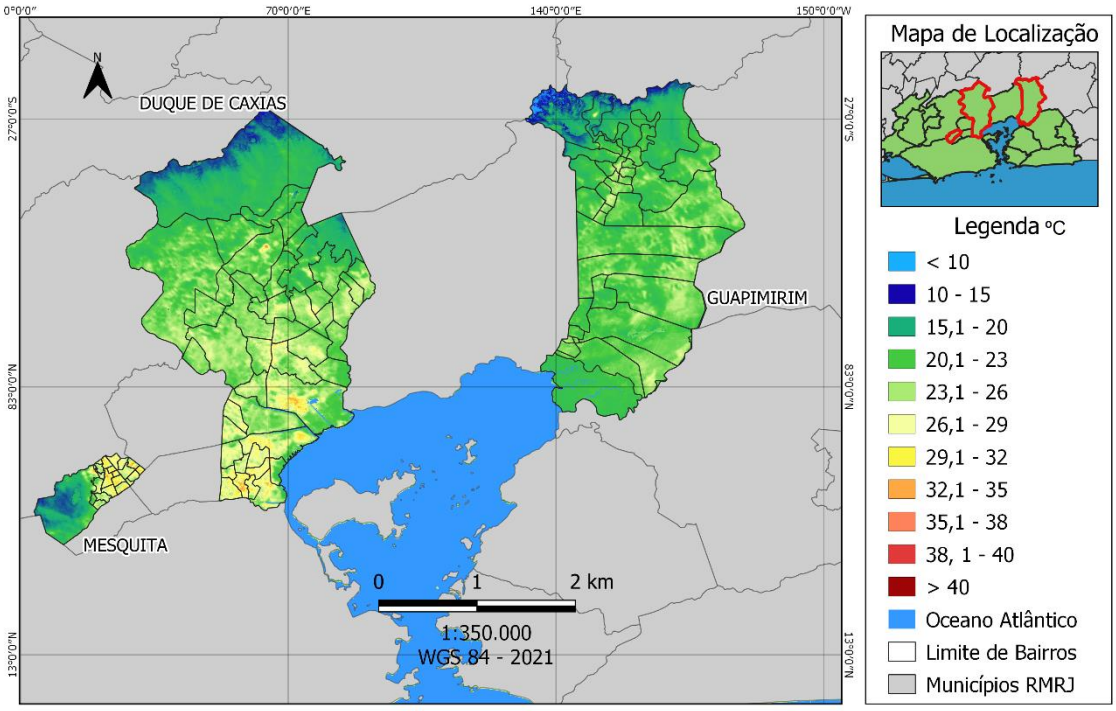


Mapeamento e estatística da TSC para as cidades de Mesquita, Duque de Caxias e Guapimirim

Para o recorte de 2001 (Figura 6) Guapimirim apresenta o padrão espacial da TSC mais homogêneo com suas médias entre 15,1 e 26,0ºC em tons mais fortes na cor verde. A cidade de Duque de Caxias, de dimensões e forma territorial semelhantes a Guapimirim, apresenta um padrão espacial mais heterogêneo, oscilando entre 10,0 e 23,0ºC (em tons azul e verde escuro) na sua porção norte e central, e entre 23,1 e 32,0ºC (em tons verde claro e amarelo) na porção sul. Na cidade de Mesquita, o padrão espacial

da TSC é semelhante ao de Duque de Caxias, ainda que a dimensão territorial da primeira seja muito menor (cerca de 7 vezes menos) que a segunda. Em Mesquita, a TSC varia entre 23,1 e 32,0ºC (em tons verde claro e amarelo) na porção nordeste e entre 10 e 23ºC (em tons azul e verde escuro) na sua porção central e sul/sudoeste.

Figura 6 - Média da TSC nos municípios selecionados em 2001



Esta configuração espacial das três cidades revela a conexão delas com a rede espacial da RMRJ. No caso de Mesquita e Duque de Caxias, seus espaços mais quentes coincidem com a malha conurbada à cidade do Rio de Janeiro e às cidades da Baixada Fluminense, a saber: São João de Meriti, Belford Roxo, Nilópolis e Nova Iguaçu. O setor norte de Duque de Caxias, que registra TSC mais baixa, situa-se na área de vegetação preservada da Serra do Mar, limítrofes de cidades da Região Serrana. Em Mesquita, a TSC mais baixa está situada em sua porção central e sul/sudoeste, uma área também de vegetação, neste caso o Maciço Gericinó-Mendanha, que tem limite administrativo com a cidade do Rio de Janeiro e de Nilópolis, e ocupa quase a metade do território municipal. Finalmente, Guapimirim está situada no extremo leste da Baixada Fluminense, cidade desconectada da malha urbana e conurbada da RMRJ, possui espaços verdes e não

ocupados mais preservados que garantem taxas de urbanização mais baixas e, consequentemente, TSC mais baixas que as demais cidades.

A Tabela 1 mostra os três bairros mais quentes de cada cidade em análise. Considerando a TSC média, Mesquita lidera os valores mais altos, seguida por Duque de Caxias e Guapimirim.

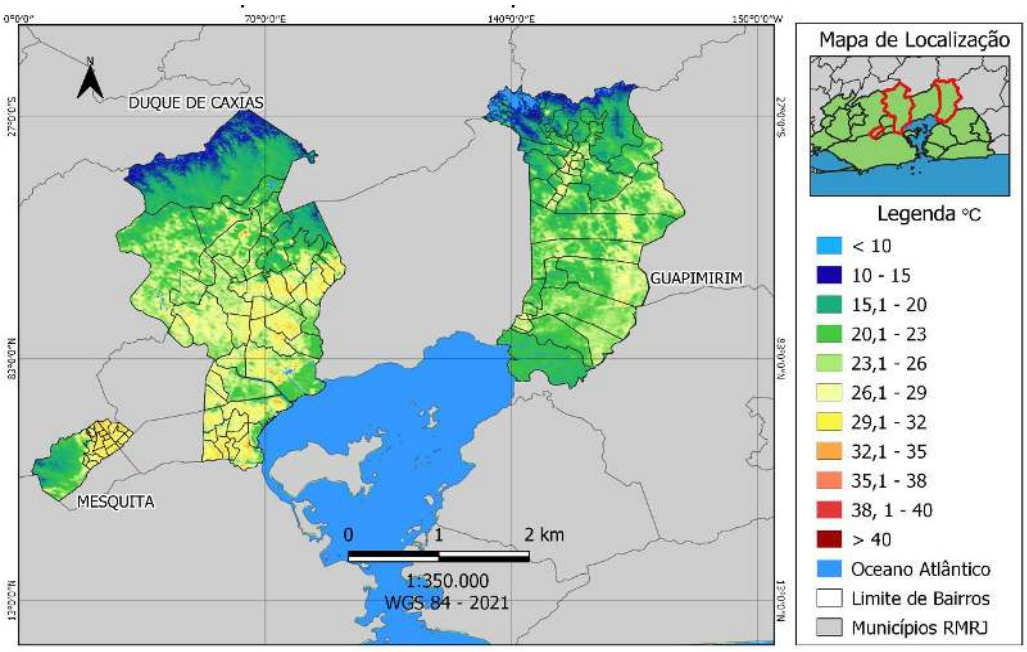
Tabela 1 - Bairros com maiores médias de TSC nos municípios selecionados em 2001.

Bairro	Mín	Máx	Média	Desvio	Município
BNH	24,2	32,8	28,4	1,5	Mesquita
Vila Emil	22,9	32,5	27,8	1,8	Mesquita
Juscelino	24,1	32,5	27,8	1,5	Mesquita
Vila São Luiz	23,2	33,5	26,9	1,2	Duque de Caxias
Jardim 25 de Agosto	21,2	32,4	26,3	2,0	Duque de Caxias
Bar dos Cavaleiros	20,9	32,3	26,2	1,7	Duque de Caxias
Parque Fleixal	19,6	25,6	23,0	1,0	Guapimirim
Vila Olímpia	20,6	24,8	22,6	0,8	Guapimirim
Parque Santo Antônio	20,6	25,5	22,2	1,0	Guapimirim

A TSC mínima em Mesquita também é a mais elevada que as demais cidades, enquanto apenas para a TSC máxima, Mesquita e Duque de Caxias dividem as primeiras colocações. Os bairros com os maiores valores de TSC em Mesquita e Duque de Caxias, estão situados justamente nas porções mais quentes do mapa, isto é, o setor nordeste da primeira, e o setor sul da segunda. Finalmente, em Guapimirim, a Tabela 1 destaca os bairros mais quentes, que visualmente no mapeamento não é evidente por conta da homogeneidade espacial. Os bairros Parque Fleixal e Parque Santo Antônio estão localizados na porção mais central da cidade, enquanto Vila Olímpia está a sudoeste quase na divisa com a cidade de Magé.

Em 2010, a configuração espacial da TSC sofreu pouca alteração, com destaque maior para a cidade de Guapimirim (Figura 7).

Figura 7 - Média da TSC nos municípios selecionados em 2010.



Em Guapimirim, a homogeneidade espacial em tons de verde (entre 15,1 e 23,0ºC), do ano de 2001, dá lugar a espaços mesclados em tons de verde e amarelo (entre 26,1 e 29,0ºC) mais localizados na porção norte e leste, quando se destacam os bairros Parque Fleixal e Parque Santo Antônio, respectivamente, conforme Tabela 2. Destaque também ao bairro Vila Olímpia, que se destaca, assim como em 2001, a sul, em amarelo, registrando a mais elevada TSC média do bairro (26,4ºC).

Tabela 2 - Média da TSC na RMRJ em 2010

Bairro	Mín	Máx	Média	Desvio	Município
Santo Elias	26,2	33,0	29,1	1,3	Mesquita
Juscelino	24,2	35,7	29,1	1,5	Mesquita
Cosmorama	23,5	33,8	29,0	1,3	Mesquita
Bar dos Cavaleiros	21,9	34,1	27,8	1,6	Duque de Caxias
Vila São Luiz	23,8	35,8	27,7	1,4	Duque de Caxias
Jardim 25 de Agosto	19,8	32,7	27,3	2,1	Duque de Caxias
Vila Olímpia	22,3	29,2	26,4	1,3	Guapimirim
Parque Fleixal	20,1	30,3	25,4	2,0	Guapimirim
Parque Santo Antônio	20,8	28,7	24,2	1,4	Guapimirim

Em Duque de Caxias sua porção central se destaca um pouco mais que em 2001, com tons mais fortes de amarelo (entre 26,1 e 32,0ºC). Contudo, os bairros mais quentes mantêm-se a sul (Bar dos Cavaleiros, Vila São Luiz e Jardim 25 de Agosto),

alterando, apenas, o ranking de classificação, ou seja, a área mais quente da cidade é aquela conectada à malha urbana da RMRJ. No extremo norte, no distrito de Xerém, na subida da Serra do Mar, em direção à Região Serrana Fluminense, registram os valores mais baixos, com valores, em média, entre 10,0 e 15,0ºC, representados em cor azul escura.

Em Mesquita, a divisão espacial da TSC é mais evidente, quando comparada a 2001, mas preserva a divisão espacial anterior: os valores mais altos a centro-nordeste, em tons de amarelo e laranja (entre 29,1 e 35,0ºC); os valores mais baixos a centro-sul-sudoeste, em verde escuro (entre 15,1 e 23,0ºC). Assim como em Duque de Caxias, os espaços mais quentes são aqueles conectados à malha urbana conurbada da RMRJ, enquanto os mais amenos estão a sudoeste, definidos, especialmente, pelo Maciço Gericinó-Mendanha. Entre os bairros mais quentes deste ano de 2010, quando comparado ao ano de 2001, manteve-se apenas Juscelino, enquanto outros dois, Santo Elias e Cosmorama, tomaram o lugar dos bairros BNH e Vila Emil. Entretanto, aqueles novos bairros estão localizados na mesma área destes, isto é, a centro-nordeste, e com valores da TSC média e máxima, acima do registrado em Duque de Caxias.

Em 2020 a TSC é mais alta, o que determinou maior heterogeneidade espacial nas cidades (Figura 8). Em Guapimirim, a TSC varia do azul ao verde escuros, no setor norte (entre 10 e 23ºC), tons de verde e amarelo no centro sul (entre 23,1 e 32,0ºC) e verde claro no extremo sul (entre 23,1 e 26,0ºC). Destaque para alguns enclaves em tom laranja (entre 32,1 e 35,0ºC), antes não identificados em 2001 e 2010, que são os bairros Quinta Mariana e Vale do Jequitibá, presentes na Tabela 3, como dois dos três bairros mais quentes, com 28,6º e 28,3ºC, respectivamente de TSC média.

Figura 8 - Média da TSC nos municípios selecionados em 2020.

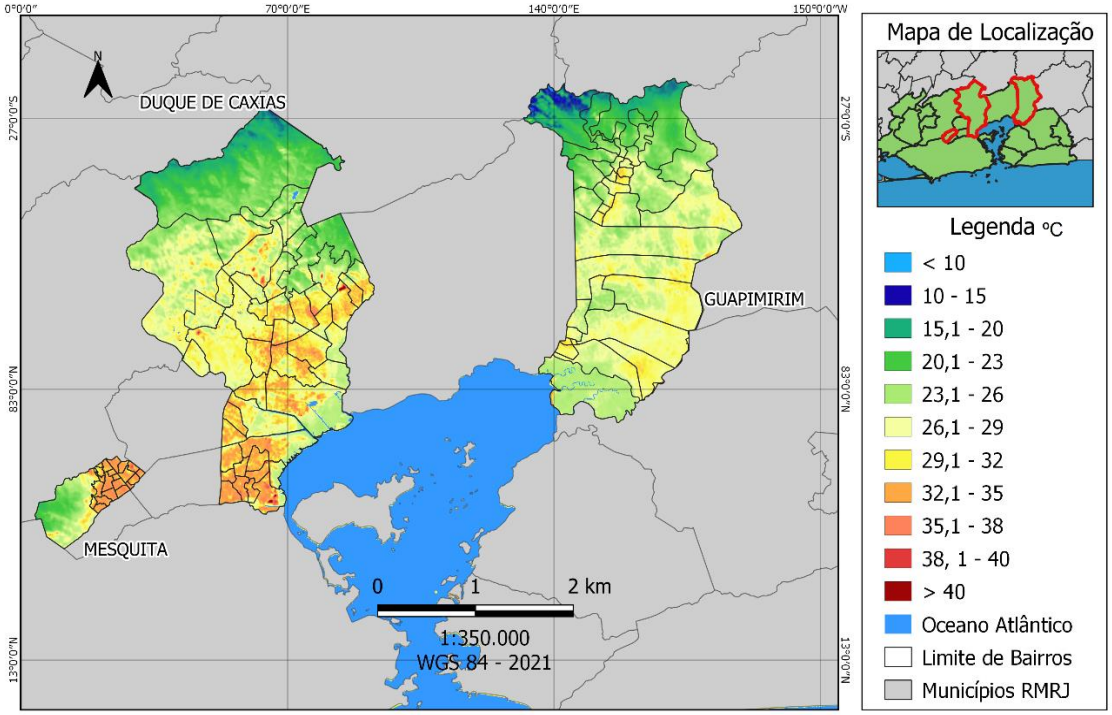


Tabela 3 - Média da TSC na RMRJ em 2020

Bairro	Mín.	Máx.	Média	Desvio	Município
Édson Passos	31,1	35,0	33,3	0,7	Mesquita
Industrial	26,1	37,2	33,1	2,2	Mesquita
Vila Emil	30,1	34,5	33,0	1,1	Mesquita
Bar dos Cavaleiros	26,9	35,3	32,4	1,4	Duque de Caxias
Vila São Luiz	28,5	39,0	32,1	1,2	Duque de Caxias
Periquito	26,0	35,1	31,8	1,7	Duque de Caxias
Vila Olímpia	26,8	31,0	29,2	0,9	Guapimirim
Quinta Mariana	25,7	31,1	28,6	1,1	Guapimirim
Vale do Jequitibá	25,0	31,2	28,3	1,6	Guapimirim

Igualmente, como em 2010 e 2001, o bairro de Vila Olímpia, que também se configura como um enclave no mapeamento atual, mantém-se como um dos bairros mais quentes da cidade, estando no topo do ranking em 2020 e 2010. A porção norte da cidade é uma extensa área de espaço verde, ainda preservado, e que desbrava a Serra do Mar na subida para a região Serrana. Inclusive, trata-se da extensão horizontal da escarpa geomorfológica também situada no setor norte de Duque de Caxias, onde se registram os valores mais baixos da TSC naquela cidade. Ainda em Guapimirim, o seu extremo sul

aponta baixos valores da TSC, e neste caso não se deve à escarpa da Serra do Mar, mas ao remanescente de manguezal do fundo da baía da Guanabara, que resiste ao intenso processo de degradação e poluição.

Em Duque de Caxias, os espaços mais quentes se sobressaltam, localizados no setor sul, em tom laranja e vermelho (TSC entre 32,1 e 40,0ºC). Neste setor estão os bairros mais quentes da cidade, Bar dos Cavaleiros, Vila São Luiz e Periquito, que com exceção do último, que substitui Jardim 25 de Agosto, repete a lista dos dois anos anteriores, 2001 e 2010. A área central mescla TSC com tons de amarelo e laranja (entre 26,1 e 35,0ºC), enquanto o setor norte mantém os valores mais baixos da cidade, representado em tons de verde (entre 15,1 e 26,0ºC).

Finalmente, em Mesquita, sua porção nordeste registra os valores mais altos da TSC (entre 32,1 e 40,0ºC), em tons laranja e vermelho, onde se concentram os bairros mais quentes da cidade, que são Industrial, BNH e Rocha Sobrinho. Diferentemente dos anos anteriores, estes três bairros mais quentes são vizinhos e dividem um amplo espaço urbano, com TSC bem elevada. A sul-sudoeste, onde está situado o Maciço Gericinó-Mendanha, estão os valores mais baixos, com TSC entre 15,1 e 26,0ºC, representado pela cor verde.

O mapeamento do Índice de Ambiente Construído (IBI) na Região Metropolitana do Rio de Janeiro nos anos de 2001, 2010 e 2020

Os mapas de IBI reproduzem o padrão espacial da TSC exibindo uma relação diretamente proporcional (ainda que técnicas e testes estatísticos não tenham sido empregados neste artigo), ou seja, as áreas de maior estresse vegetal ou com maior indicador de área construída são acopladas às áreas mais quentes (Figuras 9, 10 e 11). Estes espaços contornam a avenida Brasil, na cidade do Rio de Janeiro, desde as imediações da rodoviária, na Área Central, até a Zona Oeste, e persiste pela Zona Sul, Baixada de Jacarepaguá, Baixada Fluminense, Niterói e São Gonçalo, estas duas últimas no leste metropolitano, que formam o principal cinturão urbano da RMRJ.

As Figuras seguintes, que representam o IBI (Figuras 9, 10 e 11), o padrão espacial é bem semelhante. O ano de 2010 apresenta menor contraste, consequência do período das imagens tomadas, e numericamente é observada a diminuição da média de

IBI para as cidades selecionadas (Tabela 4), em que todos os dados estão em valores negativos e mais próximos de zero.

A mancha urbana é destacada pela cor vermelha (anos de 2001 e 2020) e laranja (em 2010), enquanto os espaços mais preservados de vegetação estão em tons de verde e/ou azul, dependendo do ano. Vale destacar alguns espaços da RMRJ, como Seropédica, no extremo oeste, e a cidade de Itaboraí, no extremo leste. Em Seropédica, naqueles três anos, sua área territorial é tomada por tons escuros (laranja ou vermelho), mas que não necessariamente representa área urbana, bastante rarefeita na cidade. Trata-se das condições geológicas do seu solo, onde há muitas atividades de extração de areia, com resposta espectral semelhante ao solo urbano. No caso de Itaboraí, a partir de 2010, é identificado uma mancha em formato retangular, que diz respeito às atividades do complexo petroquímico do Rio de Janeiro, o COMPERJ, que alterou o uso do solo classificando-o como urbano (CARVALHO et. al., 2018), porém este não pode ser confundido com área urbana, ainda que haja especulação urbana proveniente das atividades do COMPERJ.

Tabela 4 - Média da IBI nas cidades selecionadas.

Município /Ano	2001	2010	2020
Mesquita	-0,173	-0,186	-0,194
Duque de Caxias	-0,200	-0,192	-0,222
Guapimirim	-0,235	-0,230	-0,275

Figura 9 - Índice de Área Construída na RMRJ em 2001

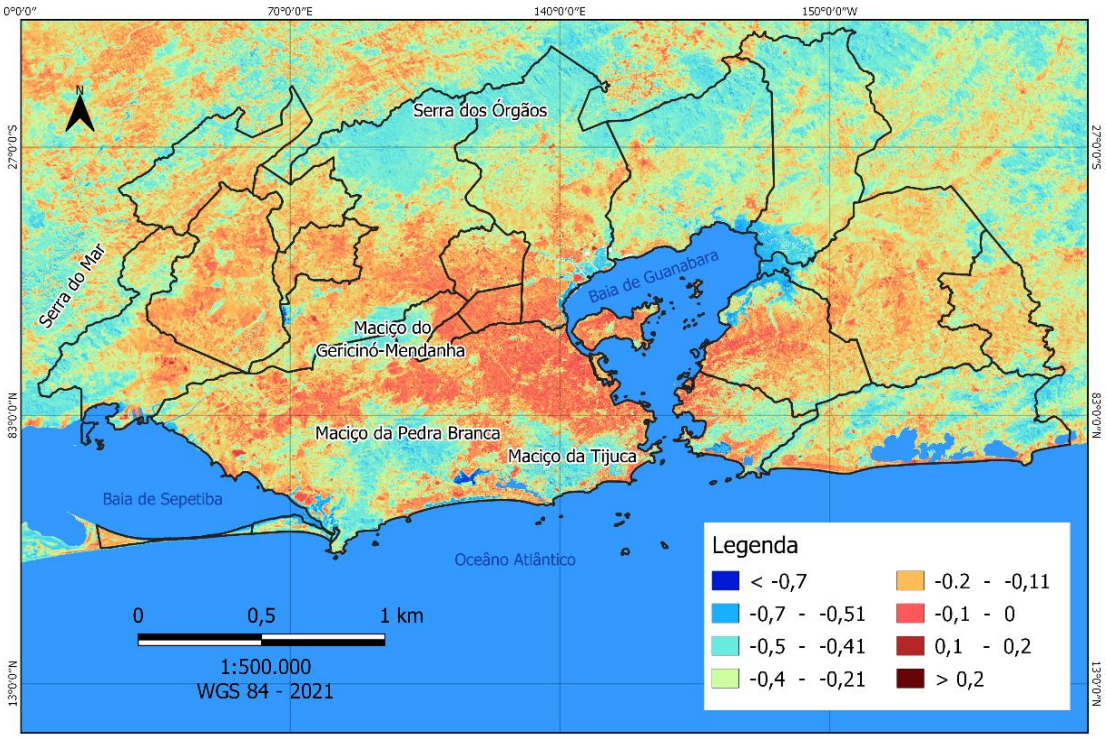
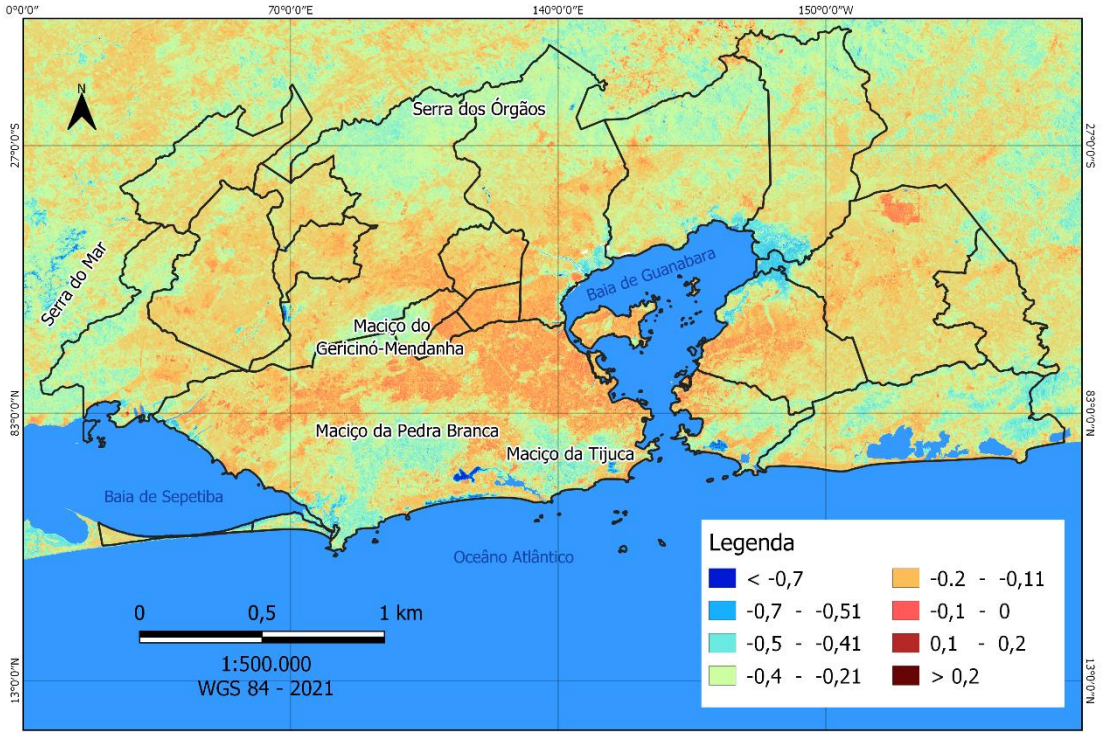
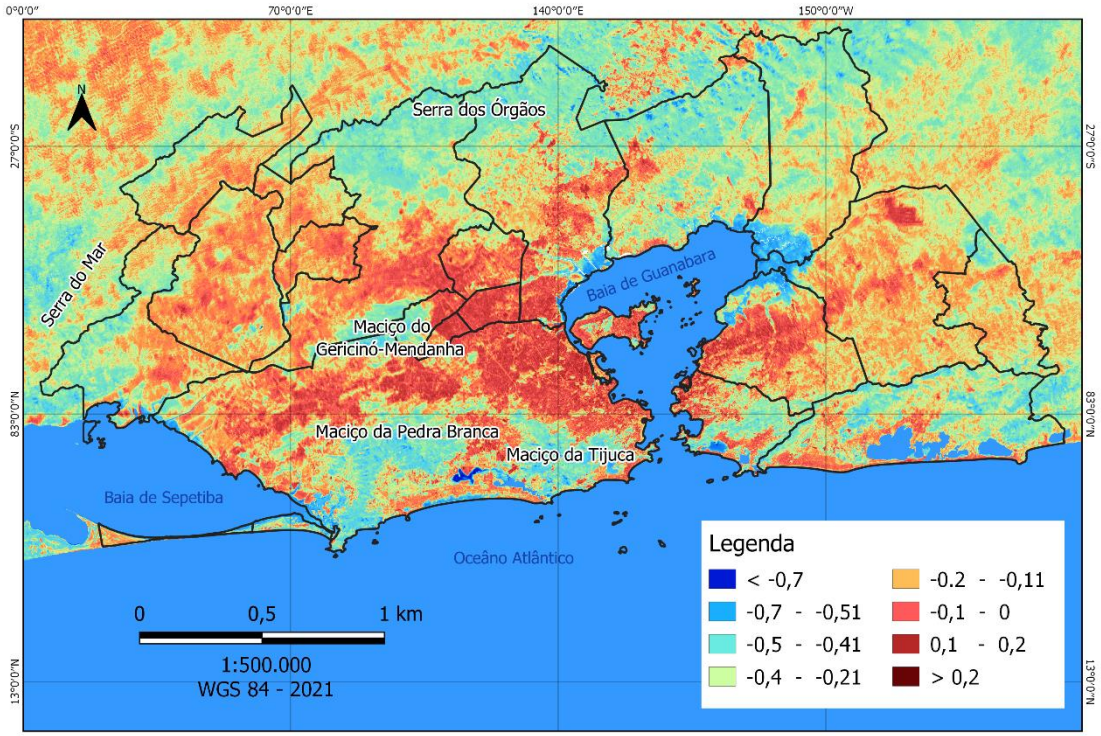


Figura 10 - Índice de Área Construída na RMRJ em 2010



.

Figura 11 - Índice de Área Construída na RMRJ em 2020.



Mapeamento e estatística do IBI para as cidades de Mesquita, Duque de Caxias e Guapimirim

A análise espaço-temporal das cidades selecionadas reproduz o padrão já observado na análise anterior para toda a RMRJ, porém numa escala geográfica reduzida, isto é, os espaços com elevado IBI correspondem as maiores médias da TSC, definindo uma relação diretamente proporcional entre o IBI e a TSC (Figuras 12 a 14).

Em 2001, a configuração territorial de Guapimirim e Duque de Caxias são semelhantes, inclusive na espacialização do IBI: os valores mais altos na área central e sul (obviamente que em proporções de adensamento distintos, uma vez que Guapimirim possui uma área urbana inferior e mais rarefeita), enquanto o setor Norte apresenta os valores mais baixos, justamente por conta da presença da Serra do Mar em seus domínios. O extremo sul em Guapimirim e o sudeste de Duque de Caxias correspondem aos espaços semi preservados de manguezal na Baía de Guanabara, que declinam os índices de IBI.

É importante destacar alguns enclaves de elevado IBI em espaços mais preservados, como observado a noroeste em Guapimirim. Certamente se trata de rocha exposta da Serra do Mar. O município de Mesquita apresenta um padrão espacial bem definido, como também observado para a análise da TSC: a norte e nordeste estão os valores mais elevados de IBI (em tom vermelho), e na porção centro-sul os valores mais baixos de IBI (em tom de verde e azul).

A cidade de Mesquita apresenta os valores mais elevados do IBI (Tabela 5), quando comparados a Duque de Caxias, ainda que os bairros BNH (Mesquita) e Vila São Luiz (Duque de Caxias) possuam valores iguais, Mesquita apresenta apenas IBI positivos nos bairros selecionados em 2001.

Figura 12 - IBI dos municípios selecionados em 2001.

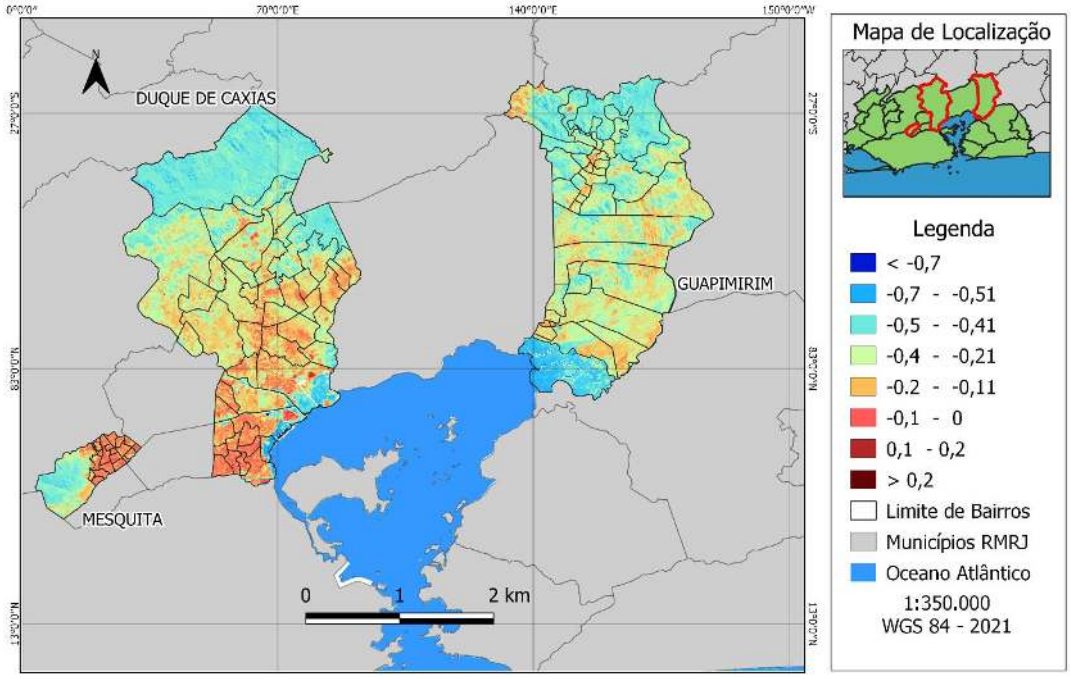


Tabela 5: Bairros com maior média de IBI nos municípios selecionados no ano de 2001.

Bairro	Média	Desvio	Município
BNH	0,015	0,042	Mesquita
Vila Emil	0,007	0,042	Mesquita
Fábrica de Pólvora	0,004	0,022	Mesquita
Vila São Luiz	0,015	0,040	Duque de Caxias
Bar dos Cavaleiros	-0,006	0,053	Duque de Caxias
Dr. Laureano	-0,016	0,043	Duque de Caxias
Jardim Sto Amaro	-0,060	0,051	Guapimirim
Vila Olímpia	-0,076	0,045	Guapimirim
Parque Fleixal	-0,116	0,063	Guapimirim

Em 2010 e 2020, a configuração espacial permanece como em 2001, alterando apenas o rubor da mancha mais escura para os valores mais altos de IBI, sobretudo em 2020 (Figuras 13 e 14), ou seja, os mesmos espaços são destacados. Nas Tabelas dos indicadores de IBI (Tabelas 6 e 7), Duque de Caxias apresenta todos os valores positivos, o que não ocorria em 2001, o que demonstra a expansão da malha urbana. Guapimirim continua com os valores mais altos dos seus bairros negativos, porém em 2010 alguns valores estão mais próximos a zero.

Figura 13 - IBI dos municípios selecionados em 2010.

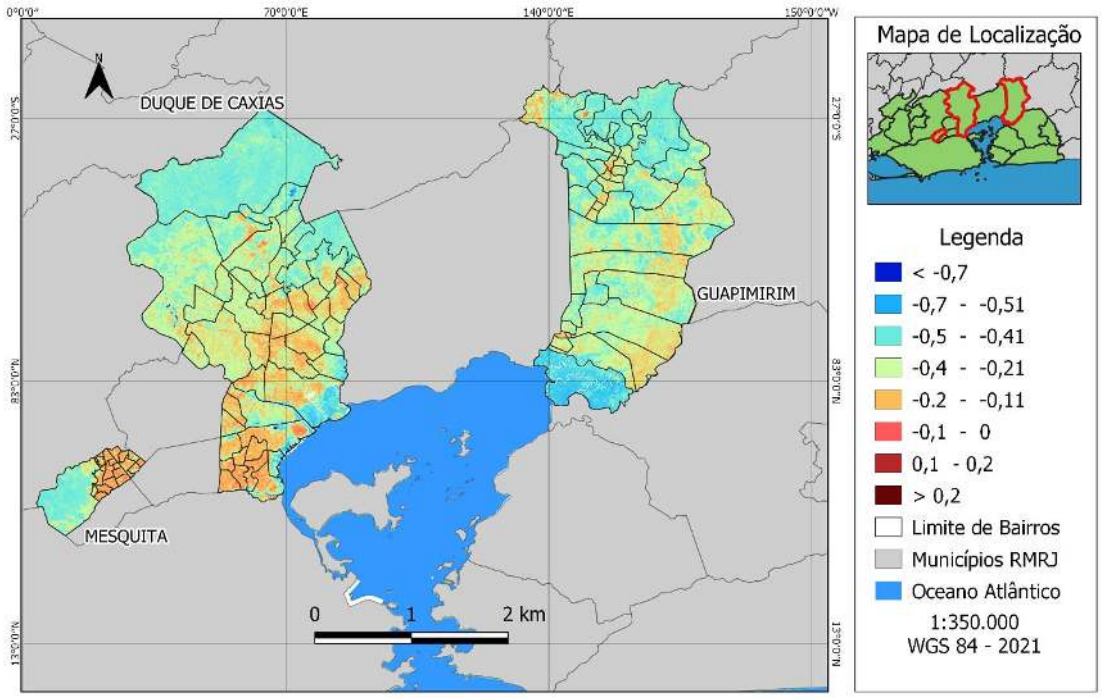


Tabela 6 - Bairros com maior média de IBI nos municípios selecionados no ano de 2010.

Bairro	Média	Desvio	Município
Fábrica de Pólvora	0,040	0,031	Mesquita
BNH	0,039	0,044	Mesquita
Édson Passos	0,036	0,034	Mesquita
Vila São Luiz	0,037	0,047	Duque de Caxias
Bar dos Cavaleiros	0,012	0,074	Duque de Caxias
Dr. Laureano	0,008	0,047	Duque de Caxias
Vila Olímpia	-0,050	0,060	Guapimirim
Jardim Santo Amaro	-0,064	0,070	Guapimirim
Parque Fleixal	-0,083	0,089	Guapimirim

Figura 14 - IBI dos municípios selecionados em 2020.

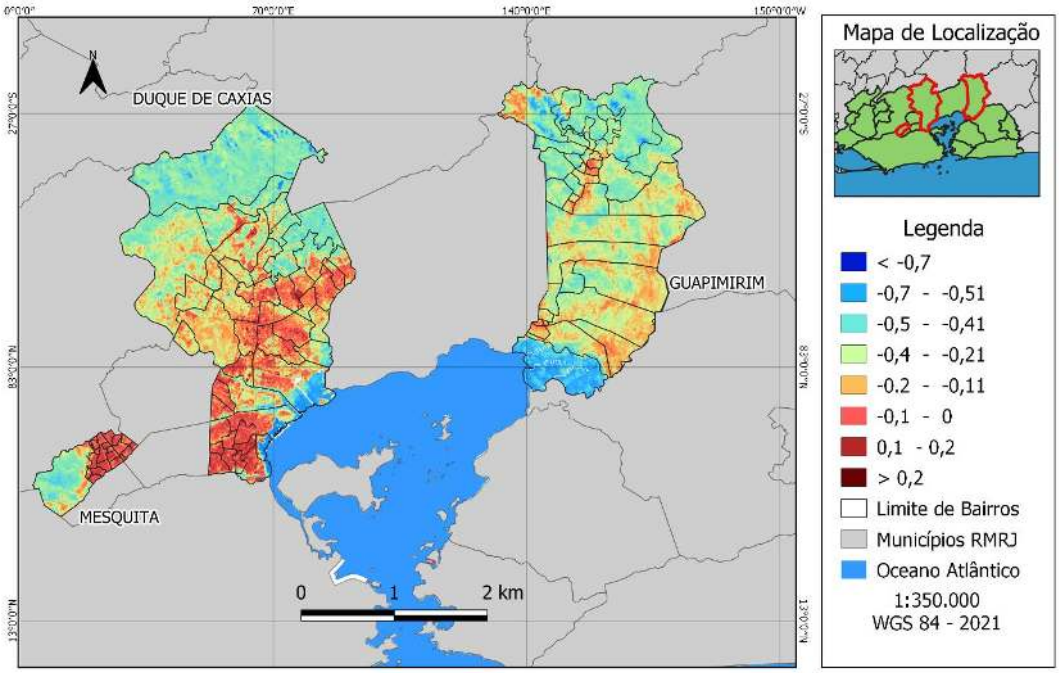


Tabela 7 - Bairros com maior média de IBI nos municípios selecionados no ano de 2020

Bairro	Média	Desvio	Município
Chatuba	0,039	0,030	Mesquita
Fábrica de Pólvora	0,036	0,024	Mesquita
Édson Passos	0,028	0,039	Mesquita
Vila São Luiz	0,050	0,045	Duque de Caxias
Dr. Laureano	0,019	0,039	Duque de Caxias
Periquito	0,007	0,068	Duque de Caxias
Vila Olímpia	-0,075	0,046	Guapimirim
Quinta Mariana	-0,084	0,059	Guapimirim
Vale do Jequitibá	-0,101	0,091	Guapimirim

Finalmente, em última análise mostra que os bairros classificados no ranking com os mais elevados valores de IBI repetem alguns bairros com os maiores valores de TSC. Assim, em 2001: BNH e Vila Emil, em Mesquita; Vila São Luiz e Bar dos Cavaleiros, em Duque de Caxias; Parque Fleixal e Vila Olímpia, em Guapimirim. Em 2010: Vila São Luiz e Bar dos Cavaleiros, em Duque de Caxias; Vila Olímpia e Parque Fleixal, em Guapimirim. Em 2010: Edson Passos, em Mesquita; Vila São Luiz e

Periquito, em Duque de Caxias; Vila Olímpia, Quinta Mariana e Vale do Jequitibá, em Guapimirim.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O padrão espacial da Temperatura da Superfície Continental (TSC) mostra que as cidades da Baixada Fluminense conectadas pela malha urbana à cidade do Rio de Janeiro, pela Baixada da Guanabara, são os espaços mais quentes (cerca de 5,0ºC acima) da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ). São espaços urbanos consolidados conurbados à cidade do Rio de Janeiro conectados pelas rodovias, avenidas e ruas principais dessas cidades. Pode-se concluir que estes são os redutos da Ilha de Calor Urbana (ICU), de diferentes núcleos de intensidade, ainda que não calculados no contexto e proposta deste trabalho. Conclui-se que a RMRJ é um espaço favorável à ocorrência da ICU e sujeita às suas reações adversas.

O Índice de Área Construída (IBI) reproduziu o papel daquelas áreas mais constrangidas pela espacialização de altas TSCs, a saber, as áreas de maior estresse vegetal ou com maior indicador de área construída são acopladas às áreas mais quentes. A inserção de áreas do extremo leste e oeste e de noroeste no circuito das áreas mais aquecidas se equipara à ampliação do IBI, áreas relativamente distantes do núcleo metropolitano, mas que se destacam com núcleos expressivos de TSC, influente na ICU.

Outra característica marcante é o papel dos conjuntos morfológicos que circundam a RMRJ e que operam como um cinturão de isolamento térmico. Nesse conjunto formado pela Serra do Mar, a partir do município de Itaguaí, no extremo oeste metropolitano, até o município de Guapimirim, no contato a nordeste com a região serrana do estado, variando altitudes entre 300 e 2000 metros, até as terras baixas e pequenos morros da baixada litorânea, no extremo leste, os índices de IBI (os mais baixos) combinam-se com os valores mais baixos de TSC. Além do domínio geomorfológico da Serra do Mar e dos maciços costeiros da cidade do Rio de Janeiro, evidentemente que outras pequenas unidades geomorfológicas atuam na amenização da TSC, espalhadas em diferentes espaços da RMRJ.

No contexto das mudanças ambientais do século XXI, a RMRJ é uma caixa de ressonância dos problemas ambientais, com destaque ao clima urbano e o seu campo térmico. A RMRJ reflete e reproduz os problemas e mazelas socioambientais da periferia de uma metrópole deste porte, que também pode representar uma região na periferia/semiperiferia global.

Sugestões de mais e diversos modelos de pesquisas em climatologia urbana são importantes. É possível executar um trabalho envolvendo dados de imagens na faixa do visível como as do *Google Earth*, análise de índices de vegetação e área urbana, como o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e o Índice de Área Impermeável (ISA), junto dos dados do atual trabalho a fim de determinar quais fatores específicos são responsáveis por elevar a TSC de certos locais. Somam-se outras possibilidades de plataforma de satélite, além do *Landsat*, como o ASTER, *Sentinel*, VIIRS, que operam a banda da faixa termal. Também é viável a comparação dos dados de estimativa da TSC com índices do banco de dados do IBGE com intuito de definir quais áreas possuem maior influência da densidade demográfica na formação da ICU.

As possibilidades de uso dos dados obtidos em sensoriamento remoto, em conjunto com outras ferramentas e metodologias, presentes na literatura científica, são inúmeras e precisam ser exploradas para ampliar e aperfeiçoar a análise e a discussão do clima urbano nas regiões metropolitanas.

REFERÊNCIAS

BRANDÃO, A. M. de P. M. As Alterações Climáticas na Área Metropolitana do Rio de Janeiro: Uma provável influência do crescimento urbano. In: ABREU, Maurício de Almeida (org.). **Natureza e Sociedade no Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Biblioteca Carioca, 1992. p. 143-200.

BRANDÃO, A. M. de P. M. **O Clima Urbano da Cidade do Rio de Janeiro**. 1996. 362f. Tese (Doutorado em Geografia) – Departamento de Geografia, USP/FFLCH, São Paulo, 1996.

BRITO, J.P., O processo de ocupação do território fluminense: uma abordagem inicial sobre a estruturação político-administrativa e regional do estado do Rio de Janeiro. In: **II**

Simpósio Internacional sobre Cidades Médias, Uberlândia, Minas Gerais, Brasil, 6 a 9 de Novembro, 2006.

CARVALHO, R. G. C.; BELÉM, L. B. C.; PERES, L. F.; LUCENA, A. J.; MIRANDA, V. F. V. V. Spatial Transformations and Impacts on the Land-Surface Temperature in the Rio de Janeiro Petrochemical Complex (COMPERJ) Area. **ANUÁRIO DO INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS (UFRJ. IMPRESSO**), Rio de Janeiro, v. 41, p. 438-447, 2018.

CHANDER, G.; MARKHAM, B. L.; HELDER, D. L. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. **Remote Sensing of the Environment**, v. 113, p. 893-903, 2009. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.rse.2009.01.007. Acesso em: 15 ago. 2021.

CHEN, X. L.; ZHAO, H. M.; LI, P. X.; YIN, Z. Y. Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes. **Remote Sensing of Environment**, v. 104, n.1, p. 133–146, 2006. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.rse.2005.11.016. Acesso em: 08 ago. 2021.

FRANÇA, G. B.; CRACKNELL, A. P. A simple cloud masking approach using NOAA AVHRR daytime data for tropical areas. **International Journal of Remote Sensing**. Reino Unido, v. 16, p. 1697-1705, 1995.

GALLO, K. P., TARPLEY, J. D., MCNAB, A. L. et al., Assessment of urban heat islands: a satellite perspective. **Atmospheric Research**, Amsterdam, Holanda, v. 37, p. 37-43, 1995.

HEROLD, M.; GOLDSTEIN, N. C.; CLARKE, K. C. The spatiotemporal form of urban growth: measurement, analysis and modeling. **Remote Sensing of Environment**. v. 86, p. 286 -302, 2003. Disponível em: https://doi.org/10.1016/S0034-4257(03)00075-0. Acesso em: 10 ago.2021.

IMHOFF, M.L, ZHANG, P., WOLFE, R.E., BOUNOUA, L., Remote sensing of the urban heat island effect across biomes in the continental USA. **Remote Sensing of Environment,** v.114, p.504–513, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.rse.2009.10.008. Acesso em: 17 jul. 2021.

JIMÉNEZ-MUÑOZ, J. C.; SOBRINO, J. A. A generalized single-channel method for retrieving land surface temperature from remote sensing data. **Journal of Geophysical Research**, v. 108, n. D22, 2003. Disponível em: https://doi.org/10.1029/2003JD003480. Acesso em: 02 jul. 2021.

KARAM, H. A.; PEREIRA FILHO, A. J.; MASSON, V.; NOILHAN, J.; MARQUES FILHO, E. P. Formulation of a tropical town energy budget (t-TEB) scheme. **Theoretical and Applied Climatology**, Wien, v. 101, n. 1/2, p. 109-120, 2010. DOI: 10.1007/s00704-009-0206-x.

LUCENA, A. J.; FILHO, O. C.; FRANÇA, J. R.; PERES, L.; XAVIER, L. Urban climate and clues of heat island events in the metropolitan area of Rio de Janeiro. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 111, p. 497-511, 2013. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s00704-012-0668-0. Acesso em 13 jul. 2021.

LUCENA, A. J.; PERES, L. F.; BARROS, L. R. L.; MARTINS, R. N. Os grandes empreendimentos do oeste e leste da região metropolitana do Rio de Janeiro e seus impactos na temperatura da superfície e nos índices de vegetação e de área construída. **Revista Geonorte,** Edição Especial 2, v. 2, n. 5, p. 541 – 554, 2012.

LUCENA, Andrews José de; PERES, Leonardo de Farias. Métodos em clima urbano aplicados à cidade do Rio de Janeiro (Brasil) e sua região metropolitana, The Overarching Issues of the European Space: Society, Economy and Heritage in a Scenario. **FLUP**. Porto, Portugal. p. 312-326, 2017.

MARAFON, G. J.; RIBEIRO, M. A.; CÔRREA, R. S.VASCONCELOS, V. N. **Geografia do estado do Rio de Janeiro: da compreensão do passado aos desafios do presente**. Rio de Janeiro, Gramma Editora. 2011.

MARQUES FILHO, E. P.; KARAM, H. A.; MIRANDA, A. G.; FRANÇA, J. R. A. Rio de Janeiro's urban climate. **Urban Climate News - Quarterly Newsletter of the International Association of Urban Climate (IAUC)**, v. 32, p. 5-9, 2009.

MORAES, Nilton Oliveira. Modelagem do mecanismo de formação e desintensificação de ilha de calor na região metropolitana do Rio de Janeiro. Mestrado. **Dissertação, Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE**, Programa de Engenharia Mecânica, Rio de Janeiro, Brasil, 2008.

PERES, L. F.; LUCENA, A. J.; FILHO, O. C.; FRANÇA, J. R. The urban heat island in Rio de Janeiro, Brazil, in the last 30 years using remote sensing data. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**. v. 64, p.104-116, 2018.

QIN, Z.; KARNIELI, A.; BERLINER, P. A mono-window algorithm for retrieving land surface temperature from Landsat TM data and its application to the Israel–Egypt border region. **International Journal of Remote Sensing**, v. 22(18), p. 3719–3746, 2001. Disponível em: https://doi.org/10.1080/01431160010006971. Acesso em 20 jul. 2021.

RAO, P. Krishna. Remote sensing of urban heat islands from an environmental satellite, **Bulletin American Meteorology Society**, v. 53, n.7, p. 647-648, 1972.

RIO DE JANEIRO. **Lei Complementar nº 184 de 27 de dezembro de 2018**. Disposições sobre a região metropolitana do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2018.

SCARAMUZZA, P.; MICIJEVIC, E.; CHANDER, G. **SLG Gap-Filled Products. Phase One Metodology.** USGS - United States Geological Survey. Reston, Virginia, p. 5, 2004.

SOUZA, J. D.; SILVA, B. B. Correção atmosférica para temperatura da superfície obtida com imagem TM - Landsat 5. **Revista Brasileira de Geofísica,** Rio de Janeiro, v. 23, n. 4, p. 349-358, 2005.

USGS. **Landsat Missions**. Página inicial. Disponível em: https://www.usgs.gov/landsat/landsat-satellite-missions. Acesso em 30 jul. 2021.

VAN DE GRIEND, A. A; OWE, M. On the relationship between thermal emissivity and the normalized difference vegetation index for natural surfaces. **International Journal of Remote Sensing.** Bethesda, v. 14, p. 1.119-1.131, 1993.

XIAN, G.; CRANE, M., An analysis of urban thermal characteristics and associated land cover in Tampa Bay and Las Vegas using Landsat satellite data. **Remote Sensing of Environment**, v. 104, p. 147–156, 2006. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.rse.2005.09.023. Acesso em 20 jul. 2021.

XU, Hanqiu. A new index for delineating built-up land features in satellite imagery. **International Journal of Remote Sensing,** v. 29, n. 14, p. 4269–4276, 2008. Disponível em: https://doi.org/10.1080/01431160802039957. Acesso em: 29 jul. 2021.

YUAN, Fey; BAUER, Marvin E. Comparison of impervious surface area and normalized difference vegetation index as indicators of surface urban heat island effects in Landsat imagery. **Remote Sensing of Environment**, v. 106, p. 375-386, 2007. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.rse.2006.09.003. Acesso em: 20 jul. 2021.

ZHA, Y.; GAO, J. N. I. S. Use of normalized difference built-up index inautomatically mapping urban areas from TM imagery. **International Journal of Remote Sensing**, v. 24, p. 583–594, 2003. Disponível em: https://doi.org/10.1080/01431160304987. Acesso em: 28 jul. 2021.

ZHANG, Y.; ODEH, I. O. A.; HAN. C. Bi-temporal characterization of land surface temperature in relation to impervious surface area, NDVI and NDBI, using a sub-pixel image analysis. **International Journal Applied Earth Observed and Geoinformation**, v. 11, p. 256–264, 2009. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jag.2009.03.001. Acesso em: 04 ago. 2021.

Recebido em setembro de 2021.

Revisão realizada em outubro de 2021.

Aceito para publicação em novembro de 2021.

APLICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE TÉCNICAS PARA O PREENCHIMENTO DE FALHAS DE DADOS PLUVIOMÉTRICOS EM ANOS HABITUAIS, SECOS E CHUVOSOS

APPLICATION AND EVALUATION OF TECHNIQUES TO FILL IN THE GAPS OF RAINFALL DATA IN USUAL, DRY AND RAINY YEARS

APLICACIÓN Y EVALUACIÓN DE TÉCNICAS PARA EL LLENADO DE FALLOS DE DATOS LLUVIOSOS EN AÑOS HABITUALES, SECOS Y LLUVIOSOS

Thiago Alves de Oliveira
Doutorando em Geografia Física pela Universidade de São Paulo (USP).
thiago.a.oliveira@usp.br

Fabio Sanches
Doutor em Geografia. Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF).
fabio.sanches@ufjf.br

Cássia de Castro Martins Ferreira
Doutora em Geografia. Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF).
cassia.castro@ufjf.edu.br

RESUMO

Séries de dados climáticos geralmente apresentam eventuais falhas em seus conjuntos. Este trabalho objetivou preencher falhas de dados pluviométricos em Juiz de Fora avaliando sua consistência e qual técnica melhor representa o comportamento das chuvas mensais. Dados das estações de Lima Duarte, Chapéu D'Uvas e Mar de Espanha foram utilizados no preenchimento das falhas de Juiz de Fora. No preenchimento foram utilizadas técnicas de Regressão Linear Simples e de Ponderação Regional. Após, os conjuntos de dados foram avaliados pelos Coeficientes de Determinação (R^2) e pela Correlação de Pearson (r). Testes Dupla-Massa foram aplicados para avaliar possíveis erros sistemáticos. A etapa seguinte avaliou a capacidade das técnicas em sintetizar dados observados e para isso, foram selecionados anos Habituais, Secos e Chuvosos. Os dados sintetizados foram comparados aos observados e avaliados em sua homogeneidade pelo Teste *t* de *Student*, e sua dispersão pelo Erro Médio Absoluto, Erro Relativo Médio e da Raiz do Erro Quadrado Médio. Os resultados demonstraram elevada qualidade no preenchimento por todas as técnicas utilizadas, destacando a Ponderação Regional por ter apresentado os menores erros sistemáticos para os anos Habituais, Secos e Chuvosos.

Palavras–chave: Chuvas; Testes estatísticos; Juiz de Fora; Zona da Mata Mineira; Anos-padrão.

ABSTRACT

Climatic data series usually present eventual gaps in their sets. This work aimed to fill gaps in rainfall data in *Juiz de Fora*, evaluating its consistency and which technique best represents the behavior of monthly rainfall. Data from the *Lima Duarte*, *Chapéu D'Uvas*, and *Mar de Espanha* stations were used to fill in the gaps in *Juiz de Fora*. Simple Linear Regression and Regional Weighting techniques were used in filling in the gaps. Then the data sets were evaluated by the Coefficients of Determination (R^2) and Pearson's Correlation (r). Double-Mass tests were applied to evaluate possible systematic errors. The next step evaluated the ability of the techniques to synthesize observed data and for this, Habitual, Dry and Rainy years were selected. The synthesized data were compared to the observed data and evaluated for homogeneity using Student's t-test, and dispersion using the Absolute Mean Error, Relative Mean Error, and Root Mean Square Error. The results showed high quality in the filling of the gaps by all the techniques used, with Regional Weighting standing out as having the lowest systematic errors for the Usual, Dry and Rainy years.

Keywords: Rainfall; Statistical tests; Juiz de Fora; Zona da Mata Mineira; Standard years.

RESUMEN

Las series de datos climáticos suelen presentar eventuales lagunas en sus conjuntos. Este trabajo tuvo como objetivo llenar las lagunas en los datos de precipitación en *Juiz de Fora*, evaluando su consistencia y qué técnica representa mejor el comportamiento de la precipitación mensual. Los datos de las estaciones de *Lima Duarte*, *Chapéu D'Uvas* y *Mar de Espanha* se utilizaron para rellenar las lagunas de *Juiz de Fora*. Se utilizaron las técnicas de regresión lineal simple y de ponderación regional. Posteriormente, los conjuntos de datos se evaluaron mediante los coeficientes de determinación (R^2) y la correlación de Pearson (r). Se aplicaron pruebas de doble masa para evaluar los posibles errores sistemáticos. En el siguiente paso se evaluó la capacidad de las técnicas para sintetizar los datos observados y para ello se seleccionaron los años Habitual, Seco y Lluvioso. Los datos sintetizados se compararon con los datos observados y su homogeneidad se evaluó mediante la prueba t de Student, y su dispersión mediante el Error Medio Absoluto, el Error Medio Relativo y el Error Medio Cuadrático. Los resultados mostraron una alta calidad en el relleno de las lagunas por todas las técnicas utilizadas, destacando la Ponderación Regional por haber presentado los menores errores sistemáticos para los años Usual, Seco y Lluvioso.

Palabras clave: Precipitación; Pruebas estadísticas; Juiz de Fora; Zona da Mata Mineira; Años estándar.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, sobretudo a partir dos anos 1980, frente a ocorrência de fenômenos atmosféricos excepcionais e de desastres socioambientais associados à dinâmica atmosférica, os estudos em climatologia assumiram destaque especial tanto em eventos de comunidades específicas na área (meteorologia, geografia, hidrologia, agronomia, engenharia ambiental etc.), quanto às demandas por organismos públicos no que se referem aos problemas em questão.

Para qualquer estudo desenvolvido em climatologia, para além da adoção de técnicas específicas na aplicação em determinados estudos sobre clima, a existência e disponibilidade de dados meteorológicos pretéritos, com a devida qualidade e consistência e que permitam obter longas séries de dados temporais, mostra-se cada vez mais necessários para atender demandas nesses estudos.

O conhecimento sobre a variabilidade de determinado fenômeno climático (estiagens, de eventos pluviométricos intensos, estimativas de retornos etc.), até mesmo possíveis modificações nos aspectos climáticos passam, essencialmente, pela minuciosa análise dessas longas séries de dados temporais. Entretanto, um problema recorrente enfrentado pela maioria dos pesquisadores do clima, refere-se em possuir tais conjuntos de dados.

Infelizmente, parte das informações meteorológico-climáticas disponíveis nos principais bancos de dados brasileiros, sobretudo no Hidroweb[1] da Agência Nacional de Águas (ANA) e no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa[2] do Instituto Nacional de Meteorologia (BDMEP/INMET), apresenta falhas ou interrupções em suas séries ou conjuntos de dados. Essas falhas, muitas vezes, se devem a danos aos equipamentos, período de manutenção, ausência de observador (férias, aposentadoria, por exemplo), falhas na transmissão de dados etc.

Frente a esse problema, os pesquisadores do clima utilizam-se de uma gama de técnicas as quais, quando aplicáveis, buscam preencher tais lacunas junto aos dados

[1] http://www.snirh.gov.br/hidroweb/apresentacao
[2] http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep

originais. Porém, o uso dessas técnicas (ou de apenas uma), depende diretamente da disponibilidade dos dados em estações próximas e das características ambientais de seu entorno.

A proximidade (ou não) de outros postos/estações meteorológicas, suas condições topográficas (altimetria, posição das vertentes etc.), condições ambientais no entorno desses postos/estações (em áreas urbanas, áreas rurais, cobertura vegetal, parques etc.), existência de dados em períodos concomitantes, entre outros, são parâmetros que merecem profunda consideração quando se pretende adotar procedimentos para o preenchimento de falhas existentes, como destacam Amador e Silva (2020).

Dessa forma, a adoção da técnica mais adequada ou de um conjunto de técnicas depende, diretamente, das condições preliminares dos conjuntos de dados a serem utilizados.

A literatura recente demonstra que há um amplo conjunto de técnicas consagradas como o uso das Médias (MILANESI e GALVANI, 2006; VENTURA, et al. 2016; JUNQUEIRA et al. 2018), das Médias Móveis (VENTURA, et al. 2016; CABRAL JÚNIOR e LUCENA, 2019; CABRAL JUNIOR et al. 2019), da Regressão Linear (NASCIMENTO, et al. 2009; OLIVEIRA, et al. 2010; SANCHES et al. 2014a; 2014b; PECHUTTI e SANT'ANNA NETO, 2016; VENTURA, et al. 2016; JUNQUEIRA et al. 2018; RUEZZENE et al. 2020), da Regressão Linear Múltipla (VENTURA, et al. 2016; MELLO et al. 2017; JUNQUEIRA et al. 2018), da Ponderação Regional (MILANESI e GALVANI, 2006; OLIVEIRA, et al. 2010; PECHUTTI e SANT'ANNA NETO, 2016; MELLO et al. 2017; DIAZ, et al. 2018; JUNQUEIRA, et al. 2018; AMADOR e SILVA, 2020; RUEZZENE et al. 2020), da Ponderação Regional com base em Regressão Linear (OLIVEIRA, et al. 2010; MELLO et al. 2017; JUNQUEIRA et al. 2018), do Inverso Ponderado da Distância (IDW) (JUNQUEIRA et al. 2018; RUEZZENE et al. 2020) entre outras.

Em tese, após o preenchimento das falhas é necessário adotar procedimentos de avaliação quanto à qualidade de tais preenchimentos. O Teste Dupla-Massa (DM) é uma técnica amplamente recomendada para se verificar a consistência do (s) preenchimento (s) em séries temporais (BERTONI e TUCCI, 2007). Sanches et al.

(2014a; 2014b), Junqueira et al. (2018) entre outros fizeram uso do DM em seus trabalhos com resultados consistentes. Para Bertoni e Tucci (2007), a versatilidade do Teste Dupla-Massa permite que seja utilizado na avaliação e séries de dados anual e mensal.

Da mesma forma, a verificação de possíveis erros sistemáticos em função do preenchimento de tais falhas pode ser feita por meio da análise tanto do conjunto central, quanto da dispersão de tais valores. O Coeficiente de Determinação e o Coeficiente de Correlação de Pearson foram utilizados por Nascimento et al. (2009), Oliveira et al. (2010), Sanches et al. (2014a; 2014b), Pechutti e Sant'Anna Neto (2016), Ventura et al. (2016), Diaz et al. (2018) e Junqueira et al. (2018) para a avaliação do conjunto central entre os dados preenchidos e os dados observados. Araújo et al. (2017) e Diaz et al. (2018) recomendam ainda que, além desses coeficientes (de determinação e de correlação) seja adotado o Teste *t* de *Student* para avaliar a homogeneidade de ambos os conjuntos.

Por sua vez, testes como o Erro Médio Absoluto (EMA), o Erro Relativo Médio (ERM) e a Raiz do Erro Quadrático Médio (REQM) avaliam o grau de dispersão do conjunto de dados após o preenchimento. Tais técnicas foram amplamente utilizadas por Ventura et al. (2016), Diaz et al. (2018), Junqueira et al. (2018) e Quina et al. (2020) em suas pesquisas com resultados igualmente consistentes e robustos.

Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo a adoção e comparação de técnicas para o preenchimento de falhas em dados pluviométricos para Juiz de Fora (MG), bem como a avaliação da qualidade dos dados preenchidos considerando anos classificados como Habituais, Secos e Chuvosos.

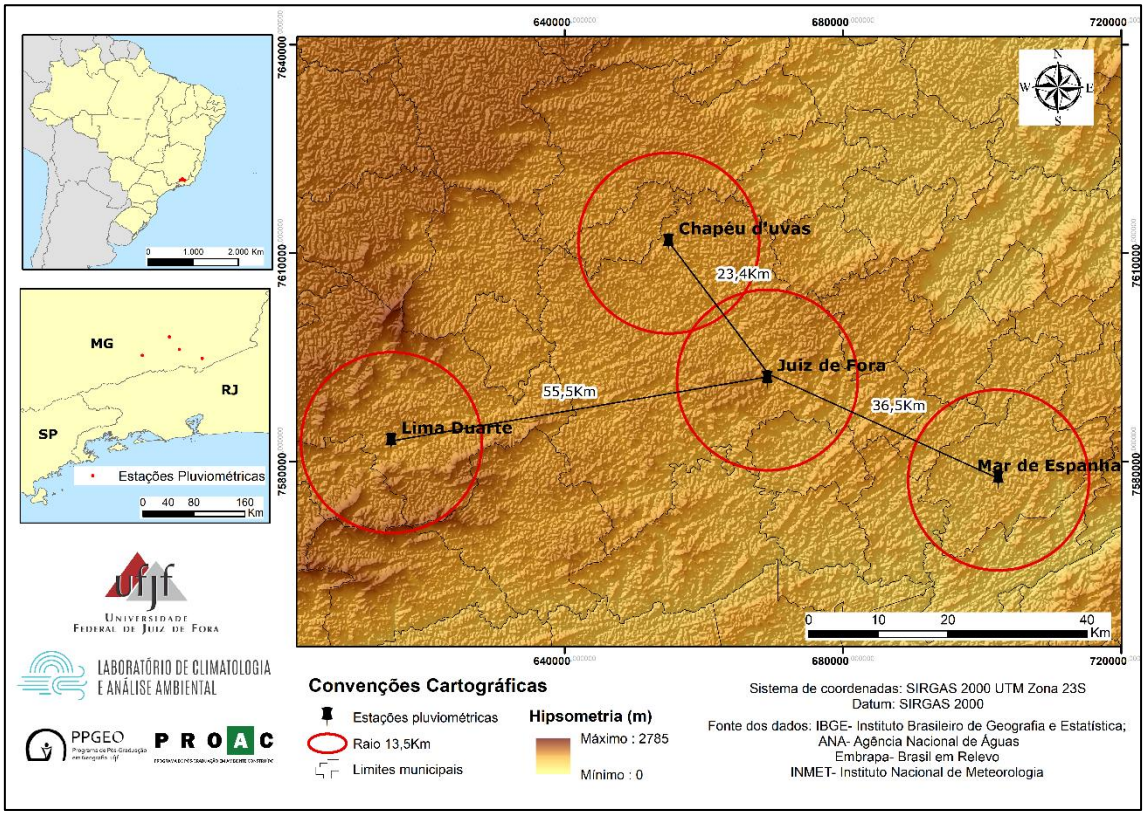
MATERIAL E MÉTODO

Localização da área de estudo

Juiz de Fora está localizada na região Zona da Mata do estado de Minas Gerais (Figura 1), a qual foi caracterizada em Ab'Sáber (2003) por morrarias arredondadas recobertas por vegetação de Mata Atlântica, pertencentes ao Domínio dos Mares de Morros. As altitudes da região variam entre 650 e 950 m, peculiares à

localização das demais estações meteorológicas utilizadas (Lima Duarte, Chapéu D'Uvas e Mar de Espanha) (EDUARDO, 2018).

Figura 1 - Localização das Estações Meteorológicas de Lima Duarte (LD), Chapéu D'Uvas (CH) e Mar de Espanha (ME) e suas respectivas distâncias lineares em relação a Estação Meteorológica de Juiz de Fora.



Para Ferreira (2012) e Oliveira et al (2020), o regime pluviométrico na região de estudo (parte da Zona da Mata Mineira) apresenta duas estações distintas: uma chuvosa (out/mar) e outra seca (abri/set), com quantitativos anuais em torno de 1500 mm, típicas de uma condição de tropicalidade.

Dados utilizados

No presente trabalho foram utilizados dados pluviométricos mensais das Estações Meteorológicas do INMET de Juiz de Fora (INMET: 83692 e A518), no período de 1945-2020 e das estações meteorológicas da ANA de Lima Duarte (ANA: 2143019),

no período de 1944-2020, de Chapéu D'Uvas (ANA: 2143020), no período de 1950-2020 e de Mar de Espanha (ANA: 2143013), no período de 1943-2020.

Ao se analisar os totais pluviométricos mensais da Estação de Juiz de Fora observou-se falhas nos meses de janeiro a dezembro nos anos de 1956, 1957, 1958, 1959, 1960, 1961 e 1962.

Já nos anos de 1964 e 1965, as falhas foram observadas apenas nos meses de março, bem como no ano de 1967 (mês de abril), 1971 (mês de fevereiro), 1972 (de janeiro à julho), 1973 (de março à julho), 1991 (de março à abril), 1992 (de março à julho) e 1997 (de agosto à dezembro), correspondendo ao todo, cerca de 13,3% do conjunto total de dados para Juiz de Fora.

Técnicas de preenchimento de dados

Dadas as características dos conjuntos de dados pluviométricos disponíveis (estações meteorológicas próximas, quantidade de estações, série temporal disponível), foram adotadas duas técnicas para o preenchimento das falhas existentes: a Regressão Linear simples e a Ponderação Regional.

Regressão Linear simples:

$$y = \alpha x + \beta \tag{1}$$

Onde y é o valor da falha a ser preenchida (variável dependente), *x* é o valor do posto/estação vizinha, α é o coeficiente angular da reta de regressão e β o coeficiente linear da reta.

Ponderação Regional:

$$y = \frac{1}{n}\left[\frac{x_1}{\bar{x}_1} + \frac{x_2}{\bar{x}_2} + \frac{x_3}{\bar{x}_3} \ldots \frac{x_i}{\bar{x}_i}\right] . \bar{y} \tag{2}$$

Onde *y* é a variável que se pretende encontrar (falha a ser preenchida), *n* é o número de postos/estações utilizadas para o processo de preenchimento, *x* são os valores

dos postos/estações vizinhas, $\bar{x}$ é a média de precipitação de cada posto e $\bar{y}$ a média de precipitação do posto/estação que possuía falha a ser preenchida.

Técnicas de avaliação de consistência

Após a etapa do preenchimento das falhas, deve-se analisar a consistência do conjunto de dados preenchidos. Neste trabalho, a primeira técnica utilizada para a avaliação dessa consistência foi a aplicação do Teste Dupla-Massa (DM) *cf.* Bertoni e Tucci (2007), Sanches et al. (2014a; 2014b) e Junqueira et al. (2018).

No DM, os dados da série histórica preenchida devem ser proporcionais à série à média dos postos/estações vizinhas (variável de controle), devendo os pontos alinhar-se segundo uma reta. Para isso, plota-se em um gráfico cartesiano os totais acumulados de precipitação (variável de controle) compondo o conjunto de dados do eixo das abscissas (*eixo x*) e o conjunto dos totais mensais acumulados a qual se pretende verificar (variável de interesse) no eixo das ordenadas (*eixo y*) (BERTONI e TUCCI, 2007).

A seguir, a verificação semelhança (homogeneidade) entre os dados preenchidos e os observados se deu por meio da aplicação de um conjunto de técnicas estatísticas para sua validação. No primeiro passo o resultado dos dados preenchidos foram comparados com os dados observados por meio da aplicação dos Coeficientes de Determinação (R^2) e de Correlação de Pearson (r).

O Coeficiente de Determinação (Equação 3) consiste na razão entre a soma de quadrados da regressão e a soma de quadrados total, variando entre 0 (zero) e 1 (um). Quanto mais próximo a 1, mais explicativo é o modelo e melhor é o ajuste dos dados da amostra (SPIEGEL, 1993).

$$R^2 = \left(\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})(y_i-\bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2}\cdot\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(y_i-\bar{y})^2}} \right)^2 \quad (3)$$

O Coeficiente da Correlação de Pearson (Equação 4) é usado para analisar o desempenho das técnicas de preenchimento de falhas, caracterizando-se por Muito Forte (r entre 0,90 e 1,0), Forte (r entre 0,70 a 0,89), Moderado (r entre 0,50 até 0,69) e Fraco (r entre 0,30 e 0,49) e Desprezível (r entre 0 e 0,29) (HINKLE et al. 2003)

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2}} \quad (4)$$

Tanto na Equação 3 como na Equação 4, *n* consiste no número de observações, x_i e y_i correspondem aos valores de ambos os conjuntos de dados (observados e preenchidos) e, $\bar{x}$ e $\bar{y}$ suas respectivas médias.

A partir da caracterização dos anos Habituais, Secos e Chuvosos propostos por Oliveira et al., (2020), foram selecionados os anos de 1964, 1967, 1999 e 2007 como anos Habituais, 1953, 1970 e 2014 como anos Secos e 1983, 1994 e 2008 como anos Chuvosos, totalizando dez anos para simulação dos procedimentos técnicos (aplicação dos testes) para preenchimento de falhas.

Assim como no trabalho de Pechutti e Sant'Anna Neto (2016), tal procedimento foi adotado como forma de verificar da capacidade das técnicas aplicadas em representar as falhas preenchidas nos dados de Juiz de Fora

Os resultados obtidos por meio das regressões lineares e da ponderação regional foram avaliados por meio do Teste *t* de *Student* (entre o simulado e o observado) e dos testes de avaliação dos valores dispersivos (Erro Médio Absoluto - EMA, o Erro Relativo Médio – ERM e a Raiz do Erro Quadrático Médio - REQM).

A aplicação do Teste *t* de *Student* para verificar a homogeneidade de ambos os conjuntos de dados (observado e simulado) após a fase de preenchimento *cf.* recomendam Araújo et al. (2017) e Diaz et al. (2018).

Por tratar-se de um teste de hipótese, inicialmente assume-se que ambos os conjuntos de dados são estatisticamente homogêneos (H_0), contra uma hipótese alternativa (H_1), na qual os conjuntos de dados mostram-se heterogêneos (SPIEGEL, 1993).

Sendo assim, tem-se que:

$$t = \frac{\mu_1 - \mu_2}{\sigma \sqrt{1/N_1 + 1/N_2}} \quad (5)$$

onde

$$\sigma = \sqrt{\frac{N_1 s_1^2 + N_2 s_2^2}{N_1 + N_2 - 2}} \quad (6)$$

e

$$s^2 = \frac{(\sum_{i=1}^{n} X_i - \mu)^2}{N - 1} \quad (7)$$

Dessa forma, considerando-se que μ_1 e μ_2 correspondem às médias mensais dos dados observados e simulados, que N_1 e N_2 são as amostras de ambos os conjuntos de dados, σ é o desvio padrão entre os conjuntos de dados e s_1^2 e s_2^2 as respectivas variâncias de cada série.

Para o grau de liberdade da distribuição *t*, adotou-se que:

$$V = N_1 + N_2 - 2 \quad (8)$$

A partir do resultado da estatística *t*, em um nível de confiança de 95% (*p-value*: 0,05), compete aceitar (ou refutar) a hipótese H_0 caso seu escore (z) esteja entre -2,26 e 2,26 ($-2{,}26 \leq z \leq 2{,}26$).

Avaliadas as consistências do conjunto central dos dados, passou-se para a avaliação da dispersão do conjunto de dados simulados. Para isso, foram aplicadas as técnicas do Erro Médio Absoluto (EMA), o Erro Relativo Médio (ERM) e a Raiz do Erro Quadrático Médio (REQM) de acordo com Ventura et al. (2016), Junqueira et al. (2018) e Quina et al. (2020).

O EMA (Equação 9) consiste na diferença entre os dados observados e os dados simulados, indicando que, quanto menor for o seu valor (valor de EMA), mais próximo os valores simulados são dos valores observados.

$$EMA = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x}) \quad (9)$$

Na Equação 9, *n* consiste no número de amostras, x_i o valor do estimador (falhas simuladas) e $\overline{\boldsymbol{x}}$ a média dos valores de todas as amostras (dados observados).

O ERM (Equação 10) indica a magnitude média do erro estimado com os melhores valores, aqueles mais próximos de zero (0). Assim, na Equação 10, *n* corresponde ao número de amostras, x_i é o valor fornecido pela falha simulada/preenchida para a *i*-ésima amostra, $\overline{\boldsymbol{x}}$ é a média dos valores de todas as amostras preenchidas, e $\dot{\boldsymbol{X}}\boldsymbol{i}$ é o valor correto que deve ser fornecido pelo dado observado, para a amostra em questão.

$$ERM = \frac{\sum_{i=1}^{n}|x_i - \dot{x}_i|}{\sum_{i=1}^{n}|x_i - \bar{x}|} \quad (10)$$

Por fim, o REQM (Equação 11) avalia o grau de espalhamento dos dados simulados comparados aos dados observados, onde *n* corresponde ao número de amostras, x_i é o valor fornecido pela técnica de preenchimento de falha e $\overline{\boldsymbol{x}}$ a média dos valores de todas as amostras dos valores observados.

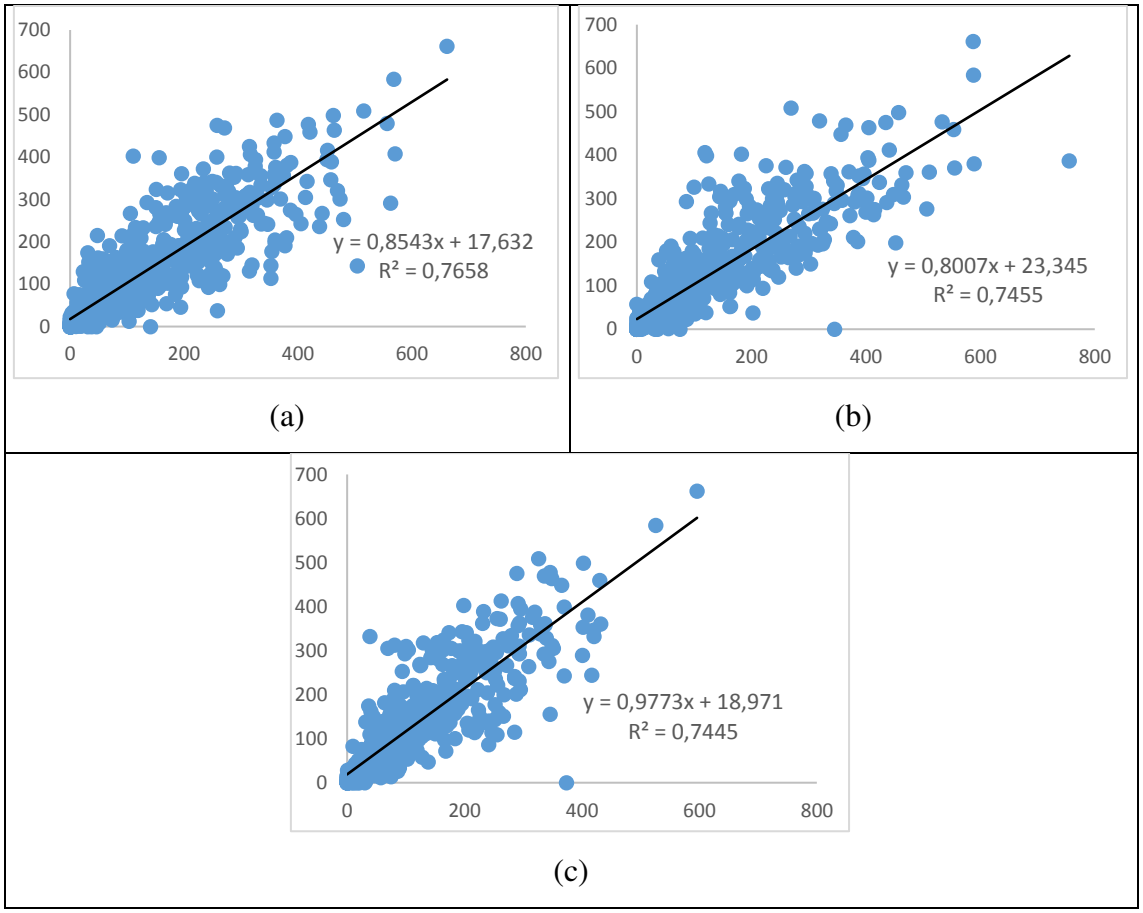
$$REQM = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2} \quad (11)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente os procedimentos consistiram em correlacionar os dados das estações meteorológicas de Lima Duarte, Chapéu D'Uvas e Mar de Espanha com os dados da estação meteorológica de Juiz de Fora.

A Figura 2 traz os gráficos de correlação de dados de pluviosidade (mm) de cada estação utilizada com os dados da estação de Juiz de Fora. Observa-se, também, suas equações de regressão (utilizadas para estimar as falhas nos dados de Juiz de Fora), bem como seus coeficientes de determinação (R^2).

Figura 2 - Gráficos de correlação entre os dados de pluviosidade (mm) observados e preenchidos para (a) Lima Duarte e Juiz de Fora, (b) Chapéu D'Uvas e Juiz de Fora e (c) Mar de Espanha e Juiz de Fora.



O valor do R^2 é utilizado para explicar, percentualmente, o grau de dispersão dos dados correlacionados em função de uma reta (reta de regressão). Quanto menor a dispersão dos dados, maior é esse percentual.

Dessa forma, a partir dos valores obtidos para tal parâmetro (Tabela 1), verifica-se que embora os R^2 das três estações utilizadas sejam elevados (superiores a

70% de explicação), o valor do coeficiente obtido entre as estações e Lima Duarte e Juiz de Fora foi o maior, o qual explica cerca de 77% dos dados.

Tabela 1 - Resultado dos coeficientes de determinação (R^2) e da Correlação de Pearson (r) a partir das Regressões Lineares aplicadas.

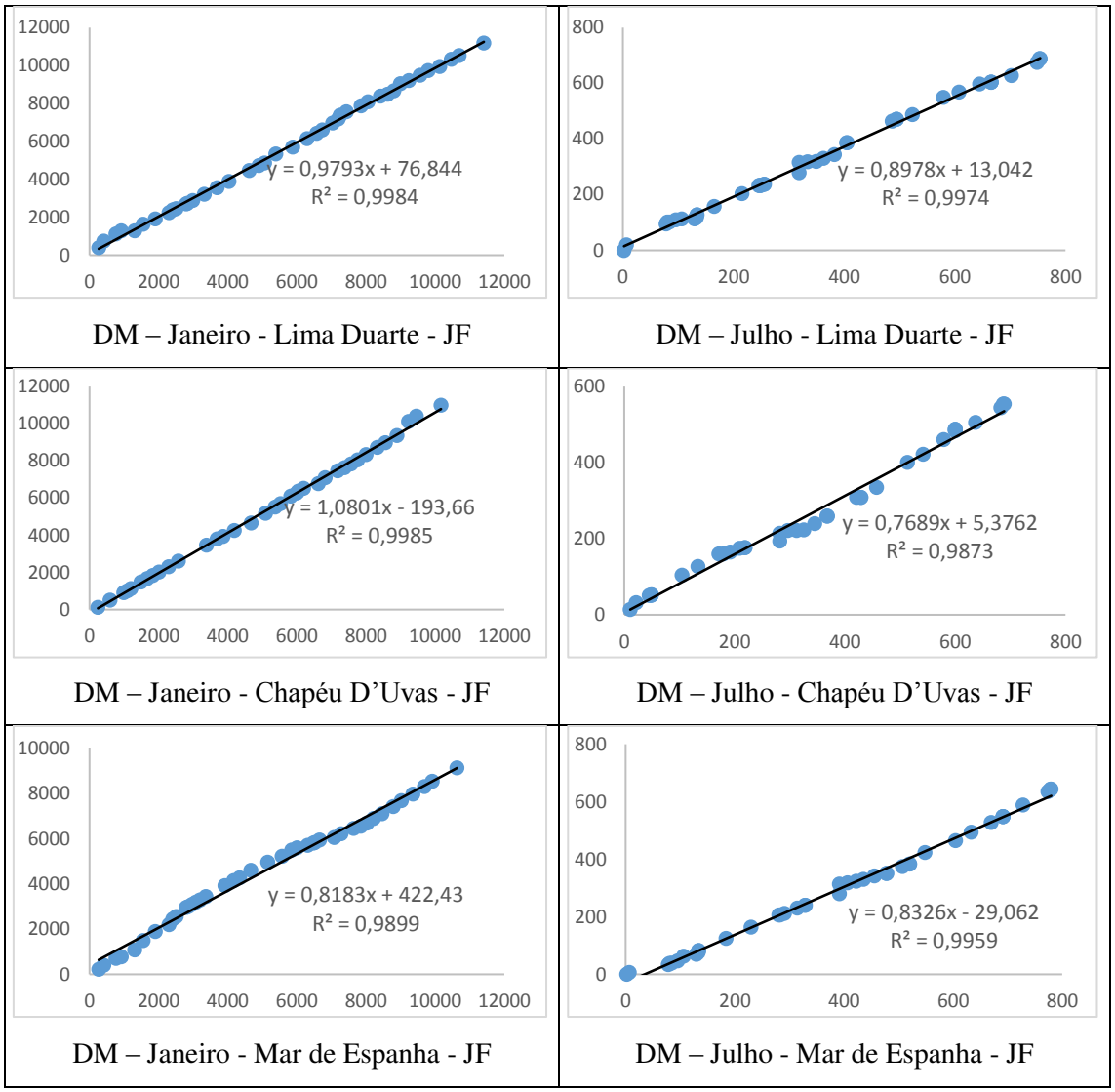
Estações correlacionados	R^2	r
Lima Duarte (LD) e Juiz de Fora (JF)	0,77	0,88
Chapéu D'Uvas (CH) e Juiz de Fora (JF)	0,75	0,86
Mar de Espanha (ME) e Juiz de Fora (JF)	0,74	0,86

Igualmente, os resultados da Correlação de Pearson (r) entre as estações de Lima Duarte, Chapéu D'Uvas e Mar de Espanha com os dados da estação de Juiz de Fora (Tabela 1) podem ser consideradas como "correlações fortes" (entre 0,70 e 0,89) de acordo com Hinkle et al (2003). No entanto, novamente, o Coeficiente de Pearson obtido entre os dados de Lima Duarte e Juiz de Fora (r=0,88) mostrou-se superior aos coeficientes das demais estações correlacionadas.

Após o preenchimento das falhas por meio das Regressões Lineares, os resultados do Teste Dupla-Massa em escala mensal indicaram valores de R^2 entre 0,97 e 0,99, demonstrando que, em todos os meses e em todas as técnicas aplicadas, não houve erros sistemáticos nos preenchimentos analisados.

A Figura 3 mostra, como exemplos desses resultados, o DM dos meses de janeiro e julho para as três estações.

Figura 3 - Resultado do Teste Dupla-Massa (DM) para os meses de Janeiro e Julho.



O passo seguinte consistiu na verificação da capacidade dos modelos de Regressão Linear e de Ponderação Regional em representar a pluviosidade das falhas preenchidas, buscando preencher falhas simuladas em anos considerados como Habituais, Secos e Chuvosos.

A classificação dos anos padrão (Habituais, Secos e Chuvosos) foi obtida à partir da metodologia descrita em Galvani e Luchiari (2012), selecionando-se, assim, os anos de 1964, 1967, 1999 e 2007 como sendo Habituais; 1953, 1970 e 2014 como Secos e, 1983, 1994 e 2008 como Chuvosos.

O resultado da avaliação da homogeneidade (Teste *t* de *Student*) entre os dados observados e simulados estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2 - Resultados dos escores "z" da estatística de *Student* entre os dados observados e simulados pelos modelos de Regressão Linear e pela Ponderação Regional.

	Jan	**Fev**	**Mar**	**Abr**	**Mai**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Set**	**Out**	**Nov**	**Dez**
Reg. LD/JF	-0,53	-2,10	0,73	0,16	1,83	-0,13	-0,82	-0,98	-0,13	0,46	-0,50	-0,30
Reg. CH/JF	0,15	-0,99	1,48	-0,37	0,30	-0,54	0,69	-1,52	-1,66	0,38	-0,26	1,80
Reg. ME/JF	-1,36	1,06	0,79	-0,17	-0,58	-0,85	-0,6	-0,05	0,29	1,49	-0,68	-0,83
Pond. Reg.	-0,55	-0,07	1,47	-0,05	1,24	0,14	1,41	-0,50	0,15	0,42	-1,14	0,23

Lima Duarte (LD); Chapéu D'Uvas (CH); Mar de Espanha (ME); Juiz de Fora (JF).

Nível de Confiança de 95%.

Os resultados da estatística de *Student* (Tabela 2) demonstram que em todas as simulações realizadas (Regressões Lineares e Ponderação Regional), os conjuntos de dados foram considerados estatisticamente homogêneos, aceitando-se a hipótese H_0 ($-2{,}26 \leq z \leq 2{,}26$), em um nível de confiança de 95%.

Dessa forma, é possível considerar que as técnicas de preenchimento de falhas adotadas e aplicadas representaram, com elevado grau de confiança, o comportamento das precipitações nos anos considerados Habituais, Secos e Chuvosos. Sendo assim, cabe avaliar o nível dos erros sistemáticos (valores dispersivos) para se identificar o modelo de preenchimento de falhas mais eficiente para este conjunto de dados.

A Tabela 3 traz os parâmetros da avaliação dos erros sistemáticos aplicados a ambos os conjuntos de dados (observados e simulados), os quais indicam resultados altamente satisfatórios com a capacidade de preenchimento das falhas.

Tabela 3 - Resultados dos coeficientes de erro dos valores dispersivos a partir dos preenchimentos pelas Regressões Lineares e pela Ponderação Regional.

Tipo de preenchimento adotado	**Coeficientes de Erro**		
	EMA	**ERM**	**REQM**
Regressão Linear - Lima Duarte (LD)/Juiz de Fora	0,61	0,83	12,9
Regressão Linear – Chapéu D'Uvas (CH)/Juiz de Fora	-0,70	0,74	13,2
Regressão Linear – Mar de Espanha (ME)/Juiz de Fora	0,03	-0,32	10,8
Ponderação Regional (LD/CH/ME)	-0,10	-0,02	9,2

Sob a perspectiva estatística, a média dos erros individuais é o primeiro passo na identificação das diferenças entre os conjuntos de dados (observados e simulados) e que tais erros (individuais) positivos e negativos se cancelam no somatório (QUINA et al, 2020).

Dessa forma, o EMA contorna esse problema uma vez que é menos afetado por valores anomalamente extremos (*outliers*), assumindo que resultados próximos a zero (0) são considerados como condição perfeita.

Este mesmo princípio deve ser adotado ao se avaliar os resultados do ERM e da REQM, uma vez que, à medida que seus valores aumentam, as diferenças entre os valores observados e simulados (falhas preenchidas) igualmente aumentam.

Sendo assim, os resultados dos conjuntos dispersivos entre os valores observados e os valores simulados para os anos Habituais, Secos e Chuvosos (Tabela 3), sugerem que, neste caso, a técnica da Ponderação Regional mostrou-se mais eficiente, pois apresentou os menores erros sistemáticos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A disponibilidade e a qualidade dos dados de pluviosidade das estações meteorológicas relativamente próximas à estação meteorológica de Juiz de Fora possibilitou a adoção de dois conjuntos de técnicas estatísticas (Regressão Linear simples e a Ponderação Regional) para o preenchimento de falhas existentes na série de Juiz de Fora. Tais condições (três estações próximas, com séries longas e com dados completos) são relativamente raras de se encontrar nos repositórios de dados de pluviosidade.

As Regressões Lineares simples são comumente aplicadas como ferramenta para o preenchimento de falhas em conjuntos de dados pluviométricos. A Ponderação Regional é aplicada em casos em que há um conjunto de dados concomitantes e disponíveis em pelo menos duas estações meteorológicas próximas.

Neste caso, foi possível preencher as falhas avaliar a qualidade tanto das Regressões Lineares quando da Ponderação Regional por meio de um amplo conjunto de

ferramentas estatísticas de avaliação (Teste Dupla-Massa, Coeficientes de Determinação, Correlação de Pearson, Teste *t* de *Student*, EMA, ERM e REQM).

Embora todas as técnicas adotadas aos dados de todos as estações tenham demonstrado elevada qualidade e significância no preenchimento das falhas na série de Juiz de Fora, a técnica da Ponderação Regional mostrou-se mais eficiente por ter apresentado o menor conjunto de erros sistemáticos aos dados preenchidos.

Cabe reforçar, aqui, a ideia de que a disponibilidade de dados robustos em estações vizinhas ou próximas à qual pretende-se preencher tais falhas é condição rara nos repositórios de dados meteorológico-climáticos.

Que os resultados obtidos para este estudo se aplicam apenas a ele. Entretanto, as técnicas aqui demonstradas, além de serem de fácil aplicação, são as mais amplamente empregadas nos mais diversos trabalhos que versam sobre o tema – preenchimento de falhas em dados pluviométricos.

Por fim, para além dos resultados (o preenchimento das falhas) e das técnicas utilizadas como ferramentas ao seu preenchimento, atenção especial deve ser dada a avaliação da qualidade/eficácia dos dados preenchidos, considerando as simulações feitas (e avaliadas) para anos classificados como Habituais, Secos e Chuvosos.

Isso demonstra, entre outros aspectos, que as análises desenvolvidas em Climatologia, seja Geográfica ou Tradicional, podem (e devem) se apropriar de técnicas estatísticas consagradas, minimamente, na preparação de seus dados para tratamento/análises mais profundas e complexas.

E por fim, mas não encerrando o assunto, embora aparentemente tais linhas metodológicas e de abordagem sejam antagônicas, elas podem ser (e são), na verdade, complementares àqueles que fazem uso de suas técnicas em seus objetos de estudo.

REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, A. **Os domínios de natureza do Brasil**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

AMADOR, M. C.; SILVA, C. A. DA. O preenchimento de falhas de séries históricas de precipitação. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros, Seção Três Lagoas**, v. 1, n. 31, p. 178-202, 1 jun. 2020.

ARAÚJO, S.R.; SANCHES, F.O.; FERREIRA, R.V. Metodologia para validação de dados TRMM para Uberaba (MG). **Entre Lugar**, v. 8, p. 131-141, 2017.

BERTONI, J.C.; TUCCI, C.E.M. Precipitação. In: TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: UFRGS, 2007.

CABRAL JÚNIOR, J.B, SILVA, C.M.S.E.; DE ALMEIDA, H.A. BEZERRA, B.G.; SPYRIDES, M.H.C. Detectando tendência linear da evapotranspiração de referência em áreas de cultivo irrigado no semiárido brasileiro. **Theor Appl Climatol,** 138**,** 215–225 2019.

CABRAL JÚNIOR, J.B.; LUCENA, R.L. Analysis of precipitations by non-parametric tests of Mann-Kendall and Kruskal-Wallis. **Mercator**, Fortaleza, v. 19, dez. 2019.

DIAZ, C.C.F.; PEREIRA, J.A.S.; NÓBREGA, R.S. Comparação de dados estimados por dois diferentes métodos para o preenchimento de falhas de precipitação pluvial na bacia do rio Pajeú, Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.22, jan/jun., 2018.

EDUARDO, C. C. **Cartografia geomorfológica comparada: aplicações no município de Juiz de Fora-MG como subsídio ao planejamento**. Dissertação de Mestrado (em Geografia), Instituto de Ciências Humanas- ICH, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2018.

FERREIRA, C.C.M. Estudo do comportamento do período chuvoso em Juiz de Fora-MG. **Revista Geonorte**. UFAM, v.1, n.5, 2012, p. 953-963.

GALVANI, E.; LUCHIARI, A. Critérios para classificação de anos com regime pluviométrico normal, seco e úmido. In: GALVANI, E.; LIMA, N.G.B. (Org.). **Climatologia Aplicada**: Resgate aos estudos de caso. Curitiba: Editora CRV, 2012.

HINKLE D.E.; WIERSMA W.; JURS, S.G. **Applied Statistics for the Behavioral Sciences**. 5th ed. Boston: Houghton Mifflin; 2003.

JUNQUEIRA, R.; AMORIM, J.S.; OLIVEIRA, A.S. Comparação entre diferentes metodologias para preenchimento de falhas em dados pluviométricos. **Sustentare**, v.2, n.1, jan/jul., 2018.

MELLO, Y.R.; KOHLS, W.; OLIVEIRA, T.M. Uso de diferentes métodos para o preenchimento de falhas em estações pluviométricas. **Boletim de Geografia**, Maringá, v.35, n.1, p.112-121, 2017.

MILANESI, M.A.; GALVANI, E. Preenchimento de falhas em banco de dados de curta série de observações. In: **Anais...** Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, Rondonópolis: UFMT, 2006, v.1, p. 1-10.

NASCIMENTO, T.S.; SARAIVA, J.M.; SENNA, R.; AGUIAR, F.E.O. Preenchimento de falhas em banco de dados pluviométricos com base em dados do CPC (Climate Prediction Center): estudo de caso do rio Solimões-Amazonas. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.7, set., 2009.

OLIVEIRA, L.F.C.; FIOREZE, A.P.; MEDEIROS, A.M.M.; SILVA, M.A.S. Comparação de metodologias de preenchimento de falhas de séries históricas de precipitação pluvial anual. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.11, 2010.

OLIVEIRA, T.A.; TAVARES, C.M.G.; SANCHES, F.; FERREIRA, C.C.M. Variabilidade pluviométrica no município de Juiz de Fora-MG no período de 1910-2018: investigação a partir da técnica do box plot. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 26, p. 457-478, 2020.

PECHUTTI, K.F.; SANT'ANNA NETO, J.L. Técnicas estatísticas para a homogeneização de dados de temperatura em séries temporais climatológicas. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.18, jan/jun., 2016.

QUINA, R.R.; COSTA, R.M.; SANCHES, F.O.; GOMES, F.C.M.; ZAIDAN, R.T. Comparação de produtos altimétricos dos sensores Palsar/Alos e Lidar, a partir do modelo Sinmap. **Research, Society and Development**, v. 9, p. e27391211149-26, 2020.

RUEZZENE, C.B.; MIRANDA, R.B.; TECH, A.R.B.; MAUAD, F.F. Revisão bibliográfica dos principais métodos de preenchimento de falhas em dados de precipitação. **Brazilian Journals of Business**, Curitiba, v. 2, n. 3, p. 2057-2071, jul./set. 2020.

SANCHES, F.O.; BALEN, D.S.; SILVA, R.V.; ROSA, K.K.; RADÜNZ, A. Chuvas no Rio Grande do Sul: um estudo sobre as precipitações acumuladas intensas no Alto Uruguai gaúcho. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.15, jul/dez., 2014a.

SANCHES, F.O.; VERDUM, R.; FISCH, G. Tendência de longo prazo das chuvas diárias no Sudoeste do Rio Grande do Sul: os eventos extremos e a arenização. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.7, n.6, p.1100-1109, 2014b.

SPIEGEL, M.R. **Estatística**. 3.ed. São Paulo: Pearson Makron Books/McGraw-Hill do Brasil, 1993.

VENTURA, T.M.; SANTANA, L.L.R.; MARTINS, C.A.; FIGUEIREDO, J.M. Análise da aplicabilidade de métodos estatísticos para preenchimento de falhas em dados meteorológicos. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.19, jul/dez., 2016.

Recebido em setembro de 2021.

Revisão realizada em outubro de 2021.

Aceito para publicação em dezembro de 2021.

CARACTERIZAÇÃO E VARIABILIDADE CLIMÁTICA BASEADA EM SÉRIES DE TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO NOS MUNICÍPIOS DE MANAUS (AM) E BELÉM (PA)

CHARACTERIZATION AND CLIMATE VARIABILITY BASED ON TEMPERATURE AND PRECIPITATION SERIES IN THE MUNICIPALITIES OF MANAUS (AM) AND BELÉM (PA)

CARACTERIZACIÓN Y VARIABILIDAD CLIMÁTICA POR SERIES DE TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN EN LOS MUNICIPIOS DE MANAUS (AM) Y BELÉM (PA)

Thiago Oliveira dos Santos
Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, UEA
t.santos.720@gmail.com

Valdir Soares de Andrade Filho
Professor da Universidade do Estado do Amazonas (UEA)
valdirsoares.vs@gmail.com

Rebeca dos Santos França
Graduanda em Química na Universidade Federal do Amazonas (UFAM)
beckcurls30@gmail.com

Weslley de Brito Gomes
Doutorando em Clima e Ambiente, INPA
weslley.brito.gomes@gmail.com

Vinícius Machado Rocha
Professor da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB)
vinimrocha@ufrb.edu.br

RESUMO

Neste estudo avaliou-se a variabilidade climática nos municípios de Manaus (AM) e Belém (PA), utilizando dados de temperatura média compensada e precipitação total disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. O recorte temporal analisado no estudo foi de 1961 a 2020. Utilizando técnicas de estatística básica foi produzida uma análise da temperatura e precipitação média decenal, incluindo a comparação entre os municípios com relação às variáveis meteorológicas. Na cidade de Manaus observou-se um aumento na temperatura média decenal mais pronunciado em relação a Belém, com valores entre 3,1% a 4,3% para as décadas analisadas. Por outro lado, verificou-se um aumento na precipitação média decenal mais acentuado em Belém

quando comparada a Manaus. Na análise individual Manaus apresentou um aumento na temperatura média decenal e certa variação em relação ao comportamento da precipitação. Em Belém observou-se um aumento na temperatura média decenal e aumento na precipitação. As duas variáveis analisadas apresentaram comportamento oscilatório em relação a seus valores entre as décadas nas duas cidades analisadas. Tais resultados indicam uma alteração no microclima local de Manaus e Belém possivelmente causadas pela expansão urbana, aumento populacional e mudança no uso do solo.

Palavras-chave: Temperatura; Precipitação; Mudança no uso do solo; Variabilidade climática; Análise decenal

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the climate variability inthe Manaus (AM) and Belém (PA), using average compensated temperature data and total precipitation from National Institute of Meteorology (INMET) for period 1961-2005. Using basic statistics techniques, an analysis of average decadal temperature and precipitation was produced, including the comparison between Manaus and Belém with respect to meteorological variables. In the city of Manaus there was an increase in the decennial average temperature more pronounced compared to Belém, with values between 3,1% and 4,3% for the decades analyzed. On the other hand, there was an increase in the decennial average precipitation more intense in Belém compared to Manaus. In the individual analysis, Manaus showed an increase in the decennial average temperature and some variation in relation to the precipitation pattern. In Belém, there was an increase in the decennial average temperature and increase in precipitation. Both variables analyzed showed oscillatory behavior in relation to their values between the decades in the two cities. The results indicate a change in the local mocroclimate of Manaus and Belém, possibly caused by urban sprawl, population increase and land-use change.

Keywords: Temperature; Precipitation; Land-use change; Climate variability; Decennial analysis

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar la variabilidad climática en Manaus (AM) y Belém (PA), utilizando datos de temperatura media compensada y precipitación total del Instituto Nacional de Meteorología (INMET) para el período 1961-2005. Utilizando técnicas estadísticas básicas, se realizó un análisis de la temperatura y la precipitación decenal media, incluyendo la comparación entre Manaus y Belém con respecto a las variables meteorológicas. En la ciudad de Manaus, se observó un aumento de la temperatura media decenal más pronunciado en comparación con Belém, con valores entre 3,1% y 4,3% para las décadas analizadas. Por otro lado, fue encontrado un aumento en la precipitación media decenal más intensa en Belém en comparación con Manaus. En

el análisis individual, Manaus mostró un aumento en la temperatura media decenal y alguna variación en relación con el comportamiento de la precipitación. En Belém, se observó un aumento en la temperatura media decenal y aumento en la precipitación. Ambas variables analizadas mostraron un comportamiento oscilatorio en relación a sus valores entre las décadas en las dos ciudades. Los resultados indican un cambio en el microclima local de Manaus y Belém, posiblemente causado por la expansión urbana, el aumento de la población y el cambio de uso de la tierra.

Palabras clave: Temperatura; Precipitación; Cambio de uso de la tierra; Variabilidad climática; Análisis decenal

INTRODUÇÃO

O estudo da variabilidade climática é parte importante das ciências atmosféricas e oceânicas. Parte dessa importância se deve ao fato de que a variabilidade climática causa sérios transtornos à economia e frequentemente provoca diversas formas de impacto na sociedade, além de atingir os ecossistemas naturais de maneira significativa.

Importante parcela da comunidade científica tem se dedicado aos estudos e análises dentro desse tema, investigando a variabilidade do clima em relação a escala interanual, associada ao fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS) no oceano Pacífico Tropical, além da diferença térmica existente entre as seções ao norte e ao sul do Equador no Atlântico Tropical, assim como também a escala interdecenal (ciclos de 20-30 anos) e a escala de longo prazo (MARENGO e NOBRE, 2009).

A região Norte do Brasil está localizada na faixa equatorial e caracteriza-se pelas altas temperaturas e seus elevados volumes pluviométricos. De acordo com Fisch et al. (1998), os principais sistemas atmosféricos que atuam no tempo e no clima da região Amazônica são: a Zona de Convergência Intertropical – ZCIT, Zona de Convergência do Atlântico Sul – ZCAS, Linhas de Instabilidades – LI, Complexos Convectivos de Mesoescala – CCM, Ondas de Leste e as Brisas Terrestres e Marítima. Parte importante destes sistemas estão conectados a formação de chuva na região, exercendo influência direta na estação chuvosa.

A floresta amazônica também contribui para a precipitação local, fornecendo vapor d'água para a atmosfera por meio de sua intensa reciclagem de precipitação (ROCHA et al., 2015; 2017; 2018). As precipitações são em grande maioria convectivas. As altas temperaturas registradas na região Norte estão associadas ao intenso fornecimento de radiação solar incidente (VIANELLO e ALVES, 2006). A variação térmica sazonal se encontra na faixa de 1-2 ºC, sendo que os valores médios se situam na faixa de 24 e 26 ºC.

Estudos observacionais e de modelagem numérica (NOBRE et al. 1991; BETTS et al. 1997; 2000; CHASE et al. 2000; ZHAO et al. 2001, ROCHA, 2016; ROCHA et al., 2019; GOMES et al., 2020a; 2020b) indicam que a mudança na cobertura vegetal pode ter um impacto considerável no clima regional e global. O debate científico tem sido intenso e as atividades humanas têm ganhado cada vez mais destaque com relação a sua participação nessas alterações. O desenvolvimento de pesquisas dentro desta temática é benéfico para gestão de recursos hídricos, setor agrícola e saúde pública, uma vez que, o clima tem uma influência direta na maneira como a sociedade humana se organiza.

Estudos envolvendo modelagem computacional aplicada as pesquisas climáticas desenvolvidas por Nobre et al. (2014) e Marengo et al. (2009) abordaram as principais questões relacionadas às mudanças climáticas e o papel da Amazônia frente a essas mudanças. As pesquisas abordaram três principais aspectos, que são: as variações climáticas globais envolvendo causas naturais, as decorrentes de alterações no uso do solo e mudanças climáticas globais provocadas por ações antrópicas. Estes estudos fazem um alerta sobre as mudanças no uso da terra e como isso pode afetar o ciclo hidrológico e consequentemente o clima tanto em escala local quanto, regional e global.

Com base na publicação do Grupo de Trabalho I do Sexto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas – IPCC (IPCC, 2021), os resultados sugerem que as variações climáticas na região amazônica podem estar associadas às mudanças climáticas globais. As alterações decorrentes do desmatamento de sistemas florestais para a transformação em ambiente de pastagem podem implicar na transferência do carbono armazenado nas árvores para atmosfera, ou

seja, da biosfera para atmosfera, intensificando assim o aquecimento global. Tal cenário é extremamente nocivo para a região amazônica, o que torna a mudança de padrão de uso do solo um importante componente de análise em se tratando de variações climáticas oriundas de ações antrópicas.

Nos dias atuais cerca de 50% da população mundial vive em cidades e existe indicadores que esse percentual chegue a 81% no ano de 2030 (UNFPA, 2007). O processo de urbanização global tem sido acelerado em intensidade e área física ocupada, o que acaba gerando um interesse crescente nos possíveis impactos na saúde humana, funcionamento dos ecossistemas, no tempo e até mesmo no clima em escala regional e global (IMHOFF et al. 2010).

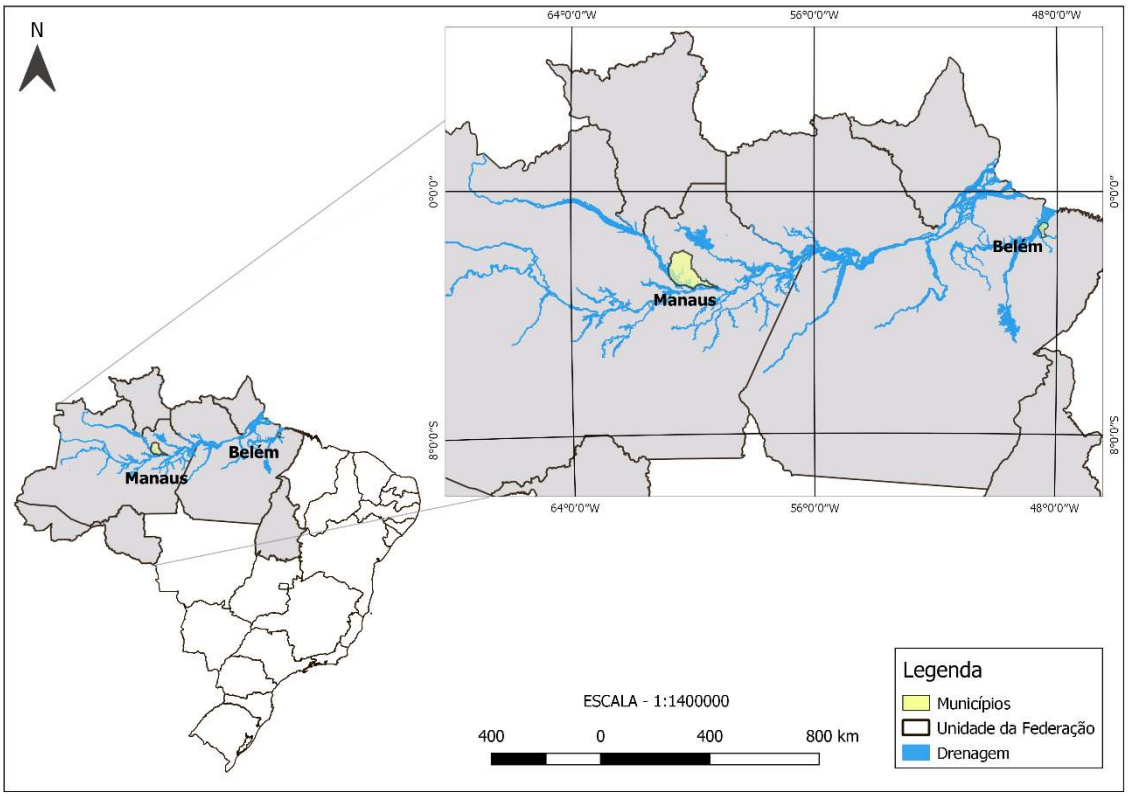
Com base neste cenário, o presente estudo tem como objetivo, analisar a variabilidade climática nos municípios de Manaus (AM) e Belém (PA), considerando a temperatura do ar e a precipitação durante o período de 1961 a 2020.

METODOLOGIA

Área de estudo

O município de Manaus (AM) está localizado nas coordenadas 3°S e 60°W, na margem esquerda dos rios Negro e Amazonas. O município de Belém é a capital do estado do Pará, aproximadamente 160 Km da linha do equador sob as coordenadas geográficas 01° 27’S e 48° 28’W (IBGE, 2010). A figura 1 representa a área de estudo que inclui os municípios de Manaus (AM) e Belém (PA).

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo nos municípios de Manaus (AM) e Belém (PA)



Fonte: IBGE, 2021.

Dados de temperatura e precipitação

Para que possamos compreender da maneira mais ampla possível a variabilidade climática existente nos municípios de Manaus e Belém é necessário produzir uma análise das variáveis climáticas como temperatura e precipitação. Com base neste panorama optou-se por analisar os dados de precipitação total e temperatura compensada média mensal.

O recorte temporal aplicado a este estudo foi de 1961 a 2020. As estações meteorológicas utilizadas no estudo contam com as seguintes especificações: Manaus – estação: 82331, latitude e longitude de -3.10388888 e 60.01555555 com altitude de 48.68 metros. Belém – estação: 82191, latitude e longitude de 1.435.83333 e -48.43722221 com altitude de 7.13 metros.

O conjunto de dados utilizados no estudo (temperatura e precipitação) foram disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, por intermédio de

seu site, https://bdmep.inmet.gov.br/. Com a utilização do software *Excel* foi realizada a tabulação, tratamento dos dados, elaboração dos gráficos e análise estatística básica. Por se tratar de uma série temporal extensa, os dados de precipitação e temperatura foram divididos em décadas, com o objetivo de facilitar a sua leitura e interpretação. É importante ressaltar que a respeito da aplicação de gráficos em estudos que visam a análise climática, é possível afirmar que o clima de uma região pode ser descrito com o auxílio de gráficos das variações sazonais nos valores dos elementos climáticos como temperatura e precipitação. O presente estudo utilizou análise de tendência linear e polinomial como ferramenta de análise estatística para precipitação e temperatura, onde ambas as análises têm aplicações distintas conforme o perfil do conjunto de dados. A análise de tendência linear é utilizada para representar o aumento e a diminuição a uma taxa constante. Já a tendência polinomial é determinada pelo número de flutuações com base no perfil do conjunto de dados (AYOADE, 2010; FONSECA e MARTINS, 2011). Foi utilizada análise de tendência linear para os dados de temperatura e tendência polinomial para precipitação, uma vez que essa última variável apresentou comportamento oscilante.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise de tendência da precipitação e temperatura de 1961-2020 em Manaus e Belém

O quadro 1, a seguir, representa os valores relativos à taxa de aumento e diminuição da precipitação média decenal no município de Manaus. Durante a passagem da década de 1961-1970 para 1971-1980 observou-se uma diminuição nos valores de precipitação em -2%. A década seguinte 1981-1990 apresentou um aumento de 4% voltando a diminuir durante década de 1991-2000 com 0,6%. A partir da década de 2001-2010 e 2011-2020 os valores de precipitação voltam a apresentar uma significativa oscilação com respectivamente -5% e 12%. Este cenário aponta para um comportamento oscilante com relação a taxa de aumento e diminuição da precipitação, onde a partir das duas últimas décadas o nível de variação é ainda maior.

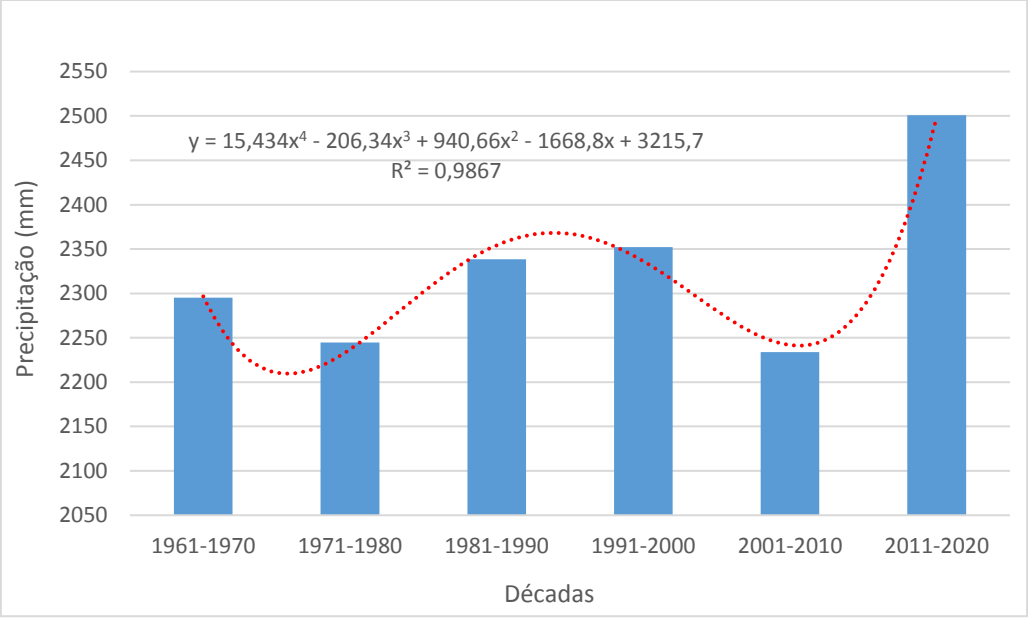
Quadro 1 - Taxa de aumento e diminuição da precipitação média decenal no município de Manaus (AM)

Décadas	**1961-1970**	**1971-1980**	**1981-1990**	**1991-2000**	**2001-2010**	**2011-2020**
Total (mm)	2295	2245	2338	2352	2234	2501
Taxa de crescimento (%)		-2%	4%	0,6%	-5%	12%

Fonte: INMET, 2021.
Elaboração: Thiago Oliveira dos Santos, 2021.

A figura 2 representa o gráfico de tendência polinomial de ordem 4 da precipitação média decenal do município de Manaus (AM). Com base na análise do gráfico da figura 2, é possível identificar o comportamento oscilante da taxa de aumento e diminuição da precipitação. Os valores de precipitação observados indicam um alto volume pluviométrico no município de Manaus, onde os valores médios observados durante as décadas são todos acima de 2.000 mm.

Figura 2 - Gráfico de precipitação média decenal com análise de tendência polinomial de ordem 4 para cidade de Manaus/AM.



Fonte: INMET, 2021.
Elaboração: Thiago Oliveira dos Santos, 2021.

As condições atmosféricas desta região ajudam a explicar tal disponibilidade de chuva. A região é caracterizada por diversos fatores como por exemplo, altos índices de umidade devido à extensa e densa vegetação, altos índices pluviométricos durante o

ano, e um alto saldo de energia solar disponível em praticamente todos os meses do ano com pequena variação sazonal (PONTES, 2006; FISCH et al. 2007).

A influência da circulação de brisa, que se forma em decorrência da diferença de temperatura entre o rio e a floresta, acaba afetando os índices de precipitação em cidades que estão localizadas às margens dos rios, como é caso de Manaus (MOLION e DALLAROSA, 1990). A linha de tendência polinomial de ordem 4 utilizada no gráfico da figura 2 mostra um R-quadrado no valor de 0,9867 que é um bom ajuste da linha para os dados. Com base na análise dos dados de chuva foi possível identificar variações na ocorrência de precipitação nos dois municípios analisados no estudo. Esse cenário é refletido nos valores dos dados de chuva. Desta forma foi necessário aplicar a linha de tendência polinomial que é apropriada para dados que apresentam flutuações.

O quadro 2 representa os valores de temperatura média decenal na cidade de Manaus, assim como, os respectivos valores da taxa de aumento e diminuição ao longo dos anos. Analisando os dados de temperatura no município de Manaus é possível identificar um leve crescimento nos valores de temperatura com oscilação entre as décadas de 1971-1980 e 1981-1990. Essas décadas apresentaram valores de crescimento e diminuição oscilantes com respectivos 0,4% para 1971-1980 e 0,1% para 1981-1990.

A oscilação nos valores da taxa de aumento e diminuição ocorre apenas durante as primeiras décadas, onde a partir dos anos 1980 a taxa segue aumentando até 2011-2020. Este cenário aponta para um aumento na temperatura média decenal no município de Manaus. Vale ressaltar que quando comparamos a temperatura com o comportamento da precipitação, não é possível identificar um aumento no mesmo padrão nos valores de chuva nas décadas analisadas no estudo. Os valores de precipitação são muito mais oscilantes quando comparados aos valores de temperatura.

Quadro 2 - Taxa de crescimento da temperatura média decenal no município de Manaus (AM).

Décadas	**1961-1970**	**1971-1980**	**1981-1990**	**1991-2000**	**2001-2010**	**2011-2020**
Total (°C)	26,7 °C	26,6 °C	26,6 °C	26,9 °C	27,3 °C	28,1 °C
Taxa de crescimento (%)		0,4%	0,1%	0,9%	1,7%	2,7%

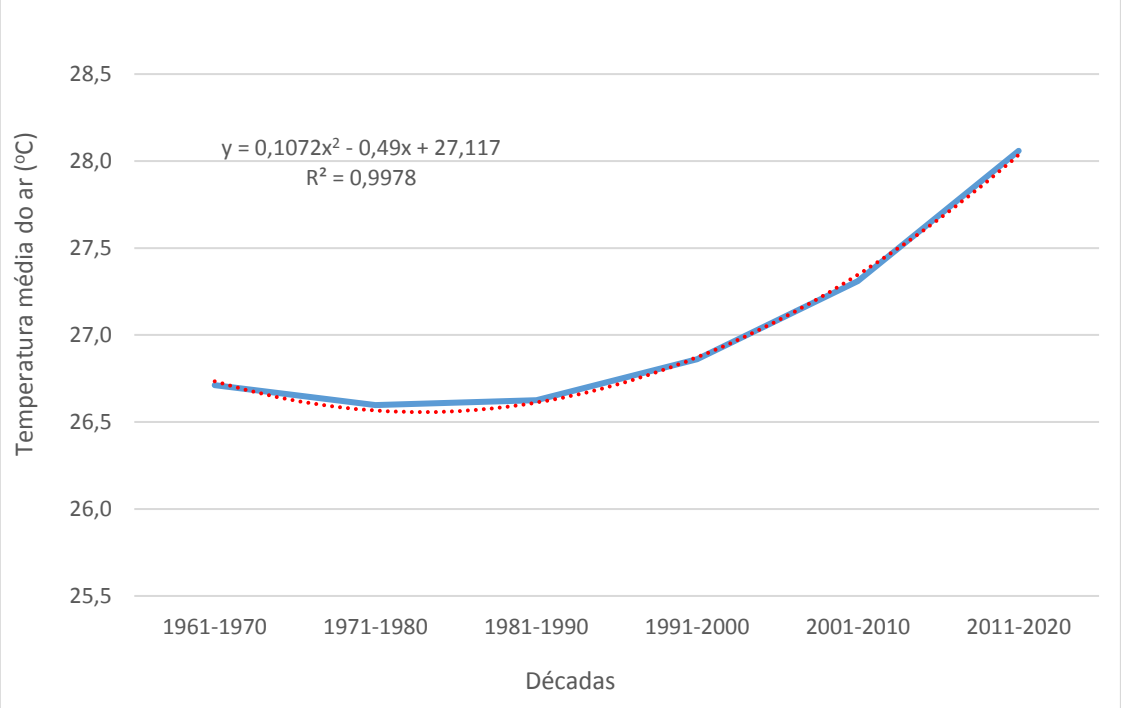
Fonte: INMET, 2021.
Elaboração: Thiago Oliveira dos Santos, 2021.

A figura 3 representa o gráfico de tendência polinomial de ordem 2 da temperatura média decenal do município de Manaus-AM. Com base na análise do gráfico da figura 3 também é possível observar o padrão de crescimento com relação ao aumento da temperatura média decenal. Esse aumento na temperatura pode ser explicado em parte pelo processo de ocupação e mudança no uso do solo na cidade de Manaus. A partir do ano de 1967, a cidade passou por uma fase de intensa ocupação do solo devido a implantação da Zona Franca de Manaus – ZFM (COSTA e SCHMITT, 2010).

A perda de áreas com cobertura vegetal pode gerar um cenário em que a temperatura apresente crescimento. A vegetação tem como características intrínsecas baixa capacidade calorífica, baixa condutibilidade térmica, albedo baixo, grande absorção de radiação solar e altas taxas de evaporação. Essas características criam um mecanismo de regulagem térmica devido à radiação solar ser pouco refletida para o ambiente, contudo ela é mais consumida pela vegetação (FIALHO e IMBROISI, 2005).

Desta forma é possível associar o processo de expansão urbana e sua profunda modificação da paisagem natural ao aumento gradativo da temperatura na cidade de Manaus. Uma vez que, a expansão de áreas construídas, parques industriais, adensamento populacional, pavimentação asfáltica associadas à concentração de poluentes, produziu um cenário em que a dinâmica da baixa troposfera/camada limite atmosférica foi modificada em ambientes urbanos (LOMBARDO, 1985). A linha de tendência polinomial de ordem 2 utilizada no gráfico da figura 3 mostra um R-quadrado no valor de 0,9978 que é um bom ajuste da linha para o conjunto de dados.

Figura 3 - Gráfico de temperatura média decenal com análise de tendência polinomial de ordem 2 para cidade de Manaus/AM.

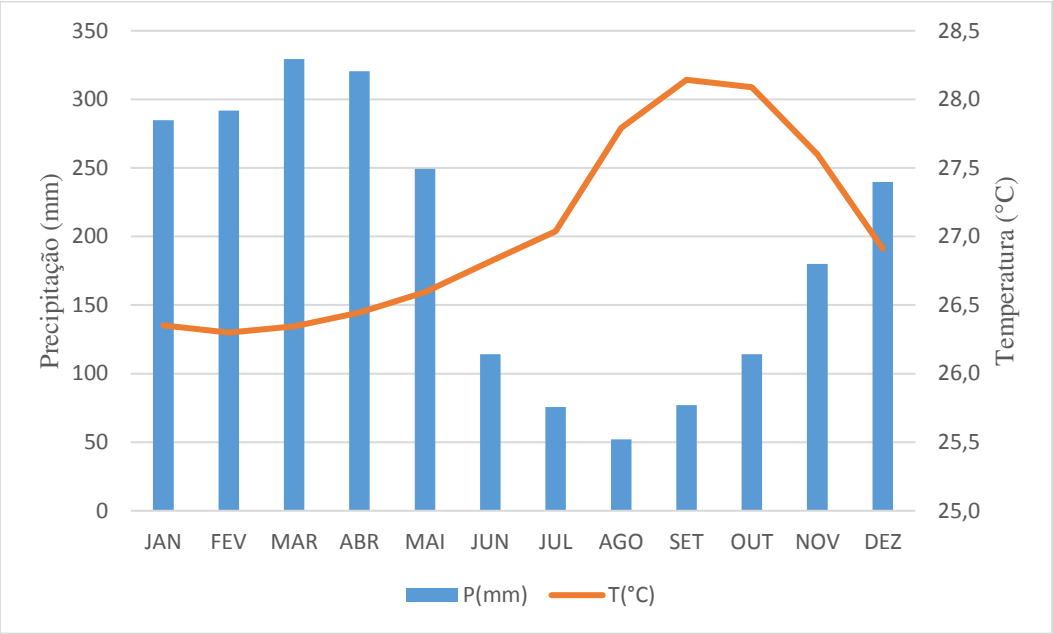


Fonte: INMET, 2021.
Elaboração: Thiago Oliveira dos Santos, 2021.

O climograma do município de Manaus apresenta um comportamento climático com elevado volume de precipitação o que caracteriza uma longa estação chuvosa. Com base na análise da figura 4, é possível identificar os meses de dezembro a março, podendo se estender até o mês de abril, como o período da estação chuvosa em Manaus. Já a estação seca compreende os meses de julho a setembro.

Com base na análise dos dados de temperatura do climograma é possível identificar uma baixa amplitude térmica anual, característica particular de clima equatorial. Os meses que compreendem julho a outubro apresentam os maiores valores de temperatura que ficam na faixa de 27 °C a 28,1 °C. Já os meses de dezembro a março apresentam os menores valores de temperatura que ficam na faixa de 26,3 °C a 26,9 °C. Os valores de temperatura média estão associados a ocorrência de chuva na cidade, sendo que os meses mais quentes são os que apresentam os menores valores de precipitação média conforme o climograma representado pela figura 4.

Figura 4 - Climograma do município de Manaus/AM – 1961-2020.



Fonte: INMET, 2021.
Elaboração: Thiago Oliveira dos Santos, 2021.

O quadro 3, a seguir, representa os valores relativos à taxa de aumento e diminuição da precipitação média decenal no município de Belém-PA. É possível observar uma variação com relação aos valores de precipitação no município de Belém. A análise dos dados indica um aumento de 10% entre as décadas de 1961-1970 e 1971-1980. A taxa volta a cair na década de 1981-1990 apresentando 2%, a diminuição continua em 1991-2000 com -1%. O aumento significativo ocorre entre 2001-2010 e 2011-2020 com respectivos 7% e 15%. Este cenário aponta para um comportamento oscilante com relação a taxa de aumento e diminuição da precipitação média decenal, onde a partir das duas últimas décadas a oscilação é substituída por um padrão de aumento.

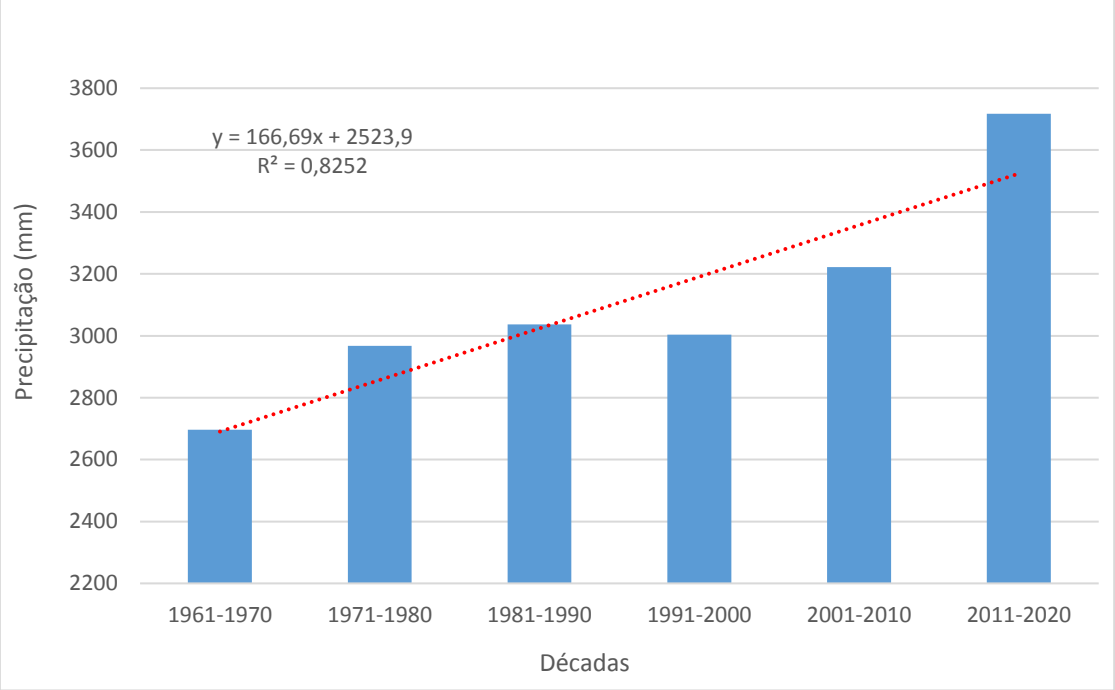
Quadro 3 - Taxa de aumento e diminuição da precipitação média decenal no município de Belém (PA).

Décadas	**1961-1970**	**1971-1980**	**1981-1990**	**1991-2000**	**2001-2010**	**2011-2020**
Total (mm)	2697	2968	3036	3004	3222	3717
Taxa de crescimento (%)		10%	2%	-1%	7%	15%

Fonte: INMET, 2021.
Elaboração: Thiago Oliveira dos Santos, 2021.

A figura 5 representa o gráfico de tendência linear da precipitação média decenal do município de Belém. Os valores de precipitação observados, assim como em Manaus, indicam um alto volume pluviométrico, onde mesmo com variação, os valores de precipitação observados entre as décadas são todos acima de 2.000 mm. A linha de tendência linear utilizada no gráfico da figura 5 mostra um R-quadrado no valor de 0,8252 que é um bom ajuste da linha para os dados.

Figura 5 - Gráfico de precipitação média decenal do município de Belém com análise de tendência linear



Fonte: INMET, 2021
Elaboração: Thiago Oliveira dos Santos, 2021.

Nesta região a precipitação é formada por intermédio de sistemas convectivos forçados localmente pelas linhas de instabilidade que são formadas ao longo da costa atlântica. Os sistemas atmosféricos de grande escala como a Zona de Convergência Intertropical – ZCIT exercem influência na região, auxiliando na definição da estação chuvosa e seca (MOLION, 1987; GARSTANG et al. 1994; COHEN et al. 1995; ALCÂNTARA et al. 2011). A região também recebe influência da ocorrência de sistemas atmosféricos de mesoescala, como os Sistemas Convectivos de Mesoescala Circulares –

SCMC. As Linhas de Instabilidades – LI que são formadas ao longo da costa norte da América do Sul, tem sua origem ligada à circulação de brisa marítima que se move para o interior da Amazônia, produzindo fortes chuvas entre os meses de abril e agosto.

A circulação de brisa fluvial que é uma característica observada nos grandes rios da Amazônia, que tem sua ocorrência devido a diferente característica térmica entre a superfície do rio e a superfície do solo que é mais quente durante o dia quando comparada a do rio. Esse cenário cria uma dinâmica de movimento do ar ascendente sobre o solo por conta da baixa pressão atmosférica e o fluxo contínuo do rio em direção à porção de terra em baixo nível. Essa dinâmica influencia a formação de nuvens em determinadas áreas, criando faixas de precipitação. O que em parte pode auxiliar na explicação do aumento do volume de chuvas em cidades com essas características de localização geográfica. (SILVA DIAS et al. 2004; LU et al. 2005; FITZJARRALD et al. 2008; MESQUITA e RAMOS DA SILVA, 2012; COHEN et al. 2014).

O quadro 4 representa os valores de temperatura entre as décadas na cidade de Belém, assim como, os respectivos valores da taxa de aumento e diminuição ao longo das décadas. É possível identificar um aumento nos valores de temperatura com variação entre as décadas de 2001-2010 e 2011-2020. As décadas anteriores apresentam aumento com respectivos 0,3% em 1971-1980, 1% em 1981-1990 e 2% em 1991-2000. Este cenário aponta para um aumento da temperatura no município de Belém. Vale ressaltar que quando comparamos com o comportamento da precipitação não é possível identificar um aumento constante nos valores de volume de chuva, sendo possível observar uma flutuação nos valores entre as décadas.

Quadro 4 - Taxa de aumento e diminuição da temperatura média decenal no município de Belém (PA)

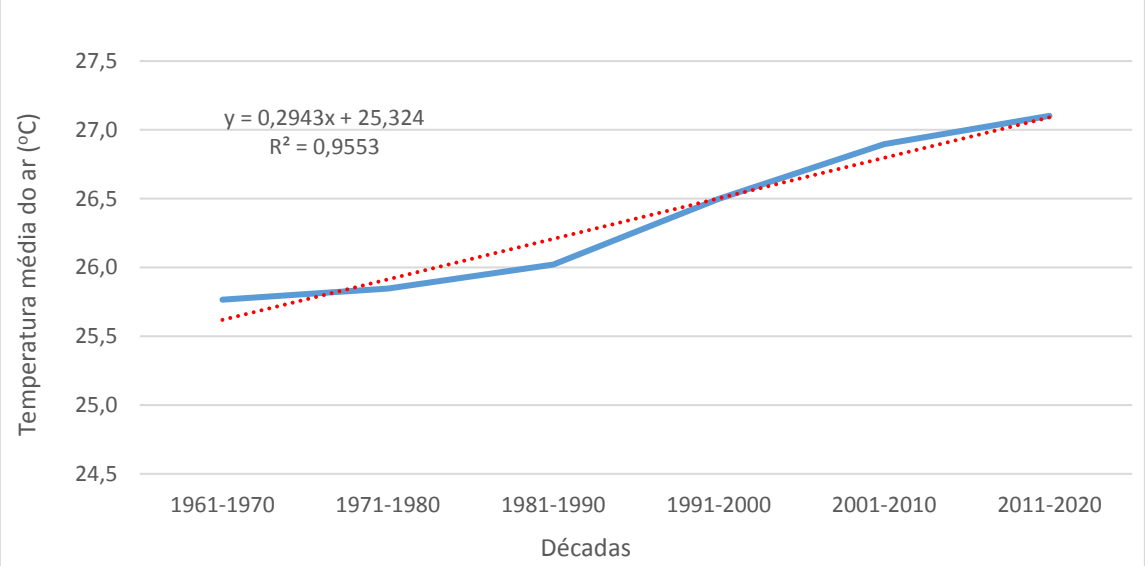
Décadas	**1961-1970**	**1971-1980**	**1981-1990**	**1991-2000**	**2001-2010**	**2011-2020**
Total (°C)	25,8	25,8	26,0	26,5	26,9	27,1
Taxa de crescimento (%)		0,3%	1%	2%	2%	1%

Fonte: INMET, 2021.
Elaboração: Thiago Oliveira dos Santos, 2021.

A figura 6 representa o gráfico de tendência linear da temperatura média decenal do município de Belém (PA). Com base na análise do gráfico da figura 6 também

é possível observar um de aumento da temperatura. Assim como em Manaus, Belém também passa por constantes mudanças no uso do solo como a retirada da vegetação, aumento da poluição do ar, aumento da quantidade de construções e cobertura asfáltica. Esse cenário contribui para gerar importantes alterações no micro e macro clima de Belém (COSTA, 2001). As características das construções no ambiente urbano, assim como, a baixa arborização e a concentração de várias fontes de calor nas cidades, influenciam no comportamento térmico-higrométrico local (LEAL, 2012).

Figura 6 - Gráfico de temperatura média decenal com análise de tendência linear no município de Belém.

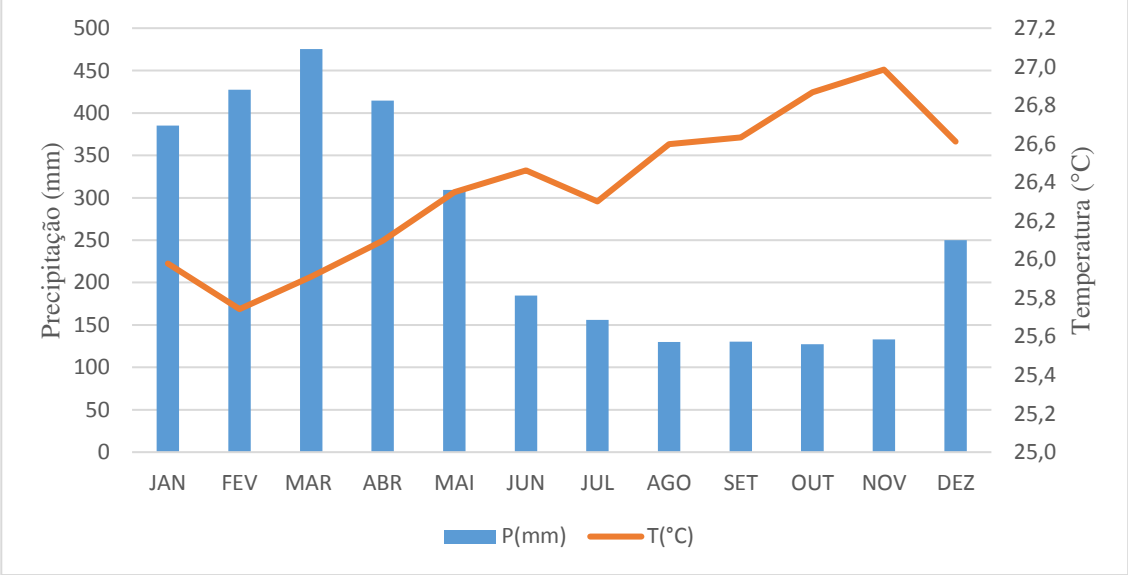


Fonte: INMET, 2021.
Elaboração: Thiago Oliveira dos Santos, 2021.

Segundo Pontes et al. (2017) em um estudo realizado com dados observacionais de superfície, imagens de satélite (*Landsat* 5 e 8) entre os anos de 2003-2016, identificaram os anos de 2003 e 2006 como os mais quentes em relação a temperatura média. A explicação baseia-se na elevada taxa de crescimento populacional de 10% na cidade de Belém durante esse período (IBGE, 2010). Esse cenário gerou um aumento na expansão urbana da cidade e consequentemente a uma maior utilização de materiais típicos do ambiente urbano como asfalto, concreto e outros com características de retenção de calor.

O climograma do município de Belém (figura 7) apresenta um comportamento climático com elevado volume de precipitação e baixa amplitude térmica anual. É possível identificar os meses de janeiro a abril como a estação chuvosa em Belém, onde o pico ocorre no mês de março apresentando diminuição no mês de abril. A estação seca ocorre durante os meses de agosto a outubro podendo se estender até novembro e voltando a apresentar crescimento na ocorrência de chuvas no mês de dezembro. O valor da temperatura do ar apresenta diminuição durante o mês de novembro, com média de 27,0 °C, e seu menor registro ocorre no mês de fevereiro com 25,7 °C em média. Esse comportamento térmico ocorre ainda durante a estação chuvosa, o que mostra um contraste em relação a Manaus. Parte disso se deve aos diferentes sistemas atmosféricos atuantes na região.

Figura 7 - Climograma do município de Belém (PA).



Fonte: INMET, 2021.
Elaboração: Thiago Oliveira dos Santos, 2021.

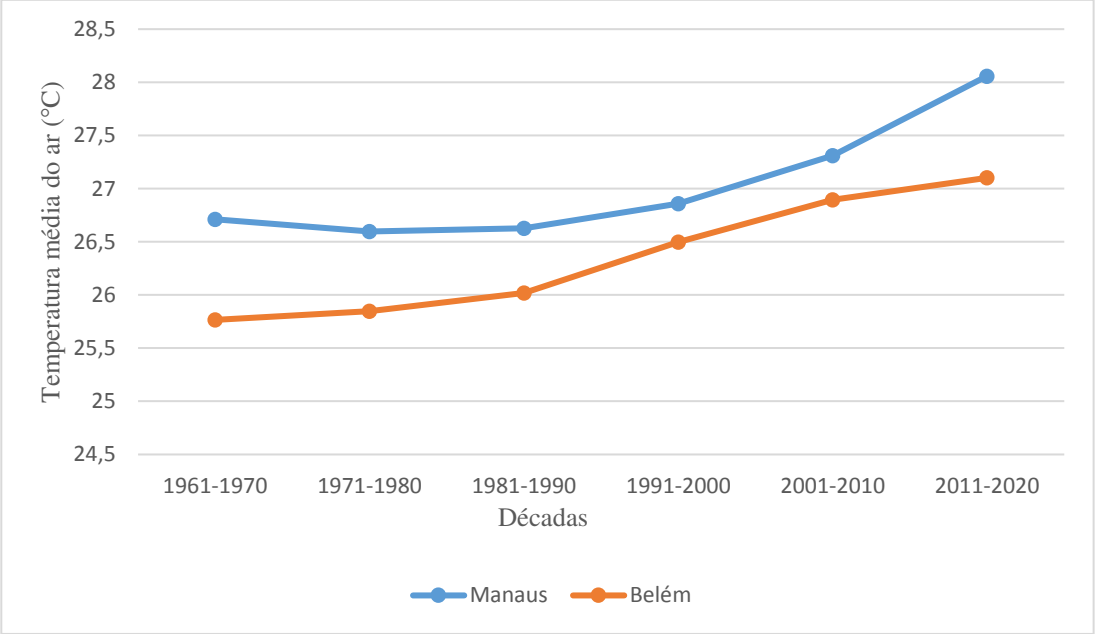
Análise da temperatura e precipitação média decenal para Manaus e Belém

A figura 8 representa a temperatura média decenal nos municípios de Manaus e Belém durante os anos de 1961 a 2020. De maneira geral, verifica-se que a temperatura

na cidade de Manaus é superior à observada em Belém durante as décadas analisadas. Existe uma pequena diferença entre os valores de temperatura observados entre as cidades que pode estar associado à taxa de urbanização em cada localidade. O processo de expansão urbana tem sido parte importante dentro da análise do aumento da temperatura em cidades como Manaus e Belém.

A temperatura média decenal apresentou um aumento na cidade de Manaus quando comparada a Belém. Os aumentos médios observados entre as décadas foram de 3,2% em 1971-1980, 3% em 1981-1990, 3,2% em 1991-2000, 3,1% em 2001-2010 e 4,3% em 2011-2020. É necessário ressaltar que ambas as cidades ficam situadas em regiões que sofrem com atuações de sistemas atmosféricos diferentes, o que pode auxiliar na explicação da diferença de temperatura.

Figura 8 - Gráfico de temperatura média decenal nos municípios de Manaus e Belém



Fonte: INMET, 2021.
Elaboração: Thiago Oliveira dos Santos, 2021.

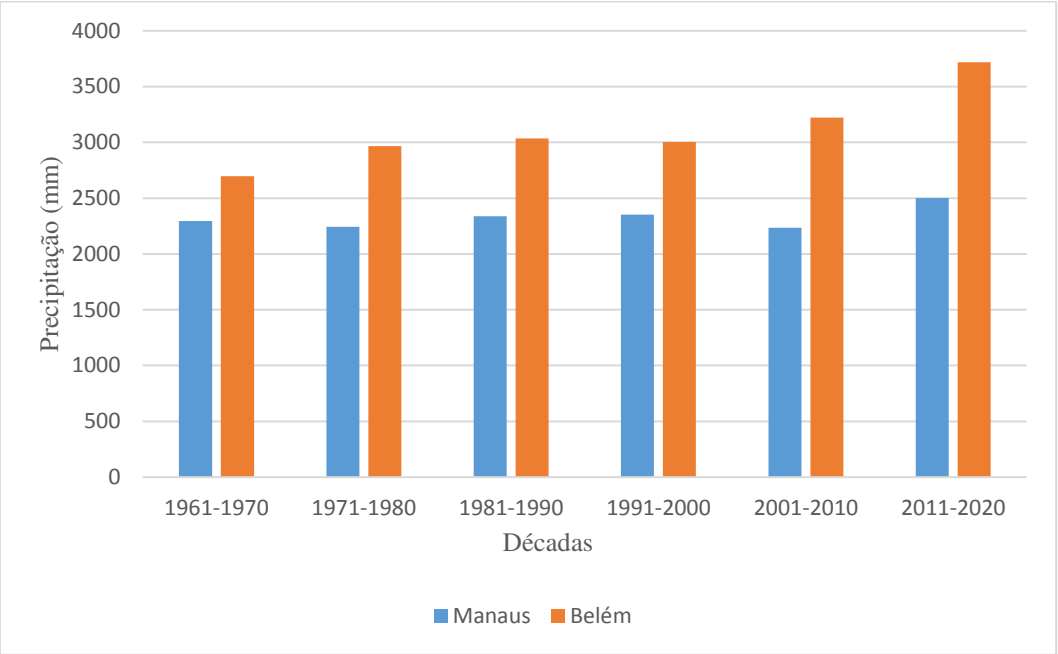
O estudo desenvolvido por Sousa Junior et al. (2018) comparou mapas de imagens de satélites com áreas de vegetação e área desmatada durante os anos de 2013-2017 na cidade de Manaus. Foi observada uma relação entre os valores mais altos de temperatura em áreas sem cobertura vegetal. Os valores de temperatura máxima encontrados no estudo ficaram na faixa de 33°C a 38°C, no qual os maiores valores foram

observados nas áreas de maior densidade populacional, maior quantidade de imóveis e reduzida área verde.

A relação entre a redução da vegetação e aumento da temperatura média é fortemente interligada, como também demonstra Bezerra et al. (2018), que verificaram que o aumento da temperatura média na cidade de Belém se deve a supressão da vegetação na região. Observou-se na região central da cidade, temperaturas na faixa de 23°C a 30°C com uma pequena variação observada. O crescimento da área urbana é visto como principal fator na diminuição das áreas verdes e consequente aumento da temperatura. Entre os anos de 2006 e 2016, os solos considerados expostos (área desmatada) apresentaram um aumento de 21,1 Km^2 em Belém.

Quanto a variável precipitação, a figura 9 mostra a precipitação média decenal nas cidades de Manaus e Belém. É possível identificar um comportamento inverso ao da temperatura, sendo o aumento das chuvas maior em Belém. Os aumentos médios entre as décadas foram de 29,3% em 1971-1980, 35,3% em 1981-1990, 28,5% em 1991-2000, 37% em 2001-2010 e 66,4% em 2011-2020 em relação a Manaus. De forma geral, verifica-se que os níveis de precipitação média decenal na cidade de Belém se mostram superiores aos observados em Manaus, com baixa variação. O estudo desenvolvido por Souza (2012) indicou uma tendência de redução nos acumulados em Manaus e aumento nos valores de precipitação em Belém.

Figura 9- Gráfico de precipitação média decenal nos municípios de Manaus e Belém



Fonte: INMET, 2021.
Elaboração: Thiago Oliveira dos Santos, 2021.

Desta forma é possível concluir que existe uma sinergia entre crescimento da área urbana, aumento da população e os fluxos de calor de origem antrópica e sua interação com as alterações no microclima local das cidades de Manaus e Belém.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente estudo foram utilizados dados de precipitação total anual e temperatura compensada média do ar no período de 1961 a 2020 para auxiliar na análise da caracterização e variabilidade climática nos municípios de Manaus-AM e Belém-PA.

A precipitação média decenal na cidade de Manaus apresentou variação em seu comportamento com valores entre 2.234 e 2.501 mm entre as décadas analisadas, não apresentando uma tendência linear, mas sim polinomial de ordem 4 com R-quadrado de 0,9867 que pode ser considerado como um bom ajuste da linha para o conjunto de dados. As taxas de crescimento da precipitação entre as décadas da cidade de Manaus foram de

-2% em 1971-1980, 4% em 1981-1990, 0,6% em 1991-2000, -5% em 2001-2010 e 12% em 2011-2020. A cidade de Manaus também apresentou total pluviométrico inferior quando comparada a Belém.

A temperatura média decenal na cidade de Manaus apresentou um acréscimo entre as décadas analisadas, com valores entre 26,6°C (1971-1980) e 28,1°C (2011-2020). Com um comportamento de tendência polinomial de ordem 2 e R-quadrado de 0,9978. O comportamento oscilatório observado nos valores dos dados de temperatura fez necessário a utilização da análise de tendência polinomial. A taxa de aumento e diminuição da temperatura entre as décadas na cidade de Manaus foram de 0,4% em 1971-1980, 0,1% em 1981-1990, 0,9% em 1991-2000, 1,7% em 2001-2010 e 2,7% em 2011-2020. Foi possível observar nas décadas analisadas valores médios de temperatura de 27°C em Manaus e 26,4°C em Belém. Desta forma é possível concluir que Manaus registrou aumento superior ao município de Belém.

A precipitação média decenal em Belém apresentou uma tendência linear com R-quadrado de 0,8252. A taxa de aumento e diminuição da precipitação entre as décadas na cidade de Belém foram de 10% em 1971-1980, 2% em 1981-1990, -1% em 1991-2000, 7% em 2001-2010 e 15% em 2011-2020. A temperatura média decenal apresentou tendência linear com R-quadrado de 0,9553. As taxas de aumento e diminuição da temperatura entre as décadas foram de 0,3% em 1971-1980, 1% em 1981-1990, 2% em 1991-2000, 2% em 2001-2010 e 1% em 2011-2020. A temperatura média decenal se mostrou inferior a observada em Manaus.

Quando comparadas, as cidades de Manaus e Belém apresentam diferentes cenários em relação a temperatura e precipitação média decenal. Em Manaus observou-se um aumento na temperatura superior a Belém. A extensão territorial e o grau de urbanização deve ser levado em consideração quando analisamos esse aumento de temperatura. Onde os aumentos médios foram de 3,2% em 1971-1980, 3% em 1981-1990, 3,2% em 1991-2000, 3,1% em 2001-2010 e 4,3% em 2011-2020 em relação à Belém. Com relação à precipitação média decenal observada em Belém, os aumentos médios foram de 29,3% em 1971-1980, 35,3% em 1981-1990, 28,5% em 1991-2000, 37% em 2001-2010 e 66,4% em 2011-2020 em relação à Manaus.

A expansão urbana juntamente com a diminuição da área verde em ambas as cidades é um fator que tem associação direta com a variabilidade apresentada por variáveis como a temperatura do ar e a precipitação em cidades com forte característica urbana. Desta forma é possível concluir que a expansão urbana, aumento populacional e a mudança no uso do solo são capazes de produzir alterações no microclima local das cidades de Manaus e Belém.

REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, C.R.; SILVA DIAS, M.A.F.; SOUZA, E.P.; COHEN, J.C.P. Verification of the role of low level jets in Amazon squall lines. **Atmospheric Research.** v.100, p.36-44, 2011.

AYOADE, J. O**. Introdução à climatologia para os trópicos**. 13ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

BETTS, R.A.; COX, P.M.; LEE, S.E.; WOODWARD, F.I. Contrasting physiological and structural vegetation feedbacks in climate change simulations. **Nature***,* v.387, p.796-799, 1997.

BETTS, R.A.; COX, P.M.; LEE, S.E.; WOODWARD, F.I. Simulated responses of potential vegetation to doubled-CO2 climate change and feedbacks on near-surface temperature. **Global Ecology and Biogeography**, p.171-180, 2000.

BEZERRA, P.E.S.; MORAES, E.T.I.; SOARES, I.R.C. Análise da temperatura da Superfície e do índice de vegetação no município de Belém na identificação das ilhas de calor. **Revista Brasileira de Cartografia.** v.70, N.3, p.803-818. Set, 2018.

CHASE, T.N.; PIELKE, R.A.; KITTEL, T.G.F.; NEMANI, R.R.; RUNNING, S.W. Simulated Impacts of historical land cover changes on global climate in northern winter. **Clim. Dyn**. v.16, p.93-106, 2000.

COHEN, J.C.P.; FITZJARRALD, D.R.; D'OLIVEIRA, F.A.F.; SARAIVA, I.; BARBOSA, I.R.S.; GANDU, A.W. Radar-observed spatial and temporal rainfall variability near the Tapajós-Amazon confluence. **RBMET**. v. 29, N. esp. p.23-30, 2014.

COHEN, J.C.P.; SILVA DIAS, M.A.F.; NOBRE, C.A. Environmental conditions associated with amazonian squall lines: a case study. **Mon. Wea. Rev.** v.123, p.3163-3174, 1995.

COSTA, A. C. L. Variações sazonais a ilha de calor urbana na cidade de Belém-PA. In: IX Congresso Latina Americano e Ibérico de Meteorologia. **Anais do IX Congresso Latina Americano e Ibérico de Meteorologia**. 2001.

COSTA, D. P.; SCHMITT, J. A. Geografia Urbana de Manaus: Desafios para mobilidade e circulação. In: **ANAIS DO PLURIS 2010.** THE CHALLENGES OF PLANNING IN A WEB WIDW WORLD. Faro, 2010.

FIALHO, E. S.; IMBROISI, E. G. A influência dos fragmentos verdes intra-urbanos no campo térmico no alto Rio Joana – RJ. In: **ANAIS DO X ENCONTRO DE GEÓGRAFOS DA AMÉRICA LATINA.** São Paulo/SP, 2005.

FISCH, G.; MARENGO, J.A.; NOBRE, C.A. Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia. **Acta amazônica**, v.28, p.101-126, 1998.

FISCH, G.; VENDRAME, I. F.; HANAOKA, P.C.M. Variabilidade espacial da chuva durante o experimento LBA/TRMM 1999 na Amazônia. **Acta Amazônica,** v.37 p.583-590, 2007.

FITZJARRALD, DR.; SAKAI RK, MORAES OLL.; DE OLIVEIRA RC.; ACEVEDO OC, MATTHEW. J. Spatial and temporal rainfall variability near the Amazon-Tapajós confluence. **JGR: Biogeosciences**. v.113 (G1) p.1-17, 2008.

FONSECA, J.S.; MARTINS, G.A. **Curso de estatística.** São Paulo. Editora Atlas S.A. 6° Ed, 2011.

GARSTANG, M.; MASSIE, H.L.; HALVERSON, J.; GRECO, S. Amazon coastal squall lines. Part I: Structure and Kinematics. **Mon. Wea. Rev**.v.122, p.608-622, 1994.

GOMES, W.B.; CORREIA, F.W.S.; CAPISTRANO, V.B.; VEIGA, J.A.P.; VERGASTA, L.A.; CHOU, S.C.; LYRA, A.A.; NOBRE, P.; ROCHA, V.M. Water budget changes in the Amazon basin under RCP 8.5 and deforestation scenarios. **Climate Research.** v.80, p.105-120, 2020a.

GOMES, W.B.; CORREIA, F.W.S.; CAPISTRANO, V.B.; VEIGA, J.A.P.; VERGASTA, L.A.; CHOU, S.C.; LYRA, A.A.; ROCHA, V.M. Avaliação dos impactos das mudanças na cobertura da terra e cenário de emissões (RCP 8.5) no balanço de água na bacia do rio Madeira. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v.35, n.4, p.689-702, 2020b.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <http://downloads.ibge.gov.br/downloads_estatisticas.htm>. Acesso em: 13 jul. 2021.

IMHOFF, M.L.; ZHANG, P.; WOLFE, R.; BOUNOUA, L. Remote sensing of the urban heat island effect across biomes in the continental USA. **Remote Sensing of Environment**, v.114, p.504-513, 2010.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia.** Disponível em: https://bdmep.inmet.gov.br/. Acesso em: 20 jul. 2021.

IPCC AR6 (Intergovernmental Panel on Climate Change). Summary for Policymakers. In: MASSON-DELMOTTE, V., P. ZHAI, A. PIRANI, S. L. CONNORS, C. PÉAN, S. BERGER, N. CAUD, Y. CHEN, L. GOLDFARB, M. I. GOMIS, M. HUANG, K. LEITZELL, E. LONNOY, J.B.R. MATTHEWS, T. K. MAYCOCK, T. WATERFIELD, O. YELEKÇI, R. YU AND B. ZHOU (Eds). **Climate Change 2021:** The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 2021, 41 pp.

LEAL, L. **A influência da vegetação no clima urbano da cidade de Curitiba-PR**. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

LOMBARDO, M.A. **A ilha de calor nas metrópoles - O exemplo de São Paulo**. São Paulo: Huciteck. 224 p, 1985.

LU, L.; DENNING A. S.; SILVA DIAS M. A. F.; SILVA DIAS P.; LONGO M.; FREITAS S. R.; SAATCHI, S. Mesoscale circulations and atmospheric CO2 variations in the Tapajós region, Pará, Brazil. **JGR**. V.110 (D21102). p.1-17, 2005.

MARENGO, J.A.; NOBRE, C.A. Clima da região amazônica. In: CAVALCANTI, I.F.A.; FERREIRA, N.J.; JUSTI DA SILVA, M.G.A.; SILVA DIAS, M.A.F. **Tempo e Clima no Brasil.** São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2009. p.197-207.

MESQUITA, R.L.C.; RAMOS DA SILVA, R. Insights of meso and micro-scale processes for the Caxiuanã forest region from high resolution simulation. **RBMET.** 2012, v.27, n.2, p.253-261, 2012.

MOLION LCB. Climatologia dinâmica da região amazônica: Mecanismos de precipitação. **RBMET**. v.2, p.107-117, 1987.

MOLION, L. C. B.; DALLAROSA, R. L. G. Pluviometria da Amazônia: são os dados confiáveis? **Climanálise – Boletim de Monitoramento de Análise Climática**, v.3, n.5, p.40-42, 1990.

NOBRE, C.A.; SELLERS, P.J.; SHUKLA, J. Amazonian deforestation and regional climate change. **J. Clim**., v.4, p.957-988, 1991.

NOBRE, P.; CHOU, S.C.; MAIA, A.; FREITAS, E.; SAMPAIO, G.; IRACEMA, F.A.C.; CEBALLOS, J.; GAN, M.A.; COSTA, M.H.; BOTTINO, M.J.; CAMARGO, R.; FIGUEROA, S.N.; SOARES, W. **Avaliação de modelos globais e regionais climáticos.** v.1, p. 280-304, 2014.

PONTES, A. D. L. **Análise dos casos de precipitações intensas na transição entre a estação seca e chuvosa de 2002 em Rondônia.** Dissertação (Mestrado em Ciências

Atmosféricas), Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. 134p.

PONTES, A.K.S. SILVA, P.V.C. SANTOS, J.T.S. SOUSA, A.M.L. Temperatura em superfície urbana usando sensor TIRS-Landsat 5 e 8: estudo de caso em Belém-PA. **Revista Brasileira de Iniciação cientifica**, Itapetininga, v.4, n.9, 2017.

ROCHA, V.M. Avaliação dos impactos das mudanças climáticas na reciclagem de precipitação da Amazônia: Um estudo de modelagem numérica. **XII – Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica.** Goiânia/GO, 2016.

ROCHA, V.M.; CORREIA, F.W.S.; FONSECA, P.A.A. Reciclagem de precipitação na Amazônia: Um estudo de revisão. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.30, p.59-70, 2015.

ROCHA, V.M.; CORREIA, F.W.S.; GOMES, W.B. Avaliação dos impactos da mudança do clima na precipitação da Amazônia. Utilizando o modelo RCP 8.5 Eta-HadGEM2-ES. **Revista Brasileira de Geografia Física.** v.12, n.06, p.2051-2065, 2019.

ROCHA, V.M.; CORREIA, F.W.S.; SILVA, P.R.T.; GOMES, W.B.; VERGASTA, L.A.; MOURA, R.G.; TRINDADE, M.S.P.; PEDROSA, A.L.; SILVA, J.J.S. Reciclagem de precipitação na Bacia Amazônica: O papel do transporte de umidade e da evaporação da superfície. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.32, n.3, p.387-398, 2017.

ROCHA, V.M.; SILVA, P.R.T.; GOMES, W.B.; VERGASTA, L.A.; JARDINE, A. Reciclagem de precipitação na Amazônia: Um estudo utilizando as reanálises do Era-Interim (ECMWF). **Revista do Departamento de Geografia.** Universidade de São Paulo. v.35, p.71-82, 2018.

SILVA DIAS, M.A.F.; SILVA DIAS, P.L.; LONGO, M.; FITZJARRALD, D.R.; DENNING, A.S. River breeze circulation in eastern Amazonia: observations and modeling results. **Theoretical. Appl. Climatology.** v.78 n.1, p.111-121, 2004.

SOUSA JUNIOR, F.; PINHEIRO, H.; SANTOS JUNIOR, M. Cidade de Manaus: **Análise da diferença de temperatura entre áreas com vegetação e desmatamento (2013-2017).** V SEMINÁRIO INTERNACIONAL EM CIÊNCIAS DO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE DA AMAZÔNIA. Campus Universitário da UFAM, Manaus 14 a 17 de agosto de 2018.

SOUZA, D.O. **Influência da ilha de calor urbana nas cidades de Manaus e Belém sobre o clima local.** Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 2012. 219 páginas. Tese de doutorado.

UNFPA. **The state of world population 2007: Unleashing the potential of urban growth.** United Nations Population Fund, United Nations Publications, 2007.

VIANELLO, R.L.; ALVES, A.R. **Meteorologia básica e aplicações.** UFV, 2006. p.427-429.

ZHAO, M.; PITMAN, A.J.; CHASE, T. "The impact of land cover change on the atmospheric circulation". **Clim. Dyn**., V.17, p.467-477, 2001.

Recebido em setembro de 2021.

Revisão realizada em outubro de 2021.

Aceito para publicação em novembro de 2021.

DADOS DISCREPANTES OU *OUTLIER*S: AVALIAÇÃO DA QUADRA CHUVOSA DO SEMIÁRIDO DO RN, BRASIL

DISCREPANT DATA OR *OUTLIER*S: RAINY SEASON EVALUATION IN THE SEMIARID REGION OF RN, BRAZIL

DATOS DISCREPANTES O ATÍPICOS: EVALUACIÓN DE LA ESTACIÓN DE LAS LLUVIAS EN LA REGIÓN SEMIÁRIDA DE RN, BRASIL

Bruno Claytton Oliveira da Silva
Doutor em Geografia. Secretaria de Estado da Educação, da Cultura, do Esporte e do Lazer do Rio Grande do Norte (SEEC-RN).
brunoclaytton@yahoo.com.br

Ranyére Silva Nóbrega
Doutor em Meteorologia. Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)
ranyere.nobrega@ufpe.br

RESUMO

O trabalho teve como objetivo avaliar a presença de dados discrepantes no comportamento da precipitação pluvial acumulada na quadra chuvosa (fevereiro, março, abril e maio, FMAM) do Semiárido do estado do Rio Grande do Norte (RN). Para tanto, foram empregados dados (referente ao período de 1998-2017) obtidos junto ao Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa, do Instituto Nacional de Meteorologia (BDMEP-INMET), relativos às Estações Climatológicas de: Apodi-RN, Caicó-RN, Cruzeta-RN, Florânia e Macau-RN. Além disso, foram realizadas análises tanto qualitativas – a partir dos gráficos de Caixa ou *Boxplot* e de Pontos ou *Dotplots* – quanto quantitativas – por meio dos testes do Escore Z, Escore Z Modificado, Grubbs e Dixon. A partir de tal arcabouço, não foram identificados dados discrepantes em nenhuma das séries temporais e estações analisadas. Tal resultado enseja que, apesar de suas diferenças tanto metodológicas quanto em relação aos pressupostos que as sustentam, tais técnicas podem sinalizar para resultados muito próximos (ou mesmo iguais) entre si. Ainda em relação aos resultados, assegura-se que os totais anuais pluviais acumulados na estação chuvosa não apresentaram extremos significativos, sejam eles positivos ou negativos (acima/abaixo do habitual ou do excepcional). Finalmente, entende-se que estes resultados devem ser avaliados com cautela, haja vista que tal "estabilidade" temporo-espacial não necessariamente representa um aspecto favorável, por exemplo, para a gestão das águas – sobretudo, quanto ao abastecimento público – do Semiárido do RN, haja vista que, para este caso, acumulados discrepantes positivos são desejáveis.

Palavras–chave: Dados Discrepantes; Precipitação Pluvial; Quadra Chuvosa; Semiárido; Rio Grande do Norte.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the presence of discrepant data in the behavior of the accumulated rainfall in the rainy season (February, March, April, and May, FMAM) of the Semi-arid region of the state of Rio Grande do Norte (RN). For this, data were employed (referring to the period 1998-2017) obtained from the Meteorological Database for Teaching and Research, of the National Institute of Meteorology (BDMEP-INMET), relating to the Climatological Stations of: Apodi-RN, Caicó-RN, Cruzeta-RN, Florânia and Macau-RN. In addition, both qualitative - from the Boxplot and Dotplots - and quantitative - through the Z-score, Modified Z-score, Grubbs, and Dixon tests - analyses were carried out. Based on this framework, no discrepant data were identified in any of the time series and stations analyzed. This result implies that, despite their methodological differences as well as in relation to the assumptions that support them, these techniques can signal very close (or even equal) results between them. Still in relation to the results, it is assured that the accumulated annual rainfall totals in the rainy season did not present significant extremes, whether positive or negative (above/below the usual or exceptional). Finally, it is understood that these results should be evaluated with caution, given that such temporal-spatial "stability" does not necessarily represent a favorable aspect, for example, for the management of water - especially for public supply - in the Semi-arid region of RN, given that, for this case, positive discrepant accumulations are desirable.

Keywords: Discrepant Data; Precipitation; Rainy Season; Semi-arid; Rio Grande do Norte.

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar la presencia de datos discrepantes en el comportamiento de la precipitación acumulada en la temporada de lluvias (febrero, marzo, abril y mayo, FMAM) de la región semiárida del estado de Rio Grande do Norte (RN). Para ello, se han utilizado datos (referidos al periodo 1998-2017) obtenidos de la Base de Datos Meteorológicos para la Docencia y la Investigación, del Instituto Nacional de Meteorología (BDMEP-INMET), relativos a las Estaciones Climatológicas de: Apodi-RN, Caicó-RN, Cruzeta-RN, Florânia y Macau-RN. Además, se realizaron análisis tanto cualitativos -a partir de los Boxplot y Dotplots- como cuantitativos -a través de las pruebas Z-score, Z-score modificado, Grubbs y Dixon-. A partir de este marco, no se identificaron datos discrepantes en ninguna de las series temporales y estaciones analizadas. Este resultado implica que, a pesar de sus diferencias tanto metodológicas como en relación con los supuestos que las sustentan, dichas técnicas pueden señalar resultados muy cercanos (o incluso iguales) entre sí. También en relación con los resultados, se asegura que los totales de precipitación anual acumulada en la temporada de lluvias no mostraron extremos significativos, ya sean positivos o negativos (por encima/por debajo de lo habitual o excepcional). Por último, se entiende que estos

resultados deben ser evaluados con cautela, dado que dicha "estabilidad" temporal-espacial no representa necesariamente un aspecto favorable, por ejemplo, para la gestión del agua -especialmente en lo que respecta al abastecimiento público- en la región semiárida de RN, dado que, para este caso, son deseables las acumulaciones discrepantes positivas.

Palabras clave: Datos discrepantes; Precipitación; Temporada de lluvias; Semiárido; Rio Grande do Norte.

INTRODUÇÃO

A análise de dados discrepantes, objetivamente, visa avaliar a presença/ausência de dados aberrantes, atípicos ou *outliers* (termo usado em inglês) em uma ou mais séries estatísticas. Logo, tal análise figura como importante, entre outros aspectos, no processo de tratamento estatístico daqueles (SILVA, 2019).

Sobre a origem e possíveis explicações para a presença de dados discrepantes (*outliers*) em um conjunto de dados, Andriotti (2005, p. 24) menciona que:

> *Outliers* são tão diferentes dos demais valores disponíveis para estudo que se pode suspeitar que sejam oriundos de alguma falha ou mesmo anormalidade na aplicação do teste aplicado, ou ainda estar-se na presença de uma observação que não pertence ao grupo de estudo [...] Dentre as várias possíveis fontes deste tipo de dado se pode citar a presença de erros analíticos, contaminação, erros de digitação e/ou transição de resultados, e erros de interpretação, como classificar erroneamente determinado grupo, incluindo seus valores em outro (ANDRIOTTI, 2005, p. 24).

Como citado, são várias as possíveis explicações para a presença de *outliers* em uma série. Todavia, deve-se destacar que o processo de eliminação ou manutenção desse(s) nas distribuições, deve ser acompanhado de critérios técnicos – específicos a dada área –, e/ou através da aplicação de técnicas desenvolvidas para tal (SILVA, 2021).

Do contrário, como tais dados influenciam, inclusive, nos valores médios, nas medidas de dispersão e nas correlações com outras variáveis, sua manutenção ou remoção poderá produzir conclusões que não dizem respeito ao conjunto dos dados (ANDRIOTTI, 2005).

Assim como ocorre em outras apreciações, a análise de dados discrepantes pode ser realizada a partir de recursos gráficos (análises qualitativas), como também por meio do emprego de formulações estatísticas (técnicas quantitativas).

Fundamentalmente, na perspectiva de análise qualitativa dos dados, a principal representação gráfica utilizada para tal é a proposta por Tukey (1977), que utiliza gráficos de Caixa ou, em inglês, *Boxplot*. Secundariamente, utilizam-se, também, os gráficos de Pontos ou, em inglês, *Dotplot* (SILVA, 2021).

Por outro lado, em avaliações que primam pelo rigor quantitativo, existe uma série de técnicas para tal, dentre elas: o teste do Desvio Padrão (DP) ou *Standard Deviation* (*SD*), Escore Z (*Z-Score*), e, Escore Z Modificado (*Modified Z-Score*); além dos testes de Grubbs e Dixon (ANDRIOTTI, 2005; SEO, 2006).

Notadamente, a avaliação do comportamento das precipitações pluviométricas no Semiárido brasileiro, para fins de caracterização (quantitativa), tem sido historicamente objeto de vários estudos, em particular, ligados ao período chuvoso da citada região geográfica, entre eles: Silva (2021), Carvalho (2020), Tavares, Arruda e Silva (2019), Ramalho e Guerra (2018) e Souza, Nogueira e Nogueira (2017).

Tal fato possui várias justificativas, dentre elas (MARENGO, 2008):

- além da elevada e comum variabilidade espaço-temporal das precipitações pluviais na região, há ocorrência frequente de ‘veranicos’ durante a estação chuvosa;
- o mencionado período do ano se configura como aquele em que ocorre o maior cômputo e, portanto, acúmulo de precipitação pluvial na região;
- a estação possui grande relevância para recarga dos recursos hídricos (principalmente os superficiais) e, consequentemente, para o abastecimento e dinamismo das atividades econômicas da área;
- o impacto das Secas Meteorológicas, Hidrológicas e Agrícolas sobre as Secas Sociais, acima de tudo, sobre parcela significativa da população residente na área que dependente, quase que exclusivamente, de atividades ligadas à agricultura de sequeiro e pecuária rudimentar para sua subsistência;
- recentemente, devido as ameaças das mudanças climáticas globais e seus diversos impactos previstos; e

- em função das lacunas, ainda existentes, a despeito das técnicas de análise empregadas em tais trabalhos.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar a presença de dados discrepantes quanto ao comportamento da precipitação pluvial acumulada na quadra chuvosa (fevereiro, março, abril e maio, FMAM) do Semiárido do estado do Rio Grande do Norte (RN).

Área de Estudo

O estado do RN, unidade administrativa da federação em estudo, possui altitude máxima de 831m e 52.810,70km²; o que corresponde a 0,62% do território nacional. Seus pontos extremos/divisas, e respectivas coordenadas geográficas, são: ao norte, 04°49'53"S e 37°15'11"W; ao sul, 06°58'57"S e 36°43'01"W; a leste, 06°29'18"S e 35°58'03"W; e a oeste, 06°23'23"S e 38°36'12"W (IDEMA, 2015).

O RN se destaca como sendo o estado que possui o segundo maior percentual de municípios (147 de 167, 88%) entre aqueles que compõe a região Semiárida brasileira (SILVA, 2021).

Mais especificamente, o recorte espacial deste trabalho é representado pelos municípios de: Apodi-RN, Caicó-RN, Cruzeta-RN, Florânia-RN e Macau-RN.

A escolha dos municípios supraditos está relacionada à presença, em seus territórios, de postos pluviométricos ou Estações Climatológicas pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Por conseguinte, dada a relevância da entidade, tais séries temporais apresentam elevado grau de confiabilidade no que tange aos procedimentos de observação, crítica, tabulação, apuração e registro dos dados.

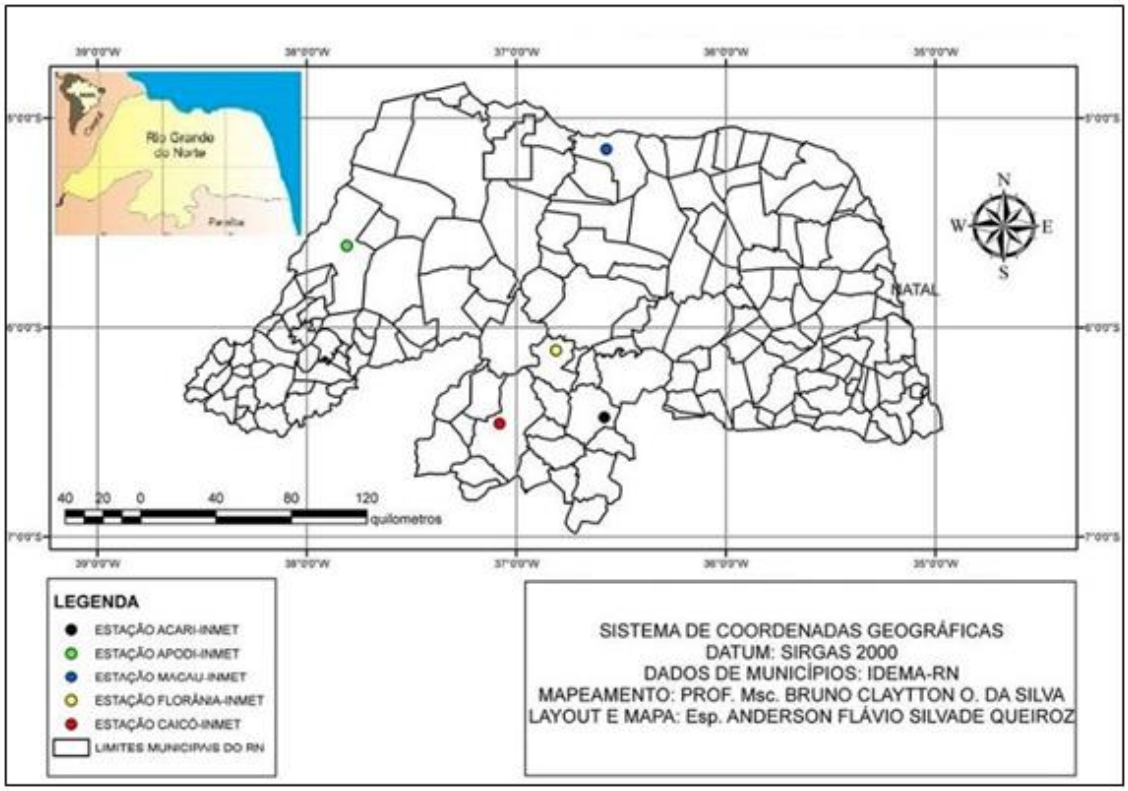
Não obstante, destaca-se que foram tabuladas e processadas cinco séries históricas, com recorte temporal de 1998 a 2017, representadas pelas Estações Climatológicas de: Apodi, Caicó, Cruzeta, Florânia e Macau.

As cinco estações analisadas possuem as seguintes denominações, municípios, numerações-padrão da Organização Mundial de Meteorologia (OMM), coordenadas geográficas, altitudes e situação quanto à operação, respectivamente (BDMEP, 2015):

- Estação Apodi (em Apodi, OMM 82590, operante), Lat. -5,61° e Log. -37,81° e 150,00m;
- Estação Seridó (em Caicó, OMM 82690, operante), Lat. -6,46° e Log. -37,08° e 169,85m;
- Estação Cruzeta (em Acari, OMM 82693, operante), Lat. -6,43° e Log. -36,58° e 226,46m;
- Estação Florânia (em Florânia, OMM 82691, operante), Lat. -6,11° e Log. -36,81° e 324,45m;
- Estação Macau (em Macau, OMM 82594, operante), Lat. -5,15° e Log. -36,57° e 32,00m.

Na figura 1, tem-se a localização das estações utilizadas no trabalho:

Figura 1 – Mapa de Localização das Estações Climatológicas do Semiárido Potiguar



Fonte: Silva (2021).

METODOLOGIA

Proposta de Tukey (1977): Gráficos de Caixa ou *Boxplot*

A proposta de Tukey (1977), mais conhecida como gráficos de Caixa ou *Boxplot*, é empregada para avaliação qualitativa, entre outros, da presença/ausência de dados discrepantes em séries diversas.

Discorrendo sobre o processo de construção, estrutura e informações inerentes a tal representação gráfica, Magalhães e Lima (2013, p. 20) afirmaram que:

> Para construção do *box-plot*, definimos um retângulo ("caixa") em que a aresta inferior coincide com o primeiro quartil e a superior, com o terceiro quartil. A mediana é representada por um traço no interior do retângulo. Segmentos de reta, denominados de bigodes por alguns autores, são incluídos no *box-plot*, partindo dos primeiro e terceiro quartis [...] são limitados pelos valores mínimo e máximo [...].

A partir da última citação, concluir-se-á que a conjunção da "Caixa" mais os seus "bigodes", apresentarão o "conjunto dos dados", com exceção feita àqueles que serão denominados de Potencialmente Atípicos, Aberrantes, Discrepantes ou *Outliers*. Esses, no *Boxplot*, serão representados, geralmente, por um asterisco (*), sendo posicionados para além dos "bigodes.

A construção do *Boxplot*, segundo a técnica de Tukey (1977), está relacionada a observação da diferença entre os valores do terceiro e do primeiro Quartis dos dados; denominada de Intervalo Interquartil ou Interquartílico ou Amplitude Interquartil ou Interquartílica. O mesmo é calculado por (PORTAL ACTION, 2017a):

$$IQ = Q_3 - Q_1 \qquad (1)$$

Onde: IQ = Intervalo Interquartil ou Interquartílico; Q_3 = Terceiro Quartil; Q_1 = Primeiro Quartil.

O IQ representa a concentração de 50% das observações centrais do *Boxplot*, expressando, assim, a dispersão dos dados observados no intervalo. Todavia, o IQ,

simplesmente, não é útil para se observar a presença de *outliers*, mas figura como um componente fundamental para sua identificação.

Tal fato justifica-se pela presença do IQ na formação empregada para definição dos pontos de corte, ou seja, para delimitação do intervalo no qual os dados estariam dentro de um padrão esperado. Logo, tais limites são definidos por (MAGALHÃES E LIMA, 2013, p. 20; PORTAL ACTION, 2017a):

$$\mathrm{LI} = [\mathrm{Q}_1 - 1{,}5 * \mathrm{IQ}] \qquad (2)$$

Onde: LI = Limite Inferior; Q_1 = Primeiro Quartil; IQ = Intervalo Interquartil.

$$\mathrm{LI} = [\mathrm{Q}_1 + 1{,}5 * \mathrm{IQ}] \qquad (3)$$

Onde: LS = Limite Superior; Q_3 = Terceiro Quartil; IQ = Intervalo Interquartil.

Após o cálculo dos limites acima apresentados, deve-se observar se existem dados acima do LS ou abaixo do LI. Caso exista(m), esse(s) será(ão) considerado(s) discrepante(s), atípico(s) ou *outlier(s)* (MAGALHÃES E LIMA, 2013).

Gráficos de Pontos ou *Dotplots*

Os gráficos de Pontos ou *Dotplots*, destacam-se como uma outra representação gráfica que permite a avaliação, entre outras funções, da distribuição de uma série de dados com vistas a análise de *outliers*.

Os *Dotplots* representam cada observação obtida em uma escala horizontal, permitindo visualizar a série dos dados ao longo deste eixo. Acrescenta-se que, no eixo horizontal, divide-se a escala dos valores em intervalos, sendo marcado um ponto por observação (PORTAL ACTION, 2017b).

Numa outra perspectiva, pode-se entender que os *Dotplots* são diagramas pontuais que permitem a visualização horizontal de como as observações da variável se distribuem na reta (SILVESTRE, SANT'ANNA NETO E FLORES, 2013).

Os Testes do Desvio Padrão, do Escore Z e do Escore Z Modificado

Um dos testes utilizados para análise de *outliers* é o teste do Escore Z Modificado. Seu emprego se justifica, pois, o mesmo utiliza estimadores robustos para tal propósito, como a Mediana.

Como ressalta Andriotti (2005, p. 25):

> Este teste tem sido usado de forma mais extensa que o teste que considera como *outlier* simplesmente os valores que superam a soma da média aritmética com três desvios padrão, ou a média menos três desvios padrão, pois que tanto a média como o desvio padrão são, já, afetados pela presença de *outlier*.

A partir da citação, pode-se perceber que o emprego de tal técnica garantirá que os limites definidos para se identificar os *outliers* não sejam influenciados por eles mesmos; como pode ocorrer quando se emprega tanto o teste do Desvio Padrão (DP), como também o teste do Escore Z.

O teste do DP é definido a partir da classificação descrita abaixo (SEO, 2006, p. 9):

$$2\ SD: \bar{x} \pm 2\ SD \qquad (4)$$

$$2\ SD: \bar{x} \pm 2\ SD \qquad (5)$$

Onde: $\overline{x}$ = Média Aritmética amostral; *SD* = Desvio Padrão.

Já o teste Escore Z considera a Média Aritmética e o Desvio Padrão, sendo definido por (FETTERMANN, 2015, p. 118; SEO, 2006, p. 10):

$$z_i = \frac{x_i - \bar{x}}{s}, \text{ Quando } X_i \sim N(\mu, \sigma^2) \qquad (6)$$

Onde: z_i = valor padronizado (*standardized value*); $x_i - \bar{x}$ = desvios em relação à Média Aritmética; s = Desvio Padrão (ou SD, em inglês).

O pressuposto para utilização do teste do Escore Z é o seguinte: se "x_i" for uma variável aleatória com distribuição Normal, N (μ, σ^2), "z_i" segue uma distribuição Normal Padrão, N (0,1). Logo, os Escores Z que superarem ±3 SD da Média Aritmética poderão ser considerados *outliers*.

Diante das limitações apresentadas para o teste do *Escore* Z, surgirá a necessidade de aplicação do teste do *Escore* Z Modificado como um instrumento que objetiva superar tais limitações.

Na literatura são vários os autores que apontam o teste do Escore Z Modificado como aquele que produz melhor desempenho para detecção de *outliers* em séries diversas. Logo, seus resultados possuem ampla aceitação na comunidade científica, tendo sido mencionado nos trabalhos de: Shiffler (1988), Crosby (1994), Ben-Gal (2005), Seo (2006) e Fettermann (2015).

Fettermann *et al*. (2015, p. 118) definem o Escore Z Modificado em duas etapas:

1ª etapa: $$MAD = \text{median}\{|x_i - \bar{x}_1|\} \quad (7)$$

Onde: MAD = Média Aritmética dos desvios (absolutos); *Median* = Mediana; $|x_i - \bar{x}_1|$ = módulo dos desvios.

2ª etapa: $$M_i = \frac{0{,}6745}{MAD}(xi - \bar{x}_1) \quad (8)$$

Onde: M_i = Escore Z Modificado; 0,6745 = constante; MAD = Média Aritmética dos desvios; $|x_i - \bar{x}_1|$ = módulo dos desvios.

Teste de Grubbs (1969)

O teste de Grubbs (1969), também conhecido como Teste Residual Normalizado Máximo, ou, em inglês, *Maximum Normed Residual Test*, é mais um teste aplicado à detecção de *outlier(s)* (NIST/SEMATECH, 2012).

Para o correto emprego da técnica de Grubbs (1969), deverão ser procedidas as seguintes etapas (ANDRIOTTI, 2005, p. 26):

1. Converter os dados reais em Logaritmos Naturais ou Neperianos (LN);
2. Calcular a Média Aritmética e o Desvio Padrão dos dados em LN;
3. Dispor os dados convertidos em Rol (ordem crescente);
4. Para suspeita de *outlier*, relacionado ao menor valor (em LN), calcula-se como (GRUBBS, 1969, p. 5):

$$T_G = \frac{\left[\bar{x} - x_1\right]}{s} \tag{9}$$

Onde: τ_G = valor crítico (Observado/Calculado); $\bar{x}$ = Média Aritmética dos dados convertidos em LN; x_1 = primeiro dado da série em rol (crescente); s = Desvio Padrão amostral.

5. Para suspeita de *Outlier* relacionado ao maior valor (em LN), calcula-se (GRUBBS, 1969, p. 4):

$$T_G = \frac{\left[x_n - \bar{x}\right]}{s} \tag{10}$$

Onde: x_n = último dado da série em rol (crescente).

6. definir um certo nível de significância (α), observar o "n" em questão e verificar o valor crítico tabelado ("τG" tabelado); e

7. comparar o valor crítico calculado com o tabelado. Se o valor crítico calculado/observado for maior que o tabelado, rejeita-se a hipótese nula (H0) e assume-se que aquele dado é realmente um *outlier*.

Teste de Dixon (1950)

O teste de Dixon (1950) é mais um teste tradicional empregado para detecção de *outlier(s)*. Tal teste destaca-se, em relação àqueles até então apresentados, por não demandar o conhecimento do Desvio Padrão Amostral (BORGES, 2006).

Segundo Andriotti (2005, p.28), "o teste de Dixon (1950) é usado mais comumente na detecção de pequenas quantidades de *outliers*, e recomendado quando o número de observações está entre 3 e 25 [...]". Todavia, segundo Hawkins (1980, p. 35), essa estatística "*assume normality* [...]". Além disso, o mesmo autor (1980, p. 41) complementa:

> Fica assim claro que, a menos que a distribuição normal se aproxime muito bem da distribuição real nos rabos extremos, as conclusões tiradas do uso da aproximação normal podem estar erradas em grande parte de forma quase arbitrária. Assim, as aproximações normais devem ser usadas com extrema cautela [...]. (HAWKINS, 1980, p. 35, tradução nossa).

A mesma recomendação – quanto a normalidade dos dados – é feita por Andriotti (2003, p.29), que afirma que os resultados do teste são válidos "[...] para conjuntos de dados que se ajustem à distribuição normal".

A partir das últimas citações pode-se perceber que o emprego do teste de Dixon (1950) está condicionado à normalidade dos dados ou, ao menos, um comportamento desses que seja aproximado a essa distribuição. Por consequência, como mencionou Hawkins (1980), deve-se ter bastante cautela ao utilizá-la.

Para se operar com o teste de Dixon (1950) devem ser procedidas as seguintes etapas (DIXON, 1950; ANDRIOTTI, 2005; BORGES, 2006):

1. Dispor os dados em Rol (ordem crescente) – $x_1 < x_2 < x_3 < ... < x_n$;
2. Supor que o menor valor (x_1) ou o maior valor (x_n) são suspeitos de serem *outliers*;
3. De acordo com o valor de "n", para suspeita de *outlier* relacionado ao menor valor, calcular:

Quadro 1 – Equações para Obtenção do Valor Crítico Mínimo do Teste de Dixon (1950)

N	Razão	Se x_1 é suspeito	Numeração da Formulação
$3 \leq n \leq 7$	τ_{D10}	$(\mathbf{x_2 - x_1})/(\mathbf{x_n - x_1})$	(11)
$8 \leq n \leq 10$	τ_{D11}	$(\mathbf{x_n - x_1})/(\mathbf{x_{n-1} - x_1})$	(12)
$11 \leq n \leq 13$	τ_{D21}	$(\mathbf{x_3 - x_1})/(\mathbf{x_{n-1} - x_1})$	(13)
$14 \leq n \leq 25$	τ_{D22}	$(x_3 - x_1) / (x_{n-2} - x_1)$	(14)

Fonte: Borges (2006).

4. De acordo com o valor de "n", para suspeita de *outlier* relacionado ao maior valor, calcular:

Quadro 2 – Equações para Obtenção do Valor Crítico Máximo do Teste de Dixon (1950):

n	Razão	Se x_n é suspeito	Numeração da Formulação
$3 \leq n \leq 7$	τ_{D10}	$(\mathbf{x_n - x_{n-1}})/(\mathbf{x_n - x_1})$	(15)
$8 \leq n \leq 10$	τ_{D11}	$(\mathbf{x_n - x_{n-1}})/(\mathbf{x_n - x_2})$	(16)
$11 \leq n \leq 13$	τ_{D21}	$(\mathbf{x_n - x_{n-2}})/(\mathbf{x_n - x_2})$	(17)
$14 \leq n \leq 25$	τ_{D22}	$(\mathbf{x_n - x_{n-2}})/(\mathbf{x_n - x_3})$	(18)

Fonte: Borges (2006).

5. Definir um dado nível de significância (α), observar o "n" em questão e verificar o valor crítico tabelado; e

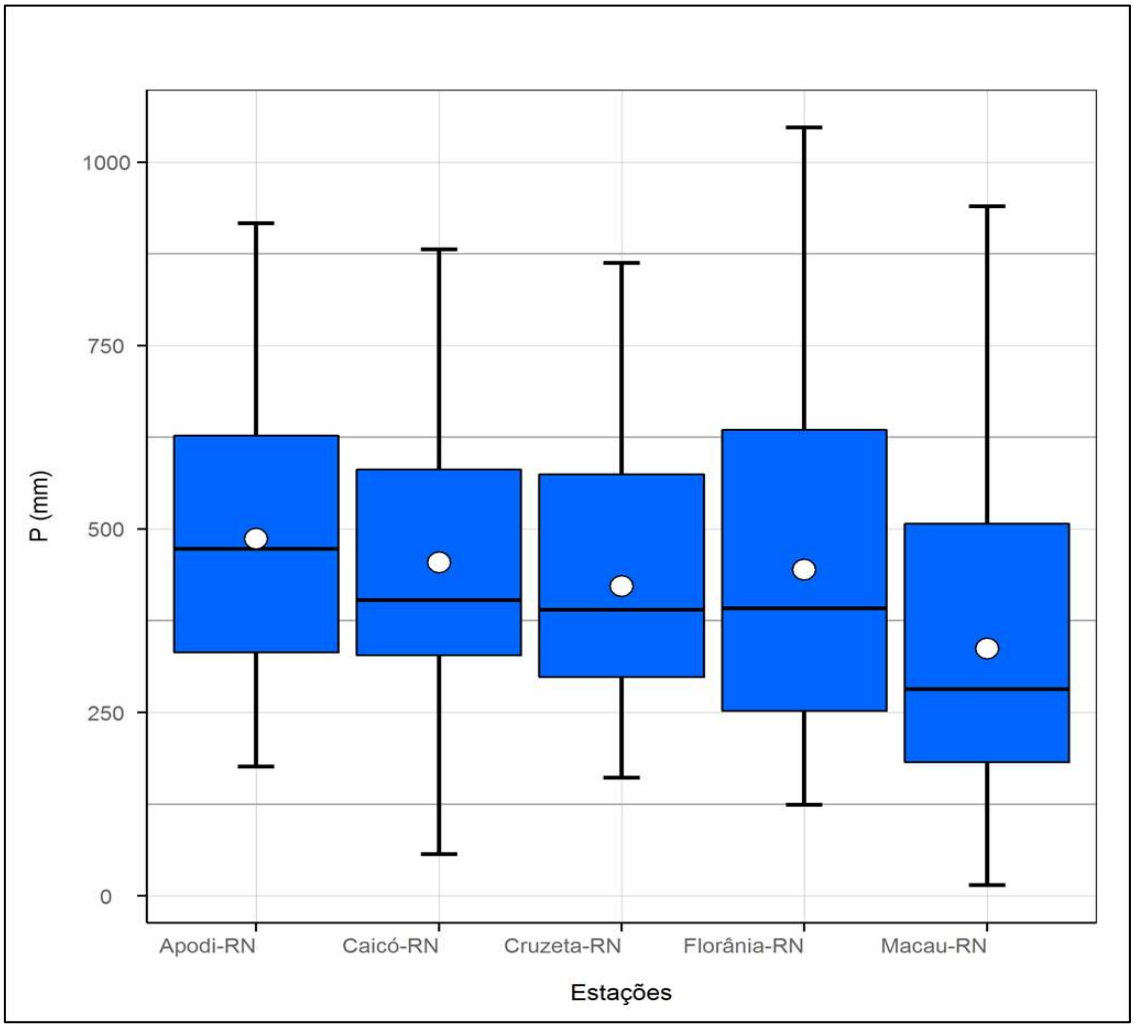
6. Comparar o valor crítico calculado com o tabelado. Se o valor crítico do primeiro for maior que o do segundo, rejeita-se a hipótese nula (H0), e assume-se que aquele dado é realmente um *outlier*.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como já mencionado, foram realizadas no trabalho análises tanto qualitativas (através dos gráficos de Caixa ou *Boxplot* e de Pontos ou *Dotplots*), quanto quantitativas (testes do Escore Z, Escore Z Modificado, Grubbs e Dixon) para avaliar a presença de dados discrepantes no comportamento da precipitação pluvial acumulada na quadra chuvosa (FMAM) do Semiárido do estado do RN.

Abaixo, segue a primeira supradita representação gráfica:

Figura 2 – *Boxplots* da Precipitação Acumulada na Quadra Chuvosa (FMAM) para as Estações Analisadas (1998-2017)



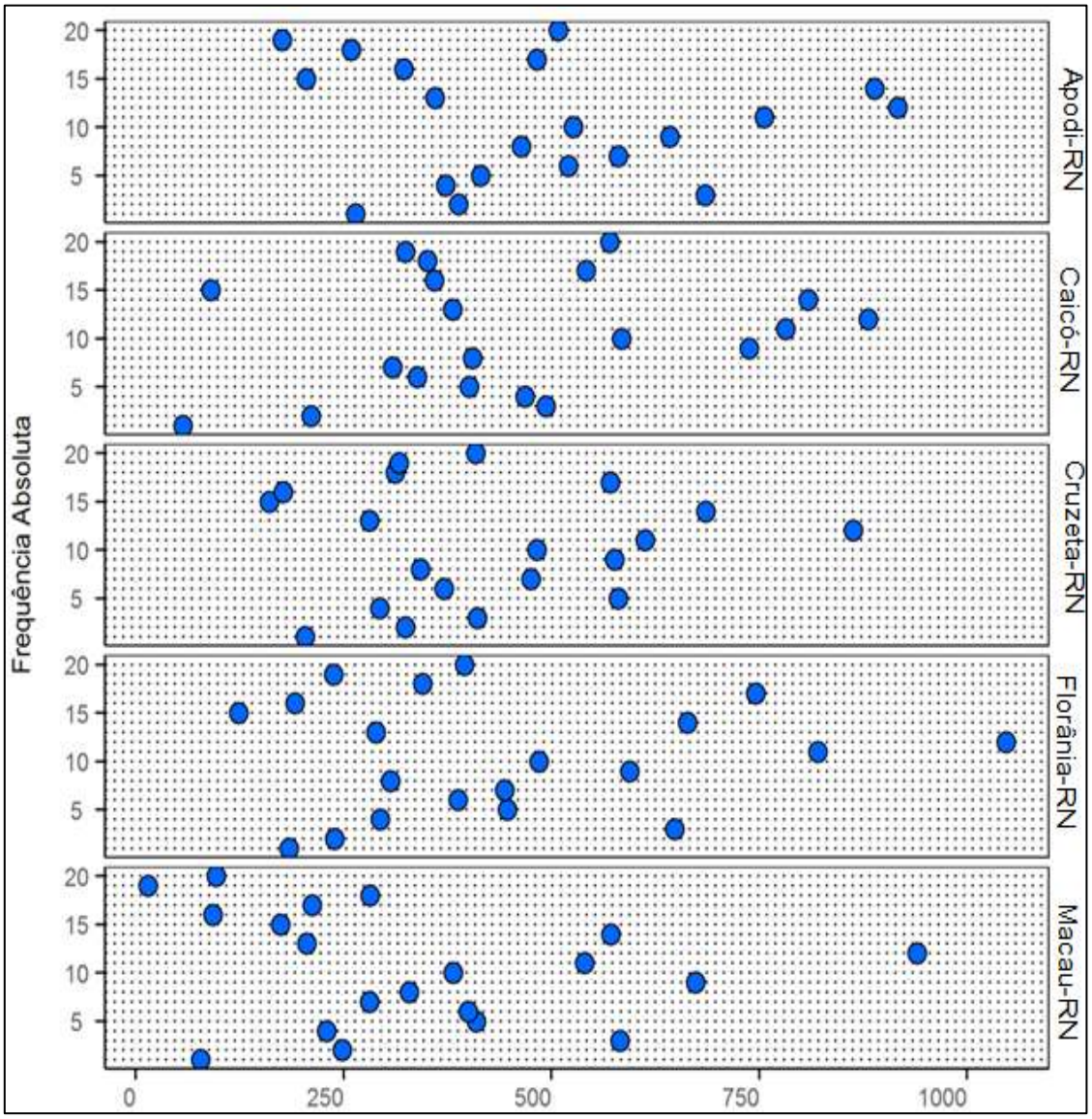
Fonte: Próprio autor, 2021.

Para fins de identificação de *outliers* no gráfico de Caixas acima exposto, deve-se observar a presença de asteriscos (*), antes ou após os seus "bigodes" (MAGALHÃES E LIMA, 2013, p. 25).

A partir do exposto, e da verificação indicada, conclui-se que, segundo o gráfico de Caixas, não há dados discrepantes em nenhuma das séries avaliadas, haja vista que nelas não se observou asteriscos.

O segundo recurso gráfico usado para detecção de dados discrepantes na quadra chuvosa do Semiárido potiguar foi o Diagrama de Pontos ou *Dotplot*; expresso abaixo:

Figura 3 – *Dotplots* da Precipitação Acumulada na Quadra Chuvosa (FMAM, 1998-2017) para as Estações Avaliadas



Fonte: Próprio autor, 2021.

De antemão, para leitura devida do recurso acima, esclarecesse que o gráfico apresenta cada uma das observações da precipitação acumulada anual (mm) – eixo horizontal – referente as estações/séries em análise; permitindo, assim, a visualização de como os dados estão organizados e dispersos.

Especialmente, para fins de análise de *outliers*, deve-se observar no *Dotplot* a dispersão dos pontos no eixo horizontal do gráfico, sobretudo os pontos isolados dos demais (PORTAL ACTION, 2017b).

Em face do exposto, e do comportamento bastante disperso dos pontos em cada estação, não se acredita ser possível (para tais dados) aceitar ou refutar, com convicção, a presença de *outliers* nas séries temporais avaliadas. Ou seja, o resultado apresentado mostra-se inconclusivo.

De modo a excluir qualquer dúvida sobre a presença de dados discrepantes, aplicou-se, também, técnicas quantitativas para tal fim, sendo as duas primeiras técnicas empregadas: os testes do Escore Z e do Escore Z Modificado.

A síntese dos seus resultados encontra-se no quadro abaixo:

Quadro 3 – Síntese dos Resultados dos Testes do Escore Z e do Escore Z Modificado.

ESTAÇÕES	**Z_i (Mín.)**	**Z_i (Máx.)**	**$\|Z_{i*}\|$ (Máx.)**	**STATUS**
Apodi-RN	-1,5	2,0	1,8	Ausentes
Caicó-RN	-1,8	1,9	1,9	Ausentes
Cruzeta-RN	-1,4	2,4	2,2	Ausentes
Florânia-RN	-1,3	2,5	2,4	Ausentes
Macau-RN	-1,4	2,6	2,6	Ausentes

Fonte: Próprio autor, 2021.

Baseando-se na fundamentação teórica, relativa as técnicas supramencionadas anteriormente, pode-se afirmar que em nenhuma das séries temporais avaliadas verificou-se dados atípicos; segundo as diretrizes dos testes do Escore Z e do Escore Z Modificado.

Tal conclusão está balizada nos intervalos tipificados para definição de dado discrepante de cada um dos testes, a saber: 1. Segundo o teste do Escore Z, $z_i < -3{,}0$ ou $z_i > 3{,}0$; 2. A partir do teste do Escore Z Modificado, $|z_{i*}| > 3{,}5$ (Shiffler, 1988; Iglewicz e Hoaglin, 1993; Crosby, 1994; Ben-Gal, 2005; Seo, 2006; Fettermann, 2015).

A terceira técnica utilizada para avaliação da presença de dados discrepantes nas séries estudadas foi o teste de Grubbs (1969). O resumo dos seus resultados é apresentado a seguir:

Quadro 4 – Síntese dos Resultados do Teste de Grubbs (1969)

Estações	**Precipitação Média Acumulada na Quadra Chuvosa (MM)**	**Z_{Grubbs}**	***Status***
Apodi-RN	486,7	1,02	Ausentes
Caicó-RN	454,7	0,45	Ausentes
Cruzeta-RN	422,4	0,12	Ausentes
Florânia-RN	444,5	0,27	Ausentes
Macau-RN	337,1	1,63	Ausentes

Fonte: Próprio autor, 2021.

Como já mencionado, as séries temporais avaliadas possuem o mesmo "n" (20), ou seja, são balanceadas. Portanto, para "α" igual a 0,05 (5,0%) se verificará que seu Z crítico (Z_c) é igual a 2,557. Logo, como a técnica sugere que a hipótese nula do teste (H_0) deverá ser rejeitada somente se $Z > Z_c$, concluir-se-á que não há *outliers* em nenhum dos conjuntos avaliados.

Finalmente, a quarta técnica quantitativa usada para identificação de *outliers* foi o teste de Dixon (1950). Seus resultados seguem abaixo:

Tabela 1 – Síntese dos Resultados do Teste de Dixon

ESTAÇÕES	**P (mm)**		**ESTATÍSTICA DO TESTE DE DIXON**		***STATUS***
Apodi-RN	x_1	176,0	TD	0,14	Ausentes
	x_{20}	916,6		0,24	Ausentes
Caicó-RN	x_1	56,7	TD	0,21	Ausentes
	x_{20}	881,0		0,15	Ausentes
Cruzeta-RN	x_1	160,7	TD	0,09	Ausentes
	x_{20}	862,9		0,38	Ausentes
Florânia-RN	x_1	123,9	TD	0,11	Ausentes
	x_{20}	1047,1		0,35	Ausentes
Macau-RN	x_1	14,5	TD	0,14	Ausentes
	x_{20}	939,8		0,42	Ausentes

Fonte: Próprio autor, 2021.

Inicialmente, vale destacar que os valores de "x_1" e "x_{20}", apresentados na tabela acima, referem-se, respectivamente, aos mínimos e máximos observados em cada uma das séries estudadas. Ademais, ressalta-se que as bases para avaliação do teste de Dixon foram: "n" = 20, "α" = 0,05 (5,0%) e, assim, $T_{Dtabelado} = 0,450$.

Assim, os pressupostos do teste apontam que se deverá rejeitar H_0 apenas nos casos em que for observado $T_D > T_{Dtabelado}$ (DIXON, 1950; ANDRIOTTI, 2005;

BORGES, 2006). Portanto, como em nenhuma estação isso ocorreu, conclui-se que não há *outliers* em suas séries.

CONCLUSÕES

A partir das análises qualitativas realizadas – a partir dos recursos gráficos – e do emprego de técnicas quantitativas, ambas, com vistas à detecção de dados discrepantes da precipitação pluvial acumulada na quadra chuvosa do Semiárido potiguar, não se identificou nenhum dado atípico para o recorte temporal (1998-2017) e estações analisadas.

Tal resultado enseja que, apesar de suas diferenças tanto metodológicas quanto em relação aos pressupostos que as sustentam, tais técnicas podem sinalizar para resultados muito próximos (ou mesmo iguais) entre si.

Ainda por meio dos resultados, assegura-se que os totais anuais acumulados na estação chuvosa (FMAM) não apresentaram extremos significativos, sejam eles positivos ou negativos.

Finalmente, entende-se que estes resultados devem ser avaliados com cautela, haja vista que tal "estabilidade" temporo-espacial não necessariamente representa um aspecto favorável, por exemplo, para a gestão das águas – sobretudo, quanto ao abastecimento público – do Semiárido do RN, haja vista que, para este caso, acumulados discrepantes positivos são desejáveis.

REFERÊNCIAS

ANDRIOTTI, J. L. S. **Técnicas Estatísticas Aplicáveis a Tratamento de Informações Oriundas de Procedimentos Laboratoriais**. Porto Alegre: CPRM, 2005. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/451/Andriotti_Tecnicas_estatisticas.pdf?sequence=1>. Acesso em: 29 abr. 2017.

BEN-GAL, I. *Outlier* Detection. In: ___. Maimon, O; Rockach, L. (Eds.) Data Mining and Knowledge Discovery Handbook: A Complete Guide for Practitioners and Researchers. **Kluwer Academic Publishers**, p.1-16, 2005. ISBN 0-387-24435-2. Disponível em: <http://www.eng.tau.ac.il/~bengal/*outlier*.pdf>. Acesso em: 15 maio 2017.

BORGES, R. M. H. **Introdução à Validação de Métodos**. Brasília: CGCRE/DICLA/IMETRO, 2006. 50p. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/metcientifica/palestras/Renata%20Borges.pdf. Acesso em: 27 maio 017.

CARVALHO, A. T. F. Caracterização climática da quadra chuvosa de município do semiárido brasileiro, entre os anos de 2013 a 2017. **Revista Geografia em Atos**, v. 2, n. 17, p. 4-23, 2020. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/geografiaematos/article/view/7116>. Acesso em: 22 nov. 2021.

CROSBY; T. How to detect and handle *outlier*s. **Technometrics**. v.3, n.3, p.315-316. ago., 1994. Disponível em: <ftp://ftp.math.utah.edu/pub/tex/bib/toc/technometrics1990.html#36(3):August:1994>. Acesso em: 15 maio 2017.

DIXON, W. J. Analysis of Extreme Values. Institute of Mathematical Statistics, **The Annals of Mathematical Statistics**, v.21, n.4, p.488-506, 1950. Disponível em: <http://projecteuclid.org/download/pdf_1/euclid.aoms/1177729747>. Acesso em: 27 maio 2017.

FETTERMANN, D. C; GUERRA, K. C; MANO, A. P; MARODIN, G. A. Uma Sistemática para Detecção de Fraudes em Empresas de Abastecimento de Água. **Interciência**, v.40, n.2, p.114-120, 2015.

GRUBBS, F. E. Procedures for detecting outlying observations in samples. **American Statistical Association and American Society for Quality**, v.11, n.11, p.1-21. Fev. 1969. Disponível em: <http://web.ipac.caltech.edu/staff/fmasci/home/astro_refs/*Outlier*Proc_1969.pdf>. Acesso em: 20 maio 2017.

HAWKINS, D. M. **Identification of *Outlier*s**. London: Chapman & Hall, 1980. 188p. Disponível em: <http://professor.ufabc.edu.br/~ronaldo.prati/DataMining/*Outlier*s.%20pdf>. Acesso em: 27 maio 2017.

IGLEWICZ, B; HOAGLIN, D. How to detect and handle *outlier*s. **ASQC Quality Press**, 1993. Disponível em: <http://www.worldcat.org/title/how-to-detect-and-handle-*outlier*s/oclc/901847172?referer=di&ht=edition>. Acesso em: 20 maio 2017.

IDEMA. INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E MEIO AMBIENTE. **Anuário Estatístico do Rio Grande do Norte**. Natal: IDEMA, 2015. Disponível em: <http://www.idema.rn.gov.br/Conteudo.asp?TRAN=ITEM&TARG=1357&ACT=null&PAGE=0&PARM=null&LBL=Socioecon%C3%B4micos>. Acesso em: 12 nov. 2017.

INMET. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIAIDE. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP)**. Brasília: INMET, 2015. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>. Acesso em: 30 out. 2015.

MAGALHÃES, M. N; LIMA, C. A. P. **Noções de Probabilidade e Estatística**. 7. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2013.

MARENGO, J. A. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semi-árido do Brasil. **Parcerias Estratégicas**, v. 13, n.27, p.149-176, 2008. Disponível em: <http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/view/329>. Acesso em: 14 ago. 2018.

NIST/SEMATECH. NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY. Quantitative Techniques - Detection of *Outlier*s. *In:* _____. e-**Handbook of Statistical Methods**: Exploratory Data Analysis (EDA). April, 2012. Disponível em: <http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/eda/section3/eda35h.htm>. Acesso em: 27 maio 1981.

PORTAL ACTION. **Boxplot**. Disponível em: <http://www.portalaction.com.br/estatistica-basica/31-boxplot>. Acesso em: 26 abr. 2017a.

PORTAL ACTION. **Dotplot**. Disponível em: <http://www.portalaction.com.br/estatistica-basica/32-dotplot>. Acesso em: 02 maio 2017b.

RAMALHO, M. F. J. L.; GUERRA, A. J. T. O risco climático da seca no semiárido brasileiro. **Territorium**, p.61-74, v. 25, n. 1, 2018. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6229238>. Acesso em: 22 nov. 2021.

SEO, S. **A Review and Comparison of Methods for Detecting *Outlier*s in Univariate Data Sets**. 2006. 53p. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública, University of Pittsburgh. 53 p.

SHIFFLER, R. E. Maximum Z Scores and *Outlier*s. **The American Statistician**, v.42, n.1, p.79-80, fev., 1988. Disponível em: <http://wweb.uta.edu/faculty/ricard/Classes/KINE5305/Shiffler%20(1988)%20Maximum%20Z%20scores%20and%20*outlier*s.pdf>. Acesso em: 15 maio 2017.

SILVESTRE, M. R; SANT'ANNA NETO, J. L; FLORES, E. F. Critérios Estatísticos para Definir de Anos Padrão: uma contribuição a Climatologia Geográfica. **Revista Formação**, v.2, n.20, p.23-53, 2013. Disponível em: http://revista.fct.unesp.br/index.php/formacao/article/view/2360/2398. Acesso em: 02 maio 2017.

SILVA, B. C. O. **Precipitação Pluviométrica e Precipitação**: análises do período chuvoso norte-rio-grandense fundamentadas em métodos e técnicas quantitativas. Campina Grande: EPTEC, 2021. 82 p.

SILVA, B. C. O. **As Ablepsias dos Métodos Quantitativos Clássicos**: ênfase na caracterização da quadra chuvosa do Semiárido Potiguar. 2019. 330 p. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Campus de Recife, 2019.

SOUZA, C. L. O.; NOGUEIRA, V. F. B.; NOGUEIRA, V. S. Variabilidade interanual da precipitação em cidades do semiárido brasileiro entre os anos de 1984 e 2015. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 12, n. 4, p. 740-747, 2017. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7161853>. Acesso em: 22 nov. 2021.

TAVARES, V. C.; ARRUDA, I. R. P.; SILVA, D. G. Desertificação, mudanças climáticas e secas no semiárido brasileiro: uma revisão bibliográfica. **Geosul**, v. 34, n. 70, p. 385-405, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/2177-5230.2019v34n70p385/38526>. Acesso em: 22 nov. 2021.

TUKEY, J. W. **Exploratory Data Analysis**. 1. ed. Massachusetts: Addison-Wesely, Series in Behavioral Science, 1977. 688p. Disponível em: <http://www.popline.org/node/499313>. Acesso em: 20 maio 2017.

Recebido em setembro de 2021.

Revisão realizada em outubro de 2021.

Aceito para publicação em novembro de 2021

ENTRELUGAR

VALIDAÇÃO ESTATÍSTICA DE DADOS DO TROPICAL RAINFALL MEASURING MISSION (TRMM) PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JORDÃO – PARANÁ – BRASIL

STATISTICAL VALIDATION OF TROPICAL RAINFALL MEASURING MISSION (TRMM) DATA FOR THE JORDÃO RIVER BASIN – PARANÁ – BRAZIL

VALIDACIÓN ESTADÍSTICA DE DATOS DEL TROPICAL RAINFALL MEASURING MISSION (TRMM) PARA LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RIO JORDÃO – PARANÁ – BRASIL

Bruno Henrique Costa Toledo
Doutor em Geografia. Professor Colaborador do Departamento de Geografia da Unicentro, Campus Cedeteg, Guarapuava - Paraná
brunhct@hotmail.com

Aparecido Ribeiro de Andrade
Doutor em Geografia. Professor Associado do Departamento de Geografia e Membro Permanente do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Unicentro, Campus Cedeteg, Guarapuava- Paraná
apaandrade@gmail.com

RESUMO

Registros de precipitação pluvial em áreas pouco acessíveis, normalmente, não apresentam uma boa distribuição espacial dos postos de coleta, principalmente pela questão fisiográfica (relevo e rede de drenagem, por exemplo). Entretanto, aspectos estruturais, como baixo investimento em redes de monitoramento, também são comuns. A área do presente estudo (Bacia Hidrográfica do Rio Jordão – BHRJ), localizada na região centro-sul do estado do Paraná – Brasil, possui problemas correlatos. Nesse sentido, o objetivo dessa pesquisa foi validar um método de ajuste e correção entre fontes de dados distintas, focando a correção das informações provenientes do *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM), associadas aos de postos pluviométricos em superfície, buscando melhorar a representação espacial. Esse procedimento foi realizado com base na criação de equações lógicas e aplicação de testes estatísticos. Os dados do sensor TRMM foram analisados, ajustados e comparados com dados de pluviômetros localizados no entorno e dentro da BHRJ para o período de 2009 a 2018. Os resultados obtidos por meio de técnicas estatísticas, como a correlação linear (r), Coeficiente de Determinação (r^2), Erro Médio Absoluto (EMA), foi considerado satisfatório, com valores de r^2 próximo de 90%. Dessa forma, identificou-se que a região de estudo tem elevada variabilidade temporal e espacial da precipitação pluvial, mas as técnicas de ajustes utilizadas propiciaram melhor representação espacial, possibilitando a utilização dos dados oriundos de sensores remotos em complemento aos de postos de superfície, com bom nível de confiança.

Palavras-chave: Precipitação Pluvial; Sensoriamento Remoto; Técnicas Estatísticas; Clima Local; Topoclima.

ABSTRACT

Rainfall records in inaccessible areas usually do not present good spatial distribution of collection points, mainly due to the physiographic issue (relief and drainage network, for example). However, structural aspects, such as low investment in monitoring networks, are also common. The area of the present study (Jordão River Basin – BHRJ), located in the mid-southern region of the state of Paraná – Brazil, has related problems. In this sense, the aim of this research was to validate a method of adjustment and correction between different data sources, focusing on the correction of information from the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM), associated with those from surface rainfall stations, seeking to improve the spatial representation. This procedure was performed based on the creation of logical equations and application of statistical tests. TRMM sensor data were analyzed, adjusted and compared to data from rain gauges located around and within BHRJ for the period from 2009 to 2018. Results obtained through statistical techniques such as linear correlation (r), Determination Coefficient (r^2), Mean Absolute Error (MAE) were considered satisfactory, with r^2 values close to 90%. Thus, it was identified that the study region has high temporal and spatial rainfall variability, but the adjustment techniques used provided better spatial representation, enabling the use of data from remote sensors in addition to those from surface stations, with good reliability level.

Keywords: Rainfall; Remote sensing; Statistical Techniques; Local Climate; Topoclimate.

RESUMEN

Registros de precipitación pluvial en áreas poco accesibles, que normalmente no presentan una buena distribución espacial de los puntos de recolección, principalmente por el tema fisiográfico (relieve y red de drenaje, por ejemplo). No obstante, también son comunes los aspectos estructurales, como la baja inversión en las redes de monitoreo. El área del presente estudio (Cuenca Hidrográfica del Rio Jordão – BHRJ), ubicada en la región centro-sur del estado de Paraná – Brasil, posee problemas relacionados. En ese sentido, el objetivo de esta investigación fue validar un método de ajuste y corrección entre fuentes de datos distintas, centrándose en la corrección de las informaciones provenientes del Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM), asociadas a los de centros pluviométricos en superficie, buscando mejorar la representación espacial. Este procedimiento fue realizado basado en la creación de ecuaciones lógicas y aplicación de testes estadísticos. Se analizaron, ajustaron y compararon los datos del sensor TRMM con datos de pluviómetros ubicados en el entorno y dentro de la CHRJ para el período de 2009 a 2018. Los resultados obtenidos por medio de técnicas estadísticas, como la correlación lineal (r), Coeficiente de Determinación (r^2), Error Promedio Absoluto (EMA), fueron considerados satisfactorios, con valores de r^2 cercanos a 90%. De esa forma, se identificó que la región de estudio tiene una elevada variabilidad temporal y espacial de la

precipitación pluvial, pero las técnicas de ajustes utilizadas propiciaron mejor representación espacial, posibilitando el uso de los datos oriundos de sensores remotos complementando los de centros de superficie, con buen nivel de confianza.

Palabras-clave: Precipitación Pluvial; Teledetección; Técnicas Estadística; Clima Local; Topoclima.

INTRODUÇÃO

O monitoramento e a consequente identificação da variabilidade pluviométrica são componentes essenciais para a definição da dinâmica climática local. Essa afirmação está alicerçada no fato de que a precipitação pluvial é vital para o desenvolvimento da sociedade. Diversas práticas socioeconômicas, como por exemplo, a agricultura, pecuária e o abastecimento urbano, dependem diretamente do déficit ou excedente hídrico, podendo até inviabilizar a gestão e manutenção destas práticas.

O monitoramento de dados de chuva, ou seja, a instalação e manutenção de pluviômetros e/ou pluviógrafos em uma região, necessita de uma grande densidade de pontos bem distribuídos espacialmente, além de buscar uma escala de medição representativa (PESSI et al., 2019; KIDDER e VONDER HAAR, 1995).

Esse tipo de condição é considerado ideal, e, praticamente inexistente no contexto espacial para a maioria do território brasileiro, principalmente em regiões que apresentam grandes áreas a serem analisadas. A Bacia Hidrográfica do Rio Jordão (BHRJ), objeto deste estudo, serve como exemplo dessa situação, pois os locais com instrumentos de registro da precipitação estão em pontos restritos, com baixa densidade na cobertura espacial destes instrumentos.

Pereira et al. (2013), relata que ao se mensurar a precipitação em apenas um local, dificulta a distinção de alguns eventos de precipitações isoladas, que podem ocorrer em determinada área da bacia hidrográfica, deixando de ser contabilizados no pluviômetro mais próximo. Esse tipo de condição pode influenciar significativamente a análise do padrão hidroclimático local e até regional.

Nesse sentido, torna-se importante ressaltar que os dados de precipitação obtidos via sensoriamento remoto é uma ferramenta útil e que tende a aperfeiçoar as

análises climatológicas. Arias-Hidalgo et al. (2013, p. 2095) reforçam que "o sensoriamento remoto se tornou imensamente útil para melhorar a nossa compreensão da variação espaço-temporal da precipitação, especialmente para regiões com escassez de dados".

Admitindo que o sensoriamento remoto surge como técnica alternativa ao monitoramento por meio de postos pluviométricos convencionais, presume-se que os sensores orbitais auxiliam na obtenção de dados de precipitação de determinada região, atribuindo-lhes o trabalho do registro periódico e automático desses dados. O emprego do sensoriamento remoto consiste no fato de que os sensores a bordo de satélites, fornecem informações em relação à variabilidade da precipitação em escala global (PEREIRA et al., 2013, p. 139).

A partir dessa premissa, o presente trabalho se propõe avaliar como os dados provenientes de sensoriamento remoto podem ser úteis na obtenção do registro da precipitação pluviométrica em escala de detalhe, buscando comparar esses dados com os coletados em postos pluviométricos por um período de 10 anos (01/01/2009 a 31/12/2018). Essa avaliação comparativa foi efetuada em uma região com clima subtropical úmido, tendo a BHRJ como objeto de estudo. Nesse sentido, os parâmetros estatísticos aplicados, buscaram identificar o nível de confiança na utilização de dados de sensoriamento remoto como substitutos ou complementares aos dados de superfície.

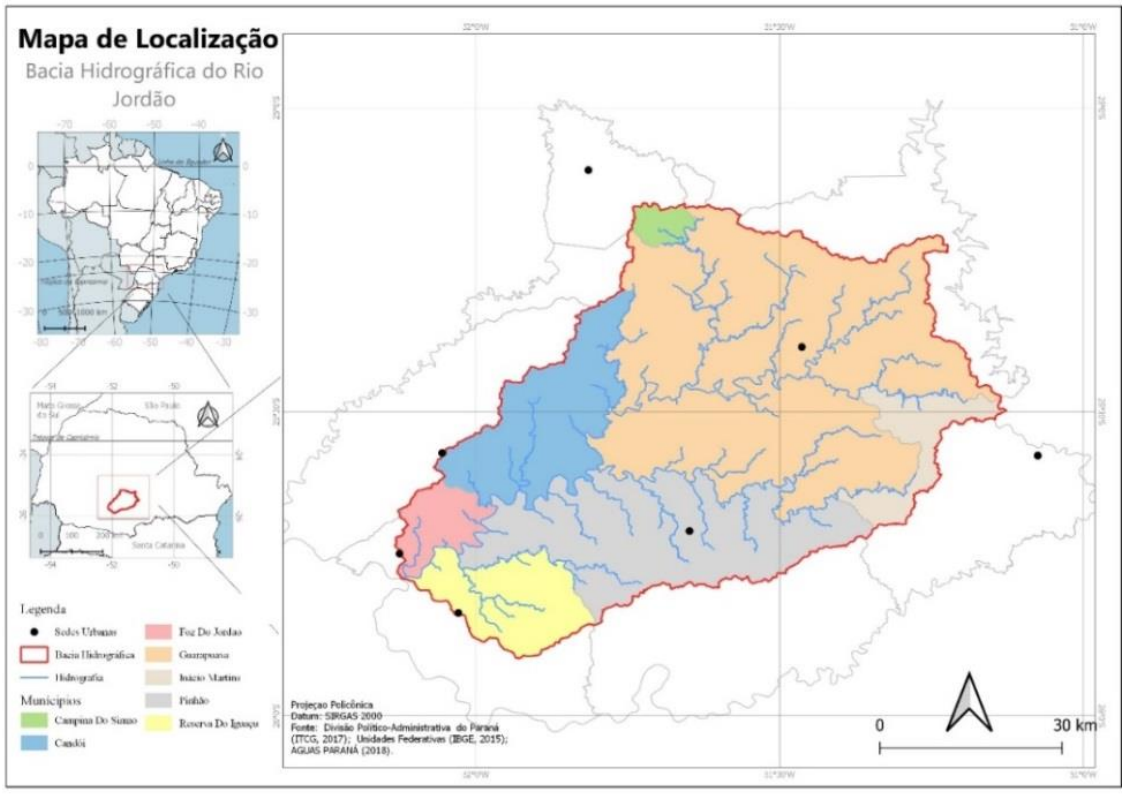
PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Área de Estudo

O presente estudo foi realizado com dados pluviométricos da Bacia Hidrográfica do Rio Jordão (BHRJ), localizada na região centro-sul do estado do Paraná, com área total de 4739,1208 km² e abrangendo sete municípios paranaenses (Figura 1).

Aproximadamente 49% da área da bacia hidrográfica se localiza no Município de Guarapuava, seguido do Município de Pinhão e Candói, respectivamente 20,92% e 12,19% da área total, outros municípios totalizam 17,19%.

Figura 1 - Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Jordão



Fonte: o autor, 2020.

Dentre todos os Municípios, apenas Campina do Simão e Inácio Martins não possuem suas áreas urbanas situadas dentro da BHRJ.

A BHRJ está localizada no Terceiro planalto Paranaense, situado na antiga Formação Serra Geral, composta por extensa cobertura de rochas ácidas e intermediárias, dentro de uma formação vulcano-sedimentar. Conforme a classificação da MINEROPAR, a BHRJ está localizada em uma área que predomina a Formação COVÓ – Membro Guarapuava e trechos situados na Formação Candói – membro Foz do Areia e membro – Três Pinheiros. Essa formação abrange o membro Guarapuava, que abrange grande parte da BHRJ, que possui uma associação de riodacito e outras litologias que sustenta o planalto homônimo (MINEROPAR, 2013, p.243).

A área total da bacia possui Clima Subtropical Mesotérmico Úmido (Cfb), segundo a proposta de Alvares et al. (2014), apresentando estações bem definidas, verões

frescos (temperatura média para os meses de verão abaixo de 22 °C) e invernos com eventos de geada de forma frequente (temperatura dos meses de inverno com média superior a 3 °C e abaixo de 18 °C). Essa dinâmica configura ausência de estação seca definida, garantindo um clima ameno ao longo do ano. Tendo como fatores decisivos para definição da variabilidade da precipitação e temperatura, a altitude e o afastamento do mar (THOMAZ e VESTENA, 2003; COSTA e ANDRADE, 2017).

Mendonça e Danni-Oliveira (2017) e Monteiro (1968) também caracterizam o clima dessa região como subtropical, pois há uma participação efetiva dos sistemas atmosféricos polares (massa polar atlântica), com uma recorrência moderada dos sistemas atmosféricos intertropicais. Dessa forma, as chuvas são constantes e as temperaturas amenas, provenientes dessa combinação da ação frequente das massas quentes e secas continentais com as massas frias polares.

Dados de Precipitação (Orbitais e de Superfície)

Os dados necessários para o estudo comparativo proposto foram obtidos do sensor TRMM (Tropical Rainfall Measurement Mission - 3B43_v7)[1], o qual apresenta dados em mm/mês referente ao acumulado de precipitação, com resolução espacial de 0,25° x 0,25°. Esses dados foram organizados em totais mensais de 01/01/2009 a 31/12/2018, totalizando 120 meses.

Os dados das estações pluviométricas foram pesquisados no website do HIDROWEB[2], após localizar todas as estações inseridas dentro e adjacente à área de estudo. Em cada posto de coleta identificado foi averiguado se possuía dados completos e referentes ao período estabelecido para este estudo. Após este procedimento, foram selecionadas doze (12) estações ou postos pluviométricos, conforme Tabela 2.

[1] Disponível em: https://trmm.gsfc.nasa.gov/trmm_rain/Events/TRMMSenRev2007_pub.pdf
[2] https://www.snirh.gov.br/hidroweb/mapa, sistema da Agência Nacional de Águas – ANA. Download de dados de postos de monitoramento da rede pluviométrica e fluviométrica.

Tabela 1 - Postos Pluviométricos adjacentes e dentro da BHRJ (área de estudo)

POSTO PLUVIOMÉTRICO	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE	ENTIDADE MANTENEDORA
GOIOXIM	25° 11' 59"	51° 59' 27"	858,00 m	ÁGUAS PARANÁ
CANTAGALO	25° 22' 00"	52° 07' 00"	800,000m	ANA
RESERVA DO IGUAÇU	25° 48' 00"	52° 01' 00"	1000,00 m	ÁGUAS PARANÁ
PEDRO LUSTOSA	25° 48' 00"	51° 51' 00"	1000,00 m	ÁGUAS PARANÁ
PINHÃO	25° 40' 59"	51° 39' 00"	1066,00 m	ANA
USINA SANTA MARIA	25° 31' 59"	51° 49' 00"	1000,00 m	ANA
COLONIA VITÓRIA	25° 33' 00"	51° 28' 59"	1000,00 m	ÁGUAS PARANÁ
CAMPINA BONITA	25° 34' 00"	51° 15' 00"	1108,00 m	ÁGUAS PARANÁ
CAMPO DE DENTRO	25° 16' 21"	51° 16' 20"	1202,00 m	ÁGUAS PARANÁ
COL. AGRICOLA	25° 21' 00"	51° 30' 00"	1058,00m	IAPAR
ZATARLANDIA	25° 43' 59"	51° 31' 00"	1446,00 m	ÁGUAS PARANÁ
PALMEIRINHA	25° 15' 00"	51° 33' 00"	1050,00 m	ANA

Fonte: Dados cedidos pelo IAPAR em 2020.

Os valores registrados nos dados do TRMM, foram inicialmente agrupados em valores médios, para cada mês analisado, referente a série total. Essa padronização foi necessária para compreender inicialmente a relação dos dados do sensor remoto e do posto pluviométrico, a fim de avaliar a correlação e métricas estatísticas entre os dados obtidos.

Os métodos de obtenção, análise, ajuste e validação dos dados do TRMM foram realizados de acordo com os estudos de Leivas et al. (2009); Pereira et al. (2013); Curtarelli et al. (2014); Soares et al. (2016); e Alves et al. (2017).

Após este procedimento, o número de meses foi reduzido para 12 (doze), com os valores médios obtidos pelo sensor do TRMM, porém, devido a diferença de escala entre os dados, foi necessário realizar a interpolação dos mesmos para uma escala com maior detalhamento. Essa organização dos valores da grade do TRMM buscou compatibilizar os mesmos com a escala local, como recomenda Chen et al. (2013) e Ud Din et al. (2008).

O procedimento descrito teve como finalidade criar uma matriz de dados que pudesse ser comparada com a escala de coleta realizada pelos pluviômetros locais. Para tanto, foi utilizada a interpolação pelo método geoestatístico da krigagem ordinária, que é um método de regressão, muito comum na realização da interpolação espacial. No presente estudo, esse método foi aplicado em ambiente do Software ArcGIS 10.1, utilizando o valor máximo de 1.000 (mil) metros, relativo à distância entre os valores.

A partir dessa interpolação, foram extraídas estações virtuais, com o espaçamento entre o centro dos *pixels* de 1.000 (mil) metros. O valor referente a precipitação de cada posto pluviométrico foi extraído para o valor do *pixel*, com o intuito de comparar os valores relativos à média de precipitação da série de 10 anos, na escala mensal, com o valor médio obtido no posto pluviométrico para o mesmo período.

Ao interpolar os dados do TRMM, há um incremento no número de estações virtuais, aumentando a densidade de valores de precipitação obtidos. Essas estações virtuais permitem uma aproximação entre os dados do TRMM e das estações pluviométricas locais, o qual é representado por um modelo geoestatístico (CHEN et al., 2013).

Esse procedimento foi necessário para avaliar a qualidade dos dados do TRMM, em função dos registrados pelos pluviômetros, bem como a usabilidade destes dentro da BHRJ. Essa avaliação foi realizada por meio de técnicas estatísticas, como a correlação linear de Person (r), Coeficiente de Determinação (r^2), Erro Médio Absoluto (EMA), Erro Percentual Absoluto Médio (EPAM) e Raiz do Erro Médio Quadrático (REMQ), de acordo com o estudo proposto por Soares et al. (2016).

Todos os procedimentos utilizados tiveram a finalidade de ajustar os valores da precipitação interpolada entre os dados, buscado avaliar as diferenças no registro da precipitação no contexto espacial e para tanto, a criação das estações virtuais foi essencial no alcance dos objetivos propostos.

RESULTADOS

Os primeiros resultados encontrados focaram na validação dos dados TRMM após os procedimentos de interpolação. As técnicas estatísticas utilizadas foram variadas e estão descritas na Tabela 3.

Os dados apresentaram uma correlação altamente positiva, com valores acima de 0,80 em todas as estações, com destaque para a estação Colônia, que apresentou o maior valor (0,96) e Cantagalo com o menor valor (0,84).

Os valores do EPAM, por exemplo, indicam que existe uma diferença de cerca de 7 a 11% na maioria das estações, o que pode ser considerada uma taxa elevada

ao se tratar de precipitação. No entanto, essa diferença não indica, necessariamente que os dados sejam inválidos, mas que existe uma variabilidade espacial significativa e que deve ser melhor avaliada para os ajustes necessários.

Tabela 2 - Métricas de erros resultantes entre os dados da Estação Pluviométrica e dados do TRMM

ESTAÇÃO	EMA (mm)	REQM	EPAM (%)	r	r^2
GOIOXIM	14.58	18.27	9.77	0.92	0.85
CANTAGALO	21.97	25.83	13.98	0.84	0.71
RESERVA DO IGUAÇU	13.56	16.95	7.69	0.92	0.84
PEDRO LUSTOSA	14.05	17.13	8.32	0.9	0.82
USINA SANTA MARIA	12.87	14.99	7.51	0.91	0.82
PINHÃO	22.7	26.01	11.12	0.93	0.86
ZATARLÂNDIA	17.41	24.24	8.13	0.92	0.85
COLONIA VITÓRIA	11.03	13.12	7.36	0.96	0.92
CAMPINA BONITA	16.36	20.61	11	0.89	0.8
COLÉGIO AGRÍCOLA	16.01	19.66	10.88	0.91	0.83
PALMEIRINHA	25.05	26.15	17.89	0.93	0.86
CAMPO DE DENTRO	15.16	18.99	10.7	0.93	0.86

Fonte: Dados TRMM organizados pelos autores

De forma geral, os resultados dos erros resultados indicaram pouca variabilidade e um bom nível de confiança nos dados obtidos.

A utilização de dados provenientes do sensor TRMM apresenta valores acumulados em dados mensais, com a variabilidade espacial da precipitação registrada em um formato específico. Os dados apresentam valores acumulados de precipitação em uma determinada área, a qual normalmente não é compatível com a escala das estações pluviométricas (escala local).

Com a utilização de técnicas analíticas e de interpolação, foi possível realizar a aproximação da escala espacial dos dados registrados pelo TRMM com aqueles obtidos na escala local (posto pluviométrico).

Ao se utilizar os centros de *pixel* como estação virtual, foi constatado que o número dessas estações seria insuficiente para comparar esses dados com os dos postos pluviométricos locais (Tabela 2). Isso foi identificado após o comparativo entre uma unidade local e uma área ampla (tamanho geral do *pixel*), pois os valores apresentados poderiam estar incorretos devido à diferença de escala existente.

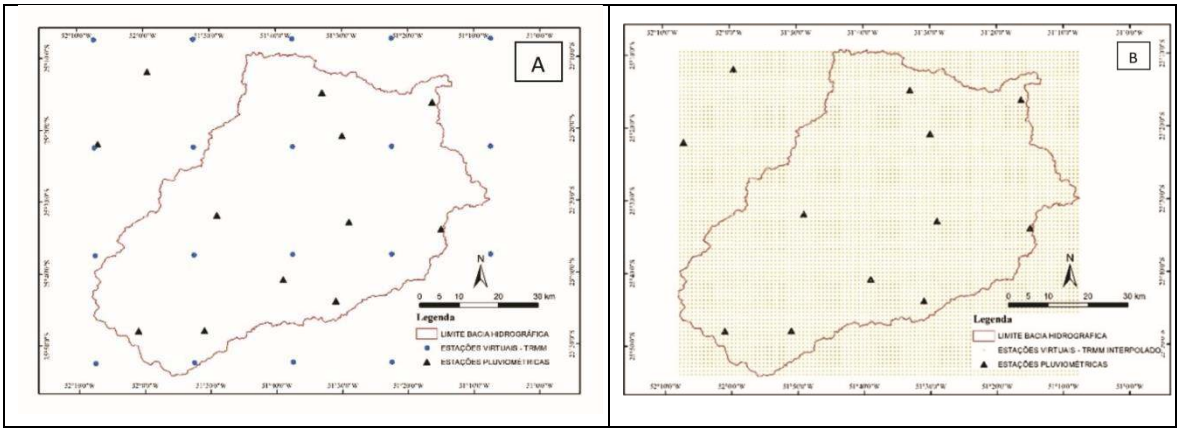
A aproximação da escala, propiciada pelo aumento do número de estações virtuais, com a consequente vinculação dos dados dos postos pluviométricos criou uma realidade de análise condizente com a proposta formulada no presente caso.

A Figura 2 demonstra a variabilidade espacial entre os dados Originais do TRMM (A) e os Interpolados (B), apresentando a localização espacial das estações virtuais e dos postos pluviométricos.

Os valores máximos e mínimos do TRMM apresentam dados inalterados. Com o procedimento de correção e interpolação foi possível obter valores em uma dimensão espacial reduzida, possibilitando assim, realizar os procedimentos comparativos entre as estações virtuais e os dados registrados nos pluviômetros.

A distância média entre os dados originais do TRMM e o posto pluviométrico mais próximo foi de 12 (doze) quilômetros.

Figura 2 - Estações Virtuais e Pluviométricas referentes aos dados originais do TRMM (A) e Interpolado (B)



Fonte: o autor, 2020.

Após a interpolação e com a criação das estações virtuais, essa distância mudou para apenas 500 metros. Nesse procedimento imagina-se que o problema está resolvido, mas ainda não. Simplesmente adotar os valores obtidos pelas estações virtuais como representativos na escala local pode ser um erro enorme. Portanto, a busca pela sua validação e os ajustes necessários para alcançar confiança nos dados são etapas necessárias antes de usar tais informações para análises.

Ao realizar o processo de interpolação, ocorre uma aproximação evidente entre os valores do TRMM com os dados das estações pluviométricas no contexto espacial. Antes da utilização dos dados do sensor remoto, os postos pluviômetros de superfície representavam uma área ampla, a qual foi reduzida para manter a proximidade e assim proceder a análise comparativa entre os dados.

A aproximação entre as escalas por meio de ajustes geoestatísticos é necessária, objetivando averiguar os valores obtidos entre o TRMM e os postos pluviométricos. Os resultados estão situados por uma divisão mensal, referente às médias obtidas para todo o período (10 anos) e por posto pluviométrico.

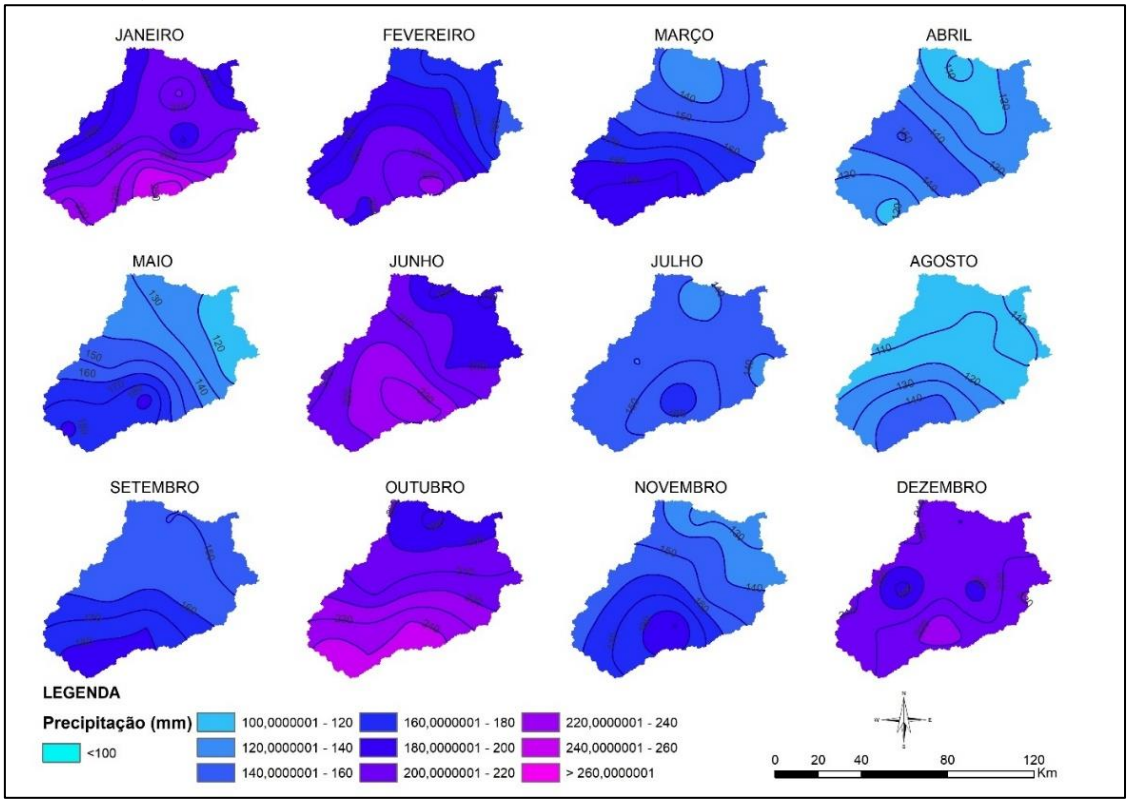
O valor de precipitação foi extraído do TRMM interpolado, ao se realizar a média dos valores dos *pixels* (entre 12~14) em uma área de 2 quilômetros no entorno da estação, conforme descrito no procedimento metodológico.

Como resultado, foi elaborada uma representação relativa à média mensal do período de análise, de modo a compreender inicialmente distribuição espacial da precipitação na BHRJ. A Figura 3 demonstra os dados interpolados a partir dos dados obtidos dos postos pluviométricos em superfície.

O processo de interpolação revela as diferenças dos valores quando observados no contexto espacial, demonstrando a concentração da precipitação registrada nas estações pluviométricas em localizações específicas. Entretanto, essa variabilidade também é influenciada pela sazonalidade, mesmo que na grande maioria dos meses do ano seja possível perceber chuvas mais volumosas no quadrante sul da BHRJ.

Há evidências de uma incidência acentuada da precipitação em locais diferentes de acordo com o período (mês) analisado, ressaltando uma forma irregular na distribuição espacial da precipitação, indicando uma variabilidade com maior peso pontual.

Figura 3 - Representação das médias do período, a partir da interpolação dos dados dos postos pluviométricos (período de 2009 a 2018)



Fonte: O autor, 2021.

Essa caraterística interfere diretamente na análise da precipitação no contexto espacial, pois, o processo de interpolação obtido por meio de dados discretos, pode "mascarar" a distribuição do fenômeno, porém, ainda é um indício do comportamento espacial da precipitação.

A interpretação da Figura 3 revela nitidamente as diferenças dos valores, principalmente nos meses de julho e dezembro. No mês de julho é o período de inverno e consequentemente um dos meses com menos precipitação, porém, sua representação espacial é distorcida, pois existem "ilhas" com maior concentração pluviométrica.

No caso do mês de dezembro, as denominadas "ilhas" apresentam um contexto espacial irregular em regiões próximas umas das outras.

Para os meses de janeiro e fevereiro, foi possível notar um maior "espalhamento" do fenômeno. De forma semelhante, no mês de março, percebe-se uma homogeneidade na modelagem, corroborando com a aproximação espacial dos meses de

janeiro e fevereiro, revelando que na porção sul da BHRJ há maior incidência de precipitação. Contudo, no mês de abril é possível perceber que essa regra dos meses subsequentes não se aplica, visto que é registrado, nessa mesma região, valores menores de precipitação.

Os meses de maio, agosto, setembro e novembro são os que apresentam uma maior regularidade no registro da precipitação, apresentando certa homogeneidade, mas com menores valores para a precipitação mensal.

A modelagem para períodos menos chuvosos tende a apresentar uma homogeneidade, pois, a incidência de chuvas isoladas é menos frequente. É justamente esse tipo de precipitação que acarreta problemas na espacialização, devido à transformação de dados discretos (pontuais) em dados que estabelecem um *continuum* espacial. Percebe-se que esses dados indicam apenas a caraterística daquele ponto específico e que ao se interpolar esse dado, os pesos pontuais retratam uma realidade apenas numérica, estabelecendo uma realidade alternativa, baseada na lógica matemática.

Essas técnicas são amplamente utilizadas e demonstram certa eficiência nas análises relacionadas a dinâmica pluviométrica, apesar de não ficar muito clara o nível de confiança das informações resultantes. Por isso, outros procedimentos devem ser testados/utilizados. Nesse sentido, a utilização de dados contínuos, como os obtidos por sensores remotos, buscando obter valores referente a continuidade dos fenômenos, pode resolver, a *priori,* as lacunas existentes nos procedimentos que utilizam dados discretos.

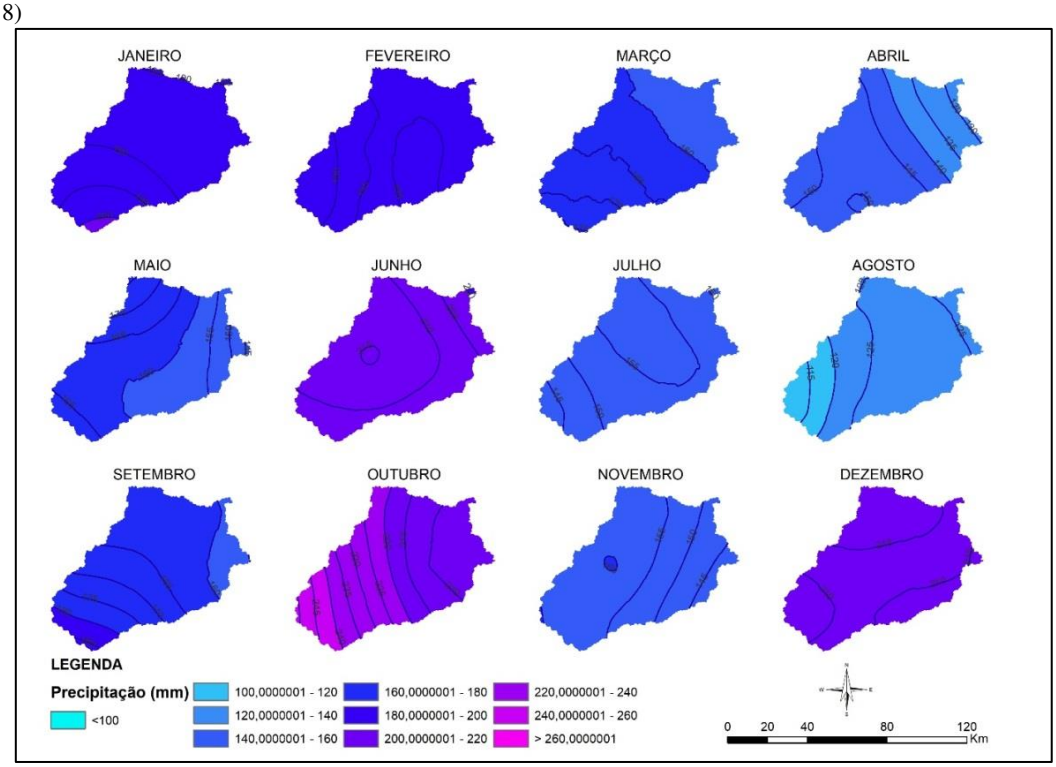
A Figura 4 indica a representação espacial dos dados de precipitação a partir de dados do Sensor TRMM, utilizando o mesmo método de interpolação (krigagem ordinária), para averiguar a distribuição espacial da precipitação com outro formato/origem dos dados.

A distribuição espacial da precipitação por meio da interpolação dos dados do TRMM (Figura 4), apresenta maior homogeneidade, ao se comparar com os resultados relativos aos postos pluviométricos (Figura 3).

No caso, os valores do TRMM interpolados apresentam uma interferência inicial devido, principalmente, a resolução espacial primária de coleta dos dados. Isso se

deve ao registro da precipitação ocorrer de forma generalizada, definindo a homogeneidade na modelagem dos valores.

Figura 4 - Representação das médias do período, a partir da interpolação dos dados do TRMM (período de 2009 a 2018)



Fonte: O autor, 2021.

A generalização é observada na representação cartográfica do fenômeno espacial, revelando uma distribuição que não apresenta locais com picos de precipitação, comumente encontrada em dados absolutos registrados em estações pluviométricas.

Nesse sentido, numa análise mais detalhada (mensal) é possível observar que no mês de janeiro, a precipitação varia de 180 mm a 200 mm, com praticamente 50% da área da BHRJ situada no intervalo de 180 mm a 190 mm.

O mês de fevereiro apresenta uma homogeneidade mais abrangente, com uma amplitude de apenas 5 mm, indicando que neste caso a generalização ocorre de forma acentuada, prejudicando a diferenciação espacial da precipitação. Nos meses de março, abril e maio, verifica-se uma diminuição no intervalo dos dados interpolados, apresentando maior regularidade dentro do contexto espacial.

O mês de junho apresenta maiores valores do registro da precipitação em relação aos meses anteriores, corroborando com a interpolação do dado da estação pluviométrica. Nos meses de julho, agosto e setembro o padrão da espacialidade se mantém de forma regular.

Outubro é o mês em que a representação dos dados do TRMM é muito similar ao ocorrido com dados da estação pluviométrica de superfície. Esse fato é interessante, pois demonstra que ao se registrar a evolução da precipitação sem considerar os fenômenos isolados, ainda é possível verificar a dinâmica real do fenômeno espacial dentro da BHRJ.

O mês de outubro, de toda a série histórica, é o que apresenta uma homogeneidade similar em ambos os dados. Isso ocorrer devido ao tipo de chuva predominante nessa época do ano, influenciada pelos processos convectivos de mesoescala, associados a persistências das chuvas frontais em toda a área de estudo.

O mês de novembro apresenta um contexto espacial similar aos meses de março e julho, com um registro de precipitação que varia de 145 mm a 160 mm. Por fim, no mês de dezembro nota-se irregularidade da distribuição espacial da precipitação, similar ao dado do posto pluviométrico (Figura 3).

Ao se analisar a sequência mensal da média geral dos dados relativos ao período de análise, é possível verificar que o registro da precipitação é mutável. Sua modelagem é variável e extremamente dependente dos valores de entrada.

É possível perceber que apesar dos problemas de escala e generalização, os dados do TRMM ainda demonstram um padrão espacial similar ao encontrado na representação dos dados das estações.

Os dados do TRMM apresentam dados contínuos do registro da precipitação, criando uma sequência de dados que representam o fenômeno da precipitação em grandes extensões. Esse processo fica atrelado a um "*continuum*" espacial, definido pela ausência do registro de dados em locais que não possuem estações, preenchendo o vazio espacial da carência de dados em determinados locais.

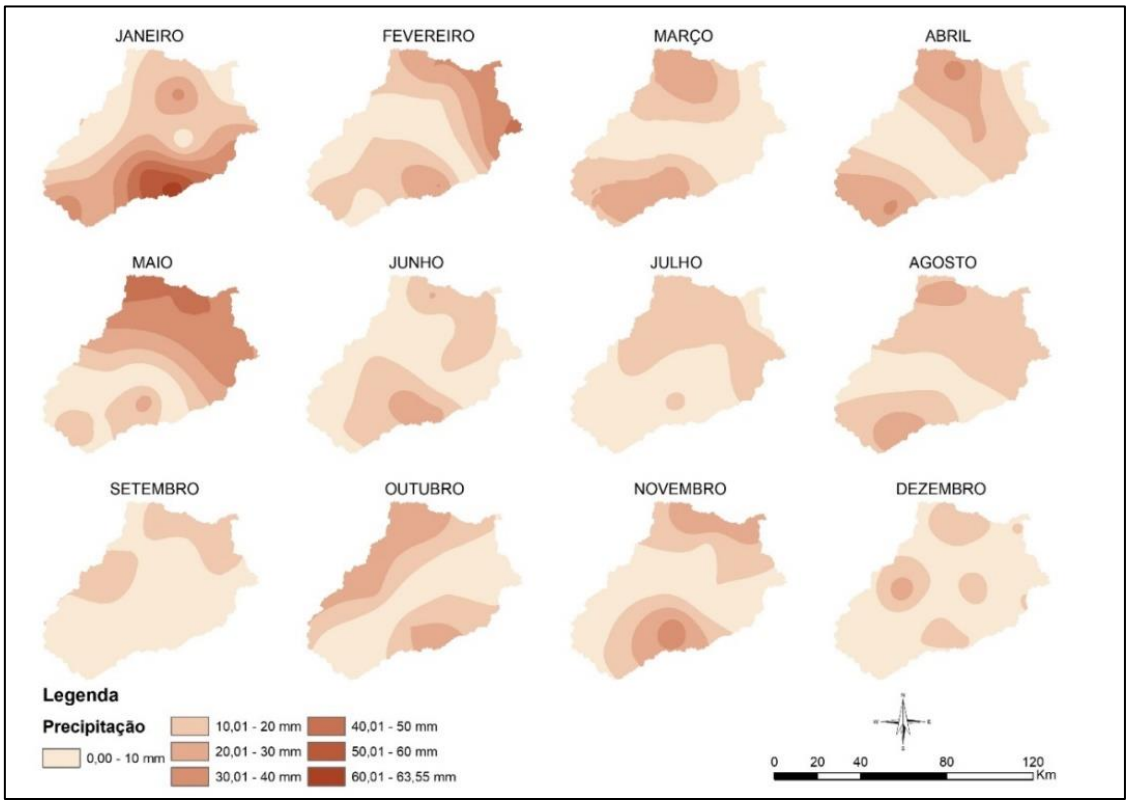
Para uma modelagem do fenômeno espacial que obedeça a uma continuidade espacial, mas mantendo as caraterísticas locais para maior ou menor concentração

pluviométrica, é necessário que ambos os métodos sejam utilizados, criando um método híbrido de modelagem espacial. Contudo, antes de prosseguir para a análise pontual dos dados, é necessário compreender a diferença que ocorre no processo de modelagem, visando identificar no contexto espacial, regiões com maiores divergências.

A Figura 5, fruto do processo de álgebra de mapas, representa a diferença da precipitação para a área de estudo, utilizando como base os dados interpolados dos postos pluviométricos comparados aos dados do TRMM. A diferença entre os modelos de precipitação varia entre 0 mm e 63,55mm, revelando a espacialização das diferenças entre os modelos apresentados. O padrão da regularidade é nítido em alguns casos, como nos meses de junho, julho, agosto e setembro, devido aos menores registros de precipitação. Nesses meses encontra-se um padrão com diferenças menores entre os dados. Isso demonstra que o TRMM tem uma maior similaridade com os dados de superfície em períodos menos chuvosos.

A maior diferença é apresentada no mês de janeiro e salienta as diferenças dos valores registrados na porção centro-sul da BHRJ. Nos meses subsequentes é possível observar que as diferenças estão presentes sempre nas extremidades da bacia hidrográfica, com exceção do mês de dezembro, com o fenômeno concentrado em regiões especificas, distribuídas de forma aleatória na área de estudo.

Figura 5 - Representação da diferença entre os dados interpolados (TRMM x Postos Pluviométricos)



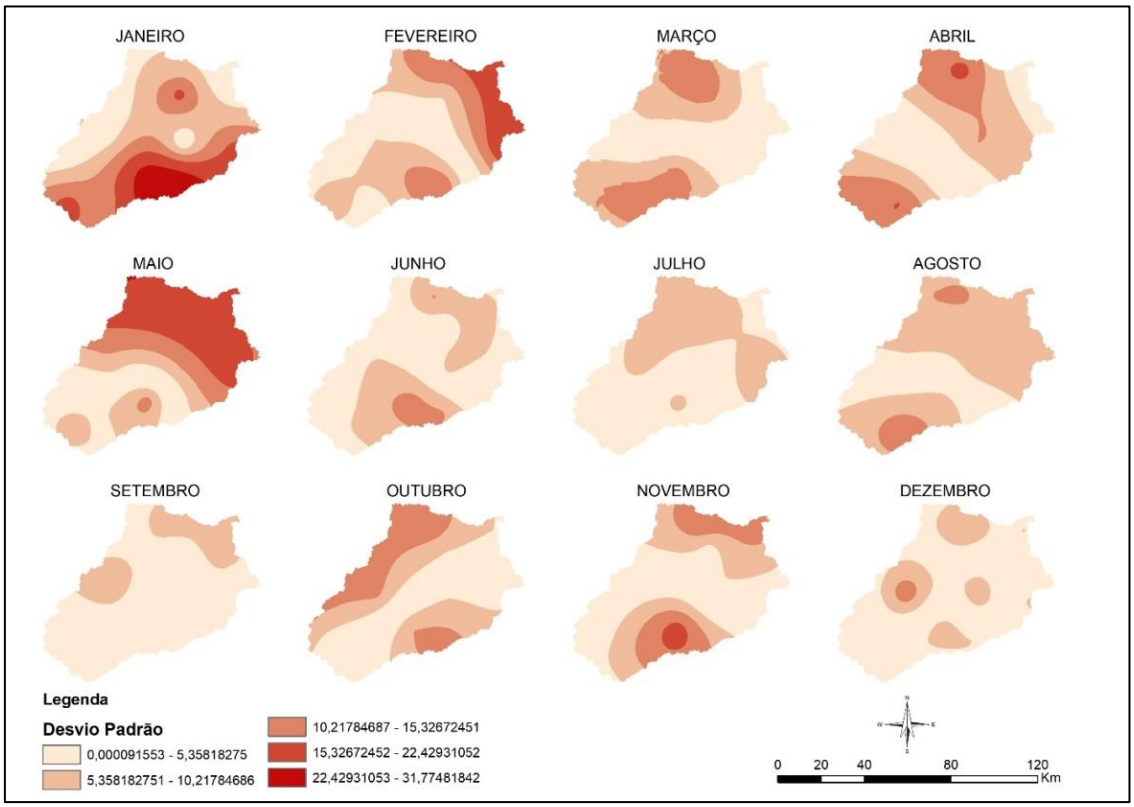
Fonte: o autor, 2020.

A representação do desvio padrão (Figura 6), dividida em cinco classes, indicando o número de desvios em cada *pixel,* é uma medida de dispersão que pode indicar uma possível normalidade nos resultados.

Os cartogramas obtidos permitem identificar as regiões em que ocorre uma diferenciação elevada no padrão espacial dos dados. Percebe-se que a variabilidade dessa dispersão revela o padrão divergente entre os dados.

O desvio padrão, assim como o registro das diferenças (Figura 5), indica como o comportamento espacial da precipitação é registrado de acordo com o modelo de dados que o origina. Fica evidente que a modelagem desse tipo de fenômeno é afetada diretamente pelo modelo de dados utilizado. As localidades estão sujeitas a alterações específicas, que se podem ser registradas com por meio de dados *in loco* e isso nem sempre pode ser averiguado devido à falta de disponibilidade física e técnica.

Figura 6 - Representação do desvio padrão entre os dados interpolados (TRMM x Postos Pluviométricos).



Fonte: o autor, 2020.

Portanto, os modelos digitais provenientes de dados orbitais, indicam uma tendência espacial mais homogênea no comportamento da precipitação e os dados locais indicam as suas particularidades. Como não é possível ter posto de monitoramento em cada local da área de estudo, convém abordar métodos híbridos de análise, buscando realizar ajustes e correção nos dados, de modo a obter uma aproximação da realidade do fenômeno espacial.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de sensores remotos na modelagem da precipitação tem evoluído ao longo do tempo, com diversos estudos e pesquisas sobre este tema.

Contudo, evidencia-se que áreas de clima subtropical úmido, como a Bacia Hidrográfica do Rio Jordão, necessitam de um aprofundamento de pesquisas para validação desses procedimentos, mas, a semelhança entre as duas fontes de dados, indica que esse tipo de dado pode complementar análises sobre o comportamento da precipitação pluvial.

Fica evidente a possibilidade de uso, nas diversas escalas de tempo e de espaço, dos dados TRMM com o intuito de suprir dados faltantes, ajudando a compreender o fenômeno de forma contínua, melhorando os procedimentos de modelagem.

De acordo com os valores apresentados, os dados do TRMM apresentam similaridade ao dado obtido no posto pluviométrico, com valores do coeficiente de determinação acima de 80% em praticamente toda a área de estudo. Entretanto, é evidente que as diferenças que ocorrem nos locais específicos, principalmente com diferenças altimétricas expressivas, necessitam de investigação mais aprimorada dos fenômenos que interferem na dinâmica pluviométrica.

De forma geral, ao avaliar os resultados, pode se concluir que a utilização de dados do TRMM é viável para o estudo da precipitação, principalmente como fonte de caraterização pluviométrica em bacias hidrográficas. Apesar disso, indica-se essa possibilidade como complemento, desde que corrigidos e validados pelos dados de estações pluviométricas convencionais.

A utilização de técnicas estatísticas apropriadas para correção dos dados orbitais é essencial. Nesse sentido, a criação das estações virtuais e sua validação por meio da comparação com dados de superfície, deve ser procedimento obrigatório. Isso demonstra que a simples complementação dos dados de pluviômetros convencionais com dados orbitais não é aconselhável, principalmente em regiões com alta variabilidade temporal e espacial na precipitação pluviométrica.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A., STAPE, J. L., SENTELHAS, P. C., DE MORAES GONÇALVES, J. L. e SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorolical Zeitschrift**. V. 22, n. 6, 711–728, 2014.

ALVES, K. S. S.; ALVES, A. V. P.; SANCHES E SOUZA, N.; SANCHES, L.; GAIO, D. C.; SOUZA, G. S.; DE MUSI, C. R. Análise Estatística Entre os Dados de Precipitação Estimada Via Satélite TRMM e Dados Observados de Superfície em Praia - Cabo Verde. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 21, p. 417–429, 2017.

ARIAS-HIDALGO, M.; BHATTACHARYA, B.; MYNETT, A. E.; VAN RIENSVEN, A. Experiences in using the TMPA3B42R satellite data to complement rain gauge measurements in the Ecuadorian coastal foothills. **Hydrol. Earth Syst. Sci.**, v. 17, n. 7, p. 2905-2915, 2013.

CHEN, Y.; EBERT, E.E.; WALSH, K.E.; DAVIDSON, N.E. Evaluation of TRMM 3B42 precipitation estimates of tropical cyclone rainfall using PACRAIN data. **J. Geophys. Res. Atmos**., v. 118, n. 5, p. 2184-2196, 2013.

COSTA, C.; ANDRADE, A. R. Dinâmica da precipitação pluviométrica na cidade de Guarapuava, PR: Condicionantes locais e regionais. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 21, p. 205-224, 2017.

CURTARELLI, M. P.; RENNÓ, C. D.; ALCÂNTARA, E. H. Evaluation of the Tropical Rainfall Measuring Mission 3B43 product over an inland area in Brazil and the effects of satellite boost on rainfall estimates. **Journal of Applied Remote Sensing**, v. 8, n. 1, p. 083589, 2014.

KIDDER, S. Q.; VONDER HAAR, T. H. **Satellite Meteorology: An Introduction**. [s.l.] Elsevier Science, 1995.

LEIVAS, J. F.; RIBEIRO, G. G.; SOUZA, M. B.; ROCHA FILHO, J. R. Análise comparativa entre os dados de precipitação estimados via satélite TRMM e dados observados de superfície em Manaus. Anais **XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 1611-1616.

MENDONÇA, F. e DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. [s.l.] Oficina de Textos, 2017

MINEROPAR - Serviço Geológico do Paraná. **O Grupo Serra Geral no Estado do Paraná**. Curitiba: Mineropar, 2013. V. 2.

MONTEIRO, C. A. F. Clima. In: **IBGE. Geografia do Brasil - Grande Região Sul**, 2ª ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1968, v. IV, tomo I, p.114-166.

PEREIRA, G.; SILVA, M.E.S.; MORAES, E.C. & CARDOZO, F.S. Avaliação dos Dados de Precipitação Estimados pelo Satélite TRMM para o Brasil. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v. 18, n. 3, p.139-148. 2013. http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v18n3.p139-148.

PESSI, D. D. SANTOS, C. S. A dos. NONATO, J. J. DOURADO, L. G. A. SILVA, O.P. BASSINI, R.T. VIERIA JOSE, J. Validação das estimativas de precipitação do satélite TRMM no Estado de Mato Grosso, Brasil. **Revista de Ciências Agrárias,** v.42, n.1, p. 79-88. 2019.

SOARES, A. S. D.; PAZ, A. R.; PICCILLI, D. G. A. Avaliação das estimativas de chuva do satélite TRMM no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 21, n. 2, p. 288-299, 2016.

THOMAZ, E. L.; VESTENA, L. R. **Aspectos climáticos de Guarapuava–PR**. Guarapuava: Editora UNICENTRO, 2003, 106p.

UD DIN, S. *et al.* Site-specific precipitation estimate from TRMM data using bilinear weighted interpolation technique: An example from Kuwait. **Journal of Arid Environments**, v. 72, n. 7, p. 1320–1328, 2008.

Recebido em setembro de 2021.

Revisão realizada em outubro de 2021.

Aceito para publicação em dezembro de 2021

Nota de Pesquisa

CNPq E A GENEALOGIA DE UM DESMONTE

Denise de Souza Elias
Doutora, Universidade Estadual do Ceará.
Bolsista Produtividade em Pesquisa do CNPq - Nível 1A
deniseliasgeo@gmail.com

O Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) é a principal agência de fomento à pesquisa científica do Brasil e desempenha papel primordial na formulação e na condução das políticas de ciência, tecnologia e inovação. Sua atuação é estruturante para o avanço das fronteiras do conhecimento e, assim, para o desenvolvimento e a soberania do país. Mas tudo isto hoje está em risco, dado o atual contexto político nacional, considerando os cortes no orçamento da instituição, comprometendo a continuidade do papel que a mesma desempenha. O objetivo principal do artigo é alertar para o desmonte do CNPq e da ciência brasileira, através do compartilhamento de inquietações vividas como cientista e cidadã.

UM POUCO DE HISTÓRIA

O CNPq foi criado em 1951 e é a principal agência de fomento à pesquisa do país, desempenhando papel primordial na formulação e na condução das políticas de ciência, tecnologia e inovação desde então. Como principal atribuição tem o fomento à pesquisa científica, tecnológica e à inovação, visando incentivar a formação de pesquisadores brasileiros, contribuindo, assim, para o avanço das fronteiras do conhecimento e soberania nacional.

Concede bolsas para a formação de recursos humanos no campo da pesquisa científica e tecnológica, em universidades, institutos de pesquisa, centros tecnológicos e de formação profissional, tanto no Brasil como no exterior, em todas as áreas do conhecimento, da iniciação científica ao pós-doutorado. Sua atuação contribui para o desenvolvimento nacional e o reconhecimento das instituições de pesquisa e dos pesquisadores brasileiros pela comunidade científica internacional.

Em poucas décadas, o Brasil teve sua posição melhorada em alguns dos rankings de países que produzem ciência com qualidade no mundo. Isto se deve em grande parte às políticas de fomento à ciência e à tecnologia promovidas pelo CNPq e ao empenho de mais de 80 mil pesquisadores brasileiros de todas as áreas. São muitos os exemplos de como a ciência brasileira produz conhecimento e alavanca a economia, transformando conhecimento em riqueza.

Foi a ciência brasileira que descobriu o pré-sal, mesmo que agora ele esteja sendo entregue às petroleiras multinacionais, ou será que alguém ainda tem dúvidas que o massacre contra a Petrobras tinha outro objetivo? Foram as pesquisas do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) junto à Empresa Brasileira de Aeronáutica (Embraer) que transformou o Brasil num dos importantes produtores de aeronaves do mundo, mesmo que agora tudo esteja sendo perdido para a Boeing, entre tantos outros exemplos que poderiam ser dados.

Não são somente as ciências exatas que se destacam, todas as áreas do conhecimento têm sua relevância. Apenas a título de exemplo, poderíamos dizer que os geógrafos brasileiros têm dado imensa contribuição para o estudo da empiricização do tempo no espaço, nas diferentes escalas geográficas; para a compreensão da formação socioespacial brasileira; para o estudo da economia política da urbanização e das cidades; para a compreensão do aumento das desigualdades socioespaciais promovidas pela difusão do agronegócio globalizado, entre outros.

Nesse momento que vivemos uma pandemia de Covid, que já ceifou mais de 600 mil vidas somente no Brasil, a ciência vem dando inúmeras contribuições em tempo recorde, seja com a criação de vacinas, procedimentos de tratamento da doença, evidenciando toda sua importância e potencial.

2016: MOMENTO DE INFLEXÃO

Tudo isto hoje está em risco, dado o atual contexto político nacional, no qual temos convivido com constantes cortes de verba, especialmente desde o golpe parlamentar travestido de impeachment da Presidenta Dilma Rousseff em 2016,

comprometendo a continuidade do papel que o CNPq desempenha há décadas de forma tão importante.

O orçamento do CNPq está em queda brutal desde o golpe de 2016. Isto se reflete na diminuição de editais, no não aumento do número e no valor das bolsas etc. Importante dizer que há anos o número de bolsas é muito inferior à demanda das áreas, especialmente considerando a velocidade do crescimento da pós-graduação nas duas últimas décadas.

Isto significa que a ciência e as universidades públicas brasileiras estão em risco. E a considerar o panorama político atual, especialmente as ciências humanas, as sociais aplicadas, a educação e as artes que, de maneira geral, sempre sofrem mais com os cortes, por serem consideradas não prioritárias para o desenvolvimento do país e especialmente agora, com o novo grupo à frente do executivo federal, que elegeu tais setores como as verdadeiras "bruxas modernas".

Os retrocessos políticos desde 2016, que se agravam ainda mais com a posse do atual presidente da República, Jair Messias Bolsonaro (01/01/2019 -), têm promovido um processo de desmonte do sistema de financiamento da pesquisa no Brasil. O cenário atual é de grave crise e cortes de orçamento no CNPq, o grande último no início de outubro do presente ano, quando por interferência do ministro da Economia Paulo Guedes (01/01/2018-), com uma só canetada, houve o corte de percentual significativo das verbas do CNPq, comprometendo toda a base de sustentação da instituição e, por consequentemente, do ensino superior público, que efetivamente está ameaçada.

As políticas de fomento à educação, à ciência e à tecnologia refletem as escolhas políticas dos governos e, desta forma, dada a total falta de visão estratégica do atual, estamos efetivamente andando para trás e os avanços conseguidos pela área de CT&I vêm sendo dia a dia desestabilizados.

Tudo que vivenciamos me leva a apresentar para os leitores uma hipótese preocupante. Qual seria esta hipótese? A de que, mais do que cortes de verba para a pesquisa científica, estaria havendo quase um desmonte do CNPq. Quero dizer com isto que os cortes não afetam somente as bolsas, os financiamentos à pesquisa, mas

todo o funcionamento da instituição, como se a mesma estivesse sendo aos poucos corroída por dentro.

Estamos vivendo uma democracia rasurada. Outros neologismos ou metáforas poderiam ser utilizados para o caso do CNPq, ou seja, não é que ele deixou de existir, ele continua, mas ações e processos importantes estão sendo comprometidos, como se aos pouquinhos estivessem corroendo alguns dos pilares da instituição. Acredito que estes são sólidos, construídos ao longo de seus 70 anos, e ainda é tempo de parar estes processos, até por isso insisto na hipótese visando o debate sobre o tema e a mobilização da sociedade como um todo e não só a científica.

O FUTURO ESTÁ EM RISCO

Não tenho dúvidas de que a graduação e a pós-graduação das universidades públicas serão rapidamente impactadas por todos estes processos. Estamos vivenciando dois movimentos que vão em sentidos opostos: o número de cursos e alunos da graduação e da pós-graduação cresceu muito nas últimas duas décadas e a verba para financiamento da pesquisa está em queda abrupta.

Penso que todos já estamos sentindo o que tudo isto significa no nosso cotidiano: encolhimento da pesquisa pura e da aplicada, da pesquisa em rede; diminuição da cooperação e da mobilidade acadêmica; redução dos convênios e acordos bilaterais; decréscimo da interdisciplinaridade; restringimento da desconcentração da produção do conhecimento; comprometimento da formação de recursos humanos na graduação e na pós-graduação; minoração das possibilidades de influenciar políticas públicas etc.; emigração de cientistas, na contramão do que ocorria nos últimos quinze ou vinte anos.

Diante do quadro, parece-me que o mais importante agora é olhar para frente, é pensar o futuro. Os desafios que sempre foram grandes estão ainda maiores.

Como em outras áreas, tal como na Previdência, não se trata de falta de recursos, mas de escolhas políticas, de vontade política e, talvez, como tudo vem demonstrando, também de falta de visão estratégica e de conhecimento de como fazer. Mas, não se enganem, o propósito de todos os ataques ao ensino e à pesquisa públicos

é, sem sombra de dúvida, o projeto do atual governo de acabar com as universidades públicas no país. Sem elas, não há nenhuma chance de algum dia termos diminuída nossa histórica desigualdade socioespacial.

É hora de repensar as estratégias de ação para o futuro, mas o futuro que já começa após a leitura desta oração, e lutar para que o financiamento à educação e à pesquisa científica seja público e parte de uma política de Estado e que não possa sofrer intervenções radicais a cada novo governo, como está acontecendo agora, que colocam em risco a sobrevivência de todo o sistema de ensino e pesquisa públicos, construído ao longo de décadas.

Nenhuma sociedade se constrói sem conhecimento, sem educação, sem ciência, sem pesquisa, que são pilares estruturais do desenvolvimento econômico e social. Somo-me aos que defendem que gastos com ensino e pesquisa, ciência e tecnologia não constituem despesa, mas investimento, muito diferente do que costumam entender os que estão à frente das áreas econômicas e, por mais inusitado que seja, opinião compartilhada pelo nosso atual ministro da Educação, que considera que "universidade não é para todos".

Uma rápida pesquisa sobre o tema mostrará que são inúmeros os países que investiram suas maiores somas nestes setores exatamente nos momentos de piores crises econômicas e não o contrário. Isto porque as despesas em educação, ciência e tecnologia ampla e rapidamente se replicam, direta e indiretamente, na dinamização da economia, além de se constituírem no sustentáculo de todo país, por gerações.

Neste momento, precisamos pensar em algumas frentes de atuação visando reverter o quadro vigente. Citemos ao menos duas, uma mais específica, da comunidade científica e uma mais geral, da sociedade como um todo. São várias as vozes que têm afirmado que é importante que a sociedade melhor compreenda o que significam as universidades públicas e a pesquisa científica para o país. Enquanto isto não ocorrer será difícil ter o apoio da sociedade como um todo, que continuará acreditando nas *fake news* que têm se replicado pelas redes sociais, muitas delas inclusive a partir do próprio grupo de apoio do atual governo federal.

Uma coisa é certa, é hora de nos reinventarmos. Devemos entender que estamos terminando uma fase, um momento da política, da história, da economia, da pesquisa e uma nova está começando e não temos certeza de qual contorno terá. Mas isto vai depender muito da nossa força de reivindicação. Temos que lutar para defender a universidade pública, a pesquisa e a ciência brasileiras.

Termino destacando que precisamos estabelecer nossas estratégias de ação, pois sem elas não vamos chegar a lugar algum. Entendo que a metodologia científica serve para qualquer coisa na vida. Assim, está na hora de construirmos nosso projeto para enfrentar a nova realidade: estabelecer nossos objetivos, quais procedimentos para atingi-los e assim por diante. E este sim, deve ser um projeto em rede, que una a todos nós, com todas as áreas do conhecimento de mãos dadas, como de resto com toda a sociedade brasileira.

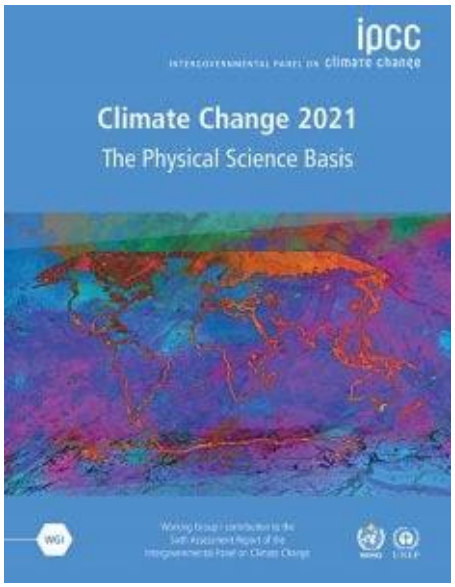
O papel dos sindicatos, das entidades e das associações profissionais devem também ter papel primordial neste contexto. Só assim teremos alguma chance de reter os retrocessos do presente e desatar os nós que significam entraves para avançarmos na construção da emancipação social e da democracia, que estão bastante ameaçadas.

Caso contrário, direitos conquistados depois de décadas de luta pela sociedade continuarão sendo moeda de troca no balcão de negócios dos governos, com o incremento da reestruturação produtiva, do ultraneoliberalismo, sob o comando do capital financeiro, com o acirramento das desigualdades socioespaciais, dos conflitos e da fome, no campo e nas cidades.

É o futuro que está em jogo.

RESENHA

UM BREVE COMENTÁRIO A RESPEITO DO IPCC AR6



Vinícius Machado Rocha

Doutor. Professor da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB)

E-mail: vinimrocha@ufrb.edu.br

As mudanças climáticas atuais são reais, causadas pelas atividades antropogênicas, estão se intensificando numa velocidade surpreendente, sem precedentes nos últimos 2 mil anos. Suas consequências mostram-se potencialmente gravíssimas para os seres humanos e para a Terra, incluindo a intensificação de tempestades, secas severas e ondas de calor extremo. A frequência e intensidade dos eventos climáticos extremos aumentaram na maioria das áreas continentais desde 1950 e irão se agravar nas próximas décadas proporcionalmente ao aquecimento global. Se a temperatura média do planeta aumentar 4,0°C (em relação ao período de 1850-1900) antes de 2100 o número de eventos climáticos extremos em algumas regiões pode se tornar nove vezes maior (IPCC AR6, 2021).

O alerta foi feito pelo Sexto Relatório de Avaliação (AR6, em inglês) do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), divulgado no mês de agosto de 2021 em Genebra, na Suíça, reunindo as principais conclusões da contribuição do Grupo de Trabalho 1 (GT1) do órgão. A publicação sintetiza o conhecimento sobre as bases físicas das ciências relacionadas ao clima. Em outras palavras, o relatório produzido pelo GT1 analisa as evidências científicas da mudança do clima.

Mais de 14 mil estudos foram analisados na elaboração do AR6 e as evidências não deixam dúvidas nem sobre o papel do homem na mudança do clima global, nem sobre a gravidade do problema. O que muda nesse novo documento em relação ao Quinto Relatório de Avaliação (AR5) publicado em 2013 (IPCC AR5, 2013) é, principalmente, o grau de refinamento das análises sobre o que está ocorrendo e das projeções sobre o que pode vir a acontecer no futuro, com base nos novos conhecimentos acumulados ao longo dos últimos oito anos.

De acordo com o Sumário para Tomadores de Decisão (*Summary for Policy Makers*), é inequívoco que a ação humana, por meio da emissão de gases de efeito estufa (GEE) originados principalmente pela queima de combustíveis fósseis para geração de energia e, especialmente no Brasil, por mudanças no uso e cobertura da terra (desflorestamento), aqueceu o sistema climático e que estão ocorrendo mudanças generalizadas, rápidas e irreversíveis (IPCC AR6, 2021). Comparativamente, o IPCC AR5 (2013) reportava ser "extremamente provável" que a influência humana fosse a causa preponderante do aquecimento observado desde meados do século XX". Portanto, ao empregar o termo "inequívoco" o IPCC AR6 (2021) acrescenta mais certeza e contundência ao fato. A mudança climática induzida pelo homem já está afetando muitos extremos climáticos e meteorológicos em todas as regiões do globo (IPCC AR6 2021).

De acordo com o Atlas da Mortalidade e Perdas Econômicas por Extremos Meteorológicos, Climáticos e Hídricos (*Atlas of Mortality and Economic Losses from Weather, Climate and Water Extremes*), divulgado pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) também no mês de agosto de 2021, as mudanças climáticas e os eventos extremos quintuplicaram o número de desastres naturais em 50 anos. Foram reportados mais de 11 mil desastres de 1970 a 2019, com pouco mais de 2 milhões de mortes e US$ 3,64 trilhões em danos. De modo geral, o documento afirma que as perdas econômicas aumentaram sete vezes nas cinco décadas (de uma média diária de US$ 49 milhões na década de 1970 para US$ 383 milhões no período 2010-2019), mas o número de mortes diminuiu quase três vezes no mesmo período (de mais de 50 mil por ano na década de 1970 para menos de 20 mil na década de 2010), em razão de alertas precoces e gerenciamento aprimorado. No entanto, isso ocorreu de maneira desigual no planeta: mais de 91% das mortes se concentraram em países em desenvolvimento. Também é verdade

que o número de pessoas expostas a risco de desastre aumentou devido ao crescimento populacional em áreas expostas a perigos e à crescente intensidade e frequência de eventos climáticos. Os desastres climáticos representaram metade de todos os desastres, concentrando 45% de todas as mortes reportadas e 74% de todas as perdas econômicas no período. Dos 10 principais tipos de desastres documentados, as secas foram as mais mortais (650 mil mortes). Tempestades causaram 577,2 mil mortes, seguidas de inundações (58,7 mil mortes) e eventos de temperaturas extremas (55,7 mil mortes). Na América do Sul, as enchentes causaram o maior número de desastres (59%), a maior perda de vidas (77%) e a maior perda econômica (58%) no período de 50 anos analisado (WMO, 2021).

Portanto, não é apenas o clima médio que está mudando, mas também os extremos climáticos. De modo geral, quanto maior o aquecimento, maior a frequência e intensidade de eventos extremos, e maior a probabilidade de eventos que hoje são raros se tornarem relativamente comuns.

Um ou dois graus celsius a mais de temperatura altera profundamente o funcionamento do sistema climático terrestre como um todo. Na verdade, cada meio grau (0,5°C) faz uma diferença muito grande em termos de impactos. As consequências práticas, segundo o IPCC AR6 (2021), são: aumento na ocorrência e intensidade de tempestades, secas, ondas de calor e outros eventos climáticos extremos; derretimento acelerado de geleiras e da calota polar do Ártico; aumento do nível e da temperatura do mar; mudanças drásticas nos padrões de precipitação ao redor do mundo; entre outras. Eventos de seca que, antes da interferência humana no clima, só ocorriam uma vez a cada dez anos poderão ocorrer duas a três vezes no mesmo período num planeta 2,0°C mais quente. Eventos de calor extremo que só ocorriam uma vez a cada 50 anos poderão ocorrer 14 vezes no mesmo período de tempo. Como é evidente se observar, a produção de alimentos, a segurança hídrica, a conservação da biodiversidade, a qualidade de vida nas cidades, a saúde, a produção de energia e inúmeras outras atividades essenciais à sobrevivência dos seres humanos na Terra experimentariam implicações consideráveis.

Atualmente, segundo o IPCC AR6 (2021) a temperatura média global está em torno de 1,1°C em relação à média observada entre 1850 e 1900, utilizada como referência de temperatura normal do planeta, ou seja, antes do início da interferência humana no

clima, e continua subindo. Na verdade, em áreas continentais o aumento da temperatura já está em 1,6°C, comparado a 0,9°C nos oceanos (o que dá uma média de 1,1°C de aquecimento global total, comparado à era pré-industrial).

Em escala global, porém, esse limite só não foi superado ainda, por causa de um outro problema gerado pelo homem: a poluição do ar urbana, que contém partículas (aerossóis e fuligem) que refletem a energia solar de volta ao espaço e, dessa forma, produzem um efeito de resfriamento – oposto ao causado pelos GEE. De acordo com o IPCC AR6 (2021), essa poluição reduziu o aquecimento global até agora em 0,5°C. Em outras palavras, o material particulado presente na atmosfera está mascarando cerca de um terço do aquecimento que já ocorreu.

Nos últimos 50 anos a temperatura da superfície global aumentou a uma taxa sem precedentes e é muito provável que a década mais recente tenha sido a mais quente dos últimos 125 mil anos. É inequívoco, também, que o aquecimento observado foi impulsionado pelo aumento da concentração de GEE na atmosfera, principalmente o dióxido de carbono (CO_2) que em 2019 atingiu 410 partes por milhão (ppm) – a concentração mais alta nos últimos 2 milhões de anos, segundo o IPCC AR6 (2021).

O IPCC AR6 (2021) utilizou cinco novos cenários de emissões de GEE (identificados pela sigla SSPs – *The Shared Socio Economic Pathways*) para o período de 2015 a 2100 e modelos climáticos mais sofisticados nas simulações numéricas. Dessa maneira, foi possível preencher algumas lacunas de dados e promover uma maior integração das evidências. Como resultado, o IPCC AR6 (2021) traz projeções mais apuradas do impacto das emissões de GEE no sistema climático terrestre.

No cenário mais otimista (SSP1-1.9), as emissões antrópicas de dióxido de carbono decairiam rapidamente nas próximas décadas, chegando a emissões líquidas zero por volta de 2050, e tornando-se negativas a partir daí – o que exigiria não somente a redução de emissões, mas também a implementação de medidas capazes de remover o excesso de carbono já acumulado na atmosfera, como o plantio de árvores em larga escala por todo o planeta; ou seja, a sociedade removeria mais carbono da atmosfera do que acrescenta.

No segundo cenário otimista (SSP1-2.6), isso também ocorreria, porém, a partir de 2080. No cenário intermediário (SSP2-4.5), as emissões de certo modo ainda

aumentariam nos próximos anos e reduziriam em meados do século XXI, mas não o suficiente para chegar a zero antes de 2100. Já nos dois cenários mais pessimistas (SSP3-7.0 e SSP5-8.5) as emissões continuariam aumentando nas próximas décadas, contudo, em intensidades distintas.

Em todos os períodos considerados (curto prazo: 2021-2040; médio prazo: 2041-2060; e longo prazo: 2081-2100), na melhor estimativa do IPCC AR6 (2021), o aquecimento atingiria ou ultrapassaria a marca de 1,5°C nos próximos 20 anos, a não ser que houvesse uma ação imediata e contundente da sociedade no sentido de mudar essa trajetória. O cenário que melhor representa a trajetória atual da Terra é o SSP3-7.0, no qual o aquecimento global ultrapassaria 2,0°C por volta de 2050 e chegaria a 3,6°C no fim do século, com potencial para chegar a 4,6°C, o que implicaria mudanças climáticas extremas e potencialmente catastróficas para os seres humanos e todos os ecossistemas do planeta.

Uma das consequências mais impactantes e irreversíveis do aquecimento global é a elevação do nível do mar, causada pela sinergia entre aumento da temperatura da água (que aumenta o volume dos oceanos, por um processo físico de expansão térmica) e derretimento em massa de geleiras, tanto em terra quanto nos oceanos.

De acordo com o IPCC AR6 (2021), o nível global do mar aumentou 20 cm entre 1901 e 2018, e é muito provável (90% a 100% de probabilidade) que esse aumento seja resultado do aquecimento global causado pelo homem, principalmente nos últimos 50 anos.

A velocidade com que essa elevação está ocorrendo é sem precedentes nos últimos 3 mil anos; e mesmo que as emissões de GEE zerassem imediatamente, essa elevação continuará em curso por pelo menos mais alguns séculos ou milênios, em função do tempo que o calor leva para ser absorvido e se dissipar no oceano. Ainda de acordo com o relatório, estima-se que o nível do mar subirá de 2 m a 3 m nos próximos 2 mil anos, se o aquecimento global for limitado a 1,5ºC; ou até 6 m, num cenário de 2ºC.

No cenário intermediário (SSP2-4.5), projeta-se o aumento no nível global do mar em torno de 44 a 76 cm até 2100. É uma mudança expressiva, que, combinada com o aumento do número e da intensidade de chuvas e tempestades, pode gerar graves

implicações sobre as zonas costeiras continentais, onde vive a maior parte da população brasileira.

O IPCC AR6 (2021) prevê, também, que as geleiras continentais e os mantos de gelo polar continuarão a derreter por centenas de anos, assim como o solo congelado (*permafrost*) da Sibéria, que contém uma quantidade enorme de metano (CH_4) armazenado. O Ártico está se aquecendo duas vezes mais rápido do que o restante do planeta, e a cobertura de gelo marinho durante o verão tem diminuído significativamente nas últimas décadas.

Outros efeitos irreversíveis nos próximos séculos incluem o aquecimento, a acidificação e a desoxigenação das águas oceânicas, com impactos significativos para a biodiversidade marinha global. Ainda que não seja possível frear completamente os processos em curso, o relatório ressalta que a diminuição das emissões de GEE e, consequentemente, do aquecimento global pode reduzir consideravelmente a magnitude e duração dos impactos a médio e longo prazo.

Em escala global, os eventos de chuva forte se intensificarão em cerca de 7% para cada grau adicional de aquecimento, uma vez que a atmosfera aquecida é capaz de reter mais umidade (IPCC AR6, 2021).

Contudo, as simulações numéricas indicam que a região norte da América do Sul se tornará gradativamente mais quente e seca à medida que a temperatura global aumenta, o que poderá alterar gravemente o equilíbrio ecossistêmico da Amazônia como um todo. O mesmo aconteceria na região Nordeste do Brasil, que já é naturalmente seca, o que acarretaria impactos importantes para a segurança hídrica, energética e alimentar da região.

A região central da América do Sul, onde está concentrada a maior parte do agronegócio brasileiro, deverá registrar maior aumento na temperatura e elevação da frequência e intensidade das ondas de calor, além de períodos secos mais prolongados. O Sudeste do Brasil se tornaria, além de mais quente, susceptível a mais extremos climáticos de natureza hídrica.

Por outro lado, na região Sul do Brasil devem ocorrer mais chuvas fortes e com grandes volumes de água. Na verdade, na região mais ao sul do Brasil já se observa um aumento das precipitações.

Em um cenário de aquecimento global de 2,0°C, a temperatura no Brasil pode aumentar, em média, entre 3,0°C e 3,5°C. No entanto, se a temperatura média global aumentar em 4,0°C, projeta-se para o Brasil um aquecimento entre 5,0°C e 5,5°C, principalmente na porção central do país. Isso desencadearia sérios prejuízos à saúde da população, graves consequências aos biomas brasileiros (como o aumento das queimadas) e implicações importantes para a economia do país, incluindo a produção agrícola. Na verdade, cada 0,5°C adicional de aquecimento global causará aumentos estatisticamente significativos nos extremos de temperatura, na intensidade de tempestades e na gravidade de secas em algumas regiões, como no Nordeste do Brasil e no leste da Amazônia.

Uma mudança que chama a atenção no IPCC AR6 (2021) é o recálculo da quantidade de carbono já emitida pelas atividades antrópicas e o encurtamento da janela de tempo dentro da qual o aquecimento global ultrapassará a marca de 1,5°C acima da temperatura "normal" da era pré-industrial. De acordo com o relatório, as atividades antropogênicas emitiram à atmosfera 2.390 bilhões de toneladas de dióxido de carbono entre 1850 e 2019, sendo que a maior parte dessas emissões (entre 80% e 90%) foi gerada pela queima de combustíveis fósseis (petróleo, gás e carvão mineral).

Para limitar o aquecimento global a 1,5°C é necessário, portanto, que as emissões de CO_2 não ultrapassem o valor de 2.900 bilhões de toneladas. No ritmo atual de 40 bilhões de toneladas emitidas por ano, o limite seria superado por volta de 2040.

O objetivo do Acordo de Paris, firmado em 2015 com base nas conclusões do IPCC AR5 (2013), é justamente manter o aquecimento global bem abaixo de 2,0°C e, preferencialmente, até um limite máximo de 1,5°C.

A temperatura média global da superfície continuará a aumentar até pelo menos meados deste século em todos os cenários de emissões considerados. As taxas de aquecimento global de 1,5°C e 2,0°C serão excedidas durante o século XXI, a não ser que reduções significativas nas emissões de CO_2 e outros GEE ocorram nas próximas décadas (IPCC AR6, 2021).

A escala das mudanças recentes no sistema climático como um todo e o estado atual de muitos aspectos do sistema climático não têm precedentes num período de muitos séculos a muitos milhares de anos. A mensagem do IPCC AR6 (2021) é clara: mudar

agora e preparar-se para o impacto. Os pontos de ruptura estão se aproximando e o único nível aceitável de emissões é zero.

Sem uma reação imediata em grande escala, ou seja, de todos os países, no sentido de reduzir significativamente as emissões de GEE, a meta de limitar o aquecimento global a 1,5°C pode se tornar impossível. As emissões globais de CO_2 teriam de ser reduzidas cerca de 7% ao ano até 2050. A solução está posta. O IPCC AR6 (2021) demonstra claramente o que deve ser realizado.

O novo ciclo de avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) deverá ser concluído no início de 2022, quando será publicado o relatório com as contribuições do Grupo de Trabalho 2, com foco em impactos, adaptação e vulnerabilidade às mudanças climáticas, e do Grupo de Trabalho 3, com enfoque em mitigação. A expectativa é que os relatórios embasem as negociações climáticas dos países nas próximas conferências da Organização das Nações Unidas (ONU) sobre o clima (COPs).

REFERÊNCIAS

IPCC AR5 (Intergovernmental Panel on Climate Change). Summary for Policymakers. In: STOCKER, T.F.; QIN, D.; PLATTNER, G.K.; TIGNOR, M.; ALLEN, S.K.; BOSCHUNG, J.; NAUELS, A.; XIA, Y.; BEX, V.; MIDGLEY, P.M. (Eds). **Climate Change 2013:** The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, U.K. and New York, USA: Cambridge University Press, 2013, 27 pp.

IPCC AR6 (Intergovernmental Panel on Climate Change). Summary for Policymakers. In: MASSON-DELMOTTE, V., P. ZHAI, A. PIRANI, S. L. CONNORS, C. PÉAN, S. BERGER, N. CAUD, Y. CHEN, L. GOLDFARB, M. I. GOMIS, M. HUANG, K. LEITZELL, E. LONNOY, J.B.R. MATTHEWS, T. K. MAYCOCK, T. WATERFIELD, O. YELEKÇI, R. YU AND B. ZHOU (Eds). **Climate Change 2021:** The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 2021, 41 pp.

WMO, 2021: The Atlas of Mortality and Economic Losses from Weather, Climate and Water Extremes. Disponível em: <https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=21930#.YT_XuxmSlPZ> Acesso em: 20 de set. 2021.

Recebido em setembro de 2021.

Revisão realizada em outubro de 2021.

Aceito para publicação em dezembro de 2021

ENTRELUGAR

Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFGD

ANO 12 | número 24 | 2021



ISSN 2176-9559

"Essas palavras que escrevo me protegem da completa loucura."
Charles Bukowski, poeta, 1920-994