ENTRELUGAR

OS CLIMAS DO RIO GRANDE DO SUL: UMA PROPOSTA DE CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA[1]

THE CLIMATES OF RIO GRANDE DO SUL: A CLIMATE CLASSIFICATION PROPOSAL

LOS CLIMAS DEL RIO GRANDE DO SUL: UNA PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA

Maíra Suertegaray Rossato

Professora Titular do Departamento de Humanidades na área de Geografia do Colégio de Aplicação/UFRGS e professora do Programa de Pós-Graduação em Geografia IGEO/UFRGS.

E-mail: mairasuerte@gmail.com

RESUMO

Este trabalho apresenta a classificação climática elaborada para o estado do Rio Grande do Sul, resultado da tese "Os climas do Rio Grande do Sul: variabilidade, tendências e tipologia". O método de classificação climática contemplou análises qualitativas e quantitativas, baseadas na climatologia genética e dinâmica, em associação com análises estatísticas. Com relação à tipologia climática, o estado do Rio Grande do Sul se situa em área de domínio do Clima subtropical, subdividido em quatro tipos principais: Subtropical I - Pouco Úmido (dividido em Subtropical Ia - Pouco úmido com inverno frio e verão fresco e Subtropical Ib - Pouco úmido com inverno frio e verão quente); Subtropical II - Medianamente úmido com variação longitudinal das temperaturas médias; Subtropical III - Úmido com variação longitudinal das temperaturas médias; e d) Subtropical IV - Muito úmido (dividido em Subtropical IVa - Muito úmido com inverno fresco e verão quente e Subtropical IVb - Muito úmido com inverno frio e verão fresco). O Rio Grande do Sul apresenta regiões climaticamente bem diferenciadas, evidenciando certa heterogeneidade, ao contrário de grande parte das classificações climáticas mais conhecidas do estado.

Palavras–chave: climatologia; variabilidade; tendências; tipologia; Rio Grande do Sul.

[1] Este texto constitui adaptação de parte dos resultados da tese desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFRGS e defendida 2011, orientada pelo prof. Dr. Luis Alberto Basso e co-orientada pelo prof. Dr. Francisco Mendonça.

ABSTRACT

This paper presents the climatic classification developed for the Rio Grande do Sul, as a result of the thesis "The climate of Rio Grande do Sul: variability, trends and typology". The climate classification method contemplated both qualitative and quantitative analyses based on genetic and dynamic climatology, in association with statistical analysis. Regarding climate typology, the state of Rio Grande do Sul is located in a subtropical climate area, subdivided into four main types: Subtropical I - Little humid (divided in Subtropical Ia - Little humid with cold winter and cool summer and Subtropical Ib - Little humid with cold winter and hot summer); Subtropical II - Medium humid with longitudinal variation of average temperatures; Subtropical III - Humid with longitudinal variation of average temperatures; and Subtropical IV - Very Humid (divided in Subtropical IVa - Very humid with cool winter and hot summer and Subtropical IVb - Very humid with cold winter and cool summer). The state of Rio Grande do Sul has climatically different regions showing a certain heterogeneity, unlike most of the best-known climate classifications of the state.

Keywords: climatology; variability; trends; typology; Rio Grande do Sul.

RESUMEN

Este trabajo presenta la clasificación climática elaborada para Rio Grande do Sul, resultado de la tesis "Los climas de Rio Grande do Sul: variabilidad, tendencias y tipología". El método de clasificación climática incluyó análisis cualitativos y cuantitativos, basados en climatología genética y dinámica, asociado con análisis estadístico. En cuanto a la tipología climática, el estado de Rio Grande do Sul se ubica en un área de clima subtropical, subdividido en cuatro tipos principales: Subtropical I - Poco húmedo (dividido en Subtropical Ia - Poco húmedo con invierno frío y verano fresco, y Subtropical Ib - Poco húmedo con invierno frío y verano caluroso); Subtropical II - Medio húmedo con variación longitudinal de las temperaturas medias; Subtropical III - Húmedo con variación longitudinal de las temperaturas medias; y d) Subtropical IV - Muy húmedo (dividido en Subtropical IVa - Muy húmedo con invierno fresco y verano caluroso, y Subtropical IVb - Muy húmedo con invierno frío y verano fresco). Rio Grande do Sul presenta regiones climáticamente bien diferenciadas, mostrando una cierta heterogeneidad, a diferencia de la mayoría de las clasificaciones climáticas más conocidas del estado.

Palabras clave: climatología; variabilidad; tendencias; tipología; Rio Grande do Sul.

INTRODUÇÃO

É crescente e inquestionável a importância do manejo dos recursos naturais para a sobrevivência do homem no planeta. O clima constitui um recurso essencial para a vida e as atividades humanas. Os elementos climáticos condicionam a dinâmica do ambiente, contribuem para a formação de solos, para o crescimento, o desenvolvimento e a distribuição das plantas e animais, moldam formas de relevo, abastecem corpos d'água e repercutem nas atividades humanas.

O clima e as atividades antrópicas têm uma relação de retroalimentação, isto é, o clima influencia as atividades humanas e vice-versa. Durante muito tempo, o controle maior era exercido pelo clima sobre homens e mulheres, suas atividades e o processo produtivo. No entanto, com o desenvolvimento científico-tecnológico e crescimento da população, homens e mulheres passam a influenciar o clima, especialmente em escala local.

O conhecimento do clima de uma região possibilita organizar os setores econômico-sociais que têm articulação direta com dinâmica climática. Nesse sentido, várias atividades econômicas são influenciadas pela ação do clima em diferentes graus, a exemplo da agricultura, do comércio, da indústria, do transporte e das comunicações.

> A relação entre clima e organização do espaço depende do grau de desenvolvimento econômico e tecnológico de cada sociedade em particular e de quais atributos são fundamentais em cada ecossistema do planeta. (SANT'ANNA NETO, 1998, p. 121).

O papel exercido pelo clima na organização das áreas rurais e urbanas é diferente, porém igualmente relevante. Nas áreas urbanas, as edificações e as mudanças na infraestrutura alteram, principalmente o balanço de energia, modificando o clima original. Nas áreas rurais, mesmo que a variabilidade sazonal e as excepcionalidades climáticas possam afetar a produção agrícola, o desenvolvimento tecnológico garante a

produção em condições de vulnerabilidade, afeta os condicionantes e, por consequência, os elementos do clima.

Tendo em vista os pontos levantados anteriormente, este texto propõe-se a apresentar o processo de elaboração da classificação climática desenvolvida para o Rio Grande do Sul, resultado da tese "Os climas do Rio Grande do Sul: variabilidade, tendências e tipologia. A proposta principal desta tese era fazer a atualização do conhecimento da climatologia em escala regional para o estado do Rio Grande do Sul, sintetizada a partir da construção de uma classificação climática que incorporasse, também, o uso de novas metodologias e tecnologias. Mais especificamente, propôs-se uma análise climatológica do Estado para o período entre 1970 e 2007, associando a abordagem qualitativa (genética e dinâmica) e a quantitativa (estatística), uma vez que entendemos serem estas complementares. O objetivo desta nova classificação é dar subsídios ao planejamento e à gestão das atividades nas diferentes regiões do Rio Grande do Sul (RS), além de apresentar-se como alternativa à classificação de Köppen, tradicionalmente utilizada nos estudos climáticos, seja em escala nacional, regional ou local.

O CONTEXTO E AS ESCOLHAS

Ao longo do século XX, especialmente na primeira metade, vários trabalhos foram publicados caracterizando os climas da região Sul, ou do estado do Rio Grande do Sul. Nestas referências, aspectos comuns ganham destaque, como a regularidade (espacial e em volume) das precipitações e a diferenciação marcada da temperatura ao longo das estações do ano. São produções embasadas em uma climatologia separativa e descritiva, em que o comportamento dos atributos é, em geral, explicado pelos fatores estáticos do clima, como o relevo e a continentalidade, já que latitude, considerando a escala do

Estado, não apresenta variação significativa (ARAÚJO, 1930; MACHADO, 1950; MOTA, 1951; MAGNANINI, 1955; MORENO, 1961; HAUSMAN, 1965).

A partir dos anos 1960, com a mudança de paradigma na climatologia brasileira, os estudos acerca do clima Sul-riograndense passam a valorizar a dinâmica das massas de ar e a associação dos elementos climáticos na gênese do clima. A abordagem do estado era feita a partir da escala de Brasil ou de Região Sul, não de maneira específica (ANDRADE, 1972, MONTEIRO, 1968; NIMER, 1977; SERRA, 1974, 1975a e 1975b). Ainda hoje, o que ocorre é uma análise que privilegia os elementos do clima isolados, estudados individualmente, predominantemente em escala local (DANNI, 1987; OLIVEIRA, 1997; SOUZA, 1997; FONTANA e ALMEIDA, 2002; LIVI, 2002; ROSSATO, 2002; MARQUES *et al*., 2003; SAWASATO *et al*., 2004; MARTINS, 2005). Essa tendência reflete o encaminhamento dado aos estudos geográficos, entre eles o do clima, de privilegiar a análise em escala local. Sob outro aspecto, pode ser explicada pela deficiência na rede de estações meteorológicas e nas falhas presentes nas séries temporais que podem inviabilizar trabalhos de maiores detalhamento.

São pouco comuns as investigações com dados mais atualizados que procuram avaliar a evolução da interação dos elementos climáticos no Rio Grande do Sul, especialmente em escala regional, de forma integrada e dinâmica. Da mesma forma, são reduzidos os estudos que buscam uma nova classificação/regionalização das unidades climáticas do estado. Desde Nimer (1972), o único estudo envolvendo uma proposta de regionalização climática para o RS foi o desenvolvido por Maluf (2000). Este, fundamentado no método desenvolvido por Camargo (1991), utiliza como parâmetros a temperatura média anual e do mês mais frio, balanço hídrico e a indicação dos meses com deficiência hídrica. Entretanto, esta classificação é direcionada para a agronomia, pois resulta em 10 classes de aptidão agroclimática. A ausência, portanto, de estudos atuais

com um enfoque geográfico- os trabalhos mais recentes datam dos anos setenta - sobre esta temática no estado do Rio Grande do Sul justificou o desenvolvimento desta classificação.

Além disso, a atualização dos dados é importante, porque o clima do planeta vem sofrendo transformações ao longo do tempo, alterando a dinâmica ambiental.

> Relevos residuais, paleo-solos, depósitos de fósseis, associações vegetais relictuais, etc. comprovam mudanças significativas nas características em macro, meso e micro-escalas, frutos de desvios operados na dinâmica atmosférica, ou seja, nos padrões de circulação, mormente nas médias e baixas latitudes. (CONTI, 2000, p. 17).

O quinto relatório sobre mudanças climáticas elaborado pelo Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC, 2013) indicou que, desde 1880, a temperatura média global aumentou 0,85°C, e até o final deste século pode ser registrado um aumento de 1 a 2° C na temperatura média global acima do nível de 1990 (cerca de 1,5 a 2,5° C acima do nível pré-industrial). Apontou, também, modificações das temperaturas máximas e mínimas (aumento) e da precipitação (diminuição das chuvas em áreas áridas e semiáridas de médias e baixas latitudes, e aumento em muitas regiões úmidas de latitudes médias). Esses estudos permitem identificar possíveis mudanças climáticas em escala regional, consequentemente mudanças no quadro climático do Rio Grande do Sul.

Mendonça (2007) identificou, para a região Sul do Brasil, alterações térmicas (aquecimento de mais de 0,7°C com mudanças, sobretudo, nas temperaturas mínimas) e elevação dos totais pluviométricos anuais (umidificação com tendência à concentração) entre 1961 e 2004.

A partir desta discussão, entende-se que a elaboração de uma classificação climática que apresente um quadro geral atualizado da variabilidade espaço-temporal dos

elementos do clima, constitui contribuição importante ao entendimento do impacto das mudanças ambientais globais no espaço Sul-riograndense.

Neste contexto, é relevante, apresentar a questão das escalas geográficas do clima e sua relação com a classificação climática. Escala geográfica do clima indica a dimensão ou ordem de grandeza através da qual os fenômenos climáticos são estudados.

O clima pode ser abordado nas suas dimensões espacial (extensão) e temporal (duração), normalmente trabalhadas conjuntamente. As escalas espaciais mais conhecidas são macroclimática, mesoclimática e microclimática, enquanto as temporais são a geológica, histórica e contemporânea (MENDONÇA & DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Para esta pesquisa, foram utilizadas as escalas mesoclimática e contemporânea, pois está sendo feito o mapeamento de um Estado, considerando um período mais recente de tempo (escalas anuais, mensais e diárias no período de 1970-2007).

Sobre classificação climática e escalas de análise, Monteiro (1971) diz que um dos problemas significativos é querer abranger a escala planetária, partindo das variações quantitativas dos elementos climáticos em escala local. Monteiro (1964, p.61) articula as diferentes escalas geográficas do clima da seguinte forma:

> Se a escala zonal generaliza, pelas leis gerais da influência da latitude sobre a radiação – fundamento básico da energia terrestre – e a escala local diversifica e multiplica, pela influência dos múltiplos e pequenos fatores das diferentes esferas do domínio geográfico, a escala regional lhes dá a verdadeira unidade geográfica.

A escala regional permite o reconhecimento dos fatores geográficos na definição das interações que produzem padrões de organização natural a serviço da adaptação ou derivação humana. O entendimento do clima como regulador das atividades

humanas é necessário e daí o estudo e o entendimento do clima regional para planejamento e gestão do espaço geográfico (MONTEIRO, 1999).

Sant'Anna Neto (2003) articula as escalas geográficas do clima com seus respectivos objetivos, contextualizando-as no debate das mudanças globais. Os estudos climáticos em escala regional baseiam-se na variabilidade climática com origens, tanto de caráter natural quanto socioeconômico, podendo se expressar por padrões naturais ou transformações derivadas da ação antrópica.

A partir do que foi posto fica clara a importância dos estudos em escala regional como forma de produzir elementos essenciais para a organização do espaço geográfico do Estado. Em síntese, para elaborar esta classificação, foi definida a análise dos fenômenos climáticos na escala espaço-temporal regional (RS) e contemporânea (escalas anuais, mensais e diárias no período de 1970-2007).

A PROPOSTA DE CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA

Mesmo que dois lugares na superfície terrestre não tenham climas idênticos, é possível definir regiões nas quais o clima é relativamente uniforme entre diversos lugares. Essa região é chamada região climática. A regionalização do clima é feita a partir do processo de classificação de áreas, com o objetivo geral de definir o clima em unidades ou tipos, fazendo agrupamento de diferentes variáveis por afinidades. As variáveis utilizadas dependerão do objetivo do pesquisador, da aplicação do estudo.

Barry e Chorley (1998) entendem que o propósito de qualquer sistema de classificação climática é obter um arranjo eficiente de informações de forma simples e generalizada. Mendonça & Danni-Oliveira (2007, p. 114) definem para estas classificações três objetivos *"que se inter-relacionam como ferramentas científicas*

fundamentais; ordenar grande volume de informações; possibilitar a rápida recuperação da informação e facilitar a comunicação".

Regionalizar o clima para classificá-lo não é, entretanto, uma tarefa simples. Além dos problemas de cobertura das estações meteorológicas, período das séries e confiabilidade dos dados, existe a questão dos limites ou fronteiras climáticas.

> As delimitações espaciais dos tipos climáticos constituem-se em expressões de parâmetros estatísticos, sendo que as fronteiras entre os diferentes domínios climáticos exprimem verdadeiras áreas de transição entre eles. Nessas áreas de transição, os elementos que compõem os climas possuem "uniformidade" menos expressiva, ou seja, sua maior variabilidade espaço-temporal dificulta a formação de tipos mais consolidados. (MENDONÇA & DANNI-OLIVEIRA, 2007, P. 115).

A escolha das variáveis a serem utilizadas para o estabelecimento das regiões climáticas é ponto importante e depende, como já foi dito, dos objetivos a que se destina a classificação. Os elementos mais utilizados são a temperatura e a precipitação pluviométrica, pois compõem séries mais longas e com maior cobertura espacial (especialmente a precipitação) e são indicadores climáticos primários, isto é, deles dependem os demais elementos.

No entanto, na classificação climática regional, além da escolha dos elementos climáticos, é imprescindível considerar os fatores geográficos do clima. Regionalmente, a latitude, o relevo/altimetria, a continentalidade, a maritimidade, e vegetação e a atividade humana exercem influência sobre a dinâmica dos elementos do clima.

No que diz respeito aos métodos de classificação, existem: o estático, elaborado pela média dos diversos elementos do clima, particularmente temperatura e precipitação; e o dinâmico e genético, dado pelos vários tipos de tempo que juntos compõem o clima (NIMER, 1972).

A análise das diferentes classificações elaboradas para o RS revela caminhos diferentes: aquelas que tratam do RS em escala nacional adotam, na maior parte, procedimentos da climatologia dinâmica; aquelas elaboradas especificamente para o RS por sua vez adotam procedimentos, predominantemente da climatologia estática. Particularmente a classificação de Köppen, a mais difundida em âmbito técnico científico, caracteriza-se por ser muito genérica e não incorporar dados que revelem maior detalhes da variabilidade climática no estado.

Nesta pesquisa, enquanto categoria principal de análise, entende-se clima como a série dos estados atmosféricos acima de um lugar em sua sucessão habitual (SORRE, 1934). No entanto, faz-se necessária uma complementação a esta ideia trazendo a leitura de clima de Nimer (1972, p. 141-142), em que

> Clima é uma composição ou generalização das diversas condições de tempo do dia-a-dia. Tais generalizações não residem, unicamente, na média das condições de tempo. A variação média é tão ou mais importante do que média em si. Certamente que no retrato do clima não é possível figurar toda a variação do tempo, mas é possível e imprescindível que nele sejam pintados, pelo menos, as mudanças de estação, as quais são geralmente suas características mais proeminentes.

Para Monteiro (*apud* ELY, 2006, p. 86-87),

> a consideração do conceito de clima como uma abstração teórica se configura em uma possibilidade de generalização estabelecida pela razão humana, permitindo a elaboração de classificações climáticas que podem resultar da aplicação de cálculos matemáticos, da consideração de parâmetros qualitativos ou da associação de ambos.

Tomando como base os conceitos de clima já explicitados e pensando na necessidade de se desenvolver um método de classificação climática que contemple análises qualitativas e quantitativas, aqui entendidas como complementares, desenvolve-se uma proposta baseada na climatologia genética e dinâmica, associada à análise estatística. Esta analisa de forma integrada os elementos do clima e a circulação

atmosférica de superfície (dinâmica das massas de ar), articulados a técnicas estatísticas e geoestatísticas. Considera em termos escalares a dimensão espacial do Rio Grande do Sul, já que a classificação climática de Köppen (mais usada) é construída a partir da escala global. Incorpora um conjunto mais abrangente de variáveis, considerando que Köppen se restringe à vegetação, à precipitação e à temperatura.

Como síntese, é feita a espacialização das variáveis de forma a definir regiões climáticas para o RS. No que se refere aos limites entre os tipos climáticos, esta regionalização, pelos procedimentos adotados não estabelece limites rígidos entre as regiões, mas sim zonas de transição.

MATERIAIS E MÉTODO[2]

O processo de classificação resultou de duas etapas que serão explicadas na sequência: a) uma regionalização preliminar produzida a partir da técnica geoestatística chamada Análise dos Componentes Principais (ACP) que permitiu a identificação de padrões climáticos, associada ao mapa das unidades geomorfológicas definidas por Müller Filho (1970); e b) o refinamento por meio do detalhamento da dinâmica atmosférica com a análise rítmica para o ano padrão 2000.

No que tange à primeira etapa, primeiramente fez-se a coleta de dados das séries temporais de 37 estações meteorológicas do Rio Grande do Sul, seis de Santa Catarina, cinco do Uruguai e cinco da Argentina para o período de 1970-2007 (Figura 1). Foram obtidos dados médios mensais de temperatura média, temperatura máxima e mínima média e temperatura máxima e mínima absoluta, precipitação pluviométrica, dias

[2] Para conhecimento detalhado da proposta metodológica, indica-se a consulta à tese no site https://lume.ufrgs.br/handle/10183/3262

com precipitação, dias com geada, umidade relativa do ar, pressão atmosférica e insolação. Tais dados foram fornecidos pelo 8º Distrito de Meteorologia (8º DISME), pela Fundação Estadual de Pesquisas Agronômicas do Rio Grande do Sul (FEPAGRO), pela *Dirección Nacional de Meteorología* (DNM) do Uruguai e pelo *Centro de Información Meteorológica* (CIM) da Argentina. Os dados da Argentina foram enviados via correio eletrônico, enquanto os dados do Uruguai disponibilizadas na página eletrônica da *Dirección Nacional de Meteorología* (http://www.meteorologia.com.uy/).

A partir daí, fez-se análise estatística de todos os dados através de técnicas clássicas de estatística descritiva, como cálculos de medidas de tendência central (médias), de medidas de variabilidade ou dispersão (desvio padrão e coeficientes de variação), tendências, de regressão e de correlação linear simples. Também foram aplicadas as técnicas de agrupamento chamadas Análise Hierárquica por Pares Recíprocos e Análise de Componentes Principais (ACP).

Tendo as médias calculadas, fez-se a espacialização das informações por meio da interpolação com o método *Kriging* e, com estes mapas, foi possível fazer a Análise dos Componentes Principais para identificar uma distribuição espacial habitual dos elementos do clima.

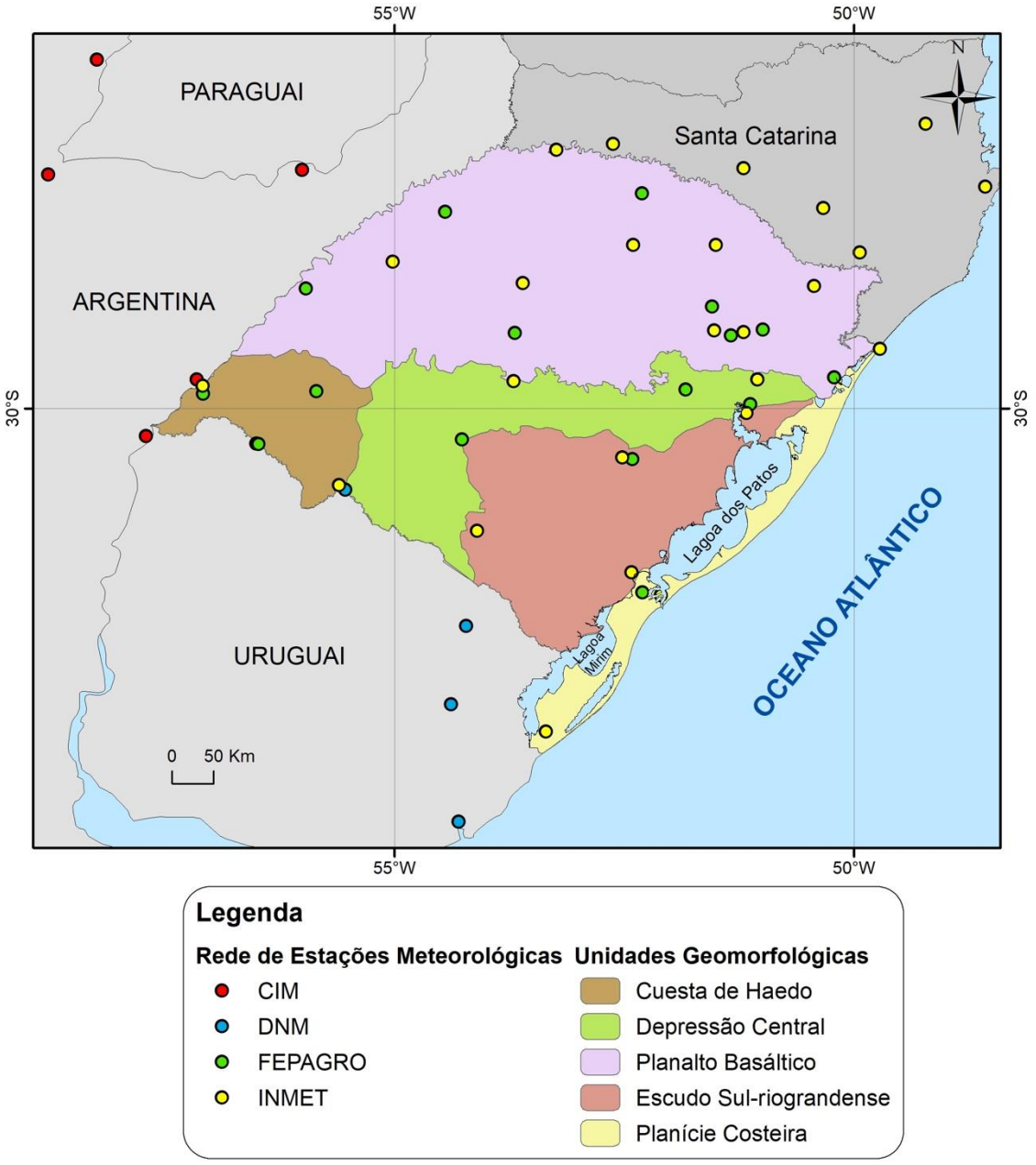

Figura 1: Rio Grande do Sul – Distribuição da Rede de Estações Meteorológicas e Unidades Geomorfológicas. Adaptado de: Müller Filho (1970).

Análise de Componentes Principais é um método de descorrelação de dados que procura encontrar uma transformação mais representativa e geralmente mais compacta das observações. Esta técnica pressupõe a análise de um conjunto de imagens, neste caso, os planos com a espacialização das variáveis meteorológicas mês a mês para cada ano da série, e produz um novo conjunto de imagens, indicando os componentes descorrelacionados e explicitando, progressivamente, a menor variância encontrada nas imagens originais. Em síntese a ACP é um método que tem por finalidade básica, a redução de dados a partir de combinações lineares das variáveis originais (MARQUES, 2005).

Este processo trouxe resultados que serviram para compreender a dinâmica climática do Rio Grande do Sul ao longo do período estudado, indicando quais as regiões apresentam maior e menor variabilidade dos elementos climáticos analisados. Aqui se entende que quanto menor a variabilidade temporal de determinado elemento em uma área, mais homogênea ela é. Esta área pode, então, ser definida como núcleo da região. A partir do núcleo a variabilidade vai aumentando, o que indica mudança do padrão. Os planos de informação resultantes de cada elemento climático analisado foram sobrepostos, através do cruzamento booleano, com o mapa das unidades geomorfológicas. A compartimentação geomorfológica utilizada nesta classificação leva em consideração as unidades topográficas, estrutura rochosa e formas do relevo e, portanto, configura-se na primeira expressão da paisagem do RS (Figura 1).

No desenvolvimento da análise rítmica, foi utilizada a técnica dos anos padrão para definir o ano habitual, isto é, aquele representativo do ritmo normal (MONTEIRO, 1976; SANT'ANNA NETO, 1990). O ano definido como padrão habitual foi o ano de 2000, e, para este ano foram analisados os dados diários de temperatura média, máxima e mínima, pressão atmosférica, umidade relativa do ar, precipitação e

direção dos ventos de seis localidades representativas dos principais tipos climáticos do RS.

A frequência de atuação das massas de ar ou dos sistemas atmosféricos foi indicada pelo índice de participação das massas de ar desenvolvido por Monteiro (1964). Nesta análise, foram utilizadas as cartas sinóticas de superfície diárias referente às 12 horas GMT fornecidas pelo Serviço Meteorológico do Centro de Hidrografia Marinha (https://www.marinha.mil.br/chm/dados-do-smm-cartas-sinoticas/cartas-sinoticas) para o ano padrão definido. Destas duas últimas análises, foram elaborados gráficos de análise rítmica e um mapa com a distribuição das massas de ar no ano padrão (2000) (Figura 2).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A classificação elaborada permitiu definir quatro tipos de clima, dois deles com duas subdivisões, para o estado do Rio Grande do Sul (Figura 3). Para sua caracterização foram utilizados os mapas produzidos pelo método de *Kriging*, associados aos resultados da Análise dos Componentes Principais, bem como os resultados da análise rítmica e das análises da variabilidade anual, sazonal e mensal das variáveis climáticas. Para a elaboração do mapa dos tipos de clima do RS foram elaborados, entre mapas base e subprodutos de cruzamento, 1632 mapas.

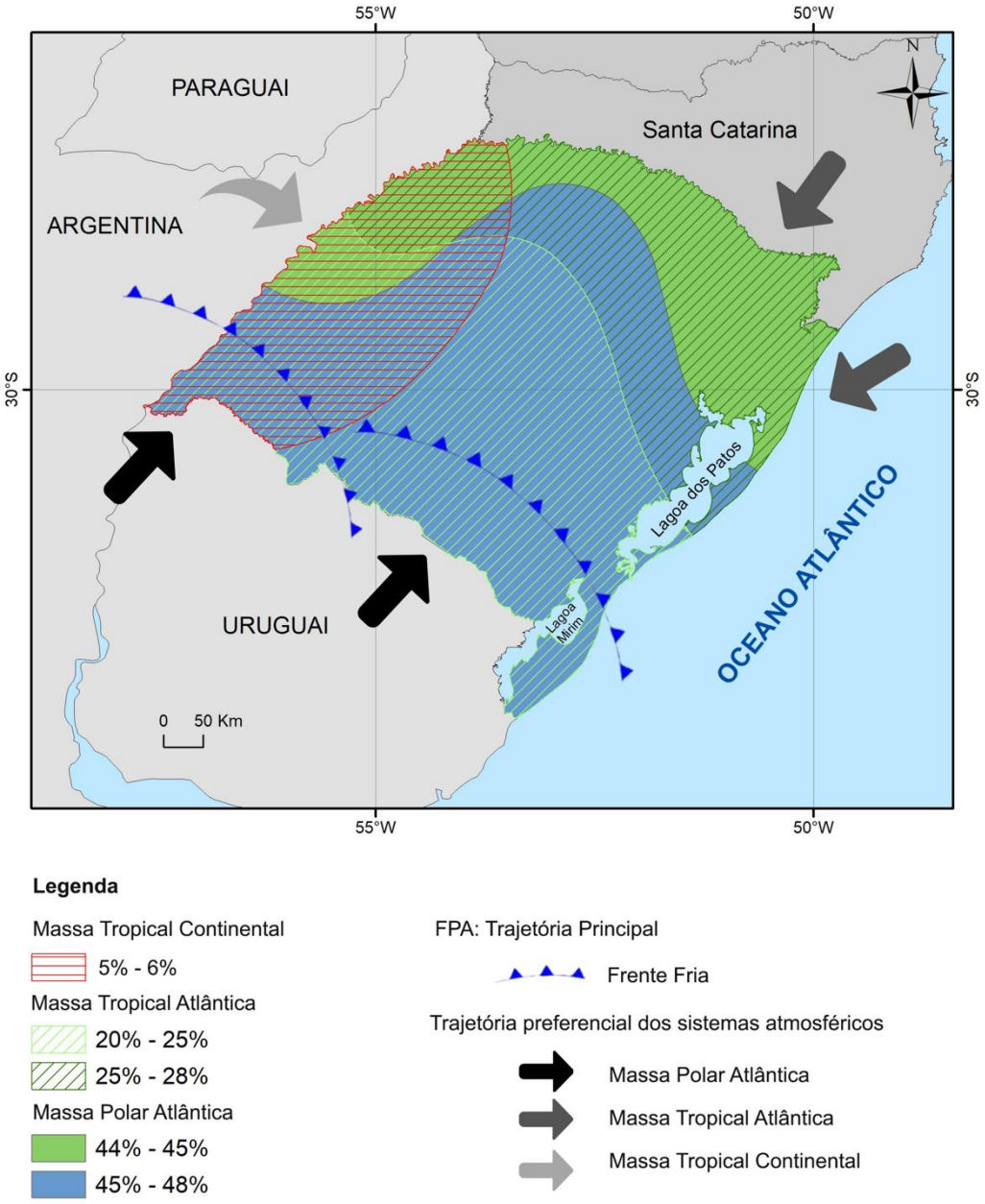

Figura 2: Rio Grande do Sul – Sistemas Atmosféricos atuantes no ano padrão 2000. Fonte: ROSSATO, 2011

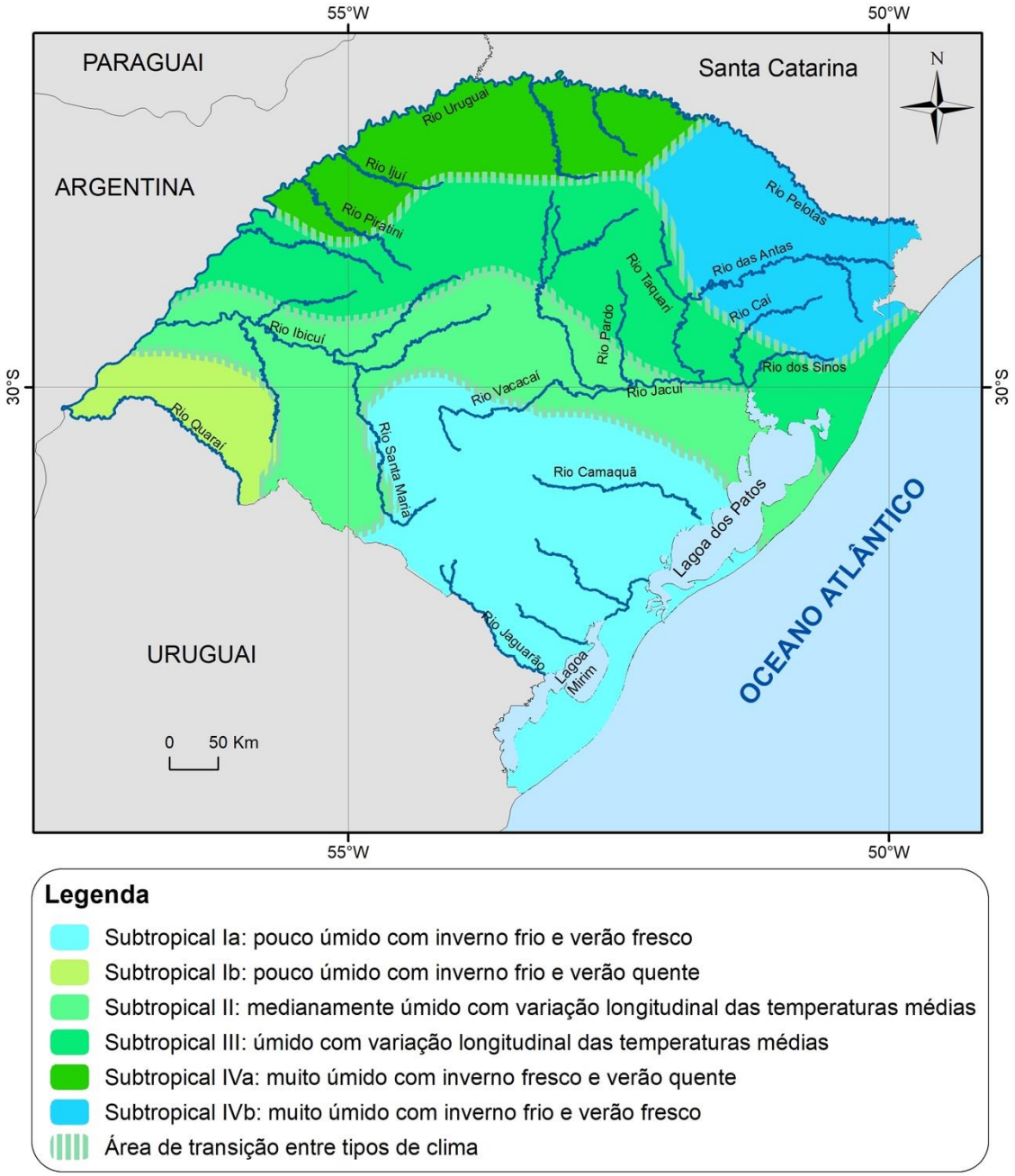

Figura 3: Rio Grande do Sul – Tipologia Climática. Fonte: Rossato, 2011.

De modo geral, o RS localiza-se nas zonas de latitudes médias, onde os tipos climáticos são controlados por sistemas tropicais e polares. O Estado, em já consagradas classificações (STRAHLER, 1984; TREWARTHA, 1943), é definido como área de clima subtropical úmido ou, como define Köppen, clima temperado chuvoso e moderadamente quente. Entende-se aqui que estas são definições mais abrangentes, uma vez que estes autores identificaram tipos climáticos em escala global. Nesta classificação, buscou-se identificar distinções importantes dentro deste conjunto que, num primeiro momento pode parecer homogêneo, com chuvas bem distribuídas e temperaturas amenas.

A definição dos níveis de umidade das regiões climáticas (pouco úmido, medianamente úmido, úmido e muito úmido) foi estabelecida através da técnica estatística *Box Plot* proposta por Galvani e Luchiari (2004), mas aqui adaptada. Esta técnica permite a divisão da série de precipitação anual 1970-2007 em quatro blocos: 25% dos dados estarão entre o valor mínimo e o limiar do primeiro quartil (pouco úmido), 25% entre o limiar do primeiro quartil e a mediana (normal), 25% entre a mediana e o limiar do terceiro quartil (normal) e os outros 25% dos dados daquele mês acima do limiar do terceiro quartil (muito úmido). A região que apresentou localidades com valores de precipitação que ficaram abaixo e pouco acima, mas ainda muito próximos do limiar do primeiro quartil, foram denominadas medianamente úmidas, como ocorre na Cuesta do Haedo. A região com localidades que apresentaram valores muito próximos do limiar do terceiro quartil foram consideradas úmidas, como ocorre na escarpa do Planalto Basáltico.

Os tipos climáticos identificados para o RS são os seguintes:

- Subtropical I - Pouco Úmido: Subtropical Ia - Pouco Úmido com Inverno Frio e Verão Fresco, e Subtropical Ib - Pouco Úmido com Inverno Frio e Verão Quente;
- Subtropical II: Medianamente Úmido com Variação Longitudinal das Temperaturas Médias;

- Subtropical III: Úmido com Variação Longitudinal das Temperaturas Médias;
- Subtropical IV – Muito Úmido: Subtropical IVa - Muito Úmido com Inverno Fresco e Verão Quente, e Subtropical IVb - Muito Úmido com Inverno Frio e Verão Fresco.

É conveniente destacar que, no mapa da classificação climática do RS (Figura 3), além dos tipos climáticos, são apresentadas faixas de transição entre esses tipos. Considera-se importante estas faixas, já que clima não é uma característica que muda abruptamente de um lugar para o outro, os atributos vão, pouco a pouco, modificando-se, incorporando novas influências até chegar a um conjunto mais homogêneo que define o tipo climático.

No quadro a seguir (Quadro 1), são apresentadas as principais características de cada tipo climático identificado para o Rio Grande do Sul, bem como os sistemas atmosféricos relacionados com a sua gênese. Sugerimos que, para um conhecimento mais detalhado das características de cada tipo, seja consultado o texto produzido na tese (ROSSATO, 2011).

Em artigo escrito em 1962, Monteiro discutia sobre a importância da inserção de um caráter genético às classificações climáticas utilizando como exemplo o Brasil meridional. Neste trabalho, fazia a crítica ao uso de médias nas classificações, destacando a importância da análise rítmica e do conhecimento da circulação atmosférica regional para com isso definir de índices de participação das massas no processo de classificação.

Quadro 1: Rio Grande do Sul - Síntese dos tipos climáticos.

Tipo de Clima		**Gênese**	**Características**
Subtropical I: pouco úmido	Subtropical Ia: pouco úmido com Inverno frio e verão fresco	Área com maior influência dos sistemas polares e com menor participação dos sistemas tropicais conjugados com a influência do relevo (Escudo Sul-riograndense e Planície Costeira) e da corrente fria das Malvinas (Falklands). Os sistemas frontais são responsáveis pela maior parte das precipitações.	Chove entre 1200-1500 mm anuais, distribuídos em 80-100 dias de chuva. São os menores valores de precipitação pluvial do RS que se distribuem mensalmente em cerca de 6-9 dias de chuva. A temperatura média anual varia entre 17-20^{0}C. A temperatura média do mês mais frio oscila entre 11-14^{0}C e a temperatura média do mês mais quente varia entre 20-26^{0}C.
	Subtropical Ib: pouco úmido com inverno frio e verão quente	Área com maior influência dos sistemas polares e com maior participação dos sistemas tropicais continentais em associação com o efeito da continentalidade e do relevo (Cuesta do Haedo). Os sistemas frontais são responsáveis pela maior parte das precipitações.	Chove entre 1400-1700 mm ao ano, porém de forma concentrada em 70-90 dias de chuva. Esta chuva concentra-se em poucos dias ao mês – entre 6 e 9 – e nos meses de outono e primavera. A temperatura média anual varia entre 20-23^{0}C. A temperatura média do mês mais frio oscila entre 11-14^{0}C e a temperatura média do mês mais quente varia entre 23-29^{0}C.
Subtropical II: medianamente úmido com variação longitudinal de temperaturas médias		Área com maior influência dos sistemas polares e tropicais continentais, porém com interferência crescente dos sistemas tropicais marítimos. Influenciam também o relevo (Depressão Central), a continentalidade e a maritimidade. Os sistemas frontais são responsáveis pela maior parte das precipitações.	As chuvas oscilam entre 1500-1700 mm anuais distribuídas em 90-110 dias de chuva. Mensalmente a chuva cai 6-9 dias. A temperatura média anual varia entre 17-20^{0}C. A temperatura média do mês mais frio oscila entre 11-14^{0}C e a temperatura média do mês mais quente varia entre 23-26^{0}C.

Subtropical III: úmido com variação longitudinal de temperaturas médias		Área com menor influência dos sistemas polares e maior interferência dos sistemas tropicais conjugados com o efeito do relevo (escarpa e vales da borda do Planalto Basáltico), da continentalidade, da maritimidade e das áreas urbanizadas. Os sistemas frontais são responsáveis pela maior parte das precipitações.	Chove entre 1700-1800 mm ao ano em 100-120 dias de chuva. Há um leve aumento nos dias de chuva mensais que nesta região são normalmente de 9-12 dias. A temperatura média anual varia entre 17-20^{0}C. A temperatura média do mês mais frio oscila entre 11-14^{0}C e a temperatura média do mês mais quente varia entre 23-26^{0}C. As temperaturas aumentam em direção ao oeste desta região, mas também nos grandes centros urbanos do RS.
Subtropical IV: muito úmido	Subtropical IVa: muito úmido com inverno fresco e verão quente	Área com menor influência dos sistemas polares, com maior atuação dos sistemas tropicais marítimos e continentais na primavera e verão em associação com o efeito do relevo (Planalto Basáltico e vale do rio Uruguai) e da continentalidade. Os sistemas frontais são responsáveis pela maior parte das precipitações.	Chove entre 1700-1900 mm ao ano em 110-140 dias de chuva. São, portanto, chuvas mais bem distribuídas (9-12 dias ao mês), ainda que se perceba uma redução dos totais de precipitação nos meses de inverno. A temperatura média anual varia entre 20-23^{0}C. A temperatura média do mês mais frio oscila entre 14-17^{0}C e a temperatura média do mês mais quente varia entre 23-29^{0}C. É a região com o conjunto de médias de temperaturas mais alto do estado.
	Subtropical IVb: muito úmido com inverno frio e verão fresco.	Área com menor influência dos sistemas polares, porém com maior atuação dos sistemas tropicais marítimos conjugados com efeito do relevo-altitude (Planalto Basáltico). Os sistemas frontais são responsáveis pela maior parte das precipitações.	Chuvas abundantes que oscilam entre 1700-2000 mm anuais bem distribuídas em 130-150 dias. Mensalmente é a região com maior quantidade de dias de chuva, totalizando 12-15 dias. A temperatura média anual varia entre 14-17^{0}C. A temperatura média do mês mais frio oscila entre 8-14^{0}C e a temperatura média do mês mais quente varia entre 17-23^{0}C. É a região com o conjunto de médias de temperaturas mais baixo do RS.

Desta forma, a partir de uma metodologia que contempla a climatologia genética e dinâmica em conjunto com a análise estatística de dados climáticos, pode-se dizer que o RS apresenta clima subtropical subdividido em quatro regiões, sendo duas destas subdivididas em duas sub-regiões. Este resultado expressa um maior detalhamento da diferenciação climática do estado, o que evidencia a incompatibilidade do uso de uma classificação climática de escala global ser utilizada na caracterização de espaços em escala regional ou local, como já falava Monteiro na década de 1960.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em síntese, vê-se que a atuação dos sistemas atmosféricos dá a identidade climática ao Rio Grande do Sul, isto é, os sistemas polares são os grandes dinamizadores dos climas do estado em interação com os sistemas tropicais. Entretanto, é a partir da relação destes com os fatores geográficos do estado, que se define a variabilidade espacial dos elementos do clima.

Esse mapeamento climático revela dados interessantes, na medida em que evidencia distribuição espacial desigual das chuvas, permitindo observar, por exemplo, uma menor umidade em parte da região denominada Campanha no Rio Grande do Sul (reverso da Cuesta do Haedo), resultado da distribuição irregular que em determinados anos se releva em períodos com anomalias negativas de precipitação constatados pela população e amplamente divulgados pelos meios de comunicação.

Da mesma forma, este processo se revelou importante na decifração das características do clima do sul do estado, permitindo uma melhor compreensão das anomalias negativas da precipitação na região de Bagé e seu entorno, no Escudo Sul-riograndense. Anomalias que se revelam, também, no litoral sul e que tem sua gênese associada à influência da corrente fria das Malvinas que promove mais estabilidade.

Outro ponto significativo é o papel do processo de urbanização do leste do Estado, revelador de uma área de temperaturas médias mais altas, mesmo tendo esta área influência da maritimidade.

Por fim, destaca-se que esta proposta de classificação traz como resultado uma classificação climática em escala regional para um período recente que inovou ao incluir análises quantitativas e qualitativas em diferentes escalas temporais e que procura apresentar de forma simples e direta as características importantes de diferentes porções do Rio Grande do Sul.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, G. O. de. Os Climas. In: AZEVEDO, A. de. **Brasil: a terra e o homem. As Bases Físicas**. Vol. 1. São Paulo: Cia. Editora Nacional, 1972. p. 409-461.

ARAÚJO, L. C. **Memória sobre o Clima do Rio Grande do Sul**. Rio de Janeiro: Tipografia do Serviço de Informações do Ministério da Agricultura, 1930. 100 p.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 8ª Ed. Rio de janeiro: Bertrand Brasil, 2002. 332p.

BARRY, R. G.; CHORLEY, R. J. **Atmosphere, Weather and Climate**. 7ª ed. New York: Routledge, 1998. 441p.

CONTI, J. B. Considerações sobre mudanças climáticas globais. In: SANT'ANNA NETO, J. L. e ZAVATINI, J. A. **Variabilidade e Mudanças Climáticas: implicações ambientais e socioeconômicas**. Maringá: Editora da Universidade Estadual de Maringá, 2000. p. 17-28.

DANNI, I. M. **Aspectos têmporo-espaciais da temperatura e umidade relativa de Porto Alegre em janeiro de 1982 – contribuição ao estudo do clima urbano**. 1987. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

ELY, D. F. **Teoria e Método da Climatologia Geográfica Brasileira: uma abordagem sobre seus discursos e práticas**. 2006. 208f. Tese (Doutorado) – Programa de pós-graduação em Geografia, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Presidente Prudente.

FONTANA, D. C.; ALMEIDA, T. S. de. *Climatologia do número de dias com precipitação pluvial no Estado do Rio Grande do Sul*. In: **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria vol. 10, n. 1 (jan./jun. 2002), p. 135-145.

GALLO, J. **Corpos de deriva e tendência de circulação de superfície das águas sobre a margem continental da costa sul e sua correlação às condicionantes ambientais**. 1988. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

GALVANI, E.; LUCHIARI, A. Critérios para classificação de anos com regime pluviométrico normal, seco e úmido. In: VI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 2004, ARACAJU**. Anais do VI SBCG.** Aracaju: ABClima, 2004. P. 1-10.

HAUSMAN, A. Esboço Hidrogeológico do Rio Grande Do Sul. IN: SEMANA DE DEBATES GEOLÓGICOS, 1965, PORTO ALEGRE. **Anais da Semana de Debates Geológicos.** Porto Alegre: centro acad. est. geol, UFRGS, 1965. P. 37 –71.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Long-term Climate Change: Projections, Commitments and Irreversibility.** Disponível

em:<https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter12_FINAL.pdf >. Acessado em 15 de setembro de 2020.

LIVI, F. P. **O Clima em Porto Alegre no século XX**: Uma análise de séries temporais. 2002. 59 f.,: il. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Programa de Pós-Graduação Geografia, Porto Alegre, BR-RS, 2002.

MACHADO, F.P. **Contribuição ao estudo do clima do Rio Grande do Sul**. Rio de Janeiro: IBGE, 1950. 91p.

MAGNANINI, R. L. da C. Observações sobre o clima da bacia Paraná-Uruguai. In: **Condições físicas e aspectos geoeconômicos da Bacia Paraná-Uruguai.** São Paulo: Comissão Interestadual da Bacia Paraná-Uruguai, 1955.

MALUF, J. R. T. Nova Classificação Climática para o Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 141-150, 2000.

MARQUES, G. **Análise em componentes principais: processamento estatístico de sinais**. 2005. 18 f. Apostila de aula - Departamento de Engenharia de Electrónica e Telecomunicações e de Computadores, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa.

MARQUES, J. R. Q.; BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. Comparação entre a variabilidade espacial e temporal da precipitação pluvial mensal dos períodos climatológicos padrões de 1931-60 e 1961-90 no Rio Grande do Sul. In: XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 2003, SANTA MARIA. **Anais do XIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia.** Santa Maria: UFSM, 2003. p. 1063-1064.

MARTINS, E. J. Tendência linear da precipitação pluvial anual e estacional no estado do Rio Grande do Sul. In: XVII SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 2005, PORTO ALEGRE. **Livro de resumos do XVII Salão de Iniciação Científica**. Porto Alegre: UFRGS, 2005. p. 163.

MENDONCA, F. A. Clima, tropicalidade e saúde: Uma perspectiva a partir da intensificação do aquecimento global. **Revista Brasileira de Climatologia**, Presidente Prudente, v. 1, p. 97-110, 2006.

MENDONCA, F. A. Aquecimento global e suas manifestações regionais e locais: Alguns indicadores da região Sul. **Revista Brasileira de Climatologia**, Presidente Prudente, v. 2, p. 71-86, 2007.

MENDONCA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo/SP: Oficina de Texto, 2007. 206 p.

MONTEIRO, C. A. F. Da necessidade de um caráter genético à classificação climática (algumas considerações metodológicas a propósito do estudo do Brasil Meridional). **Revista Geográfica**, Rio de Janeiro, v. 31, nº. 57, p. 29-44, jul./dez.1962.

MONTEIRO, C. A. F. Sobre um índice de participação das massas de ar e suas possibilidades de aplicação classificação climática. **Revista Geográfica**, Rio de Janeiro, v. 33, nº. 61, p. 59-69, jul./dez. 1964.

MONTEIRO, C. A. F. Clima. In: IBGE. **Geografia do Brasil, grande região sul**. Rio de Janeiro: IBGE, 1968, v. 4, Tomo I, p. 114-166.

MONTEIRO, C. A. F. Análise rítmica em climatologia: problemas de atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. **Climatologia**, nº 1. IG/USP, 1971. 21 p.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e Clima Urbano**. São Paulo: IGEO-USP, 1976. 181p. (Série Teses e Monografias, nº. 25).

MONTEIRO, C. A. F. O estudo geográfico do clima. **Cadernos Geográficos**, Florianópolis, n. 1, UFSC/Depto de Geociências, 1999. 72 p.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria do Estado do Rio Grande do Sul, 1961. 82 p.

MOTA, F. S. As chuvas, a evaporação e a exploração agropecuária no Rio Grande do Sul. **Boletim Geográfico**, Rio de Janeiro, ano XXII, nº 175, 1963.

MÜLLER FILHO, I. L. **Notas para o estudo de Geomorfologia do Estado do Rio Grande do Sul**. Brasil. Departamento de Geociências, UFSM, Publicação Especial n. 1, Santa Maria, 1970.

NIMER, E. Ensaio de um novo método de classificação climática. Contribuição à climatologia intertropical e subtropical, especialmente do Brasil. **Boletim Geográfico**, Rio de Janeiro, ano 31, nº. 227, p. 141-153, mar./abr. 1972.

NIMER, E. Clima. In: IBGE. **Geografia do Brasil. Região Sul.** Rio de Janeiro: IBGE, 1977, v. 5, p. 35-79.

OLIVEIRA, H. T. de. **Climatologia das temperaturas mínimas e probabilidade de ocorrência de geada no estado do Rio Grande do Sul**. 1997. 81 f.: il. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Agronomia. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, Porto Alegre, BR-RS, 1997.

ROSSATO, M. S. **O registro da precipitação sul-rio-grandense a partir de estudos paleoclimáticos na América do Sul Tropical**. 2002. 80 f.: il. Dissertação (mestrado) -

Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Porto Alegre, BR-RS, 2002.

ROSSATO. M. S. **Os climas do Rio Grande do Sul:** variabilidade, tendências e tipologia. 2011. 253 f.: il. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

SANT'ANNA NETO, J. L. **Ritmo Climático e a Gênese das Chuvas na Zona Costeira Paulista.** 1990. Dissertação (mestrado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

SANT'ANNA NETO, J. L. Clima e Organização do espaço. **Boletim de Geografia**, Maringá, v.16, p. 119-131, 1998.

SANT'ANNA NETO, J. L. Da complexidade física do universo ao cotidiano da sociedade: mudanças, variabilidade, ritmo climático. **Terra Livre**, São Paulo, ano 19, v. 1, n.20, p. 51-63, 2003.

SAWASATO, J. T.; TRINDADE, J. K.; STOLZ, A. P.; CARGNELUTTI FILHO, A.; MATZENAUER, R. *Efeitos dos fenômenos El Niño e La Niña sobre a precipitação pluvial no RS*. In: **Salão de Iniciação Científica** (16.:2004: Porto Alegre). Livro de resumos. Porto Alegre: UFRGS, 2004. p. 172, resumo 090.

SERRA, A. Climatologia do Brasil 1. **Boletim Geográfico**, Rio de Janeiro, nº 243, p. 53-119, 1974.

SERRA, A. Climatologia do Brasil 2. **Boletim Geográfico**, Rio de Janeiro, nº 244, p. 97-165, 1975a.

SERRA, A. Climatologia do Brasil 3. **Boletim Geográfico**, Rio de Janeiro, nº 245, p. 43-95, 1975b.

SORRE, M. **Traité de climatologie biologique et médicale**. Paris: Piery Masson et Cie Éditeurs, 1934.

SOUZA, R. de O. **A ocorrência de neve em planaltos subtropicais: o caso do sul do Brasil**. 1997. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

STRAHLER, A. N. **Geografía Física**. Barcelona: Ediciones Omega S. A., 1984. 767p.

TREWARTHA, G. T. **An introduction to weather and climate**. McGraw-Hill, 1943. 545 p.

Recebido em setembro 2020.
Revisão realizada em novembro de 2020.
Aceito para publicação em dezembro de 2020.