REVISTA DA ANPEGE. V. 18. Nº. 37, ANO 2022 E-ISSN: 1679-768X
DOI 10.5418/ra2022.v18i37.10117

VARIABILIDADE CLIMÁTICA E AS CHUVAS DE JANEIRO DE 2007: UMA ANÁLISE EPISÓDICA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PRETO, SUDESTE DO BRASIL

CLIMATIC VARIABILITY AND THE RAINFALLS OF JANUARY 2007: AN ANALYSIS OF THE EPISODES IN THE RIO PRETO WATERSHED - SOUTHEASTERN BRAZIL

VARIABILIDAD CLIMÁTICA Y LAS LLUVIAS DE ENERO DE 2007: UN ANÁLISIS EPISÓDICO EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PRETO, SUDESTE DEL BRASIL

Daiane Evangelista Oliveira
Universidade Estadual de Londrina (UEL)
daiane.evangelista.oliveira@gmail.com

Cinthia Maria Amaral
Universidade Federal Fluminense (UFF)
cinthiaamarall@gmail.com

Isabela Belmira Santos Giarola
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)
isagiarola@hotmail.com

Cássia de Castro Martins Ferreira
Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)
cassia.castro@ufjf.edu.br

Resumo

Este artigo tem como objetivo analisar um episódio climático atípico ocorrido em janeiro de 2007, na Bacia Hidrográfica do Rio Preto (BHRP) - Sudeste do Brasil, tendo as teorizações de análise rítmica e excepcionalismo propostas por Monteiro (1973) como embasamento teórico-metodológico. Tal episódio foi caracterizado por apresentar chuvas superiores aos valores médios registrados para o mesmo período (série 1950-2018), justificando a sua escolha enquanto objeto de pesquisa. As etapas metodológicas se dividem em duas partes principais: fez-se primeiramente um estudo do sequenciamento diário dos tipos de tempo, a fim de observar a sua gênese e evolução temporal; e, na sequência, foram levantados documentos anexados junto ao S2iD com informações dos impactos associados às chuvas. Concluiu-se que vários foram os sistemas que atuaram na gênese das chuvas de janeiro de 2007 e que a presença da Linha de Instabilidade (LI) e da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) foram os principais mecanismos que contribuíram para fazer desse um mês atípico. Os principais eventos identificados, e que podem ter relação com o episódio intenso de chuvas, foram os deslizamentos de terra, as enchentes, as inundações, a perda de cultivos, de patrimônio e de vidas humanas.

Palavras-Chave: Chuvas; Análise episódica; Sistemas sinóticos; Deslizamentos; Inundações.

Abstract

This article aims to analyze an atypical climatic episode that occurred in January 2007, at Rio Preto Watershed (PRW) - Southeast of Brazil, using the theories of rhythmic analysis and exceptionalism proposed by Monteiro (1973) as a theoretical-methodological basis. This episode was characterized by presenting rainfall above the average values recorded for the same period (1950-2018 series), justifying its choice as an object of research. The methodological steps are divided into two main parts: first, a daily sequencing study of the types of weather was carried out, to observe their genesis and temporal evolution and then, documents attached to the S2iD were collected with information on the associated impacts to the rainfalls. It was concluded that there were several systems that acted in the genesis of January 2007 rainfalls, and that the presence of Instability Line (IL) and the South Atlantic Convergence Zone (SACZ) were the main mechanisms that contributed to make this an atypical month. The main events identified, and which may be related to the intense rainfall episode, were landslides, floods, loss of crops, property, and human lives.

Keywords: Rainfall; Episodic analysis; Synoptic systems; Landslides; Floods.

Resumen

Este artículo tieno el objetivo de analizar un episodio climático atípico ocurrido en enero de 2007, en la Cuenca Hidrográfica del Río Preto (CHRP) - Sudeste de Brasil, utilizando como base teórico-metodológica las teorías del análisis *rítmica y del* excepcionalismo propuestas por Monteiro (1973). Este episodio se caracterizó por presentar precipitaciones por encima de los valores medios registrados para el mismo período (serie 1950-2018), justificando su elección como objeto de investigación. Los pasos metodológicos se dividen en dos partes principales: en primer lugar, se realizó un estudio de la secuenciación diaria de los tipos de clima, con el fin de observar su génesis y evolución temporal, y luego se recogieron documentos anexos al S2iD con información sobre los impactos asociados a las lluvias. Se concluyó que fueron varios los sistemas que actuaron en la génesis de las lluvias de enero de 2007 y que la presencia de la Línea de Inestabilidad (LI) y la Zona de Convergencia del Atlántico Sur (ZCAS) fueron los principales mecanismos que contribuyeron a que este fuera un mes atípico. Los principales eventos identificados, y que pueden estar relacionados con el episodio de lluvias intensas, fueron deslizamientos, inundaciones, pérdidas de cosechas, propiedades y vidas humanas.

Palabras Clave: Lluvias; Análisis episódico; Sistemas sinópticos; Deslizamientos; Inundaciones.

Introdução

O conhecimento como um processo de apreensão da realidade, produzido como resposta aos desafios do cotidiano, permite melhorar a vida dos indivíduos, na medida em que beneficia as relações entre sociedade-ambiente, permitindo que se criem mecanismos de alertas. É sabido que o clima é um elemento que, por diversos meios, afeta a vida das pessoas, tornando a apreensão do fenômeno climático uma questão fundamental.

Há ritmos e ciclos tanto nas tipologias climáticas habituais quanto naquelas esporádicas, de maneira que, entendê-las em sua amplitude, considerando a sociedade que direta ou indiretamente pode vir a sofrer com o excepcionalismo climático, é um dos passos iniciais para diminuir os impactos frente aos eventos e episódios esporádicos. Esses eventos extremos são arritmias no ciclo habitual do clima e que podem vir a causar inúmeros transtornos à população que não está preparada para lidar com as alterações climáticas. Ocorrem temporalmente de maneira isolada ou através de uma sucessão de eventos, sendo definida como episódio, nesse último caso.

No entanto, apesar de ser de uso recorrente entre os objetos e abordagens da climatologia e da meteorologia, o termo "evento" não é utilizado somente por essa área da ciência, uma vez que designa outros acontecimentos de distintas pesquisas. No presente estudo, o termo será citado para assinalar diversos acontecimentos, sejam eles climáticos ou não; sendo a terminologia "eventos climáticos" utilizada para designar acontecimentos ligados às variabilidades de tempo e clima ao tratar apenas de fenômenos meteorológicos e o termo "evento(s)", sem acompanhamento de um adjetivo, utilizado para designar processos exógenos terrestres, naturais e/ou induzidos, como a ocorrência de movimentos de massa (em essencial os deslizamentos), inundações, enchentes e/ou alagamentos.

A suscetibilidade frente a tais eventos, no caso de enchentes e/ou inundações, falta de água e deslizamentos, atrelados a um planejamento espacial que ainda não consegue resguardar à ocupação humana em áreas consideradas de risco, acentuam a necessidade de buscar entender a ocorrência das excepcionalidades a partir de uma visão mais integradora (NUNES, 1990; NUNES, 1997; NASCIMENTO JÚNIOR, 2013; VEYRET, 2015).

Segundo Sant'Anna Neto (2001) há diversos graus de suscetibilidade em relação ao fenômeno climático, sendo o fator econômico o principal delineador de calamidade (ou não) frente aos fatos esporádicos. A vulnerabilidade humana em relação às manifestações climáticas é variável conforme seu grau socioeconômico. E questões econômicas, em muitos casos, colocam em debate problemas sociais, que são acentuados quando a população não está preparada para lidar com as intempéries climáticas.

O entendimento da ocorrência dos eventos climáticos, sua magnitude e imprevisibilidade vêm no sentido de permitir uma compreensão das tipologias de tempo que mais afetam a sociedade. Se nas zonas rurais as eventualidades podem ocasionar perdas de cultivos, rompimento de barragens e estragos

em estradas, nas cidades nota-se que são acentuados os efeitos do clima sobre o espaço urbano (MONTEIRO, 1976). A impermeabilização dos solos, consequência dos tipos de materiais que constituem o ambiente urbano, altera a dinâmica dos espaços, os quais, cada vez mais antropizados, se tornam áreas passíveis da ocorrência de inundações e deslizamentos de terra.

Assim, entender o clima de forma generalizada não condiz com a complexidade existente no espaço. O conhecimento climático totalitário deve ser realizado considerando todas as relações que ocorrem e que estão por trás de sua gênese e de suas manifestações. A esse, acrescenta-se a necessidade de um conhecimento que seja útil para a sociedade, uma vez que, mesmo com as novas tecnologias, o homem ainda pode ser vulnerável às excepcionalidades climáticas.

A Climatologia, essencialmente a Climatologia Geográfica (e a Geografia do Clima, SANT'ANNA NETO, 2001), permite uma análise integrada e que busca identificar e entender quais os fatores que estão ligados à gênese dos eventos climáticos extremos e sua repercussão na sociedade, no tempo e no espaço. Essa é uma perspectiva atrelada à Climatologia Dinâmica, que no Brasil tem bases nas proposições da Análise Rítmica de Monteiro (1971, 1991) e é uma possibilidade de aparato teórico-metodológico que considera o "excepcionalismo" do clima e o reconhecimento do espaço e das relações que o produzem.

Assim, dada a necessidade de conhecer o ambiente e as relações que nele ocorrem, de caracterizar e conhecer o clima, enquanto fenômeno que nele atua e por ele é influenciado, e, principalmente, porque tais relações afetam a vida da sociedade em geral, o presente estudo objetivou analisar um episódio climático atípico ocorrido em janeiro de 2007, na Bacia Hidrográfica do Rio Preto (BHRP) - Sudeste do Brasil, tendo as teorizações de análise rítmica e excepcionalismo propostas por Monteiro (1973) como embasamento teórico-metodológico. Como objetivos secundários destacam-se a compreensão da gênese das tipologias climáticas do período analisado e o reconhecimento dos principais impactos associados ao episódio.

A justificativa para esse recorte temporal, adotado em detrimento da escolha de outros períodos, se pautou em pesquisas anteriores (OLIVEIRA, 2016), nas quais, por meio de identificação de anos padrão de chuva, foi constatado ser esse um ano seco. Por sua vez, a escolha do mês de janeiro levou em consideração tanto a sua excepcionalidade, enquanto excedente de chuvas em um ano climaticamente classificado como seco, quanto a sua atipicidade em relação aos registros quantificados para o mesmo período de dados.

Tal mês de janeiro registrou acumulados mensais superiores aos 250,9 mm (Taboas) de chuvas, o que o coloca como atípico em relação ao mesmo período de outros anos para alguns pontos, sendo classificado como o mês com os maiores registros de precipitação desde 1961, não somente na área de estudo, mas em outras localidades das regiões Sudeste e Centro-Oeste do Brasil (BOLETIM CLIMANÁLISE, janeiro de 2007). Para a BHRP os acumulados estiveram entre 250,9 mm em Taboas e 620,4 mm em Torreões (OLIVEIRA, 2016), ocasionando enchentes e/ou inundações, deslizamentos de terra e alguns outros transtornos à população.

Caracterização da área de estudo

A Bacia Hidrográfica do Rio Preto (BHRP) ocupa uma área de 8.593 km² e possui uma população de cerca de 5.259.067 habitantes (IBGE, 2010). Abrange 37 municípios, dentre os quais 9 são pertencentes ao estado do Rio de Janeiro, mesorregião Noroeste, e 28 ao estado de Minas Gerais, mesorregião da Zona da Mata, no Sudeste do Brasil (Figura 1: Localização da área de estudo). A BHRP é uma sub-bacia da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul e tem como principais tributários os rios Paraibuna, Peixe, Cágado e o próprio Rio Preto, que dá nome à bacia. A Bacia Hidrográfica do Rio Preto é pertencente à região hidrográfica da bacia do *Atlântico Sudeste* (ANA, 2018).

Seu processo histórico de uso e ocupação da terra remonta ao século XVII, quando, após ascensão e declínio do ciclo cafeeiro, ocorreu gradativamente a retirada da mata nativa para a inserção de atividades como a pecuária, a agricultura e mais recentemente a indústria. Há um cenário de alteração, marcado por inserções antrópicas, que foram se configurando seguindo as necessidades de cada período histórico-econômico (VALVERDE, 1958).

Nas áreas com maior declive é possível que fragmentos de vegetação nativa sejam encontrados, enquanto nos locais com maior facilidade de acesso há distintos usos e coberturas dados à terra. Imagens de satélite e aerofotografias vêm possibilitando que seja constatado um território intensamente transformado, com predominância de áreas cultivadas e pequenos fragmentos de mata nativa (OLIVEIRA, 2016).

A BHRP se localiza no *Domínio Morfoclimático dos "Mares de Morro" Florestados* (AB'SABER, 1970), que é caracterizado por uma topografia acidentada, que na área de estudo apresenta uma variação altimétrica entre 300 e 2700 metros e declives que podem ser superiores aos 45° (OLIVEIRA, 2016). O complexo geomorfológico de que faz parte são a *Serra da Mantiqueira* e a Serra *do Mar.*

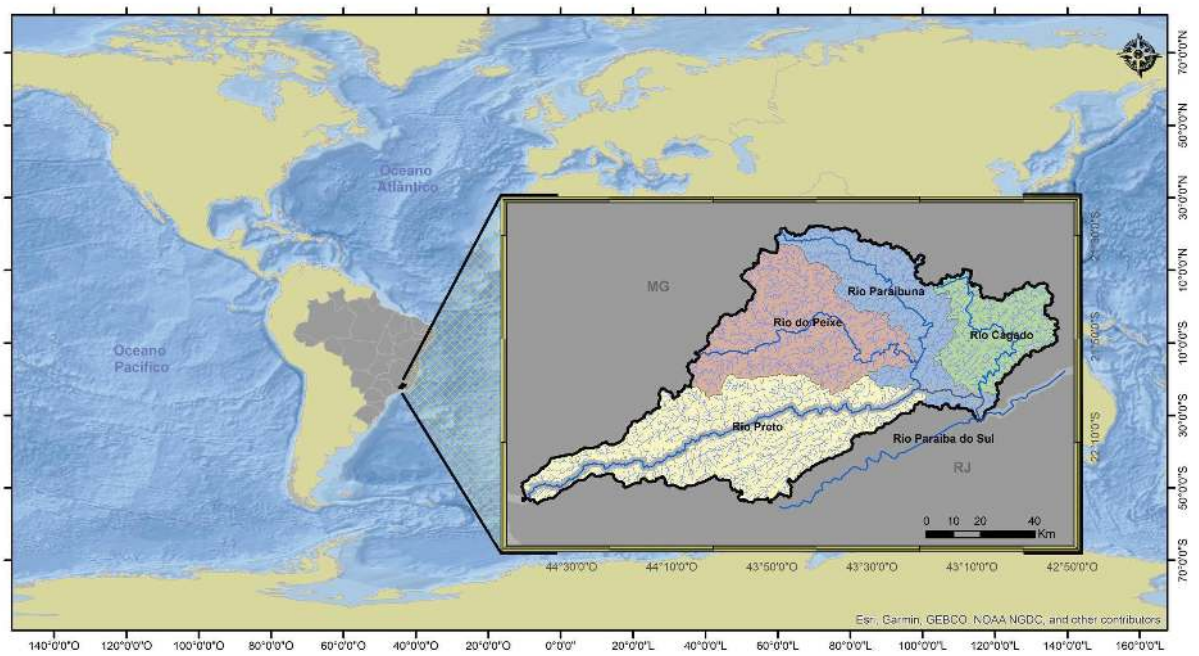


Figura 1- Localização da área de estudo. Fonte: Organizado pelas autoras, 2018.

Em termos climáticos, a BHRP se insere na região Tropical (CONTI, 1989; CAVALCANTI et al. 2009). Tal posição geográfica é caracterizada por oposições entre massas de ar originárias dos trópicos e extratrópicos, representando uma área de transição climática de características diversificadas, vista a influência conjunta de fatores geográficos de formação do clima (NIMER, 1979). A bacia sofre influência dos aspectos dinâmicos da atmosfera e das variações específicas de cada sítio (cobertura da terra e relevo regional) (OLIVEIRA, 2016).

Conforme ressaltado por Oliveira (2016), os sistemas atmosféricos e meteorológicos atuantes na área são a massa Polar atlântica (mPa), a massa Tropical atlântica (mTa), as Linhas de Instabilidade (LI's) e a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), assim como os sistemas frontais, mecanismos de grande escala que mais frequentemente são os responsáveis pelas tipologias climáticas. Esses padrões de circulação atmosférica carregam as características de seu local de origem e ocasionam certa instabilidade quando atuam em outras regiões remotas à sua gênese (NIMER, 1979; ALVES et al, 2002; QUADRO et al., 2021).

Há duas estações climáticas que podem ser facilmente identificadas e definidas na BHRP. De outubro a março é frequente que tipos de tempo mais quentes e chuvosos sejam registrados. Enquanto de abril a setembro são as tipológicas mais frias e secas que são mais comumente registradas (INMET, 2018).

A área de estudo se localiza em uma região com elevados totais anuais de chuva (entre 1000

e 2000 mm em média) (OLIVEIRA, 2016) e um relevo que, atrelado aos tipos de solo, quantitativos de chuva e usos do solo, auxiliam a erosão e os movimentos de massa. O fato de apresentar inúmeras formas e intensidades de alteração antrópica das paisagens faz dessa uma localidade que se caracteriza por apresentar variados impactos e transtornos durante os meses de chuva. O período chuvoso é, inclusive, marcado por certa cautela e atenção por parte de Órgãos públicos, como o caso da Defesa Civil dos municípios (Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil), os quais são comunicados nos casos de ocorrência de eventos climáticos e/ou outros tipos de eventos que coloquem em risco a vida da população.

As chuvas acima das médias registradas no mês de janeiro de 2007 representam um desses exemplos de como as excepcionalidades, no sequenciamento diário das tipologias climáticas, podem vir a afetar a vida das pessoas, em essencial àquelas mais vulneráveis, ocupantes de áreas suscetíveis a inundações e movimentos de massa.

Procedimentos metodológicos

A metodologia empregada foi dividida em três partes e seguiu um percurso metodológico que possibilitou a espacialização da distribuição espaço-temporal das chuvas, no período de 01 de janeiro a 31 de janeiro de 2007 e o mapeamento dos totais pluviométricos diários na área de estudo, seguida da aplicação da metodologia de análise rítmica de Monteiro (1973).

Na primeira etapa caracterizou-se pelo levantamento dos registros totais de chuva, a identificação do quantitativo e distribuição das mesmas durante o episódio estudado e a criação de um inventário inicial. As informações climatológicas foram coletadas em séries meteorológicas disponíveis no portal "Hidroweb*",* pertencente à Agência Nacional de Águas (ANA, 2018), para todas as estações que estavam em funcionamento nesse mês na bacia e em regiões limítrofes (Figura 2: Localização das estações teste) (Tabela 1: Informações gerais dos pontos amostrais)**.**

Como estes dados eram pontuais (coletados localmente por estações meteorológicas), utilizou-se de geoestatística para aferir zonas (transformá-los em áreas) através do interpolador IDW (*InverseDistanceWeighted*). Criando superfícies estimadas a partir das informações originais, alguns interpoladores, além de serem recursos estatísticos poderosíssimos, vêm contribuindo para os estudos em climatologia, na medida em que tentam sanar o *déficit* na quantidade de estações meteorológicas disponíveis. Muitos são os interpoladores e cada um estima os nós da rede de uma maneira diferente. No entanto, escolheu-se trabalhar com o algoritmo de interpolação multivariada IDW, por este ser bastante determinístico quando comparado com outros, como a *Kriging*, possibilitando criar superfícies que apresentam valores próximos do real (CASTRO FILHO et al, 2012). Tal método considera os valores de precipitação registrados, o distanciamento e a influência exercida pelos pontos em relação aos seus vizinhos (FERREIRA, 2014).

Utilizou-se para tal o s*oftware* ArcGIS 10, que foi criado em 2001. Esse é, pela medição das licenças, e atrelando a funcionalidade do ArcView e do ArcInfo, o mais difundido Desktop GIS do mundo. Por isso, constitui alguns padrões normativos para os estudos ambientais em diversas aplicações (LANG e BLASCHKE, 2009). Nesse *software* as planilhas foram unidas à base de dados vetoriais no formato de pontos, que foram interpoladas, formando zonas de precipitação.

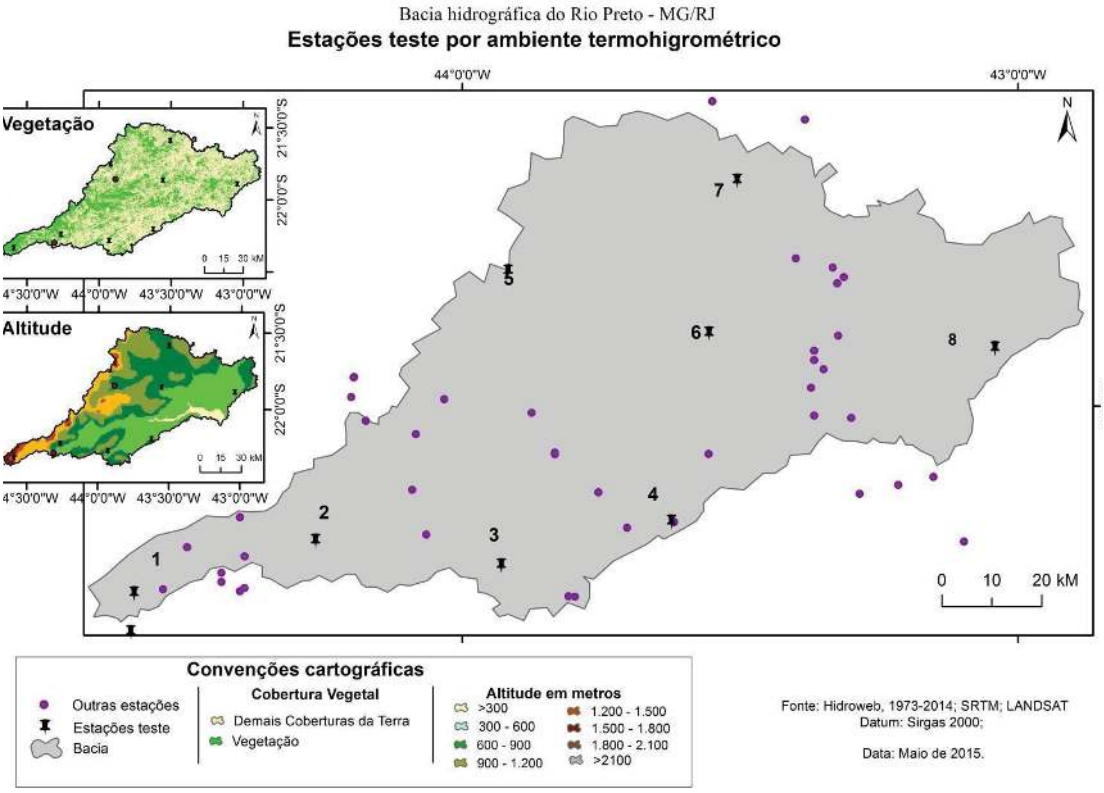


Figura 2 - Localização das estações teste. Fonte: OLIVEIRA, 2016.

Tabela 1 - Informações gerais dos pontos amostrais.

Ponto	Operador	Nome da Estação	Altitude (m)	Município	Latitude	Longitude	Ativa desde	Última atualização
1	CPRM	FAZENDA AGULHAS NEGRAS	1245	RESENDE (RJ)	-22:20:16	-44:35:25	01/02/1941	31/12/2014
2	CPRM	ZELINDA	550	PASSA VINTE (MG)	-22:14:35	-44:15:49	01/12/1935	31/12/2014
3	CPRM	CONSERVATORIA	550	VALENÇA (RJ)	-22:17:15	-43:55:46	01/04/1945	31/12/2014
4	CPRM	TABOAS	444	RIO DAS FLORES (RJ)	-22:12:31	-43:37:24	01/12/1941	31/12/2014
5	CPRM	CONCEIÇÃO DO IBITIPOCA	970	LIMA DUARTE (MG)	-21:45:28	-43:55:4	01/12/1941	31/12/2014
6	CPRM	TORREÕES	442	JUIZ DE FORA (MG)	-21:52:9	-43:33:20	01/05/1943	31/12/2014
7	CPRM	ESTEVÃO PINTO	452	MAR DE ESPANHA (MG)	-21:53:47	-43:2:29	01/03/1943	31/12/2014

Fonte: Adaptado de Hidroweb (ANA, 2018).

A escolha das classes de cores usadas no mapeamento e, consequentemente sua legenda, levou em consideração a amplitude encontrada nos valores dos acumulados de chuva. Embora, a princípio, o número de classes possa dificultar a leitura exata dos dados, a diminuição dessas também implicaria em uma generalização que ocasionaria perda na exatidão visual do dado exposto. Dessa forma, optou-se por permanecer com um número maior de classes e acrescentar uma tabela com os valores reais dos acumulados diários.

Uma segunda etapa da investigação foi subsidiar a análise da gênese do episódio de chuva de janeiro de 2007. Com base nos estudos climáticos genéticos, que consideram a importância de entender os mecanismos responsáveis pela gênese dos eventos climáticos (MONTEIRO, 1971, 1973, 1991), fez-se a interpretação sinótica de superfície e a identificação de quais sistemas atmosféricos e/ou meteorológicos estavam atuando (OLIVEIRA e FERREIRA, 2017).

A interpretação ocorreu a partir de dados diários obtidos pela análise das Cartas Sinóticas da Marinha, comparando-as com imagens de satélite (CPTEC/INPE) e boletins CLIMANÁLISE (janeiro de 2007). As cartas sinóticas são produzidas considerando os campos de pressão atmosférica e permitem aferir quais os sistemas atmosféricos estiveram em atuação nos dias estudados (OLIVEIRA e FERREIRA, 2007).

Foram utilizadas as cartas sinóticas das 12 horas e considerou-se o quadrante 15º00’00” S, 30º00’00” S, 30º00’00” O e 50º00’00” O, como aquele que limitaria a área climática a ser estudada. Dessa forma, buscou-se que a observação do sequenciamento da movimentação atmosférica global, em atuação na BHRP e regiões limítrofes, fosse identificada (OLIVEIRA e FERREIRA, 2017).

Com tais informações, criou-se um gráfico de análise rítmica, onde foram inseridos as informações meteorológicas e os dados de precipitação de alguns pontos distribuídos pela bacia (ver Figura 2: Localização das estações teste). A escolha de tais pontos foi realizada considerando os distintos padrões de cobertura da terra e as variações de altitude encontrados na área de estudo e sempre levando em conta que esses seriam representativos da região (OLIVEIRA, 2016).

A terceira etapa desenvolve-se com o levantamento dos impactos e repercussões do episódio estudado. A aquisição dos documentos que relatam os eventos ocorridos em todos os municípios que compõem a BHRP no período analisado deu-se através do acesso ao arquivo digital do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD) que, por sua vez, agrega inúmeros produtos da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil – SEDEC. Nesses é possível encontrar bases de dados que permitem qualificar e dar transparência à gestão de riscos no Brasil, consolidando um histórico de eventos a partir de diversos fenômenos (deslizamentos, inundações etc.). O sistema permite acesso a documentos do tipo AVADAN (Avaliação de Danos) e o NOPRED (Notificação Preliminar de Desastre) de qualquer área de interesse (município e estado do país) e para qualquer escala temporal, desde que tenham sido inseridos em seu sistema (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL, 2018.).

A partir desses, criou-se uma tabela a fim de expor as ocorrências registradas e os eventos ocor-

ridos durante o episódio aqui estudado. Foram mencionados os municípios e estados, data e o tipo de ocorrência, área (urbana e/ou rural), causa, tipo de documento e instituição informante. É importante ressaltar que, para essa pesquisa, além de ser considerado o período de análise entre 01 de janeiro a 31 de janeiro de 2007 para levantamento dos eventos ocorridos, considerou-se também o recorte de 01 a 10 de fevereiro de 2007, mediante as possíveis ocorrências que podem ter acontecido devido aos acumulados de precipitação dos dias finais de janeiro de 2007. Afirma-se ainda que possam ter acontecido outras ocorrências na região da BHRP e que não foram incluídos na base de dados do S2iD. Assim sendo, para este estudo, considerou-se apenas os registros incluídos no S2iD durante a análise comparativa.

O levantamento das informações meteorológicas, suas gêneses e distribuição espaço-temporal deram bases para compreender os principais padrões na dinâmica das chuvas, assim como possibilitou identificar quais seriam os seus principais transtornos. Com as três etapas citadas nos parágrafos anteriores tornou-se possível fazer um estudo episódico mais integrado das chuvas de janeiro de 2007, refletindo os aspectos socioambientais envolvidos.

Resultados

Em primeiro lugar deve-se ressaltar a característica principal das chuvas que ocorreram no episódio estudado. Essa é o fato de que todos os dias do mês de janeiro de 2007 foram caracterizados por apresentarem algum registro de chuva para os pontos amostrais estudados (Tabela 2: Totais diários de precipitação), o que, além de representar totais diários de precipitação, são acumulados. Os maiores registros diários foram aqueles medidos em Conceição do Ibitipoca (72 mm no dia 4) e em Torreões (141 mm no dia 10). O dia 4 foi o mais chuvoso entre os estudados.

Precipitação em mm - Janeiro - 2007																														
Estações Teste	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
FAZENDA AGULHAS NEGRAS	53	3	5	20	24	7	4	0	45	5	8	6	2	11	14	12	9	11	5	0	0	30	27	1	3	7	21	2	1	7	49
ZELINDA	1	31	29	17	19	1	0	5	1	0	1	15	32	10	10	41	20	0	6	0	36	20	14	0	7	10	42	1	5	1	0
CONSERVATORIA	28	15	38	44	10	1	0	8	8	0	0	0	0	50	7	22	16	27	2	0	0	11	11	1	1	2	6	4	3	1	1
TABOAS	24	9	22	38	8	4	0	1	0	0	0	0	0	47	0	0	20	8	0	0	0	9	5	2	2	3	7	12	7	4	20
CONCEIÇÃO DO IBITIPOCA	9	11	24	72	35	8	0	0	51	7	0	0	0	30	20	65	15	2	1	0	0	15	8	15	25	1	17	9	48	31	16
TORREÕES	15	35	53	50	16	2	0	7	40	141	0	4	0	25	14	5	48	32	4	26	12	0	0	12	35	24	0	14	0	8	0
ESTEVÃO PINTO	17	13	50	68	3	2	0	57	4	35	0	3	0	53	44	55	11	0	0	0	0	23	0	5	21	23	9	3	0	0	24

Tabela 2- Totais diários de precipitação. Fonte: Adaptado pelos autores, a partir dos dados Hidroweb (ANA, 2018).
Obs.: Grifos em vermelho para dias sem chuva e em azul para acima de 50mm/dia.

Os maiores registros mensais (Tabela 3: Totais mensais de precipitação) foram encontrados em Torreões (620,4 mm) e Conceição do Ibitipoca (541,8 mm), já os menores para Taboas (250,9 mm) e Conservatória (317,9 mm) (região Centro-Sul da BHRP). O mês de janeiro de 2007 foi, inclusive, o que apresentou o máximo acumulado de chuva para a série de dados de 1950-2018 em Torreões (Gráfico 1: Acumulados anuais de precipitação: série histórica).

		Acumulados (mm)			
		Janeiro de 2007	Serie historica (1950-2018)		
			Média	Maxima	Ano
1	FAZENDA AGULHAS NEGRAS	392	425,99	948,2	1985
2	ZELINDA	374,9	320,73	1001	1950
3	CONSERVATORIA	317,9	270,32	542,9	2003
4	TABOAS	250,9	276,91	793	1967
5	CONCEIÇÃO DO IBITIPOCA	541,8	295,46	727,7	1966
6	TORREÕES	620,4	265,14	620,4	2007
7	ESTEVÃO PINTO	525,4	236,27	596	1985

Tabela 3 - Totais mensais de precipitação. Fonte: Adaptado pelos autores, a partir dos dados Hidroweb (ANA, 2018).

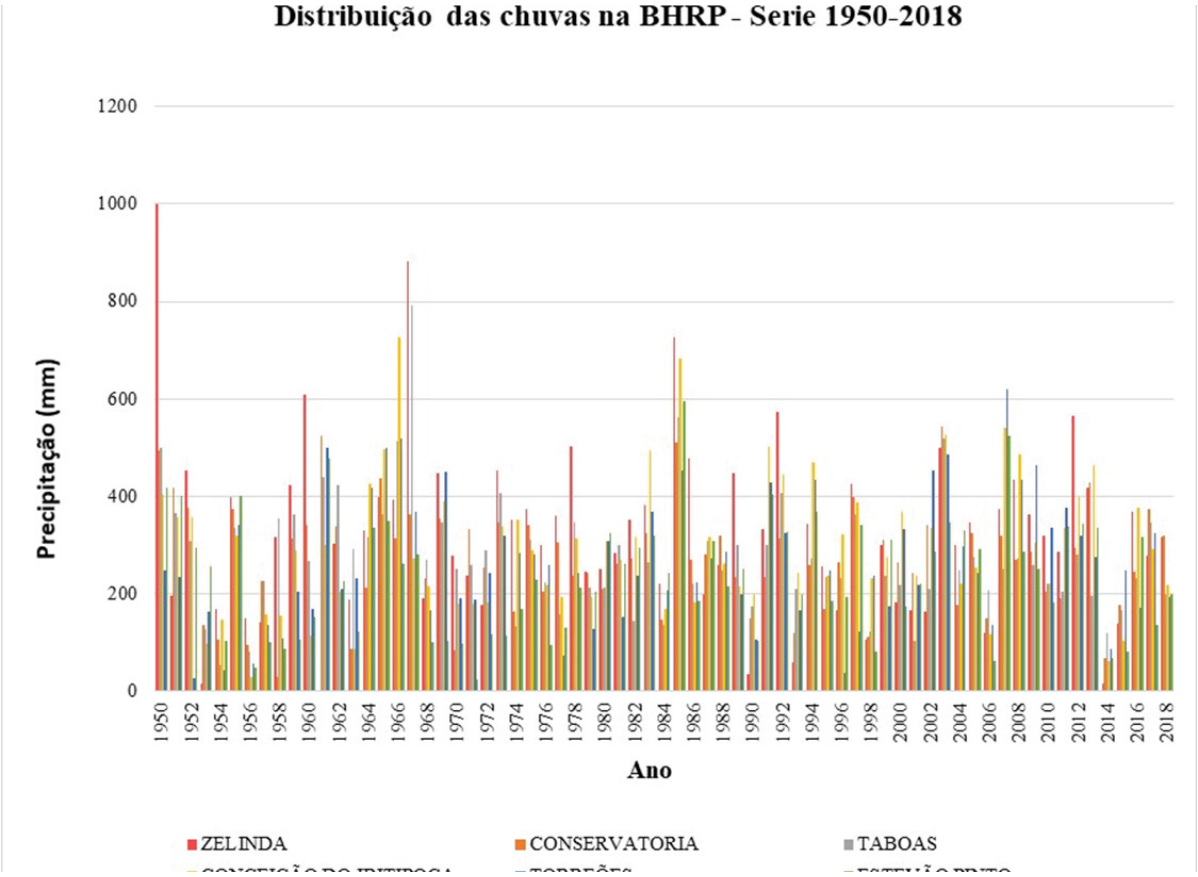


Gráfico 1 - Acumulados mensais de precipitação: série histórica. Fonte: Adaptado pelos autores, a partir dos dados Hidroweb (ANA, 2018).

Os pontos amostrais se apresentaram distribuídos de forma heterogênea na área de estudo. Considerar essa variação espacial, que há naturalmente na dinâmica climática, como aquela proveniente dos fatores geográficos de formação do clima, se mostra de fundamental importância para entender o ritmo e a gênese de tais episódios, visto que possibilita uma compreensão integrada entre atmosfera, coberturas e morfologias da terra e a população que direta ou indiretamente seria afetada por excepcionalidades.

No que tange a gênese das chuvas, foi possível verificar que esteve diretamente ligada com os mecanismos que estiveram em atuação no período (Figura 3: Sucessão diária dos tipos de tempo em janeiro de 2007). Constatou-se que os dias estudados estavam sob atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), da Linha de Instabilidade (LI), da massa Polar Atlântica (mPa), da massa Tropical Atlântica (mTa) e dos sistemas frontais, que são mecanismos, já comprovados, responsáveis por chuvas na região (SANT'ANNA NETO, 2005; OLIVEIRA, 2016).

Dessa forma, considerando que tais sistemas acabam por justificar a gênese das chuvas, se mostra necessário entender as características que possuem. Suas peculiaridades são:

- **mTa (massa Tropical Atlântica):** é originária do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) e tem como particularidades a elevada temperatura e a umidade (limitada a camada superficial). É homogênea e tendente a estabilidade (SANT'ANNA NETO, 2005);
- **mPa (massa Polar Atlântica):** está associada aos Anticiclones Polares e tem como características ser inicialmente seca, fria e estável, mas, durante sua trajetória, absorve calor e umidade, se tornando instável. Provoca queda da temperatura (SANT'ANNA NETO, 2005);
- **ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul),** em inglês, *South Atlantic Convergence Zone* (SACZ): é uma banda de nebulosidade de sentido Noroeste-Sudeste, que influencia no regime de chuvas das regiões onde atua, ocasionando altos índices pluviométricos (CARVALHO e JONES, 2009; QUADRO et al, 2021);
- **LI (Linhas de Instabilidade):** se localizam em áreas de depressão barométrica e tem como uma de suas características o fato de o ar estar em convergência (COHEN et al. 2009);
- **Frente:** ligada ao deslocamento do ar, é uma importante perturbação atmosférica. Sua chegada provoca chuvas mais intensas. Quando são estacionárias ocasionam chuvas calmas e contínuas (CAVALCANTI e KOUSKI, 2009).

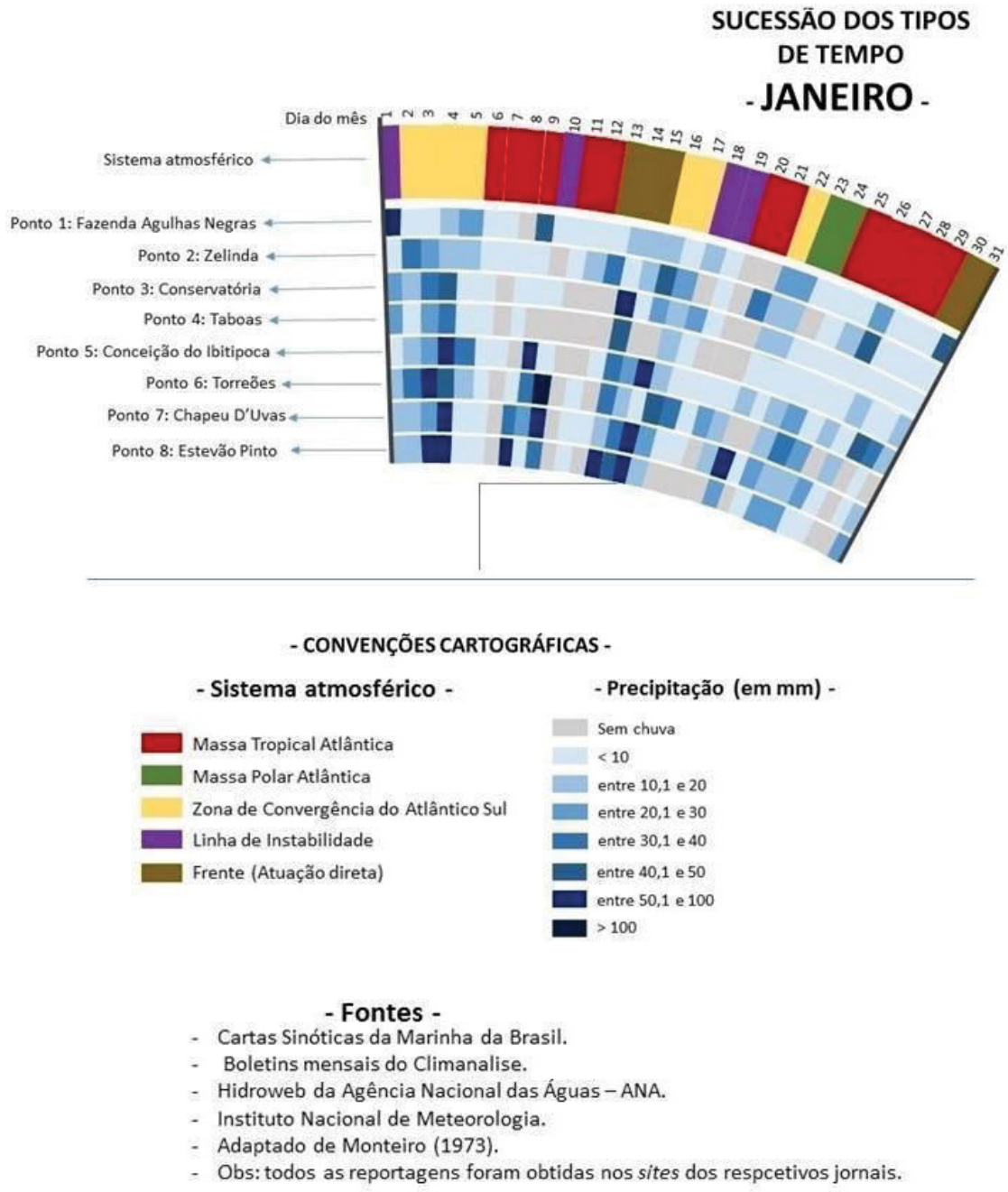


Figura 3 - Sucessão diária dos tipos de tempo em janeiro de 2007. Fonte: Organizado pelas autoras, 2018.

A ZCAS sobrepunha a área estudada em três episódios principais: o primeiro, entre os dias 2 e 5, o segundo entre 16 e 17 e o terceiro no dia 22, conforme analisado nas cartas sinóticas da Marinha. Em relação ao padrão de sequenciamento diário desse sistema meteorológico, observou-se que nos dois primeiros episódios se sucedeu uma Linha de Instabilidade e alguns sistemas frontais, respectivamente, o que pode vir no sentido de favorecer o entendimento de que teleconexões atmosféricas poderiam

favorecer ou inibir a confirmação da origem da ZCAS e/ou mecanismos atmosféricos que atuam concomitantes.

O sistema que atuou no maior número de dias foi a mTa (13 dias). Por sua vez, a atuação da mPa ocorreu em apenas dois dias, da segunda quinzena do mês (dias 23 e 24), o que de certa forma seria o esperado, pois, conforme ressaltado por Monteiro (1973), a atuação desse sistema é menor nessa época do ano.

Considerando os sistemas atuantes em correlação com os registros de chuva encontrados nos pontos teste (Figura 3: Sucessão diária dos tipos de tempo em janeiro de 2007) e a espacialização diária desses dados (Figura 4: Precipitação diária), chegou-se a constatação de que nos dias sob a atuação da ZCAS foram registrados elevados totais de precipitação para quase todos os postos pluviométricos, como exemplo o dia 4, em que foi registrado 96,8 mm na estação localizada em Santos Dumont, e no dia 16, na mesma estação, com registros de 93,8 mm. Em Resende, no dia 22 de janeiro, foram registrados 115 mm.

Assim, torna-se possível afirmar que quando as previsões meteorológicas indicarem que uma ZCAS poderá estar atuando, deve-se alertar a população local, visto que podem ocorrer chuvas intensas e duradouras na região, acarretando em algum tipo de transtorno a essa população; como no meio urbano, que dada a ocorrência da impermeabilização do solo e das ocupações em áreas de risco, tem-se uma intensificação da ocorrência de enchentes e/ou inundações e deslizamentos de terra.

Os dias sob a atuação da mPa e dos sistemas frontais também apresentaram elevados totais diários de precipitação para o mês de janeiro de 2007. O que seria algo esperado, pois as correntes de sul "particularmente a penetração do anticiclone polar atlântico provoca a formação de extensas zonas de perturbação frontal, no contato com as massas tropicais (de leste e norte) e as equatoriais (de noroeste e oeste), produtoras de quase 2/3 da gênese pluvial dos estados do Sudeste" (SANT'ANNA NETO, 2005, p.49).

Os dias com os menores acumulados estavam sob atuação da mTa (06, 11, 12, 20 e 28), os dias com os maiores acumulados (03, 04 e 16) estavam sob atuação da ZCAS e o dia 14 estava sob atuação da LI. Logo, tem-se que, enquanto a mTa e os sistemas frontais exerciam influência de maneira mais pontual e localizada, os dias sob atuação das ZCAS apresentaram um padrão de volume pluviométrico similar que se repetia em toda extensão da bacia.

Nos dias 10 e 18 a presença da LI pode ser o que justifica os elevados totais de precipitação registrados, 141,4 mm em Torreões e 64 mm em Bom Jardim de Minas, respectivamente. Uma vez que, conforme ressaltado por Nimer (1979, p. 93), "no seio de uma Linha de IT o ar em convergência acarreta, geralmente, chuvas e trovoadas". Nesse caso, são as características locais que fizeram com que uma localidade ponto registrasse quase o dobro da precipitação registrada no outro.

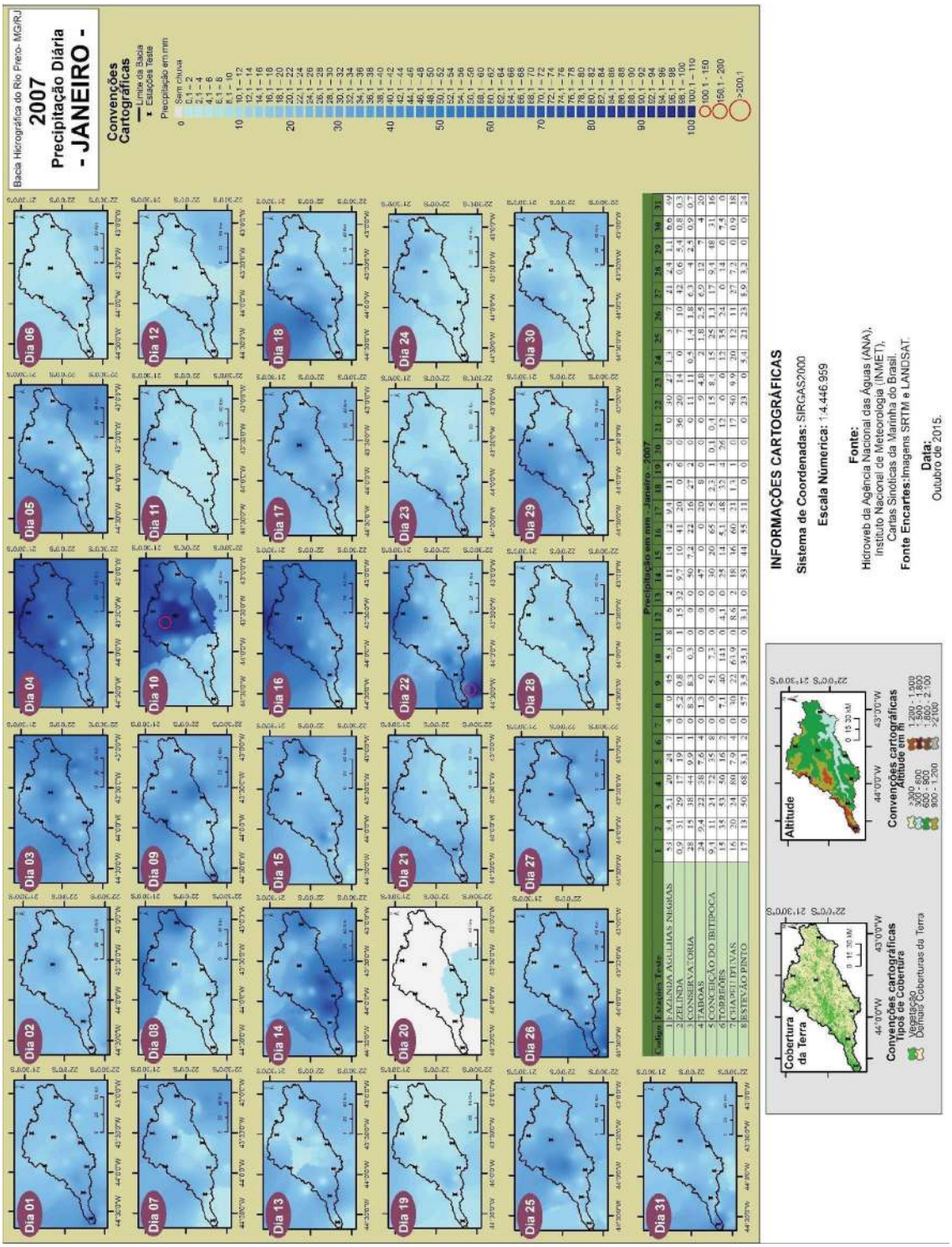


Figura 4 - Precipitação diária. Fonte: Organizado pelas autoras, 2018.

Considerando, além da dinâmica atmosférica, as características locais e regionais da BHRP, constata-se que houve, de certa forma, uma relação entre a precipitação e o relevo, com áreas elevadas

registrando maior quantitativo de chuvas e áreas menos elevadas com os menores valores (Figura 2: Localização das estações teste). O relevo tem uma função importante na gênese das chuvas dessa região, contribuindo para a variação espacial e temporal dos regimes e a diferenciação das paisagens encontradas à barlavento e à sotavento (TAVARES e FERREIRA, 2020). O efeito orográfico exercido pela Serra do Mar, por exemplo, contribui para que a feição voltada para Leste, localizada à barlavento, apresente-se mais úmida e com maiores quantitativos de chuva, quando sob atuação de sistemas provindos do Atlântico. As feições à Oeste, por sua vez, apresentam maiores registros de chuva quando a ZCAS está atuando.

Além da Serra do Mar, a Mantiqueira influencia nas tipologias de tempo e clima identificados na BHRP, direcionando as massas provenientes dos polos e o percurso da mPa na bacia. É preciso destacar, assim, que o relevo é um fator "estático" (NIMER, 1979) e, sozinho, não justifica a variação das chuvas. Outro elemento estático é o padrão de cobertura da terra, que também pode estar influenciando a dinâmica em alguns dias, como por exemplo, naqueles sob atuação da mTa, quando os processos de evaporação e evapotranspiração são acentuados e provocam movimentos convectivos que geram precipitações.

Ressalta-se ainda o fato de que não foi possível identificar um padrão espaço-temporal seguido pela distribuição espacial das chuvas (Figura 4: Precipitação diária) e que vários pontos tiveram, sob atuação dos mesmos sistemas meteorológicos, comportamentos distintos; assim como em outros episódios, comportamentos similares. Nesse caso, o que justifica a heterogeneidade espacial dos registros de chuva encontrados são as particularidades de cada ponto, como a morfologia do relevo, a presença de corpos hídricos e de vegetação e os processos convectivos locais.

Os fatores geográficos que formariam o clima (NIMER, 1979), materializados sob a ordem genética, interagem com a superfície terrestre e vão produzindo tipologias climáticas, que, por sua vez, podem ser habituais ou excepcionais. Entender essas relações dos fenômenos climáticos em co-habitância com os sítios onde estão inseridos é uma das relações que também se atrelam à concepção dinâmica de interpretação dos eventos climáticos e que podem vir a mitigar os seus impactos (OLIVEIRA et al, 2017).

Conforme ressalta Santos (2014, p. 151), "as áreas de ocorrência podem ter conteúdos parecidos, mas nunca idênticos". A natureza das forças e dos impactos, atrelada ao fato de acontecerem sempre no presente, faz com que os acontecimentos não se repitam e sempre criem novas histórias (SANTOS, 2014). Os dias atípicos de chuva, que são algumas das calamidades que a variabilidade climática pode acentuar, irão ocasionar dinâmicas e necessidades de gestão e planejamento específicos para cada município, devido às suas necessidades pontuais e individuais.

Os eventos identificados na BHRP no período em análise (Quadro 1: Eventos registrados na BHRP para janeiro de 2007) se originaram a partir do grande volume pluviométrico (acumulado ou não) que se estendeu durante o mês de janeiro de 2007, ocasionando fenômenos como os deslizamentos de terra, inundações (graduais ou bruscas), enchentes, alagamentos e perda material e imaterial. Ressalta-se que os termos "deslizamentos" e "escorregamentos" aqui mencionados são sinônimos, caracterizados como um dos tipos de movimentos de massa.

Municípios	Estado	Data	Ocorrência Registrada	Área	Causa	Tipo de Documento	Instituição Informante
Antônio Carlos	MG	-	-	-	-	-	-
Belmiro Braga	MG	-	-	-	-	-	-
Bias Fortes	MG	-	-	-	-	-	-
Bicas	MG	21/01/2007	Escorregamentos ou Deslizamentos; Relacionados com a danificação ou destruição de habitações; Relacionados com a danificação ou destruição de obras de arte ou de edificações por problemas relativos ao solo e às fundações.	Urbana	Carreamento do solo de suporte da fundação da casa devido à elevação brusca do nível do córrego e da força de arraste da natureza.	AVADAN	Prefeitura Municipal de Bicas
		30/01/2007	Relacionados com a danificação ou destruição de habitações; Relacionados com a danificação ou destruição de obras de arte ou de edificações por problemas relativos ao solo e às fundações.	Urbana	Carreamento de parte do solo de suporte da fundação do imóvel e da via existente em função do grande volume de precipitação ocorrido, associado às possíveis obstruções existentes e ao mau rejuntamento da tubulação.	AVADAN	Prefeitura Municipal de Bicas
Bocaina de Minas	MG	04/01/2007	Enxurradas ou Inundações Bruscas	Urbana/ Rural	Intensas precipitações pluviométricas durante o mês de dezembro de 2006 e janeiro de 2007. Índice pluviométrico de 650 mm no período.	AVADAN	Secretaria Municipal de Obras Públicas
Bom Jardim de Minas	MG	-	-	-	-	-	-
Chácara	MG	10/01/2007	Escorregamentos ou Deslizamentos; relacionados com a danificação ou destruição de habitações.	Urbana/ Rural	O forte índice pluviométrico, por vários dias, causou a infiltração nos barrancos, o que levou aos deslizamentos ou escorregamentos prejudicando e colocando em riscos as residências urbanas.	AVADAN	Prefeitura Municipal de Chácara
Chiador	MG	-	-	-	-	-	-
Coronel Pacheco	MG	25/01/2007	Escorregamentos ou Deslizamentos	Urbana/ Rural	[Informação Ocultada]	AVADAN	Coordenadoria Municipal de Coronel Pacheco/ COMDEC

Ewbank da Câmara	MG	08/01/2007	Enxurradas ou Inundações Bruscas	Urbana/ Rural	Fortes precipitações no Centro, Colônia de São Firmino e na cabeceira do Rio Tabuões no volume de 70 milímetros, conforme COMDEC Santos Dumont e em Ewbank 48.2 milímetros e conforme MG Tempo - CEMIG, ocasionando a enchente do Córrego Schmith e Totonho em 2,5 metros acima do nível normal.	NOPRED	Prefeitura Municipal de Ewbank da Câmara
		20/01/2007	Escorregamentos ou Deslizamentos	Urbana/ Rural	Após enxurradas e inundações bruscas provenientes de chuvas no dia 08/01/07, ocorreram a partir do dia 20/01 novos sinistros como escorregamentos e deslizamentos de terras na zona rural e vias urbanas da cidade de Ewbank da Câmara, dificultando o acesso às áreas atingidas. No povoado da Colônia de São Firmino às margens do Rio Tabuões encontra-se em processo de erosão podendo acarretar o desmoronamento da Av. do Contorno.	AVADAN	Prefeitura Municipal de Ewbank da Câmara
Guarará	MG	07/01/2007	Enchente ou Inundações Graduais	Urbana	Chuva intensa nas últimas semanas, agravadas no dia 01 de janeiro causando aumento do nível dos córregos que abastecem a zona urbana do município, provocando deslizamentos de encostas.	AVADAN	Coordenadoria Estadual de Defesa Civil

Juiz de Fora	MG	09/01/2007	Escorregamentos ou Deslizamentos; Enxurradas ou Inundações Graduais; Enxurradas ou Inundações Bruscas; Alagamentos.	Urbana/ Rural	Entre os dias 31 de dezembro de 2006 e 08 de janeiro de 2007, a chuva contínua determinou o registro predominante de escorregamentos de terra por várias regiões do município e inundações no bairro Industrial face ao aumento de contribuição a montante do Rio Paraibuna, em razão das chuvas registradas em sua cabeceira e afluentes. Na noite do dia 09 de janeiro de 2007, ocorreu uma chuva forte, acompanhada de descarga elétrica e rajadas de vento) de aproximadamente 50 minutos, provocando o aumento brusco e expressivo do nível d'água (69,70 mm) nos córregos Três Pontes e Humaitá, provocando a inundação de vários bairros. O mesmo ocorreu no córrego de São Pedro, causando inundações do bairro, agravando a situação já instável nas áreas de encostas, já muito saturadas. Os pluviômetros da Paraibuna Metais e Belgo - Grupo Arcelor registraram, nessa data, índices de 103,3 mm e 97,00 mm, respectivamente, na zona norte. Foram registrados diversos pontos de alagamentos. Na região Sul foi necessária a execução de obra de drenagem em caráter provisório para minimizar a ocorrência de inundação em trecho da Avenida Desdedith Salgado, principal via de acesso à cidade a partir da BR 040.	AVADAN	Subsecretaria de Defesa Civil
		18/01/2007	Enxurradas ou Inundações Bruscas	Urbana/ Rural	Art. 1 Reconhecer, em virtude de enxurradas ou inundações bruscas, a situação de emergência, no Município de Juiz de Fora, sede do município e distritos, pelo prazo de cento e vinte dias, contados a partir de 18 de janeiro de 2007.	PORTARIA	PORTARIA N 495, DE 7 DE MARÇO DE 2007

Lima Duarte	MG	04/01/2007	Enchentes ou Inundações Graduais	Urbana/ Rural	O alto índice pluviométrico dos últimos quinze dias (aproximadamente de 21 de dezembro de 2006 a 04 de janeiro de 2007) resultou em enchentes ou inundações graduais que provocaram instabilidade de taludes e o aumento exagerado da vazão do nível dos rios, córregos e afluentes pertencentes à bacia hidrográfica que contém o Rio do Peixe nesse município.	AVADAN	Prefeitura de Lima Duarte
Mar de Espanha	MG	16/01/2007	Enxurradas ou Inundações Bruscas	Urbana/ Rural	Fortes e ininterruptas precipitações pluviométricas no dia 16 de janeiro de 2007, com índice pluviométrico de 315 mm em 24 horas, sendo que a média histórica mensal é de 324,8 mm, causando enxurradas e inundações em parte das zonas urbana e rural do município.	AVADAN	Coordenadoria Municipal de Defesa Civil de Mar de Espanha
Maripá de Minas	MG	-	-	-	-	-	-
Matias Barbosa	MG	09/01/2007	Enchentes ou Inundações Graduais	Urbana	Intensas chuvas, com índices pluviométricos de 560 mm, elevando o nível do Rio Paraibuna, Córrego São Fidelis e Córrego Monte Alegre, que causaram inundações, deslizamentos e enchentes no município.	AVADAN	Coordenadoria Municipal de Defesa Civil
Olaria	MG	-	-	-	-	-	-
Passa Vinte	MG	-	-	-	-	-	-
Pedro Teixeira	MG	-	-	-	-	-	-
Pequeri	MG	-	-	-	-	-	-
Rio Preto	MG	10/01/2007	Enxurradas ou Inundações Bruscas	Urbana/ Rural	Chuvas ininterruptas ocorridas na região acima da média histórica, com o índice de [informação oculta] milímetros somente no mês de janeiro, ocasionando enxurradas e inundações bem como deslizamentos de encostas, danificando principalmente vias de acesso.	AVADAN	Prefeitura Municipal de Rio Preto

Santa Bárbara do Monte Verde	MG	01/01/2007	Enchentes ou Inundações Graduais	Urbana/ Rural	Fortes e ininterruptas precipitações pluviométricas nos meses de outubro de 2006 a fevereiro de 2007, com agravamento no dia 01 de janeiro de 2007, com altos índices pluviométricos, que provocaram enchentes e inundações.	AVADAN	Prefeitura Municipal de Santa Bárbara do Monte Verde
Santa Rita do Ibitipoca	MG	-	-	-	-	-	-
Santa Rita do Jacutinga	MG	-	-	-	-	-	-
Santana do Deserto	MG	10/01/2007	Enxurradas ou Inundações Bruscas	Urbana/ Rural	Intensas precipitações pluviométricas, durante todo o mês de dezembro de 2006 e janeiro de 2007, com agravamento nos dias 09 e 10 de janeiro de 2007, provocando enchente dos Rios Cágado e Caguincho causando enxurradas e inundações nas áreas urbana e rural.	AVADAN	Prefeitura Municipal de Santana do Deserto
Santos Dumont	MG	02/02/2007	Vendavais ou Tempestades	Urbana/ Rural	Precipitação pluviométrica de 45mm no dia do evento, observando o acumulado de 180mm nos últimos três dias. Ventos de 40Km/h com aproximadamente 50 minutos de duração.	NOPRED	Coordenadoria Estadual de Defesa Civil - CEDEC Coordenadoria Regional de Defesa Civil - CORDEC
Senador Cortez	MG	-	-	-	-	-	-
Simão Pereira	MG	09/01/2007	Enxurradas ou Inundações Bruscas	Urbana/ Rural	Intensas precipitações pluviométricas, durante todo o mês de dezembro de 2006 e janeiro de 2007, com agravamento nos dias 09 e 10 de janeiro de 2007, provocando enchente dos Rios Cágado e Caguincho causando enxurradas e inundações nas áreas urbana e rural do Município.	AVADAN	Coordenadoria Municipal de Defesa Civil - COMDEC - Simão Pereira
Barra do Piraí	RJ	-	-	-	-	-	-
Comendador Levy Gasparian	RJ	18/01/2007	Escorregamentos ou Deslizamentos	Urbana	Devido a fortes precipitações pluviométricas ocorridas entre os dias 15 e 18 de janeiro , acumulando aproximadamente 112 mm, provocando a saturação do solo, culminando no aparecimento de cunhas de escorregamento e grandes movimentos de massa.	AVADAN	Coordenadoria Municipal de Defesa Civil
Itatiaia	RJ	-	-	-	-	-	-
Paraíba do Sul	RJ	-	-	-	-	-	-
Quatis	RJ	-	-	-	-	-	-

Resende	RJ	-	-	-	-	-	-
Rio das Flores	RJ	-	-	-	-	-	-
Três Rios	RJ	07/01/2007	Escorregamento ou Deslizamentos	Urbana	Contínuas precipitações pluviométricas no período do dia 01/01/07 a 07/01/07, acumulando aproximadamente 300 mm, sendo a média mensal nos últimos anos de aproximadamente 90 mm, causando percolação trazendo a fragilidade do solo.	AVADAN	Prefeitura Municipal de Três Rios
Valença	RJ	29/01/2007	Enxurradas ou Inundações Bruscas	Urbana/ Rural	O desastre se deu em decorrência da forte precipitação pluviométrica ocorrida no dia 29 de janeiro de 2007. O acúmulo de chuvas ocorridas desde 27 de dezembro de 2006, se estendendo por outros dias de janeiro de 2007, tornou o solo saturado impedindo a absorção d'água, o que levou a enxurrada.	AVADAN	Prefeitura Municipal de Valença

Quadro 1 - Eventos registrados na BHRP para janeiro de 2007. Fonte: Adaptado de S2iD, 2018.

Fazendo uma análise dessas ocorrências citadas no quadro acima e, considerando a sua localização espacial (Figura 5: Municípios que apresentam registros de eventos na BHRP), constatou-se que as áreas mais atingidas estão situadas mais ao norte da BHRP e, também, próximo ao seu exutório, que nesse caso, devido a suas características físicas, somadas às interferências antrópicas, podem favorecer a ocorrência de inundações.

As áreas que correspondem ao maior adensamento urbano e que também pertencem as áreas mais atingidas por diferentes tipos de eventos (deslizamentos, inundações, enchentes etc.), como é o caso do município de Juiz de Fora, precisam ser consideradas, visto que esse é o município mais populoso (516.247 segundo IBGE, 2010) e possui uma área urbana demasiadamente ocupada. Os estudos que visam identificar as áreas de risco suscetíveis aos fenômenos aqui mencionados e dos graus de vulnerabilidade da população residente são essenciais ao planejamento urbano e gestão do território, corroborando, com maior afinco, com os estudos climáticos aqui discutidos.

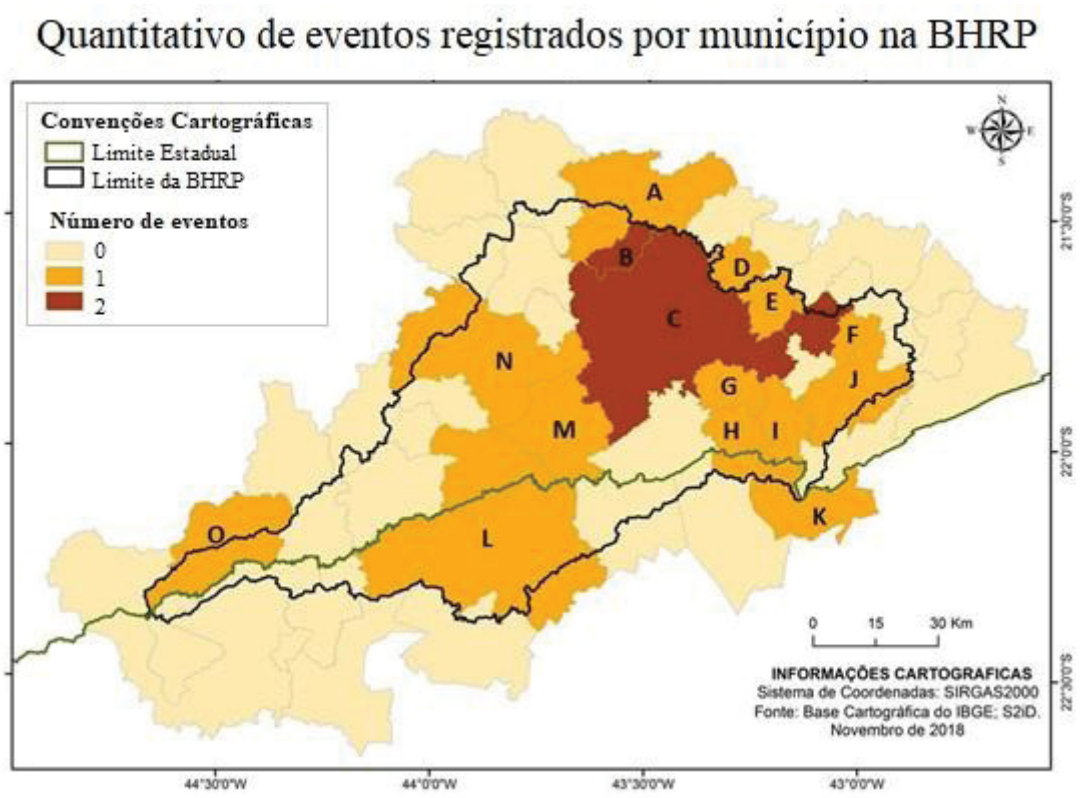


Figura 5 - Municípios que apresentaram registros de desastres na BHRP. A saber: A) Santos Dumont, B) Ewbank da Câmara, C) Juiz de Fora, D) Coronel Pacheco, E) Chácara, F) Guarará, G) Matias Barbosa, H) Simão Pereira, I) Santana do Deserto, J) Mar de Espanha, K) Três Rios, L) Valença, M) Santa Bárbara do Monte Verde, N) Lima Duarte, O) Bocaina de Minas. Fonte: Organizado pelas autoras, 2018.

Ainda em relação aos municípios, constatou-se que, em alguns dias, a atuação das chuvas ocorreu para mais de um município (Gráfico 2: Quantitativo de municípios com eventos registrados e afetados por estado). Os dias 4, 7 e 18 estavam sob a atuação de sistemas distintos (ZCAS, mTA e LI, respectivamente) mas que apresentam comprovações que trazem chuvas para a região (OLIVEIRA, 2016). Os dias 9 e 10 apresentaram registro de ocorrência de eventos em três municípios para cada dia (Juiz de Fora, Matias Barbosa e Simão Pereira; e Chácara, Rio Preto e Santana do Deserto, respectivamente). Tais municípios têm em comum o fato de se localizarem na porção mais ao norte da BHRP. Os registros realizados nesses dias superaram os 50 mm e estavam sob influência da mTa e das Linhas de Instabilidade. Os dias 16 e 17 apresentaram totais elevados de chuva para vários municípios da área de estudo (Figura 4: Precipitação diária).

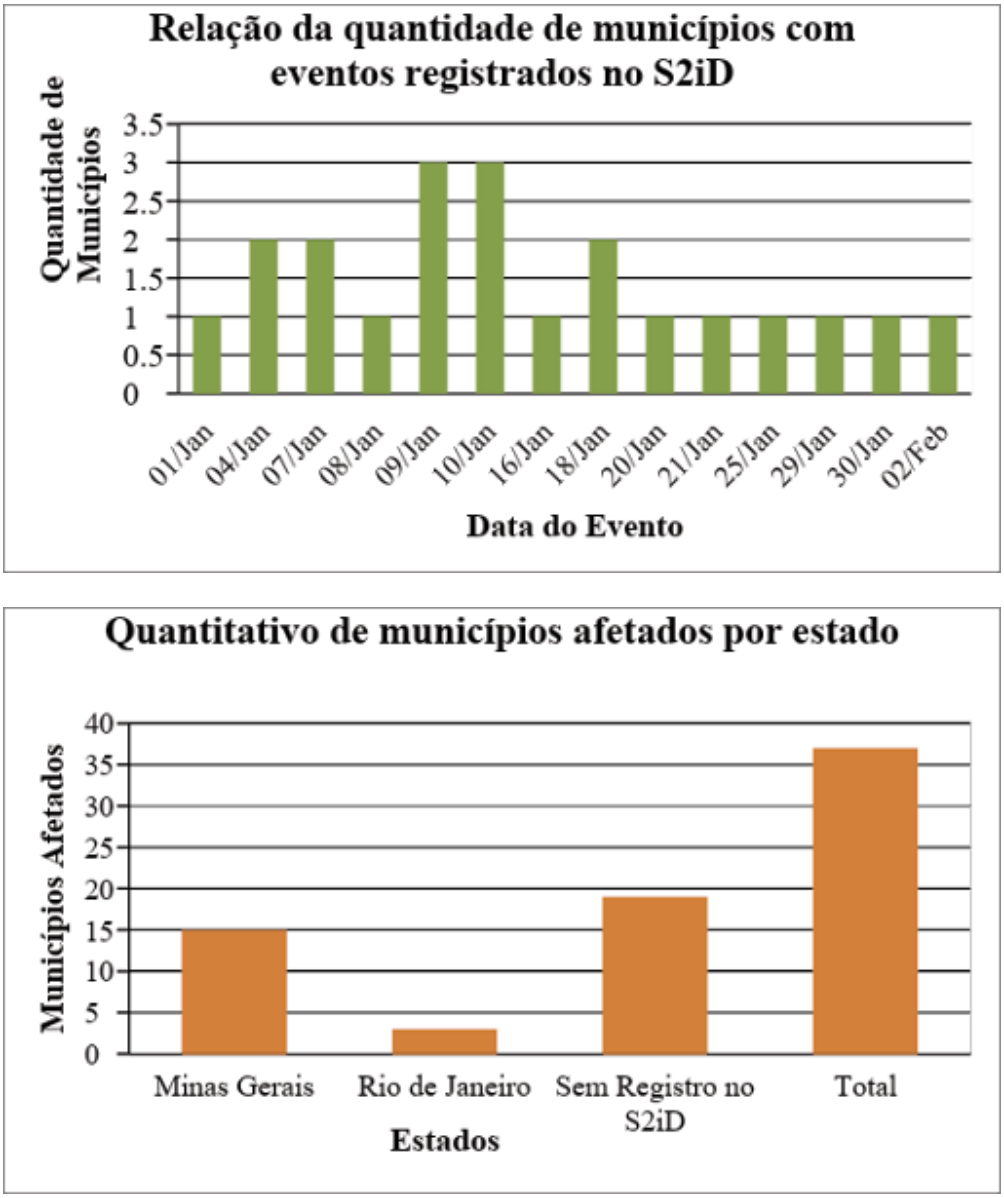
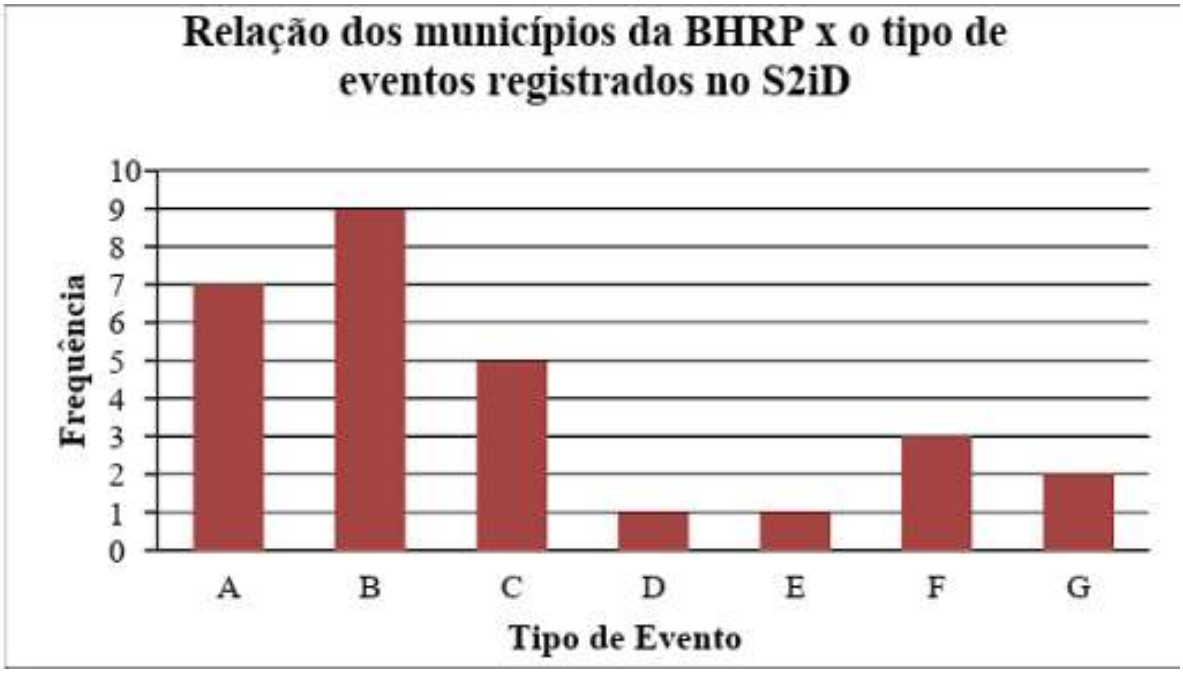


Gráfico 2 -Quantitativo de municípios com eventos registrados e afetados por estado. Fonte: Organizado pelas autoras, a partir de S2iD, 2018.

Conforme elucidado, a porção norte da BHRP apresentou um maior quantitativo de municípios afetados, localizando-se no estado de Minas Gerais, totalizando 15 ocorrências; enquanto que no estado do Rio de Janeiro, foram registradas 3 ocorrências. Tal fato exige uma análise mais aprofundada no que tange a ocorrência de eventos, visto que, por representarem estados federativos com planejamentos territoriais e gestão do espaço diferenciados, além de possuírem populações que apresentam vulnerabilidades distintas, possuem relações muito específicas entre si, no tocante a ocorrência de eventos como os já mencionados.

Em termos de frequência por tipo de evento registrado (Gráfico 3: Frequência de eventos), constatou-se que as enxurradas ou inundações bruscas foram as que mais ocorreram (n= 9); as enchentes ou inundações graduais também foram significativas (n= 5). Dentre essas, são as variações bruscas que causam maiores danos e impactos (GOERL e KOBIYAMA, 2005; KOBIYAMA et al., 2006). Quanto mais acentuadas forem a intensidade e a duração de sua ocorrência, maiores poderão ser as suas repercussões na vida civil, visto que, de acordo com a nova Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE), ambas pertencem ao grupo dos desastres naturais hidrológicos e relacionam-se com a elevação das águas dos corpos hídricos.

Gráfico 3 - Frequência dos eventos



LEGENDA
A: Escorregamentos ou Deslizamentos
B: Enxurradas ou Inundações Bruscas
C: Enchentes ou Inundações Graduais
D: Alagamentos
E: Vendavais ou Tempestades
F: Relacionados com a danificação ou destruição de habitações

Fonte: Organizado pelas autoras, a partir de S2iD, 2018.

As inundações graduais são ocasionadas por chuvas intensas e persistentes que, para a região, estão atreladas aos sistemas frontais, à formação de Linhas de Instabilidade e à ZCAS. As inundações bruscas têm relação com chuvas intensas e concentradas, que ocorrem na BHRP quando há a chegada

de uma frente fria ou pela convecção em dias de muito calor (OLIVEIRA, 2016).

Houve apenas um caso de vendaval ou tempestade, que são eventos naturalmente incomuns para a região. A rugosidade do relevo tende a diminuir a velocidade dos ventos, o que não permite a formação de vendavais. As chuvas da região também não chegam a se configurar e se incluir no conceito de tempestade utilizado nas ciências atmosféricas.

Dentre os registros, constatou-se que três eventos ocasionaram a danificação ou destruição de habitações; e dois eventos, a destruição de obras de arte ou edificações, por problemas relativos ao solo e às fundações. Segundo o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (2013), houve quatro mortes no município de Matias Barbosa (MG), no mês de janeiro de 2007.

No que tange às discussões climáticas, tem-se que, apesar de tantas possibilidades e aplicações da metodologia do ritmo climático, essas ainda são pouco exploradas e apenas quando há "disritmias" materializadas por eventos esporádicos, como o do episódio de chuvas de janeiro de 2007, que ocasionaram perdas materiais e de vidas; a população se interessa por conhecer os ritmos, ciclos e a própria variabilidade climática (OLIVEIRA e FERREIRA, 2017; MONTEIRO, 1991). São os impactos que trazem um despertar para se pensar gestões mais eficazes do espaço, o parcelamento do solo e a ocupação em áreas consideradas de risco.

Essa é uma temática que é colocada no centro das atenções, principalmente quando vem a ser um risco à população ou às questões econômicas. É perceptível que o caráter repetitivo dos fenômenos é socialmente mais naturalizado, quando comparados com eventos climáticos excepcionais (SETTE, 2000).

Monteiro, o criador do método de análise rítmica em climatologia, quando trata da discussão central de sua obra (MONTEIRO, 1991), chega a destacar que é essa a relação entre "clima e excepcionalismo". Esse é um teórico que, baseado nas concepções de Sorre (1951), já vem desde as décadas 60 e 70, enfatizando a necessidade de estudar, principalmente, as excepcionalidades e episódios que fogem a habitualidade, pois são essas pesquisas que de fato podem contribuir para diminuir os impactos das adversidades.

O fato é que o ritmo do clima traduz a dinâmica climática do ambiente e há ainda muito que se refletir em termos de prevenção e planejamento de gestão e produção do espaço. O clima deve ser considerado em sua totalidade e em interação com o ambiente. Pensá-lo apenas como um transtorno durante a ocorrência de episódios, como o que foi estudado, é distanciar o homem e as ocupações irregulares de sua parcela de responsabilidade para com a má gestão e planejamento do uso do solo.

Considerações finais

As chuvas registradas na BHRP, em janeiro de 2007, foram bastante significativas e representaram um episódio com inúmeras possibilidades de abordagem. A escolha por aquelas ligadas à gênese dos eventos climáticos e a repercussão dada aos processos/mecanismos atrelados se mostrou acertada e necessária.

Os maiores registros mensais foram encontrados em Torreões (620,4 mm) e Chapéu D'Uvas (587 mm) e os menores em Taboas (250,9 mm) e Conservatória (317,9 mm). Os maiores registros diários foram aqueles medidos em Torreões (141 mm no dia 10). O dia 4 foi o mais chuvoso entre os estudados. Os sistemas que foram responsáveis pela variabilidade climática foram a mPa, a mTa, as LI's, a ZCAS e as Frentes. Foram registrados dezoito municípios afetados pelas ocorrências de enchentes, enxurradas, inundações, alagamentos e deslizamentos, visto que as chuvas do mês em questão significaram um episódio de certa forma atípico e acima da média climatológica.

A espacialização da chuva demonstrou que não foi possível identificar um padrão espaço-temporal seguido pela distribuição das chuvas, e que várias localidades tiveram, sob atuação dos mesmos sistemas atmosféricos, comportamentos distintos; assim como em outros casos, comportamentos similares. Enquanto que, para os eventos, a região mais ao norte da BHRP foi que registrou um maior quantitativo de ocorrências. Uma das possíveis explicações para tal delineamento é exatamente o posicionamento da bacia em função de sistemas meteorológicos como a ZCAS, que atingem com maior prevalência o lado oeste da bacia, enquanto sistemas atmosféricos como a mTa e a mPa têm suas rotas provenientes do Atlântico.

A importância de estudos que considerem a gênese das chuvas e suas repercussões na ocorrência de eventos climáticos e na sociedade é grande e urgente. Propor estudos e refletir com o objetivo de diminuir os impactos de eventos climáticos esporádicos é um passo importante, no sentido de contribuir para uma perspectiva integrada e que busque lidar com os problemas de gestão do território.

Referências bibliográficas

AB'SÁBER, Aziz Nacib. **Províncias geológicas e domínios morfoclimáticos no Brasil**. Geomorfologia. São Paulo. p. 20-26, 1970.

ALVES, Lincoln Muniz.; MARENGO, José A.; CASTRO, Christopher. **Início das chuvas na região Sudeste do Brasil: análise climatológica**. *In:* Congresso Brasileiro De Meteorologia, 12.,2002. Foz de Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu: SBMET, 2002. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/228840206_Inicio_das_chuvas_na_regiao_Sudeste_do_Brasil_analise_climatologica>

Acesso em: 25 de outubro 2018.

ANA. **Agência Nacional das Águas**. Disponível em: http://hidroweb.ana.gov.br/. Acesso em: 26 de outubro de 2018.

BRASIL. **Atlas Brasileiro de Desastres Naturais 1991 a 2012**. 2ª ed. ampliada e revisada. Vol. Minas Gerais. Florianópolis: CEPED/UFSC, 2013.

Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2Id). Disponível em: https://s2id.mi.gov.br/. Acesso em: 26 de outubro de 2018.

CARPENEDO, Camila Bertoletti; AMBRIZZI, Tércio. Anticiclone subtropical do Atlântico Sul associado ao modo anular sul e impactos climáticos no Brasil. *In:* **Revista Brasileira de Meteorologia**, [*S.l.*], v. 35, n.04, p.605-613, 2020. Disponível em:<https://www.scielo.br/j/rbmet/a/DgpCSLppxxYyxWCVLX5sBZM/?format=pdf&lang=pt>Acesso em: 07 de outubro 2021.

CARVALHO, Leila.; JONES, Charles.; LIEBMANN, Brant. The South Atlantic convergence zone: intensity, form, persistence, and relationships with intraseasonal to interannual activity and extreme rainfall. *In:* **Journal of Climate**, [*S.l.*], v. 17, p. 88-108, 2004. Disponível em:< https://www.researchgate.net/publication/232804623_The_South_Atlantic_Convergence_Zone_Intensity_Form_Persistence_and_Relationships_with_Intraseasonal_to_Interannual_Activity_and_Extreme_Rainfall> Acesso em: 21 de setembro 2022.

CARVALHO, Leila Maria.; JONES, Charles. Zona de convergência do Atlântico Sul. *In:* CAVALCANTI, I. F. A.; et al (orgs). **Tempo e Clima no Brasil**. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, p.95-109, 2009.

CASTRO FILHO, Hugo Crisóstomo.; STEINKE, Ercília Torres.; STEINKE, Valdir Adilson. Análise espacial da precipitação pluviométrica na bacia do lago Paranoá: comparação de métodos de interpolação. **Revista geonorte**, Edição Especial 2, v.1, n.5, 2012.

CAVALCANTI, Iracema Fonseca de Albuquerque.; FERREIRA, Nelson Jesus.; SILVA, Maria Gertrudes Alvarez Justi.; DIAS, Maria Assunção Faus da Silva. **Tempo e clima no Brasil.** Oficina de textos: São Paulo. 2009.

CAVALCANTI, Iracema Fonseca de Albuquerque.; KOUSKY, Vernon. Frentes Frias sobre o Brasil. *In:* CAVALCANTI, I. F. A.; et al (orgs). **Tempo e Clima no Brasil**. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos. p.134-147. 2009.

CLIMANALISE. **Boletins Climanálise.** Disponível em: http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/. Acesso em: 25 de outubro de 2018.

COHEN, Júlia.; CAVALCANTI, Iracema Fonseca de Albuquerque.; BRAGA, Rodrigo.; NETO, Luiz Santos.; Linhas de Instabilidade na Costa N-NE da América do Sul. *In:* CAVALCANTI, I. F. A.; et al (orgs). **Tempo e Clima no Brasil**. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, p.74-93. 2009.

CONTI, José Bueno. O meio ambiente Tropical. **Geografia**, v.14, n.28, p.69-79, 1989.

FERREIRA, Cássia Castro Martins. **Tipos de tempo de categorias climáticas na Bacia do Rio Paraibuna – MG.** São Paulo: USP. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade de São Paulo, 2002.

FERREIRA, Marcos. **Iniciação à análise geoespacial: teoria, técnicas e exemplos para geoprocessamento.** São Paulo: UNESP, 2014.

GOERL, Roberto Fabris.; KOBIYAMA, Masato. **Considerações sobre as inundações no Brasil.** Disponível em: http://www.labhidro.ufsc.br/Artigos/ABRH2005_inundacoes.pdf. Acesso em: 29 julho 2018.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/. Acesso em: 25 de outubro de 2018.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**. Disponível em: www.inmet.gov.br. Acesso em: 26 de outubro de 2018.

KOBIYAMA, Masato.; MENDONÇA, Magaly.; MORENO, Davis Anderson.; MARCELINO, Isabela Oliveira.; MARCELINO, Emerson.; GONÇALVES, Edson.; BRAZETTI, Letícia Luíza Penteado.; GOERL, Roberto Fabris.; MOLLERI, Gustavo Souto Fontes.; RUDORFF, Frederico de Morais. **Prevenção de Desastres Naturais: Conceitos Básicos**. 1a ed. Editora: Organic Trading. Curitiba, 109 p. 2006.

LANG, Stefan.; BLASCHKE, Thomas. **Análise da Paisagem com SIG**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

MANGILI, Fabiana Bezerra. **Dinâmica das chuvas no Paraná: da análise rítmica à espacial**. 144 f. Tese. (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2021. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.uel.br/document/?code=vtls000233933>. Acesso em: 01 de outubro de 2022.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Instrução Normativa** nº 01, de 24 de agosto de 2012. Anexo I – Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE).

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. **Análise rítmica em climatologia: problemas da atualidade em São Paulo e achegas para um programa de trabalho**. Instituto de Geografia da USP: São Paulo, 1971.

A dinâmica climática e as chuvas do estado de São Paulo: estudo geográfico sob forma de atlas. IGEOG: São Paulo. 1973.

Teoria e Clima Urbano. São Paulo: Universidade de São Paulo/ Instituto de Geografia, 1976.

Clima e excepcionalismo: conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico. UFSC: Florianópolis. 1991.

NASCIMENTO JÚNIOR, Lindberg. **As chuvas no Paraná: Variabilidade, teleconexões, e impactos de eventos extremos**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Presidente Prudente: UNESP, 157p. 2013.

NIMER, Edmon. **Climatologia do Brasil. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**: Rio de Janeiro, 427p.1979.

NUNES, Luci Hidalgo. **Impacto pluvial na Serra de Paranapiacaba e Baixada Santista**. Dissertação (mestrado). FFLCH-Universidade de São Paulo: São Paulo, 1990.

NUNES, Luiz Henrique. **Distribuição espaço-temporal da pluviosidade no Estado de São Paulo: tendências, variabilidade, processos intervenientes**. Tese (Doutorado em Geografia). São Paulo: USP, 192 p. 1997.

OLIVEIRA, Daiane Evangelista. **Classificação de unidades fisionômicas de paisagens para a bacia hidrográfica do Rio Paraibuna - MG/RJ, a partir de um diagnóstico ambiental**. Universidade Federal de Juiz de Fora. Monografia, 118p. 2013.

Participação dos sistemas atmosféricos na gênese e ritmo das chuvas na bacia hidrográfica do Rio Preto, MG/RJ - anos de 2006, 2007, 2008. Dissertação (Mestrado em Geografia). Juiz de Fora: UFJF, 151 p. 2016.

OLIVEIRA, Daiane Evangelista.; FERREIRA, Cássia Castro Martins. Gênese e ritmo da pluviosidade na bacia do Rio Preto MG/RJ: proposta metodológica para a representação cartográfica. **Revista Brasileira de Climatologia.** v. 21 2017.

OLIVEIRA, Daiane Evangelista.; ASSIS, Débora Couto.; FERREIRA, Cássia Castro Martins. **Definição de unidades climáticas para a bacia hidrográfica do rio Paraibuna, MG/RJ**. In: Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, n. CD de Anais. Curitiba: UFPR, 2014.

Distribuição espacial da sazonalidade nos tipos de tempo para a bacia do Rio Preto, MG/RJ. In: XI Encontro da ANPEGE, 2015, Presidente Prudente-SP. Cd de Anais, 2015.

QUADRO, Mário Francisco Leal.; SILVA, Maria Assunção Faus.; HERDIES, Dirceu Luiz.; GONÇALVES, Gustavo. Análise climatológica da precipitação e do transporte de umidade na região da ZCAS através da nova geração de reanálises. *In:* **Revista Brasileira de Meteorologia**, [*S.l.*] v.27, n.02, p.152-162, 2021. Disponível em:<https://www.scielo.br/j/rbmet/a/xzL7Sg34JjBfyk9n679z3hb/?format=pdf&lang=pt>Acesso em: 05 outubro 2022**.**

SANT'ANNA NETO, João Lima. Por uma Geografia do Clima, antecedentes históricos, paradigmas contemporâneos e uma nova razão para um novo conhecimento. **Revista Terra Livre**, n° 17, 2° semestre de 2001.

Decálogo da climatologia do sudeste brasileiro. **Revista Brasileira de Climatologia**. v. 1, 2005.

SANTOS, Milton. **A natureza do espaço.** Hucitec: São Paulo. 1996. Reimpressão 2014.

SETTE, Denise Maria. **O holorritmo e as interações trópico-extratrópico na gênese do clima e as paisagens do Mato Grosso**. Tese (Doutorado). Departamento de Geografia – USP, 2000.

SORRE, Maximilien. **Les Fondements de la Géographie Humaine**. Tome Premier: Les fondements biologiques. Paris: Armand. Colin, 1951**.**

TAVARES, Camila de Moraes Gomes.; FERREIRA, Cássia de Castro Martins. A relação entre a orografia e os eventos extremos de precipitação para o município de Petrópolis – RJ. *In:* **Revista Brasileira de Climatologia**, [*S.l.*], v. 26, ano 16, p.752-783, jan./jun., 2020. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/71123/40905> Acesso em: 05 outubro 2022.

VALVERDE, Orlando. Estudo regional da Zona da Mata Mineira. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, n.1., 1958.

VEYRET, Yvette. **Os riscos: O homem como agressor e vítima do meio ambiente**. Contexto: São Paulo. 2003. Reimpressão 2015.