

NÚBIA BERAY ARMOND

DINÂMICA CLIMÁTICA, EXCEPCIONALIDADES E VULNERABILIDADE

CONTRIBUIÇÕES PARA UMA CLASSIFICAÇÃO
GEOGRÁFICA DO CLIMA DO ESTADO DO RIO
DE JANEIRO

ORIENTADOR: PROF. DR. JOÃO LIMA SANT'ANNA NETO



Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Campus de Presidente Prudente - SP
Programa de Pós-Graduação em Geografia

Núbia Beray Armond

**DINÂMICA CLIMÁTICA, EXCEPCIONALIDADES E VULNERABILIDADE:
contribuições para uma classificação geográfica do clima do estado do Rio
de Janeiro**



Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Campus de Presidente Prudente - SP
Programa de Pós-Graduação em Geografia

Núbia Beray Armond

**DINÂMICA CLIMÁTICA, EXCEPCIONALIDADES E VULNERABILIDADE:
contribuições para uma classificação geográfica do clima do estado do Rio de Janeiro**

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista – FCT/UNESP – Campus de Presidente Prudente, como requisito parcial para a aquisição do título de Doutora em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. João Lima Sant’Anna Neto

Presidente Prudente
Estação Menos Chuvosa de 2018

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação - Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação - UNESP, Campus de Presidente Prudente

Armond, Núbia Beray.
A763d Dinâmica climática, excepcionais e vulnerabilidade : contribuições para uma classificação geográfica do clima do estado do Rio de Janeiro / Núbia Beray Armond. - 2018
170 f. : il.

Orientador: João Lima Sant'Anna Neto
Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, 2018
Inclui bibliografia

1. Classificação Climática. 2. Vulnerabilidade. 3. Rio de Janeiro. I. Armond, Núbia Beray. II. Sant'Anna Neto, João Lima. III. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências e Tecnologia. IV. Título.

Claudia Adriana Spindola
CRB-8º/5790

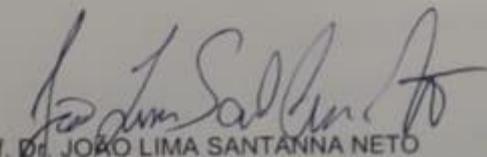
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

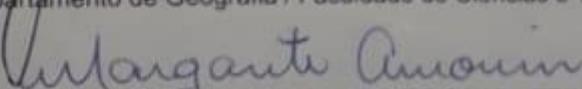
TÍTULO DA TESE: DINÂMICA CLIMÁTICA, EXCEPCIONALIDADES E VULNERABILIDADE: contribuições para uma classificação geográfica do clima do estado do Rio de Janeiro

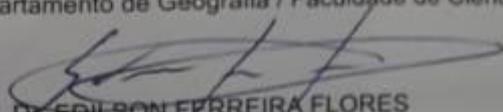
AUTORA: NÚBIA BERAY ARMOND

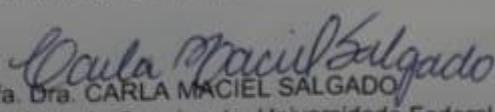
ORIENTADOR: JOÃO LIMA SANTANNA NETO

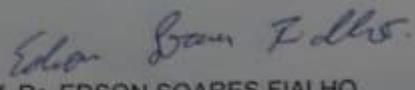
Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em GEOGRAFIA, área: PRODUÇÃO DO ESPAÇO GEOGRÁFICO pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. JOÃO LIMA SANTANNA NETO
Departamento de Geografia / Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente


Profa. Dra. MARGARETE CRISTIANE DE COSTA TRINDADE AMORIM
Departamento de Geografia / Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente


Prof. Dr. EDILSON FERREIRA FLORES
Departamento de Estatística / Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente


Profa. Dra. CARLA MACIEL SALGADO
- / Instituto de Geociência, Universidade Federal Fluminense


Prof. Dr. EDSON SOARES FIALHO
Departamento de Geografia / Universidade Federal de Viçosa-UFV

Presidente Prudente, 22 de junho de 2018

AGRADECIMENTOS

Às forças - *de várias naturezas* - que nunca me deixaram andar só.

Não poderia iniciar estes agradecimentos sem lembrar de 4 (quatro) pessoas que permitiram, inclusive em termos materiais, que tudo isso fosse possível: Cinthia, Ivonete, André e Aline, da Seção Técnica de Pós-Graduação! Jamais esquecerei tudo o que fizeram por mim, desde o início da minha trajetória, passando pela inscrição no doutorado até essa reta final! Vocês são incríveis!

À minha mãe, Maria Helena Beray, e minha irmã, Rúbia (Rubão), pelo amor incondicional.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da FCT/UNESP – Presidente Prudente, pela acolhida e excelência na qualidade na formação em nível de pós-graduação (Mestrado e Doutorado).

Agradeço especialmente às gestões da Direção da FCT/UNESP por me ensinarem inúmeras coisas que não devem ser realizadas quando do exercício de um cargo acadêmico político-administrativo. Certamente não enviarei um email aos meus alunos informando que registrei um boletim de ocorrência por manifestações políticas estudantis materializadas em tinta guache em árvores de eucalipto – tampouco chamarei isso de “crime ambiental”. Diante de informes sobre assédios a alunas nas proximidades do campus, não encaminharei um email à comunidade acadêmica recomendando que as mulheres “se vistam adequadamente e não andem sozinhas”. Quando chegar o dia 08 de Março, afirmo com segurança que não enviarei email à comunidade parabenizando as mulheres por serem “donas do lar”. Não defenderei aulas de Língua Portuguesa Instrumental especificamente voltadas para estudantes cotistas, e tampouco fingirei que nada aconteceu quando manifestações de racismo forem encontradas materializadas no patrimônio da Universidade e, pior, quando forem materializadas formalmente na formação dos nossos alunos. Gratidão por me ensinarem de forma muito concreta aquilo que NÃO DEVE SER uma Universidade.

Aos amigos-irmãos do GAIA (e agregados) que, como não poderia deixar de ser, contribuíram mais do que eu merecia para o desenvolvimento desta tese e me ensinaram e ensinam, de forma muito concreta, o que pode ser uma Universidade. Desde as ideias mais elementares que desembocaram na construção do texto até os nossos debates internos e externos, vocês fizeram e fazem parte da construção dessa nossa Geografia – solidária, empática, política e consciente. Sou muito grata por tê-los comigo.

A Karime Fante (Karimão), minha ‘irmãzinha do sol’, pelos toques, dicas acadêmicas, leituras e pela amizade fraterna de sempre. Tenho muito orgulho de poder contar com a sua amizade! Estamos juntas, amiga!

A Camila Rampazzo (Camilinha/Monstrinho), pelas conversas descontraídas, diálogos geográficos e pelo companheirismo!

Ao Paulo Cesar Zangalli Junior (PC/Juninho), obrigada por me colocar dentro desse seu coração enorme, meu querido! Nossa amizade, companheirismo e parceria só se fortaleceram com o passar do tempo. Você é um cara extremamente generoso, com tudo e com todos. Me sinto privilegiada de ser sua amiga, e acho que já posso dizer que você (nem a Naiara) se livrarão de mim! Espero que tenhamos uma vida inteira de amizade, litoral e projetos (estes dois últimos, não necessariamente nesta ordem) Hahahahaha! Eu amo vocês!

E pra quem disse que “o pra sempre sempre acaba”, acho que preciso agradecer àqueles que provaram que essa poesia está errada.

Ao Lindberg Nascimento Junior (Baiano), meu irmão de angústias, de dúvidas, de ansiedade... mas, também, de ideias loucas, de iniciativas malucas hahahaha! Obrigada por essa nossa fraternidade que já dura quase 10 anos! Em 2009 eu ganhei você e o Cirso de presente, e eu sei que eu não vou largar vocês jamais! Te amo!

Ao Vinicius Carmelo (Cirso), a quem eu vi crescer como acadêmico, como homem.. você é um cara incrível. Mesmo. Nada do que eu disser vai ser suficiente pra demonstrar o tamanho da consideração, da amizade, do carinho, do respeito que tenho por você. Você se transformou num grande pesquisador, e eu tenho certeza que na hora em que eu escutar esse nome, poderei sorrir e dizer: “Cirsão? Meu brother!” Eu amo você!

Ao Agnaldo Nascimento (Guina/Agnes), meu pai, meu irmão mais velho, meu amigo. Sempre dá aquele bloqueio na garganta quando penso em todos os nossos anos de Prudente, de andar a pé procurando casa em pleno verão, até os rangos coletivos nas noites frias. Mas acho que estou num momento em que prefiro pensar nos vários momentos que estão por vir. Te amo!

A Jéssica (Jé), por me receber de braços abertos na sua casa nas visitas inesperadas à Prudente (6h da madrugada)! Obrigada pelo apoio, pela força, pela parceria e amizade!

Ao professor Mariano Caccia Gouveia, que me recebeu de braços abertos para a realização do estágio em docência na disciplina de Biogeografia, no segundo semestre letivo de 2015. Muito mais do que aprender a ensinar, suas aulas me fizeram encantar por essa ciência maravilhosa. O Mariano tem uma das melhores aulas que já pude presenciar! E o que dizer da habilidade em campo? Simplesmente sensacional. Obrigada, mestre! Me inspiro em você!

A Isabel Moroz Caccia Gouveia, que sempre esteve próxima, disposta a trocar ideia sobre as coisas mais elementares e sobre aquelas mais importantes, comigo e com todos. E sempre com aquela serenidade, tranquilidade e calma que só a Isabel tem!

A Paula Vermeersch (Sereia), pelos papos animados (e outros nem tanto) e pela amizade que sempre esteve disposta a construir, de forma despretensiosa. Principalmente, Paula, obrigada pela sua humanidade. Você me faz acreditar que existe amor em SP!

Sempre que pensava (e penso!) em como quero dar uma aula, em como quero me relacionar com meus alunos, em como quero me portar com os meus colegas, penso na Paula, na Isabel e no Mariano. Vocês são meus exemplos de uma Universidade mais humana, mais plural, mais afetuosa e universal de verdade. Muito obrigada por existirem e por serem do jeito que são. Vocês fazem a gente acreditar que as coisas não precisam ser pesadas, hierárquicas, duras, perversas e doentias como são. Existem outras possibilidades, e é por causa de vocês que eu acredito nisso hoje. Em um momento muito difícil, vocês fizeram a UNESP existir pra mim de novo. Obrigada, antes de tudo, por serem muito GENTE!

Ao professor e amigo João Osvaldo Rodrigues Nunes, com quem pude perpetuar os diálogos sobre a nossa tão querida ciência geográfica, teoria, método, epistemologia e ontologia da Geografia (Física). MUITO obrigada por todos os apontamentos na qualificação. E tenho certeza que nos encontraremos por aí, muito em breve. Até logo, João!

A turma 56 do curso de Geografia da FCT/UNESP. Os momentos de estágio em docência na disciplina de Biogeografia jamais teriam sido tão leves, divertidos e especiais se não fosse ao lado de vocês! Mesmo sob pena de esquecer nomes muito especiais, gostaria de agradecer a Renan (Quindim/Kindi/Kinds), Luis Fernando (Colombo), Carol (Carolzinha), Ruan Felipe, Mateus Fachin (Facinho), Bruna Borsoi, Ritielle Cristina (Riti), Analu, Hugo (Kuririn/Buda). Que me perdoem as turmas anteriores, mas vocês fizeram a 56 morar dentro do meu coração! <3 E é bem como diria nossa Bethânia, “não mexe comigo que eu não ando só”. Não estamos sós! hahahahaha

Aproveito também pra agradecer Mariana Gomes e Rosa Ylê! Vocês são pessoas INCRÍVEIS, seres humanos fantásticos e geógrafas sensacionais. Oxalá a Geografia tivesse mais pessoas como vocês. Obrigada pelo carinho, vocês já moram aqui no Rio <3 hahahahaha

Agradecimentos especiais a Raphael Diniz (Rapha) e Natalia Pereira (Nati), que, junto a Passiflora, Oxalato de Escitalopram, Hemitartarato de Zolpidem e aos bons mililitros de Floral de Bach, cuidaram de mim durante as noites de crises de ansiedade e pânico com amor, carinho, cuidado e atenção.

A Fernanda (Fer), Nayara (Naná), Amanda (Balan), Amanda (Amandinha), Bruna (Bad/Bruninha), Stephanie (Fani), Bruna (Pandeiro), Grazi (Gra), Elaine (Biju), Evelyn (Evy), Luana, Raquel (Rachel), Mariana (Mah Vieira/Piu), Natasha, por terem sido boa parte da minha família durante esses anos em Prudente. Tia Núbia sempre estará aqui, esperando a visita de vocês, de casa, portas e coração aberto e cheio de saudade!

Ao Claudio, Melina (Mellis), Rhafa, Viviane (Vivi), Bruno, Marcio Roda, Naiara (Nais), Janaina Antonio (Jana), Aristóteles (Tiozão) pelos momentos de descontração (mas não apenas), e boas risadas pessoalmente e também virtualmente! Se a Geografia não der certo... acho que temos um grupo promissor em promover a felicidade!

Ao Márcio Catelan, amigo querido que, no início dessa trajetória, também acumulou a função de professor. Saiba que você tem em mim uma amiga do coração, pra vida inteira. Te admiro muito – como geógrafo, como acadêmico, como cientista, como homem - e sempre estarei do seu lado, não importa onde estivermos. Aliás, acho que o nosso infinito é grande demais pra não ir além. Nos encontraremos (com ou sem briga hahahahahaha). Eu amo você!

Ao coletivo de editores da Revista Formação (2012-2018), pela parceria nesses bons anos de atividades. Uma função tão acadêmica pôde transformar a todos nós, envolvidos, se tornando uma experiência de vida. Obrigada, galera!

Ao coletivo da AGB – Niterói, nomeadamente Ronald Coutinho, André Tinoco, Fabricia, Lucas, Karina, Eduardo (Dudu) e Astrogildo, por seguirem me ensinando o que é a geografia!

Aos colegas do Departamento de Geografia Física (DGF) e do Instituto de Geografia (IGEOP) da UERJ – Maracanã, destacadamente ao Alex, Achilles, Simone, Antonio Oscar, Thiago, Marisia, Julia, Hindenburgo, Sonia, Marta, por me receberem de forma fraterna e auxiliar na construção da minha carreira docente no decorrer desse processo. Obrigada!

A Anice, por mostrar que não existe ex-orientadora, e por sempre renovar nossos laços. Obrigada por seguir sendo minha mãe acadêmica! Quanta honra, quanto orgulho, quanto amor <3

A Carla Salgado, por compartilhar vários caminhos nessa jornada, sempre de forma crítica, cuidadosa e, também, afetuosa!!! Você faz parte dessa “família” científica! Obrigada por tudo, e eu sempre estarei aqui! SEMPRE!

Ainda às professoras e professores Carla Salgado, Edson Fialho, Margarete Amorim e Edilson Flores, pelas contribuições importantíssimas na banca de defesa desta tese.

A Bibiana (Tia do Gato), Gabriel, Pedro, Priscila, Amanda Pires, Maiara, Érika, Mariana, Valdir, Thamires, Amanda Sanches, pelas visitas e convívio étílico regado a risadas no apê do Méier!

Ao Jorge Borges (meu Nostradamus Agambeniano), pela amizade, carinho, conversas, planos (#revolts) e, sobretudo, por jamais desistir de nós! Te amamos!

As minhas alunas e alunos do curso de Geografia da UERJ (veteranxs e calourxs), por me ensinarem a ensinar, me ensinarem a aprender, e me ensinarem que a geografia é muito maior do que a ciência geográfica. Gratidão pela generosidade, pelo carinho, pelo aprendizado. Vocês é que são meus professores!

Ao Almir(zinho), Giulia (Time), Gabriela (Gabi), João (Romualdo), Karol, Jean Saldanha, Bibinha, Vânia, e às nenéns Mirella, Malu e Nicoli, por me adotarem e me fazerem sentir em família!!

A minha sogra, Jussiana Saldanha (Linda), por ser como uma segunda mãe, por cuidar de mim, pela gentileza comigo mesmo quando acabo com o café da despensa, e por todo amor e carinho recebido durante esses anos.

A minha noiva, Camylla Fonseca, que compreendeu minhas ausências, minhas fragilidades, meus momentos de fraqueza e minhas faltas. Obrigada por sempre ter estado junto comigo, mesmo quando ‘junto’, pra nós, não significou o mesmo que ‘perto’, e quando o perto passou a ser bem distante. Obrigada por me fazer enxergar a vida de outra forma – obrigada por

fazer (me) enxergar (n)o que há de vida em meio a esse nosso cotidiano. Eu amo você, pra sempre.

Ao João Lima (às vezes, Sant'Anna Neto), por todo apoio incondicional nessa caminhada. Mais que isso, por ter acreditado em mim quando nem me conhecia; por ter estado do meu lado em todos os momentos (mesmo quando a distância nos desafiou), e por confiar em mim (em nós) mais do que nós mesmos – e do que outros também. Por nos aconselhar, dentro e fora da Geografia, por nos dar apoio pessoal e profissional, com afeto e carinho característicos – e recíprocos! Por último (e não menos importante!), obrigada pelo suporte, apoio e palavras de afeto na correria final na entrega desta tese! Além de ser um privilégio ser orientada por alguém como você, mais privilegiados ainda somos por termos conseguido estabelecer, de forma despreziosa, uma amizade, carinho e afeto que nos permite existir plenamente uns com os outros, na singeleza do existir como nós somos. Nossos sentimentos são relacionais... Saiba que você não vai se livrar de nós assim, tão facilmente. Uma vez GAIA...

Agradeço, nessas linhas finais, à Letícia Moreira Sant'Anna, com quem pude construir uma grande parceria quando compartilhamos a representação discente do PPGG (2015/2016). Nossa luta não só não foi esquecida, como está junto de cada um de nós nas práticas cotidianas. Não terá sido em vão.

EPÍGRAFE

Toda minha atividade acadêmica – pesquisa e ensino – foi desenvolvida no sentido de tornar-me um *geógrafo*. O rótulo de climatólogo que me colocavam, frequentemente, era-me (e ainda é) muito incômodo. Foi um setor do conhecimento geográfico que as circunstâncias me levaram a eleger para meu campo de pesquisa.

Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro
Clima e Excepcionalismo (1991)

RESUMO

O estado do Rio de Janeiro possui significativa multiplicidade geográfica, tanto no que se refere a suas feições orográficas e diversidade climática, quanto aos diferentes padrões de produção do espaço existentes em seu interior. Diante dessa complexidade, o conhecimento sobre a variabilidade espaço-temporal dos elementos do clima no Estado é fundamental para fins de planejamento e gestão do território. Esta tese se propõe a realizar uma reflexão sobre as classificações climáticas em Geografia, com vistas a efetuar uma análise geográfica do clima do Estado do Rio de Janeiro a partir da relação entre precipitação pluviométrica e vulnerabilidade. Parte-se da hipótese que, ainda que possa possuir distintas unidades de precipitação pluviométrica, as chuvas podem deflagrar excepcionalidades que são determinadas pelas diferenças nos padrões de vulnerabilidade do Estado. O arcabouço analítico de tese se assentou sobre as perspectivas da climatologia geográfica, do conceito de vulnerabilidade e da Geografia do Clima, ao propor uma investigação baseada na utilização dos conceitos de classificação climática, vulnerabilidade e episódios extremos pautados na categoria de espaço em suas concepções absoluto, relativo e relacional. Para tanto, foram utilizados dados climáticos de estações meteorológicas e postos pluviométricos do INMET e da ANA, com a aplicação de técnicas de estatística descritiva e multivariada desde o processo de preenchimento de falhas até a definição dos anos-padrão para análise. As representações cartográficas foram realizadas com o intuito de demonstrar a complexidade inerente à relação entre os fatores e elementos do clima em diferentes escalas. As médias de precipitação da série histórica analisada (1975-2015) demonstraram padrões similares àqueles exibidos pela Normal Climatológica, com as porções norte e noroeste do estado apresentando padrões de precipitação inferiores em relação às áreas a barlavento da Serra do Mar. No que se refere à gênese, mais de 90% da precipitação pluviométrica do estado do Rio de Janeiro advém da dinâmica de avanço da Frente Polar Atlântica – FPA e/ou sistemas associados (frente oclusa, frente fria, frente reflexa e formação de Zona de Convergência do Atlântico Sul – ZCAS). Sobre as massas de ar, as áreas próximas ao litoral sul, à Serra do Mar e a porções mais continentais do estado contam com participação significativa dos sistemas polares (massa polar atlântica e massa polar atlântica continentalizada - em média 29%), enquanto as áreas situadas no norte fluminense e setores mais próximos à faixa costeira apresentam, em média, 35% de participação dos sistemas tropicais (massa tropical atlântica, massa tropical atlântica continentalizada e instabilidade tropical), caracterizando o estado como pertencente a grande faixa de transição do sudeste brasileiro. Foram, ainda, empregados dados de ocorrências de inundações (bruscas e graduais) e dados referentes ao Censo de 2010 para aplicar o *SoVI – Social Vulnerability Index* e relacionar este modelo aos episódios extremos. Verificou-se que, a despeito da maior parte do território do estado do Rio de Janeiro apresentar elevadas condições de vulnerabilidade, a maioria das ocorrências coincidiu com as áreas de alta e muito alta vulnerabilidade. Entretanto, não necessariamente as áreas de maior atuação (em termos percentuais) da FPA e/ou sistemas associados coincidiram com os municípios que apresentaram maior número de ocorrências de inundações, o que denota a relevância de uma análise que considere a dinâmica climática não apenas em consonância, mas em relação com as dinâmicas de produção do espaço geográfico. Em síntese, buscou-se, com este trabalho, indicar reflexões através de argumentação teórica, procedimentos metodológicos, arsenal analítico e de representação, para futuras propostas de análise e classificação do clima considerando-o como um fenômeno eminentemente geográfico, tal como propõe a Geografia do Clima.

Palavras-chave: Classificação climática, chuva, vulnerabilidade, episódios extremos, Rio de Janeiro.

ABSTRACT

Rio de Janeiro state has a significant geographic multiplicity, both in terms of its orographic features and climatic diversity, as well as the different patterns of space production in its interior. Faced with this complexity, knowledge about climate elements spatiotemporal variability is fundamental for planning and territorial management purposes. This thesis proposes to carry out a reflection on the climatic classifications in Geography, in order to carry out a geographic analysis of the climate of the State of Rio de Janeiro from the relation between rainfall and vulnerability. It is hypothesized that, although it may have different units of rainfall, rainfall may trigger exceptionalities that are determined by differences in the state's vulnerability patterns. The analytical framework of thesis was based on the perspectives of the geographical climatology, the concept of vulnerability and the Geography of the Climate, proposing an investigation based on the concepts of climatic classification, vulnerability and extreme episodes based on the category of space in its absolute conceptions, relative and relational. In order to do so, we used the climatic data of meteorological stations and pluviometric stations of INMET and ANA rain gauges, with descriptive and multivariate statistical techniques from the fault-filling process to the definition of the standard years for analysis. The cartographic representations were performed with the purpose of demonstrating the inherent complexity of the relationship between the factors and elements of the climate in different scales. The precipitation averages of the analyzed historical series (1975-2015) showed similar patterns to those exhibited by Normal Climatology, with the north and northwest portions of the state showing lower precipitation patterns in relation to the leeward areas of Serra do Mar. to the genesis, more than 90% of the rainfall of the state of Rio de Janeiro comes from the forward movement dynamics of the Atlantic Polar Front (FPA) and / or associated systems (front occlusal, cold front, reflex front and formation of South Atlantic Convergence Zone - ZCAS). Concerning the air masses, the areas near the southern coast, the Serra do Mar and the more continental portions of the state have significant participation of the polar systems (Atlantic polar mass and continentalized Atlantic polar mass - on average 29%), while the areas located in the north of the state of Rio de Janeiro and sectors closer to the coastline, have an average of 35% participation of tropical systems (Atlantic tropical mass, continental Atlantic tropical mass and tropical instability), characterizing the state as belonging to the great transition zone of the Brazilian southeast. Data were also used for flood occurrences (abrupt and gradual) and data referring to the 2010 Census to apply the SoVI - Social Vulnerability Index and to relate this model to extreme episodes. It was verified that, although most of the territory of the state of Rio de Janeiro presents high vulnerability conditions, most occurrences coincided with areas of high and very high vulnerability. However, not necessarily the areas with the highest FPA performance and / or associated systems coincided with the municipalities with the highest number of flood events, which indicates the relevance of an analysis that considers climate dynamics not only in consonance, but in relation to the production dynamics of the geographical space. In summary, it was sought, with this work, to indicate reflections through theoretical argumentation, methodological procedures, analytical arsenal and representation for future proposals of analysis and classification of the climate considering it as an eminently geographical phenomenon, as proposed by Geography of Climate.

Key words: Climate classification, rain, vulnerability, extreme episodes, Rio de Janeiro.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|-----|
| Figura 1 - Localização do estado do Rio de Janeiro, sobre mapa hipsométrico | 23 |
| Figura 2 - Esquema da construção teórica e analítica da tese. À esquerda, nas caixas azuis, os conceitos e categorias teóricas e filosóficas empregadas. À direita, seus respectivos conteúdos e planos de análise correspondentes | 36 |
| Figura 3 - Zonas térmicas da Terra de acordo com a duração dos períodos quentes, moderados e secos de Koppen (1884) | 49 |
| Figura 4 – Aplicações do sistema de classificação climática de Koppen de acordo com grande área de conhecimento categorizada na base <i>Scopus</i> | 52 |
| Figura 5 - Classificação climática de Koppen aplicada ao estado do Rio de Janeiro | 79 |
| Figura 6 – Isoietas anuais (em milímetros) para a Região Sudeste do Brasil | 81 |
| Figura 7 – Escalas geográficas do clima, com ênfase para a dimensão temporal | 96 |
| Figura 8 - Em amarelo, os postos pluviométricos e estações que apresentam falhas de dados. Em verde, os postos e estações que não apresentam falhas de dados significativas, em distribuição no estado do Rio de Janeiro, situado no continente sul-americano. | 111 |
| Figura 9 - Distribuição dos postos pluviométricos sem falhas significativas nos seus totais de chuva acumulada anual (CHA) entre 1975 e 2015 no estado do Rio de Janeiro | 112 |
| Figura 10 - Localização das estações meteorológicas no estado do Rio de Janeiro utilizadas na aquisição de dados da Normal Climatológica (1961-1990) | 113 |
| Figura 11 – Síntese analítica e conceitual dos níveis de abordagem propostos | 122 |
| Figura 12 - Resultados dos testes de homogeneidade de Pettitt (superior) e de tendência de Mann-Kendall e valores de declividade de Sem (inferior) para a série histórica de precipitação no estado do Rio de Janeiro. | 124 |
| Figura 13 – Representação espacial dos valores médios dos elementos climáticos no estado do Rio de Janeiro. a) Pressão atmosférica ao nível da estação (em mb), b) Nebulosidade (em décimos), c) Umidade relativa do ar (em %), d) Temperatura máxima, e) Temperatura média compensada e f) Temperatura mínima (em graus celsius), segundo a Normal Climatológica (1961-1990) (figura superior de cada elemento climático representado) e segundo a série histórica em análise (1975-2015) (figura inferior de cada elemento climático representado). | 126 |
| Figura 14 - Chuva acumulada - média anual -, em milímetros (mm), segundo a Normal Climatológica (1961-1990) (figura superior) e segundo a série histórica em análise (1975-2015) (figura inferior) no estado do Rio de Janeiro | 130 |
| Figura 15 – Mapa do percentual de participação da CP1 (Primeira Componente) na variabilidade das chuvas interanuais no estado do Rio de Janeiro. Nos mapas abaixo, as cargas fatoriais da CP1 (Primeira Componente) relacionadas aos índices MEI, Niño 3.4, ENSO e SOI para os postos pluviométricos no estado do Rio de Janeiro. | 135 |
| Figura 16 – Representação espacial do percentual de atuação da mTa e da mPa, com quadro apresentando o percentual de participação dos sistemas atmosféricos atuantes, por estação meteorológica analisada no ano padrão habitual (2003). | 141 |
| Figura 17 – Índice de Vulnerabilidade Social (SoVI) aplicado ao estado do Rio de Janeiro. Em vermelho, as áreas de mais alta vulnerabilidade; em verde, as áreas de menor vulnerabilidade. | 145 |
| Figura 18 – Primeira componente (CP1) do Índice de Vulnerabilidade Social (SoVI) aplicado ao estado do Rio de Janeiro. Em vermelho, as áreas de mais alta vulnerabilidade; em verde, as áreas de menor vulnerabilidade. | 146 |
| Figura 19 – Segunda componente (CP2) do Índice de Vulnerabilidade Social (SoVI) aplicado ao estado do Rio de Janeiro. Em vermelho, as áreas de mais alta vulnerabilidade; em verde, as áreas de menor vulnerabilidade. | 147 |
| Figura 20 – Terceira componente (CP3) do Índice de Vulnerabilidade Social (SoVI) aplicado ao estado do Rio de Janeiro. Em vermelho, as áreas de mais alta vulnerabilidade; em verde, as áreas de menor vulnerabilidade. | 148 |
| Figura 21 – Representação dos sistemas frontais atuantes no estado do Rio de Janeiro no ano-padrão habitual de 2003 (em %), do total de inundações (bruscas e graduais) por município e do <i>Social Vulnerability Index – SoVI</i> , de alta a muito alta vulnerabilidade. Ao lado, o percentual de atuação da massa tropical atlântica e da massa polar atlântica, massas representativas dos | 152 |

sistemas polares e tropicais que atuam na zona de transição de sistemas que se conforma sobre o estado do Rio de Janeiro.

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|-----|
| Quadro 1 - Redes de monitoramento climático existentes nas metrópoles brasileiras | 39 |
| Quadro 2 - Eixos temáticos e fenômenos considerados em cada um deles, segundo os artigos dos anais dos SBCGs e da RBClima | 62 |
| Quadro 3 - Classificação climática de Henrique Morize (1889/1922) | 75 |
| Quadro 4 - Classificações climáticas estabelecidas para o Brasil no período anterior à difusão do paradigma dinâmico | 75 |
| Quadro 5 – Características taxonômicas da organização geográfica do clima e suas articulações com o clima urbano | 95 |
| Quadro 6 – Fórmulas de aplicação da técnica dos anos-padrão segundo desvio padrão | 115 |
| Quadro 7 – Variáveis da Base de Informações do Censo Demográfico 2010: Resultados do Universo por Setor Censitário, empregadas para a realização do SoVI | 117 |
| Quadro 8 – Total de chuva acumulada anual nos postos e estações meteorológicas situadas o estado do Rio de Janeiro na série histórica 1975-2015. Os valores faltantes foram preenchidos segundo a técnica proposta em Fante (2014). | 138 |
| Quadro 9 – Percentual de participação dos sistemas atmosféricos, segundo sua característica-fonte, por estação meteorológica analisada no ano padrão habitual (2003). SF – Sistemas Frontais, EXTRA – Sistemas Extratropicais, INTER – Sistemas intertropicais. | 140 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|---|----|
| Gráfico 1 - Categorias de modelos de classificação climática, em percentual, segundo Strauss (2007) | 56 |
| Gráfico 2 - Sub-divisão da categoria Elementos do Clima em duas subcategorias: Classificação de Koppen e Outros, em percentuais | 57 |
| Gráfico 3 - Sub-divisão da categoria Índices derivados em cinco sub-categorias: Thornthwaite, Índices de Aridez/Vento, Vegetação/Ecológicos/Fenológicos/Agricultura, Conforto Térmico e Outros (Topoclimas), em percentuais | 57 |
| Gráfico 4 - Subdivisão da categoria Genéticos em quatro subcategorias: Massas de ar/Genéticos/ Sinóticos, Tipos de tempo/Meteorológicos, Radiação Solar e Outras genéticas, em termos percentuais | 59 |
| Gráfico 5 - Subdivisão da categoria Baseados em Estatística em quatro subcategorias: Cluster/PCA/Factor Analysis, Mapeamento (e-mapas padrão), Climatologia Complexa e Outras análises estatísticas, em termos percentuais | 60 |
| Gráfico 6 - Subdivisão da categoria Outros em quatro subcategorias: Comparação de 2 ou mais classificações de diferentes grupos, Miscelânea, Regionalização físico-geográfica e Morfoclimático/Classificações de Montanha, em termos percentuais | 60 |
| Gráfico 7 - Total de trabalhos apresentados e publicados por edição do Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica – SBCG | 64 |
| Gráfico 8 - Porcentagem de artigos publicados por eixo, por edição do Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica | 65 |
| Gráfico 9 - Artigos publicados por eixo temático (em termos percentuais), por edição do Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica. A padronização dos eixos seguiu o limiar dos 50%. a. Mudança Climática; b. Clima Urbano; c. Climatologia e agricultura; d. Métodos e técnicas em Climatologia; e. Dinâmica Climática; f. Adversidades Climáticas; g. Ensino de Climatologia; h. Climatologia e saúde; i. Outros; j. Classificação Climática | 66 |

| | |
|---|-----|
| Gráfico 10 - Porcentagem de artigos publicados por eixo, em toda a série histórica do Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica (da 1ª à 12ª edição - de 1992 a 2016) | 68 |
| Gráfico 11 - Porcentagem de artigos publicados por eixo, por volume da Revista Brasileira de Climatologia | 69 |
| Gráfico 12 - Artigos publicados por eixo temático (em termos percentuais), por volume da Revista Brasileira de Climatologia. A padronização dos eixos seguiu o limiar dos 60%. | 70 |
| a. Mudança Climática; b. Clima Urbano; c. Climatologia e agricultura; d. Métodos e técnicas em Climatologia; e. Dinâmica Climática; f. Adversidades Climáticas; g. Ensino de Climatologia; h. Climatologia e saúde; i. Outros; j. Classificação Climática | 72 |
| Gráfico 13 - Porcentagem de artigos publicados por eixo, em toda a série histórica da Revista Brasileira de Climatologia (v. 1 ao v. 21 – de 2005 a 2017) | |
| Gráfico 14 – Gráfico e quadro de componentes principais. O eixo horizontal, com o gráfico de barras azuis, representa o número de componentes principais, enquanto o eixo vertical representa o percentual de participação de cada componente principal na variabilidade dos dados da matriz. O quadro abaixo representa essa relação em termos quantitativos. | 143 |

LISTA DE SIGLAS

AAO – *Antarctic Oscillation*
AMO – *Atlantic Multidecadal Oscillation*
ABCLima – Associação Brasileira de Climatologia
ACP – Análise de Componentes Principais
ANA – Agência Nacional de Águas
APAC – Agência Pernambucana de Águas e Clima
BDMEP – Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa
BRTs– *Bus Rapid Transit*
CEIC – Centro Integrado de Comando
CGE – Centro de Emergências Climáticas
CGM – Modelo de Circulação Global
CHM – Centro de Hidrografia da Marinha
COMPERJ – Complexo Petroquímico do Estado do Rio de Janeiro
CP – Componente Principal
CPTEC – Centro de Previsão de Tempo e e Estudos Climáticos
DSA – Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais
ENOS – El Niño Oscilação Sul
ENSO – *El Niño Southern Oscillation*
ENPEG – Encontro Nacional de Práticas de Ensino em Geografia
ESRL - *Earth System Research Laboratory*
FF – Frente Fria
FIFA – Federação Internacional de Futebol
FPA – Frente Polar Atlântica
FQ – Frente Quente
FR- Frente Reflexa
FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia
GOES – *Geostationary Operational Environmental Satellite*
HIDROMET – Portal de Hidrometeorologia do Estado do Pará
IAPAR– Instituto Águas do Paraná
IJB – *International Journal of Biometeorology*
IJC – *International Journal of Climate*
INMET– Instituto Nacional de Meteorologia
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IT – Instabilidade Tropical
MEI – *Multivariate ENSO Index*
mTa – Massa Tropical Atlântica
mTaC – Massa Tropical Atlântica Continentalizada
mTc – Massa Tropical Continental
mPa – Massa Polar Atlântica
mPaC – Massa Polar Atlântica Continentalizada
NAO – *North Atlantic Oscillation*
NCEP/NOAA – *National Centers for Environmental Prediction/ National Oceanic and Atmospheric Administration*
OCL – Frente Oclusa
ODP – Oscilação Decadal do Pacífico
OMM – Organização Meteorológica Mundial
ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico
PCA – *Principal Components Analysis*

PDO – *Pacific Decadal Oscillation*
PCD – Plataforma de Coleta de Dados
QBO – *Quase-Biennial Oscillation*
RBCLima – Revista Brasileira de Climatologia
RBMet – Revista Brasileira de Meteorologia
SBCG – Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica
SCOPUS – Banco de Dados de Resumos e Citações de Artigos para Jornais/Revistas Acadêmicos
SEAGRO – Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Irrigação
SIC – Simpósio Internacional de Climatologia
SIMEPAR – Sistema Meteorológico do Paraná
SIMGE – Sistema de Meteorologia e recursos hídricos de Minas Gerais
SIPAMHIDRO – Sistema Integrado de Monitoramento e Alerta Hidrometeorológico
SOI – *South Atlantic Oscillation*
SoVI – *Social Vulnerability Index*
SSC – *Spatial Synoptic Classification*
TICs – Tecnologias de Informação e Comunicação
UFG – Universidade Federal de Goiás
ZCAS – Zona de Convergência do Atlântico Sul
ZCIT – Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

| | |
|--|-----|
| 1. INTRODUÇÃO | 19 |
| Tese | 24 |
| Objetivos | 24 |
| 2. ÁREA DE ESTUDO: O ESTADO DO RIO DE JANEIRO | 28 |
| 3. DO EXCEPCIONAL AO HABITUAL | 33 |
| 3.1. Introdução | 33 |
| 3.2. Climatologia e excepcionalidades | 37 |
| 3.3. Classificações climáticas: histórico e estado da arte | 43 |
| 3.3.1. Histórico | 43 |
| 3.3.2. Estado da arte | 55 |
| 3.4. Classificações climáticas aplicadas ao estado do Rio de Janeiro | 73 |
| 3.4.1. Classificações climáticas aplicadas ao território brasileiro | 73 |
| 3.4.2. Classificações climáticas aplicadas ao território fluminense | 79 |
| 3.5. Reflexões sobre classificação climática | 81 |
| <i>Síntese</i> | 84 |
| 4. CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA: SOBRE REGIÃO, ESCALA E ESPAÇO | 85 |
| 4.1. Introdução | 86 |
| 4.2. Da Classificação à regionalização como uma questão de escala | 87 |
| 4.3. As escalas geográficas do Clima | 91 |
| 4.4. Espaço, espacialidade, vulnerabilidade e o fundamento geográfico do clima | 97 |
| <i>Síntese</i> | 106 |
| 5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS | 108 |
| 5.1. Produtos gráficos | 109 |
| 5.2. Produtos cartográficos | 109 |
| 6. CLIMATOLOGIA, CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA E GEOGRAFIA DO CLIMA: DOS TRÊS ESPAÇOS AOS TRÊS ENSAIOS PARA UMA CLASSIFICAÇÃO | 121 |
| 6.1. Análise climática | 123 |
| 6.1.1. Análise temporal – rupturas e tendências | 123 |
| 6.1.2. Análise da distribuição espacial dos elementos climáticos (médias anuais) | 125 |
| 6.1.2.1. Pressão atmosférica média | 125 |
| 6.1.2.2. Nebulosidade | 126 |
| 6.1.2.3. Umidade relativa do ar | 128 |
| 6.1.2.4. Temperaturas (máxima, mínima e média compensada) | 128 |
| 6.1.2.5. Precipitação pluviométrica | 129 |
| 6.2. Análise climático-geográfica | 131 |
| 6.2.1. Variabilidade e teleconexões | 132 |
| 6.2.2. Sistemas atmosféricos e massas de ar | 136 |
| 6.3. Análise geográfica do clima | 142 |
| 6.3.1. Índice de Vulnerabilidade Social (SoVI) aplicado ao estado do Rio de Janeiro | 142 |
| 6.3.2. Em busca de uma classificação geográfica do clima | 150 |

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

154

8. REFERÊNCIAS

158

1. INTRODUÇÃO

As discussões sobre a relação entre o clima e as atividades humanas tem sido assunto em pauta desde o nascimento da Geografia moderna, mas a partir da segunda metade do século XX o tema passa a assumir papel de destaque. Dentre as diferentes abordagens, os discursos sobre as alterações climáticas globais têm instigado uma série de análises, principalmente no que diz respeito aos impactos de eventos climáticos extremos.

Sabe-se, por outro lado, que o clima e seus elementos possuem uma interação complexa, dinâmica e, por vezes, caótica, tanto ao longo do tempo geológico quanto ao longo do tempo histórico, em profunda interação com as dinâmicas que ocorrem na superfície terrestre, nos oceanos, no Sol e na Lua. Assim, a variabilidade, além de ser um conceito importante para sua compreensão, consiste em uma propriedade, sendo, portanto, inerente ao sistema climático. A dinâmica climática apresenta, periodicamente, eventos extremos, que podem ou não se configurar em problemas para a sociedade.

Na ordem do dia, o debate sobre eventos extremos e sociedade tem trazido implicações, sobretudo em termos analíticos, nas formas como se compreende a relação entre urbanização, excepcionalidades e vulnerabilidade. Esta relação é vista por alguns como conjuntos de processos lineares os quais, deflagrados por uma “urbanização desordenada”, se explicam por um único processo desencadeador, qual seja, o crescimento vertiginoso da população urbana a taxas elevadas. Porém, é preciso compreender que este trinômio demanda análises mais complexas, sobretudo considerando que a **urbanização** não é um processo linear (tampouco desordenado), que as **excepcionalidades** tem, por definição, uma natureza geográfica do clima que parte de limiares estatísticos e, ao mesmo tempo, segue para além deles, e, por último, que a **vulnerabilidade** é um conceito fundado na categoria de espaço geográfico.

Considera-se que as excepcionalidades e seus impactos não são sentidos de forma equânime no espaço; pelo contrário, as formas de produção do espaço geográfico têm influência fundamental, e, em certa medida, determinam como suas manifestações repercutem territorialmente, em forma de prejuízos e danos deflagrados pela variabilidade e variação dos elementos do clima nas mais diferentes escalas espaço-temporais (SANT’ANNA NETO, 2001b, 2011; ARMOND, 2014).

Diferentes formas de produção do espaço, analisados por meio das suas instâncias de organização social, **resultam**, **constituem** e **originam** diferentes níveis de vulnerabilidade. Portanto, o entendimento da natureza das dinâmicas sociais constitui uma preocupação central para os estudos que tomam o clima como fenômeno geográfico.

Assim, se as formas de produção do espaço geográfico determinam, de certo modo, a natureza das excepcionalidades, e se as excepcionalidades são analisadas na relação entre

sociedade/espço e dinâmica climática, então o que definiria aquilo que é excepcional (sua natureza e limites) dentro de uma abordagem do clima como fenômeno geográfico?

Tal questão emergiu como ponto de partida durante o final de nossa dissertação de mestrado¹. A partir da investigação das excepcionalidades pluviométricas no município do Rio de Janeiro, verificou-se que, ainda que a maior parte dos impactos deflagrados por excepcionalidades (denominados, naquele momento, de **episódios extremos**) tenham ocorrido sob elevados totais pluviométricos em 24h (em geral, acima de 60mm/24h), não foram todos os dias que apresentaram totais elevados de chuva acabaram deflagrando impactos (denominados **eventos extremos**).

Essa complexa relação descortinou alguns aspectos da realidade geográfica do clima do Rio de Janeiro, sobretudo: 1) a significativa recorrência de episódios e também de eventos extremos, e 2) seriam variáveis de natureza espacial, socialmente produzidas e, portanto, geográficas, as responsáveis pela ocorrência de episódios (chuvas que deflagram impactos).

Tais resultados levaram a reflexões de fundo, principalmente sobre o que efetivamente poderia ser considerado como excepcionalidade e que, atrelada a isso, a identificação do que há de excepcional na dinâmica climática de determinado lugar demanda que se determine o que lhe é habitual.

Isso ocorre principalmente pelo fato de que, muitas vezes, considera-se (mesmo na literatura especializada) algum fenômeno como excepcional quando, seja em termos estatísticos ou mesmo sobre excepcionalidades deflagradas, este possui recorrência espacial e temporal de relativa pouca frequência. Entretanto, o aumento das notificações de ocorrências de impactos, sobretudo nas grandes áreas urbanas (como ocorrido no Morro do Bumba, em Niterói em 2010 e na Região Serrana em 2011), permite o questionamento da sua consideração como excepcionalidade. Em outras palavras, se um episódio considerado extremo ocorre com determinada recorrência no tempo e no espaço, pode ele ainda ser considerado como extremo?

Partindo do ponto de vista da dinâmica climática com vistas à determinação dos padrões de ocorrência espaço-temporal dos seus elementos, impele-se a busca pelos “estudos de referência”, que possuem, em geral, abrangência territorial regional, e que apresentam os padrões climáticos habituais, de recorrência numa série histórica definida (em geral, 30 (trinta) anos como definido pela Organização Meteorológica Mundial - OMM).

As principais referências que apresentam estes padrões consistem nos estudos que tiveram como produto final as classificações climáticas. É a partir delas, enquanto padrões de

¹ A dissertação em tela foi defendida no ano de 2014, orientada pelo prof. João Lima Sant’Anna Neto no âmbito do Programa de Pós-graduação em Geografia da FCT/UNESP, intitulada “Entre eventos e episódios: as excepcionalidades das chuvas e os alagamentos no espaço urbano do Rio de Janeiro”. Todo o processo contou com financiamento do CNPq e da FAPESP, através de bolsa de estudo e reserva técnica no Brasil e nos EUA.

referência, que se inicia o estudo das excepcionalidades, posto que as classificações apresentam justamente o que existe de habitual na dinâmica climática sobre determinado lugar.

As classificações climáticas, ao dotarem o campo de estudos climáticos de conhecimento sobre os padrões habituais, permitem evidenciar o que são as excepcionalidades deflagradas a partir, por exemplo, de limiares de precipitação **acima** dos padrões de variabilidade conhecidos, e o que são, por outro lado, as excepcionalidades deflagradas a partir de limiares de precipitação compreendidos **dentro** dos padrões de variabilidade – eventos e episódios (ARMOND, 2014). O *evento* entendido enquanto acontecimento, determinado por limiares estatísticos ou de qualquer outro definidor observável inerente ao fato. De outra forma, um *episódio* demarcaria a concretude perceptível e vivida, como dimensão da realidade totalizante: natural, ambiental e social. Isso permite identificar os limites entre a dinâmica climática e as formas (contraditórias e desiguais) através das quais as classes sociais se reproduzem espacialmente, por conseguinte, se relacionam com os fenômenos atmosféricos e com a dinâmica climática.

A partir da análise dos tipos climáticos e suas formas de classificação, é possível compreender o clima em sua historicidade e espacialidade e, assim, identificar o que de fato pode ser tomado como uma excepcionalidade (seja do ponto de vista essencialmente climático, dentro de uma abordagem estatística, seja do ponto de vista geográfico do clima, dos impactos que tendem a deflagrar) e mesmo possibilitar reflexões sobre de que maneira se pode redefinir o que se considera como habitual.

Dito de outro modo, saber quais são os padrões dos tipos climáticos significa conhecer o tempo atmosférico na sua dinâmica histórica. Historicizar o tempo atmosférico, em termos analíticos, significa, primeiramente, abordar o clima em seus processos e fenômenos de natureza física. Este conhecimento permite identificar de que maneira os grupos sociais se apropriam e se relacionam com a dinâmica climática. Em outra perspectiva, esse conhecimento mune a climatologia com ferramentas teórico-metodológicas abrangentes com críticas necessárias, por exemplo, à da culpabilização do clima em casos de episódios extremos, como tantas vezes observado na isenção das responsabilidades das situações políticas, econômicas e culturais que acabam por propagar a produção de formas de exposição aos perigos e aos impactos do clima de toda ordem aos grupos mais vulnerabilizados.

No caso do estado do Rio de Janeiro (RJ), localizado sob as coordenadas 22° 55' S, 43° 11' O, com uma área total de 43.780.172 km², população estimada em 16.635.000 habitantes e densidade demográfica de aproximadamente 380 habitantes por km², estas definições se fazem necessárias, uma vez que seus indicadores sociais, demográficos e econômicos denotam as variadas, complexas e multifacetadas configurações espaciais que são, de certa maneira,

condição, meio e produto (CARLOS, 2009) da relação histórica entre sociedade e natureza no RJ (Figura 1).

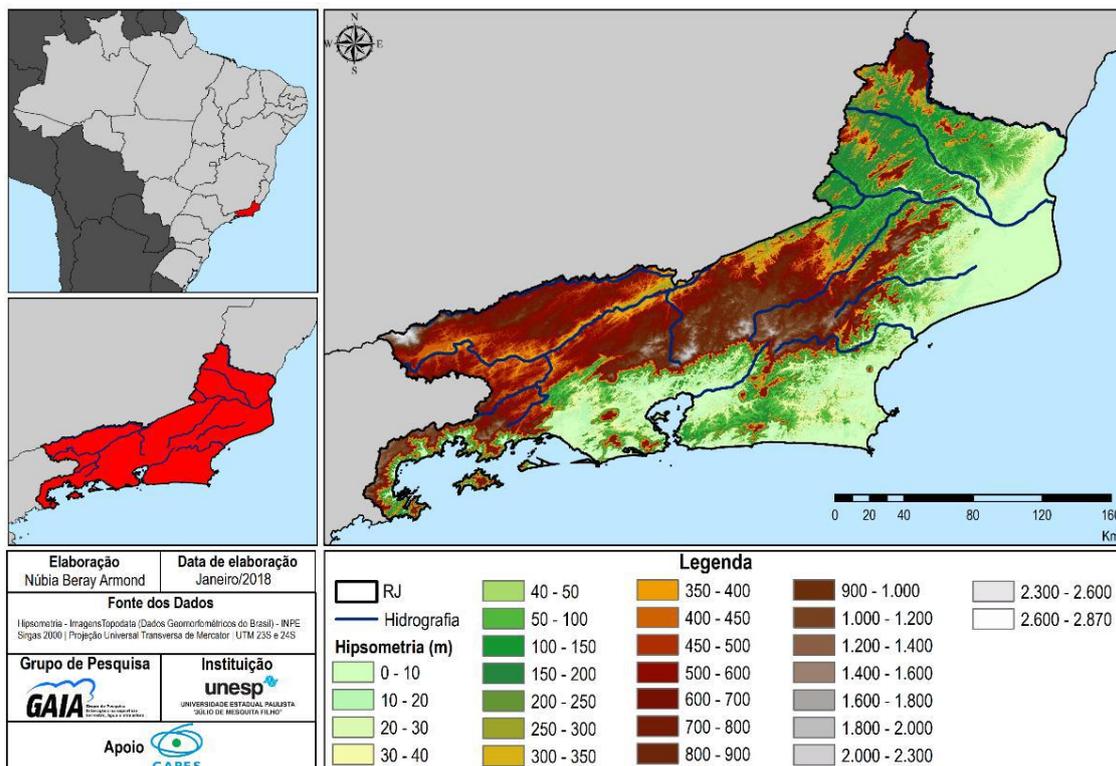


Figura 1: Localização do estado do Rio de Janeiro, sobre mapa hipsométrico

Ainda na primeira metade do século XX, De Martonne (1944) destacou a necessidade de considerar as variadas singularidades presentes no Brasil tropical atlântico, como os pontões rochosos com paredões surgindo da floresta ou ao pé do mar (os maciços costeiros e relevos tipo “pães de açúcar”) ou mesmo os vales amplamente seccionados, característicos de uma estrutura geológica antiga, por muito tempo sob atuação dos agentes morfoesculturais (intemperismo e erosão). Em síntese, estruturas antigas, sob significativa atuação de agentes exógenos como a precipitação característica da faixa tropical atlântica e as temperaturas elevadas, favoreceram sobremaneira o intemperismo químico na produção de um modelado que, em termos geomorfológicos, apresenta idade recente (Ferrari, 2012; Ross, 2014).

Um contexto bastante particular é sem dúvida, a dinâmica climática sobre o RJ. De certa maneira, esse setor do território brasileiro oferece um destaque significativo, na medida em que, evidencia-se de um lado as particularidades do sítio situado sob domínios de climas dos Brasil Tropical Atlântico (NIMER, 1989), e do outro, reflete a produção capitalista do espaço brasileiro, pautado no êxodo rural para a constituição dos grandes centros urbanos metropolitanos. Essas duas condições apresentam-se como dupla face do processo de produção do espaço geográfico, que sugere a interpretação de uma situação particular entre sociedade e natureza.

Nessa dupla relação, sobretudo nas grandes cidades do estado (com a maior parte situada na Região Metropolitana do Rio de Janeiro), a dinâmica climática se apresenta para a maioria da população como um sujeito, que pode ser capaz de causar destruição, perdas e mortes, mas que também pode possibilitar sobrevivência dessa mesma maioria através de elementos como a exploração turística das cidades litorâneas e serranas, o desenvolvimento de atividades de pesca artesanal, entre outras.

Desde as publicações como a de De Martonne (1944), passando por Cruz (1974) e Conti (1975), aos dias atuais, os debates ainda são mais complexos diante das redefinições da a relação entre clima e sociedade. Essa a discussão recai substancialmente na sobre as mudanças climáticas, aquecimento global e desastres nos grandes centros urbanos, que juntos figuram entre as principais pautas em várias esferas de planejamento e gestão territorial, urbana e regional.

Neste contexto, a delimitação entre o que é habitual e o que é excepcional é imprescindível para subsidiar políticas públicas de mitigação e prevenção a desastres. Assim, tal como tem sido fundamental definir os limites e valores habituais e excepcionais na dinâmica climáticas, é também de igual importância caracterizar como esses limites e valores estão relacionados às características econômicas, sociais, espaciais dos lugares. Por meio dessa caracterização, é possível analisar como e quais são os impactos socioespaciais deflagrados a partir da dinâmica de elementos climáticos.

É a partir desse pressuposto – de que, para se definir o que há de excepcional, é necessário que se tenha a definição do que é habitual – que se deu o desenvolvimento desta tese.

Tese

A ocorrência de episódios extremos não pode ser definida de acordo com a diversificação espacial da dinâmica climática (padrão, variabilidade e rupturas), mas sim em função dos padrões de vulnerabilidade produzidos espacialmente por meio de diferentes formas de relação entre sociedade e natureza.

Objetivos

Geral

Realizar uma proposta metodológica para classificação climática segundo uma abordagem geográfica do clima do estado do Rio de Janeiro, considerando as relações entre excepcionalidade e padrões de vulnerabilidade.

Específicos

- Analisar a estrutura pluviométrica das chuvas no estado do Rio de Janeiro (1975-2015) em sua variabilidade espaçotemporal;
- Detectar a variabilidade, por meio das teleconexões climáticas (ENOS), e os sistemas atmosféricos atuantes que possam modular a dinâmica pluviométrica do estado do Rio de Janeiro;
- Identificar sistemas atmosféricos deflagradores de episódios extremos segundo as diferentes intensidades no contexto das unidades pluviométricas;
- Produzir uma classificação climática das chuvas com base em seus aspectos estáticos e dinâmicos em relação com os padrões de vulnerabilidade;
- Analisar especialmente os locais de maior ocorrência de excepcionalidades pluviais

Para a realização destes objetivos, a tese está estruturada em seis partes, com início nesta introdução. No capítulo **2. Área de estudo: o estado do Rio de Janeiro**, buscou-se realizar uma breve caracterização geoambiental do estado do Rio de Janeiro, com vistas a uma aproximação do quadro socioespacial e ambiental da área de estudo.

O capítulo **3. Do excepcional ao habitual**, buscou-se situar, num contexto teórico e epistemológico, o debate proposto na introdução sobre a relação **entre o habitual e o excepcional** na Climatologia. No segundo sub-item (**3.2. Climatologia e excepcionalidades**), foi apresentada uma breve discussão sobre as definições de eventos e episódios extremos e sua relação com o habitual. Posteriormente (**3.3. Classificações climáticas: histórico e estado da arte**), foram apresentadas as principais classificações climáticas empregadas ao longo da história (item **3.3.1 Histórico**), e, em seguida, foi realizada uma revisão detalhada da produção acadêmica, em específico sobre classificação climática, com a respectiva análise do conjunto de trabalhos levantados em âmbito internacional (**3.3.2. Estado da Arte**). Em seguida, foram identificadas as principais propostas de classificação climática aplicadas ao Brasil e, mais detidamente, ao estado do Rio de Janeiro (**3.4. Classificações climáticas aplicadas ao estado do Rio de Janeiro**), para, ao final, encerrar este capítulo com um item de síntese (**3.5. Reflexões sobre classificação climática**).

No **quarto** capítulo, intitulado **Classificação climática: uma questão de região, escala e espaço**, buscou-se uma digressão a partir das definições de classificação e, conseqüentemente, de classificação climática como movimento analítico que relacionou, no debate, os conceitos de região, de escala, a categoria de espaço geográfico e de espacialidade. Num primeiro momento, foi realizada uma análise dos fundamentos geográficos das classificações climáticas (ao menos em termos conceituais), sobretudo com relação a sua produção científica (**4.2. Da classificação**

à **regionalização como uma questão de escala**). Num segundo movimento, buscou-se exemplificar de que maneira, no interior dos estudos geográficos do clima, distintas concepções sobre escala (um conceito geográfico) marcaram os diferentes entendimentos sobre escalas geográficas do clima e fundamentaram a produção de novas matrizes conceituais (**4.3. As escalas geográficas do clima**). Um terceiro movimento buscou relacionar as distintas concepções de escala geográfica com diferentes noções de espaço, com foco na análise dos três espaços (absoluto, relativo e relacional) propostas por Harvey (2015), e de que maneira a concepção destes três espaços indica o fundamento daquilo que se tem tomado como fenômeno geográfico. Nesse contexto, o item **4.4. Espaço, espacialidade, vulnerabilidade e o fundamento geográfico do clima**, iniciou um conjunto de reflexões das quais se propôs a emergência do conceito de vulnerabilidade como um caminho para expressar o fundamento geográfico do clima, qual seja, a identificação do que, do clima, interessa a ciência geográfica (Sant'Anna Neto, 2001b).

No capítulo **5. Procedimentos metodológicos**, foram sumarizadas as fontes de dados, técnicas e procedimentos empregados ao longo de toda a tese, com vistas a explicitar as formas de seu tratamento e representação através dos itens **5.1. Produtos gráficos** e **5.2. Produtos cartográficos**.

A partir desta reflexão, foram apresentadas análises geográficas do clima segundo a proposta analítica dos três espaços, presentes não apenas nos subtítulos, mas também nas formas análise ao longo do capítulo **6. Climatologia, Climatologia Geográfica e Geografia do Clima: dos três espaços aos três ensaios para uma classificação**. Propôs-se a realização de uma analogia aos três espaços (absoluto, relativo e relacional) considerando os estudos climáticos realizados em três movimentos: o primeiro, representado pelo item **6.1. Análise climática**, apresentou um conjunto de descrições da distribuição espacial dos elementos climáticos (nebulosidade, pressão atmosférica ao nível da estação, umidade relativa do ar, temperaturas máximas, temperaturas medias compensadas, temperaturas mínimas e precipitação pluviométrica), classificados em seus valores médios da série histórica em análise (1975-2015) e em comparação aos valores da normal climatológica. Tal como o espaço absoluto, os elementos climáticos dispostos e representados sobre ele apresentam existência *em si*, tendo no espaço apenas o recorte dentro do qual arbitrariamente são representados elementos climáticos.

Já o segundo item, **6.2. Análise climático-geográfica**, buscou realizar uma análise fenômenos que dinamizam a ocorrência espacial dos elementos climáticos, sobretudo a partir de seu caráter de variabilidade temporal. Tal como o espaço relativo, o pressuposto foi de que os fenômenos se relacionam simplesmente porque possuem existência localizada numa área de ocorrência (Harvey, 2015). Assim, foram elencados no item **6.2.1. Variabilidade e teleconexões**,

os principais modos de variabilidade atuantes na modulação da precipitação no estado do Rio de Janeiro, bem como, no item **6.2.2. Sistemas atmosféricos e massas de ar**, no qual buscou-se realizar uma classificação climática em função dos principais sistemas geradores dos tipos de tempo, em uma abordagem genética. Por conta da contribuição de Monteiro (1971), foram delimitados os anos-padrão e escolhido o ano padrão habitual (2003) para a realização da análise rítmica, com a identificação dos principais sistemas atmosféricos – incluindo os principais sistemas geradores de precipitação.

Por fim, o item **6.3. Análise geográfica do clima**, apresentou a aplicação do *Social Vulnerability Index - SoVI*® (Cutter, 1996, 2011; Cutter *et al*, 2003) na produção cartográfica dos diferentes padrões de vulnerabilidade social a partir dos indicadores demográficos e socioeconômicos (item **6.3.1. Índice de Vulnerabilidade Social (SoVI) aplicado ao estado do Rio de Janeiro**). Em seguida, no item **6.3.2. Em busca de uma classificação geográfica do clima**, são apresentados os mapas-síntese, que resultam da identificação, sobreposição e análise de quatro elementos: 1) áreas principais de atuação dos sistemas extratropicais (massa polar atlântica) e intertropicais (massa tropical continental), em termos percentuais, na produção da Frente Polar Atlântica - FPA e sistemas associados (principais sistemas produtores de precipitação); 2) trajetórias de origem desses sistemas; 3) ocorrência de inundações bruscas e graduais, e 4) áreas de alta e muito alta vulnerabilidade.

A sobreposição dessas informações teve como objetivo produzir reflexões sobre a necessidade de se considerar não apenas variáveis climáticas essencialmente, mas variáveis que, ao se relacionarem, possam permitir a produção de sínteses analíticas que se desdobrem em propostas de classificação climática pautadas nos pressupostos da Geografia do Clima.

2. ÁREA DE ESTUDO: O ESTADO DO RIO DE JANEIRO

A história geológica de formação estrutural do território no qual se situa o RJ é marcada por dois momentos significativos: a Colagem Brasileira (Brito Neves, Fuck e Pimentel, 2014) e a quebra do Gondwana e deriva continental (Heilbron *et al*, 2004). Ambos os eventos podem ser situados ao longo do Ciclo Brasileiro, o mais importante ciclo de supercontinentes (Tassinari, 2000)² de toda a história geológica da plataforma sul-americana (Hasui, 2010; Schobbenhaus, 2001).

A Colagem Brasileira, datada de aproximadamente 750Ma, foi marcada pelo choque entre estruturas cratônicas hoje compreendidas no interior das plataformas sul-americana e africana. O conjunto de movimentos associados deu origem a formação de extensos sistemas orogênicos nas bordas dessas estruturas, bem como ao longo do atual litoral brasileiro, como a formação dos sistemas orogênicos Borborema, Tocantins e Mantiqueira. Os movimentos colisionais e demais mobilizações isostáticas associadas caracterizaram este ciclo de supercontinentes que deu origem ao continente Gondwana. Após as pulsões de mobilização e remobilização das plataformas, um longo período de calmaria se seguiu, possibilitando a atuação de processos erosivos e intempéricos que originaram as bacias sedimentares como a Amazônica, por exemplo (Hasui, 2010; Brito Neves, Fuck e Pimentel, 2014).

Os dois rifteamentos compreendidos como a quebra do Gondwana (situado no Jurássico-Eocretáceo – 200Ma, originando a orogenia andina e a epirogenia do continente sul-americano) e a Deriva Continental (Neocretáceo-Paleógeno, já no período Terciário – 65Ma), representaram o final do ciclo deste supercontinente. Como marcas, estes processos caracterizaram em termos estruturais o ERJ pela presença dos degraus da Serra do Mar e da Mantiqueira, a presença dos maciços costeiros majoritariamente gnáissicos e granitóides, assim como o *gráben* da Guanabara, por exemplo (Riccomini, Sant’Anna e Ferrari, 2004).

A ampla densidade da rede hidrográfica, associada às variações relativas do nível do mar, sobretudo aqueles ocasionados durante o Período Quaternário, bem como às dinâmicas climáticas em cada um destes períodos da história geológica, acabaram por produzir características que viriam a marcar, no tempo histórico, uma relação extremamente contraditória entre sociedade e natureza em todo o território compreendido como ERJ.

² A teoria dos Ciclos de Supercontinentes, também chamados de Ciclos de Wilson em homenagem a J. T. Wilson (idealizador da teoria da expansão do assoalho oceânico), refere-se ao entendimento de que o processo de rifteamento e fraturas, formação de bacias oceânicas em expansão indeterminada até uma nova colisão e posterior retomada do ciclo, não aconteceu apenas uma vez na história geológica do planeta Terra, mas sim várias vezes. As informações disponíveis dão conta de que o processo de formação do megacontinente Pangea teria sido apenas o mais recente, posto que, antes dele, outros megacontinentes se formaram de acordo com processos muito similares pelo menos desde 3,96 Ga (Tassinari, 2000).

Na leitura de Marafon *et al* (2005), pode-se afirmar que 4 (quatro) são os grandes marcos na produção do espaço geográfico fluminense: *a complexidade do sítio, o histórico de exploração dos recursos naturais disponíveis, as mudanças em seu estatuto jurídico e sua condição de ex-capital do Império e da República.*

Sobre a complexidade do sítio, ainda com a presença inicial dos indígenas (destacadamente os povos tupis, jês e goitacás), o processo de colonização do território que hoje corresponde o Estado do Rio de Janeiro seguiu a lógica tributária do Pacto Colonial: explorar, exportar e defender, ainda que isso significasse a extinção dos povos originários e a produção colonial de uma natureza transformada em recurso no âmbito da economia das trocas comerciais, inserida no Mercantilismo (Marafon *et al*, 2005).

Tal lógica, imposta através da chegada dos colonizadores, subordinou de tal maneira a natureza que, segundo Marafon *et al* (2005, p. 26) embora elementos como os degraus da Serra do Mar pudessem ser encarados como obstáculos, não foram exatamente assim considerados pelos colonizadores. Quando foi necessário transpor estes “paredões”, eles acabaram por se apropriar de caminhos indígenas que ligavam Paraty a São Paulo para escoamento da produção de ouro das Minas Gerais. Este exemplo, representativo do segundo marco da produção do espaço geográfico fluminense, demonstra como, desde o início da sua colonização, a coroa portuguesa colocou em primeiro plano a transformação da natureza em mercadoria para exploração, suplantando inclusive a sua suposta imponência sobre a tecnologia europeia da época.

Se mesmo os grandes compartimentos geológico-geomorfológicos de elevadas altitudes não poderiam ser considerados como “obstáculos”, tampouco seria considerado dessa maneira feições como baías, estuários, rios, baixadas e gargantas entre serras.

Como um dos objetivos do Pacto Colonial consistia na defesa do território colonizado, a coroa tratou de se utilizar dos pontões existentes ao redor da Baía de Guanabara, notadamente o Morro do Castelo, para instalar a sede da cidade do Rio de Janeiro. Neste ponto da cidade, podia-se ter a perfeita visão da entrada da Baía e, por conseguinte, de possíveis invasores (Marafon *et al*, 2005).

Os rios e os vales consistiram em importantes feições por permitirem, respectivamente, a navegação e instalação de ocupações no interior do território do estado, como na área do médio Vale do Paraíba fluminense com o que viriam a ser os municípios de Petrópolis, Engenheiro Paulo de Frontin, Paty do Alferes.

Entre as principais economias coloniais presentes no território do Estado do Rio de Janeiro, figuraram a cana-de-açúcar, cultivada no modelo *plantation* em áreas de mata e em

terrenos livres de saturação. Do século XVI ao XVII ela foi preponderante na cidade do Rio de Janeiro, que foi chamada de “zona velha do açúcar” assim que, nos séculos seguintes, a cultura se espalhasse para outras áreas do estado (Itaboraí, Rio Bonito, Araruama, Maricá, Saquarema, Mangaratiba e Paraty) até que finalmente se instalasse e consolidasse na baixada campista (área de Campos dos Goytacazes) a partir do século XIX. Cabe ressaltar que, sobretudo na economia canavieira pós-século XVII, era amplamente empregada a força de trabalho de negros e negros africanos escravizados.

Este modelo de extrativismo agrícola (início do cultivo na cidade do Rio de Janeiro e posterior espalhamento) se seguiu com a maioria das demais economias de exploração, como o café no médio Vale do Paraíba Fluminense na virada do século XVIII para o XIX e a laranja no eixo de expansão para as Baixadas Litorâneas (envolvendo bairros da zona norte e oeste do Rio de Janeiro e demais municípios do leste fluminense) no decorrer do século XX.

Como uma característica marcante, salienta-se o papel do Império e, posteriormente, do estado nacional brasileiro, em dotar de infra-estrutura o território fluminense (seja por meio de ferrovias, bondes ou estradas) para otimizar e ampliar o extrativismo.

Em meio a este processo, a instalação da capital colonial (1763) e, posteriormente, federal (1891) na cidade do Rio de Janeiro acabou proporcionando significativa densidade populacional por conta dos serviços envolvidos não apenas nas economias de exploração como, também, naqueles destinados a satisfazer os membros da Coroa portuguesa que habitavam o país.

A partir dos ganhos das elites cafeicultoras fluminenses, e sobretudo do investimento de seus recursos na nascente indústria brasileira, tem-se a constituição e fortalecimento do processo de transição de um país agrário-exportador para urbano-industrial. O Rio de Janeiro da virada do século XIX para XX consistia num território marcado pela instabilidade política, pela predominância de um setor econômico de comércio e serviços e por uma elite agrícola decadente. Ainda que, na era Vargas, houvesse a instalação e ampliação de companhias industriais como a Cia. De Álcalis (Arraial do Cabo), Companhia Siderúrgica Nacional (Volta Redonda), Fábrica Nacional de Motores (Duque de Caxias), os anos seguintes não vislumbrariam este mesmo processo. Com a transferência da capital federal para Brasília em 1960, uma das ações da ditadura civil-militar instaurada no país desde 1964 fora a reunificação dos estados da Guanabara e do Rio de Janeiro. Para Marafon *et al* (2005), esses fatos denotaram a perda da posição hegemônica do ERJ, o que seria responsável pelo seu menor crescimento econômico em relação a outros estados da federação.

Ainda assim, sobretudo a partir dos anos 1960, as mudanças nos padrões de produção do espaço geográfico – neste momento, mais atrelados a uma lógica urbano-industrial –, fizeram

com que o Rio de Janeiro presenciasse um aumento exponencial da população na sua capital por conta do êxodo rural. Sua condição histórica predominantemente de comércio e serviços acabou fazendo com que este setor (que, de maneira geral e com exceções, tem como característica baixas remunerações e alto índice de informalidade), fosse ainda mais inflado.

Outro ponto de inflexão para as dinâmicas socioespaciais do estado foram a realização dos megaeventos esportivos, iniciando com os Jogos Pan-Americanos em 2007, passando pela Copa do Mundo de Futebol da FIFA em 2014 e culminando nos Jogos Olímpicos de Verão, em 2016. Apesar dos três eventos terem tido ocorrência no município do Rio de Janeiro, as suas dinâmicas espaciais acabaram influenciando todo o estado. De questões relacionadas a recursos para efetivação de políticas públicas e reorganização do sistema de transportes até especulação imobiliária e preço do solo urbano, o período anterior e imediatamente posterior à sua realização (especialmente dos Jogos Olímpicos) marcou e ainda marca de forma substancial as dinâmicas socioespaciais no Rio de Janeiro. Dentre os fenômenos mais recentes, destacam-se as novas orientações dos fluxos pendulares no contexto da Região Metropolitana (antes restritos ao eixo Baixada Fluminense e Zona Oeste do Rio de Janeiro – Centro e Zona Sul do Rio de Janeiro, após a implantação dos BRTs os fluxos passaram a se reorientar também no sentido Baixada Fluminense e Zona Oeste – Zona Sul; além disso, a existência dos corredores Transoeste e Transolímpica viabilizaram vias rápidas de acesso para a Zona Sul do município do Rio de Janeiro diretamente pela Zona Oeste via Barra da Tijuca, e não necessariamente tendo que passar pelo Centro e por bairros como Copacabana, Ipanema e Leblon); as “novas” faces da miséria urbana (exemplificado pelo aumento exponencial de população em situação de rua na Região Metropolitana do Rio de Janeiro); a decadência da economia petrolífera e, conseqüentemente, a falência de seus investimentos associados (exemplificado pelos prédios e edificações robustas existentes em municípios como Magé e Itaboraí que, até a primeira década dos anos 2000, tinham nos investimentos do Complexo Petroquímico do Estado do Rio de Janeiro – COMPERJ, a aspiração à centralidade no mundo dos negócios associados ao petróleo; isso deflagrou uma série de problemas, como aumento exponencial da violência urbana e do desemprego); a reorientação das políticas dos royalties de petróleo (que impôs aos municípios interioranos que dependiam significativamente da receita dos royalties para composição de arrecadação uma grave crise interna que acarretou desde a falta de pagamento de parte do funcionalismo público até falta de manutenção da infraestrutura urbana), entre outros.

3. DO EXCEPCIONAL AO HABITUAL

3.1. Introdução

Os estudos do clima possuem diferentes aplicações, tanto no interior da ciência geográfica quanto fora dela. Estudos desenvolvidos em sub-áreas como a Geomorfologia, a Geologia do Quaternário, a Biogeografia, e mesmo aqueles situados no campo mais afeito às humanidades, como a Geografia Urbana, Geografia Agrária e afins, lançam mão de resultados de pesquisas, principalmente aquelas chamadas “de referência”, desenvolvidas a partir do campo da Climatologia. Assim, é comum observar em estudos com temáticas ambientais, sobretudo naquelas em que se realizam caracterização da área de estudo, referências a classificações climáticas nas quais os locais em questão estão inseridos.

Em geral, a natureza dos estudos de referência faz com que estes sirvam como base para pesquisas aplicadas. Ao menos em termos de quantidade, os estudos de referência costumam ser pouco numerosos, ainda que extremamente relevantes para identificar os termos, a partir dos quais, a produção científica, sobretudo na ciência geográfica, vem compreendendo o fenômeno climático. Entretanto, no caso da produção geográfica brasileira, pode-se considerar que essa escassez se faz presente de forma ainda mais aguda.

Toma-se como uma das hipóteses inerentes a esta tese que a escassez de produção científica (geográfica) sobre classificação climática diz muito sobre as formas através das quais se toma o habitual e o excepcional em Climatologia. Como desdobramento, tem-se três outras hipóteses.

A primeira é que a ausência de conhecimento da dinâmica climática em seus padrões habituais e de variabilidade sobre determinado lugar pode fazer com que pesquisadores incorram no equívoco de considerar como excepcionais muitos eventos que tem um **padrão habitual** de ocorrência, plenamente passível de ser conhecido sobretudo pela sua recorrência espacial e temporal. Em síntese, pode-se incorrer na perspectiva de se considerar como excepcional episódios que possuem recorrência conhecida e frequente.

Em segundo lugar, porque tal escassez depõe sobre o conceito de clima que se toma como referência. Compreender a dinâmica climática exclusivamente a partir de seus valores médios e tomar as excepcionalidades única e exclusivamente a partir da sua definição como *outliers* significa reduzi-la, empobrece-la e esvaziá-la de conteúdo explicativo. Ao contrário, aborda-la a partir de seu ritmo permite uma aproximação, um entendimento e uma análise mais próxima da ocorrência concreta da dinâmica climática.

Por fim, em terceiro, considerar que o clima é a ocorrência média dos elementos atmosféricos, e que qualquer fenômeno que seja analisado e que se encontre estatisticamente fora das medidas de dispersão seja uma excepcionalidade, acaba por tomar o clima apenas numa

dimensão estatística, retirando-lhe o que há de geográfico. O clima como fenômeno geográfico acaba se constituindo enquanto tal apenas por conta do substrato, do “chão”, do espaço liso e absoluto que deu base, por exemplo, à localização da estação meteorológica utilizada para determinado estudo quando, na verdade, a questão sobre o clima ser (ou não) um fenômeno geográfico se faz de maneira muito mais profunda do que somente mensurar seus elementos em um dado ponto situado num espaço localizado por coordenadas x e y.

Assim, o **Capítulo 3 – Do excepcional ao habitual**, e os três subitens nele incluídos, buscou dar conta do debate sobre a relação entre as excepcionalidades e as propostas de classificação climática, e de que maneira essas duas compreensões se articulam na(s) Climatologia(s) dos geógrafos. Em suma, parte-se do pressuposto que estas três perspectivas estão interligadas e que as suas formas de abordagem dependem, necessariamente, do que cada pesquisador toma como geográfico.

No primeiro item (**3.2. Climatologia e excepcionalidades**) caracteriza-se a produção científica sobre eventos e episódios extremos, como objetivo tratar deste debate pautando-se no ponto de vista teórico-conceitual. Assim, foi apresentada discussão sobre o que se tem tomado como excepcionalidade e como habitualidade na Climatologia, com base na proposição realizada por Monteiro em sua obra *Clima e Excepcionalismo* (1991) e dialogando a partir do par dialético (Cheptulin, 1982) habitual x excepcional na geração de outro par dialético, evento x episódio (Armond, 2014; Armond e Sant’Anna Neto, 2017).

Cabe destacar que a escolha de iniciar esta tese com o debate sobre excepcionalidades se deu com a intenção de partir daquilo que se considerou como problemática para, então, pavimentar os termos conceituais, teóricos e metodológicos que, ao final desta tese, propõem uma resignificação desta mesma problemática.

O movimento que se buscou realizar teve como ponto de partida as excepcionalidades, situadas no terreno do tempo (atmosférico), que consiste na dimensão de ocorrência material do excepcional como fenômeno: ou seja, o tempo (atmosférico) constituído como um fato (Curry, 1952). Este ponto de partida – as excepcionalidades, no entanto, se relacionam (em termos teóricos, conceituais e mesmo ontológicos) com o habitual. Esta relação com o clima (entendido como história do tempo atmosférico) se dá por uma questão de definição, posto que é em função do conhecimento do habitual que se define o excepcional. O inverso também contribui para esta compreensão: é em função do conhecimento do que pode, por ora, ser tomado como excepcionalidade que se pode construir o que é habitual (**figura 2**).



Figura 2: Esquema da construção teórica e analítica da tese. À esquerda, nas caixas azuis, os conceitos e categorias teóricas e filosóficas empregadas. À direita, seus respectivos conteúdos e planos de análise correspondentes.

Este é o caminho que se buscou, exemplificado na **figura 2**. Cada um dos pontos de partida e seus desdobramentos possuem nexos a partir da relação entre seu conteúdo explicativo, inserido em determinado plano de análise.

As excepcionalidades foram abordadas como possuidoras de grande quantidade de definições que, por sua vez, são tributárias de um conceito de tempo atmosférico (ligados a variados campos científicos, portanto, situados num plano de análise epistemológico). Toma-se, aqui, as excepcionalidades como definição que advém da sua ocorrência numa dimensão concreta e material: a sua existência, como fato (plano analítico filosófico, de conteúdo ontológico). Em sequência, a partir de reflexão sobre suas formas de existência e de ocorrência, as excepcionalidades têm sua materialidade re-significada em forma e conteúdo.

Compreende-se, nesta relação, que o tempo atmosférico compõe o clima, e o clima contém o tempo atmosférico, num duplo movimento entre tempo-clima, habitual-excepcional, num retorno ao tempo (atmosférico) dotado de conhecimento sobre sua historicidade (clima).

Em seu segundo item (**3.3. Classificações climáticas: histórico e estado da arte**), inicialmente em seu sub-item 3.3.1 Histórico, apresentou-se uma discussão sobre os primeiros modelos de classificação climática, sobretudo modelos cosmológicos advindos da matriz aristotélica, que ainda possuem profundo eco nas propostas de classificação mais utilizadas nos dias atuais. Este item inclui, também, na parte 3.3.2. Estado da Arte, um levantamento bibliográfico das publicações que se utilizaram e/ou propuseram a realização/aplicação de classificações climáticas. A análise foi pautada no levantamento realizado por Strauss (2007), que compilou as principais publicações que propunham e/ou aplicavam propostas de classificações climáticas em vários idiomas. Foi realizado também um levantamento nacional restrito à dois veículos de publicação científica (RBClima e anais dos SBCGs), com vistas a analisar a relação dos geógrafos brasileiros com este tópico de pesquisa. No item **3.4 Classificações climáticas aplicadas ao estado do Rio de Janeiro**, foram sumarizadas as classificações existentes para o território brasileiro no item 3.4.1. Classificações climáticas aplicadas ao território brasileiro, e, posteriormente, enfocadas aquelas que abrangem a área de estudo (3.4.2. Classificações

climáticas aplicadas ao território fluminense). Com isso, buscou-se subsidiar o debate presente no item **3.5. Reflexões sobre classificação climática**, que buscou estabelecer uma análise sobre quais os propósitos de realização de classificações e de que maneira se pode compreendê-las desde uma dimensão geográfica.

3.2. Climatologia e excepcionalidades

As excepcionalidades consistem em tema de estudo de diferentes áreas do conhecimento. Para Stephenson (2008), é fácil reconhecer as excepcionalidades, porém, o mesmo não se pode dizer quanto à sua definição. Por vezes é encontrada na literatura como eventos extremos (climáticos e meteorológicos³), outras vezes como episódios extremos (climáticos e meteorológicos). Apesar disso, as diferenciações entre estas definições aparentemente não se colocam, estando eventos e episódios aparecendo na literatura de forma geral com o mesmo significado: locução que denota a ocorrência de um elemento atmosférico acima ou abaixo dos valores médios encontrados em uma determinada série histórica. Segundo Stephenson (2008):

[eventos extremos] são eventos que apresentam valores extremos de certa variável meteorológica. Geralmente, danos são causados por valores extremos de certas variáveis meteorológicas, como grande quantidade de precipitação (por exemplo, alagamentos), elevada velocidade do vento (por exemplo, ciclones), altas temperaturas (como ondas de calor) etc (Stephenson, 2008, p. 12) (tradução livre).

Além disso, o autor caracterizou os eventos extremos como multidimensionais por possuírem atributos que variam de acordo com a sua natureza. Ou seja, dependendo de variáveis como taxa de ocorrência, intensidade (magnitude), duração (temporal), escala espacial e outras variáveis adjacentes, o evento pode ter seu potencial de impacto na sociedade calculado de forma específica.

A despeito das pesquisas que, nessa esteira, tendem à uma busca pelo limiar crítico de um determinado elemento climático que defina a existência de um evento extremo⁴, outras perspectivas, mesmo no *mainstream*, tem surgido.

Para Otto (2016), apesar de não relegar a segundo plano a importância dos limiares estatísticos na definição dos eventos extremos, a autora considera a necessidade de se ir além

³ Eventos extremos de tempo referem-se àqueles ocorridos na escala do fenômeno meteorológico, enquanto os de clima correspondem aos ocorridos na escala climática. O principal atributo empregado nessa diferenciação é a dimensão temporal. Quando ocorridos em poucas horas até poucos dias, refere-se aos eventos de tempo. Quando possuem ocorrência de semanas a meses, são considerados eventos de clima (Stephenson, 2008).

⁴ Para comparação de diferentes procedimentos de definição de eventos extremos, sugere-se a leitura de Hershfield (1984), Oliveira (1986), Gerstengarbe e Werner (1991) e Sharma *et al* (2012).

da dimensão meteorológica e climática dos extremos, exemplificando seu argumento a partir do Furacão Katrina. Segundo a autora, em termos meteorológicos, o furacão não se constituiu em um *outlier*. Pelo contrário: sua magnitude não pôde ser considerada excepcional. Entretanto, os danos deflagrados a partir da sua ocorrência foram tão devastadores que este episódio basicamente se constituiu em um ponto de inflexão não apenas para a gestão dos riscos e desastres, como para a construção de outros referenciais científicos sobre estes tópicos. Para Otto (2016), é preciso considerar a vulnerabilidade e a exposição (no seu entendimento, duas funções do risco) como fatores para a análise e definição dos eventos extremos, o que demanda um avanço para além (mas sem abrir mão) de uma rede de monitoramento e base de dados extensa, consistente e confiável.

Ainda mais longe foram Retchless *et al* (2014), que ao realizarem uma análise da produção científica dos geógrafos estadunidenses sobre eventos climáticos extremos, chegaram a conclusão de que a maior parte dos trabalhos não aborda de forma satisfatória a relação entre a vulnerabilidade e os eventos. Para os autores, o aumento dos eventos climáticos extremos, apesar de poderem estar relacionados com as mudanças climáticas, tem relação direta com o aumento vertiginoso de pessoas expostas a estes. Assim, a centralidade da definição de eventos extremos se desloca da abordagem unidimensional da identificação do *outlier* de um dado elemento climático e passa a demandar a inserção de estudos sobre as dinâmicas sociais e espaciais.

Meehl *et al* (2000), tal como Bishop *et al* (2013), nesse contexto, definem eventos extremos como qualquer extremo meteorológico que tenha potencial de causar impactos adversos à sociedade. Assim, acabam por relacionar atmosfera e sociedade em uma única definição quantitativa e estatística.

Longe de maniqueísmos, reconhece-se a importância de se considerar, na análise das excepcionalidades, os limiares estatisticamente superiores de ocorrência de determinado fenômeno climático. Por conta da sua intensidade, magnitude e frequência, pode deflagrar episódios de elevado grau de impacto na sociedade. Assim, as análises estatísticas e geoestatísticas empregadas pelos variados campos científicos na identificação dos limiares críticos são necessárias e fundamentais, porém não suficientes. De acordo com a particularidade climática dos lugares, elas podem subsidiar políticas para redução da exposição de grupos sociais às excepcionalidades, conforme exemplificado no **Quadro 1** abaixo.

| Município | Nome da Rede | Natureza da rede | Abrangência temporal | Elementos mensurados | Série histórica | Prodiz boletins? | Aplicativo? | Integra sist.. de alerta? |
|---------------------|---|-------------------------|---|--|---------------------------|-------------------------|--------------------|----------------------------------|
| Rio de Janeiro - RJ | Alerta Rio | Municipal | 15 minutos | Precipitação pluviométrica | 1996 - atual | Sim | Sim | Sim |
| São Paulo - SP | CGE – Centro de Emergências Climáticas | Municipal | 6 horas | Precipitação pluviométrica | 1999 - atual | Sim | Não Informado | Sim |
| Porto Alegre - RS | CEIC – Centro Integrado de Comando | Municipal | 5 minutos (demais elementos) 24h (chuva) | Temperatura Sensação Térmica Umidade Precipitação pluviométrica Pressão Ventos Orvalho | 2007 - atual | Sim | Não Informado | Sim |
| Belo Horizonte - MG | SIMGE – Sistema de Meteorologia e recursos hídricos de Minas Gerais | Estadual | 24h | Aquisição de informações via telemetria | Depende da fonte de dados | Sim | Não Informado | Sim |
| Fortaleza - CE | Funceme – Fundação Cearense de Meteorologia | Estadual | 1h | Temperatura Umidade Precipitação pluviométrica Pressão Ventos Radiação | 1973-atual | Sim | Sim (agrícola) | Sim |
| Recife - PE | APAC - Agência Pernambucana de Águas e Clima | Estadual | Depende da fonte de dados | Depende da fonte de dados | Depende da fonte de dados | Sim | Não | Sim |
| Salvador – BA | INEMA – Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos | Estadual | Depende da fonte de dados | Captados via PCD | Últimos 15 dias | Sim | Não | Sim |
| Curitiba – PR | SIMEPAR – Sistema Meteorológico do Paraná | Estadual | 24h | Temperaturas Precipitação pluviométrica | Últimas 48h - | Sim - | Não | Não |

| | | | | | | | | |
|--------------|---|----------|---------------------------|--|---------------------------|-----|-----|-----|
| | IAPAR-Instituto Águas do Paraná | | | Precipitação Pluviométrica | 1970 | Não | | |
| Goiânia – GO | SEAGRO – Secretaria de estado de Agricultura, Pecuária e Irrigação | Estadual | Depende da fonte de dados | Captados via PCD Estações INMET Postos ANA | Depende da fonte de dados | Sim | Não | Não |
| Belém – PA | HIDROMET – Portal de Hidrometeorologia do Estado do Pará | Estadual | Depende da fonte de dados | Captados via PCD Estações INMET Postos ANA | Depende da fonte de dados | Sim | Não | Sim |
| Manaus – AM | SIPAMHIDRO – Sistema Integrado de Monitoramento e Alerta Hidrometeorológico | Federal | Depende da fonte de dados | Estações INMET Postos ANA Reservatórios ONS Dados NCEP/NOAA | Depende da fonte de dados | Sim | Não | Sim |

Quadro 1: Redes de monitoramento climático existentes nas metrópoles brasileiras

Sobre esta questão, Roseghini (2016) contribui com a necessidade de fomentar uma Climatologia que reafirme a importância da análise horária, propondo uma Climatologia Micro-temporal. Para o autor, a relação entre magnitude e frequência num recorte temporal mais refinado pode não somente possibilitar um aprofundamento da análise climática *strictu sensu*, como também potencializar a identificação dos mecanismos de produção e organização do espaço que podem, junto à dinâmica, deflagrar episódios extremos.

No caso brasileiro, pode-se afirmar que poucas são as redes de monitoramento que apresentam dados neste nível de detalhe em áreas metropolitanas (**quadro 1**). Por exemplo, o município do Rio de Janeiro só pôde contar com uma rede dessa magnitude muito recentemente, a partir de 1996, com a emergência da Fundação GeoRio e a rede de telepluviômetros Alerta Rio.

Entretanto, viu-se que, por si só, a demarcação de limiares críticos de chuva ou temperatura, por exemplo, pode resultar ineficaz para uma definição de evento extremo que efetivamente auxilie no entendimento da sua ocorrência e que possa, eventualmente, subsidiar mecanismos para sua mitigação, estabelecimento de sistemas de alerta e prevenção. Primeiramente, porque não são apenas e exclusivamente a magnitude e a frequência de ocorrência (que pode ser considerada atípica ou típica em termos temporais) que o define, mas sim as diferentes maneiras através das quais um evento de chuva (ou outros eventos, como ondas de calor, de frio etc) de fato se torna calamitoso – e se transforma, em termos conceituais, em um episódio. Longe de desconsiderar a relevância dos seus limiares de magnitude, mas a literatura sobre o tema demonstra que se faz necessário considerar de maneira conjunta a esta, outras variáveis, como a exposição, o grau de risco e vulnerabilidade – tal como defendido por Meehl *et al* (2000), Bishop *et al* (2013), Retchless *et al* (2014) e Otto (2016).

Na ciência geográfica brasileira, apesar deste debate aparecer de forma mais recorrente nos últimos anos, não é recente a preocupação com a temática. Os limites entre aquilo que se pode considerar como habitual e aquilo que se toma como excepcional tem ocupado alguns pesquisadores pelo menos desde o início dos anos 1970 (Monteiro, 1991).

Ao discutir as excepcionalidades no contexto dos *hazards*, conceito emergente à época, Monteiro (1991) escreveu:

Enchentes não seriam danosas se o homem evitasse as planícies inundáveis. Além do que a atuação humana pode decisivamente contribuir para alterar as condições de regime e escoamento. (...) Desabamentos de encostas não seriam calamitosos em nossas cidades se parte de seus habitantes não fosse induzida a formas de urbanização espontânea, precária, em sítios perigosos (Monteiro, 1991, p. 9).

Mais adiante, o autor aciona o conceito de **acidente** para tratar das consequências espaciais das excepcionalidades. De acordo com Monteiro (1991), acidente não traz apenas a dimensão de ruptura temporal no decurso da continuidade histórica de determinado fenômeno ou conjunto de fenômenos. Antes, acidente teria uma concepção ontogênica, repousando na definição d'aquilo que “ocorre *dependentemente das circunstâncias* e não da natureza do próprio ser” (p. 11-12, grifo nosso). Acidente consistiria em algo que não pode ser considerado de forma isolada como algo derivado exclusivamente da dinâmica climática em seus padrões habituais, mas sim em relação de dependência mútua entre esta dinâmica e as dinâmicas da produção do espaço geográfico.

Pode-se considerar que o autor explicita nesta passagem uma “habitualidade do excepcional” e uma “excepcionalidade do habitual”, pautada nos termos contextuais, “circunstanciais”, no qual Monteiro (1991), aproxima o conceito de acidente daquilo que se conceitua como evento extremo.

Não somente em relação à dinâmica climática, mas também em relação às dinâmicas sociais, o conceito de acidente guarda uma permanência no limite entre estes dois campos: a de seu entendimento como algo negativo, prejudicial. Praticamente carrega consigo, de forma inerente a sua compreensão, um juízo de valor que, necessariamente, se oporia a uma outra definição, de caráter positivo, que corresponderia à uma condição habitual, média, estática do clima. Para Monteiro (1991):

A ideia do negativo está ligada, por via da surpresa do acaso, às implicações econômicas. Um impacto pluvial calamitoso desabado sobre uma cidade poderá, apesar dos negativos, ter contribuído para despoluir uma atmosfera local gravemente afetada (Monteiro, 1991, p. 12-13)

Nesse sentido, não apenas a excepcionalidade poderia ser encarada como algo desejável, como pode-se dizer que o que se considera como habitual poderia ter sua ocorrência indesejada. Longos períodos sem precipitação (ou com um volume pouco significativo de precipitação), apesar de desejável para determinados grupos sociais que eventualmente se situam em ambientes de longos períodos chuvosos podem ser encarados como desejáveis. A lição que Monteiro faz emergir a partir da sua reflexão sobre o conceito de acidente é a sua indissociabilidade da dimensão contextual na análise.

Por outro lado, assim como os autores anteriores, a compreensão de excepcionalidade atrelada a determinado fenômeno climático não é analisada de forma isolada, nem somente na concretude da realidade e tampouco no campo conceitual. O estudo das excepcionalidades acaba

por acionar uma série de outros conceitos como acidente, adaptação, exposição, risco, resiliência e vulnerabilidade, dos quais nos ocuparemos mais adiante apenas deste último.

É em meio a este debate que emerge, novamente, a proposta de Armond (2014) e Armond e Sant'Anna Neto (2017), sobre eventos e episódios extremos.

A existência das excepcionalidades (eventos e episódios), as quais aqui se atribuiu sua existência “concreta”, tem referência a Kosik (1976). Considera-se que ambos (eventos e episódios) são fenomênicos e, quando considerados como *episódios*, o são porque são sensíveis pela *experiência material* da sociedade como negatividade, principalmente considerando a relação dessa experiência com o tempo atmosférico, como fato (Curry, 1952). Entretanto, a realização concreta de um fenômeno não compreende apenas aquilo que se vê ou o que é sensível, mas também aquilo que está oculto, invisível. É o que Kosik (1976) denominou de pseudoconcreticidade do real, na tentativa de demonstrar que, a partir da materialidade dos fenômenos, deve-se incorrer à investigação daquilo que lhe é imaterial, mas que também lhe é inerente e que lhe confere, de fato, a verdadeira concreticidade. Dessa maneira, as excepcionalidades na Climatologia Geográfica podem sim ser compreendidas como eventos extremos, como *outliers* no sentido estatístico. Entretanto, estas dimensões por si só, podem não auxiliar na compreensão da própria excepcionalidade, a não ser quando atrelada a outros fenômenos e dinâmicas, em um entendimento de espaço e tempo mais abrangentes. Ao serem direcionados pela relação entre o conhecimento da dinâmica climática (habitual) e das dinâmicas sociais (episódio), permitem uma compreensão concreta da dinâmica atmosférica como um fenômeno geográfico.

É nesse contexto que se colocou em destaque o estudo dos padrões habituais: a historicização analítica do fenômeno climático em relação a esta mesma análise histórica das dinâmicas socioespaciais permite o desvendamento da realidade para atingir a concreticidade dessa relação. Para isso, propõe-se como passo inicial conhecer os padrões habituais da dinâmica climática nas suas formas de classificação.

3.3. Classificações climáticas: histórico e estado da arte

3.3.1. Histórico

Sob pena da inadequação desta digressão, no caso da Climatologia, as influências gregas seguem consideravelmente vivas, estando presentes desde a definição de seu objeto (“clima” deriva do grego *klima*, referindo-se à uma noção de diferenças no ângulo de incidência da radiação solar, do qual derivam os climas contrastantes, segundo Rohli *et al*, 2015a) até as classificações climáticas mais correntes nos dias atuais.

Segundo Sanderson (1999) e Sant'Anna Neto (2001a), durante o século IV a.C., o filósofo grego Aristóteles acabou por sintetizar o “caldo cultural” da época, como quando concordou com Parmênides de que a Terra era uma esfera no centro do universo e que esta possuía **cinco** zonas: duas zonas frias, duas zonas temperadas e uma zona tórrida. O “mundo habitável”, para Aristóteles, estaria restrito apenas às faixas confinadas entre as zonas dos trópicos e as zonas frias. Pressupondo a existência de outras porções continentais, Aristóteles ainda sugeriu que a outra metade meridional do mundo (tendo a Grécia como referência) poderia ser habitável porque, por conta da simetria, poderia existir no Hemisfério Sul uma zona temperada correspondente àquela do Hemisfério Norte. Ao mesmo tempo, ele acreditava que o excesso de calor na faixa que denominou Zona Tórrida poderia ser um obstáculo para a exploração dessa zona mais a sul. De acordo com Lencioni (2014), esta primeira classificação do mundo em zonas climáticas teria se constituído na primeira regionalização.

Séculos posteriores, foi através da influência de Estrabão que se obteve a maior parte das informações sobre a cartografia antiga e, conseqüentemente, sobre os conhecimentos climáticos antigos. Estrabão, citando Poseidonius, alegou a existência de **sete** zonas climáticas na superfície terrestre, incluindo duas zonas “super tórridas” e outra próxima ao Equador onde a superfície terrestre seria inabitável. De acordo com Estrabão, Poseidonius foi o primeiro geógrafo a relacionar clima e atividades humanas, afirmando que as pessoas nas zonas tórridas, como uma conseqüência do calor extremo e ausência de chuva, teriam nascido com cabelos crespos e lábios protuberantes.

Para Sanderson (1999), os romanos acrescentaram pouco às ideias científicas de clima, como a breve descrição das cinco zonas climáticas da Terra por Pomponius Mela. Ao contrário deles, ainda na Grécia, Ptolomeu de Alexandria teria tido o mais importante papel no renascimento europeu do século XV. Sua influência na cartografia segundo princípios astronômicos coadunou-se com a tradição grega de relacionar as zonas climáticas com a latitude, o que acabou aderindo bem às explorações marítimo-comerciais que se iniciaram no século XV. Os viajantes identificaram que os climas do mundo não eram simplesmente extrapolações dos climas europeus, mas eram constituídos por grandes áreas que exibiam contrastes na umidade e na temperatura, conformando particularidades.

Para Sant'Anna Neto (2001a), o papel dos pensadores de Alexandria foi fundamental não apenas com relação à reflexão sobre as distintas características climáticas do globo em função de uma conjugação mais ampliada de fatores, mas também o foi por conta da relação que estes faziam entre o clima e as atividades humanas. Segundo o autor, as descrições realizadas por eles estavam muito mais vinculadas à adaptação dos grupos humanos em termos sociais e econômicos

ao clima do que necessariamente ao clima pura e simplesmente (ainda que seja necessário lembrar que, para De Martonne (1953) *apud* Sant'Anna Neto, 2001a, estas reflexões eram muito mais pautadas em 'considerações estranhas a experiência' do que em observações). Foi a partir disso que se substanciou a contribuição dos gregos na produção da chamada Geografia Regional (Sant'Anna Neto, 2001a, p. 13).

Porém, os sistemas de classificações zonais continuaram a ser exibidos em mapas seguindo latitudes por conta da ausência de informações quantitativas sobre as características climáticas desses lugares, atrelado à emergência do período medieval. Ainda que da Antiguidade à Idade Média tenham se seguido quase 2 mil anos, os avanços sobre o conhecimento da atmosfera e do clima foram pouco significativos (Oliveira, 2009). Para Sant'Anna Neto (2001a):

Ainda que se considerasse alguma evolução no campo experimental, mais voltado para as medições dos fenômenos atmosféricos, do ponto de vista climatológico (e geográfico), o que se conhecia sobre os climas da Terra ao final do século XV era bastante modesto(...) Quando se iniciou a época dos descobrimentos, quase tudo o que se sabia sobre a Geografia, a Cosmografia e a Astronomia, eram os legados de Aristóteles, Ptolomeu e Estrabão (Sant'Anna Neto, 2001a, p. 16-17).

Com o desenvolvimento da instrumentação meteorológica, como a construção dos primeiros termômetros no século XVIII na Europa, observações climáticas regulares começaram a ser realizadas (Sanderson, 1999; Kottek e Rubel, 2011).

As primeiras classificações climáticas apoiadas em dados quantitativos foram feitas pelo fisiologista de plantas e meteorologista Wladimir Peter Koppen (Kottek e Rubel, 2011; Dubreuil *et al*, 2017). Filho de alemães, ingressou na Universidade de São Petesburgo no ano de 1864 e retornou à Alemanha para continuar seus estudos nas universidades de Heidelberg e Leipzig no final do século XIX, sobre a influência da temperatura para o crescimento das plantas (Thorntwaite, 1943; Kottek e Rubel, 2011). Trabalhou dois anos (1872-1873) para o Serviço Meteorológico Russo, quando, em 1875, retornou para a Alemanha para ocupar o cargo de chefia da recém-criada Divisão de Meteorologia da Marinha, no Observatório Naval Alemão, em Hamburgo. Lá, criou o serviço de previsão do tempo com abrangência por todo noroeste alemão e áreas adjacentes, e também se ocupou na elaboração de manuais de navegação. De acordo com Kottek e Rubel (2011), Koppen elaborou cartas de direção do vento, que foram amplamente utilizadas por Bergeron para desenvolver a teoria da frente polar e massas de ar, bem como ocupou junto com Julius von Hann, de 1886 a 1891, o cargo de editor de um dos periódicos mais importantes da área, o *Meteorologische Zeitschrift* (Kottek e Rubel, 2011, p. 364).

Em sua época de formação acadêmica, os estudos relacionados à botânica e desenvolvimento da vegetação se mostravam com maturidade relativamente avançada, sobretudo por conta das investigações sobre a vegetação dos Alpes Suíços e as influências do clima. Segundo Kottek e Rubel (2011), o final do século XIX apresentou a emergência dos estudos de Wahlenberg, comparando os limites polares no desenvolvimento das plantas na Europa com a influência da altitude nos Alpes, concluindo que tanto os limites polares quanto a altitude tinham a temperatura como elemento principal de influência no desenvolvimento vegetal. Também na segunda década do século XIX, Humboldt produziu diagramas de temperatura em sua variação altitudinal, também relacionando esses gradientes ao desenvolvimento das plantas. Entretanto, o avanço da pesquisa em botânica não parou apenas no mundo temperado, e seguiu para experiências em outras faixas latitudinais. Foi por conta disso que, em 1846, o botânico Dove buscou identificar as diferenças entre os elementos do clima que mais atuavam no desenvolvimento do mundo vegetal. Para ele, a variação da temperatura teria influência muito maior no mundo temperado por conta da sua marcada sazonalidade. Já nas áreas tropicais, a “média de temperatura de cada ano difere pouco, mas a quantidade de chuva difere muito”. É de Dove também o primeiro mapa de médias mensais de temperatura sobre a superfície terrestre utilizando dados de superfície (Dove, 1846, *apud* Thornthwaite, 1943).

Também nessa esteira, Carl Linsser (1867) avançou não apenas no sentido de relacionar os elementos climáticos (principalmente temperatura e precipitação) ao desenvolvimento vegetal, mas sobretudo em operacionalizar esta relação. Ao considerar a umidade como fator mais importante do que a temperatura no mundo tropical, Linsser produziu um fator de umidade. Este seria resultante da razão entre as médias de precipitação mensal e de temperatura mensal, dando origem a cinco grandes grupos vegetacionais ao longo do globo (A, B, C, D, E). Apesar disso, Thornthwaite (1943) afirmou que os contemporâneos de Linsser continuaram a dar mais ênfase na temperatura do que na umidade em seus sistemas de classificação climática.

Nesse contexto científico e de sua formação, para Koppen era necessário produzir uma classificação que fosse pautada em pressupostos científicos (o que se daria através do emprego de dados observados em superfície) e também comprometida com o estudo do clima (deslocando da vegetação a centralidade das investigações). Segundo Thornthwaite (1943):

A formação inicial de Koppen em fisiologia vegetal e sua familiaridade com os trabalhos de Drude e Grisebach em geografia das plantas levaram-no à ideia de que plantas podem servir como instrumentos meteorológicos integradores de vários elementos climáticos, e que as regiões climáticas podem ser definidas em termos de regiões vegetais se as precauções forem tomadas na

distinção entre influências climáticas e edáficas (Thornthwaite, 1943, p. 241-242).

Assim, para ele, as plantas consistiam em uma síntese da relação entre os vários elementos climáticos, utilizando-as como referência por meio das cartas globais de vegetação existentes à época (Thornthwaite, 1943; Dubreuil *et al*, 2017). Koppen tomou os símbolos dos cinco grupos vegetacionais ao longo do globo, produzidos pelo botânico francês De Candolle no século XIX (sistema esse baseado, nas cinco zonas climáticas dos Gregos), para efetuar seu sistema de classificação climática: A, as plantas da zona tórrida; C, plantas da zona temperada; D e E, plantas da zona fria, enquanto o grupo B representaria as plantas da zona seca (Sanderson, 1999)

A influência de De Candolle (1874, *apud* Thornthwaite, 1943) foi relevante por conta da sua classificação abordar não apenas a relação direta entre desenvolvimento vegetal e clima, mas sobretudo pela consideração de que as plantas poderiam se adaptar aos tipos climáticos (na realidade, zonas de temperatura) de forma distinta. Ou seja, a vegetação não seria uma resultante direta da dinâmica climática, mas sim uma síntese das formas por meio das quais as relações entre temperatura e outros elementos (substrato geológico e tipos de solo, por exemplo) produziria tipos vegetacionais distintos ao longo do globo (Thornthwaite, 1943).

Para Kottek e Rubel (2011):

Historicamente, os gregos antigos desenvolveram um conceito diferente de zonas climáticas da Terra. Baseados neste conceito, as zonas tropical, temperada e polar foram desenvolvidas no início do século XIX. Essas zonas foram delimitadas pelos paralelos de latitudes. (...) Koppen (1884a) adotou os limites de 10oC e 20oC, mas expandiu o conceito para entender a duração da temperatura durante o ciclo anual. Ele definiu cinco zonas térmicas como zonas climáticas: zona tropical (todos os meses quentes), zona subtropical (de 4 a 11 meses quentes, 1 a 8 meses moderados), zonas temperadas moderadas (4 a 12 meses moderados, menos do que 4 meses quentes), zonas frias (de 1 a 4 meses moderados, demais meses frios) e zonas polares (todos os meses frios) (p. 361, tradução livre)⁵.

Pode-se sintetizar em três os pressupostos de sua classificação:

⁵ No original: "Historically, the ancient Greeks had developed a concept of different climatic zones of the Earth. Based on this concept a tropical zone, a temperate zone and a polar zone were distinguished in the early 19th century. These zones were limited by the parallels of latitudes, whereas for their differentiation no exact directives existed. (...) Koppen (1884a) adopted the 10oC and 20oC thresholds but expanded the concept to the duration of temperature during the annual cycle. He defined 5 thermal zones as main climates. These are the tropical zone (all months warm), subtropical zones (4-11 warm months, 1-8 moderate months), moderately temperate zones (4-12 moderate months, < 4 warm months), cold zones (1-4 moderate months, other months cold) and polar zones (all months cold)".

- **o caráter exigente da vegetação em relação ao clima:** para Koppen (1884), o mundo dos seres vivos possuiria uma relação estreita e de alta dependência do clima, principalmente com relação aos animais de “sangue quente” e a vegetação. Para ele, diferentes grupos de vegetação tenderiam a se desenvolver de forma distinta de acordo com diferentes condições climáticas. Essas condições climáticas (na verdade, de temperatura) seriam os principais condicionantes da diferenciação areal da distribuição da vegetação no globo terrestre.

- **a relevância de uma análise temporal da temperatura:** ao contrário da atribuição historicamente dada a Koppen na consideração apenas dos limiares médios de temperatura como base para sua classificação, é importante ressaltar que o autor integrou também a duração dos períodos quentes, moderados e frios como elemento fundante. Para o autor:

Os impactos diretos da temperatura que visivelmente afetam espécies de plantas são, também, diversos. O efeito letal direto de uma certa temperatura precisa ser distinguido do impacto da temperatura (que é requerido como um certo limite para permitir a vida) na velocidade e intensidade das funções vitais. Enquanto alguns arbustos são colocados sob perigo de morte pelo gelo, o crescimento de outros é impedido por um curto ou frio verão, durante o qual a madeira não pode se tornar madura, isto é, o ciclo necessário para as suas funções vitais não pode ser completado. Em muitos casos, o calor disponível pode ser suficiente para a existência individual, mas não para a transformação de sementes maduras, então a permanência da existência de espécies num país não é possível sem a continuidade de colonização ou de suporte humano⁶ (Koppen, 1884, p. 351-352).

Como um conhecedor da dinâmica da vegetação, Koppen (1884) compreendeu que, mais eficaz do que o entendimento e enquadramento de determinadas condições climáticas a limiares médios previamente determinados, seria a consideração da duração dessas condições climáticas, sobretudo quanto à temperatura.

- **a necessidade de se considerar a umidade em função das características do mundo vegetal:** para Koppen (1884), a umidade consistiria num indicador da disponibilidade de água para a vegetação. Nesse sentido, ela seria fruto da relação entre ganho e perda de água, resultante de uma razão matemática entre a temperatura e a precipitação com vistas a identificar

⁶ No original: “The direct impacts of temperature that noticeably affect higher plants species are also diverse. The direct lethal effect of a certain temperature has to be distinguished from the impact of temperature (which is required to be within certain limits to enable life) on the speed and intensity of vital functions. While some bushes are endangered of being killed by frost, the growth of others is impeded by a short or cold summer, during which the wood cannot mature, i.e., the necessary life cycle of vital functions cannot be completed. In many cases, the available heat may be sufficient for individual existence, but not for the formation of mature seeds, so that the permanent existence of a species in a country is not possible without continued colonization or the support by humans”.

a sua disponibilidade para as plantas. Oliver (1991) considerou esta característica como um “determinismo climático de tipos vegetacionais”.

Baseado nesses princípios, Koppen (1884), em suas palavras, tentou demonstrar as diferentes zonas climáticas da Terra de acordo com o período em que as temperaturas permanecem acima ou abaixo de certos limiares que, segundo ele, representam as condições climáticas reais da superfície terrestre. Portanto, utilizou os resultados das combinações entre temperaturas médias de 10°C e 20°C como limiares climáticos e de 1 (um) a 4 (quatro) meses como limiares temporais, em sete combinações de tipos climáticos distintos (**figura 3**).

De acordo com sua definição, o cinturão **tropical** compreende as porções da superfície terrestre em que a temperatura média de todos os meses se situa acima dos 20°C. Para ele, apesar de algumas exceções serem encontradas (locais majoritariamente influenciados pela continentalidade que apresentavam temperaturas superiores a 30°C no mês mais quente, mas com pouca variação interanual), as suas subdivisões seriam definidas de acordo com a duração do período chuvoso. Essa zona situar-se-ia majoritariamente entre os 20°N e 16°S.

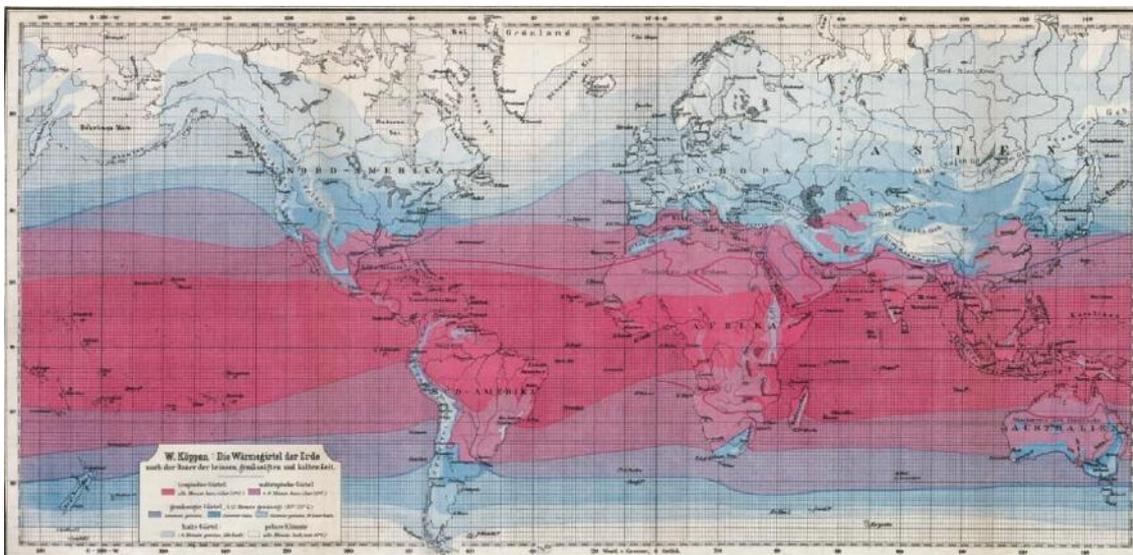


Figura 3: Zonas térmicas da Terra de acordo com a duração dos períodos quentes, moderados e secos de Koppen (1884)

Fonte: Koppen (1884).

O cinturão **subtropical** seria caracterizado por temperaturas moderadas de 1 (um) a 8 (oito) meses, enquanto o período quente teria que se estender por, ao menos, 4 (quatro) meses. Este cinturão apresenta, em muitas áreas, uma subdivisão em duas ou três seções. A primeira delas seria identificada por um cinturão quase tropical, em que a estação moderada que apresenta temperaturas abaixo da faixa dos 20°C é curta e dura menos de 4 (quatro) meses. Nas demais porções do cinturão, a estação quente duraria menos de 8 (oito) meses. Para Koppen (1884), ocorre uma diferença entre as características subtropicais no Hemisfério Norte e no Hemisfério

Sul, marcadas pela amplitude térmica nos meses mais frios. No Hemisfério Norte, o cinturão subtropical inclui áreas onde a temperatura dos meses mais frios situa-se abaixo da faixa dos 10°C, com um inverno marcado. Já no Hemisfério Sul, à exceção de pequenas localidades, esse limiar não se apresenta tão reduzido. Este efeito é dado pela atuação dos fatores geográficos do clima. O Hemisfério Norte, marcadamente continental, apresenta amplitude térmica superior ao Hemisfério Sul, com maior presença dos oceanos.

O cinturão **temperado** em ambos os hemisférios apresenta diversas subdivisões, nas quais é comum encontrar temperaturas moderadas (de 10°C a 20°C) em pelo menos 4 (quatro) meses do ano, enquanto as temperaturas quentes (> 20°C) não duram mais do que 4 (quatro) meses. Duas das subdivisões deste cinturão (chamadas de “zonas constantemente temperadas”), não apresentam nenhum mês acima de 20°C ou abaixo de 10°C, e coincidem com áreas de influência da maritimidade. Noutra faixa, chamada “clima quente de verão”, as temperaturas podem cair abaixo dos 10°C para um ou mais meses, e coincidem com áreas continentais. Entretanto, de maneira geral, o cinturão temperado é caracterizado por verões moderados e invernos frios, formando quase que uma zona contígua no entorno da Terra nas áreas polares, conhecidas por estarem constantemente temperadas na faixa da isoterma dos 10°C no mês mais frio e nos 22°C nos meses mais quentes.

O cinturão **frio** é caracterizado pelo número de meses temperados inferiores a 4 (quatro), mas nunca menor que 1 (um) mês. Forma um anel contínuo ao redor do planeta, em ambos os hemisférios. Possui largura mais estreita no Hemisfério Sul do que no Hemisfério Norte por conta da amplitude térmica anual, que é muito menor no primeiro. Por conta disso, a distância entre as latitudes onde a temperatura do mês mais frio é inferior a 10°C e a latitude onde o mês mais quente só chega ao máximo de 10°C é de aproximadamente 9° no Hemisfério Sul (de 40°S a 49°S), enquanto no Hemisfério Norte essa diferença chega a 50° (de 22°N a 72°N).

Por conta da escala apresentada na **figura 3**, não foi possível representar os enclaves do chamado cinturão polar. Somente algumas grandes áreas da Ásia Central foram consideradas, apresentando temperaturas inferiores a 10° somente em um mês (Koppen, 1884).

A ausência de séries temporais significativas espalhadas por territórios ao redor do globo fez com que Koppen lançasse mão da função entre altitude e temperatura para, de certa maneira, estimar os cinturões que se apresentaram na sua classificação de 1884. Segundo ele:

Para se obter uma imagem da distribuição da temperatura na superfície da Terra, não há outra maneira senão calculá-la por meio de mapas topográficos e computar a altura que corresponde a uma certa temperatura, baseado na temperatura de um único nível e sua diminuição vertical, assim como foi

determinado para uma região e uma estação e pode ser assumido na análise. Seria pura bobagem traçar as linhas de acordo com as medições diretas nas poucas estações meteorológicas distribuídas acidentalmente. (...) As reduções de temperatura presumidas variaram de 1°C entre 150 e 200 metros; (...) O nível do mar e as isotermas no nível da estação ou de um grupo de estações serviram como um nível de base (Koppen, 1884, p. 355-356, tradução livre⁷).

Esse sistema de classificação climática, publicado originalmente na virada do século XIX para o século XX, em verdade sofreu uma série de modificações, incluindo o modelo de classificação publicado no seu *Handbuch de Klimatologia* no ano de 1936, quando seu sistema de classificação, já aprimorado, tornou-se mais difundido, chamando atenção dos geógrafos sobretudo quando da tradução da sua obra para o inglês (Sanderson, 1999).

Para Dubreuil *et al* (2017), Koppen partiu de uma combinação simples de dados de médias de temperatura e precipitação para produzir o que é considerado como a primeira classificação quantitativa do clima.

Assim, sua aderência à época (a maioria dos estudos de clima eram voltados para sua relação com a agricultura), a emergência até então recente de séries históricas (dadas pela instalação dos primeiros equipamentos, na virada do século XIX para o século XX) e dada a facilidade de entendimento e articulação, a classificação de Koppen foi facilmente absorvida pela comunidade científica. De acordo com Mather e Sanderson (1996), todos os continentes do mundo possuem aplicação da classificação climática de Koppen.

O avanço das observações de superfície em resolução espacial mais apurada, associado a ampliação dos estudos climáticos acabou desembocando no reconhecimento de que as zonas climáticas (ou “regiões climáticas”, tomando de empréstimo a definição de Ayoade) não necessariamente corresponderiam de forma adequada aos grandes grupos vegetacionais do globo. Isso levou a refinamentos na proposta original de Koppen por parte de outros pesquisadores. Um deles foi o climatologista alemão Rudolf Geiger, que produziu uma atualização que viria a ser conhecida como Koppen-Geiger, publicada em 1961. As pesquisas que realizaram alterações e adequações a Koppen acabaram por prolongar sua “vida útil” nas ciências dedicadas

⁷ No original (e, integralmente): “In order to get a picture of the temperature distribution at the Earth’s surface, there is no other way than calculating it by means of topographic maps and computing the height that corresponds to a certain temperature, based on the temperature of a single level and the vertical temperature decrease, as it has been determined for a region and a season or as it can be assumed in analogy. It would be pure nonsense to draw the lines according to the direct measurements at the few and accidentally distributed meteorological stations. Since the map, as the first of its kind, is only thought to give a rough representation, a subtle accuracy in these calculations is not required. The assumed temperature decreases varied for 1°C between 150 and 200 meters; the much smaller decrease in winter in the continental northern regions was out of the question for our purpose, since it is far outside the vegetation period. The sea level and available isothermal maps or the level of one station or a group of stations, for which good measurements were available, served as base level (Koppen, 1884, p. 355-356).

ao estudo dos climas, fazendo com que esse sistema tenha persistido na literatura (Rohli *et al*, 2015a).

Para Essenwanger (2001, *apud* Kottek e Rubel, 2011), a classificação de Koppen-Geiger possui grande difusão porque preenche quatro (4) critérios para uma boa classificação climática: 1) é capaz de compilar uma massa de dados climáticos no interior de uma forma analítica compreensível; 2) é de fácil aplicação; 3) é direcionado e tem limites claros, bem definidos baseados em parâmetros atmosféricos e 4) é baseado em princípios meteorológicos.

Como exemplo, Kottek e Rubel (2011) realizaram levantamento bibliométrico em periódicos indexados na base *Scopus*, sobre as aplicações da classificação de Koppen-Geiger por área de pesquisa (**figura 4**). Os autores encontraram maior frequência da aplicação deste modelo na área de Agricultura e Ciências Biológicas (28%), seguidas das Ciências da Terra (25%) e Ciências Ambientais (20%). As três grandes áreas correspondem a 73% de toda a aplicação de Koppen-Geiger na ciência difundida através da base *Scopus*, o que demonstra a relevância, difusão e aderência da contribuição dos autores às ciências que se debruçam ao estudo do clima.

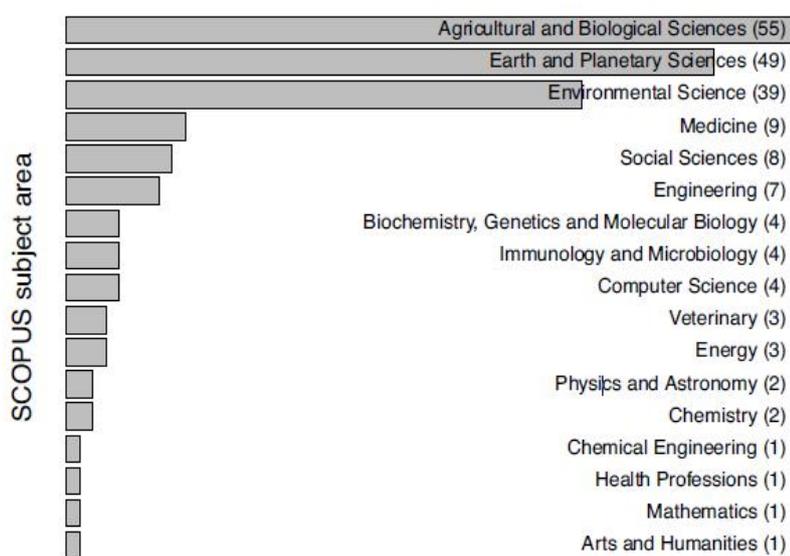


Figura 4 – Aplicações do sistema de classificação climática de Koppen de acordo com grande área de conhecimento categorizada na base *Scopus*

Fonte: Kottek e Rubel (2011)

Entretanto, as críticas e, principalmente, a autocrítica de seus autores ao sistema de classificação não foram elementos menores no interior dessa trajetória. Para Thornthwaite (1943), Koppen jamais considerou sua classificação como um produto acabado. Em cada uma de suas contribuições, Koppen demarcou a necessidade de se baseá-la em pressupostos mais racionais, de acordo com pressupostos físicos mais robustos.

Ainda nos anos 1920, os pesquisadores e pessoas da ciência no momento reconheciam a enorme contribuição de Koppen para um estudo quantitativo do clima, pautado em pressupostos então reconhecidos como científicos. Seu sistema de classificação foi exaustivamente empregado em vários livros didáticos de Geografia inclusive nos Estados Unidos (Thornthwaite, 1931). A reafirmação disso num momento de discussão crítica sobre o determinismo ambiental e a necessidade de se compreender os elementos da natureza em relação com a sociedade foi fundamental para a postulação das classificações climáticas de base matemático-estatística (Skaggs, 2004).

Nesse contexto, algumas questões relacionadas ao poder explicativo da classificação de Koppen foram colocadas em questionamento, como a ausência de paralelismo entre a produção de Koppen e os dados observados em superfície. Para além do emprego de uma razão entre temperatura e altitude para estimação de valores e produção da sua classificação, para Thornthwaite (1943), Koppen teria sido inspirado pelo sistema de classificação vegetal de De Candolle considerando as suas zonas como zonas climáticas, quando, na verdade, este último se dedicou apenas ao estudo da distribuição da vegetação em relação à temperatura, sem privilegiar outros elementos climáticos na análise.

Este problema apareceu quando da aplicação do seu sistema de classificação climática para a América do Norte, onde as plantas (síntese dos elementos climáticos, segundo Koppen) e seu desenvolvimento seriam muito mais tributárias do suprimento de água, dado pela razão entre precipitação e evaporação, do que necessariamente pela temperatura (Thornthwaite, 1931). Para o autor, em muitas partes fora da Europa, onde a precipitação era variável e, por vezes, deficitária, esse elemento poderia assumir uma importância muito maior do que a temperatura no desenvolvimento vegetal (Thornthwaite, 1943, p. 235).

Para Thornthwaite (1943), se, reconhecidamente, Koppen pautou-se na distribuição vegetal ao longo do globo para desenvolver seu sistema de classificação climática, e se era sabido que a relação entre plantas e precipitação poderia ser mais eficiente em termos analíticos do que entre plantas e temperatura, por que então ele não alçou a precipitação a um patamar relevante dentro da sua análise?

O problema, segundo Dove (1846 *apud* Thornthwaite, 1943) residia nas referências empíricas dos pesquisadores. Para este autor, a ocupação dos seus colegas com a temperatura era devido ao fato das análises terem sido feitas prioritariamente em uma área restrita onde as variações de umidade eram relativamente pequenas (Alpes). Ao contrário, nas zonas tropicais, apesar da temperatura média de qualquer ano diferir de outros anos, o elemento climático que mais varia é a precipitação. O resultado é que as culturas agrícolas acabam apresentando

rendimento muito variável de acordo com este elemento climático, o que faz com que os agricultores se preocupem menos com a temperatura do que com a chuva.

Outra questão diz respeito ao emprego central de valores médios de elementos climáticos. Esta característica também foi criticada por William Morris Davis (1924) que, segundo Skaggs (2004), teria afirmado que uma imensa massa de dados climáticos foi empregada para uma análise do clima pautada em valores médios, o que, de certa maneira, consistiria em um desperdício. Segundo Thornthwaite (1931), o maior valor científico da classificação de Koppen também é o motivo pelo qual ele é mais criticado: o uso exclusivo de números e valores médios.

Outra crítica diz respeito aos limiares de classificação dos climas secos, que, para Thornthwaite (1931), seriam responsáveis por superestimar o clima de determinadas áreas pelo uso exclusivo da temperatura média. Como avanço em seu sistema de classificação, os climas secos poderiam ser designados por estepes ou deserto dependendo da quantidade de precipitação (se recebem mais ou menos da metade do limiar crítico de precipitação). Entretanto, Koppen reconheceu que existem diferenças fundamentais relacionadas ao período em que ocorre a precipitação: as chuvas que ocorrem no verão são menos efetivas que no inverno, já que a dinâmica de evaporação é maior no verão. Atento a essa dimensão, Koppen teria alterado a classificação dos tipos climáticos de deserto e estepes para o resultado da razão entre a chuva sazonal e a pressão por saturação de vapor d'água (Thornthwaite, 1931).

Atrelado a isso, Thornthwaite (1931) postulou a importância de se considerar outros elementos do clima em suas várias dimensões na produção de uma classificação que fosse efetivamente climática, e não apenas que centrasse na dimensão da temperatura. Principalmente no caso da utilização das plantas, posto que elas não indicam exclusivamente, tampouco prioritariamente, a dinâmica de apenas um elemento climático em detrimento dos demais. Segundo ele, o clima é um fenômeno extremamente complexo, e qualquer classificação que realize uma grande simplificação corre sérios riscos de incorrer em erros. Nesse sentido, seria fundamental considerar a umidade e a temperatura como os dois fatores mais relevantes em termos de classificação, bem como a sua distribuição temporal. Em suma, é necessário lembrar que a classificação proposta por Koppen tinha como objetivo a resolução do problema da distribuição espacial dos climas em âmbito global (no máximo, macro-regional). Sua aplicação em recortes microrregionais e locais não seriam adequadas dado o caráter generalizador da proposta de Koppen.

Em caso de aplicações locais, outras variáveis devem ser empregadas, como precipitação e a realização de medições horárias, caso contrário, a análise espacial dos tipos climáticos fica prejudicada, sem correspondência com a realidade estudada (Thornthwaite, 1931).

Ao sintetizar este conjunto de críticas, C. Warren Thornthwaite (1931) propôs um sistema de classificação climática que emprega, ao invés de valores absolutos de temperatura e precipitação, uma razão entre a precipitação e a evaporação total, originando o **índice de precipitação efetiva**. Este índice, que relaciona temperatura, precipitação e evaporação, daria conta da explicação sobre o quanto de umidade efetivamente chega ao solo e se encontra disponível para o desenvolvimento vegetal.

Para Thornthwaite, as propriedades físicas da superfície desempenham um papel relevante nas trocas com a atmosfera, e que este seria o principal campo de atuação dos meteorologistas. Já a climatologia feita por geógrafos deveria expandir para incluir outras disciplinas, mas com o foco de investigar os processos e fenômenos que mais diretamente influem na condição humana (Mather *et al*, 1981).

Em um momento em que os Estados Unidos se consolidavam como um dos maiores produtores de gêneros agrícolas do mundo, a proposta de Thornthwaite de fato possuía significativa relevância em vários campos de estudo, sobretudo pela demanda que trouxe na investigação das relações entre o mundo vegetal e o desenvolvimento das sociedades.

Segundo Sanderson (1999) e Kottek e Rubel (2011) porém, a classificação climática proposta por Thornthwaite nunca teve a adesão ampliada por conta da complexidade na definição e aplicação do conceito de “evapotranspiração potencial” nos estudos climáticos.

Mesmo após o emprego e difusão de outros modelos de classificação climática, como o Balanço Hídrico Climatológico de Thornthwaite (1899-1963), os artigos e publicações mais recentes continuam se utilizando amplamente de uma classificação de “mais de 100 anos, baseada nos grupos vegetacionais de Candolle, que, por sua vez, são baseados nas cinco zonas climáticas da Grécia Antiga!⁸” (Sanderson, 1999).

3.3.2. Estado da arte

Conforme visto, tão importante quanto a formulação de sistemas de classificação climática é a sua difusão. Nesse sentido, Strauss (2007) realizou um extenso levantamento de publicações que não somente aplicavam ou propunham metodologias de classificação climática, mas que também buscavam realizar “zoneamentos”, “compartimentações”, ou “regionalizações” climáticas. Tais trabalhos empregaram desde classificações pautadas exclusivamente em hipóteses não-quantificadas, passando pela utilização de dados brutos até a classificação através de índices.

⁸ No original: “... Modern atlases and geography textbooks continue to use the 100-year old Koeppen classification of climates, which was based on De Candolle's vegetation groups, themselves based on the five climatic zones of the ancient Greeks! Is it not time for modern atmospheric scientist to develop a 'new' classification of world climates?”

Com a leitura e análise de publicações em vários idiomas, Strauss (2007) resumiu 2.247 (dois mil duzentos e quarenta e sete) trabalhos datados do início do século XVI até o ano de 2007.

O autor dividiu as publicações em 8 (oito) categorias que indicam as características fundantes dos modelos de classificação climática encontrados: 1) Geral (teóricas e históricas), 2) Elementos do Clima, 3) Índices Derivados, 4) Genéticos, 5) Baseadas em Estatística, 6) Mudanças Climáticas e Estações, 7) Fontes de Dados Climáticos e 8) Outros (**gráfico 1**).

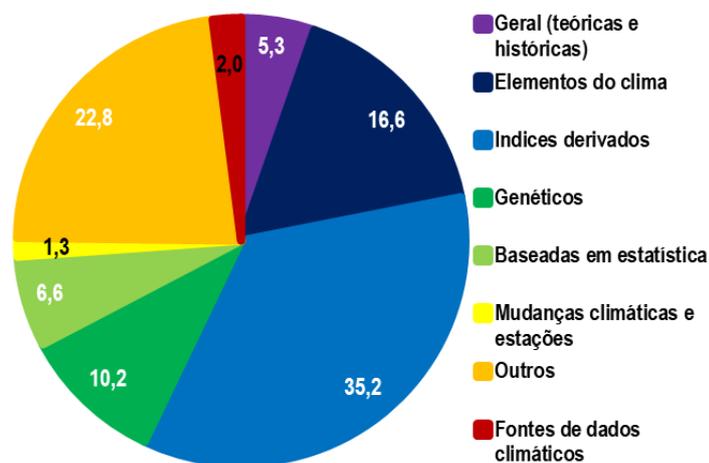


Gráfico 1: Categorias de modelos de classificação climática, em percentual, segundo Strauss (2007).
Fonte: Strauss (2007).

Cada categoria foi definida seguindo critérios específicos e, quando necessário, foram delimitadas subdivisões. A categoria **1) Geral (teóricas e históricas)**, por exemplo, compreende 5,3% do total de textos sobre a temática. Esta abarca publicações históricas de caracterização climática (por exemplo, são incluídos aqui os trabalhos de descrição das condições climáticas dos novos continentes, escritos por naturalistas e viajantes), fundamentos teórico-conceituais para a aplicação de técnicas de classificação, bem como textos metodológicos. Aqui, Strauss (2007) abarcou os trabalhos de Emmanuel De Martonne, *Essai de Classification des Grand Types de Climats* (1937) e de C. Warren Thornthwaite, *Problems in the classification of climates* (1943), ambos de cunho essencialmente teórico.

A categoria **2) Elementos do Clima** diz respeito aos modelos de classificação que se baseiam no emprego de um (ou mais) elementos climáticos, de maneira combinada ou não, ajustados e delimitados, em sua ocorrência temporal e espacial, segundo limiares matemáticos. Os trabalhos enquadrados nesta categoria (que representa 16,6% do total), podem ser subdivididos em duas outras subcategorias: Classificação de Köppen e Outras (**gráfico 2**).

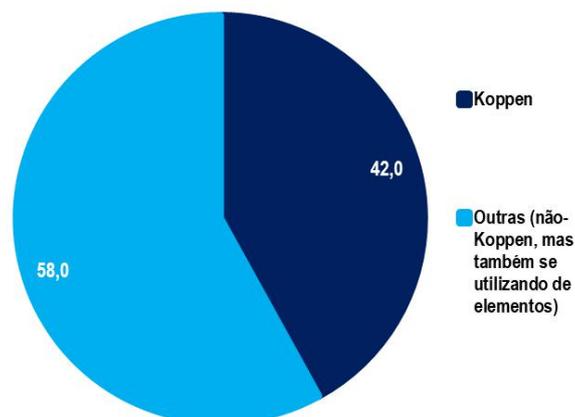


Gráfico 2: Sub-divisão da categoria Elementos do Clima em duas subcategorias: Classificação de Koppen e Outras, em percentuais.

Fonte: Strauss (2007).

No interior desta categoria, mais da metade das publicações (50%) constituem-se em trabalhos que privilegiam o emprego de elementos climáticos, enquanto 42% diz respeito à aplicação específica do sistema de classificação de Koppen. Strauss (2007) incluiu nesta classificação, na segunda sub-categoria, os trabalhos de Bernardes (1952) para o estado do Rio de Janeiro, e de Monteiro (1954) para o Centro-Oeste brasileiro, ambos representando a aplicação do sistema de classificação climática de Koppen para determinadas áreas do Brasil.

A terceira categoria (**3) Índices derivados**), apresenta as publicações que se utilizam de tratamento estatístico de dados produzidos sobre elementos climáticos na formulação de índices que variam de acordo com o objetivo de cada estudo, da problemática definida e, por conseguinte, da combinação entre dados de dois ou mais elementos. Ela é a categoria mais expressiva dentre todas as demais, tendo representado, em termos quantitativos, 35,2%. Subdivide-se em outras 5 (cinco) categorias, quais sejam: Thornthwaite, Índices de aridez/vento, Vegetação/Ecológicos/Fenológicos/Agricultura, Conforto Térmico e Outros (Topoclimas) (**gráfico 3**).

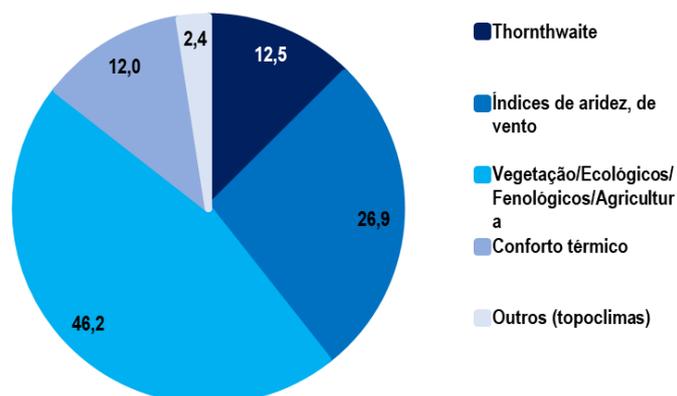


Gráfico 3: Sub-divisão da categoria Índices derivados em cinco sub-categorias: Thornthwaite, Índices de Aridez/Vento, Vegetação/Ecológicos/Fenológicos/Agricultura, Conforto Térmico e Outros (Topoclimas), em percentuais.

Fonte: Strauss (2007).

No caso desta categoria (**gráfico 3**), Strauss (2007) verificou a predominância de trabalhos que empregavam modelos de classificação baseados em índices para identificar condições ótimas ou não para culturas agrícolas (dimensão fenológica), aspectos vegetacionais e ecológicos (46,2%). Como o levantamento do autor não se ateve necessariamente à ciência geográfica e/ou às ciências atmosféricas, mas compreendeu uma extensa sumarização, pode-se relacionar este expressivo percentual a dois fatores.

O primeiro se refere à quantidade de publicações que abordam questões relacionadas à climatologia e meteorologia agrícola. Sabe-se que os primeiros artigos publicados nos primeiros periódicos científicos, ainda na virada do século XIX para o início do século XX – sobretudo no mundo anglófono, tratavam, em sua maioria, desta temática de pesquisa (Strauss, 2007). O segundo diz respeito às publicações resultantes das pesquisas dos campos da Engenharia Agrícola/Agrônoma e mesmo das Ciências Biológicas. Ambos historicamente possuem subcampos de pesquisa aplicada, por exemplo, ao desenvolvimento de culturas (no caso das ciências agrônomicas) e à análise da distribuição e evolução da vegetação. Estes dois fatores também podem auxiliar na compreensão da terceira subcategoria (Thornthwaite), que, com 12,5%, tem seu emprego restritamente difundido na Geografia, mas amplamente difundido nas ciências agrárias.

Em segundo lugar encontra-se a subcategoria de Índice de Aridez/Vento, com 26,9%, representando a demanda por estudos que compreendam os períodos de seca e a investigação sobre condições climáticas ótimas para cultivo. Também se relaciona à primeira sub-categoria (Thornthwaite) e à subcategoria seguinte (Vegetação/Ecológicos/Fenológicos/Agricultura).

A subcategoria Conforto térmico (12%) também compareceu na investigação de Strauss (2007), representando a relação entre os elementos climáticos e sua derivação em índices que se relacionam à bioclimatologia humana.

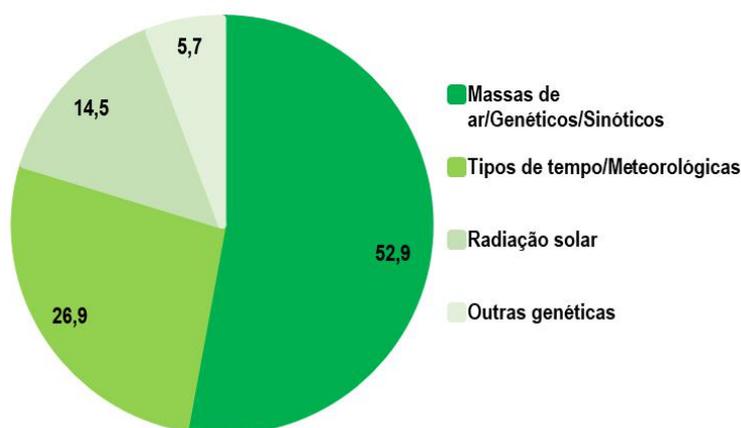


Gráfico 4: Subdivisão da categoria Genéticos em quatro subcategorias: Massas de ar/Genéticos/ Sinóticos, Tipos de tempo/Meteorológicas, Radiação Solar e Outras genéticas, em termos percentuais.

Fonte: Strauss (2007).

Os modelos de classificação genéticos (categoria 4), por sua vez, foram compartimentados em outras 4 subdivisões: Massas de ar/Genéticos/Sinóticos, Tipos de Tempo/Meteorológicos, Radiação Solar e outras. A abordagem empregada nesta tese, teórica e metodologicamente identificada com a tradição genética, demanda um refinamento na análise deste gráfico (**gráfico 4**).

A primeira subdivisão, apesar de apresentar uma representatividade significativa da ordem de 52,9%, acabou por englobar ao menos duas matrizes teóricas e conceituais distintas, que apesar de corresponderem em similaridade no campo semântico, no campo conceitual são bastante diferentes. É o caso dos modelos baseados em massas de ar e daqueles baseados em análise sinótica. Num primeiro momento, o contexto científico legado por Monteiro pode fazer com que se considere ambos como sinônimos. Porém, na literatura internacional (francófona e anglófona, principalmente), são historicamente marcadas as suas diferenças.

Fontão *et al* (2018), ao analisar o modelo de classificação denominado *Spatial Synoptic Classification* – SSC (inserido aqui na primeira subcategoria por alegar lançar mão de uma análise baseada na classificação por massas de ar), delimitaram as origens dessas abordagens.

De acordo com os autores, para Douguedroit (2004 *apud* Fontão *et al*, 2018), a abordagem dos tipos de tempo segundo a concepção francesa se apresentaria de forma mais contemporânea em termos metodológicos e também geográficos, sobretudo ao lançar mão da distinção dos termos “tipos de tempo” e “tipos de circulação”, quando, na abordagem anglófona, apenas compareceria a noção de “tipos de tempo”. Enquanto estados dos elementos da atmosfera, os tipos de tempo segundo a abordagem francesa comparecem na tradição brasileira por conta da obra de Monteiro, que os valoriza na sua dimensão de sucessão habitual.

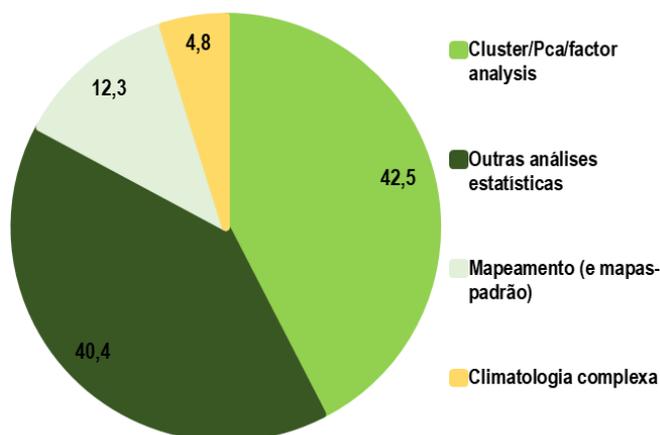


Gráfico 5: Subdivisão da categoria Baseados em Estatística em quatro subcategorias: Cluster/PCA/Factor Analysis, Mapeamento (e-mapas padrão), Climatologia Complexa e Outras análises estatísticas, em termos percentuais.

Fonte: Strauss (2007).

A categoria Baseados em Estatística, que representa 6,6% dos tipos de classificação sumarizados por Strauss (2007), possuem forte ancoragem no campo da Estatística Multivariada, exemplificada pela sub-categoria Cluster/PCA/Factor analysis, que representa a maioria dos estudos (42,5%). O emprego da estatística multivariada nos estudos climáticos tem sido bastante versátil, com a utilização dessas técnicas em questões relacionadas a identificação de modos de variabilidade e teleconexões na modulação da precipitação ou temperatura do ar, passando pela sua utilização na identificação de anos-padrão (Armond e Sant'Anna Neto, 2016b) até chegar propriamente na formulação de propostas de classificação climática na produção de áreas homogêneas de temperatura, precipitação, pressão atmosférica, entre outros elementos.

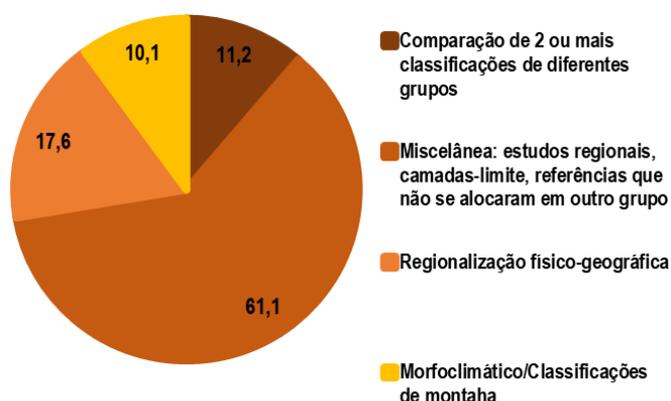


Gráfico 6: Subdivisão da categoria Outros em quatro subcategorias: Comparação de 2 ou mais classificações de diferentes grupos, Miscelânea, Regionalização físico-geográfica e Morfoclimático/Classificações de Montanha, em termos percentuais.

Fonte: Strauss (2007).

No caso da categoria Outros (**gráfico 6**), ela compreende outras subcategorias que refletem, de maneira geral, um sentido inerente considerado às classificações climáticas sobretudo na relação que se estabelece, nesses estudos, entre elementos climáticos, fatores geográficos e abrangência espacial. As subcategorias Miscelânea, Regionalização Físico-Geográfica e Morfoclimático/Classificações de Montanha, compreendem artigos que buscam identificar áreas homogêneas de ocorrência de elementos climáticos de acordo com a sua relação com fatores geográficos e sua distribuição espacial.

De modo geral, pode-se identificar, segundo a revisão bibliográfica realizada por Strauss (2007), que os trabalhos desenvolvidos com o objetivo de discutir e/ou propor classificações climáticas foram considerados:

1) A partir dos elementos do clima

Os trabalhos têm como ponto de partida, de forma geral, a escolha de um ou mais elementos climáticos para o emprego de sistemas de classificação. Assim, um dos elementos que caracterizaria, que daria sentido, que seria inerente à uma classificação de natureza climática seria partir da escolha de um ou mais elementos do clima. Por exemplo, os estudos sobre precipitação pluviométrica podem produzir propostas de classificação climática principalmente em ambientes tropicais, onde é este elemento que apresenta sazonalidade mais marcada. No caso do mundo temperado, o principal elemento de caracterização climática consistiria na temperatura.

2) Referencial teórico-conceitual empregado pelos sistemas de classificação climática

A forma de abordagem, em termos teórico-conceituais, também caracteriza os sistemas de classificação climática, posto que dependendo do seu referencial, a natureza não apenas da análise, mas também dos procedimentos metodológicos utilizados seria distinta. Em síntese, estudos que lançam mão da abordagem dinâmica e genética para a realização de classificações climáticas se utilizam não apenas de um elemento climático, mas de vários deles em uma perspectiva da sucessão habitual dos tipos de tempo (ou mesmo do conjunto dos tipos de tempo, quando de uma abordagem sintética). No caso das abordagens estáticas, um ou mais elementos também podem ser utilizados, mas se altera a forma de análise e os procedimentos empregados. Ou seja, os sistemas de classificação climática são diferentes entre si não somente em função dos elementos do clima que são empregados, mas – sobretudo – em função do referencial teórico-conceitual que, por sua vez, denota o conceito de clima que cada estudo considera.

3) A partir do caráter metodológico-procedimental das classificações climáticas

Por conseguinte, a depender do elemento climático escolhido e do que se considera como fenômeno climático, os procedimentos metodológicos utilizados serão variados. Isso pode ser exemplificado sobretudo a partir das definições de clima como sucessão habitual e clima como estado médio da atmosfera. No caso deste último, o uso de técnicas estatísticas como as medidas de tendência central (principalmente a média) foram amplamente utilizadas para definir os padrões de um ou mais elementos climáticos em sua ocorrência espacial e temporal.

Especificamente para o caso brasileiro, foi realizado um levantamento sobre a produção em Climatologia, a fim de 1) traduzir a produção científica da comunidade fundamentalmente a partir da ciência geográfica e compreender de que maneira se apresentam as temáticas abordadas, e 2) como são encontrados os trabalhos que propõem classificações climáticas⁹. Optou-se por realizar a análise deste “estado da arte” em dois veículos específicos: os anais das edições do Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica - SBCG e nos volumes publicados pela Revista Brasileira de Climatologia - RBCLima, ambos disponíveis *online* através do site da Associação Brasileira de Climatologia – ABClima. O critério adotado para agrupamento temático foi proposto por Sant’Anna Neto (2011), que definiu 9 (nove) grandes eixos temáticos nos quais os textos se enquadrariam: 1) Mudanças climáticas globais e regionais; 2) Clima Urbano; 3) Clima e agricultura; 4) Métodos e técnicas; 5) Dinâmica climática; 6) Adversidade climática; 7) Ensino de Climatologia; 8) Clima e saúde, e 9) Outros (Armond e Sant’Anna Neto, 2016a). Optou-se, também, por tomar isoladamente os trabalhos sobre classificação climática, tendo em vista a necessidade de análise pormenorizada destes para esta tese de doutorado.

Alguns exemplos dos fenômenos considerados em cada um dos eixos temáticos foram abordados no **Quadro 2**. Para este enquadramento, foram lidos os títulos, resumos e palavras-chave dos artigos, com o objetivo de identificar qual seria a melhor alocação em cada eixo temático a partir dos estudos propostos.

| EIXOS | FENÔMENOS ESTUDADOS |
|---|---|
| 1) Mudanças Climáticas globais e regionais | Mudanças climáticas, alterações, tendências, modelagem atmosférica/climática para diagnóstico de mudanças |
| 2) Clima urbano | Ilhas de calor, clima urbano, conforto térmico, poluição atmosférica urbana |
| 3) Clima e agricultura | Balanço hídrico climatológico, clima e fisiologia vegetal, produtividade agrícola |

⁹ A maior parte do resultado deste levantamento foi publicado em Armond e Sant’Anna Neto (2016a), intitulado “A climatologia dos geógrafos e a produção científica sobre classificação climática: um balanço inicial”, nos anais do XII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica - SBCG, ocorrido entre os dias 25 a 29 de outubro de 2016 nas dependências da Universidade Federal de Goiás – UFG. As únicas alterações dizem respeito à inserção dos anais do último XII SBCG, ocorrido no ano de 2016, e dos novos volumes da Revista Brasileira de Climatologia.

| | |
|------------------------------------|--|
| 4) Métodos e técnicas | Técnicas estatísticas, modelagem, novas abordagens cartográficas, problemáticas teóricas e metodológicas |
| 5) Dinâmica climática | Gênese, ritmo, variabilidade climática, sistemas atmosféricos, climatologia regional |
| 6) Adversidade climática | Eventos extremos, impactos ambientais, desastres, risco, vulnerabilidade |
| 7) Ensino de Climatologia | Técnicas, propostas pedagógicas, produção de materiais didáticos, jogos educativos, Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) no ensino de Climatologia |
| 8) Clima e saúde | Clima e morbidades cardiovasculares, respiratórias, relação entre dinâmica climática e vetores |
| 9) Outros | - |
| 10) Classificação climática | Proposição e/ou análises de propostas de classificação climática |

Quadro 2: Eixos temáticos e fenômenos considerados em cada um deles, segundo os artigos dos anais dos SBCGs e da RBClima.

Fonte: adaptado de Armond e Sant'Anna Neto (2016a).

Cabe ressaltar que algumas superposições foram notadas, como artigos que se propunham a discutir novas metodologias para estudos aplicados em climatologia urbana, ou mesmo episódios extremos como inundações e alagamentos sendo estudados como impactos hidrometeorológicos no âmbito da climatologia urbana, e não como adversidades climáticas. Assim, quando não era possível identificar com clareza o eixo através dos títulos e dos resumos, procurou-se identificar também a matriz teórica através dos autores citados, os principais conceitos empregados, bem como o objetivo do artigo em análise.

A partir de então, foram geradas planilhas e, posteriormente, tabelas e gráficos no software de planilha eletrônica *Microsoft Excel 2013*, para proceder à geração de produtos visuais para análise nesta introdução. Os totais de artigos publicados por eixo temático – tanto na RBClima quanto nos anais dos SBCGs -, foram contabilizados e também analisados em termos percentuais.

No caso dos anais dos SBCGs, foram analisados os artigos publicados em todas as suas 12 (doze) edições, de 1992 a 2016. Em termos absolutos, o número total de artigos publicados nos anais do evento saltou de 33 na primeira edição do evento para 239 na última edição (2016), tendo atingido o maior total de trabalhos publicados e apresentados em sua 9ª (nona) edição, no ano de 2010 na cidade de Fortaleza – CE, com o total de 327 trabalhos (**gráfico 7**).

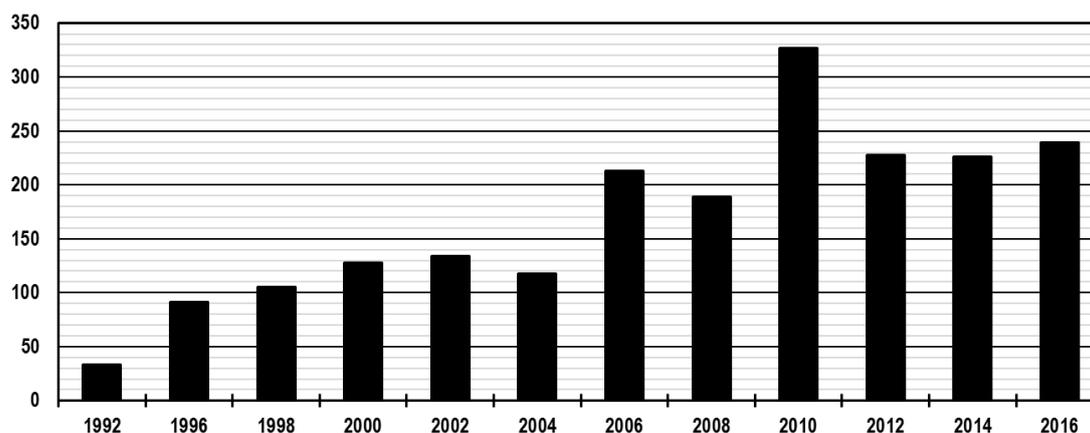


Gráfico 7: Total de trabalhos apresentados e publicados por edição do Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica – SBCG.

Fonte: Site da Associação Brasileira de Climatologia – ABClima (2017).

Desde o ano de 1992, da primeira edição, o número total de trabalhos apresentados e publicados nos anais do evento cresceu exponencialmente, o que denota de fato a relevância deste espaço para a comunidade científica, principalmente pesquisadores que se dedicam ao estudo do clima como uma temática geográfica. Ressalta-se, inclusive, a participação de pesquisadores de outras nacionalidades (Portugal, França, Espanha, Estados Unidos, Itália etc), que não apenas compareceram ministrando palestras ou conferências, mas também enviando artigos para publicação e dialogando com os referenciais teórico-metodológicos de origem brasileira (exemplificado por Amorim, Sant’Anna Neto e Dubreuil 2008, Mendonça e Romero 2008, 2014, Romero, Vásquez, Smith e Mendonça 2008, Sakamoto et al, 2008, Salvi, Quenol e Sakamoto 2008, 2010, Zavattini e Fratianni 2008, 2010, 2012, Debortoli, Dubreuil, Delahaye e Rodrigues, 2012, Aguado e Pires, 2016, Cardoso, Sarricolea e Mendonça, 2016, Dubreuil e Amorim, 2016, Dubreuil, Barbosa, Foissard e Amorim, 2016, Fortin, Goudard, Silva e Theriault, 2016, Henry, Buffon e Goudard, 2016, Murara, Acquaotta e Frattiani 2016, Zuanazzi, Murara, Acquaotta e Frattiani, 2016).

A realização de estágios-sanduíche no mestrado, doutorado e mesmo pós-doutoramentos no exterior, viabilizados pela expansão das políticas e do financiamento em ciência e tecnologia na segunda metade da primeira década dos anos 2000, permitiram um fecundo intercâmbio entre pesquisadores da área de Climatologia Geográfica com pesquisadores de outros países e continentes. Esse momento fez com que não apenas a Climatologia brasileira avançasse do ponto de vista das técnicas, metodologias, conceitos e análises, como também possibilitou que pesquisadores europeus, latinos e norte-americanos entrassem em contato com a tradição brasileira e pudessem auxiliar no avanço no campo das teorias, conceitos, métodos, procedimentos e emprega-los em análises mais complexas das suas próprias realidades.

De acordo com cada eixo, uma análise em termos percentuais permitiu verificar as tendências destas publicações. Da 1ª edição à última, verifica-se a regularidade na participação dos trabalhos enquadrados nos eixos de Adversidade Climática, Dinâmica Climática e Clima Urbano, que oscilaram de forma pouco significativa no decorrer dos eventos e que, também, apresentaram maior número de trabalhos apresentados e publicados. Se somados em todas as edições e analisados em termos percentuais, estes três eixos correspondem, juntos, a 71,1% de toda a produção dos SBCGs.

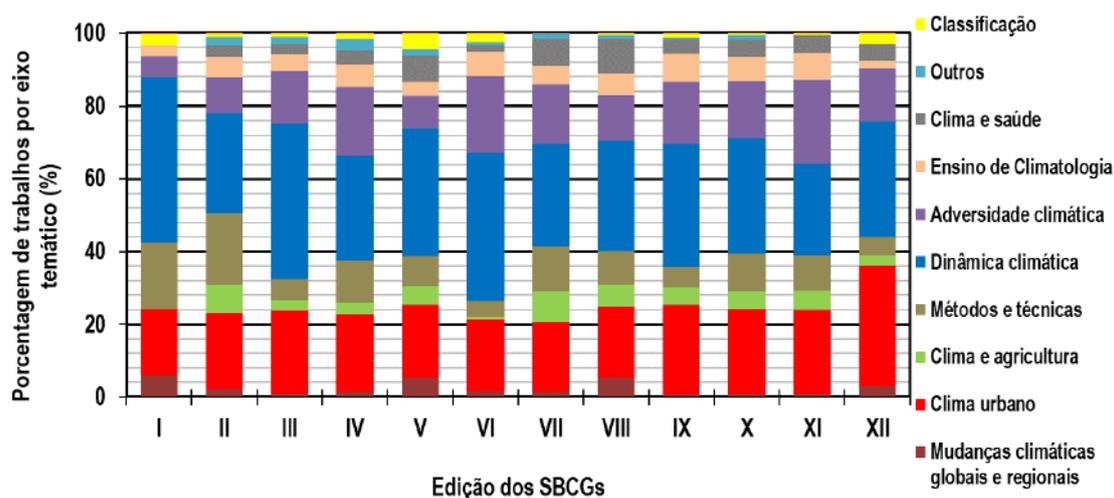


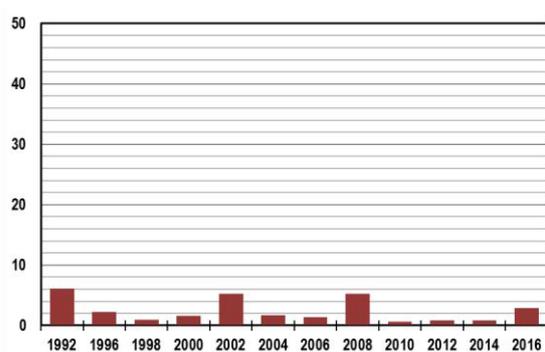
Gráfico 8: Porcentagem de artigos publicados por eixo, por edição do Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica

Fonte: Site da Associação Brasileira de Climatologia – ABClima (2017)

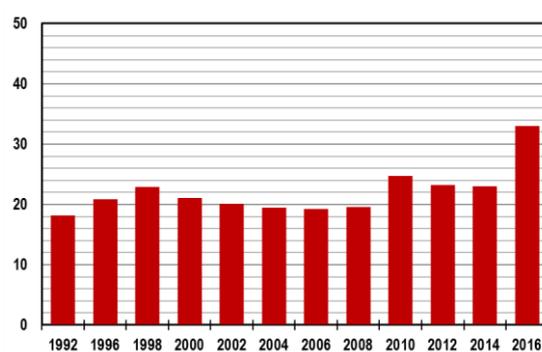
Já os trabalhos enquadrados nos eixos de Mudanças Climáticas, Outros e Classificação Climática não puderam ser encontrados em todos os eventos, apresentando, além de pouca expressão quantitativa, uma irregularidade nos trabalhos apresentados e publicados (**gráfico 8**).

O maior número de trabalhos nestes três eixos pode ser compreendido no contexto da tradição da pesquisa em Climatologia Geográfica, tendo em vista que as principais contribuições do professor Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro – considerado fundador de uma “Escola Brasileira de Climatologia Geográfica” (Zavattini, 2003; Sant’Anna Neto, 2014) - se dão em diálogo com estes eixos. Suas principais obras representam esta relação, como *Análise Rítmica em Climatologia*, de 1971; *Teoria e Clima Urbano*, de 1976, e *Clima e excepcionalismo*, de 1991. Ainda que Zavattini (2003), em minucioso estudo sobre a influência da Climatologia Geográfica nas teses e dissertações, tenha chegado à consideração de que a influência monteiriana pode ter sido superestimada, não restam dúvidas de que suas contribuições foram e tem sido fundamentais, no mínimo, na consolidação destas temáticas de pesquisa.

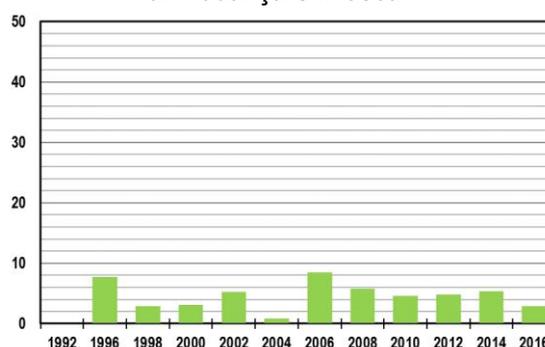
Uma análise pormenorizada revela que, de fato, a participação destas três temáticas no interior dos eventos oscilou de forma pouco significativa se comparado com a sua representatividade percentual nos anais dos SBCGs. No caso do eixo de Clima Urbano, inclusive, identificou-se o aumento linear dos trabalhos apresentados, saltando de 18% para aproximadamente 33% (**gráfico 9b**). O eixo de Dinâmica Climática (**gráfico 9e**) apresentou uma queda percentual, saindo de quase 48% no primeiro evento para 32% no SBCG de 2016, ainda que se constitua num dos eixos mais representativos em termos percentuais. Dentre os três eixos mais numerosos, o de Adversidade Climática saltou de 6 para 15% do primeiro ao último evento, tendo chegado a 23% no Simpósio ocorrido no ano de 2014 em Curitiba – PR (**gráfico 9f**).



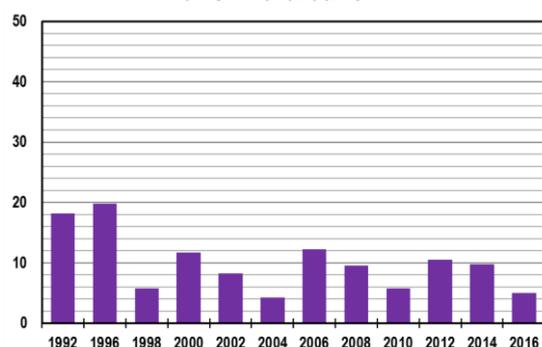
a. Mudança Climática



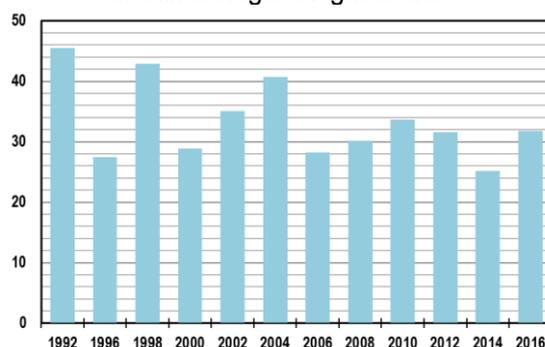
b. Clima urbano



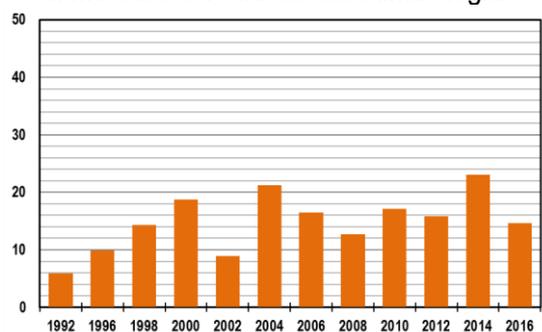
c. Climatologia e Agricultura



d. Métodos e Técnicas em Climatologia



e. Dinâmica Climática



f. Adversidades climáticas

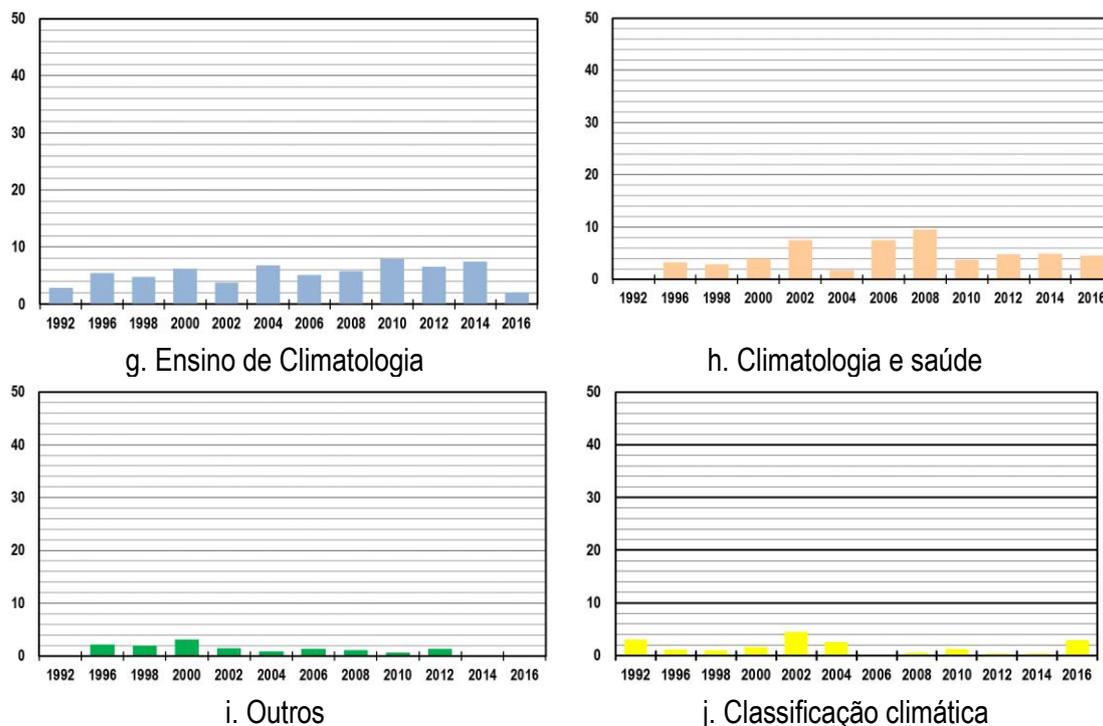


Gráfico 9: Artigos publicados por eixo temático (em termos percentuais), por edição do Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica. A padronização dos eixos seguiu o limiar dos 50%.

a. Mudança Climática; b. Clima Urbano; c. Climatologia e agricultura; d. Métodos e técnicas em Climatologia; e. Dinâmica Climática; f. Adversidades Climáticas; g. Ensino de Climatologia; h. Climatologia e saúde; i. Outros; j. Classificação Climática

Fonte: Site da Associação Brasileira de Climatologia - ABClima (2017)

Considera-se que é possível existir uma relação entre os eixos temáticos propostos no interior de cada SBCG e o quantitativo de trabalhos sumarizados nos eixos propostos por Sant'Anna Neto (2011) e Armond e Sant'Anna Neto (2016a). Por exemplo, no ano de 2014 três eixos permitiriam a inscrição de trabalhos que poderiam ser enquadrados, aqui, como Clima Urbano: Eixo 1 (Climatologia aplicada: clima urbano, agroclimatologia, saúde etc), Eixo 2 (Climatologia Tropical) e Eixo 5 (Riscos, vulnerabilidades e resiliência associados ao clima). Da mesma forma ocorreu no evento de 2016, com os eixos 2 (Riscos, vulnerabilidade e susceptibilidades associados ao clima), Eixo 3 (Climatologia urbana: estudos e gestão das cidades) e Eixo 5 (Os climas do Cerrado). No caso do eixo Ensino de Climatologia essa relação aparece de forma mais substancial. No evento de 2016 não houve eixo temático específico, o que pode ter inibido a inscrição de trabalhos e, possivelmente, pode ter influenciado na diminuição de trabalhos nessa área de pesquisa, saindo de 8% no evento de 2010 para menos de 2% em 2016.

Outra questão também pode ser verificada, segundo a hipótese de Vitte (2008). Quando o autor analisou a produção científica da Geografia Física em periódicos nacionais da área da Geografia, identificou o decréscimo da produção científica deste campo nos periódicos. Segundo o autor, os pesquisadores deste subcampo estariam produzindo e publicando seus trabalhos em

periódicos e eventos científicos de outras áreas do conhecimento. No caso da Climatologia se faz necessário uma análise detalhada em outros periódicos tanto da área quanto de áreas afins. Entretanto, pode-se inferir que textos produzidos por geógrafos no âmbito de eixos como Ensino de Climatologia, Clima e agricultura, Clima e saúde e Mudanças Climáticas encontram em eventos e periódicos específicos possibilidades de diálogo e interlocução com outros pesquisadores, como no Encontro Nacional de Práticas de Ensino em Geografia (ENPEG), Revista Brasileira de Meteorologia (RBMet), *International Journal of Climate* (IJC), Simpósio Internacional de Climatologia (SIC), *International Journal of Biometeorology* (IJB) entre outros.

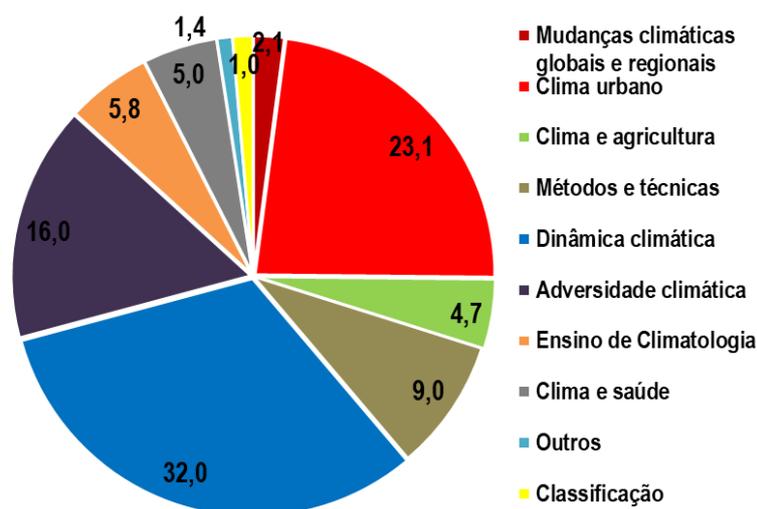


Gráfico 10: Porcentagem de artigos publicados por eixo, em toda a série histórica do Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica (da 1ª à 12ª edição - de 1992 a 2016)

Fonte: Site da Associação Brasileira de Climatologia - ABClima (2017)

Especificamente ao se tratar dos trabalhos sobre classificação climática, estes tem sido historicamente pouco numerosos, oscilando entre pouco mais de 2% até o máximo de 4,5% no evento do ano de 2002. Em geral, este eixo representa 1% de todos os trabalhos publicados nos anais dos SBCGs, sendo o menos representativo quantitativamente junto aos eixos Outros (1,4%), Mudanças Climáticas (2,1%) e Clima e Agricultura (4,7%). (**gráfico 10**). Este resultado coaduna com aquele encontrado por Zavattini (2003), quando em análise da produção científica em Climatologia a partir de teses e dissertações.

Ressalta-se novamente, a partir do **gráfico 10**, a influência das contribuições de Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro para a Climatologia, principalmente aquela feita por geógrafos. Ainda que muitos autores considerem que sua obra não é hegemônica neste campo científico no que diz respeito a citações e referências, sem dúvidas as temáticas mais frequentes de pesquisa em Climatologia em muito devem ao conjunto da sua produção científica, que legou uma reflexão consistente sobre a abordagem do clima como um fenômeno geográfico. Inclusive, a impressão

tardia e difusão irregular do seu trabalho “*A dinâmica climática e as chuvas do Estado de São Paulo: estudo geográfico em forma de atlas*”, publicado em 1973, mas produzido anos antes, pode ter influenciado nos reduzidos totais quantitativos de artigos com propostas de classificação climática.

No caso dos artigos publicados na Revista Brasileira de Climatologia (RBClima), estes acabaram por seguir padrões similares àqueles encontrados nos anais dos SBCGs. Entretanto, apresentou maior variação da quantidade de artigos dos eixos temáticos mais representativos na série histórica analisada. Dos 21¹⁰ volumes analisados, somente nos volumes 2 e 6 o eixo de Dinâmica Climática apresentou produção reduzida em comparação com os demais, perdendo, respectivamente, para o eixo de Métodos e Técnicas e Clima Urbano. Entretanto, de forma geral, a maior parte da produção encontra-se alocada no eixo de Dinâmica Climática (**gráfico 11**).

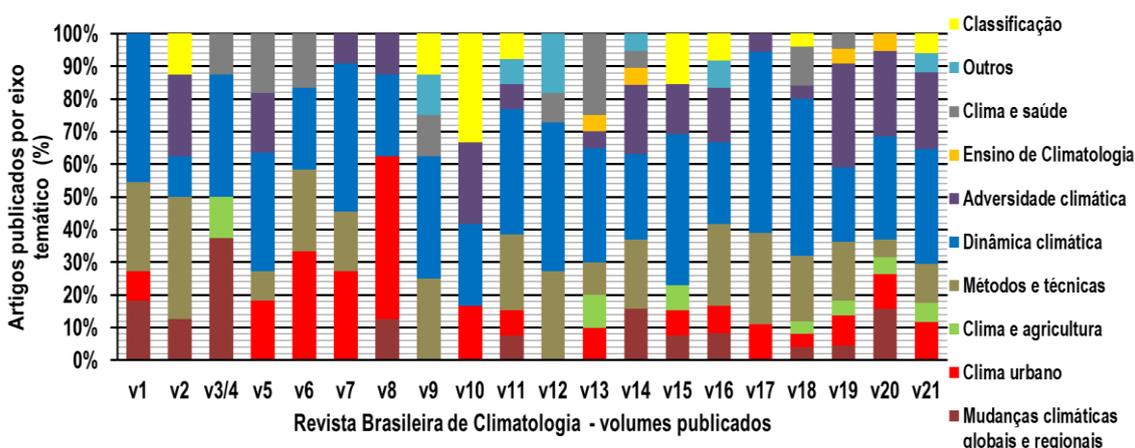


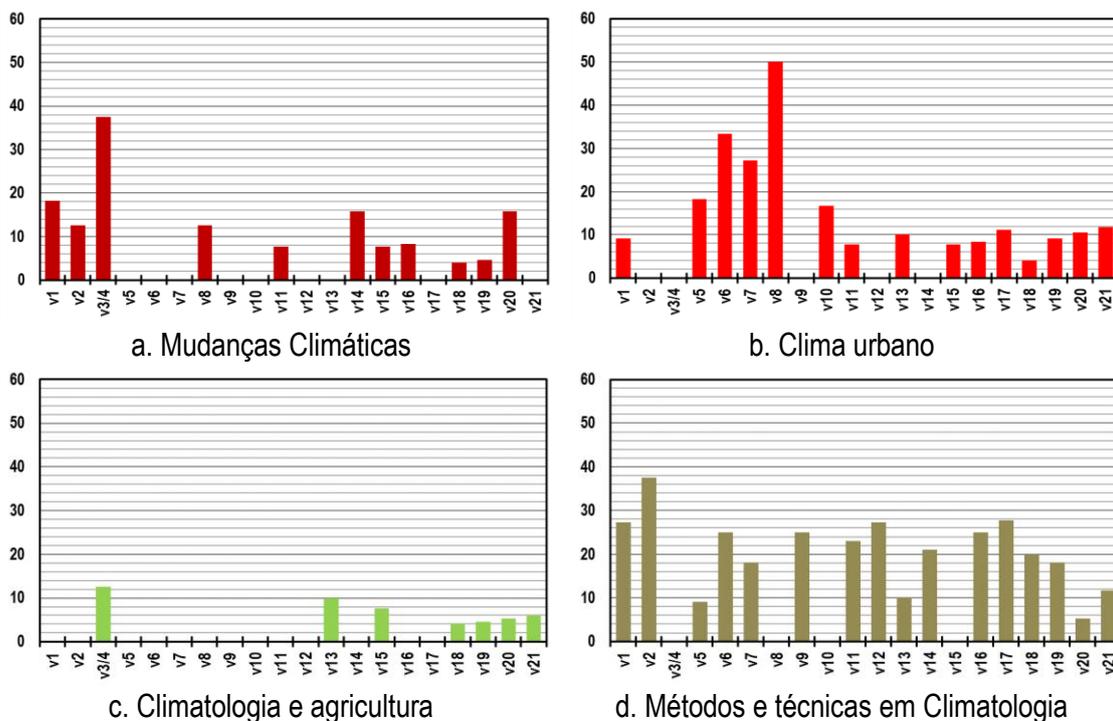
Gráfico 11: Porcentagem de artigos publicados por eixo, por volume da Revista Brasileira de Climatologia.
Fonte: Revista Brasileira de Climatologia (2017)

Os eixos de Mudanças Climáticas, Clima Urbano, Clima e Agricultura, Ensino de Climatologia, Clima e Saúde, Outros e Classificação Climática apresentaram irregularidade nas publicações, com volumes os quais não possuem artigos publicados que pudessem ter sido enquadrados nesses eixos. Entretanto, destaca-se que o eixo de Clima Urbano, ainda que não tenha aparecido nos volumes 2, 3/4, 9, 12 e 14, possui – em termos quantitativos – participação significativa no periódico, sobretudo nos volumes 5, 6, 7 e 8 (**gráfico 12b**). Ao mesmo tempo, artigos enquadrados nos outros 3 eixos (Métodos e Técnicas, Dinâmica Climática e Adversidade Climática) foram encontrados em todos os volumes da RBClima (**gráfico 12d, 12e e 12f**).

¹⁰ A partir do volume 21, a Associação Brasileira de Climatologia adotou o modelo *Ahead of Print*, no qual conforme os artigos são aprovados, eles são diretamente publicados até que se feche o volume. Quando isso acontece, os artigos que ainda se encontram em avaliação são publicados em volumes seguintes. Nesse sentido, a quantidade de artigos analisados, bem como os termos percentuais gerados a partir desta análise podem sofrer alterações significativas quando o volume 21 concluir sua publicação.

A variabilidade entre os eixos temáticos revela-se inclusive quando da análise pormenorizada em cada volume. Há volumes em que se tem maior número de artigos voltados para Climatologia e Saúde, enquanto apresenta menor quantitativo enquadrado no eixo de Adversidades Climáticas, como no volume 13; em outros volumes, esta relação se inverte (volume 19, por exemplo).

Ressalta-se que, em seus volumes mais recentes, a RBClimate vem recebendo artigos, em sua maioria, de autores advindos de outras áreas do conhecimento que não a ciência geográfica, como da Meteorologia, Engenharia Agrícola, Física, Arquitetura etc. Isso permitiu uma diversificação maior da produção em diferentes eixos temáticos do que aqueles tradicionalmente ocupados por geógrafos, e, principalmente, quanto às perspectivas analíticas e referenciais teórico-conceituais apresentados. Também, isso pode ter feito com que pudessem ser encontrados trabalhos produzidos sob diferentes perspectivas no interior do mesmo eixo temático, como é o caso de Dinâmica Climática, Métodos e Técnicas e Adversidades Climáticas – campos os quais a ciência geográfica compartilha a produção acadêmica com meteorologistas, engenheiros, físicos, arquitetos etc. Estes dois movimentos – diversificação **entre-eixos** e diversificação **intra-eixos** –, creditados ao processo supracitado, pode consistir em elemento importante para a compreensão da ausência de tendências nas publicações.



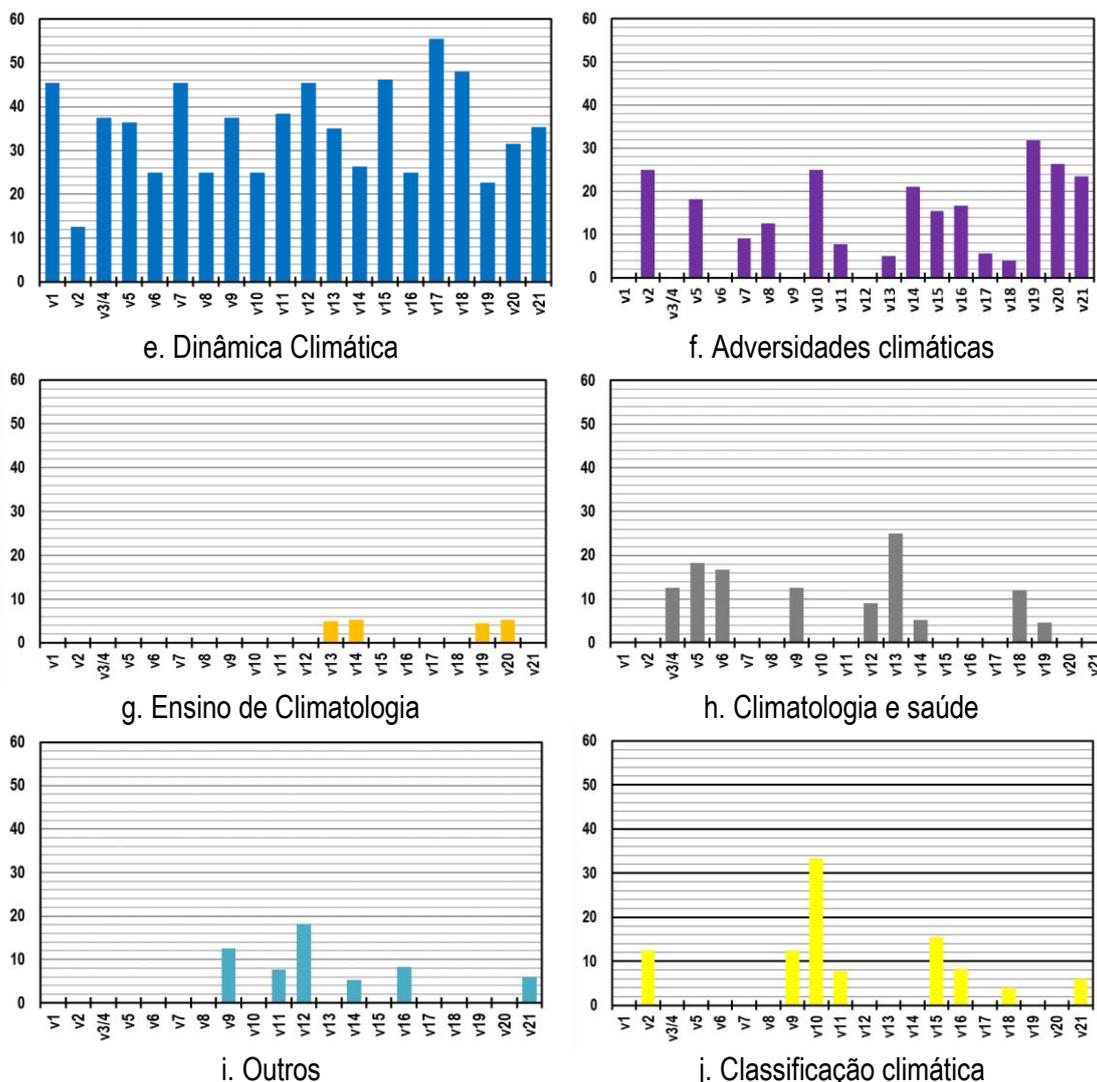


Gráfico 12: Artigos publicados por eixo temático (em termos percentuais), por volume da Revista Brasileira de Climatologia. A padronização dos eixos seguiu o limiar dos 60%.

a. Mudança Climática; b. Clima Urbano; c. Climatologia e agricultura; d. Métodos e técnicas em Climatologia; e. Dinâmica Climática; f. Adversidades Climáticas; g. Ensino de Climatologia; h. Climatologia e saúde; i. Outros; j. Classificação Climática

Fonte: Revista Brasileira de Climatologia (2017)

Especificamente se tratando de artigos enquadrados no eixo de Classificação Climática, estes acompanharam as tendências da maioria dos outros eixos e apresentaram uma oscilação muito significativa dentro do cômputo percentual geral. Eles puderam ser encontrados nos volumes 2, 9, 10, 11, 15, 16, 18 e 21. Nos demais volumes, não houve trabalhos produzidos no âmbito deste eixo (**gráfico 12j**). Nos volumes em que se pôde encontrar, destacam-se os volumes 10 e 15, nos quais a produção em Classificação Climática correspondeu, proporcionalmente, a 32 e 16%.

Em toda a série histórica da RBClima, assim como nos anais dos SBCGs, o eixo de Dinâmica Climática corresponde a maioria das publicações, com 35,6%. Entretanto, de forma diferente, o segundo eixo mais representativo em termos quantitativos foi o de Métodos e

Técnicas, com 16,5%, seguido do eixo de Adversidades (13,3%) e Clima Urbano (10,8%), estes dois últimos também tendo sido mais representativos nos anais dos SBCGs. Entre os eixos menos representativos, encontram-se, respectivamente, Ensino de Climatologia (1,4%), Outros (2,5%), Clima e Agricultura (2,9%) e Classificação Climática (4,3%) (**gráfico 13**).

Pode-se identificar que a produção científica em classificação climática consiste em uma das menores da área, respondendo pelo total de 1% nos anais dos SBCGs e 4,3% na Revista Brasileira de Climatologia. Nos anais dos SBCGs, a temática é a menos abordada, enquanto na RBClima, este eixo só perde para Clima e agricultura (2,9%), Outros (2,5%) e Ensino de Climatologia (1,4%).

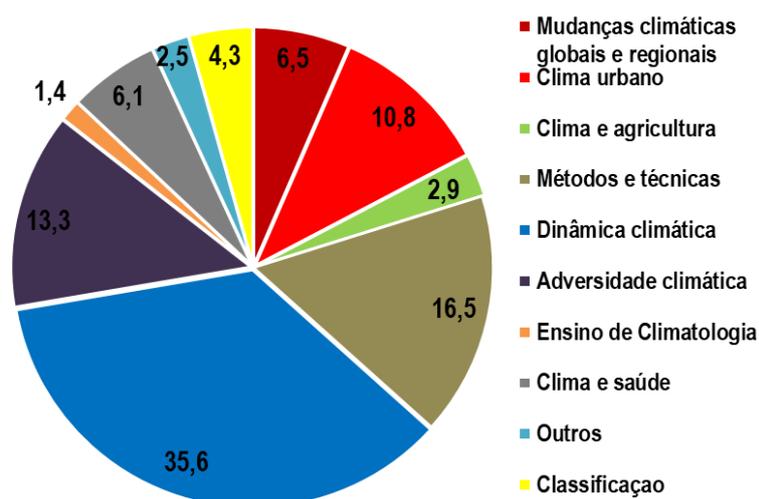


Gráfico 13: Porcentagem de artigos publicados por eixo, em toda a série histórica da Revista Brasileira de Climatologia (v. 1 ao v. 21 – de 2005 a 2017)

Fonte: Revista Brasileira de Climatologia (2017)

Obviamente que as classificações climáticas correspondem a estudos de referência, servindo como base para a realização de estudos aplicados – muitos deles apresentados no interior de eixos como Clima Urbano, Dinâmica Climática e Adversidades climáticas, por exemplo. Ou seja, é esperado que não existam numerosos estudos que proponham classificações climáticas. Entretanto, elencamos duas questões relacionadas a este balanço bibliográfico:

1) O total significativo de estudos aplicados, representados, por exemplo, nos eixos de Métodos e Técnicas, Clima Urbano e de Adversidades Climáticas, podem demandar a utilização de padrões de referência (classificações climáticas) que não foram produzidos e difundidos na comunidade acadêmica. Ou seja, padrões de classificação climática correntemente empregados, por exemplo, como a classificação de Köppen ou de Thornthwaite não necessariamente podem apresentar a natureza da dinâmica climática sobre determinado lugar e, conseqüentemente, podem se mostrar insuficientes como referência de estudos de Clima Urbano e Adversidades Climáticas;

2) No caso dos trabalhos no eixo de Dinâmica Climática, parte significativa desses estudos apresentam resultados relacionados à caracterização climática regional e sua relação com padrões de variabilidade e tendências das chuvas ou das temperaturas. Porém, assim como discutido anteriormente, esta produção não se converteu em propostas de classificação. Especificamente sobre a tradição da produção científica feita por geógrafos, estudos climáticos com vistas à classificação climática como aqueles sugeridos por Monteiro (1969, 1971, 1973) foram aplicados por Aouad (1978), Zavattini (2009[1990]), Sant'Anna Neto (1990, 1995), e de certa maneira por Sette (2000) e mesmo por Rossato (2011) apenas em determinadas áreas do território brasileiro, como: São Paulo – SP, Rio Grande do Sul – RS, Mato Grosso – MT, Mato Grosso do Sul – MS e também Bahia – BA (Zavattini, 2003). Em síntese: apesar do significativo número de estudos que lançaram mão de análises baseadas na dinâmica climática, estes não foram revertidos em trabalhos de referência que pudessem ter proposto classificações de caráter genético e dinâmico.

Zavattini (2003) já havia posto esta questão quando, em análise da produção científica (teses e dissertações) em Climatologia a partir da ciência geográfica também chega a duas constatações: 1) as contribuições dadas por Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro, sobretudo no que se refere à análise do ritmo na dinâmica climática, poderiam ter sido mais apropriadas e melhor aproveitadas; 2) a análise dinâmica (com vistas à classificação) não foi aplicada em todo território nacional (como é o caso do estado do Rio de Janeiro).

As classificações dinâmicas, de natureza genética e a partir do paradigma do ritmo, tem sido ausentes e/ou pouco numerosas, sobretudo em que pese a sua relevância para servir de base, do ponto de vista teórico-metodológico, para a realização dos estudos aplicados. Ao mesmo tempo, os estudos de dinâmica acabam por não desembocar em estudos de classificação. Tais problemáticas são vistas, nesta tese, como resultados de um mesmo processo. Observa-se que estas duas questões se apresentam, na verdade, como um duplo advindo de uma mesma problemática de fundo: a relação entre o habitual e o excepcional em Climatologia.

3.4. Classificações climáticas para o Brasil e aplicadas ao estado do Rio de Janeiro

3.4.1. Classificações climáticas aplicadas ao território brasileiro

A produção de classificações climáticas depende, necessariamente, do conhecimento dos padrões climáticos da área em que se pretende abordar. Nesse sentido, apesar da ausência de uma série histórica consistente e regular, a criação do Observatório Astronômico do Rio de Janeiro em 1827 (Sant'Anna Neto, 2001a) permitiu que se pudesse produzir conhecimento científico sobre o clima no estado, principalmente na cidade do Rio de Janeiro. Esse ano consistiu num momento

importante de início da constituição da história das ciências atmosféricas no Brasil, tendo como marco o ano de 1871 com a contratação do astrônomo Emmanuel de Liais, o responsável por lançar as bases científicas para produção de conhecimentos sobre o tempo e o clima no Brasil.

Outro marco relevante foi quando da criação da Repartição Central de Meteorologia do Ministério da Marinha, que sinalizou o início de fato da construção científica. Pode-se destacar entre os trabalhos pioneiros de caráter científico¹¹ as análises climáticas de Luís Cruls (1892), realizadas com dados observados de 1851¹² a 1890 com vistas à caracterização climática da área. Nesse sentido, pode-se afirmar que a história das ciências atmosféricas no Brasil, de certo modo, se mistura com a história do clima do Rio de Janeiro.

Em outros lugares do Brasil também estavam sendo realizados estudos para produção de caracterizações climáticas, como no Ceará com as observações de Senador Pompeu (1877), em Pernambuco com as de Milnor Roberts sobre o vale do rio São Francisco (1880) e em Santa Catarina e Rio Grande do Sul com Dr. Henry Lange (1874) (Sant'Anna Neto, 2001a).

Nessa esteira, a primeira proposta de classificação climática para o Brasil deu-se a partir de Henrique Morize, em 1889 (Sant'Anna Neto, 2001a). A pouca densidade de rede de estações meteorológicas fez com que sua classificação se pautasse na relação entre as zonas térmicas do globo e fatores geográficos do clima, gerando três grandes grupos: Equatorial, Sub-Tropical e Temperado (**quadro 3**).

| Clima | Faixas de temperatura | Tipo climático | Localização |
|--------------|-----------------------|------------------------|---------------------|
| Equatorial | > 25°C | Super úmido | Amazônia |
| | | Úmido continental | Interior do Norte |
| | | Semi-árido | Nordeste |
| Sub-Tropical | Entre 20°C e 25°C | Semi-úmido marítimo | Litoral oriental |
| | | Semi-úmido de altitude | Altiplanos centrais |
| | | Semi-úmido continental | Interior do Brasil |
| Temperado | Entre 10°C e 20°C | Super-úmido marítimo | Litoral meridional |

¹¹ Em uma fase “pré-científica” contribuíram para o incremento do conhecimento sobre o tempo e o clima do Rio de Janeiro os estudos de Bento Sanches Dorta, considerado o primeiro a registrar de maneira sistemática as condições atmosféricas no Brasil, a partir do Rio de Janeiro, com dados de temperatura, precipitação, direção predominante dos ventos e pressão atmosférica ainda no século XVIII. De acordo com Farrona *et al* (2012), Sanches Dorta haveria dito que, antes dos seus registros, ‘ninguém recebeu informações meteorológicas e ninguém registrou as mudanças atmosféricas’ (p. 580).

¹² Apesar da fundação do Observatório Astronômico do Rio de Janeiro ter se dado em 1827, Cruls (1892) apenas conseguiu iniciar seu contato com os dados produzidos de forma sistematizada a partir 1844, quando Soulier de Sauve foi alçado a direção do Observatório. A partir de 1850, os dados começaram a ser publicados nos *Annaes Meteorológicos*, que foi quando Cruls obteve acesso a eles e pôde produzir o minucioso trabalho em tela.

| | | | |
|--|--|-----------------------------|------------------------------|
| | | Semi-úmido/latitudes médias | Planícies do interior do Sul |
| | | Semi-úmido das altitudes | Locais de grande altitude |

Quadro 3: Classificação climática de Henrique Morize (1889/1922)

Fonte: Sant'Anna Neto (2001a, p. 95).

Para Sant'Anna Neto (2001a), Morize determinava as isotermas entre 20°C e 25°C como correspondentes ao clima subtropical, o que denotava uma manobra política para demonstrar que o país poderia receber imigrantes europeus e apresentava potencial para seu desenvolvimento econômico. Inclusive, o estado do Rio de Janeiro se situaria nesta faixa, sendo considerado subtropical em sua proposta de classificação.

Anos depois, em 1922, Henrique Morize elaborou sua segunda classificação, dessa vez de posse de significativo número de séries temporais de dados meteorológicos. Na segunda classificação, passou a adotar a definição de clima tropical para os locais compreendidos nas isotermas que anteriormente eram referenciados como subtropicais.

Para o autor, Morize se utilizou dos critérios de Köppen, especificamente para delimitar as zonas tropicais e temperadas pautando-se no limiar médio de 18°C para o mês mais frio. Por conta do emprego de séries temporais significativas que se apresentaram de maneira esparsa no território brasileiro, sua proposta de classificação se destaca pelo seu caráter científico.

Semelhante classificação foi realizada por Frederico Draenert (1896), que também se baseou nas zonas térmicas terrestres e relacionou-os com fatores como a maritimidade e continentalidade (Sant'Anna Neto, 2001a).

Afrânio Peixoto (1908) produziu uma classificação na qual inseriu critérios astronômicos para definição de três zonas climáticas: equatorial, tropical e temperada, com as diferenciações nos climas continentais e litorâneos baseadas na orografia.

| Autores | Tipos climáticos | Classificação | Localização |
|---------------------------|----------------------------------|----------------------|--------------------------|
| Henrique Morize (1889) | Tropical | Equatorial | Alto Amazonas |
| | | Tropical Continental | Interior da Região norte |
| | | Tropical Litorâneo | PA até PB |
| | Subtropical | | Região norte (PE até BA) |
| | | | Região sul (BA até SP) |
| Temperada | | SP até RS | |
| Frederico Draenert (1896) | Tórrida | Continental | Interior da região Norte |
| | | Litorânea | PA até RJ |
| | | Subtropical | Planaltos e serras do SE |
| | Temperada | | SP até RS |
| Afrânio Peixoto (1908) | Equatorial até o paralelo de 10° | Equatorial | Alto Amazonas |
| | | Tropical continental | Interior da região Norte |
| | | Tropical litorâneo | PA até PB |
| | | Litorâneo | BA |

| | | | |
|---------------------------------|---|---------------------------------|------------------------------|
| | Tropical do paralelo 10° até o Trópico de Capricórnio | Litorâneo do SE | Sul da BA até RJ e MG |
| | | Altitude | Planaltos do interior |
| | Temperada | Continental | Planaltos dos estados do Sul |
| | | Litorâneo | Costa dos estados do Sul |
| Delgado de Carvalho (1916/1917) | Equatorial e sub-equatorial | Continental | Planalto dos estados do Sul |
| | | Super-úmido | Amazônia |
| | Tropical e sub-tropical | Semi-úmido | Nordeste |
| | | Semi-úmido marítimo | Litoral oriental |
| | | Semi-úmido de altitude | Planaltos do centro |
| | Temperado | Semi-úmido continental | Interior brasileiro |
| | | Super-úmido marítimo | Litoral meridional |
| | | Semi-úmido das latitudes médias | Planície rio-grandense |
| Henrique Morize (1922) | Equatorial (temperatura média anual superior a 25°C) | Semi-úmido de altitude | Planaltos do sul |
| | | Super-úmido | Amazônia |
| | | Úmido continental | Interior da região norte |
| | Tropical (temperatura média anual entre 20°C e 25°C) | Semi-arido | Nordeste brasileiro |
| | | Marítimo semi-úmido | Litoral oriental |
| | | Semi-úmido de altitude | Altiplanaltos do centro |
| | Temperado (temperatura média anual entre 10°C e 20°C) | Semi-úmido continental | Interior do Brasil |
| | | Super-úmido marítimo | Litoral meridional |
| Semi-úmido das latitudes médias | | Planícies do interior do Sul | |
| Delgado de Carvalho (1926) | Equatorial | Semi-úmido de altitude | Locais de grande altitude |
| | | Super-úmido | Amazônia |
| | Tropical | Semi-úmido | Nordeste |
| | | Semi-úmido marítimo | Litoral oriental |
| | | Semi-úmido de altitude | Planalto |
| | Temperado | Semi-úmido continental | Interior |
| | | Super-úmido marítimo | Litoral meridional |
| | | Semi-úmido das latitudes médias | Planície do Sul |

Quadro 4: Classificações climáticas estabelecidas para o Brasil no período anterior à difusão do paradigma dinâmico

Fonte: Sant'Anna Neto (2001a)

Em 1909, De Martonne elaborou uma classificação de caráter eminentemente geográfico, propondo 6 grandes grupos de climas divididos em 32 subtipos com nomenclatura baseada nas diferentes regiões do país nas quais o tipo climático predominava.

Em 1931, Rudolf Geiger aplicou a classificação de Köppen para o Brasil, na qual considerava todos os atributos originalmente utilizados para a classificação global (domínios vegetacionais, distribuição biogeográfica, altitude etc).

Entre a classificação de De Martonne e Rudolf Geiger, Delgado de Carvalho elaborou sua proposta em 1926 baseando-se na classificação de Morize. Diferenciava-se pela consideração de oito tipos climáticos, e não nove como elaborou Morize (recusava o tipo úmido). Carvalho também não aceitava a denominação de tipo climático continental para a fachada atlântica do Sudeste,

denominando clima de altitude. Uma síntese das primeiras propostas de classificação climática no período pré-dinâmico pode ser encontrada no **quadro 4**.

Ao sumarizar as diferentes caracterizações climáticas difundidas no campo da ciência geográfica a partir do paradigma dinâmico, Rossato (2011) destaca os trabalhos de Serra e Ratisbonna sobre as massas de ar na América do Sul; Serra (1971), Monteiro (1971) e Nimer (1989) como representantes de uma análise dinâmica do clima. Ainda que Monteiro e Serra não houvessem realizado classificações climáticas propriamente ditas, seus trabalhos foram importantes para a caracterização de climas regionais a partir da perspectiva da movimentação dos campos de pressão, numa climatologia dinâmica.

Em artigo na década de 1970, Nimer propôs uma metodologia de classificação, baseado na climatologia estática e dinâmica, segundo os critérios de variedade da temperatura, grau de umidade e vinculação a climas zonais. O autor estabeleceu limiares de temperatura para as estações do ano, definindo períodos chuvosos, secos ou sub-secos e classificou as chuvas de acordo com as suas fontes dinâmicas de origem (Rossato, 2011).

Em uma abordagem regional, Monteiro (1973) elaborou uma classificação climática de base genética para o estado de São Paulo, na forma de atlas. Para tanto, fundamentou-se no trabalho da caracterização da circulação atmosférica na América do Sul realizado por Serra e Ratisbonna (1941). A partir da definição dos campos de pressão, das correntes perturbadas e dos fatores geográficos do clima, estudou o que havia de habitual e as excepcionalidades na dinâmica climática do estado de São Paulo. Escolheu anos-padrão representativos, definiu fenômenos climáticos que usualmente ocorriam em determinadas estações do ano e caracterizou o clima de São Paulo.

Monteiro (1973) preocupou-se com cada unidade climática e não traçou limites rígidos entre elas. Para ele, inspirado na proposta de Ab'Saber de zonas de transição, as fronteiras entre as unidades climáticas deveriam também ser compreendidas como transicionais, e as unidades não necessariamente poderiam se enquadrar perfeitamente no território do estado. O atlas de Monteiro deu origem a uma série de estudos que se utilizavam dos mesmos princípios de classificação climática na ciência geográfica.

Em continuidade à perspectiva monteiriana, Sant'Anna Neto (1990) propôs uma tipologia específica para região, dividida em duas zonas climáticas: uma controlada por massas tropicais e outra, polares), para a zona costeira do estado de São Paulo

Zavatini (2009) se utilizou da análise da sucessão habitual dos tipos de tempo para realizar a classificação climática de base genética para o estado Mato Grosso do Sul. O principal elemento utilizado foi a precipitação em sua gênese.

Dentre as mais recentes, destaca-se a classificação climática elaborada por Rossato (2011) para o Rio Grande do Sul. Seu trabalho atrelou técnicas estatísticas mais recentes, como a análise de componentes principais (PCA), softwares mais novos para a elaboração de mapas, junto ao conhecimento da circulação atmosférica, para realizar a sua classificação. Foram definidos 4 tipos climáticos dentro do sub-úmido, baseados nos dados de temperatura e precipitação.

3.4.2. Classificações climáticas aplicadas ao território fluminense

Para o Estado do Rio de Janeiro, parte considerável dos estudos e classificações elaboradas e difundidas na Geografia diz respeito à caracterização climática para a região Sudeste, e não especificamente à uma classificação climática para o Estado.

Bernardes (1952) lançou mão da classificação climática de Köppen e, partindo dos dados de precipitação, se utilizou das feições morfológicas para discutir os tipos climáticos. Para a autora, o fator principal de diversificação dos tipos climáticos é a Serra do Mar. A ela caberia a individualização dos tipos climáticos ao separar as regiões de clima quente e mesotérmico, e ao separar os dois tipos de regimes pluviométricos distintos – a parte litorânea e aquela continental.

Ao se basear, principalmente, nos fatores estáticos de diferenciação climática (fatores geográficos do clima), a autora caracterizou a temperatura e a precipitação de 5 grandes regiões geomorfológicas a saber: I – Baixada Litorânea quente e úmida; II – região dissecada e rebaixada do Norte Fluminense; III – as encostas superúmidas da Serra do Mar; IV – o planalto interior e o Vale do Paraíba; V - as encostas da Mantiqueira e o Maciço do Itatiaia.

Apesar de partir de classificações estáticas, a autora procurou descrever e relacionar aos fatores estáticos os centros de ação e correntes perturbadas, como na descrição da participação das massas frias vindas de sul na precipitação pluviométrica no outono (**Figura 5**).

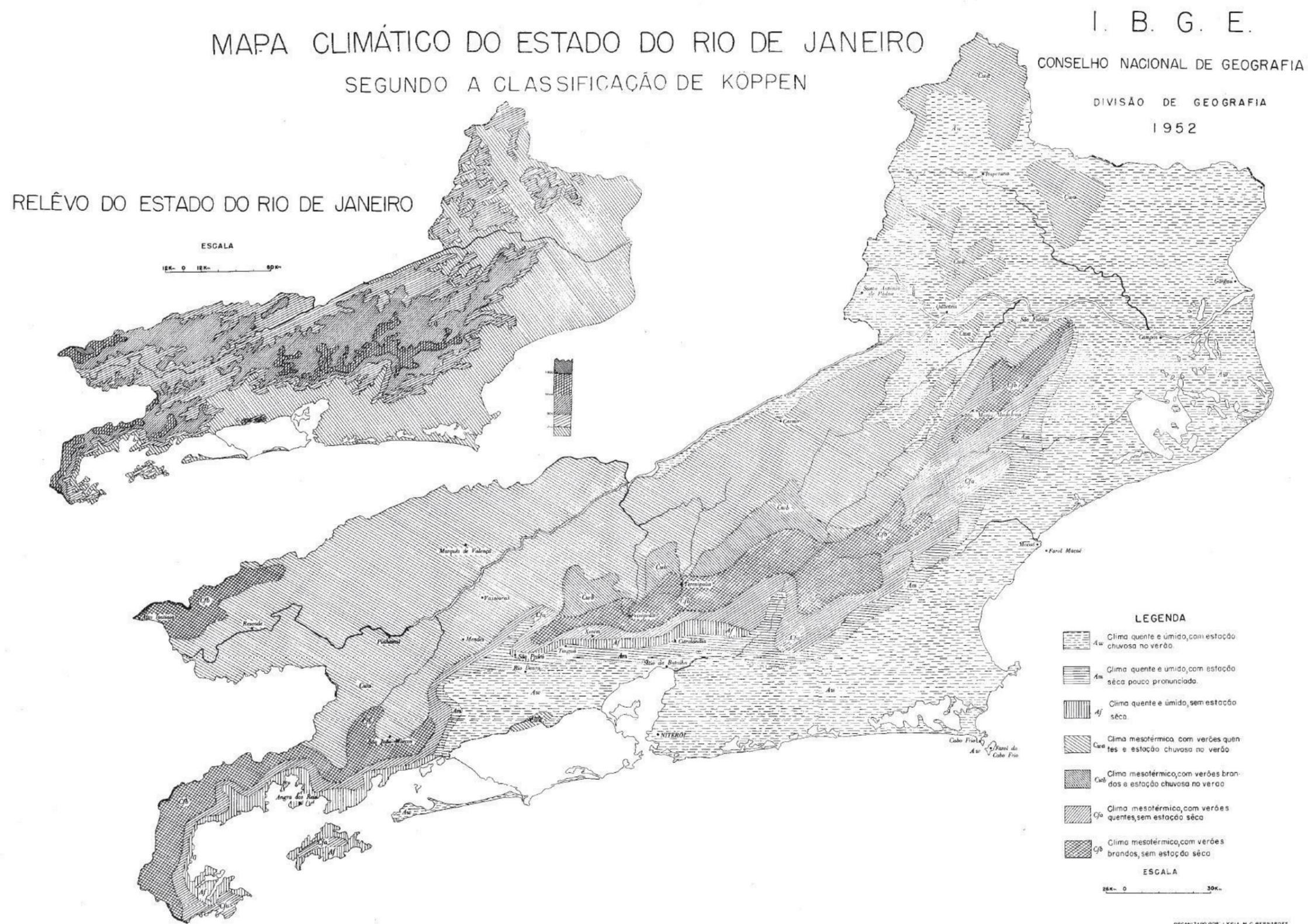


Figura 5 - Classificação climática de Köppen aplicada ao estado do Rio de Janeiro
Fonte: Bernardes (1952)

A tentativa de articulação dos fatores geográficos do clima no Rio de Janeiro e os sistemas atmosféricos atuantes deram-se por conta do conhecimento da dinâmica da circulação a partir dos trabalhos de Serra e Ratisbonna (1941) sobre as massas de ar na América do Sul.

No que se refere aos estudos de municípios ou localidades compreendidos no território fluminense, Serra (1970a, 1970b, 1971) e Serra e Ratisbonna (1941), ambos meteorologistas do Conselho Nacional de Geografia, se ancoraram na meteorologia dinâmica da Escola Escandinava através da análise da pressão atmosférica em superfície na geração de centros de ação e frentes (Bjerknes, 1918; Bjerknes e Solberg, 1922). A partir desta base, realizaram estudos na tentativa de estabelecer os padrões de circulação e suas relações com a dinâmica dos elementos climáticos para o município do Rio de Janeiro.

Também ancorado nos pressupostos dinâmicos e rítmicos trazidos por Monteiro nos anos 70, Barbière (1975) realizou um estudo sobre o ritmo climático e extração de sal no município de Cabo Frio – RJ.

Nimer (1989) realizou, com base nos pressupostos da meteorologia dinâmica e da climatologia, a análise espaço-temporal de cada elemento do clima e produziu uma classificação para cada região do Brasil. Para o Sudeste, encontrou uma diversidade considerável dos climas e definiu 4 domínios: clima quente, clima subquente, clima mesotérmico brando, clima mesotérmico médio. Cada um dos domínios possui subdomínios e variedades climáticas, e foram todos inseridos no tipo de clima tropical. O Estado do Rio insere-se majoritariamente no domínio dos climas quentes e úmidos, sem seca ou com subseca. Algumas áreas de altitude (Petrópolis, por exemplo) se inserem na classificação de mesotérmicos (Nimer, 1989).

A partir de uma vasta revisão bibliográfica e da consideração dos fatores estáticos e dinâmicos da climatologia, Sant'Anna Neto (2005) elaborou um decálogo da Climatologia para o Sudeste brasileiro. Relacionou topografia, correntes perturbadas, os centros de ação e suas dinâmicas, a maritimidade/continentalidade, posição latitudinal e a análise das dinâmicas sociais para caracterizar a variabilidade dos elementos do clima no Sudeste. Ainda que este estudo não se constitua em uma classificação climática propriamente dita, pode-se considerar que ele contribui para realizar uma caracterização climática em escala regional.

Observa-se que a maior parte dos estudos climáticos sobre o Estado do Rio de Janeiro ou alguns de seus municípios não se deu com o objetivo de realizar classificações climáticas, ainda que eles tenham contribuído de forma significativa para o estabelecimento de padrões habituais e/ou excepcionais sobre determinado lugar numa série histórica curta e, mesmo, episódica.

Ao partir do que se tem realizado na climatologia no âmbito da Geografia, considera-se que a última classificação climática propriamente dita para o Estado do Rio de Janeiro se deu no trabalho de Nimer (1989) (**Figura 6**).

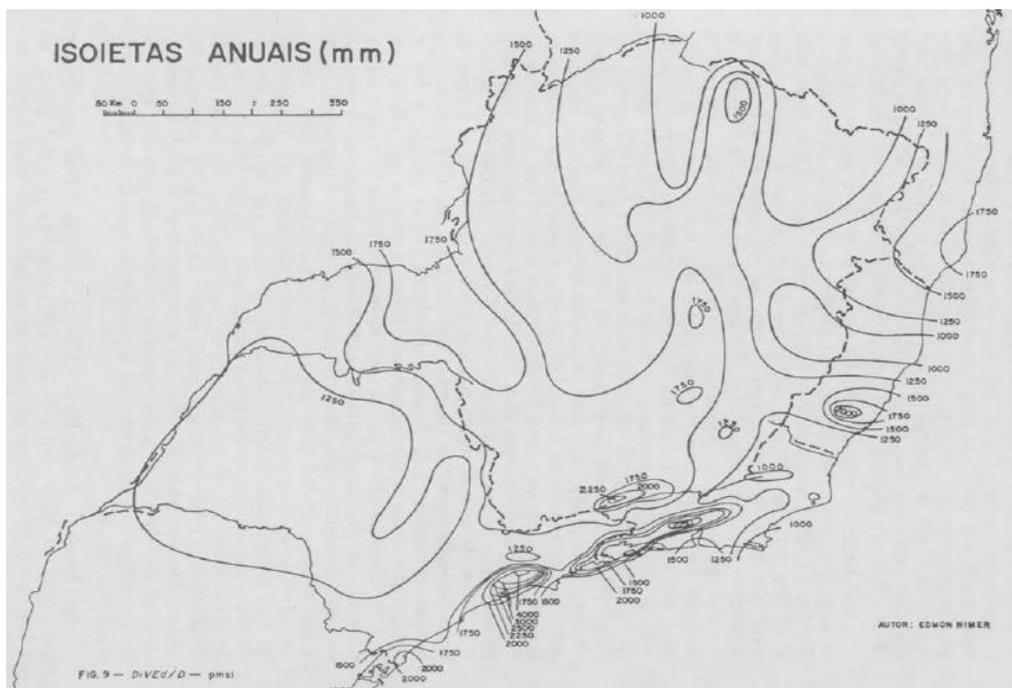


Figura 6 – Isoietas anuais (em milímetros) para a Região Sudeste do Brasil
Fonte: Nimer (1989).

Observa-se que a maior parte dos estudos climáticos sobre o Estado do Rio de Janeiro ou alguns de seus municípios não se deu com o objetivo de realizar classificações climáticas, ainda que eles tenham contribuído de forma significativa para o estabelecimento de padrões habituais e/ou excepcionais sobre determinado lugar numa série histórica curta e, mesmo, episódica.

3.5. Reflexões sobre classificação climática

Para Nóbrega (2010), a produção de sistemas de classificação climática seria fundamentais pela sua possibilidade de se analisar e definir climaticamente o padrão climático de diferentes áreas considerando elementos diferentes ao mesmo tempo.

Para Barry e Chorley (2013), o objetivo primeiro de qualquer sistema de classificação climática consistiria na obtenção de um conjunto de informações que, sistematizadas, poderiam produzir um arranjo inteligível e organizado para uma compreensão geral do clima sobre determinado lugar.

Já para Ayoade (2010), as classificações climáticas seriam necessárias no sentido de se diferenciar uma relativa uniformidade da dinâmica climática entre diferentes lugares, produzindo o

que o autor chama de “região climática”, campo de atuação da chamada Climatologia Regional (Ayoade, 2010, p. 224).

A produção dessas “regiões climáticas” deve ser feita conforme critérios adequados de classificação, fazendo emergir, assim, a necessidade de seu emprego para “agrupar e sintetizar elementos climáticos similares em tipos climáticos a partir dos quais as regiões climáticas são mapeadas” (p. 224). Em síntese, para Ayoade (2010), as classificações são utilizadas para simplificar, esclarecer e compreender os padrões climáticos ao longo do globo, que se apresentam de forma complexa.

Para Ayoade (2010), a Climatologia Regional consistiria em uma abordagem descritiva que, com o auxílio de gráficos de variações sazonais dos valores dos elementos do clima (sobretudo a temperatura e a precipitação), produziria unidades espaciais desses elementos, possibilitando o estudo dos seus padrões e da sua variação espacial e temporal de ocorrência. Tais unidades espaciais poderiam corresponder ou não a fronteiras delimitadas exclusivamente pelos elementos climáticos segundo critérios pré-estabelecidos. Poderia, também, corresponder a uma ocorrência espacial homogênea no interior de áreas delimitadas por outros recortes, como grandes grupos vegetacionais, grandes estruturas de relevo ou regiões delimitadas por critérios jurídico-políticos dentro do qual os elementos climáticos variam temporal e espacialmente. Nesse caso, Ayoade (2010) indica que as classificações climáticas podem não ser, necessariamente, definidas a partir da ocorrência de elementos climáticos, mas também podem ser delimitadas por critérios arbitrários escolhidos pelo pesquisador, dada a área de estudo ou outro eventual critério que possa determinar a delimitação espacial da sua investigação.

Isso aparece nas definições de classificações climáticas do autor. Para ele, as classificações climáticas são funções “artificiais”, constituídas a partir do momento em que se impõe uma “ordem” a uma complexidade real. Para Ayoade (2010), as classificações seriam, antes de mais nada, produtos da racionalidade humana, e não necessariamente corresponderiam a um fenômeno natural. Portanto, não apenas as “regiões climáticas” flutuariam e sofreriam variações de acordo com a dinâmica concreta, como também sofreriam as suas “fronteiras”, e estas variações se dariam sobretudo de acordo com os elementos climáticos responsáveis, de forma analítica, pela demarcação da sazonalidade da dinâmica climática sobre determinado lugar. Para Ayoade (2010):

O clima também é dinâmico, não-estático, assim, ele flutua e varia com o decorrer do tempo. Naturalmente, isto implica que nossas fronteiras climáticas também flutuarão. Finalmente, o clima é um fenômeno multivariado, consistindo de vários elementos climáticos. Portanto, existe o problema da identificação de parâmetros climáticos cruciais

que constituem os tipos climáticos distintos. (...) Contudo, vários outros fatores não-climáticos exercem controle sobre o caráter da vegetação em uma determinada área. Tais fatores incluem a topografia, o tipo de solo e os efeitos da atividade humana, como a agricultura e a exploração florestal (p. 225).

Ayoade (2010) também traz consigo a importância da participação dos fatores geográficos do clima no que chamou do seu arranjo “regional”. A compreensão desses fatores em relação aos elementos do clima sofreria variação de acordo com o objetivo para o qual cada sistema de classificação climática foi projetado. Em síntese, para o autor as classificações climáticas existentes poderiam ser categorizadas em dois grandes tipos de abordagem: os sistemas de abordagem genética e os de abordagem empírica. Para o autor, nos sistemas de abordagem **genética**, a classificação estaria pautada no que chamou de controles climáticos, que consistiriam em fatores que determinam a variação espacial da existência de diferentes climas (por exemplo, radiação líquida e fluxos de umidade). Nos sistemas cuja abordagem é **empírica**, a classificação em geral é realizada de acordo com um determinado elemento climático, seja segundo dados observacionais deste dado elemento, seja na influência que ele exerce sobre outros fenômenos como a distribuição da vegetação, conforto térmico humano e afins. Para Ayoade (2010), a ausência de dados confiáveis sobre os controles climáticos (sobretudo no que diz respeito à radiação) fez com que historicamente as classificações pautadas em modelos empíricos fossem mais difundidas, à exemplo do que foi exposto quanto às classificações de Köppen e Thornthwaite.

Dado o conjunto de reflexões trazido por Ayoade (2010), pode-se compreender que as classificações climáticas possuem forte conexão com o que convencionalmente se denomina de abordagem regional. Inclusive, parte significativa dos conceitos e definições empregados nas análises climáticas regionais (região, classificação, tipologia, unidade), são realizadas segundo padrões estabelecidos a partir de critérios definidos, e buscam agrupar um elemento (no caso, elemento climático) de acordo com a sua ocorrência na dimensão espacial, temporal ou espaçotemporal.

Os padrões/grupos/tipologias/unidades/regiões e, sobretudo, as classificações climáticas são consideradas produtoras, em nível analítico, de padrões homogêneos da ocorrência dos elementos climáticos. Esta homogeneidade se dá, primeiramente, com vistas a definição de padrões espaciais de ocorrência. O que se quer dizer a partir do conjunto de reflexões realizado até o momento é que **é a dimensão espacial que dá sentido as propostas de “regionalização”, tipologia, unidades, grupos e classificações climáticas** que, tributárias que são da escala, podem incorrer em variações espaciais de ocorrência em termos analíticos. Entretanto, a depender do que se considera como espacial e, por conseguinte, de que maneira este espacial se relaciona

com os elementos climáticos (o que reflete uma concepção de clima e de Climatologia), a natureza das classificações climáticas empregadas se altera. Assim, a questão das classificações climáticas evidencia, ao menos, uma categoria científica (espaço), dois conceitos (região e escala) e três definições (classificação climática, homogeneidade, padrão).

Nesse sentido, é necessário ir além pura e simplesmente de uma análise tipológica em termos elementares no caso das classificações climáticas, sobretudo aquelas realizadas a partir da ciência geográfica. Diferente de outros campos do conhecimento, a Geografia possui em seu rol de conceitos e categorias justamente os mesmos conceitos e categorias que são fundantes dos sistemas de classificação climática existentes na literatura científica geral - espaço, região e escala, que fundam a classificação climática, são categoria e conceitos geográficos, por excelência. Assim, do fim ao cabo, conforme se alteram esses conceitos, categorias e definições, se alteram as classificações climáticas, o que confere, além da sua identidade com o campo científico da Geografia, uma necessidade de reflexão por dentro desta ciência.

Não à toa faz parte do surgimento da climatologia como ciência, com base e histórico pré-científico, o emprego de sistemas de classificação climática, e sua relevância continua latente sobretudo quanto à utilização das classificações climáticas para a compreensão da dinâmica climática em âmbito regional, para o planejamento e gestão do território e para o entendimento do clima como fenômeno geográfico.

Síntese

- Houve, reconhecidamente na produção científica da Climatologia, a ampla difusão, qualitativa e quantitativa, dos trabalhos relacionados aos estudos dos extremos. Entretanto, tendência similar não foi encontrada para os estudos que propuseram classificações climáticas (que definiriam padrões habituais), ainda que a maioria das abordagens das excepcionalidades se situe em uma perspectiva dinâmica e genética;
- A ampla maioria dos trabalhos que propuseram modelos de classificação climática se pautaram ou em modelos clássicos (Koppen, Thornthwaite), ou exclusivamente em técnicas estatísticas. Em termos quantitativos, as classificações climáticas de base genética ainda são pouco numerosas, inclusive no Brasil;
- No que se refere às classificações climáticas aplicadas ao estado do Rio de Janeiro, essa tendência se repete: os principais modelos aplicados foram o de Koppen (Bernardes, 1952) e Thornthwaite (FIDERJ, 1977);
- O que faria com que estes estudos genéticos não se convertessem em propostas de classificação?

4. CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA: SOBRE REGIÃO, ESCALA E ESPAÇO

4.1. Introdução

Antes de prosseguir à reflexão das relações epistemológicas, conceituais e ontológicas existentes entre classificação climática, região e escala, cabe advertir que não se pretendeu, no escopo desta tese de doutorado, discutir e formular um histórico do conceito de região no interior e exterior da ciência geográfica. Tampouco se buscou aqui realizar reflexões sobre o conceito de escala no âmbito da sua relação com a dimensão da escala cartográfica e geográfica. O que se pretendeu, em linhas gerais e precisas, foi apontar o conteúdo inerentemente geográfico das classificações climáticas através da identificação desses dois conceitos – escala e região, inerentes a todo sistema de classificação climática (elaborado ou não por geógrafos).

Num segundo movimento, pretendeu-se apontar que, conforme se identifica variações na compreensão sobre o conteúdo destes conceitos, a própria noção, definição e aplicação (em termos metodológico-procedimentais) das classificações climáticas também apresenta variações. Assim, compreende-se que o entendimento e aplicação das classificações climáticas ocorre tal como um caleidoscópio, que conforme muda as variáveis e seu agrupamento, também se altera a sua representação, num movimento conceitual dialético e progressivo.

Classificação e regionalização, abordadas nesta tese como um movimento conceitual dialético e progressivo, são reconhecidas nos campos científicos de maneira geral como altamente dependentes e inerentes de um outro conceito geográfico: a escala. Muitas vezes confundido com a região, seja empregado como sinônimo, seja empregado como ordem de grandeza, entre outros, a escala é colocada como o meio de recorte espacial e temporal. Essa discussão, presente no item **4.2. Da classificação à regionalização como uma questão de escala**, foi efetuada a partir de referenciais da ciência geográfica, no debate entre o conceito de região e o de escala.

Em muitos textos e trabalhos sobre classificação climática, a escala se apresenta como a mediação operacional que realiza a classificação e a dota de conteúdo segundo uma dimensão métrica do tempo e do espaço que, após arbitrariamente definidas pelo pesquisador, pode conter alguns fenômenos que possuem determinada abrangência espacial e temporal. O item **4.3. As escalas geográficas do Clima**, abordou a situação deste debate no interior dos estudos geográficos do clima, com a apresentação de três definições e propostas de escalas do clima, junto à discussão sobre seus sentidos e atributos geográficos – sobretudo espaciais.

Por fim, apresentou-se elementos ontológicos, teóricos e conceituais na proposição de uma reflexão sobre clima como um fenômeno geográfico. No caso, apresentou-se, a matriz teórica da vulnerabilidade enquanto um dos elementos que fundam e auxiliam na estruturação epistemológica da Geografia do Clima, mobilizando as diferentes definições de escalas geográficas do clima a partir do sentido do que é geográfico para este subcampo do conhecimento

geográfico. Este debate se apresenta no item **4.4. Espaço, espacialidade, vulnerabilidade e o fundamento geográfico do clima.**

4.2. Da Classificação à regionalização como uma questão de escala

De acordo com os dicionários de filosofia (Abbagnano, 2007), identificou-se que o verbete **classificação** consistiria na operação intelectual de repartir um conjunto de objetos em **classes ordenadas ou subordinadas**, utilizando **critérios** escolhidos. A operação de classificação, para o autor, é generalíssima e pode compreender qualquer procedimento de **divisão, distinção, ordenação, coordenação, hierarquização** etc.

Depreende-se, por conta dos adjetivos que acompanham o verbete, que a classificação acaba por se constituir, antes de mais nada e, ao menos em termos filosóficos, em uma operação do pensamento. Quase como uma categoria do campo da lógica, a classificação possuiria, então, o caráter de servir à organização do pensamento, numa dupla relação entre ele e a sua mediação na apreensão da realidade.

Sua situação entre a lógica e o campo das ciências (domínio da epistemologia) aparentemente faz-se sem grandes rupturas. As adjetivações que lhe são postas (p.ex.: classificação biogeográfica, classificação geomorfológica, classificação climática etc) mais aparentam localizar a classificação no interior de determinado campo científico, mantendo seu caráter lógico. Porém, na relação entre a lógica e a epistemologia identifica-se a ontologia, campo a partir do qual pode-se então redefinir esta dupla relação.

Se, no domínio da lógica se organiza o pensamento, e no domínio da epistemologia se insere esta mesma organização dentro de um sistema teórico-conceitual que, no caso da classificação, é simbolizada pela sua adjetivação, esta última ultrapassa a dimensão meramente semântica e segue para uma reflexão mais profunda: o que é passível de ser classificado?

Em outros termos, o caso específico da classificação climática aparenta estar resolvido quando a operação lógica que se propõe a fazer toma como critério o clima e seus elementos constitutivos. Entretanto, conforme já visto, esta dimensão varia sobremaneira de acordo com cada campo científico, e aquilo que é tomado como fenômeno climático para a ciência geográfica pode resultar diferente em comparação ao que outros campos do conhecimento consideram.

Nesse sentido, o primeiro desafio na discussão sobre classificação climática diz respeito àquilo que diferencia uma classificação desde a ciência geográfica de uma classificação realizada por outras áreas do conhecimento.

No caso das classificações climáticas, conforme abordado no fim do **capítulo 3**, a sua característica inerentemente espacial independentemente do campo do conhecimento, faz emergir

duas reflexões importantes para a Geografia: a primeira, ligada aos objetivos das classificações climáticas e, de maneira inerente, sobre o conceito de região, e, a segunda, sobre a categoria de espaço.

O conceito de região emerge sobretudo por conta dos principais objetivos das classificações climáticas: a produção de análises de “climas regionais”, ou de tipologias de ocorrência de “regiões climáticas”, até certo ponto homogêneas segundo os critérios definidos para o estabelecimento da ocorrência de determinado elemento do clima. Cabe, inclusive, ressaltar que uma das definições encontradas por Haesbaert (2014, p. 21) ao identificar o verbete “região” no dicionário foi a de **clima**, assim como Lencioni (2014), ao alçar, baseada na literatura acadêmica, os fundamentos das classificações climáticas da Grécia antiga como uma proposta pioneira de regionalização.

A região aparece, dessa forma, como fruto da operação lógica de delimitação, agrupamento e hierarquização de determinado elemento ou conjunto de elementos climáticos, tendo, neste movimento intelectual de organização, o ato de regionalizar. A regionalização climática, assim, se constitui no processo e/ou ato de identificar grandes áreas de acordo com as semelhanças no que diz respeito a um ou um conjunto de elementos climáticos. Ainda envolvido neste processo, uma variável fundante e estruturante do ato intelectual de regionalização climática é o conceito de escala.

Herod (2011, p. 9) assim como em Haesbaert (2014, p. 111) e Lencioni (2014, p. 29), ao tratarem da dimensão espacial da escala, alçam o conceito de **região**. No caso de Herod (2011), ele acaba sugerindo que alguns autores (como Giddens, 1984, por exemplo) apresentaram esforços em sugerir que as regiões constituir-se-iam em bases materiais das escalas – em suma, escalas seriam socialmente produzidas e teriam suas consequências na vida social, sendo materializadas através de uma diferenciação espacial que poderia ser entendida como regionalização.

Ainda que seja uma noção “da moda”, principalmente a partir do surgimento dos estudos sobre a globalização na ciência geográfica, a busca pela definição de escala em geral tem se dado de forma tortuosa, trazendo-a como uma categoria-acessório a qual sempre cabe utilização, mas que nem sempre carece de definição. Em casos mais graves (e não menos comuns), a escala é tomada como uma categoria autoexplicativa (Herod 2011).

Na série “Ideias-chave em Geografia”, o autor permite o contato com o importante debate sobre a escala na ciência geográfica ao trazer uma série de provocações, como a relação a priorística que muitos geógrafos possuem com este conceito. Para Herod (2011, p. xi)¹³:

... o entendimento escalar do mundo nos confere uma noção de **tamanho** (como quando “o local” aparece como menor que “o global”), de relações de **poder** (como quando “o global” superpõe a influência de outras escalas como a “nacional” e a “local”) e, frequentemente, de **hierarquia** (como quando nós consideramos a escala global como mais importante que escalas como a nacional) (grifos nossos).

Em suma, para o autor, o conceito de escala possui, de forma inerente, três categorias que o movimentam e fundam seu entendimento mais corrente: o **tamanho** (ou dimensão), o **poder** e a **hierarquia**.

De acordo com Herod (2011), existem ao menos duas noções atreladas à escala que descortinam a dimensão fortemente espacial deste conceito. Por um lado, existiria uma noção técnica, que se referiria a razão entre o tamanho (real) dos objetos na superfície terrestre e o tamanho em que eles são representados num mapa. Esta questão pode ser ilustrada pela discussão de Castro (1995) sobre a escala cartográfica e a escala geográfica. Por outro lado, o termo “escala” seria usado como um tipo de atalho para descrever uma unidade de área, de certa ordem de grandeza, na superfície terrestre (por exemplo, como quando se estuda um fenômeno “na escala regional”).

As três categorias de pensamento definidas por Herod (2011) - **tamanho**, **poder** e **hierarquia** -, parecem conectar, necessariamente, a definição de escala com a de região (esta última tratada como resultado da escolha arbitrária, por parte do pesquisador, de determinadas variáveis e seu agrupamento num determinado recorte de área). No caso da problemática posta em debate pelo autor, este entendimento diz respeito, sobretudo, a uma noção de região que traz, subjacente, uma noção de espaço absoluto.

Essa discussão aparece quando Herod (2011, p. 6) traz o status ontológico da escala. O autor retoma a influência do pensamento kantiano nas ciências em geral, e na Geografia em particular, levantando a ideia de que a escala tem sido largamente tomada como uma categoria de pensamento, e não como um conceito. Inclusive, tomada como uma categoria do domínio da lógica (de uma lógica formal), e não epistemológica. Para o pensamento kantiano, qualquer ordem aparente do mundo seria resultado não da materialidade dos processos ou dos fenômenos que se

¹³ Andrew Herod traz em seu livro (2011) parte significativa dos debates sobre o conceito (ou categoria) de escala ocorrido na literatura anglófona, sobretudo a partir das contribuições de seu orientador, prof. Neil Smith, que ainda nos anos 1970 inicia sua crítica à escala como um conceito dado, pré-fixado, cristalizado, pré-definido – fundamentalmente, uma crítica às abordagens da perspectiva teórico-quantitativa da Geografia.

dão na realidade, mas seriam resultantes da categorização realizada pelo processo do pensamento.

A escala como categoria do pensamento, portanto, serviria para imprimir, em termos de representação, uma ordem organizacional ao mundo (nesse caso, bastante parecido com a ideia de classificação de Abbagnano, 2007, principalmente em termos lógicos). Esta ordem, que serviria fundamentalmente a produção de “recortes” reais segundo elementos arbitrariamente escolhidos (“regiões”), estaria fundada, então, em uma noção de espaço. Por conseguinte, esta noção de espaço seria compreendida através das categorias de dimensão e/ou distância (daí a forte presença da herança kantiana, de um espaço absoluto). Em síntese – e, segundo Herod (2011), muitos geógrafos frequentemente têm empregado a escala mencionando-a como “escala regional” ou “escala nacional”, sem empreender reflexões teóricas sobre ela – ou sem ao menos apresentar o que se toma como escala. Assim, a escala se apresenta de maneira apriorística na ciência geográfica, como **sinônimo** de um dado recorte espacial (por vezes denominado “regional”), variando apenas conforme sua dimensão (p.ex.: escala global abrangeria a totalidade do globo terrestre, ou mesmo várias áreas ou pontos espalhados pelo globo; escala regional abrangeria uma área contínua de grandeza mediana situada e determinada sobre a superfície terrestre e etc).

Este duplo uso corrente do conceito de escala, segundo Herod (2011) - como categoria de pensamento e como como recorte espacial -, fez com que muitos geógrafos simplesmente compreendessem o mundo como “inerentemente escalar e hierarquicamente compartimentado”, com as escalas-recorte conceituadas como unidades geográfico-espaciais “naturais” – como recortes espaciais a priori. Assim, a escala estaria presente de forma “inerente” à realidade, aparecendo ao pensamento como instrumento analítico de organização do mundo e aparecendo à ciência geográfica como correspondente, como conceito-sinônimo recorte espacial.

Ambas as noções trazem consigo problemas de natureza teórica que implicam reflexões profundas sobre as formas como são produzidos estudos e pesquisas desde a ciência geográfica e, mais notadamente, estudos e pesquisas relacionados ao clima como fenômeno geográfico.

O primeiro problema diz respeito à abordagem da escala como categoria de pensamento, servindo como instrumento analítico de ordenamento e hierarquização do mundo. O conteúdo desta abordagem faz emergir um forte viés que toma a escala como elemento *a priori*, inerente à realidade e possuidora de um conteúdo *em si*. Se a escala *em si mesma* possui significado, ela existe *por si só*, não necessitando do caráter relacional, da sua relação com outras coisas e conceitos para se constituir. Esta é a escala do espaço absoluto, da constituição dos fenômenos

em-si. Este processo de entificação¹⁴ da escala e do espaço vem acarretando, historicamente, na ausência de debates mais aprofundados sobre este conceito na ciência geográfica de forma geral.

O segundo problema (profundamente atrelado ao primeiro) diz respeito à escala como recorte espacial. Na medida em que se toma o espaço como uma das dimensões da existência das coisas, mas destituído da consideração sobre a materialidade de uma realidade que é construída socialmente, a questão é invertida. Não seria, nesse sentido, um processo, uma dinâmica ou mesmo um fenômeno X ou Y a ser estudado que demandaria, necessariamente, a análise da sua dimensão espacial (razão de ser da Geografia), mas sim cada recorte espacial determinaria o que seria passível ou não de ser pesquisado. Assim, ainda que se supere (em certa medida) a tomada da escala e do espaço como *a priorísticos*, estes passam a ser, neste segundo problema, definidos a partir de fenômenos que teriam um entendimento de ocorrência conectado diretamente a determinado recorte espacial de realização. Em outras palavras, existiriam processos, dinâmicas ou mesmo fenômenos que teriam exclusividade de investigação em determinadas “escalas”, praticamente “não existindo” em outras “escalas” (por exemplo, o estudo do padrão ENOS somente se daria na “escala global”, ou das massas de ar somente na “escala regional”, assim como o clima urbano somente se realizaria na “escala local”). Nesse contexto, a escala (sinônimo de recorte espacial) é que determinaria o fenômeno. Ambas as problemáticas podem ser observadas na forma como se aborda, na Climatologia, as escalas.

4.3. As escalas geográficas do Clima

Historicamente tratada pela Climatologia produzida pelos geógrafos, a escala acarretou discussões importantes, não só prementes, como candentes até os dias atuais. Sobretudo em tempos de abordagens sobre mudanças, flutuações e alterações climáticas, a importância de se ter claro uma (ou um conjunto de) noções basilares para a construção de um conceito de escala se faz fundamental.

Ao longo da história da produção do conhecimento científico do clima a partir da ciência geográfica, pode-se considerar a existência de, ao menos, três definições de escala que acabaram por construir conceitos amplamente difundidos e empregados na Geografia. São elas as definições de escala de Ribeiro (1993), de Monteiro (1976) e de Sant’Anna Neto (2013).

¹⁴ Martins (2007), ao apresentar suas análises sobre a questão do fundamento ontológico do ser e da Geografia, esclarece que “Todo ser é ser de um ente, e é esse ser que determina o que ele [o ente] é. O ente é o que é em função de seu ser, tornando-se uma entidade. O ser é condicionante, o ente o condicionado. E o ente e o seu ser são determinados em sua essência definidora a partir da sua existência”. Ainda, “De um lado falamos do ente e da sua essência, ou seja, seu ser, e de outro falamos do Existir desse ente, que fará dele ser o que é. É exatamente essa distinção que permite ver na existência o fundamento do ser, que por sua vez fará do ente o que ele é, ou seja, o seu conceito. Ou seja, as formas do existir são determinantes na definição do ser na sua essência”.

Preocupado com as formas de compreensão dos fenômenos climáticos e os principais elementos que os constituem, Ribeiro (1993, p. 46) inicia seu constructo argumentativo com a seguinte definição de escala:

A escala é uma referência de valor arbitrada segundo critérios que interessam à compreensão de um fenômeno (Ribeiro, 1993, p. 46).

Para Ribeiro (1993), o estudo acerca dos fenômenos climáticos seria relacionado a uma clara compreensão da sua realização espacial e temporal que, demarcada a partir da escala, pode ser entendida principalmente no âmbito de sua **extensão** e sua **duração**.

Ao tomar o espaço como extensão e o tempo como duração, Ribeiro (1993) propõe uma métrica, dentro da qual poderiam ser enquadrados os distintos fenômenos climáticos e que, por sua vez, produziriam em combinações, unidades ou tipologias específicas. Assim, para o autor as escalas funcionariam como padrões de **ordenamento**, **hierarquização** e **grandeza**, servindo à produção de distintas unidades taxonômicas pautadas numa métrica espaço-tempo arbitrariamente definida segundo princípios e fundamentos físicos e dinâmicos da atmosfera.

Estas categorias são explicitadas por Ribeiro (1993, p. 288-289) quando explica os critérios orientadores das escalas:

- a) São consideradas escalas superiores aquelas mais próximas do nível planetário e escalas inferiores aquelas mais próximas dos indivíduos habitantes da superfície terrestre;
- b) As combinações de processos físicos interativos numa escala superiores resultam em modificações sucessivas no comportamento da atmosfera nas escalas superiores;
- c) As combinações particulares de processos físicos nas escalas inferiores possuem limitada repercussão nas escalas superiores;
- d) O grau de dependência da radiação extraterrestre na definição climática é maior nas escalas superiores, enquanto que a influência dos elementos da superfície, inclusive a ação antrópica, vai-se tornando mais pronunciada na medida em que se atingem as escalas inferiores;
- e) Quanto mais extenso o resultado de determinada combinação, maior será o tempo de sua permanência, sendo o inverso igualmente verdadeiro;
- f) A extensão de uma determinada combinação na atmosfera resulta num atributo tridimensional, sendo, portanto, volumétrica a noção de extensão, em Climatologia, e tendo como limite superior o próprio limite da atmosfera terrestre (Ribeiro, 1993, p. 288-289)

Para Ribeiro (1993), as escalas apresentam-se como: estruturas **lógicas** ordenadas segundo uma **grandeza** espacial (item a); hierarquicamente organizadas (itens b e c); que **contém** fenômenos que denotam processos **predominantes** em cada uma delas (item d); que possuem

estruturas **temporais** definidas (item e); e que tem a realização dos fenômenos não apenas no âmbito tempo-espaço, mas também numa dimensão de **profundidade** (item f).

Longe de ignorar os fenômenos e processos climáticos que se realizam, fundamentalmente, na superfície terrestre, Ribeiro (1993) combina essas referências para produzir como que escalas de classificação taxonômica dos fenômenos climáticos. Essas escalas seriam delimitadas a partir de um espaço-tempo que é relativo, ou seja, que é definido (ainda que arbitrariamente) com o objetivo de conter determinados fenômenos e dinâmicas que lhes são predominantes.

Segundo Ribeiro (1993), três seriam os níveis analíticos escalares do clima, a saber: **nível macroclimático** (interação entre radiação solar, curvatura da Terra e seus movimentos de rotação e translação); **nível mesoclimático** (interação entre a energia disponível e as feições do meio terrestre), e **nível microclimático** (interação entre os sistemas ambientais particulares na modificação dos fluxos de energia, umidade, massa e *momentum*) (Ribeiro, 1993, p. 289).

Esses três níveis analíticos têm como fundamento a produção de ordens taxonômicas de grandeza: o clima zonal, clima regional, mesoclima/clima local, topoclima e microclima. Todas estas ordens taxonômicas de grandeza partem de uma delimitação areal como pressuposto espacial, a partir da qual se elegem os fenômenos para análise. Em síntese, elas se constituiriam em delimitadoras de recortes sobre os quais se dá a ocorrência de fenômenos climáticos, tendo o regional (por exemplo) como uma ordem de grandeza de área. Os fenômenos, assim, seriam estudados **a partir** da área (tomada como espaço), já, de acordo com o entendimento de Ribeiro (1993), é na área (espaço) que eles estão contidos.

Inserido no seio de uma abordagem dinâmica, Monteiro (1964) reconhecidamente explicitava sua preocupação com a gênese dos tipos de tempo. Em consequência, essa abordagem genética também foi defendida por ele não somente para seu emprego na Climatologia de forma geral, mas inclusive à serviço de uma classificação climática – e é nesse contexto que Monteiro (1962) atribui a climatologia tradicional a tomada da escala como um problema.

Segundo o autor, a ausência da discussão sobre o encadeamento das diferentes “escalas” do clima acaba trazendo problemas subsequentes quando da análise da distribuição “geográfica” dos diferentes tipos climáticos. Segundo Monteiro (1962), os estudos realizados no âmbito da “escala local” e com base nos estudos estáticos, acabam tendo como padrão de referência valores médios, a partir dos quais se definem os elementos. Por conseguinte, o emprego de valores médios não necessariamente pode proporcionar o estudo destes mesmos elementos climáticos em sua dinâmica, o que, para o autor, constituir-se-ia num enorme problema posto que a

distribuição espacial dos elementos climáticos seria resultante da relação entre a dinâmica climática e os atributos geográficos locais-regionais (fatores geográficos do clima).

Nesse sentido, de acordo com Monteiro (1962), o principal problema estaria assentado no entendimento do que denominou “escala regional”.

Acreditamos que o principal obstáculo a uma revisão no problema das explicações da gênese, único compromisso compatível com o caráter científico da Geografia, tem suas bases assentadas na escala regional (Monteiro, 1962, p. 30).

Para Monteiro (1962, 1964) à época, o regional indicaria o principal conceito da ciência geográfica – a região, aquela que a dotaria de cientificidade. Além disso, entendido como um conceito de síntese, ela serviria para amalgamar os elementos e fatores geográficos do clima na produção de unidades regionais – também sintéticas em suas combinações.

No caso específico de sua proposta de classificação climática, Monteiro (1973) buscou particularizar unidades climáticas, sobretudo pautadas na dinâmica da precipitação, em relação as grandes fisionomias de relevo. Anos mais tarde (1976), a preocupação com o conceito de escala persistiu em sua obra, chegando a apresentar, em “Teoria e Clima Urbano”, um quadro para referência nas análises climáticas pautado no que delimitou como escalas geográficas do clima (**quadro 5**).

Para Monteiro (1976), as escalas seriam organizadas de acordo com ordens de grandeza (baseados no trabalho de Tricart e Cailleux), com determinada abrangência espacial (da ordem de milhares a centenas de km²), possuiriam uma escala de representação cartográfica e poderiam ser delimitadas quanto ao que denominou de “espaços climáticos”. A estes, corresponderiam recortes areais que conteriam processos e dinâmicas que lhes caracterizariam e poderiam ser identificadas através do que chamou “fatores de organização”. Estes fatores corresponderiam a variáveis e fatores determinantes que mobilizariam, em cada escala, seus elementos inerentes. Assim, o que denominou de espaços climáticos zonais teriam como fatores de organização as latitudes e centros de ação atmosférica. A medida em que estes espaços climáticos seguem em níveis de grandeza inferiores, os fatores de organização também seguiriam correspondendo a variáveis mais detalhadas em termos de processos, saindo da circulação secundária até chegar nos fatores de arquitetura e habitação.

| ORDENS DE GRANDEZA (CAILLEUX E TRICART) | UNIDADES DE SUPERFÍCIE | ESCALAS CARTOGRÁFICAS DE TRATAMENTO | ESPAÇOS CLIMÁTICOS | ESPAÇOS URBANOS | ESTRATÉGIAS DE ABORDAGEM | | |
|---|------------------------|-------------------------------------|-----------------------|---|---|---|----------------------------------|
| | | | | | MEIOS DE OBSERVAÇÃO | FATORES DE ORGANIZAÇÃO | TÉCNICAS DE ANÁLISE |
| II | 106 Milhões de km | 1:45.000.000 1:10.000.000 | Zonal | - | Satélites Nefanálises | Latitude Centros de ação atmosférica | Caracterização geral comparativa |
| III | 104 milhares de km | 1:5.000.000 1:2.000.000 | Regional | - | Cartas sinóticas Sondagens aerológicas Rede meteorológica de superfície | Sistemas meteorológicos (circulação secundária) | Redes Transectos |
| IV | 102 centenas de km | 1:1.000.000 1:500.000 | Sub-Regional (Fácies) | Megalópole Grande área metropolitana | | Fatores geográficos regionais | Mapeamento sistemático |
| V | 10 Dezenas de km | 1:250.000 1:100.000 | Local | Área metropolitana Metrópole | Posto meteorológico Rede complementar | Integração geocológica Ação antrópica | Análise espacial |
| VI | 10-2 centenas de km | 1:50.000 1:25.000 | Mesoclima | Cidade grande Bairro ou subúrbio de metrópole | Registros móveis (episódicos) | Urbanismo | Especiais |
| - | Dezenas de metros | 1:10.000 1:5.000 | Topoclima | Pequena cidade Fácies de bairro/subúrbio de cidade | (Detalhe) | Arquitetura | |
| - | Metros | 1:2.000 | Microclima | Grande edificação Habitação Setor de habitação | Baterias de instrumentos especiais | Habitação | |

Quadro 5 – Características taxonômicas da organização geográfica do clima e suas articulações com o clima urbano

Fonte: Monteiro (1976).

Ao inserir os fatores de organização como elementos analíticos dinamizadores de uma noção de escala que pressupõe um recorte espacial no qual se situam dinâmicas e fenômenos, Monteiro (1976) expressa: 1) uma abordagem de escala comprometida com a mobilização de dinâmicas e variáveis no desvendamento de fenômenos climáticos; 2) a pressuposição do espaço não apenas em termos areais, isto é de delimitação de sua extensão mas, antes, uma preocupação sobre o espaço que expressa, a depender da escala, diferentes processos.

Não se trata, necessariamente, de situar elementos climáticos numa área específica, mas sim de estabelecer interrelações entre fenômenos, dinâmicas e processos com um espaço que, nessa abordagem, tem em sua razão de ser uma existência relativa. Em suma, a depender da ocorrência de um fenômeno num determinado quadro espacial que, por sua vez, modula a própria dinâmica que é inerente ao fenômeno, Monteiro (1976) lançou as bases para um entendimento de escala geográfica do clima que reflete um espaço relativo como o sentido de ser do geográfico. Dentre outros méritos, Monteiro (1976) não somente alçou um conceito de escala como um dos mais importantes dentro dos estudos geográficos do clima, como se apropriou dele para efetuar propostas de operacionalização. Entretanto, mesmo quase 40 anos mais tarde, reconhece-se, assim como em Zavattini (2003), que as propostas teóricas e metodológicas de Monteiro ainda carecem de maior difusão no campo da climatologia.

A partir dos níveis de grandeza espacial, com base nos trabalhos de Monteiro (1976), Sant'anna Neto (2011) também contribuiu com os debates acerca do conceito de escala no campo de Climatologia (**figura 7**). Ao conferir maior relevância analítica ao tempo (cronológico) como principal fator dinamizador dos processos e fenômenos de natureza climática, o autor acabou por produzir uma síntese que denominou de escala geográficas do clima. Para além de uma proposta operacional em termos procedimentais, ela acabou por se tornar uma espécie de matriz analítica, fazendo com que mudança, variabilidade e ritmo consistissem ou pudessem consistir em escalas de processos.

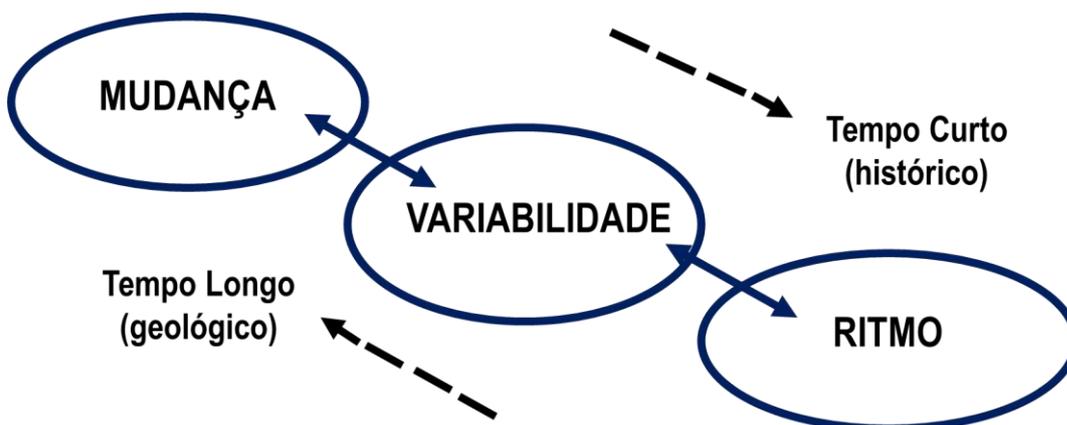


Figura 7 – Escalas geográficas do clima, com ênfase para a dimensão temporal
Fonte: Adaptado de Sant'Anna Neto (2013)

A valorização do tempo (cronológico), longe de desvalorizar o espaço, o complexifica, posto que desloca o enfoque do espaço como grandeza de área e/ou como recorte espacial delimitado para um espaço que se define a partir da relação que possui com os fenômenos climáticos em análise.

Essa abordagem além de demandar uma interação entre elementos climáticos e um espaço composto por rugosidades e morfologias, traz a necessidade de se considerar, ao menos em termos de Geografia do Clima, os processos de produção capitalista do espaço.

Nesse sentido ressalta-se que nenhuma concepção de escala se apresentou, até o momento, descolada de uma concepção de espaço. As diferenças entre as abordagens de escala geográfica do clima, para além de residir somente em aspectos operacionais ou procedimentais, expressam, na verdade, diferenças nas suas concepções de espaço. Por sua vez, tais diferenças tem como fundamento epistemológico um sentido de ser ontológico, qual seja a consideração do clima como um fenômeno geográfico.

Em síntese, região e escala, conforme abordado, são conceitos historicamente fundantes da ciência geográfica e que tem, em seu conteúdo, atributos espaciais inerentes. A depender do conteúdo das definições de escala e de região as quais se apropria, elas podem denunciar distintos entendimentos sobre espaço.

4.4. Espaço, espacialidade, vulnerabilidade e o fundamento geográfico do clima

Harvey (2015) retoma uma aprofundada reflexão realizada ao longo de sua obra em torno da categoria espaço. Ao iniciar o debate a partir do campo da filosofia para tentar compreender de que maneira o espaço poderia ser pensado no âmago dos processos urbanos sob o capitalismo, Harvey acabou por identificar a existência de um entendimento tripartite das formas de concepção do espaço.

Em seu texto *Explanation in Geography* (1973), o autor resumizou:

Se considerarmos o espaço como **absoluto**, ele se torna uma 'coisa em si mesma', com uma existência independente da matéria. Ele possui então uma estrutura que podemos usar para classificar ou distinguir fenômenos. A concepção de espaço **relativo** propõe que ele seja compreendido como uma relação entre objetos que existe pelo próprio fato dos objetos existirem e se relacionarem (...). O espaço **relacional** – espaço considerado, à maneira de Leibniz, como estado contido em objetos, no sentido de que um objeto pode ser considerado como existindo somente na medida em que contém e representa em si mesmo as relações com outros objetos (Harvey, 1973, p. 13, *apud* Harvey, 2015).

Para o autor, estes três espaços guardariam particularidades com relação a sua potencialidade na análise de fenômenos da realidade, e esta seria uma questão fundamental posto que a principal categoria de análise da ciência geográfica seria o espaço.

Assim, o espaço absoluto seria um fixo, delimitado a partir de um recorte dentro do qual se inserem fenômenos para análise. Semelhante ao plano cartesiano, o espaço absoluto serviria não apenas a localização dos fenômenos, mas à sua mensuração em termos de grandeza e ordenamento hierárquico.

O espaço relativo, segundo Harvey (2015) poderia facilmente ser paralelizado com os padrões físicos não-euclidianos de espaço. Nessa abordagem, o espaço seria relativo em, ao menos, dois sentidos: primeiro, de que várias são as possibilidades de se recortar geometricamente essa moldura que se constitui no espaço, e, em segundo lugar, que esse quadro espacial depende, necessariamente, dos fenômenos e dinâmicas em análise. Assim, o espaço absoluto agora seria dinamizado em função do tempo, tomando-o como uma segunda dimensão inerente à análise. Entretanto, compreendido como “corpo do tempo”, é o espaço que se “dobra”, que demonstra as variações e oscilações. Ao tempo, caberia apenas a tarefa de se constituir em uma flecha que flui, de modo linear, no curso da história, tendo sua expressão dinâmica impressa no espaço.

Já o espaço relacional foi associado inicialmente às noções de mônadas de Leibniz, que tiveram como referência a desmistificação do espaço e do tempo como elementos absolutos. Segundo Harvey (2015), até mesmo para Newton a existência absoluta do tempo e do espaço serviriam como uma das comprovações da existência de Deus, posto que ele estaria inserido (onipresente) nestas duas dimensões. Entretanto, Leibniz teria buscado se contrapor a essa avaliação, sustentando que não existiriam espaço e tempo absolutos, mas que essas dimensões somente existiriam em função dos processos em análise. Em síntese, não existiriam tempo e espaço fora dos processos que os definem, já que “os processos não ocorrem no espaço, mas definem seu próprio quadro espacial. O conceito de espaço está embutido ou é interno ao processo” (Harvey, 2015, p. 130).

Para Harvey (2015), entretanto, não existiria uma concepção privilegiada de espaço com relação a outra. Em verdade, o autor considera, inclusive, o espaço como sendo as três, ao mesmo tempo. Segundo Harvey (1973, p. 132 *apud* Harvey, 2015):

O espaço não é nem absoluto, em relativo, nem relacional em si mesmo, mas ele pode tornar-se um ou outro separadamente ou simultaneamente em função das circunstâncias. O problema da concepção correta do espaço é resolvido pela prática humana em relação a ele. Em outros termos, não há respostas filosóficas a questões filosóficas que concernem à natureza do espaço – as

respostas se situam na prática humana. A questão 'o que é o espaço?' é, por consequência, substituída pela questão 'como é que diferentes práticas humanas criam e usam diferentes concepções de espaço?' (Harvey, 1973) (p. 132).

A escolha de uma concepção de espaço em detrimento das demais, ainda que possa eventualmente conferir a ideia de uma abordagem excludente ou mesmo hierárquica entre essas concepções em termos analíticos, não pressupõe hierarquia, exclusão e, tampouco, ordem de grandeza. Em outras palavras, o espaço relacional, que aparece como mais complexo, não contém os espaços relativo e absoluto; tampouco, o espaço relativo contém o absoluto e este último, por sua vez, apenas está contido nos demais. Pelo contrário, Harvey (2015) defende uma abordagem dos três espaços segundo uma constante tensão dialética, a partir da qual os três podem ser empregados nas análises.

A opção pelo emprego de uma ou outra concepção, na perspectiva de Harvey (2015, p. 132), dependeria da *natureza dos fenômenos* considerados. Com relação ao que o autor denomina natureza dos fenômenos, depreende-se que esta questão faz emergir uma dimensão ontológica na reflexão.

Antes de se conceber os três espaços (absoluto, relativo e relacional) como mutuamente excludentes, Harvey (2015) indica a importância da consideração da coexistência destas três concepções, que variam a depender das formas de relação que se tem com a realidade. Acredita-se, ainda, na necessidade de se compreender essa coexistência como um movimento ontológico que permite, em termos epistemológicos, reflexões em espiral, que, conforme avança, complexifica os fenômenos e dinâmicas em análise.

No caso específico das abordagens climáticas, ao conceber o espaço em termos absolutos, a escala de abordagem dos fenômenos climáticos se expressa como uma medida de recorte dentro da qual o clima está situado. Por outro lado, o entendimento de um espaço relativo reflete uma compreensão de escala que serve a um desvendamento dos fenômenos climáticos de acordo com as diferentes grandezas espaciais, a partir das quais num jogo entre grandeza e variáveis a distribuição espacial dos elementos climáticos se alteram. Mais além o entendimento da alteração dos elementos climáticos se complexifica quando se passa a considerar que o espaço não é simplesmente uma superfície sobre a qual os fenômenos se realizam ou com o qual os elementos climáticos se relacionam. Antes disso o espaço é constitutivo da dinâmica climática assim como a dinâmica climática é constitutiva do espaço, tendo na escala um instrumento analítico de revelação ou evidenciação de fenômenos e dinâmicas (Castro 1995; Herod 2011).

Aquilo que se considera como constitutivo do clima é o que permite diferenciar as suas abordagens dentro da ciência geográfica, posto que reflete seu estatuto ontológico, qual seja o que é o clima como fenômeno geográfico. Ou seja, o que dotaria o clima de um estatuto geográfico.

Para Carleton (1999), desde o final do século XX a ciência do clima ganhou enorme prestígio e escopo em contraposição à sua posição histórica de “patinho feio” (“*ugly duck*”) que sempre teve no interior dos serviços meteorológicos, quando a Climatologia se tratava largamente da compilação de dados anuais de precipitação e temperatura. Essa “virada” também teria influenciado a “Climatologia Geográfica”, descrita por Mather *et al* (1980) e por Yarnal *et al* (1987) como aquela aplicada na classificação em larga escala de grandes regiões do planeta Terra (Sanderson, 1999) através da combinação de índices de temperatura e precipitação com padrões de distribuição da vegetação.

Carleton (1999) destacou seis elementos que teriam sido catalisadores das mudanças promovidas na Climatologia e, por conseguinte, na Climatologia Geográfica:

- 1) O reconhecimento de um sistema climático integrado, que compreenderia não apenas a atmosfera (província dos meteorologistas), mas a biosfera, a criosfera, a hidrosfera (especialmente os oceanos), em conexão com processos de feedback não lineares que são radiativos, termais, químicos e dinâmicos;
- 2) O aumento da percepção que a ocorrência tanto de eventos extremos (por exemplo ciclones tropicais, tornados, ondas de calor) como de anomalias climáticas (secas, grandes períodos chuvosos) se apresentariam como mudanças de escala decadal na temperatura e precipitação;
- 3) O crescente receio dos potenciais e reais impactos das atividades humanas em algumas das mudanças climáticas, incluindo o “aquecimento global” pelas emissões de gases-traço, emissões de clorofluorcarbonetos (CFC) e seus efeitos na camada de ozônio estratosférica; as mudanças do uso e cobertura da terra, particularmente a devastação das florestas e conversão dessas porções em áreas agrícolas, processos de urbanização e irrigações em larga escala; poluição do ar troposférico, particularmente emissões de aerossóis sulfáticos; e aumento da cobertura de nuvens, especialmente nas áreas de maior tráfego aéreo pesado;
- 4) Aplicação de fundamentos físicos e matemáticos em meteorologia e em ciências atmosféricas em geral na determinação de como o sistema climático funciona, como varia e como ele pode ser previsto, particularmente como revelado nos Modelos de Circulação Geral (GCMs);

- 5) A disponibilidade de novos recursos de dados para estudo do sistema climático, especialmente aqueles derivados de satélites;
- 6) O crescimento do acesso à informação em áreas distantes, usando computadores pessoais, incluindo a aquisição de dados climáticos via web como a análise estatística online desses dados.

Segundo Carleton (1999), estas demandas tornariam difícil identificar uma metodologia na climatologia que seja distintamente “geográfica”, ainda que quase todos os climatologistas empreguem as médias para apoiar generalizações espaciais (o que se constituiria no método geográfico do clima). Os avanços poderiam servir, por outro lado, para desenvolver técnicas de análise integrada de processos em diferentes escalas espaciais, desde aquelas de pequenas a grandes escalas (*upscaling*) como de grandes à pequenas escalas (*downscaling*).

Nesse sentido, depreende-se de Carleton (1999) que o geográfico do clima não seria um fenômeno específico, ou um recorte espacial, mas sim um método por excelência, qual seja, a generalização espacial e, ao mesmo tempo, a diferenciação dos arranjos dos elementos climáticos sobre a superfície terrestre. Em síntese, esta assertiva está presente nas considerações finais de Carleton (1999):

Um possível tema unificador na climatologia contemporânea que combine o foco tradicional da variação espacial, diferenciação de área (“lugar” e “região”) e as relações “homem-superfície”, é aquele das interações entre clima e superfície. [...] A Climatologia da Geografia foi largamente fundada a partir da distinção de **regiões climáticas** (isto é, definição de padrões). [...] Os estudos climáticos feitos por geógrafos frequentemente destacam as variações climáticas de uma **região particular**, como os campos de TSM, ROL ou fenômenos de dimensão geopotencial que impactam um lugar que pode ser considerado uma escala continental e mesmo hemisférica. [...] Para o geógrafo-climatologista, o domínio vertical do estudo da atmosfera é limitado para a **extensão** na qual os processos e padrões de circulação impactam o clima sobre ou muito perto da superfície terrestre, na qual as pessoas vivem (p. 719-720, tradução livre, grifos da autora)¹⁵.

O que constituiria, dotaria o clima de geograficidade, para Carleton (1999), seria necessariamente um atributo espacial. Entretanto, este espaço se apresentaria como um recorte

¹⁵ No original: One possible unifying theme in contemporary climatology that combines traditional geographic foci of spatial variation, areal differentiation (“place” and “region”), and “human-land” relationships, is that of land surface-climate interactions. [...] Climatology within geography was largely founded upon distinguishing climate regions (i.e. patterns). [...] Climatological studies by geographers often highlight the climate variations of a particular region, even though the fields of SSTs, OLR, or geopotential Heights impacting that location may be considered on a continental or even hemispheric scale. [...] To the geographer-climatologist, the vertical domain of study within the atmosphere is limited to the extent to which processes and circulations impact the climate at or very near the Earth’s surface where people live (p. 719-720)

de área, uma superfície sobre e dentro da qual se realizam os elementos climáticos a serem estudados e, em comparação com outros recortes de área, podem apresentar diferenciações ou semelhanças. Em suma, o clima como fenômeno geográfico, para Carleton (1999), seria respaldado na distribuição espacial dos elementos climáticos.

De modo particular, os estudos climáticos na ciência geográfica brasileira tiveram desenvolvimento específico, se comparados com outros países do mundo, a partir da abordagem proposta na obra de Monteiro (1969, 1971, 1973, 1976), tanto com relação à análise rítmica quanto aos estudos de clima urbano. Para o autor, a crítica de Max. Sorre às definições de clima difundidas, principalmente, por Hann (1903) foram centrais para possibilitar o desenvolvimento de estudos climáticos pautados no clima desde uma perspectiva dinâmica. Para Monteiro (1991):

A aceitação do conceito de Max Sorre (1951) deu margem a adoção de um novo paradigma que não encontraria apoio em uma estratégia metodológica, de vez que Sorre não produziu análises climatológicas (Monteiro, 1991, p. 38-39).

A despeito das abordagens históricas relacionadas às origens da climatologia dinâmica, da importância dos estudos genéticos e do paradigma do ritmo climático¹⁶ na construção de uma Climatologia Geográfica, destaca-se, para o propósito deste trabalho, que o geográfico do clima, na perspectiva de Monteiro (1991) constituiria, fundamentalmente, na dimensão relacional entre dinâmica climática e superfície terrestre. Segundo Monteiro (1991):

A Geografia (...) apoiada na informação produzida pela observação meteorológica, centraliza sua preocupação naquela camada mais complexa e turbulenta representada pela troposfera inferior a quem os meteorologistas designam como 'camada de mistura' (Monteiro, 1991, p. 17).

Ao fundar o desenvolvimento de suas preocupações teóricas e metodológicas na pergunta "o que há de geográfico no clima?", Monteiro (1971, 1973, 1976, 1991) centra suas investigações nos elementos constituintes dos estudos climáticos que teriam relação direta com a organização dos grupos sociais no espaço.

Em suas mais variadas dimensões escalares, esta relação se realizaria de forma particular e evidenciaria processos e fenômenos que produziriam quadros de combinações complexas entre os elementos climáticos e fatores geográficos do clima. Esta distribuição, por sua vez, seria importante na compreensão das formas através das quais os grupos sociais se relacionariam com

¹⁶ As discussões sobre as origens, influências e matrizes de produção de uma climatologia geográfica foram amplamente discutidas na literatura, como em Sant'Anna Neto (2001a e 2001b), Zavattini (2003, 2009), Barros e Zavattini (2009), Zavattini e Boin (2013), Armond (2014), Armond e Sant'Anna Neto (2017), entre outros.

a dinâmica climática. Para Monteiro (1969, 1971, 1991), seria através do ritmo climático, da relação entre sociedade e tempo (atmosférico) no decurso do tempo (cronológico) que se produziria o clima como fenômeno geográfico.

Mais recentemente e, de certo modo, tributário das contribuições de Monteiro (1971), Sant'Anna Neto (2001) propôs uma inversão da questão relacionada a dimensão climática nos estudos geográficos. Para o autor, mais importante que identificar aspectos, elementos e fatores que pudessem ser convertidos para os estudos da ciência geográfica, seria entender o que, do clima, interessa à ciência geográfica. Assim, parte de uma Geografia que tem como fundamento a relação integradora entre sociedade e natureza na produção do espaço geográfico.

Porém, essa relação não é abordada de forma a priori em termos conceituais, simplesmente como uma integração entre dois fatores aparentemente dissociados, mas sim como um fundamento filosófico de uma relação que se constitui ao longo de um processo histórico. Por isso, é uma relação que guarda especificidades sobretudo no que se refere às lógicas que a orientam na produção de um espaço geográfico que, sobretudo sob a difusão do modo de produção capitalista, tem em conceitos como classes sociais uma das suas possibilidades analíticas (Satterthwaite *et al*, 2009).

Assim, compreender o clima como fenômeno geográfico, para Sant'Anna Neto (2001), significa, necessariamente, compreender de que maneira as classes sociais, ao se reproduzirem e produzirem espaço, se relacionam com a dinâmica climática. O clima, a sociedade e o espaço, portanto, adquiririam um caráter estritamente relacional, conteúdo e continente entre si, simultaneamente (Harvey, 2015).

A despeito da diversidade de matrizes teóricas e interpretativas da produção do espaço (Lefebvre, 1972, 2013; Santos, 2004, entre outros), considera-se que mudanças vem ocorrendo nas principais formas conceituais de abordagem da produção capitalista (e, portanto, desigual, contraditória e heterogênea) do espaço, sobretudo em função de uma perspectiva relacional entre sociedade e natureza que parta da análise desta última. Essas tendências se fazem presentes, e possuem uma máxima verificada por meio da pioneira contribuição de Rhoads (1999) sobre a necessidade de estudos integrados entre Geografia Física e Geografia Humana. Mais, mais recentemente, as contribuições de Lave (2014), Lave *et al* (2014), Ashmore (2015), Blue e Brierley (2015), Ashmore e Dodson (2016) e Lane *et al* (2018), situam as produções científicas integradoras e que trazem como uma das vertentes analíticas as teorias críticas, sejam de origem marxista, pós-colonial ou mesmo simplesmente pautadas na redefinição do conceito de natureza, no interior de uma grande tendência denominada Geografia Física Crítica.

De modo geral, e inseridos nesta tendência, um dos principais conceitos empregados para a evidenciação das desigualdades socioespaciais é conceito de vulnerabilidade, sobretudo aplicado aos estudos das dinâmicas da natureza a ciência geográfica.

Nascimento Junior (2018, p. 60) fez importantes sínteses acerca da origem e histórico do conceito, situando-o no âmbito de três grandes abordagens: a) a vulnerabilidade como elemento do risco; b) vulnerabilidade como pauta conjuntiva do risco; c) como relativização do perigo.

Marandola Jr e Hogan (2006) identificam a vulnerabilidade (como processo materializado) como um fenômeno presente sobretudo a partir do que chamam de modernidade tardia. Esse marco temporal é expresso em função da difusão dos processos e conceitos de risco e incerteza que, sobretudo a partir da exacerbação das crises (econômica, política, social, ambiental), faz com que se evidencie a percepção geral de que os perigos não são democraticamente compartilhados. Antes, não somente não são compartilhados como a própria situação de vulnerabilidade se apresenta não apenas como uma condição, mas sim como um processo contraditório que é estruturante das formas através dos quais a sociedade se relaciona com a natureza e, por conseguinte, com a sua própria natureza. No seio da modernidade tardia, a principal expressão dessa contradição ocorre quando:

parece que os pobres estão mais pobres, mesmo que os ricos não estejam necessariamente mais ricos e a faixa média de renda permaneça colecionando perdas sociais e de poder aquisitivo nos últimos anos (Marandola Jr e Hogan, 2006, p. 34).

A emergência e ampliada difusão do conceito de vulnerabilidade no interior da ciência geográfica tem como característica a central importância que o espaço possui na sua constituição. Portanto, dada a identificação da Geografia com o espaço (que, para este campo do conhecimento, chega a ser tratado como categoria¹⁷, e não como conceito), a vulnerabilidade apresenta amplas possibilidades de expansão e potencialidades de análise a partir da ciência geográfica.

A vulnerabilidade, como elemento estruturante de uma relação sociedade e natureza na produção capitalista do espaço, não deve ser abordada apenas em termos econômicos e/ou relacionados apenas à renda. Para os autores, as situações de degradação social também se

¹⁷ Nos debates sobre suas definições a partir de uma base materialista, tem-se a abordagem das categorias como construções materiais e filosóficas, historicamente situadas e produzidas, estruturantes dos conceitos. Cabe às categorias, na dialética entre o geral e o particular, estabelecer princípios que permitam aos conceitos a sua definição, seu nexos. Na medida em que se alteram os princípios de entendimento das categorias, se alteram os fundamentos dos conceitos. Esse movimento de construção e reconstrução das categorias, dentro de uma concepção materialista, parte dos conceitos, posto que são estes que se conectam de forma mais direta com o entendimento da realidade concreta e fenomênica. Para mais, ver Cheptulin (1982).

expressam em âmbito ambiental, onde se dão sobreposições de perigos e riscos, potencializando os danos quando da ocorrência de episódios extremos (Marandola Jr e Hogan, 2006).

Em síntese, pode-se considerar que sendo a desigualdade uma das expressões sociais do modo de produção capitalista, a vulnerabilidade apresenta-se como uma de suas expressões espaciais. Essas assimetrias possuem como princípio fundante o alheamento. Enquanto houver capitalismo, ocorrerão assimetrias e heterogeneidades na distribuição dos desastres, sendo, a vulnerabilidade um de seus elementos estruturantes. Pode-se depreender, em última análise, que não há possibilidade de se findar as condições atuais de vulnerabilidade sob o capitalismo, posto que a vulnerabilidade, tal qual se qualifica e particulariza na sociedade atual, está pautada na desigualdade.

Embora o componente da incerteza esteja presente, pois nunca podemos prever com exatidão quando, onde e com que intensidade ocorrerá determinado evento, estes fenômenos não são exatamente excecionalidades, pois possuem periodicidade cíclica (Marandola Jr e Hogan, 2006, p. 35).

Nesse sentido, caberia à ciência geográfica, através de seu instrumental analítico (conjunto conceitual e categorial) e procedimental, efetuar investigações sobre as circunstâncias e variáveis que, se constituindo em expressões da desigualdade, seriam responsáveis pela vulnerabilização, em termos processuais e materiais, de determinados grupos sociais. Estas circunstâncias e variáveis possuem natureza complexa, envolvendo, ao menos as dimensões sociais e ambientais de forma simultânea. Daí a potencialidade da Geografia em operar com este conceito.

Cutter (1996, 2011) traz, ainda, a necessidade de se refletir acerca da vulnerabilidade não apenas como um processo estruturante da sociedade, mas também estruturante dos espaços. Para a autora, no campo de estudos sobre a vulnerabilidade, é fundamental que se tenha em conta de que maneira os lugares são afetados. Essa perspectiva alça ao centro da análise uma espacialidade não apenas restrita à existência de um substrato físico ou material, mas sim de uma unidade de referência para a compreensão desses fenômenos e processos.

A autora sumariza dois princípios analíticos da vulnerabilidade. O primeiro deles consiste na identificação dos fatores que influenciariam as capacidades dos lugares na preparação, resposta e recuperação dos desastres, e o segundo seria o requisito do conhecimento geoespacial e da investigação das realidades locais. Em síntese, a análise da vulnerabilidade dos lugares permite a compreensão sobre como o mesmo episódio pode deflagrar impactos bastante distintos em áreas inclusive próximas em termos locacionais (Cutter, 1996, 2011).

Ao relacionar variáveis demográfico-populacionais de várias naturezas, Cutter (1996, 2011) e Cutter *et al* (2003) propuseram a produção do *Social Vulnerability Index* – SoVI, com vistas a operacionalização, em termos de representação espacial, do entendimento da vulnerabilidade dos lugares. Para a autora:

O SoVI é uma avaliação quantitativa das características que influenciam a vulnerabilidade social aos riscos e facilita a comparação entre unidades geográficas espaciais em termos dos seus níveis relativos de vulnerabilidade social. Os perfis socioeconômicos são gerados a partir da informação dos censos e submetidos a um procedimento estatístico para reduzir o número de variáveis a um conjunto menor de fatores que descrevem a vulnerabilidade (Cutter, 2011, p. 63).

O SoVI consiste em uma proposta dentre variados modelos de compreensão e representação das condições de vulnerabilidade (Alhassan *et al*, 2018), tendo sido inclusive já aplicado ao território brasileiro por Hummel *et al* (2016). O potencial de uma análise da vulnerabilidade dos lugares, atrelado a operacionalização dos seus processos associados, foram determinantes na escolha pelo emprego do SoVI nesta tese.

Síntese

- Parte-se de uma discussão sobre as classificações como processos de ordenamento do pensamento, situados no campo da lógica;
- As classificações ultrapassam o terreno da lógica e chegam ao campo da epistemologia quando envolvem reflexões teóricas e, sobretudo, conceituais. No caso das classificações climáticas produzidas no âmbito da Geografia, foi identificada estreita e contraditória relação entre elas e os conceitos de região e escala;
- Os processos de classificação, com vistas a produção de regionalizações climáticas recortadas e delimitadas em função de escalas, possuem nexos espaciais inerentes que aparecem em cada uma das propostas teórico-conceituais de escalas geográficas do clima;
- Estes nexos se alteram conforme se altera o que se toma como espaço. Harvey (2015), ao estudar essa questão, identificou na ciência corrente uma concepção tripartite de espaço, qual seja: espaço absoluto, espaço relativo, espaço relacional;
- Os três espaços podem ser identificados através do seu estatuto ontológico. Ao espaço absoluto, caberia a simples delimitação, dentro da qual qualquer fenômeno poderia ser analisado **em si**. Ao espaço relativo, caberia uma dimensão bidimensional de espaço, na qual além de recorte, ele se constituiria num quadro espacial que se altera na medida em que se alteram (se **relativiza**) os fenômenos a serem estudados. Ao espaço relacional, caberia uma

reformulação de um estatuto ontológico na medida em que o espaço só existiria em relação. A depender tanto do fenômeno em análise, quanto da perspectiva de quem formula a análise e do próprio espaço *strictu sensu*, todo esse conjunto de significados se altera e se redefine.

- Os três espaços não se excluem, nem em termos analíticos e tampouco em termos concretos e materiais. Em todas essas dimensões, os três espaços se apresentam constante tensão dialética (Harvey, 2015);
- A consideração do clima como um fenômeno geográfico depende, necessariamente, da ênfase que se dá a cada um desses três espaços;
- No caso específico da Geografia do Clima (Sant'Anna Neto, 2001), seu questionamento sobre o que, do clima, interessa a ciência geográfica faz com que o atributo relacional do espaço se faça determinante na proposta, provocando um salto de qualidade em termos analíticos;
- A vulnerabilidade, como conceito ou como processo, aparece, nesta tese, como uma das possibilidades de operacionalização da Geografia do Clima.

5. PROCEDIMIENTOS METODOLÓGICOS

Dada a diversidade dos materiais, fontes de dados, técnicas e softwares empregados para a elaboração dos resultados em termos de representação, optou-se por descrever os procedimentos realizados de acordo com cada produto elaborado, segundo duas compartimentações: os produtos gráficos e os produtos cartográficos.

5.1. Produtos gráficos

Para a elaboração dos gráficos bibliométricos presentes no capítulo 3, foram empregadas duas fontes preferenciais de dados: para o levantamento bibliográfico brasileiro, foram utilizados os anais do Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica e a Revista Brasileira de Climatologia. Para ambos, foram lidos os títulos dos resumos dos textos e agrupados conforme as categorias definidas. No caso do levantamento bibliográfico internacional, a fonte de dados foi o trabalho de Strauss (2007). Os dados quantitativos foram agrupados e operacionalizados em ambiente de planilha eletrônica *Microsoft Excel 2013*®.

5.2. Produtos cartográficos

No que diz respeito aos produtos cartográficos, de forma geral foram utilizadas três naturezas de dados: geográficos, meteorológicos e socioeconômicos.

Sobre os **dados geográficos**, foram empregadas imagens da Missão Topográfica *Radar Shuttle* (SRTM) e *shapefiles* para representação espacial da hipsometria da área de estudo. Foram utilizadas as folhas 20s405, 20s42_, 20s435, 21s45_, 21s435, 21s42_, 22s45_, 22s435, 22s42_, 23s465, 23s45_ e 23s435, numa resolução de 1:250.000 do projeto Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (TOPODATA/INPE¹⁸).

Foi realizado o *download* dos arquivos de altitude em extensão .GEOTIFF, bem como a importação destes para o ambiente SIG por meio do *software* ArcMap 10.4®. No interior do programa, foram importadas todas as folhas, que foram combinadas através da função *Mosaic to New Raster* no menu *ArcToolbox* (*ArcToolbox* -> *Data Management Tools* -> *Raster* -> *Raster Dataset* -> *Mosaic to New Raster*). As imagens resultantes foram reprojetaadas para o *datum* SIRGAS 2000, tendo sido utilizadas para definir os intervalos de classe representados (cotas altimétricas).

Outras informações geográficas foram referentes aos *shapefiles* empregados para indicar a localização da área de estudo, bem como seus cursos d'água. No caso da localização, os limites políticos dos países da América Latina, bem como dos estados brasileiros e malhas municipais

¹⁸ O endereço eletrônico do projeto TOPODATA/INPE é: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/acesso.php>

foram adquiridos por meio de download do site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Os *shapefiles* referentes aos cursos d'água (escala 1:250.000 e 1:100.000) foram adquiridos na plataforma *GeoNetwork Opensource* do Ministério do Meio Ambiente¹⁹.

Sobre os **dados meteorológicos**, duas foram as fontes de aquisição: a plataforma *HidroWeb*, da ANA e o Banco de Dados do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (BDMEP)²⁰.

A partir da plataforma *Hidroweb* foi possível identificar os postos pluviométricos existentes no interior dos limites administrativos do estado do Rio de Janeiro, bem como aqueles situados em seus arredores imediatos (fronteiras com os estados do Espírito Santo, Minas Gerais e São Paulo) que dispunham de dados de precipitação pluviométrica.

No caso do BDMEP, foram coletados dados de todas as variáveis disponíveis (precipitação pluviométrica, temperatura máxima, média compensada e mínima, pressão atmosférica, umidade relativa do ar, nebulosidade, direção e velocidade dos ventos) de 8 (oito) estações meteorológicas. Deste total, 6 (seis) estações situam-se no interior dos limites do estado do Rio de Janeiro (Avelar/Paty do Alferes, Campos dos Goytacazes, Cordeiro, Itaperuna, Resende e Rio de Janeiro) e 2 (duas) em Minas Gerais (Coronel Pacheco e Juiz de Fora). O horário preferencial de aquisição e utilização dos dados foi 1200 UTC²¹.

As informações referentes à localização dos postos e estações foram disponibilizadas por ambas as fontes em graus, tendo sido convertidas para coordenadas UTM em metros no site Calculadora Geográfica, hospedado no domínio eletrônico da Divisão de Processamento de Imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)²². Os valores de altitude referentes tanto aos postos pluviométricos quanto às estações meteorológicas que não puderam ser encontrados, tiveram seus valores extraídos do arquivo *raster* gerado a partir das imagens TOPODATA supramencionadas.

O recorte temporal escolhido foi de 1975 a 2015. Entre postos e estações, foram descartados aqueles que apresentaram mais do que 50% de falhas de dados de precipitação na série temporal em análise, o que resultou num universo de 116 (cento e dezesseis) postos pluviométricos e 8 (oito) estações meteorológicas (**figura 8**).

¹⁹ O endereço eletrônico da plataforma *GeoNetwork Opensource* é: <http://mapas.mma.gov.br/geonetwork/srv/br/main.home>

²⁰ O endereço eletrônico de ambas as fontes é:

Ana Hidroweb - <http://hidroweb.ana.gov.br/>

BDMEP - <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>

²¹ 12h UTC, conforme comparação com o fuso horário de Brasília, corresponde a 9h da manhã (UTC -3:00h).

²² O endereço eletrônico da Calculadora Geográfica é: <http://www.dpi.inpe.br/calcula/>

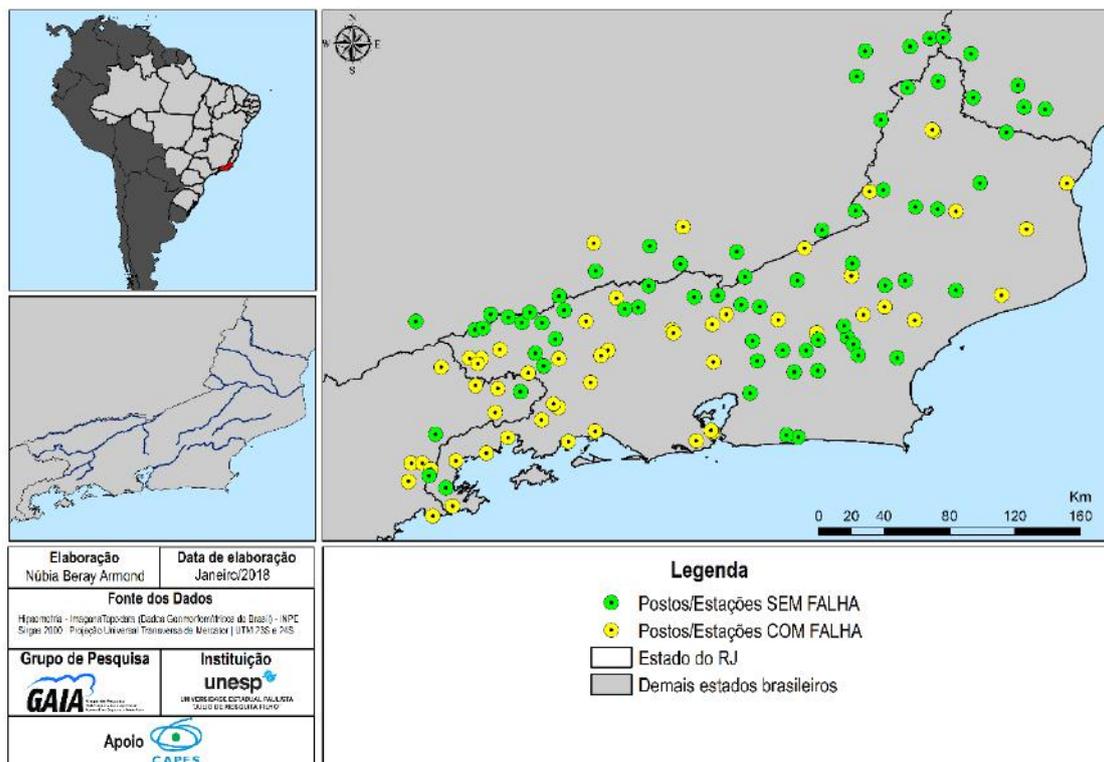


Figura 8: Em amarelo, os postos pluviométricos e estações que apresentam falhas de dados. Em verde, os postos e estações que não apresentam falhas de dados significativas, em distribuição no estado do Rio de Janeiro, situado no continente sul-americano.

Fonte: Hidroweb Ana e BDMEP

Após o *download* dos dados obtidos por estas fontes (dados diários), as informações foram importadas para o software de planilha eletrônica *Microsoft Excel 2013*®, tabulados e agrupados. Dado seu volume, optou-se por elaborar planilhas pré-formatadas, que já apresentavam em seu interior os cálculos pré-definidos de estatística descritiva (média, desvio padrão, moda), transformação dos valores brutos em índices padronizados e percentual de falha. Também com o objetivo de otimizar a tabulação das informações, foram elaborados *scripts* para execução no interior do *Microsoft Excel 2013*® via sistema de Macros²³ que operaram na cópia, transposição e execução de cálculos das planilhas brutas para as planilhas pré-formatadas.

Num segundo momento, procedeu-se a escolha da forma de preenchimento das falhas de dados de precipitação. Foram escolhidos 59 (cinquenta e nove) postos que não apresentaram falhas anuais significativas na série histórica definida (**figura 9**).

Foram considerados postos/estações com falhas de dados insignificantes aqueles que apresentaram menos de 30 dias de falhas em um ano e menos de 15 dias de falhas ininterruptas.

²³ Macro é uma ferramenta disponibilizada pelo *Microsoft Excel*, que permite a execução programada de um conjunto de ações. Estas ações, realizadas através do clique no ambiente de planilha eletrônica, são gravadas e podem ser reproduzidas em uma quantidade determinada de planilhas, desde que estas apresentem a mesma disposição de dados nas suas células.

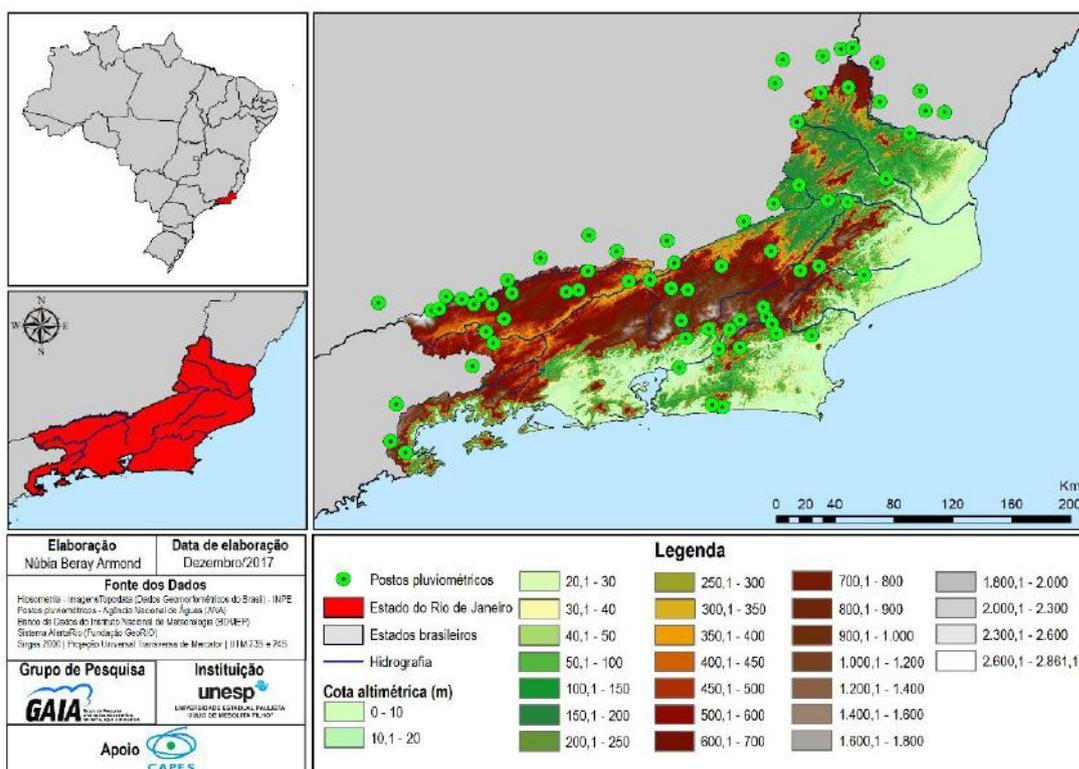


Figura 9: Distribuição dos postos pluviométricos sem falhas significativas nos seus totais de chuva acumulada anual (CHA) entre 1975 e 2015 no estado do Rio de Janeiro

Fonte: Hidroweb ANA (2015).

Após ampla revisão de literatura e aplicação de técnicas estatísticas exploratórias para a análise da viabilidade da aplicação de preenchimento de falha de dados através de técnicas geoestatísticas (Chua e Bras, 1982; Tabios III e Salas, 1985; Dingman, Reynolds e Reynolds III, 1988; Martinez-Cob, 1990; Hevesi, Istok e Flint, 1992a e 1992b; Phillips, Dolph e Marks, 1992; Di Piazza *et al*, 2011; Yamamoto e Landim, 2013; Artes, 2014; Silvestre, Flores e Sant'Anna Neto, 2016), os dados não apresentaram correlação estatisticamente significativa para que se pudesse prosseguir (Yamamoto e Landim, 2013; Silvestre, Flores e Sant'Anna Neto, 2016). Assim, optou-se pelo uso da técnica de ponderação regional com estações de apoio (Fante, 2014) para executar preenchimento de falha dos dados de precipitação pluviométrica, bem como o interpolador inverso do quadrado da distância para a representação espacial dos elementos climáticos (Keblouti, Querdachi e Boutaghane, 2012; Farias, Francisco e Senna, 2017).

A ponderação regional com estações de apoio corresponde a fórmula que se segue:

$$y = \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{x_1}{\bar{x}_1} + \frac{x_2}{\bar{x}_2} + \frac{x_3}{\bar{x}_3} \right) \cdot \bar{y}$$

Onde:

y corresponde ao mês que apresenta falha;

x_1 corresponde ao mês da estação de apoio 1;

\bar{x}_1 corresponde à média histórica do mês a ser preenchido na estação de apoio 1;

x_2 corresponde ao mês da estação de apoio 2;

\bar{x}_2 corresponde à média histórica do mês a ser preenchido na estação de apoio 2;

x_3 corresponde ao mês da estação de apoio 3;

\bar{x}_3 corresponde à média histórica do mês a ser preenchido na estação de apoio 3, e

\bar{y} corresponde à média do mês que apresenta falha.

Foram, ainda, adquiridos dados de precipitação pluviométrica de acordo com a Normal Climatológica (1961-1990). Foi realizado o *download* destes dados no portal do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET²⁴ e seu posterior processamento em software de planilha eletrônica *Microsoft Excel 2013*®, com a geração de tabelas que originaram os mapas (**figura 10**).

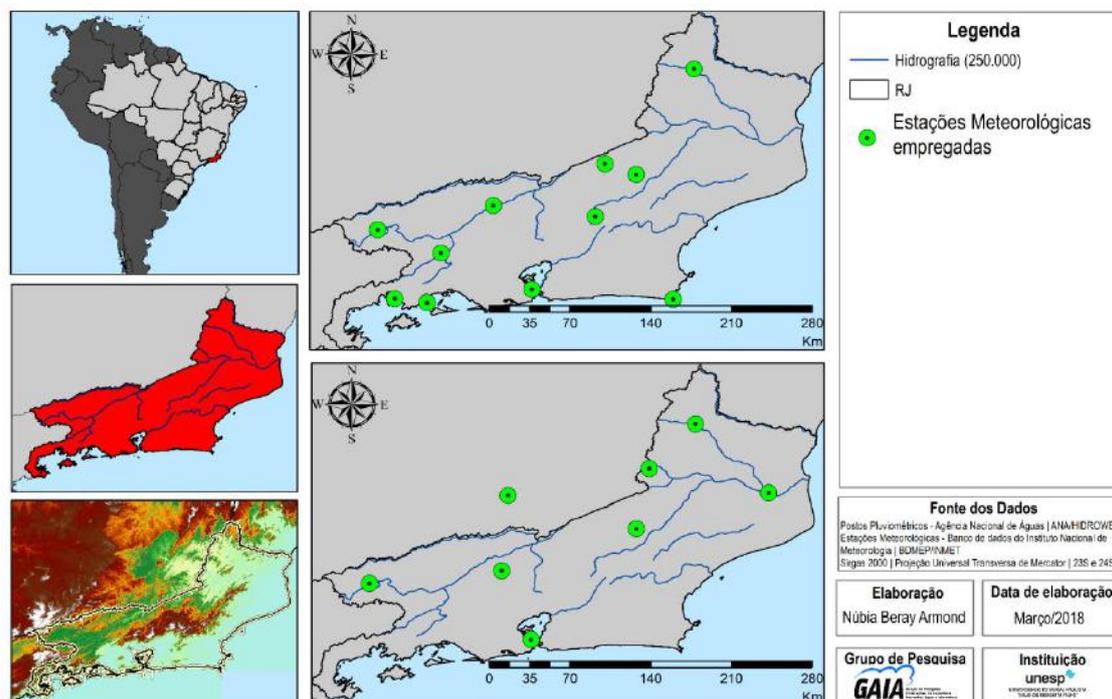


Figura 10 - Localização das estações meteorológicas no estado do Rio de Janeiro utilizadas na aquisição de dados da Normal Climatológica (1961-1990)

Fonte dos dados: INMET (2007)

Os dados de precipitação (totais de chuva acumulada anual, por posto pluviométrico/estação meteorológica) foram submetidos a dois testes: Teste de ruptura de Pettitt

²⁴ O endereço eletrônico da Normal Climatológica para o Brasil é:
<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisclimatologicas>

e teste de tendência de Mann-Kendall (Ferrari *et al*, 2012; Back *et al*, 2013; Nascimento Junior, 2013; Alencar *et al*, 2014; Moreira e Naghettii, 2016). Ambos foram aplicados por meio do *add-in XLStat®*, em ambiente *Microsoft Excel 2013®*, com vistas a identificação dos anos de ruptura (Pettitt) e da verificação da existência de tendências (Mann-Kendall). A magnitude das tendências também foi considerada através do indicador Inclinação de Sen, também resultante da aplicação do teste de Mann-Kendall via *XLStat®*.

Também foram empregados os dados de índices de teleconexões, nomeadamente os índices do El Niño (ENSO – *El Niño Southern Oscillation*, SOI – *Southern Oscillation Index*, Niño 3.4. – Temperatura da superfície do mar na área 3.4 do ENOS, MEI – *Multivariate ENSO Index*), Oscilação Decadal do Pacífico (PDO), Oscilação Antártica (AAO), Oscilação Multidecadal do Atlântico (AMO), Oscilação do Atlântico Norte (NAO) e Oscilação Quasi-Bienial (QBO). Todos os índices padronizados em recorte mensal foram encontrados no site do Earth System Research Laboratory, da National Oceanic and Atmospheric Administration (ESRL/NOAA)²⁵.

Os dados de precipitação, em recorte mensal, foram transformados em índices padronizados e relacionados aos índices de teleconexões através da Análise de Componentes Principais (ACP) no *add-in XLStat®*, em ambiente *Microsoft Excel 2013®*, cujas cargas fatoriais foram utilizadas para efetuar a representação espacial dos índices no software ArcMap 10.4®.

A Análise de Componentes Principais (ACP) é uma técnica amplamente difundida com vistas a “explicar a estrutura da variância e covariância de um vetor aleatório” (Mingoti, 2005, p. 59) a partir do emprego de uma quantidade n de variáveis. Também serve para efetuar a redução de variáveis na matriz em função da sua porcentagem de participação na variância dos dados (Mingoti, 2005; Hair *et al*, 2005).

Tal percentual foi dado através da análise dos autovalores, que foram compartimentados e divididos produzindo diferentes componentes principais (CP). Em ordem decrescente, a totalidade das componentes encontradas correspondem ao total de variância presente na matriz de dados em análise.

Posteriormente, procedeu-se à escolha de anos-padrão para a realização de análise rítmica, com vistas a análise dos sistemas atmosféricos atuantes. A escolha dos anos-padrão se deu por meio do emprego da técnica do desvio-padrão aplicada aos dados de total de chuva acumulada anual por posto pluviométrico/estação meteorológica, a exemplo de Tavares (1976) e Sant’Anna Neto (1995), qual seja:

²⁵ O endereço eletrônico para acesso aos índices é: <https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/climateindices/list/>

| ANO-PADRÃO | FÓRMULA |
|--------------------|---|
| Chuvoso | $P > \bar{P} + \sigma$ |
| Tendente a chuvoso | $\bar{P} + \frac{\sigma}{2} < P < \bar{P} + \sigma$ |
| Habitual | $\bar{P} - \frac{\sigma}{2} < P < \bar{P} + \frac{\sigma}{2}$ |
| Tendente a seco | $\bar{P} - \sigma < P < \bar{P} - \frac{\sigma}{2}$ |
| Seco | $P < \bar{P} - \sigma$ |

Quadro 6 – Fórmulas de aplicação da técnica dos anos-padrão segundo desvio padrão

Fonte: Armond (2014)

Onde:

P = chuva acumulada do ano de determinado posto pluviométrico

\bar{P} = média anual de chuva de determinado posto pluviométrico

σ = Desvio padrão

Em trabalhos anteriores (Armond, 2014; Armond e Sant'Anna Neto, 2016b) foi efetuada a análise comparativa de técnicas estatísticas empregadas para a definição de anos-padrão, com a verificação de que o desvio-padrão, além de consistir em uma técnica simples e amplamente difundida na literatura, apresenta resultados satisfatórios quando comparada com técnicas de estatística multivariada, como percentis e *cluster analysis*. Nesse sentido, optou-se por manter o desvio padrão como técnica para a definição de anos-padrão.

Por conta da tese proposta neste trabalho (que é a vulnerabilidade que determina a natureza dos episódios extremos, e não somente a chuva de forma isolada), optou-se por tomar um ano-padrão habitual para proceder à análise rítmica. O primeiro critério para a escolha do ano habitual se deu a partir do ano que apresentasse maior número de postos que o classificasse como habitual. De acordo com este critério, o ano de 1987 apresentou maior número de ocorrências. Entretanto, por conta da maior dificuldade de se encontrar informações qualitativas tanto para efetuar a análise rítmica quanto para realizar uma análise satisfatória que pudesse relacionar episódios extremos e indicadores qualitativos de vulnerabilidade com sistemas atmosféricos por meio de cartas sinóticas e mesmo imagens de satélite, optou-se pela escolha de um ano habitual mais contemporâneo. Nesse sentido, foi escolhido o ano de 2003 para realização da análise rítmica.

Para a análise dos sistemas atmosféricos, foram empregados (além dos dados meteorológicos das estações do INMET), imagens diárias do *Geostationary Operational Environmental Satellite* – satélite GOES disponibilizadas pelo acervo de imagens de satélite da Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais – DSA do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos CPTEC. Também foram utilizadas cartas sinóticas de superfície, em abrangência diária, produzidas pelo Centro de Hidrografia da Marinha – CHM (Zavattini, 2014). Os critérios para definição dos sistemas atmosféricos seguiram as bases explicitadas em Nimer (1989), Mendonça e Danni-Oliveira (2007), Zavattini e Boin (2013) e Armond (2014). Esse conjunto de informações serviu à realização da análise rítmica (Monteiro, 1969, 1971, 1973) e à produção do índice de participação das massas de ar (Monteiro, 1964).

No que se refere aos **dados socioeconômicos**, empregou-se a Base de Informações do Censo Demográfico 2010: Resultados do Universo por Setor Censitário, disponível na página do IBGE. Foi realizado o *download* dos dados referentes ao estado do Rio de Janeiro, seguindo a metodologia empregada e proposta por Cutter (1996, 2011) e Cutter *et al* (2003) – o *Social Vulnerability Index* – SoVI®.

Nesse contexto, foram escolhidas 211 (duzentas e onze) variáveis encontradas no universo (**quadro 7**). As variáveis foram divididas em 2 (dois) grandes grupos (variáveis ponderadoras – domicílios e moradores), que, por sua vez, foram agrupadas em 9 (nove) categorias, a saber: Características de propriedade, Infraestrutura do Domicílio, Estrutura Familiar e Qualidade Ambiental (variável ponderadora - domicílio) e Rendimento, Raça/Cor/Etnia, Alfabetização/Gênero/Raça, Registro de Nascimento e Responsável do Domicílio (variável ponderadora - moradores).

A partir delas, foi aplicada a estatística de multicolinearidade, com o objetivo de delimitar quais as variáveis que apresentavam significativa correlação, em termos estatísticos, no universo de análise. Assim, foram escolhidas as variáveis com valor de R^2 superior a 0,9, o que reduziu o universo de 211 para 150 (cento e cinquenta) variáveis. Em síntese, foram eliminadas 51 (cinquenta e uma) variáveis. Dentre elas, o grupo que apresentou menores valores de correlação foi o de Alfabetização, Gênero e Raça, que teve 24 (vinte e quatro) variáveis eliminadas (valores de R^2 entre 0,190 a 0,700, aproximadamente), seguido pelo grupo de Responsável do Domicílio, com 19 (dezenove) variáveis eliminadas (valores de R^2 entre 0,400 a 0,700, aproximadamente). Ainda, das 51 variáveis, apenas 3 (três) variáveis eliminadas diziam respeito a variáveis ponderadoras de domicílio (valores de R^2 entre 0,788 a 0,890). As outras 48 (quarenta e oito) consistiram em variáveis de características de pessoas residentes/moradores.

| CATEGORIAS | DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS UTILIZADAS | NOME |
|--------------------------------|--|-------|
| Ponderadoras | Domicílios particulares permanentes ou pessoas responsáveis por domicílios particulares permanentes | B001 |
| | Moradores em domicílios particulares permanentes ou população residente em domicílios particulares permanentes | B002 |
| CARACTERÍSTICAS DE PROPRIEDADE | Domicílios particulares permanentes | CP001 |
| | Domicílios particulares permanentes do tipo casa | CP002 |
| | Domicílios particulares permanentes do tipo casa de vila ou em condomínio | CP003 |
| | Domicílios particulares permanentes do tipo apartamento | CP004 |
| | Domicílios particulares permanentes próprios em aquisição e quitados | CP005 |
| | Domicílios particulares permanentes alugados | CP006 |
| | Domicílios particulares permanentes cedidos por empregador | CP007 |
| | Domicílios particulares permanentes cedidos de outra forma | CP008 |
| | Domicílios particulares permanentes em outra condição de ocupação (não são próprios, alugados e nem cedidos) | CP009 |
| | Domicílios particulares permanentes próprios | CP010 |
| | Domicílios particulares permanentes alugados | CP011 |
| | Domicílios particulares permanentes cedidos | CP012 |
| | Domicílios particulares permanentes com moradia adequada | CP013 |
| | Domicílios particulares permanentes com moradia semi-adequada | CP014 |
| | Domicílios particulares permanentes com moradia inadequada | CP015 |
| INFRAESTRUTURA DO DOMICÍLIO | Domicílios particulares permanentes com abastecimento de água da rede geral | ID001 |
| | Domicílios particulares permanentes com abastecimento de água de poço ou nascente na propriedade | ID002 |
| | Domicílios particulares permanentes com abastecimento de água da chuva ou armazenada em cisterna | ID003 |
| | Domicílios particulares permanentes com outra forma de abastecimento de água | ID004 |
| | Domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário | ID005 |
| | Domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via rede geral de esgoto ou pluvial | ID006 |
| | Domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores e esgotamento sanitário via fossa séptica | ID007 |
| | Domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via fossa rudimentar | ID008 |
| | Domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via vala | ID009 |
| | Domicílios particulares permanentes, com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via rio, lago ou mar | ID010 |
| | Domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via outro escoadouro | ID011 |
| | Domicílios particulares permanentes com até 2 banheiros de uso exclusivo dos moradores | ID012 |
| | Domicílios particulares permanentes com mais de 3 banheiros de uso exclusivo dos moradores | ID013 |
| | Domicílios particulares permanentes sem banheiro de uso exclusivo dos moradores | ID014 |
| | Domicílios particulares permanentes com lixo coletado por caçamba de serviço de limpeza ou por serviço de limpeza | ID015 |
| | Domicílios particulares permanentes com lixo queimado ou enterrado na propriedade | ID016 |
| | Domicílios particulares permanentes com lixo jogado em terreno baldio, logradouro, rio, lago ou mar | ID017 |
| | Domicílios particulares permanentes com outro destino do lixo | ID018 |
| | Domicílios particulares permanentes com energia elétrica | ID019 |
| | Domicílios particulares permanentes sem energia elétrica | ID020 |

| | | |
|--------------------|--|-------|
| ESTRUTURA FAMILIAR | Domicílios particulares permanentes com até 4 moradores | EF001 |
| | Domicílios particulares permanentes com mais de 5 moradores | EF002 |
| | Domicílios particulares permanentes sem morador do sexo masculino | EF003 |
| | Domicílios particulares permanentes sem morador do sexo feminino | EF004 |
| | Domicílios particulares permanentes com homem responsável e mais 1 morador | EF005 |
| | Domicílios particulares permanentes com mulher responsável e mais 1 morador | EF006 |
| | Média do número de moradores em domicílios particulares permanentes | EF007 |
| RENDIMENTO | Domicílios particulares com rendimento nominal mensal domiciliar per capita de até 1/2 salário mínimo | RN001 |
| | Domicílios particulares com rendimento nominal mensal domiciliar per capita de mais de 1/2 a 1 salário mínimo | RN002 |
| | Domicílios particulares com rendimento nominal mensal domiciliar per capita de mais de 1 a 2 salários mínimos | RN003 |
| | Domicílios particulares com rendimento nominal mensal domiciliar per capita de mais de 2 a 3 salários mínimos | RN004 |
| | Domicílios particulares com rendimento nominal mensal domiciliar per capita de mais de 3 a 5 salários mínimos | RN005 |
| | Domicílios particulares com rendimento nominal mensal domiciliar per capita de mais de 5 a 10 salários mínimos | RN006 |
| | Domicílios particulares com rendimento nominal mensal domiciliar per capita de mais de 10 salários mínimos | RN007 |
| | Domicílios particulares sem rendimento nominal mensal domiciliar per capita | RN008 |
| | Valor do rendimento nominal médio mensal das pessoas responsáveis por domicílios particulares permanentes (com e sem rendimento) | RN009 |
| | Homens de 10 anos ou mais de idade com rendimento nominal mensal de até 1 salário mínimo | RN010 |
| | Homens de 10 anos ou mais de idade com rendimento nominal mensal de 1 a 2 salários mínimos | RN011 |
| | Homens de 10 anos ou mais de idade com rendimento nominal mensal de 2 a 3 salários mínimos | RN012 |
| | Homens de 10 anos ou mais de idade com rendimento nominal mensal de 3 a 5 salários mínimos | RN013 |
| | Homens de 10 anos ou mais de idade com rendimento nominal mensal de 5 a 10 salários mínimos | RN014 |
| | Homens de 10 anos ou mais de idade com rendimento nominal mensal de 10 a 15 salários mínimos | RN015 |
| | Homens de 10 anos ou mais de idade com rendimento nominal mensal de 15 a 20 salários mínimos | RN016 |
| | Homens de 10 anos ou mais de idade com rendimento nominal mensal de mais de 20 salários mínimos | RN017 |
| | Homens de 10 anos ou mais de idade sem rendimento nominal mensal | RN018 |
| | Mulheres de 10 anos ou mais de idade com rendimento nominal mensal de até 1 salário mínimo | RN019 |
| | Mulheres de 10 anos ou mais de idade com rendimento nominal mensal de 1 a 2 salários mínimos | RN020 |
| | Mulheres de 10 anos ou mais de idade com rendimento nominal mensal de 2 a 3 salários mínimos | RN021 |
| | Mulheres de 10 anos ou mais de idade com rendimento nominal mensal de 3 a 5 salários mínimos | RN022 |
| | Mulheres de 10 anos ou mais de idade com rendimento nominal mensal de 5 a 10 salários mínimos | RN023 |
| | Mulheres de 10 anos ou mais de idade com rendimento nominal mensal de 10 a 15 salários mínimos | RN024 |
| | Mulheres de 10 anos ou mais de idade com rendimento nominal mensal de 15 a 20 salários mínimos | RN025 |
| | Mulheres de 10 anos ou mais de idade com rendimento nominal mensal de mais de 20 salários mínimos | RN026 |
| | Mulheres de 10 anos ou mais de idade sem rendimento nominal mensal | RN027 |
| | Pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal de até 1 salário mínimo | RN028 |
| | Pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal de mais de 1 a 2 salários mínimos | RN029 |
| | Pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal de mais de 2 a 3 salários mínimos | RN030 |
| | Pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal de mais de 3 a 5 salários mínimos | RN031 |
| | Pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal de mais de 5 a 10 salários mínimos | RN032 |
| | Pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal de mais de 10 a 15 salários mínimos | RN033 |
| | Pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal de mais de 15 a 20 salários mínimos | RN034 |
| | Pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal de mais de 20 salários mínimos | RN035 |
| | Pessoas responsáveis sem rendimento nominal mensal | RN036 |
| | Pessoas responsáveis sem rendimento nominal mensal, do sexo masculino | RN037 |
| | Pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal de até 1 salário mínimo, do sexo feminino | RN038 |
| | Pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal de mais de 1 a 2 salários mínimos, do sexo feminino | RN039 |
| | Pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal de mais de 2 a 3 salários mínimos, do sexo feminino | RN040 |
| | Pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal de mais de 3 a 5 salários mínimos, do sexo feminino | RN041 |
| | Pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal de mais de 5 a 10 salários mínimos, do sexo feminino | RN042 |
| | Pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal de mais de 10 a 15 salários mínimos, do sexo feminino | RN043 |
| | Pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal de mais de 15 a 20 salários mínimos, do sexo feminino | RN044 |
| | Pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal de mais de 20 salários mínimos, do sexo feminino | RN045 |
| | Pessoas responsáveis sem rendimento nominal mensal, do sexo feminino | RN046 |

| | | |
|---------------------|--|-------|
| QUALIDADE AMBIENTAL | Domicílios particulares permanentes próprios - existe iluminação pública | QA001 |
| | Domicílios particulares permanentes próprios - não existe iluminação pública | QA002 |
| | Domicílios particulares permanentes alugados - existe iluminação pública | QA003 |
| | Domicílios particulares permanentes alugados - não existe iluminação pública | QA004 |
| | Domicílios particulares permanentes cedidos - existe iluminação pública | QA005 |
| | Domicílios particulares permanentes cedidos - não existe iluminação pública | QA006 |
| | Domicílios particulares permanentes próprios - existe pavimentação | QA007 |
| | Domicílios particulares permanentes próprios - não existe pavimentação | QA008 |
| | Domicílios particulares permanentes alugados - existe pavimentação | QA009 |
| | Domicílios particulares permanentes alugados - não existe pavimentação | QA010 |
| | Domicílios particulares permanentes cedidos - existe pavimentação | QA011 |
| | Domicílios particulares permanentes cedidos - não existe pavimentação | QA012 |
| | Domicílios particulares permanentes próprios - existe calçada | QA013 |
| | Domicílios particulares permanentes próprios - não existe calçada | QA014 |
| | Domicílios particulares permanentes alugados - existe calçada | QA015 |
| | Domicílios particulares permanentes alugados - não existe calçada | QA016 |
| | Domicílios particulares permanentes cedidos - existe calçada | QA017 |
| | Domicílios particulares permanentes cedidos - não existe calçada | QA018 |
| | Domicílios particulares permanentes próprios - existe meio-fio/guia | QA019 |
| | Domicílios particulares permanentes próprios - não existe meio-fio/guia | QA020 |
| | Domicílios particulares permanentes alugados - existe meio-fio/guia | QA021 |
| | Domicílios particulares permanentes alugados - não existe meio-fio/guia | QA022 |
| | Domicílios particulares permanentes cedidos - existe meio-fio/guia | QA023 |
| | Domicílios particulares permanentes cedidos - não existe meio-fio/guia | QA024 |
| | Domicílios particulares permanentes próprios - existe bueiro/boca-de-lobo | QA025 |
| | Domicílios particulares permanentes próprios - não existe bueiro/boca-de-lobo | QA026 |
| | Domicílios particulares permanentes alugados - existe bueiro/boca-de-lobo | QA027 |
| | Domicílios particulares permanentes alugados - não existe bueiro/boca-de-lobo | QA028 |
| | Domicílios particulares permanentes cedidos - existe bueiro/boca-de-lobo | QA029 |
| | Domicílios particulares permanentes cedidos - não existe bueiro/boca-de-lobo | QA030 |
| | Domicílios particulares permanentes próprios - existe rampa para cadeirante | QA031 |
| | Domicílios particulares permanentes próprios - não existe rampa para cadeirante | QA032 |
| | Domicílios particulares permanentes alugados - existe rampa para cadeirante | QA033 |
| | Domicílios particulares permanentes alugados - não existe rampa para cadeirante | QA034 |
| | Domicílios particulares permanentes cedidos - existe rampa para cadeirante | QA035 |
| | Domicílios particulares permanentes cedidos - não existe rampa para cadeirante | QA036 |
| | Domicílios particulares permanentes próprios - existe arborização | QA037 |
| | Domicílios particulares permanentes próprios - não existe arborização | QA038 |
| | Domicílios particulares permanentes alugados - existe arborização | QA039 |
| | Domicílios particulares permanentes alugados - não existe arborização | QA040 |
| | Domicílios particulares permanentes cedidos - existe arborização | QA041 |
| | Domicílios particulares permanentes cedidos - não existe arborização | QA042 |
| | Domicílios particulares permanentes próprios - existe esgoto a céu aberto | QA043 |
| | Domicílios particulares permanentes próprios - não existe esgoto a céu aberto | QA044 |
| | Domicílios particulares permanentes alugados - existe esgoto a céu aberto | QA045 |
| | Domicílios particulares permanentes alugados - não existe esgoto a céu aberto | QA046 |
| | Domicílios particulares permanentes cedidos - existe esgoto a céu aberto | QA047 |
| | Domicílios particulares permanentes cedidos - não existe esgoto a céu aberto | QA048 |
| | Domicílios particulares permanentes próprios - existe lixo acumulado nos logradouros | QA049 |
| | Domicílios particulares permanentes próprios - não existe lixo acumulado nos logradouros | QA050 |
| | Domicílios particulares permanentes alugados - existe lixo acumulado nos logradouros | QA051 |
| | Domicílios particulares permanentes alugados - não existe lixo acumulado nos logradouros | QA052 |
| | Domicílios particulares permanentes cedidos - existe lixo acumulado nos logradouros | QA053 |
| | Domicílios particulares permanentes cedidos - não existe lixo acumulado nos logradouros | QA054 |

| | | |
|---|--|---|
| QUALIDADE AMBIENTAL | Moradores em domicílios particulares permanentes próprios - existe identificação do logradouro | QA055 |
| | Moradores em domicílios particulares permanentes próprios - não existe identificação do logradouro | QA056 |
| | Moradores em domicílios particulares permanentes alugados - existe identificação do logradouro | QA057 |
| | Moradores em domicílios particulares permanentes alugados - não existe identificação do logradouro | QA058 |
| | Moradores em domicílios particulares permanentes cedidos - existe identificação do logradouro | QA059 |
| | Moradores em domicílios particulares permanentes cedidos - não existe identificação do logradouro | QA060 |
| | RAÇA/COR/ETNIA | Pessoas residentes e cor ou raça - branca |
| Pessoas residentes e cor ou raça - preta | | RCE002 |
| Pessoas residentes e cor ou raça - amarela | | RCE003 |
| Pessoas residentes e cor ou raça - parda | | RCE004 |
| Pessoas residentes e cor ou raça - indígena | | RCE005 |
| ALFABETIZAÇÃO, GÊNERO E RAÇA | Pessoas alfabetizadas de 7 a 14 anos, do sexo masculino e cor ou raça - branca | AGR001 |
| | Pessoas alfabetizadas de 7 a 14 anos, do sexo masculino e cor ou raça - preta | AGR002 |
| | Pessoas alfabetizadas de 7 a 14 anos, do sexo masculino e cor ou raça - amarela | AGR003 |
| | Pessoas alfabetizadas de 7 a 14 anos, do sexo masculino e cor ou raça - parda | AGR004 |
| | Pessoas alfabetizadas de 7 a 14 anos, do sexo masculino e cor ou raça - indígena | AGR005 |
| | Pessoas alfabetizadas de 15 a 19 anos de idade, do sexo masculino e cor ou raça - branca | AGR006 |
| | Pessoas alfabetizadas de 15 a 19 anos de idade, do sexo masculino e cor ou raça - preta | AGR007 |
| | Pessoas alfabetizadas de 15 a 19 anos de idade, do sexo masculino e cor ou raça - amarela | AGR008 |
| | Pessoas alfabetizadas de 15 a 19 anos de idade, do sexo masculino e cor ou raça - parda | AGR009 |
| | Pessoas alfabetizadas de 15 a 19 anos de idade, do sexo masculino e cor ou raça - indígena | AGR010 |
| | Pessoas alfabetizadas acima de 60 anos de idade, do sexo masculino e cor ou raça - branca | AGR011 |
| | Pessoas alfabetizadas acima de 60 anos de idade, do sexo masculino e cor ou raça - preta | AGR012 |
| | Pessoas alfabetizadas acima de 60 anos de idade, do sexo masculino e cor ou raça - amarela | AGR013 |
| | Pessoas alfabetizadas acima de 60 anos de idade, do sexo masculino e cor ou raça - parda | AGR014 |
| | Pessoas alfabetizadas acima de 60 anos de idade, do sexo masculino e cor ou raça - indígena | AGR015 |
| | Pessoas alfabetizadas de 5 a 9 anos de idade, do sexo feminino e cor ou raça - branca | AGR016 |
| | Pessoas alfabetizadas de 5 a 9 anos de idade, do sexo feminino e cor ou raça - preta | AGR017 |
| | Pessoas alfabetizadas de 5 a 9 anos de idade, do sexo feminino e cor ou raça - amarela | AGR018 |
| | Pessoas alfabetizadas de 5 a 9 anos de idade, do sexo feminino e cor ou raça - parda | AGR019 |
| | Pessoas alfabetizadas de 5 a 9 anos de idade, do sexo feminino e cor ou raça - indígena | AGR020 |
| | Pessoas alfabetizadas de 10 a 19 anos de idade, do sexo feminino e cor ou raça - branca | AGR021 |
| | Pessoas alfabetizadas de 10 a 19 anos de idade, do sexo feminino e cor ou raça - preta | AGR022 |
| | Pessoas alfabetizadas de 10 a 19 anos de idade, do sexo feminino e cor ou raça - amarela | AGR023 |
| | Pessoas alfabetizadas de 10 a 19 anos de idade, do sexo feminino e cor ou raça - parda | AGR024 |
| | Pessoas alfabetizadas de 10 a 19 anos de idade, do sexo feminino e cor ou raça - indígena | AGR025 |
| | Pessoas alfabetizadas acima de 60 anos de idade, do sexo feminino e cor ou raça - branca | AGR026 |
| | Pessoas alfabetizadas acima de 60 anos de idade, do sexo feminino e cor ou raça - preta | AGR027 |
| | Pessoas alfabetizadas acima de 60 anos de idade, do sexo feminino e cor ou raça - amarela | AGR028 |
| | Pessoas alfabetizadas acima de 60 anos de idade, do sexo feminino e cor ou raça - parda | AGR029 |

| | | |
|--------------------------|---|-------|
| REGISTRO DE NASCIMENTO | Total de pessoas de até 10 anos de idade que não tinham registro de nascimento | RG001 |
| | Total de pessoas de até 10 anos de idade que não sabiam se tinham registro de nascimento (inclusive sem declaração) | RG002 |
| RESPONSÁVEL DO DOMICÍLIO | Pessoas alfabetizadas responsáveis, com 10 a 14 anos de idade, do sexo feminino | RD001 |
| | Pessoas alfabetizadas responsáveis, com 15 a 19 anos de idade, do sexo feminino | RD002 |
| | Pessoas alfabetizadas responsáveis, com 20 a 24 anos de idade, do sexo feminino | RD003 |
| | Pessoas alfabetizadas responsáveis, com 25 a 29 anos de idade, do sexo feminino | RD004 |
| | Pessoas alfabetizadas responsáveis, com 30 a 39 anos de idade, do sexo feminino | RD005 |
| | Pessoas alfabetizadas responsáveis, com 40 a 49 anos de idade, do sexo feminino | RD006 |
| | Pessoas alfabetizadas responsáveis, com 50 a 59 anos de idade, do sexo feminino | RD007 |
| | Pessoas alfabetizadas responsáveis, com 60 a 69 anos de idade, do sexo feminino | RD008 |
| | Pessoas alfabetizadas responsáveis, com 70 a 79 anos de idade, do sexo feminino | RD009 |
| | Pessoas alfabetizadas responsáveis, com 80 anos ou mais, do sexo feminino | RD010 |
| | Pessoas alfabetizadas responsáveis com 10 a 14 anos de idade, do sexo masculino | RD011 |
| | Pessoas alfabetizadas responsáveis com 15 a 19 anos de idade, do sexo masculino | RD012 |
| | Pessoas alfabetizadas responsáveis com 20 a 24 anos de idade, do sexo masculino | RD013 |
| | Pessoas alfabetizadas responsáveis com 25 a 29 anos de idade, do sexo masculino | RD014 |
| | Pessoas alfabetizadas responsáveis com 30 a 34 anos de idade, do sexo masculino | RD015 |
| | Pessoas alfabetizadas responsáveis com 35 a 39 anos de idade, do sexo masculino | RD016 |
| | Pessoas alfabetizadas responsáveis com 40 a 44 anos de idade, do sexo masculino | RD017 |
| | Pessoas alfabetizadas responsáveis com 45 a 49 anos de idade, do sexo masculino | RD018 |
| | Pessoas alfabetizadas responsáveis com 50 a 54 anos de idade, do sexo masculino | RD019 |
| | Pessoas alfabetizadas responsáveis com 55 a 59 anos de idade, do sexo masculino | RD020 |
| | Pessoas alfabetizadas responsáveis com 60 a 64 anos de idade, do sexo masculino | RD021 |
| | Pessoas alfabetizadas responsáveis com 65 a 69 anos de idade, do sexo masculino | RD022 |
| | Pessoas alfabetizadas responsáveis com 70 a 74 anos de idade, do sexo masculino | RD023 |
| | Pessoas alfabetizadas responsáveis com 75 a 79 anos de idade, do sexo masculino | RD024 |
| | Pessoas alfabetizadas responsáveis com 80 anos ou mais de idade, do sexo masculino | RD025 |

Quadro 7 – Variáveis da Base de Informações do Censo Demográfico 2010: Resultados do Universo por Setor Censitário, empregadas para a realização do SoMI
Fonte: IBGE (2011)

Neste caso, também foi aplicado aos dados a técnica de Análise de Componentes Principais (ACP) no add-in *XLStat*®, em ambiente *Microsoft Excel 2013*®, tendo sido tomadas as coordenadas de fatores para representação espacial no software *ArcMap 10.4*®.

Por fim, para completar a realização da cartografia de síntese, foram empregados dados relacionados a desastres (inundações bruscas e inundações graduais²⁶) adquiridos por meio do Atlas Brasileiro de Desastres Naturais – estado do Rio de Janeiro. Foram escolhidas as inundações por conta da profunda relação da área de estudo com este que se constitui num problema ambiental urbano significativo em variadas porções do estado.

Eles foram contabilizados em ambiente *Microsoft Excel 2013*®, e representados espacialmente junto a outras variáveis no software *ArcMap 10.4*®.

²⁶ Como inundações bruscas, o atlas abarca os fenômenos de alagamentos e enxurradas, enquanto que para inundações graduais, são tomadas as enchentes e inundações graduais.

**6. CLIMATOLOGIA, CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA E
GEOGRAFIA DO CLIMA: DOS TRÊS ESPAÇOS AOS
TRÊS ENSAIOS PARA UMA CLASSIFICAÇÃO**

Ao considerar que as distintas formas a partir das quais se concebe o que é espaço não necessariamente se excluem mas, em termos analíticos, podem ser consideradas inclusive como formas combinadas e diferentes etapas do movimento lógico (do pensamento) e epistemológico (do entendimento da realidade a partir de conceitos), este capítulo buscou apresentar exatamente este movimento, sintetizado na **figura 11**.

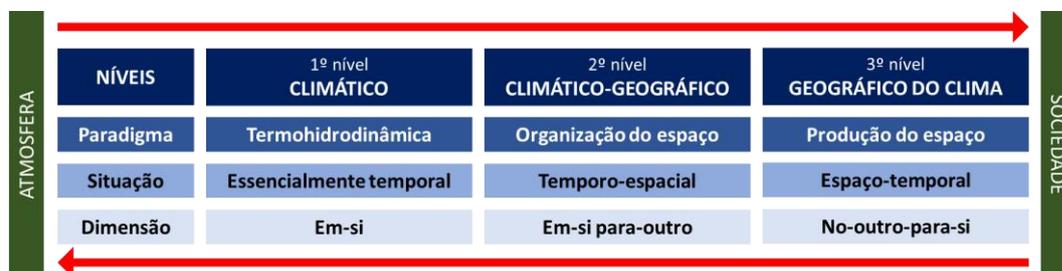


Figura 11 – Síntese analítica e conceitual dos níveis de abordagem propostos

O item **6.1. Análise climática**, se assenta no entendimento de um espaço absoluto que, *em-si* e *para-si*, se apresenta como recorte delimitador daquilo que se propõe a compreensão. Neste caso, os elementos do clima que aqui foram abordados se apresentam de forma homogênea, diferindo apenas em sua distribuição espacial de acordo com as informações apropriadas a partir das estações meteorológicas empregadas. Nesse sentido, não apenas por uma questão teórica, mas também epistemológica e inerente ao próprio movimento de construção da análise a que se propõe esta tese, este item foi pautado na **descrição** dos elementos climáticos representados. Posto que este item se paraleliza com a noção de espaço absoluto, os elementos foram entendidos como homogêneos, e em termos analíticos, foram como que absolutizados.

Já o item **6.2. Análise climático-geográfica**, buscou pensar a distribuição espacial dos elementos climáticos num movimento de **relação** com outras variáveis, notadamente as teleconexões e os sistemas atmosféricos produtores de tempo. Esta última análise, feita com base nos conhecimentos de climatologia dinâmica e genética legados por Monteiro (1969, 1971), Nimer (1989), Serra (1971), Serra e Ratisbonna (1941), identificou os principais sistemas produtores de tempo no ano-padrão habitual escolhido para análise (ano de 2003).

Compreende-se que ambas as abordagens (teleconexões e gênese dos sistemas atmosféricos) tem por pressuposto o **relacional**, sobretudo no que diz respeito ao tempo (cronológico) como dinamizador dos fenômenos e de sua ocorrência espacial.

O item **6.3. Análise geográfica do clima** partiu de uma abordagem relacional baseada numa ontologia geográfica, a partir da qual aquilo que se apresenta enquanto fenômeno geográfico (no caso deste trabalho, a precipitação pluviométrica por meio dos episódios extremos) só tenha sua existência possível porque contém e representa em si a relação com outros fenômenos (por exemplo, os processos de produção do espaço que produzem, de forma inerente, a

vulnerabilidade social). Propôs-se, como ensaio metodológico, a realização de uma sobreposição cartográfica da representação destes fenômenos (dinâmica climática, episódios extremos e vulnerabilidade), com o objetivo de indicar possibilidades para uma classificação climática que considere, como pressuposto, a indissociação entre sociedade e natureza como eixos estruturantes da produção do espaço geográfico. Porém, não qualquer análise do espaço geográfico, mas sim aquela comprometida com o desvendamento dos problemas contemporâneos, sobretudo em tempos de capitalismo tardio e crise.

6.1. Análise Climática

Se considerarmos o espaço como *absoluto* ele se torna uma 'coisa em si mesma', com uma existência independente da matéria. Ele possui então uma estrutura que podemos usar para classificar ou distinguir fenômenos

David Harvey
Social Justice and the City, 1973, p. 13.

6.1.1. Análise temporal – rupturas e tendências

A concepção de um espaço absoluto diz respeito, fundamentalmente, a sua existência *em si*. O espaço seria, portanto, um receptáculo, um plano cartesiano **sobre** o qual aconteceriam os fenômenos que teriam nele apenas um atributo de localização. Nesse sentido, as variações dos fenômenos espacialmente situados não teriam no espaço a sua propriedade de diversificação, mas sim em outros elementos, como no tempo.

Assim, para iniciar este complexo conjunto de movimentos foi elaborada análise temporal da série histórica em estudo, sobretudo quanto a sua homogeneidade a partir do teste de Pettitt e quanto às tendências de precipitação da série, com o emprego do teste de Mann-Kendall e da variável de valor da declividade de Sen para a compreensão da magnitude das tendências.

O teste de homogeneidade de Pettitt (**figura 12**), aplicado à série histórica de precipitação (1975-2015) apresenta resultados referentes à qualidade da distribuição temporal das séries, sobretudo indicando se houve, em algum momento, rupturas que podem evidenciar novas tendências na distribuição temporal da precipitação.

Na série em análise, dentre os postos e estações analisados (totalizando 124 pontos), apenas 10 (dez) apresentaram rupturas positivas na série histórica, enquanto 7 (sete) apresentaram rupturas negativas. Em outros termos, dez pontos apresentaram, ao longo da série histórica, descontinuidade na distribuição temporal da precipitação, apresentando tendências a aumento da precipitação, enquanto que, nos sete postos de ruptura negativa, o inverso é verdadeiro: ocorreram tendências de redução da precipitação na série histórica.

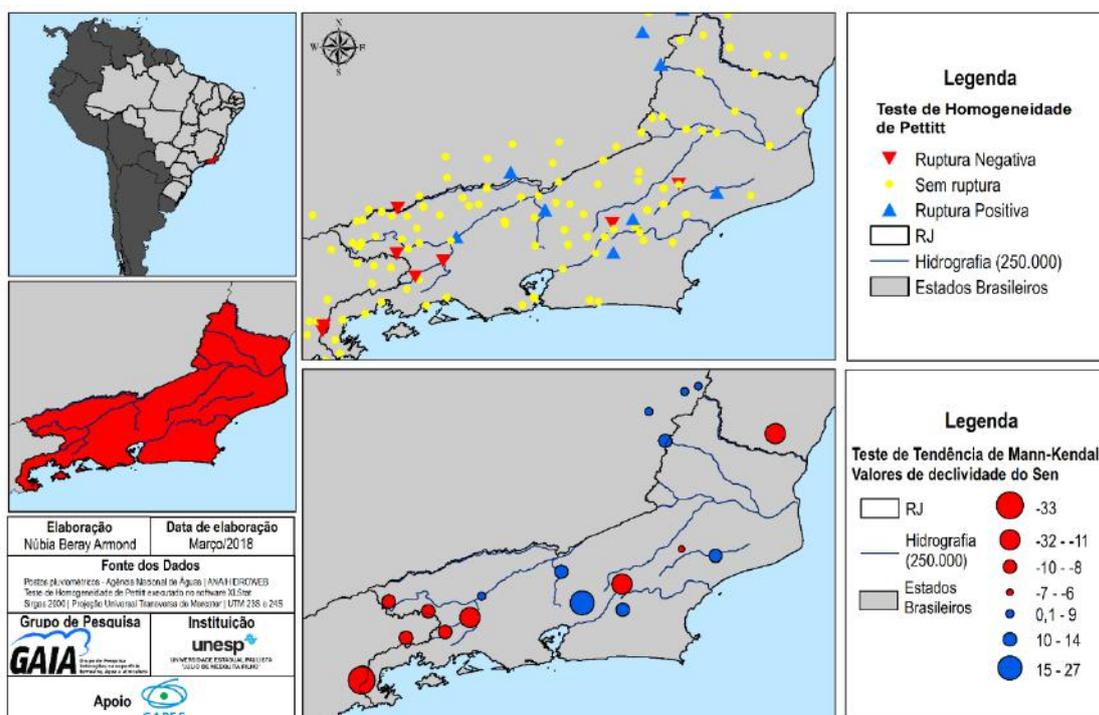


Figura 12 - Resultados dos testes de homogeneidade de Pettitt (superior) e de tendência de Mann-Kendall e valores de declividade de Sen (inferior) para a série histórica de precipitação no estado do Rio de Janeiro. **Fonte dos dados:** INMET (2015/2016), ANA Hidroweb (2015/2016).

Dois elementos importantes podem ser depreendidos desta análise. O primeiro deles é a localização dos postos que apresentaram rupturas. Pode-se verificar, na **figura 12 superior**, que existe uma concentração espacial dos pontos de ruptura negativa, situados mais à Centro-Sul do estado em sua maioria, enquanto que os pontos de ruptura positiva se encontram situados ao longo do degrau da Serra do Mar, num sentido norte e noroeste fluminense. A orientação das rupturas segue sentido NW-SE, delineando, de tal modo na série histórica, o trajeto das frentes, que parece ter sua área de atuação deslocada para latitudes mais baixas. Ressalta-se, nesse contexto, que outros pontos situados nas proximidades imediatas da linha de costa não apresentaram rupturas, tendo elas ficado restritas às porções mais continentais do estado.

O segundo se refere à uma análise temporal dessas rupturas. Dentre as rupturas positivas (que apresentaram tendências de aumento de precipitação no decorrer da série histórica), dois anos foram coincidentes: os anos de 1994 e o ano de 1998 marcaram rupturas positivas em dois postos pluviométricos (Fazenda Monte Alegre e Patrocínio de Muriaé no ano de 1994 e Areal Granja Gabi e Carangola no ano de 1998). Dentre os postos que apresentaram rupturas negativas, nenhum ano se repetiu.

Tanto com relação às rupturas positivas quanto com relação às negativas, o maior número de rupturas ocorreu no decorrer da década de 1990, com 9 (nove) rupturas positivas e 3 (três)

negativas, restando a década de 1980 e 2000, respectivamente 2 (duas) e 3 (três) rupturas, positivas e negativas.

Com relação às tendências da precipitação, também pode-se compreender a existência de padrões espaciais na sua distinção e distribuição (**figura 12, inferior**). A maioria dos postos que apresentou tendências negativas de precipitação (tendências de redução nas chuvas) situam-se na porção centro-sul fluminense, sobretudo concentradas junto à área do Médio Vale do Paraíba do Sul, totalizando 9 (nove) postos. Eles apresentaram tendências de redução das chuvas da ordem de aproximadamente 30mm de chuva na série histórica. Por outro lado, da área metropolitana em sentido noroeste e norte fluminense, foram identificadas tendências positivas de precipitação (tendências de aumento das chuvas) também em 9 (nove) postos, sobretudo naqueles situados nas áreas fronteiriças entre Minas Gerais, Espírito Santo e Rio de Janeiro. Os postos mais próximos à porção metropolitana do Rio de Janeiro apresentam tendências positivas de maior magnitude (aumento de até 27mm de chuva na série histórica), enquanto os demais apresentaram tendências de menor magnitude (até 9mm na série histórica).

Entre os postos que, submetidos aos testes de Pettitt e Mann-Kendall, apresentaram rupturas e tendências, 16 (dezesseis) postos coincidiram em ambas as análises – ou seja, estes postos apresentaram rupturas e, também, tendências. Todas as rupturas acompanharam o padrão das tendências (rupturas negativas acompanhadas de tendências negativas de precipitação, e vice-versa).

Observa-se que há a necessidade da realização de estudos mais aprofundados sobre a estrutura dos postos e estações meteorológicas que apresentaram rupturas e tendências, bem como do seu entorno imediato, para que se possa avaliar se as causas desses fenômenos podem ser atribuídas a condicionantes ambientais como expansão dos padrões de urbanização nessas áreas, desmatamento, alterações em grandes cursos d'água, expansão de cultivos agrícolas, entre outros.

6.1.2. Análise da distribuição espacial dos elementos climáticos (médias anuais)

6.1.2.1. Pressão atmosférica média

Sobre a distribuição espacial da pressão atmosférica, tanto os valores representados a partir da Normal Climatológica quanto aqueles obtidos nas estações na série histórica em análise evidenciam a existência de um grande centro de baixa pressão ao longo do centro-sul do estado do Rio de Janeiro. Esta área, que apresenta pressão atmosférica média em torno de 950mb, se encontra cercada, em sentido noroeste e, principalmente, norte, por uma área de pressões mais elevadas (acima de 1000mb), e também na área da Baía de Guanabara. Uma diferença é a

existência de uma outra área de pressões mais elevadas à sul do estado, encontrada no mapa dos valores da normal climatológica (**figura 13b**).

Pode-se atribuir esta diferenciação a alguns fatores. Primeiramente, por conta da densidade de estações meteorológicas encontradas sobre a área em estudo em relação às estações da Normal Climatológica. Esta última apresentou uma abrangência territorial maior, com maior número de estações espalhadas por várias porções do estado, enquanto que as estações empregadas para este estudo foram menos numerosas e abrangeram uma área não tão diversificada, em termos comparativos. Esse elemento pode ter contribuído para uma variação na representação cartográfica do elemento pressão atmosférica, fazendo com que a porção sul fluminense tenha sido caracterizada também como uma área de baixas pressões em comparação com a caracterização dada a partir da Normal Climatológica, que coloca esta mesma área na faixa de pressões atmosféricas mais elevadas.

Em segundo lugar, a presença do fenômeno de ressurgência no litoral fluminense pode ter influência nos campos de pressão. A ressurgência, que afeta sobretudo as áreas das Baixadas Litorâneas (com ênfase nos municípios de Cabo Frio, Arraial do Cabo, Búzios, também chegando a afetar municípios como Araruama, Saquarema e Maricá), tem como consequência o afloramento de águas frias na superfície oceânica, causando alterações significativas no balanço de energia, umidade e ventos. As temperaturas mais baixas na superfície do mar podem, atreladas a outros fatores, levar à constituição de zonas de pressão mais elevadas nas proximidades da costa, o que corresponderia aos gradientes de pressão encontrados e representados na **figura 13b**.

6.1.2.2. Nebulosidade

Assim como os valores médios de pressão atmosférica, os valores de nebulosidade também variam entre a série da Normal Climatológica e os valores encontrados nas estações da série histórica (**figura 13a**).

No caso da normal climatológica, os maiores valores podem ser encontrados nas áreas a barlavento da Serra do Mar, chegando a nebulosidade anual média de 0,7 décimos. Uma outra área intermediária pode ser encontrada nas áreas noroeste e norte fluminense, na faixa dos 0,6 décimos, enquanto que a maior parte da área litorânea ao redor da Baía de Guanabara e Baixadas Litorâneas apresentam os menores valores de nebulosidade (em torno de 0,6 décimos).

Sobre a série histórica (1975-2015), valores significativamente inferiores de nebulosidade foram encontrados e representados no estado do Rio de Janeiro, sobretudo na linha de costa. Estes valores se elevam conforme se segue para a área da Serra do Mar, ainda que, em comparação com os valores da Normal Climatológica, ainda se apresentem inferiores.

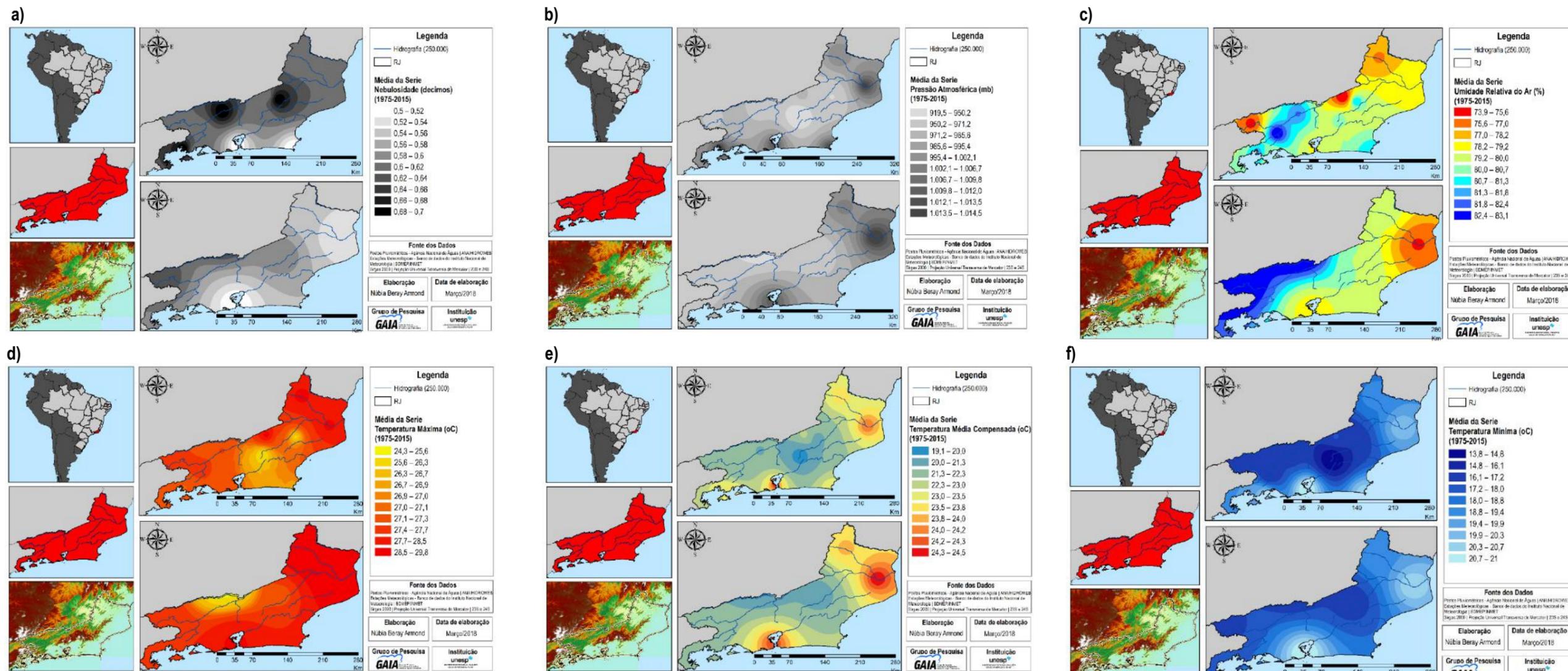


Figura 13 – Representação espacial dos valores médios dos elementos climáticos no estado do Rio de Janeiro. a) Pressão atmosférica ao nível da estação (em mb), b) Nebulosidade (em décimos), c) Umidade relativa do ar (em %), d) Temperatura máxima, e) Temperatura média compensada e f) Temperatura mínima (em graus celsius), segundo a Normal Climatológica (1961-1990) (figura superior de cada elemento climático representado) e segundo a série histórica em análise (1975-2015) (figura inferior de cada elemento climático representado).
Fonte dos dados: INMET (2015/2016), ANA/Hidroweb (2015/2016).

6.1.2.3. Umidade relativa do ar

Com relação ao elemento umidade do ar segundo a Normal Climatológica, nas áreas do médio vale Paraíba do Sul, nas proximidades da Serra do Mar e uma pequena porção do noroeste fluminense apresentam as menores médias de umidade relativa do ar, com 73,9%. Já os valores existentes nas porções centro-sul fluminense e nas baixadas litorâneas apresentam as maiores médias de umidade, chegando a 83,1%.

Discretas diferenças podem ser observadas comparativamente aos valores encontrados na série histórica. Nestes, a área norte fluminense é que possui as menores médias de umidade do ar. Em contrapartida, há uma expansão da área de maior umidade, abarcando a Costa Verde, o médio vale do Paraíba do Sul e o Centro-Sul Fluminense.

Ainda que, em termos de representação cartográfica, seja possível identificar uma expansão das áreas com maior umidade relativa do ar pela porção norte do estado em relação aos valores da Normal Climatológica, ressalta-se a necessidade de se considerar a densidade e abrangência espacial das estações empregadas na análise e representação. Uma maior abrangência pôde ser atingida a partir dos dados da Normal Climatológica, posto que havia maior número de estações sobretudo em pontos próximos às Baixadas Litorâneas e, também, Costa Verde. A existência dessas informações pode fazer com que o modelo de interpolação empregado (Inverso do Quadrado da Distância) apresente menores distorções e maior fidelidade espacial em comparação ao mesmo modelo empregado para uma densidade de postos e abrangência menores.

6.1.2.4. Temperaturas (máxima, mínima e média compensada)

A distribuição da temperatura máxima evidencia, em termos espaciais, alterações significativas entre as duas séries em análise. No caso da Normal Climatológica, observa-se os maiores valores de temperatura máxima média na porção norte e noroeste do estado, especificamente na Baixada Campista, chegando a apresentar valores próximos a 29oC, em média. Conforme se segue para as porções centrais do estado e, também, no sentido das Baixadas Litorâneas, as médias das temperaturas máximas diminui, chegando a 24oC (**figura 13d**).

Com relação à média da série histórica (1975-2015), valores mais elevados foram encontrados em todo o estado, sobretudo na área metropolitana (diferente do caso da Normal Climatológica). Às áreas próximas a Serra do Mar restaram as médias de temperaturas máximas menos elevadas, na casa dos 24oC.

Sobre as médias da temperatura mínima, a figura superior (**figura 13f**), referente à distribuição espacial dos valores da Normal Climatológica, a distribuição da temperatura mínima evidencia as áreas do Médio Paraíba, do Centro-Sul Fluminense e parte da Serra com as menores médias dentre as temperaturas mínimas, chegando a 14,8°C. Já a área Metropolitana e a Norte Fluminense apresentam a maior média dentre as temperaturas mínimas, alcançando a casa dos 21°C.

Na figura inferior, referente aos valores da série histórica, a área do Médio Paraíba, da Costa Verde e do Centro-Sul Fluminense apresentam as menores médias das temperaturas mínimas, enquanto a área Metropolitana e a Norte Fluminense apresentam, na série histórica, a maior média das temperaturas mínimas.

Na média da série (**figura 13e**), especialmente a área da Costa Verde também aparece com menor média de temperaturas mínimas em comparação aos valores da Normal Climatológica. Além disso, puderam ser encontrados maiores valores de temperaturas mínimas na área Metropolitana.

A distribuição da temperatura média compensada evidencia que a área do Médio Paraíba, do Centro-Sul Fluminense, a Serra e Baixada Litorânea, apresentam os menores valores médios de temperatura compensada, por volta de 19°C. As áreas metropolitana e do norte Fluminense apresentaram a maior temperatura média compensada, com 24,5°C. Uma breve análise comparativa permite identificar a diminuição da área de menores valores de temperatura média compensada e uma expansão das porções de maior temperatura média compensada, sobretudo no sentido das áreas metropolitana e nas proximidades do norte fluminense.

6.1.2.5. Precipitação pluviométrica

No que se refere à precipitação pluviométrica anual, os dados obtidos a partir da Normal Climatológica (1961-1990) apresentam uma estrutura bem definida, principalmente no que tange à relação entre a distribuição espacial das chuvas e o relevo. O estado apresentou, nestes 30 anos, os maiores totais de chuva concentrados nas depressões intermontanas, área de transição entre o gráben da Guanabara e a escarpa da Serra do Mar, com as chuvas centrado-se a barlavento desta última, com médias anuais em torno de 3.100 a 3.250 mm. (**figura 14**).

Elevados totais anuais também puderam ser encontrados na porção Centro-Sul fluminense, fronteira com o estado de São Paulo. Conforme se avança sentido nordeste, os totais apresentam elevação nas fronteiras das planícies costeiras com a Região Serra para, adiante, indicar decréscimo. Isso pode ser observado na **figura 14**, na grande área situada na Baixada Campista (Norte Fluminense), que apresenta precipitação na faixa de 0 a 500mm por ano.

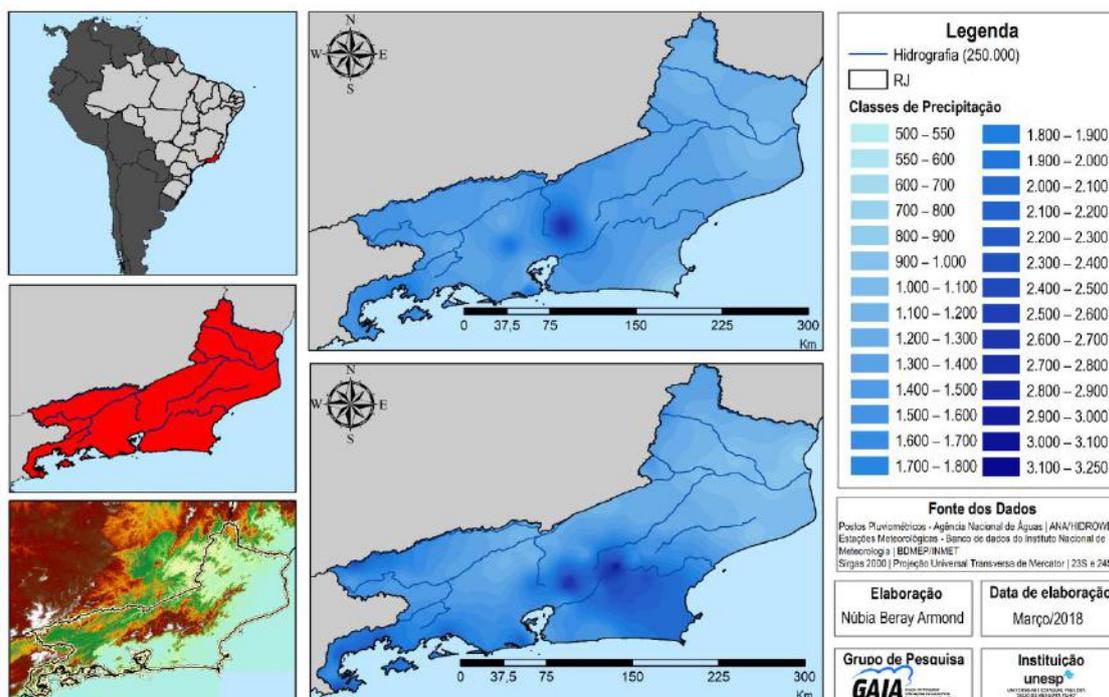


Figura 14 - Chuva acumulada média anual, em milímetros (mm), segundo a Normal Climatológica (1961-1990) (figura superior) e segundo a série histórica em análise (1975-2015) (figura inferior) no estado do Rio de Janeiro

Apesar das diferenças significativas quanto a densidade e quantidade de fontes de dados de precipitação (as onze estações do INMET cujos dados da Normal Climatológica foram empregados, em relação aos cento e vinte e quatro postos e estações utilizadas na série histórica de 1975 a 2015), os resultados, em termos de representação espacial da precipitação, se apresentaram semelhantes. Uma exceção importante diz respeito à área das baixadas litorâneas, destacadamente nos municípios de Cabo Frio, Arraial do Cabo e Armação dos Búzios que, segundo a Normal Climatológica, apresentariam valores em torno de 500 a 600mm, enquanto na série histórica em análise, estes valores situam-se na casa dos 1200mm.

Pode-se depreender, da análise das médias dos elementos climáticos em comparação aos valores da Normal Climatológica, que

- A densidade e quantidade de dados disponíveis possui influência nas formas de representação espacial dos elementos climáticos

O maior número de estações meteorológicas detentoras de valores da Normal Climatológica em relação às estações empregadas nesta análise podem ter influenciado nos padrões de representação espacial dos elementos climáticos. A ausência de estações no leste fluminense, sobretudo nas baixadas litorâneas, pode ter feito com que o modelo utilizado para

interpolação (Inverso do Quadrado da Distância) eventualmente possa ter superestimado ou subestimado determinados valores em áreas que não possuem dados.

- *Diferenças significativas foram encontradas em termos espaciais, com ênfase para os seguintes elementos:*

a) Nebulosidade, que apresentou valores menores na série 1975-2015, além de maior abrangência destes valores reduzidos em todo o estado, destacadamente nas áreas litorâneas e na porção norte e noroeste fluminense. Comparativamente, puderam ser identificadas grandes faixas com nebulosidade de até 0,08 e 0,1 décimo inferiores aos valores da Normal Climatológica;

b) Umidade relativa do ar, que apresentou valores superiores na série em análise, como o caso do médio vale do Paraíba do Sul (até 3% a mais), e também inferiores, como no caso do noroeste fluminense (também, até 3% a menos);

c) Temperaturas, que exibiram padrões comparativos significativamente distintos. No caso das médias das temperaturas máximas, valores mais elevados foram encontrados em todo o estado, com uma extensão das faixas da ordem dos 27oC. Já sobre as temperaturas médias compensadas, de maneira geral houve aumento dos valores nas áreas norte, noroeste e metropolitana, que saíram dos 23oC para 24oC, seguido também pelo aumento das médias das temperaturas mínimas, que sobretudo na porção serrana do estado, saltou dos 13,8oC para 17oC em média.

- *A existência de padrões de distribuição espacial dos elementos*

Pode-se considerar, ainda que em função do uso de valores médios dos elementos climáticos, que existe um padrão na sua distribuição espacial. As áreas situadas a norte e noroeste fluminense possuem características similares relacionadas a todos os elementos climáticos, assim como a faixa litorânea que segue da baía de Sepetiba até Cabo Frio, a área da baía da Ilha Grande, bem como a área serrana do estado.

6.2. Análise Climático-Geográfica

A concepção de espaço *relativo* propõe que ele seja compreendido como uma relação entre objetos que existe pelo próprio fato dos objetos existirem e se relacionarem.

David Harvey
Social Justice and the City, 1973, p. 13.

6.2.1. Variabilidade e teleconexões

Tomada enquanto dimensão escalar, o campo de estudos designado de Climatologia Regional compreende não apenas a relação dos elementos do clima com os seus fatores, como também com outras variáveis oceânico-atmosféricas, por exemplo, que podem modular sua dinâmica em uma temporalidade cíclica. Em outras palavras, Climatologia Geográfica também pode possuir, como vertente de investigação, o estudo da variabilidade.

Nascimento Júnior (2017) oferece subsídios para a reflexão sobre o conceito de variabilidade quando o coloca como imanente a concepção de clima que se toma como ponto de partida. Tal como na discussão proposta nos capítulos 3 e 4, a depender da forma pela qual se considera o clima, o conceito de variabilidade a ser empregado sofre alterações. No presente caso, já se assumiu o clima como fenômeno geográfico. Assim, o clima constitui-se em produção social que não deixa de considerar seus aspectos dinâmicos e relações complexas no tempo e no espaço com diversas outras variáveis climáticas.

Cada elemento climático, portanto, possui caráter **relacional** com outros fatores (geográficos do clima) e modos de variabilidade (teleconexões), ambos temporalmente dinâmicos e espacialmente situados.

Em específico, no que diz respeito à variabilidade, Nascimento Júnior (2017) realizou amplo levantamento bibliográfico e análise aprofundada das suas principais definições. Apesar daquelas que levaram em conta apenas a dimensão estatística (a qual define variabilidade como as formas pelas quais os elementos climáticos variam ao redor de uma média, podendo ser situados e expressos através de medidas estatísticas de dispersão como desvio padrão e coeficiente de variação), em suma pode-se considerar que o autor depreendeu 3 (três) propriedades constitutivas deste conceito:

1) a importância do tempo como variável – definidora: o tempo constitui-se, no caso da variabilidade, como a principal variável (ou categoria) a partir da qual se realiza, teoricamente, o recorte para sua definição – sobretudo quando se busca diferenciar variabilidade de mudança climática. A variabilidade, a partir disso, passa a ser definida como um padrão de ocorrência de fenômenos com recorte temporal por volta de 30 (trinta) anos.

2) a ciclicidade na ocorrência dos padrões: no interior (ou por volta) de 30 anos, uma série de fenômenos, como as teleconexões, podem apresentar o que se denomina “padrões de variabilidade”, ou “modos de variabilidade”. Eles podem ser compreendidos como as próprias formas de variação dos fenômenos, situadas no interior desta escala temporal, podendo variar de horas até dias, meses e anos, com influência localizada na superfície terrestre.

Cabe ressaltar que a esta ciclicidade não corresponde um padrão linear. Em outras palavras, não é porque determinado fenômeno tende a ocorrer novamente que ele vai se realizar da mesma forma como se realizou em outros anos, meses ou dias.

3) sua concepção como uma propriedade inerente à dinâmica climática em múltiplas escalas: além de ser tomada como um padrão que possui recorrência, um salto qualitativo no entendimento da variabilidade é a sua consideração como uma propriedade da dinâmica climática, seja no estudo de fenômenos de ocorrência remota ou discreta, essencialmente naturais ou híbridos.

Ainda, Limberger (2016), referenciando-se em Ribeiro (1996), afirma que a variabilidade consistiria em um atributo dos fenômenos climáticos e meteorológicos. Para o autor, tais fenômenos não podem ser compreendidos em sua ação isolada, mas sim como resultantes (dinâmicos) de interações entre si e entre os fatores que consigo se relacionam. Assim, determinada alteração em qualquer dos fenômenos acarreta, necessariamente, alteração nos demais, refletindo um entendimento sistêmico do sistema climático em interação oceano-atmosfera.

As teleconexões podem ser consideradas modos de variabilidade inerentes à dinâmica climática e que são caracterizadas por sua influência remota. Ou seja, fenômenos (denominados anomalias pela literatura meteorológica) que ocorrem em determinado ponto ou área na atmosfera e que tem grande interferência sobre a dinâmica climática e atmosférica em outro ponto ou área, geralmente distante (Cavalcanti e Ambrizzi, 2009; Reboita e Santos, 2014). Ainda, para Liu e Alexander (2007), as teleconexões agiriam na atmosfera como pontes entre diferentes partes dos oceanos, favorecendo seu funcionamento também como um túnel que liga o que os autores chamam de “diferentes regiões atmosféricas”²⁷. Para os autores, elas seriam causadas pela necessidade de transporte de energia através da propagação de ondas numa interação oceano-atmosfera.

Limberger (2016) defende a importância das teleconexões num contexto de maior entendimento dos fenômenos climáticos em abrangência global, ressaltando a potencialidade da Geografia – e da climatologia feita por geógrafos – na utilização dos procedimentos e técnicas advindas a partir deste conceito. Segundo a autora:

Entre possibilidades de estudos sobre teleconexões pela Geografia destaque-se a compreensão de como os padrões de variabilidade de baixa frequência atingem diferentes regiões do globo. Há uma série de estudos neste sentido, porém, persistem lacunas sobre como os padrões de teleconexões atuam

²⁷ Teleconnections enable the atmosphere to act like a “bridge” between different parts of the ocean and enable the ocean to act like a “tunnel” linking different atmospheric regions (Liu e Alexander, 2007, p. 1).

sobre diferentes locais ou regiões, já que os estudos existentes até então versam sobre os padrões regionais de **impactos** das anomalias, especialmente considerando o ENOS (Limberger, 2016, p. 13, grifo da autora).

Ao identificar as lacunas existentes nos estudos sobre teleconexões, a autora afirma que várias poderiam potencialmente ser preenchidas por estudos feitos por geógrafos. Seu argumento é de que a maior parte dos estudos partiriam dos impactos espacialmente situados das anomalias, e não de estudos sobre a diferenciação espacial da atuação desses padrões. Ou seja, de maneira geral, são frequentes os estudos das excepcionalidades relacionadas às teleconexões, enquanto que aqueles sobre a atuação das teleconexões sobre determinado lugar são escassos.

Cabe ressaltar a relevância da constatação da autora quando reafirma a necessidade de maior compreensão das inter-relações de determinados padrões espaciais de ocorrência e influência de teleconexões. Tal como defendido nesta tese, é fundamental historicizar a dinâmica atmosférica para que não se tome o que é habitual como excepcional. Em verdade, pode-se afirmar que foi a análise histórica das “anomalias” climáticas e meteorológicas que possibilitou a constituição dos conceitos de variabilidade e de teleconexões.

Nesse contexto, para o estudo dos padrões de variabilidade, foram utilizados 9 (nove) índices, dentre os quais 4 (quatro) específicos para o padrão ENOS: **ENSO** (*El Niño Southern Oscillation Index*) – anomalias no “relevo” da superfície do mar; **Niño 3.4**. – índices gerados a partir de anomalias de temperatura da superfície do mar (acima do desvio padrão de temperatura) na zona do Niño 3.4 (Rayner *et al*, 2003); **SOI** (*Southern Oscillation Index*) – índice padronizado da diferença nos campos de pressão em Tahiti e Darwin (Chen, 1982; Ropelewski e Jones, 1987); **MEI** (*Multivariate ENSO Index*) – seis componentes principais geradas a partir de seis variáveis mensuradas no Oceano Pacífico tropical (pressão ao nível do mar, ventos zonais e meridionais, temperatura da superfície do mar, temperatura superficial do ar, cobertura de nuvens) (Wolter, 1987).

O ENOS, além de um dos mais conhecidos, é um dos principais modos de variabilidade, com a particularidade de ter, para sua ocorrência, a combinação entre atributos de temperatura da superfície do mar e pressão atmosférica em nível do mar, numa interação oceano-atmosfera que ocorre com ênfase no Pacífico equatorial.

O ENOS possui dois padrões de ocorrência: uma fase positiva, na qual ocorre elevação da precipitação e temperatura no sul do Brasil, e uma fase negativa, marcada pela elevação da precipitação no nordeste e norte do país e diminuição das temperaturas no centro-sul (Reboita *et al*, 2012).

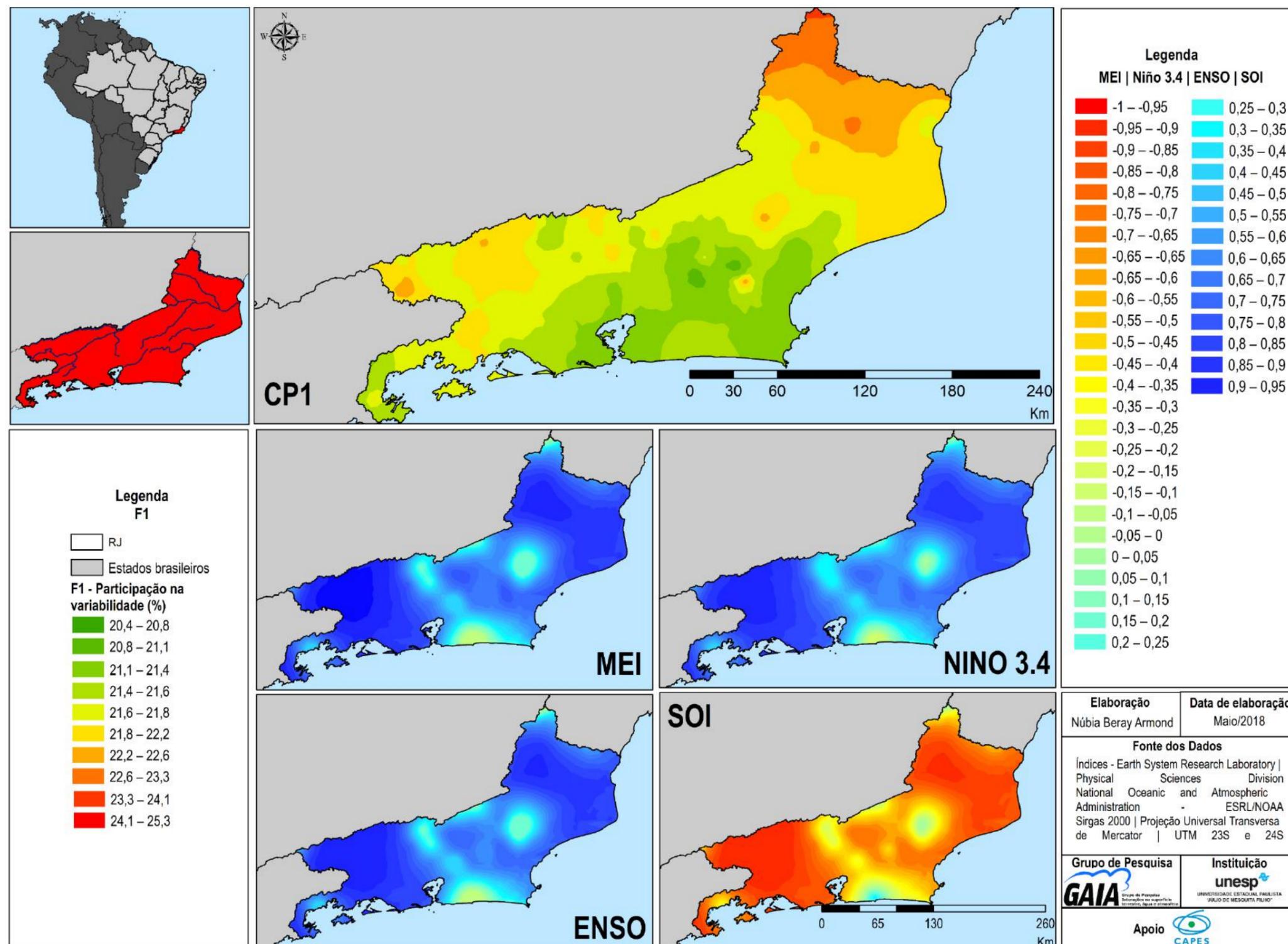


Figura 15—Mapa do percentual de participação da CP1 (Primeira Componente) na variabilidade das chuvas interanuais no estado do Rio de Janeiro. Nos mapas abaixo, as cargas fatoriais da CP1 (Primeira Componente) relacionadas aos índices MEI, Niño 3.4, ENSO e SOI para os postos pluviométricos no estado do Rio de Janeiro.
Fonte dos dados: INMET (2015/2016), ANA Hidroweb (2015/2016).

Conforme relatado no capítulo 5, os dados de precipitação foram submetidos à Análise de Componentes Principais (ACP), com o objetivo de identificar 1) qual é a participação (em termos percentuais) das teleconexões na variabilidade das chuvas no estado do Rio de Janeiro, 2) quais os padrões de variabilidade que se apresentam mais determinantes na modulação das chuvas e 3) se essa participação se dá da mesma forma em toda a área de estudo.

No que se refere à primeira questão, a participação das teleconexões no estado do Rio de Janeiro se mostrou variável a depender do posto pluviométrico/estação meteorológica. O percentual de participação da primeira componente principal na variabilidade interanual das chuvas variou de 20% a 25%, apresentando, também, um padrão de ocorrência espacial. Os postos situados nas porções litorâneas, sobretudo da baía da Ilha Grande até Cabo Frio, apresentaram menor participação da primeira componente na variabilidade das chuvas (em torno de 20%) do que os postos situados mais a norte, noroeste e na área do médio vale do Paraíba do Sul (de 24% a 25% de participação). De fato, fenômenos de atuação local, sobretudo no caso da ressurgência, podem fazer com que as chuvas na área litorânea do estado sejam menos influenciadas (de modo direto e mensurável em termos estatísticos) por modos de variabilidade do que porções mais marcadas pela continentalidade (**figura 15**).

Posteriormente, identificou-se que o principal modo de variabilidade que contribui para a primeira componente é o ENOS, indicado através dos 4 (quatro) índices testados, posto que apresentam carga fatorial em média superior a 0,9 (90%) de correlação com a precipitação pluviométrica interanual. Exceção a esse padrão são os postos localizados na faixa litorânea e na área da Serra do Mar, cuja carga fatorial varia entre -0,2 e 0,1.

De modo geral, observou-se que as áreas do médio vale do Paraíba do Sul, norte, noroeste fluminense possuem elevada influência do padrão ENOS, representada pelos quatro índices (incluindo a elevada correlação negativa do índice SOI) de cargas fatoriais superiores a 0,9.

6.2.2. Sistemas atmosféricos e massas de ar

Para Monteiro (1969, 1971, 1973), mais importante do que identificar as áreas de distribuição dos maiores totais de precipitação, ou das menores temperaturas seria o entendimento dos sistemas atmosféricos responsáveis pela gênese dessas condições. Em outras palavras, para o autor é de fundamental relevância para a ciência geográfica a identificação das origens dos sistemas atuantes sobre os lugares, desde uma perspectiva dinâmica, na qual espaço e tempo (cronológico e atmosférico) se inter-relacionam e se dinamizam, formando unidades climáticas particulares na superfície terrestre.

A análise da climatologia geográfica, proposta por Monteiro (1969, 1971, 1973), se assenta numa perspectiva de espaço-tempo relacional, numa interação que flui na produção histórica e geográfica do tempo atmosférico.

Em termos operacionais, Monteiro (1973), quando de sua proposta de elaboração de um estudo geográfico do clima em formato de atlas para o estado de São Paulo, iniciou sua análise a partir da escolha de anos-padrão, inicialmente tomados de forma arbitrária, para proceder à investigação dos sistemas atmosféricos atuantes em anos representativos da série histórica em análise. Posteriormente, Tavares (1976) propôs a utilização de medidas de tendência central e dispersão (desvio padrão) como critério de escolha dos anos, seguido de Sant'Anna Neto (1995), que não apenas empregou o desvio padrão, como o dividiu por dois para identificar os anos extremos chuvoso e seco e, também, os anos tendentes a chuvoso e seco, além do ano habitual.

A partir do emprego do desvio padrão (explicitado no **capítulo 5**), foi possível visualizar os anos que se enquadraram nas categorias, quais sejam: excepcionalmente chuvoso (1983, 2009), tendente a chuvoso (1985, 2004, 2010), habitual (1987, 2002, 2003), tendente a seco (1978, 1993, 2015) e excepcionalmente seco (1984, 2014) ao longo da série histórica. A condição de excepcionalidade da precipitação nos anos em destaque se repete na maioria dos postos pluviométricos, exibindo um padrão temporal e espacial na sua variabilidade. Destacadamente os anos de 1983, 1984 e 1985, assim como os anos de 1993, 2009 e 2010 foram amplamente discutidos na literatura, inclusive tendo as suas características de excepcionalidade relacionadas com padrões de variabilidade como ENOS e ODP. O ano de 2014, que se apresentou excepcionalmente seco, ainda carece de maiores investigações no campo da climatologia, ainda que se saiba que ele tenha sido excepcional tanto por uma análise empírica quanto científica, a partir da investigação pautada em uma base de dados (**quadro 8**).

A análise rítmica do ano de 2003 foi realizada segundo os pressupostos de (Monteiro, 1964, 1969, 1971, 1973), Nimer (1989), Mendonça e Danni-Oliveira (2007), Zavattini e Boin (2013), Armond (2014), resultando não apenas numa identificação temporal da frequência dos sistemas atmosféricos atuantes sobre a área em estudo, mas também resultou numa identificação espacial dos sistemas.

| Postos Pluviométricos | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 | 1986 | 1987 | 1988 | 1989 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | | | |
|------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Aldeia | 1280,7 | 1154,7 | 892,0 | 1052,8 | 1696,8 | 1399,2 | 1168,2 | 1065,2 | 1743,3 | 978,1 | 1417,3 | 825,2 | 1118,9 | 966,0 | 1158,8 | 865,1 | 1497,2 | 1327,6 | 969,5 | 1130,2 | 1415,3 | 1516,4 | 1155,4 | 1093,4 | 1045,6 | 802,3 | 1649,4 | 1330,3 | 1278,1 | 1468,2 | 1402,1 | 1073,0 | 1370,3 | 1286,3 | 1340,0 | 1202,6 | 1310,2 | 817,4 | 1098,0 | 439,8 | 713,9 | | | |
| Alto da Boa Vista | 2227,1 | 2520,0 | 1771,4 | 1609,6 | 2411,4 | 2357,9 | 2162,0 | 2129,3 | 2230,5 | 1504,4 | 2261,0 | 2012,0 | 2342,0 | 2754,5 | 2240,6 | 1646,3 | 2418,0 | 2435,1 | 2220,5 | 2496,3 | 2479,5 | 2778,8 | 1479,0 | 3779,5 | 1908,5 | 2030,1 | 1908,8 | 2080,2 | 2858,8 | 2441,3 | 8195,4 | 2483,2 | 2474,7 | 2543,2 | 2466,8 | 2754,3 | 1886,6 | 2163,5 | 2760,9 | 1641,5 | 1843,9 | | | |
| Anta | 1339,8 | 1804,6 | 1524,2 | 1129,2 | 1061,1 | 1401,7 | 1006,1 | 1345,7 | 1955,6 | 925,6 | 1097,0 | 1093,0 | 994,2 | 1405,3 | 2204,6 | 1646,3 | 2418,0 | 2435,1 | 2220,5 | 2496,3 | 2479,5 | 2778,8 | 1479,0 | 3779,5 | 1908,5 | 2030,1 | 1908,8 | 2080,2 | 2858,8 | 2441,3 | 8195,4 | 2483,2 | 2474,7 | 2543,2 | 2466,8 | 2754,3 | 1886,6 | 2163,5 | 2760,9 | 1641,5 | 1843,9 | | | |
| Areal Granja Gabi | 1127,9 | 1084,4 | 921,9 | 827,8 | 1046,7 | 998,8 | 934,0 | 1273,7 | 1999,8 | 720,9 | 1831,3 | 1017,9 | 1164,8 | 1460,5 | 1281,4 | 793,4 | 1467,4 | 1548,2 | 1189,0 | 1435,4 | 1226,2 | 1541,0 | 1341,6 | 1285,4 | 1333,8 | 1272,8 | 1303,7 | 1518,4 | 1521,7 | 1957,5 | 1858,4 | 1771,5 | 1867,7 | 2053,4 | 2110,5 | 1530,5 | 1208,7 | 1347,7 | 1142,8 | 612,2 | 1066,4 | | | |
| Avelar | 1094,5 | 1161,7 | 946,2 | 1029,0 | 1295,4 | 1287,1 | 1131,3 | 1023,2 | 1843,4 | 820,6 | 939,6 | 1138,1 | 1348,7 | 1291,3 | 1113,8 | 1020,0 | 1299,3 | 1406,0 | 1014,9 | 1545,8 | 1234,5 | 1340,0 | 915,2 | 1038,6 | 899,3 | 1022,6 | 1353,9 | 1219,8 | 1177,1 | 1205,5 | 1019,8 | 850,1 | 1007,4 | 1374,7 | 1643,7 | 1390,7 | 1108,9 | 1168,6 | 1334,6 | 738,9 | 1073,6 | | | |
| Barra Alegre | 1156,2 | 1224,6 | 1150,9 | 955,9 | 1306,0 | 1506,2 | 1575,8 | 1660,6 | 2068,4 | 1062,0 | 1482,1 | 1125,9 | 1151,5 | 1444,5 | 1624,0 | 848,5 | 1044,4 | 1470,1 | 1004,1 | 1306,5 | 1100,2 | 1425,1 | 1217,3 | 1441,8 | 1012,7 | 1038,7 | 1248,9 | 1134,8 | 1349,5 | 1537,4 | 1563,9 | 1142,0 | 1327,9 | 1546,9 | 1766,4 | 1233,2 | 1314,7 | 1629,2 | 1491,9 | 867,6 | 1233,5 | | | |
| Barra do Pirai | 684,4 | 1384,9 | 728,0 | 808,5 | 944,2 | 589,4 | 766,1 | 992,2 | 1670,0 | 860,3 | 1601,6 | 1112,0 | 1138,1 | 1224,7 | 850,6 | 713,1 | 820,1 | 912,0 | 552,0 | 723,4 | 1116,5 | 1420,5 | 1075,1 | 1075,9 | 1020,6 | 1024,8 | 921,3 | 1872,8 | 1099,5 | 1243,9 | 1166,8 | 1194,2 | 1060,0 | 1599,1 | 1436,3 | 1296,7 | 1198,6 | 1209,3 | 1200,2 | 736,1 | 984,5 | | | |
| Bom Sucesso | 1246,4 | 1551,9 | 1233,4 | 1415,4 | 1612,1 | 1273,2 | 1235,8 | 1771,4 | 1994,2 | 929,8 | 1506,7 | 1176,5 | 1346,0 | 1313,0 | 1117,6 | 1272,6 | 1322,7 | 1183,3 | 808,1 | 1028,6 | 964,9 | 1041,2 | 1237,6 | 1495,1 | 991,7 | 1218,8 | 1160,2 | 1387,4 | 1162,5 | 1472,5 | 1513,7 | 987,3 | 1406,4 | 1361,7 | 1565,8 | 1434,2 | 1413,6 | 1312,4 | 1492,8 | 642,3 | 1079,6 | | | |
| Bracuí | 2341,2 | 2869,3 | 2303,1 | 1839,4 | 2289,5 | 2207,1 | 2093,1 | 2519,7 | 2810,4 | 1634,1 | 2644,5 | 2722,5 | 2389,9 | 2683,6 | 2336,4 | 1739,6 | 2502,1 | 2721,1 | 2055,5 | 2514,1 | 2554,9 | 2709,2 | 1734,8 | 2433,6 | 2280,4 | 2556,2 | 2041,4 | 2538,9 | 2450,1 | 2296,5 | 2519,9 | 2120,4 | 1709,7 | 2011,5 | 2658,3 | 2893,4 | 2199,4 | 2199,9 | 2127,8 | 1474,9 | 2065,5 | | | |
| Cardoso Moreira | 1028,4 | 926,3 | 880,4 | 809,3 | 1080,8 | 641,1 | 934,6 | 809,0 | 1549,2 | 970,7 | 1224,7 | 733,9 | 711,2 | 1054,5 | 811,6 | 747,7 | 925,8 | 963,2 | 798,1 | 838,9 | 1114,4 | 1085,3 | 896,7 | 885,0 | 972,6 | 816,8 | 839,6 | 726,0 | 1094,3 | 1061,7 | 1279,8 | 939,7 | 1051,3 | 1273,6 | 1220,4 | 838,9 | 1065,5 | 871,2 | 946,2 | 628,8 | 590,0 | | | |
| Cascatilha do Conego | 1819,3 | 2460,0 | 2012,6 | 2108,9 | 2613,5 | 2217,8 | 2245,9 | 2510,8 | 2643,9 | 1931,4 | 2316,8 | 2424,3 | 2441,9 | 2755,1 | 2231,1 | 2204,2 | 2229,0 | 2581,3 | 1612,1 | 2697,5 | 2531,4 | 2074,7 | 2175,5 | 844,8 | 2571,2 | 3219,4 | 2095,8 | 2179,7 | 1827,3 | 2232,5 | 2982,9 | 1931,8 | 2190,7 | 1991,6 | 2324,3 | 1738,2 | 2064,8 | 1736,9 | 1836,4 | 1246,1 | 1519,5 | | | |
| Conservatória | 1540,5 | 1511,9 | 1501,3 | 1214,5 | 1610,2 | 1378,2 | 1395,7 | 1676,1 | 1264,9 | 1034,7 | 2037,3 | 1573,6 | 1441,9 | 1895,6 | 1391,5 | 1294,0 | 1423,2 | 1367,1 | 1302,9 | 1471,3 | 1307,8 | 2203,1 | 1230,9 | 1345,4 | 1268,9 | 1186,9 | 1892,6 | 1559,0 | 1715,6 | 1627,5 | 1279,7 | 1222,3 | 2032,3 | 2049,4 | 1877,9 | 1412,4 | 1267,4 | 1592,9 | 900,3 | 1178,1 | | | | |
| Coroa Grande | 2222,4 | 2610,9 | 1942,2 | 1820,4 | 2173,0 | 2190,4 | 2114,2 | 2321,6 | 3082,0 | 1629,6 | 2391,7 | 2584,8 | 2434,4 | 2105,1 | 2131,5 | 1867,3 | 2833,3 | 2364,4 | 1844,4 | 2423,2 | 2545,1 | 1977,4 | 1641,9 | 2618,1 | 2274,9 | 1925,1 | 1661,0 | 1900,4 | 1684,9 | 1664,1 | 2450,7 | 2359,0 | 1705,3 | 1941,5 | 3031,9 | 2684,8 | 1930,4 | 1458,5 | 2541,6 | 1829,2 | 2414,8 | | | |
| Dois Rios | 1047,0 | 1081,3 | 677,6 | 960,3 | 1255,6 | 818,4 | 929,8 | 1064,2 | 1413,5 | 772,4 | 935,7 | 678,6 | 702,4 | 993,0 | 942,5 | 704,6 | 1021,8 | 1098,1 | 787,8 | 915,0 | 1548,7 | 1367,5 | 984,2 | 1052,0 | 1325,8 | 1128,8 | 1166,6 | 1037,3 | 1336,0 | 1299,5 | 1210,9 | 1389,3 | 933,4 | 1343,2 | 1249,0 | 904,7 | 1159,8 | 915,1 | 1112,9 | 694,9 | 740,0 | | | |
| Est. Bomb. Imunana | 999,4 | 1189,7 | 1175,0 | 1139,3 | 1530,9 | 1445,8 | 1212,9 | 1497,4 | 1837,7 | 790,3 | 1642,7 | 1376,4 | 1449,3 | 2111,3 | 1333,3 | 1421,0 | 1605,1 | 1477,9 | 1292,2 | 1443,2 | 1807,8 | 1719,7 | 1203,6 | 1636,8 | 1308,8 | 1293,9 | 1248,2 | 1264,5 | 1283,4 | 1724,3 | 1312,6 | 1330,8 | 1135,9 | 1589,7 | 1579,0 | 1363,6 | 1067,5 | 1269,1 | 1593,5 | 911,5 | 1337,3 | | | |
| Fagundes | 1223,2 | 1415,7 | 1233,8 | 1408,1 | 1536,4 | 887,6 | 822,4 | 276,2 | 1608,2 | 839,4 | 1367,3 | 1088,6 | 1162,1 | 1333,0 | 930,1 | 737,0 | 859,4 | 799,4 | 433,0 | 688,9 | 1176,0 | 1396,7 | 801,7 | 967,5 | 1012,1 | 987,8 | 1417,3 | 1281,9 | 1298,4 | 1298,1 | 985,1 | 863,0 | 1078,8 | 1279,8 | 1408,4 | 1085,9 | 1071,8 | 1070,0 | 901,3 | 634,6 | 1034,5 | | | |
| Farol de São Tome | 851,4 | 910,6 | 685,0 | 569,4 | 761,2 | 881,0 | 1929,6 | 1088,6 | 1505,5 | 815,6 | 515,5 | 634,9 | 592,5 | 675,0 | 725,8 | 737,7 | 721,1 | 481,3 | 665,0 | 679,5 | 634,9 | 512,6 | 552,3 | 524,4 | 467,5 | 560,3 | 503,8 | 517,2 | 722,1 | 896,7 | 747,6 | 425,5 | 1024,5 | 1026,2 | 552,4 | 703,5 | 754,4 | 670,9 | 415,6 | 320,0 | | | | |
| Fazenda Agulhas Negras | 2476,6 | 2306,2 | 2229,9 | 2203,6 | 2591,1 | 2082,6 | 2684,9 | 2696,5 | 3654,1 | 2064,9 | 2889,9 | 2354,4 | 2229,5 | 2434,1 | 2576,0 | 2210,0 | 2761,3 | 2756,1 | 2133,2 | 2597,0 | 1874,5 | 2836,4 | 2854,8 | 2108,4 | 2979,0 | 2968,7 | 2120,5 | 2256,8 | 2304,0 | 2653,2 | 2729,6 | 2636,6 | 1987,6 | 3058,1 | 2712,6 | 2559,7 | 2483,8 | 2079,3 | 3125,9 | 2302,8 | 2166,3 | | | |
| Fazenda do Carmo | 1830,6 | 2063,0 | 1867,8 | 1900,9 | 2208,0 | 1655,7 | 2182,7 | 2164,7 | 2341,1 | 1488,1 | 2597,8 | 2022,9 | 1916,6 | 2764,6 | 1901,7 | 2319,4 | 2763,7 | 1788,9 | 2513,4 | 2033,4 | 2392,0 | 1874,5 | 2305,1 | 1846,6 | 1641,5 | 1865,0 | 1837,7 | 2122,9 | 2301,3 | 2426,0 | 1874,9 | 2078,2 | 2451,5 | 2827,6 | 2323,6 | 1787,8 | 1924,7 | 2180,8 | 1727,6 | 1350,4 | | | | |
| Fazenda Mendes | 1511,1 | 1843,6 | 1236,9 | 1405,8 | 1892,8 | 1260,6 | 1554,5 | 2425,2 | 3197,4 | 1329,1 | 1081,8 | 1549,0 | 1915,6 | 1452,6 | 1314,5 | 1613,9 | 1038,5 | 489,6 | 365,9 | 1923,7 | 1232,7 | 1845,9 | 1345,9 | 1408,2 | 1476,9 | 1361,3 | 1447,6 | 1319,2 | 1517,5 | 1742,9 | 1742,9 | 1890,6 | 1732,7 | 1824,9 | 1725,2 | 1890,7 | 1808,1 | 1523,7 | 856,5 | 1124,2 | | | | |
| Fazenda Oratório | 996,4 | 1643,4 | 1530,6 | 1216,4 | 1623,5 | 1352,2 | 1238,4 | 1952,5 | 2384,6 | 1101,3 | 694,0 | 658,3 | 1584,6 | 1642,9 | 2029,3 | 1565,8 | 1800,1 | 1672,6 | 1283,5 | 1832,2 | 1527,2 | 1918,6 | 1717,1 | 2250,6 | 1529,5 | 1276,1 | 1377,9 | 1380,7 | 1588,5 | 1875,9 | 2165,2 | 1372,6 | 2080,8 | 3004,3 | 2144,8 | 1497,2 | 1586,4 | 1537,1 | 2229,9 | 1196,2 | 1591,3 | | | |
| Fazenda São João | 2496,0 | 2190,1 | 2261,3 | 2049,9 | 1523,5 | 2352,9 | 2317,4 | 2265,8 | 2699,2 | 1821,9 | 2292,2 | 2248,8 | 1777,6 | 2718,0 | 2029,7 | 2159,8 | 1831,3 | 2372,3 | 1761,6 | 2658,2 | 1625,1 | 2992,9 | 1936,5 | 2075,1 | 1936,5 | 2075,1 | 1936,5 | 2075,1 | 1936,5 | 2075,1 | 1936,5 | 2075,1 | 1936,5 | 2075,1 | 1936,5 | 2075,1 | 1936,5 | 2075,1 | 1936,5 | 2075,1 | 1936,5 | 2075,1 | 1936,5 | 2075,1 |
| Fazenda São Joaquim | 1867,8 | 2152,5 | 1705,9 | 1648,9 | 3081,6 | 2055,1 | 3399,1 | 3418,2 | 5356,9 | 3204,7 | 3344,8 | 2686,2 | 2344,6 | 2069,0 | 1929,2 | 2522,3 | 2127,0 | 2212,6 | 1724,2 | 1800,5 | 1566,3 | 2857,6 | 4058,2 | 4556,7 | 2263,9 | 2523,1 | 1894,1 | 2364,0 | 2618,0 | 3021,9 | 8529,4 | 2719,7 | 2420,1 | 3121,7 | 3735,2 | 2828,1 | 2427,0 | 2168,1 | 3043,8 | 2610,5 | 2240,3 | | | |
| Fazenda Sobradinho | 2207,8 | 2164,9 | 1495,4 | 1269,4 | 1748,2 | 1263,8 | 1262,7 | 1861,9 | 2121,4 | 1024,4 | 1998,8 | 982,8 | 1301,9 | 1363,5 | 1370,8 | 1261,0 | 1417,4 | 1564,8 | 1135,4 | 1545,8 | 1402,9 | 1620,9 | 1113,4 | 1301,1 | 993,8 | 1179,4 | 1250,2 | 1519,5 | | | | | | | | | | | | | | | | |

| Postos Pluviométricos | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 | 1986 | 1987 | 1988 | 1989 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
|------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Avelar/Paty do Alferes | 1094,5 | 1161,7 | 946,2 | 1029,0 | 1295,4 | 1287,1 | 1131,3 | 1023,2 | 1843,4 | 820,6 | 939,6 | 1138,1 | 1348,7 | 1291,3 | 1113,8 | 1020,0 | 1299,3 | 1406,0 | 1014,9 | 1545,8 | 1293,0 | 1337,7 | 915,2 | 1038,6 | 899,3 | 1001,4 | 1315,0 | 1219,8 | 1177,1 | 1205,5 | 1019,8 | 899,3 | 1007,4 | 1403,8 | 1643,7 | 1390,7 | 1108,9 | 1144,4 | 1334,6 | 740,3 | 1043,5 |
| Campos dos Goytacazes | 1239,0 | 1031,9 | 1068,3 | 797,8 | 784,1 | 734,6 | 903,8 | 843,9 | 1386,0 | 1052,5 | 1023,8 | 732,2 | 999,2 | 1036,8 | 840,8 | 864,1 | 919,4 | 888,5 | 785,6 | 1106,1 | 888,0 | 921,0 | 927,3 | 945,3 | 1003,9 | 688,9 | 827,0 | 827,7 | 892,7 | 1127,5 | 1548,1 | 1039,2 | 1191,6 | 1517,1 | 1008,2 | 731,0 | 741,5 | 946,3 | 1177,1 | 712,3 | 854,4 |
| Cordeiro | 1325,9 | 1494,3 | 1275,2 | 1037,6 | 1109,4 | 893,2 | 762,9 | 1262,2 | 1903,4 | 957,2 | 1587,8 | 1090,1 | 1242,3 | 1212,8 | 1349,9 | 998,9 | 1259,1 | 1229,6 | 1067,8 | 1169,3 | 1261,5 | 1581,7 | 1380,9 | 1200,7 | 1055,4 | 1131,9 | 1153,7 | 1222,6 | 1269,8 | 1480,3 | 1425,6 | 1512,4 | 1626,8 | 1728,4 | 1579,7 | 1325,6 | 1587,2 | 1263,3 | 1307,6 | 646,6 | 1009,7 |
| Coronel Pacheco - MG | 1436,7 | 1814,2 | 1387,0 | 1431,7 | 1607,6 | 1432,6 | 1464,0 | 1677,2 | 2410,1 | 1343,2 | 2467,3 | 1487,2 | 1371,7 | 1539,2 | 1569,9 | 1491,0 | 1935,4 | 1751,9 | 1271,4 | 1370,1 | 1509,2 | 1514,5 | 1709,8 | 1471,3 | 1253,0 | 1391,7 | 1201,1 | 1623,5 | 1717,3 | 1972,3 | 1724,5 | 1567,5 | 1613,3 | 2349,5 | 1519,6 | 1766,9 | 1656,9 | 1730,8 | 1893,6 | 922,6 | 1315,8 |
| Itaperuna | 1261,0 | 1194,9 | 878,8 | 1153,6 | 1169,9 | 820,6 | 934,3 | 837,9 | 1626,1 | 1199,2 | 1409,5 | 861,8 | 1009,3 | 1248,2 | 1226,6 | 989,4 | 1334,0 | 1281,6 | 1011,1 | 1097,0 | 1340,9 | 1284,3 | 1200,6 | 1063,9 | 995,9 | 1031,6 | 1301,9 | 1124,8 | 1376,0 | 1345,4 | 1338,3 | 1321,8 | 1163,0 | 1553,5 | 1481,1 | 1317,2 | 1188,1 | 1224,6 | 1374,5 | 997,6 | 966,6 |
| Juiz de Fora - MG | 1482,3 | 1783,4 | 1208,9 | 1433,9 | 978,5 | 1063,2 | 1205,9 | 1540,5 | 2367,5 | 1412,7 | 2101,3 | 1445,6 | 1474,8 | 1678,1 | 1218,6 | 1427,1 | 1584,4 | 1529,9 | 1223,6 | 1725,0 | 1595,6 | 1589,3 | 1531,9 | 1408,0 | 1392,2 | 1291,0 | 1700,0 | 1419,4 | 1859,7 | 2080,5 | 1601,9 | 1461,4 | 1462,7 | 2120,2 | 1954,9 | 1786,4 | 1670,8 | 1376,1 | 1808,3 | 906,2 | 1294,0 |
| Resende | 1680,6 | 1570,6 | 1373,6 | 1409,3 | 1114,9 | 1164,6 | 1416,9 | 1501,5 | 2083,6 | 1154,6 | 2026,9 | 1978,4 | 1752,7 | 2113,4 | 1634,0 | 1212,8 | 2008,0 | 1769,5 | 1514,7 | 1328,0 | 1628,1 | 1855,7 | 1698,3 | 1452,8 | 1495,2 | 1785,2 | 1316,7 | 1480,9 | 1439,5 | 1679,9 | 1617,5 | 1736,2 | 1335,7 | 2110,7 | 2110,2 | 1925,6 | 1714,5 | 1290,9 | 2002,7 | 1229,0 | 1404,5 |
| Rio de Janeiro | 971,3 | 1098,5 | 978,9 | 694,4 | 1046,4 | 1187,9 | 1210,6 | 1509,9 | 1339,7 | 818,9 | 1105,2 | 1178,9 | 1324,4 | 1518,7 | 1312,8 | 1233,2 | 1300,9 | 1082,2 | 752,3 | 997,4 | 1200,6 | 1234,2 | 980,0 | 1260,5 | 1217,5 | 1113,9 | 1111,1 | 997,8 | 1247,4 | 1073,6 | 1418,1 | 1209,3 | 904,8 | 1197,3 | 1386,9 | 1683,1 | 888,5 | 941,1 | 1333,8 | 1229,0 | 1404,5 |
| Alto S do Mar | 2472,7 | 2512,0 | 2396,5 | 1690,7 | 2911,7 | 3109,4 | 3138,8 | 3395,6 | 3208,1 | 2477,0 | 2796,5 | 3415,3 | 2160,5 | 3351,7 | 2091,1 | 1532,3 | 1634,4 | 1610,0 | 1416,9 | 1858,0 | 1660,0 | 2159,5 | 1326,7 | 1679,5 | 1365,7 | 1717,1 | 1587,1 | 1634,7 | 1145,3 | 1507,6 | 1705,4 | 1555,4 | 1272,9 | 1743,9 | 2167,9 | 1722,9 | 1681,9 | 1392,4 | 1434,1 | 1030,7 | 1545,4 |
| Arapeí | 1724,1 | 1922,6 | 1660,3 | 1489,4 | 1758,4 | 1431,7 | 1544,3 | 1848,7 | 2040,9 | 1300,5 | 1954,2 | 1617,0 | 1275,2 | 1659,0 | 1749,2 | 1123,2 | 1504,8 | 1785,7 | 1590,8 | 1180,2 | 1550,7 | 2206,4 | 1580,3 | 1663,8 | 1385,9 | 1831,6 | 1583,9 | 1703,8 | 1499,0 | 1874,4 | 1405,4 | 1599,3 | 1217,9 | 1709,8 | 1857,5 | 1665,1 | 1382,9 | 1361,8 | 1512,9 | 986,4 | 1403,0 |
| Bairro Paraibuna | 1534,5 | 1916,1 | 1687,6 | 1487,2 | 1976,7 | 1507,6 | 1417,5 | 1771,5 | 1863,9 | 1139,8 | 1957,1 | 1807,0 | 1619,4 | 1844,2 | 1750,7 | 1472,8 | 1677,0 | 1426,2 | 1850,9 | 1616,6 | 1969,4 | 2162,3 | 1528,0 | 1430,3 | 1304,4 | 1855,4 | 1772,3 | 1788,9 | 1108,3 | 1489,7 | 1861,0 | 1861,6 | 1885,0 | 2552,9 | 2378,8 | 2265,8 | 1479,3 | 1380,9 | 1818,0 | 1042,6 | 1477,1 |
| Bananal | 1636,9 | 1697,0 | 1428,9 | 1273,9 | 1489,5 | 1260,7 | 1361,6 | 1707,6 | 1744,3 | 939,3 | 1469,5 | 1557,2 | 1270,1 | 1509,2 | 1283,3 | 1010,5 | 1290,9 | 1331,2 | 1198,5 | 858,8 | 1458,4 | 2100,5 | 1345,7 | 1272,4 | 1142,9 | 1552,5 | 1303,4 | 1413,1 | 1183,0 | 1453,9 | 1117,5 | 1525,7 | 1208,8 | 1390,7 | 1693,4 | 1614,3 | 1237,4 | 1291,2 | 1455,5 | 768,7 | 1383,3 |
| Bicuíba | 1265,3 | 1310,0 | 1509,4 | 1604,5 | 1796,3 | 1474,4 | 1392,9 | 1596,8 | 2151,9 | 1226,9 | 1767,5 | 1306,5 | 1215,7 | 1061,3 | 1676,9 | 1302,2 | 1531,9 | 1514,0 | 1283,7 | 1710,6 | 1199,8 | 1651,7 | 1489,1 | 1231,1 | 1541,9 | 1589,8 | 1462,9 | 1766,6 | 1175,6 | 1698,4 | 1746,1 | 2094,8 | 1097,8 | 2088,5 | 1490,3 | 1450,3 | 1669,9 | 1007,1 | 1179,2 | 812,1 | 1162,1 |
| Bocaina | 1990,6 | 2234,7 | 1924,8 | 1822,0 | 2058,0 | 1730,0 | 1911,0 | 2075,7 | 2394,2 | 1632,3 | 2722,2 | 1968,7 | 1817,2 | 2206,9 | 2010,9 | 1658,1 | 2205,5 | 2134,1 | 1904,9 | 2035,1 | 2018,7 | 2705,5 | 1999,6 | 1812,6 | 1692,1 | 1963,1 | 1777,0 | 2045,9 | 1778,0 | 2156,9 | 1409,1 | 1666,7 | 1335,1 | 2219,7 | 2333,5 | 2099,2 | 1660,4 | 1581,2 | 1174,0 | 1109,3 | 1807,3 |
| Caiana | 1068,2 | 1176,4 | 1225,1 | 1408,3 | 1636,5 | 1089,6 | 1239,0 | 1016,4 | 1499,8 | 774,6 | 1391,8 | 977,4 | 1519,2 | 1175,1 | 990,3 | 1114,0 | 1087,6 | 1162,8 | 1217,0 | 1331,3 | 1209,9 | 1282,2 | 1214,7 | 731,0 | 1120,6 | 1468,7 | 1436,0 | 1434,0 | 1356,2 | 1772,2 | 1310,6 | 1961,0 | 1497,5 | 2190,2 | 1654,9 | 1524,5 | 1723,3 | 1395,8 | 1184,9 | 843,3 | 1048,1 |
| Campos de Cunha2 | 1432,9 | 1720,9 | 1369,9 | 1433,0 | 1278,2 | 1344,4 | 1335,6 | 1578,9 | 1929,0 | 1029,8 | 1713,5 | 1662,8 | 1519,4 | 1560,4 | 1593,6 | 1174,3 | 1518,7 | 1429,2 | 1503,9 | 1246,5 | 1533,1 | 1898,8 | 1290,1 | 1438,0 | 1044,7 | 1392,4 | 1188,8 | 1286,2 | 1195,8 | 1452,9 | 1257,6 | 910,4 | 1227,6 | 1509,3 | 1669,5 | 1639,6 | 1347,7 | 1355,7 | 1699,6 | 925,8 | 1566,3 |
| Carangola | 1308,4 | 1044,8 | 1015,9 | 1149,4 | 1286,0 | 1063,4 | 1148,5 | 979,5 | 1304,7 | 1415,4 | 1263,7 | 921,1 | 1144,4 | 885,0 | 702,8 | 811,5 | 1161,7 | 529,4 | 243,2 | 665,6 | 785,9 | 1086,8 | 1144,2 | 1312,4 | 1372,1 | 1310,1 | 1375,2 | 1658,4 | 1016,6 | 1758,7 | 1244,2 | 1769,1 | 1308,1 | 2113,5 | 1632,6 | 1536,6 | 1814,9 | 1264,3 | 1371,1 | 1105,2 | 1021,1 |
| Cunha EC | 1447,6 | 2157,3 | 1516,0 | 1337,8 | 1683,1 | 1645,0 | 1654,2 | 1466,8 | 1746,1 | 861,3 | 1467,5 | 1528,2 | 1454,2 | 1636,9 | 1376,4 | 1172,4 | 1394,1 | 1270,1 | 1278,1 | 1159,5 | 1475,7 | 1547,7 | 928,7 | 1013,9 | 858,0 | 1097,0 | 1090,9 | 1190,9 | 1057,0 | 1313,7 | 1511,8 | 1585,9 | 1315,8 | 1737,5 | 1783,2 | 2884,2 | 4788,3 | 2135,0 | 471,7 | 403,7 | 1222,7 |
| Dores do Rio Preto | 1463,2 | 1222,6 | 1518,7 | 1262,2 | 1731,1 | 994,4 | 1478,4 | 1196,1 | 1743,5 | 1030,4 | 1608,0 | 1293,1 | 1641,5 | 1041,9 | 1353,3 | 1054,8 | 1818,2 | 1476,3 | 1219,5 | 1638,7 | 1804,4 | 1362,4 | 1652,1 | 934,7 | 1415,8 | 1889,2 | 1076,7 | 1618,6 | 1185,5 | 1840,4 | 1497,3 | 1929,9 | 1209,2 | 1907,0 | 1715,6 | 1433,1 | 1705,0 | 1217,0 | 1593,2 | 906,7 | 1192,1 |
| Estevão Pinto | 1193,1 | 1524,1 | 1138,6 | 1332,0 | 1674,1 | 1357,6 | 1402,4 | 1693,9 | 2074,0 | 1161,5 | 2058,8 | 1176,9 | 1177,8 | 1622,0 | 1422,7 | 1104,0 | 1357,4 | 1235,0 | 919,9 | 1585,7 | 1470,9 | 1252,5 | 1260,1 | 1329,2 | 1259,1 | 939,3 | 1012,7 | 1327,2 | 1396,1 | 1764,4 | 1490,2 | 1336,6 | 1385,4 | 1790,5 | 1606,5 | 1665,6 | 1687,5 | 1291,6 | 1598,9 | 811,8 | 1331,1 |
| Fazenda da Barra Pirapetinga | 1116,5 | 1352,9 | 1071,4 | 1048,3 | 1557,8 | 1121,8 | 1388,0 | 1668,5 | 1160,3 | 1516,7 | 904,7 | 1148,7 | 1201,6 | 1434,3 | 918,5 | 1368,9 | 1332,0 | 782,7 | 1072,0 | 1086,9 | 1521,4 | 1183,3 | 1016,1 | 1186,6 | 1431,8 | 1216,3 | 1122,6 | 1108,2 | 1400,9 | 1230,5 | 1091,3 | 1113,2 | 1465,8 | 1520,3 | 1469,6 | 1249,5 | 1188,9 | 1388,7 | 804,5 | 1049,5 | |
| Fazenda do Cume | 1096,7 | 1783,4 | 1250,3 | 1309,1 | 1174,4 | 1291,0 | 1372,9 | 1726,3 | 1770,1 | 873,6 | 1542,2 | 1702,1 | 1521,3 | 1901,2 | 1266,0 | 1157,3 | 1395,9 | 1418,8 | 1386,8 | 1217,3 | 1562,2 | 1577,9 | 1077,3 | 1342,7 | 1117,1 | 1248,5 | 1331,3 | 1387,2 | 1306,2 | 1476,6 | 1256,5 | 1298,9 | 1127,7 | 1584,8 | 1638,6 | 1609,3 | 1346,2 | 1035,4 | 1412,4 | 719,4 | 1142,3 |
| Fazenda Monte Alegre | 1202,0 | 1141,5 | 1010,3 | 1051,8 | 1362,2 | 1216,0 | 1234,4 | 1323,5 | 1870,4 | 1286,0 | 1376,7 | 787,7 | 732,7 | 471,8 | 685,9 | 704,6 | 680,6 | 809,8 | 1041,8 | 1368,3 | 1701,6 | 1554,4 | 1755,0 | 1442,6 | 1769,1 | 1276,2 | 1082,7 | 1331,4 | 1492,2 | 1912,9 | 2046,8 | 1583,9 | 1089,0 | 1881,3 | 1732,0 | 1647,2 | 1690,0 | 1002,0 | 1756,8 | 868,8 | 1114,7 |
| Fazenda São Gabriel | 1848,9 | 2384,4 | 1308,3 | 1829,5 | 1918,2 | 1837,8 | 2098,3 | 2280,1 | 2725,5 | 1525,0 | 2285,5 | 1741,1 | 1902,5 | 2193,4 | 1936,9 | 1612,5 | 2219,9 | 2143,0 | 1644,6 | 1976,7 | 1728,2 | 2022,7 | 1760,3 | 1661,1 | 1826,1 | 1671,1 | 1669,8 | 1743,8 | 2061,6 | 2696,1 | 2005,9 | 1934,8 | 1406,9 | 2047,8 | 2340,9 | 1433,2 | 1527,8 | 1659,2 | 2016,2 | 1512,2 | 1603,3 |
| Guaçuí | 1358,0 | 1275,5 | 1398,0 | 1239,8 | 1966,3 | 1493,2 | 1384,8 | 1564,2 | 2103,5 | 1520,3 | 2271,0 | 1163,0 | 1915,6 | 1461,6 | 1396,0 | 1149,3 | 1613,6 | 1353,0 | 1270,6 | 1479,8 | 1467,1 | 1434,9 | 1441,7 | 1389,5 | 1585,4 | 1582,5 | 1429,2 | 1552,9 | 1477,1 | 2125,4 | 1903,8 | 1622,8 | 1522,1 | 2103,6 | 2074,8 | 1502,6 | 1595,9 | 1115,2 | 1679,3 | 824,8 | 839,0 |
| Itanhandu | 1357,9 | 1830,6 | 1391,5 | 1293,4 | 1502,2 | 1715,2 | 1713,5 | 1614,0 | 2367,6 | 977,2 | 1499,6 | 1360,8 | 1246,7 | 921,6 | 1155,6 | 1165,2 | 838,7 | 1075,8 | 786,8 | 972,8 | 1773,8 | 1757,5 | 1126,4 | 1194,8 | 1209,1 | 1437,7 | 1225,5 | 1393,9 | 1048,2 | | | | | | | | | | | | |

Os sistemas atmosféricos foram categorizados, num primeiro momento, quanto à sua gênese e/ou característica-fonte, e classificados em Sistemas Frontais (correspondente a Frente Polar Atlântica e sistemas associados, como a Frente Fria - FF, Frente Reflexa - FR, Frente Oclusa - OCL, Repercussões da FPA - Rep e Zona de Convergência do Atlântico Sul - ZCAS), Sistemas Extratropicais (nomeadamente a massa polar atlântica - mPa e massa polar atlântica continentalizada - mPaC), Sistemas Intertropicais (massa tropical atlântica - mTa e massa tropical atlântica continentalizada - mTaC) e Sistemas Continentais (massa tropical continental - mTa) (**quadro 9**).

| %SISTEMAS | SF | Extra | Inter |
|----------------|------|-------|-------|
| Avelar | 36,0 | 33,7 | 30,2 |
| Campos | 39,0 | 18,8 | 42,1 |
| Cordeiro | 41,1 | 26,6 | 32,3 |
| Cel. Pacheco | 43,7 | 31,9 | 24,4 |
| Itaperuna | 41,3 | 24,7 | 34,0 |
| Juiz de Fora | 40,1 | 24,6 | 35,3 |
| Resende | 45,0 | 28,3 | 26,7 |
| Rio de Janeiro | 39,2 | 14,2 | 46,5 |

Quadro 9 – Percentual de participação dos sistemas atmosféricos, segundo sua característica-fonte, por estação meteorológica analisada no ano padrão habitual (2003). SF – Sistemas Frontais, EXTRA – Sistemas Extratropicais, INTER – Sistemas intertropicais.

Fonte dos dados: INMET (2015/2016).

A predominância dos sistemas atuantes se altera a depender localização da estação meteorológica analisada. Ainda que haja uma forte participação dos sistemas intertropicais na produção dos tipos de tempo habituais no estado, exemplificada pela sua participação com 35% de ocorrência média em todas as estações, a presença de sistemas frontais acaba sendo de destaque, apresentando valor médio de 29% de atuação em todas as estações meteorológicas analisadas. Porém, quando se olha não para a média, mas para o percentual de tipos de sistema atuantes em cada uma das estações meteorológicas, pode-se identificar a predominância, em termos percentuais, na atuação de sistemas frontais. Os sistemas extratropicais possuem atuação variada, sendo predominante sobretudo nas estações situadas em porções mais continentais, como Avelar, Coronel Pacheco, Juiz de Fora e Resende. Já nas estações de Campos dos Goytacazes, Itaperuna e Rio de Janeiro, a atuação dos sistemas tropicais é mais determinante.

Pode-se afirmar que, por se situar em uma porção reconhecidamente transicional entre os sistemas intertropicais e extratropicais (Nimer, 1989; Monteiro, 1969, 1971; Sant'Anna Neto, 2005), o estado do Rio de Janeiro apresenta características que coadunam com essa assertiva. A elevada participação de sistemas frontais (ou seja, sistemas produtores de tipos de tempo que, em geral,

deflagram precipitação pluviométrica) denota uma marca de encontro de massas de ar de distintas características. Também se reafirma o que foi delimitado na literatura com a constatação da presença dos sistemas tropicais através da circulação atmosférica do Anticiclone Semi-Fixo do Atlântico Sul – ASAS que, convertido em massa tropical atlântica, é responsável pelas correntes de quadrante N e NE que se fazem presentes ao longo de parte significativa do ano (38% em Campos dos Goytacazes, 42% no Rio de Janeiro, 24% em Itaperuna).

Ao mesmo tempo, o domínio dos sistemas polares se apresentou mais contundente nas estações meteorológicas situadas na porção sul, na setor meridional do estado e também nos seus arredores, como Avelar (33,7%), Coronel Pacheco - MG (31,9%), Juiz de Fora (24,6%) e também Resende (28,3%). A predominância das correntes de quadrante S, SE e SW, a depender da consistência do ar polar vindouro, foram, de modo geral, responsáveis pelo tempo estável e diminuição das temperaturas, sobretudo nos meses de inverno.

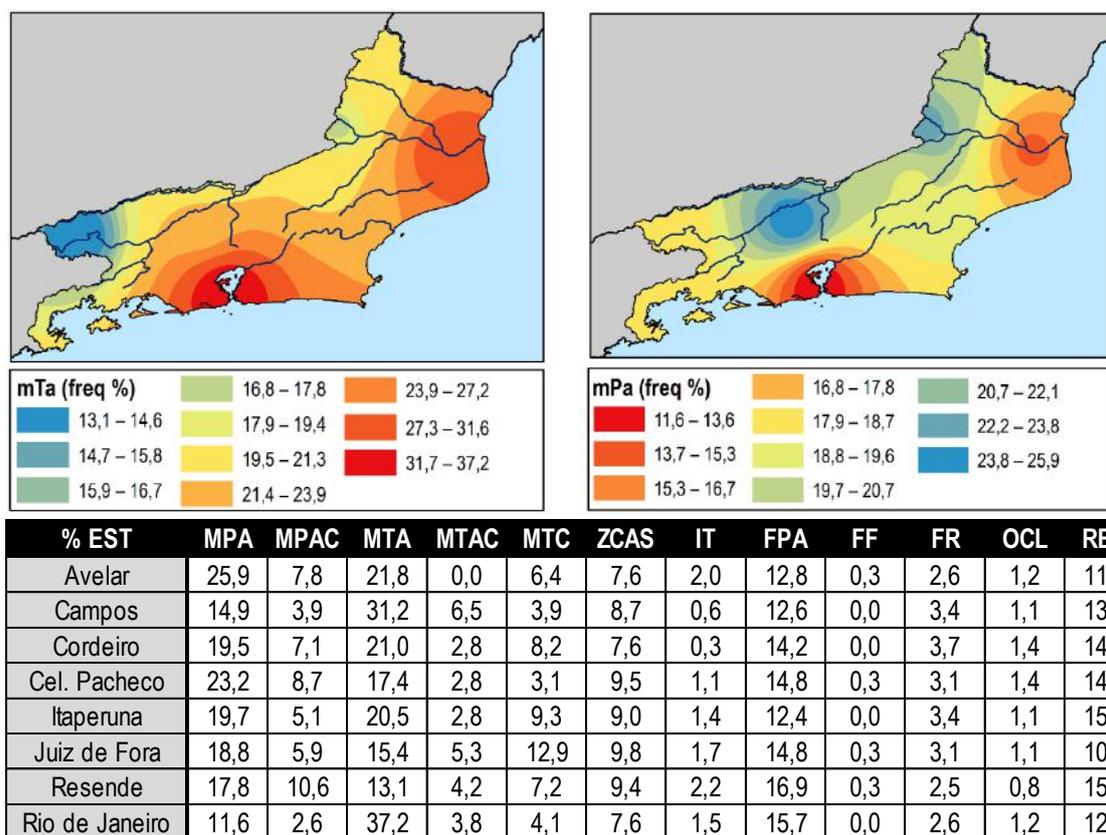


Figura 16 – Representação espacial do percentual de atuação da mTa e da mPa, com quadro apresentando o percentual de participação dos sistemas atmosféricos atuantes, por estação meteorológica analisada no ano padrão habitual (2003).

Fonte dos dados: INMET (2015/2016).

No que se refere as massas de ar e frentes *strictu sensu*, a maioria das estações seguiu a tendência exibida no quadro anterior relacionada às características-fonte dos sistemas atmosféricos. A mTa foi predominante nas estações situadas nas proximidades da linha de costa

e na porção norte e noroeste fluminense, seguida da predominância da mPa nas estações situadas mais no interior do estado. Associado a isso, as correntes de quadrante S, responsáveis pela gênese e formação dos sistemas produtores de chuva (majoritariamente aqueles associados à FPA), foram responsáveis por uma participação, de certo modo, homogênea no estado, com uma média de 13% de participação da FPA. Aliás, a FPA e seus sistemas associados foram responsáveis por 91,3% dos dias de chuva em todas as estações do estado.

6.3. Análise Geográfica do Clima

Existe outro sentido que o espaço pode ser concebido como relativo e eu proponho chama-lo de espaço *relacional* (...) como estando contido em objetos, no sentido de que um objeto só pode ser considerado como existindo somente na medida em que contém e representa em si mesmo as relações com os outros objetos.

David Harvey
Social Justice and the City, 1973, p. 13.

6.3.1. Índice de Vulnerabilidade Social (SoVI) aplicado ao estado do Rio de Janeiro

A relação entre clima e produção do espaço, sobretudo no que se refere às excepcionalidades, se realiza de forma complexa, com uma multiplicidade de processos, dinâmicas e fenômenos que, neste item, se propõem a ser estudados a partir de indicadores relacionados a estrutura demográfica e suas características no estabelecimento de níveis de vulnerabilidade.

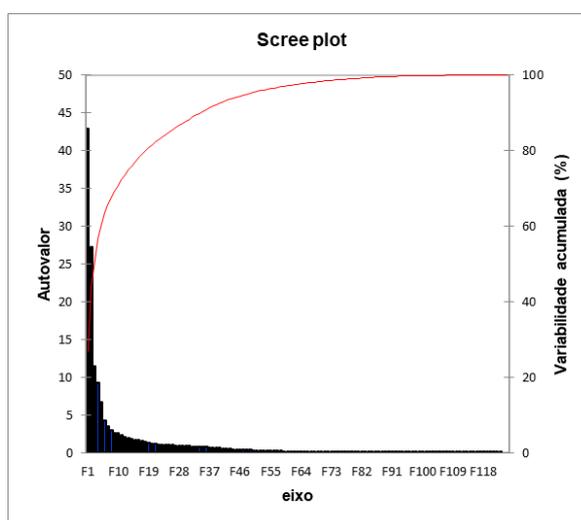
Assim, buscou-se inicialmente a realização de testes de correlação estatística (dado a partir da multicolinearidade) para determinar quais variáveis seriam centrais para a utilização na produção do SoVI.

Pode-se considerar que a eliminação das variáveis com valores inferiores de R^2 , para além de se constituir em um procedimento estatístico de rotina, significa uma primeira etapa de delimitação dos principais elementos explicativos dos padrões de vulnerabilidade social do estado do Rio de Janeiro. Quando se observa a natureza das variáveis eliminadas, elas dizem respeito às características dos moradores. Estes são atributos que, num primeiro momento, consistem em características populacionais/demográficas, e permitem depreender que elas apresentam menor potencial explicativo da vulnerabilidade social do estado do Rio de Janeiro.

Por outro lado, as variáveis com maiores valores de R^2 são aquelas vinculadas ao grupo de Características de Propriedade (valores de R^2 de 0,999 a 1,0), seguidos do grupo de Infraestrutura do Domicílio (de 0,991 a 0,999). Entretanto, ainda que as variáveis mais correlacionadas estatisticamente digam respeito a características de propriedade ao invés de

variáveis demográficas, sabe-se que essa relação não ocorre de modo linear, tampouco em termos de causa e efeito. Existe uma complexidade inerente à relação entre riqueza material e estrutura da população que não pode ser negada, tampouco num recorte territorial tão diverso e complexo como o estado do Rio de Janeiro, no qual a desigualdade de renda também possui marcas relacionadas à raça e gênero. Essa complexidade, de certo modo, se reflete quando se procede à segunda etapa (etapa final) de formulação do SoVi, que diz respeito à aplicação da Análise de Componentes Principais (ACP), com sua representação cartográfica dada meio de desvio-padrão.

As 150 (cento e cinquenta) variáveis com valores de R^2 superiores a 0,9 foram submetidas à Análise de Componentes Principais (ACP), com o objetivo de reduzir, em termos estatísticos, o universo de variáveis para análise posterior (**gráfico 14**).



| | F1 | F2 | F3 | F4 | F5 | F6 | F7 | F8 | F9 | F10 |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Autovalor | 42,94 | 27,19 | 11,41 | 9,22 | 6,68 | 4,29 | 3,46 | 2,98 | 2,65 | 2,54 |
| Variabilidade (%) | 26,84 | 16,99 | 7,13 | 5,76 | 4,17 | 2,65 | 2,16 | 1,86 | 1,65 | 1,59 |
| % acumulada | 26,84 | 43,84 | 50,97 | 56,74 | 60,92 | 63,92 | 63,57 | 67,60 | 69,25 | 70,84 |

Gráfico 14 – Gráfico e quadro de componentes principais. O eixo horizontal, com o gráfico de barras azuis, representa o número de componentes principais, enquanto o eixo vertical representa o percentual de participação de cada componente principal na variabilidade dos dados da matriz. O quadro abaixo representa essa relação em termos quantitativos.

A partir do teste, foram escolhidas apenas as componentes principais com significativo percentual de variabilidade – ou seja, as componentes que responderiam a maior participação na variabilidade da matriz. Das 10 (dez) componentes principais, que possuem 70% (setenta por cento) de participação, foram escolhidas para proceder a uma análise mais detalhada apenas as três primeiras componentes, posto que, juntas, somam e respondem por mais de 50% (cinquenta por cento) da variabilidade da matriz.

Com as três primeiras componentes foi formulado o Índice de Vulnerabilidade Social para o estado do Rio de Janeiro (Cutter, 1996, 2011; Cutter *et al*, 2003) (**figura 17**).

Na **figura 17**, pode-se observar as áreas em vermelho representadas pelos maiores índices de vulnerabilidade, com as áreas em verde representando setores censitários com menor vulnerabilidade. Os setores em vermelho que representam muito alta vulnerabilidade situam-se, de certo modo, espalhados pelo estado, apresentando áreas de concentração nas porções da baixada fluminense, setores na área serrana e nas baixadas litorâneas. De modo esparsos, também podem ser encontrados setores de altíssima vulnerabilidade no município de Macaé.

De modo geral, e conforme explicitado em Cutter (1996, 2011), não se deve tomar as componentes e o índice resultante como uma cartografia das áreas e pessoas vulneráveis como se a relação entre a base de dados, a sua representação espacial e a deflagração de episódios se desse de forma linear. Pelo contrário, a cartografia da vulnerabilidade expressa potenciais deflagração de episódios (ou seja, risco) que são, no caso do estado do Rio de Janeiro, determinados por um complexo conjunto de variáveis. Representadas pela relação entre estrutura de propriedade e qualidade ambiental dos domicílios, elas expressam, condicionam e produzem um padrão de produção do espaço geográfico pautado na urbanização capitalista e, portanto, desigual, contraditória e que tem na vulnerabilidade um elemento estruturante à sua dinâmica.

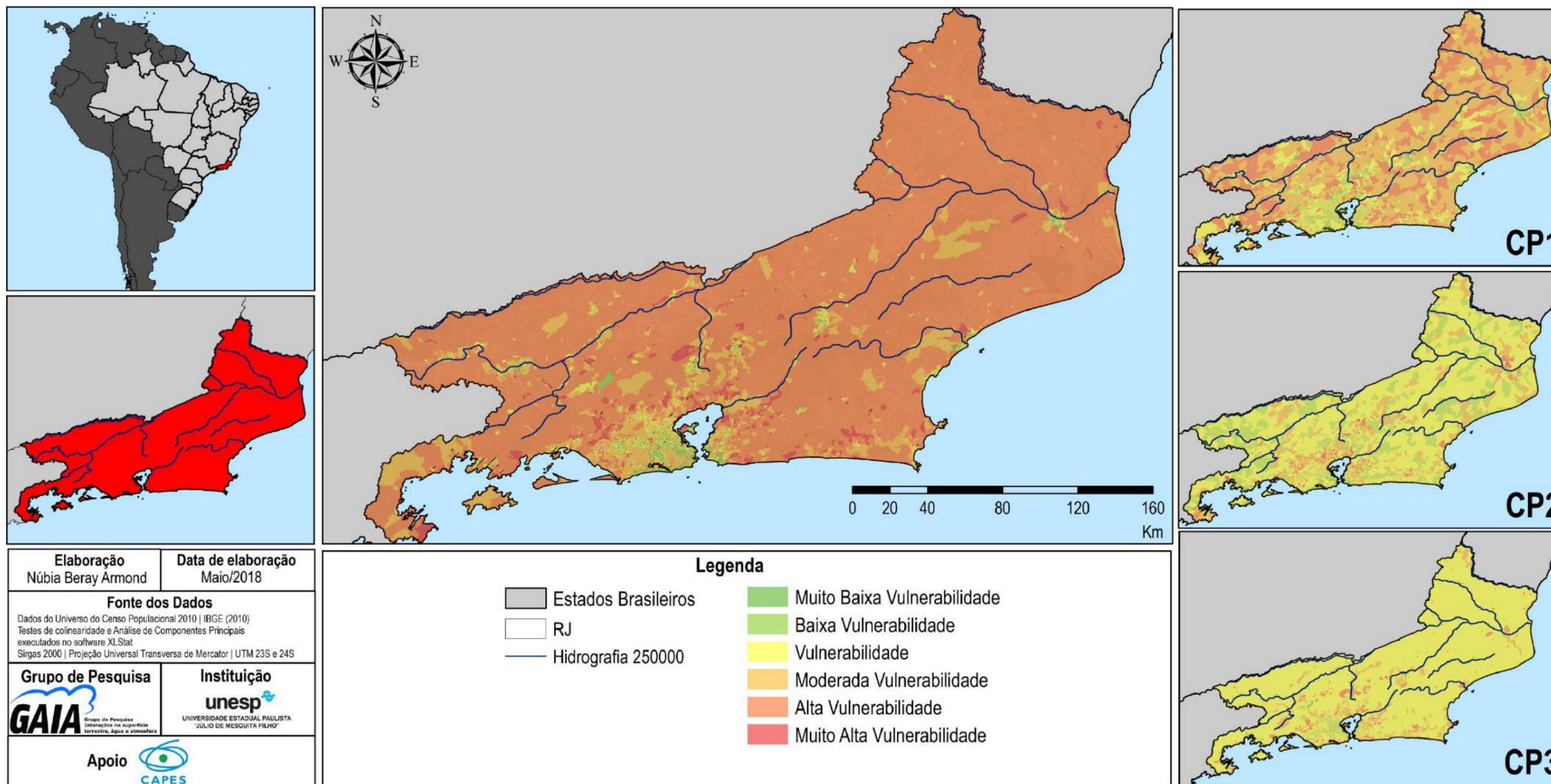


Figura 17 – Índice de Vulnerabilidade Social (SOVI) aplicado ao estado do Rio de Janeiro. Em vermelho, as áreas de mais alta vulnerabilidade; em verde, as áreas de menor vulnerabilidade. Fonte dos dados: IBGE (2011).

moradores detentores da propriedade de seus domicílios e que possuem acesso a serviços como coleta de lixo e energia elétrica são, de modo geral, menos vulneráveis.

Não menos elementar, as variáveis imediatamente subsequentes, apesar de também indicarem de modo direto, condições relacionadas à renda e propriedade, também expressam outras características da estrutura demográfica. Imediatamente posterior à última variável na casa dos 0,9 (em ordem decrescente), encontra-se a variável Pessoas residentes de cor ou raça – branca (0,855), seguida de demais variáveis estruturais, como Domicílios particulares permanentes com abastecimento de água da rede geral (0,844) e Domicílios particulares permanentes com mulher responsável e mais 1 morador (0,842), por exemplo. Conforme visto em Cutter (2011), a vulnerabilidade se apresenta, em termos analíticos, como um conceito interseccional, a partir do qual uma série de relações pode e deve ser mobilizada para seu entendimento.

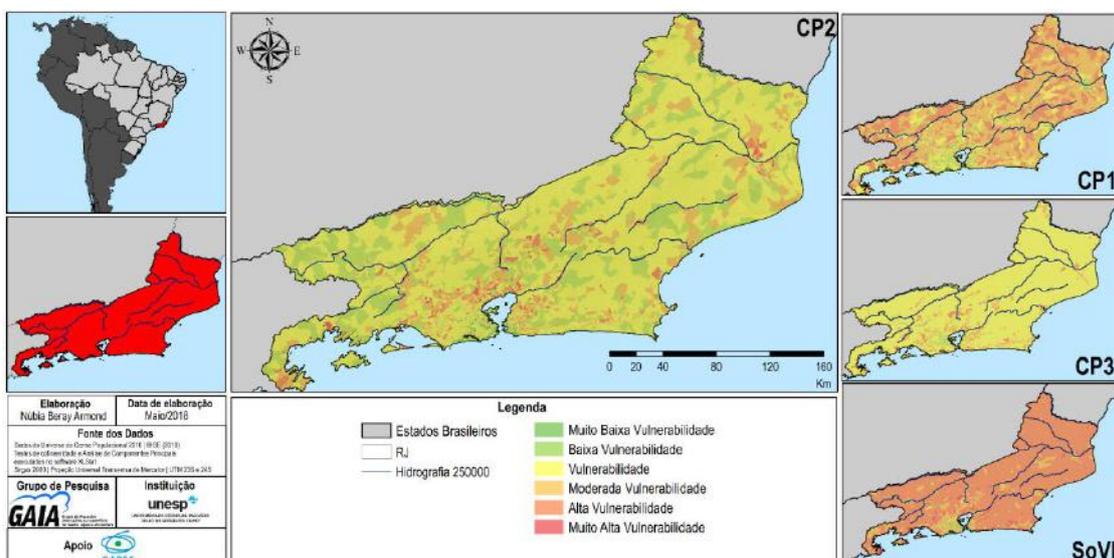


Figura 19 – Segunda componente (CP2) do Índice de Vulnerabilidade Social (SoVI) aplicado ao estado do Rio de Janeiro. Em vermelho, as áreas de mais alta vulnerabilidade; em verde, as áreas de menor vulnerabilidade.

Fonte dos dados: IBGE (2017).

A segunda componente (CP2) possui maior distribuição espacial nas áreas metropolitanas, sobretudo nos setores censitários que margeiam a Baía de Guanabara, seguidas por porções da área serrana (setores censitários situados no município de Teresópolis), Rio das Ostras, Campos dos Goytacazes e Angra dos Reis (Bracuí).

Em segundo lugar, a vulnerabilidade social no estado tem como variáveis principais aquelas que caracterizam condições relacionadas à **renda (figura 19)**. Em ordem decrescente de carga fatorial, as principais variáveis que compõem esta componente são: Domicílios particulares com rendimento nominal mensal domiciliar per capita de até $\frac{1}{2}$ salário mínimo (0,809), seguido de

Domicílios particulares com rendimento nominal mensal domiciliar per capita de $\frac{1}{2}$ salário mínimo a 1 salário mínimo (0,758), Pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal de $\frac{1}{2}$ salário mínimo (0,756), Pessoas alfabetizadas de 10 a 19 anos, do sexo feminino de cor e raça – parda (0,741). Essas variáveis expressam as condições de precariedade, em termos financeiros, que marca a maior parte da população do estado. Sabe-se que não somente a capacidade de se proteger da deflagração de episódios, mas também a distintas formas de sobrevivência e recuperação desses grupos sociais quando da ocorrência de desastres possui alto grau de dependência financeira. Sabe-se, também, que questões relacionadas a renda (que tem como base as relações de trabalho sob o capitalismo) são traço estruturante inclusive da forma como se qualificam os ambientes construídos nas cidades. No caso da primeira componente (CP1), estruturada a partir de variáveis como acesso à rede elétrica e coleta de lixo, é reconhecido que tais condições são dependentes de um mínimo de acesso – que se viabiliza, sobretudo nas grandes cidades – a partir da compra ou aluguel de imóveis que tem nas questões infraestruturais valor agregado.

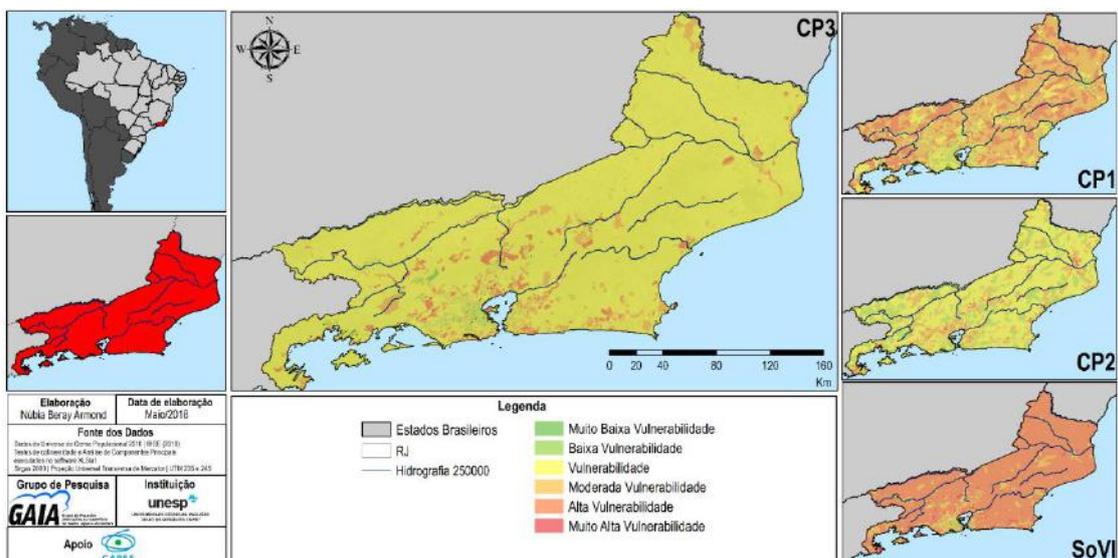


Figura 20 – Terceira componente (CP3) do Índice de Vulnerabilidade Social (SoVI) aplicado ao estado do Rio de Janeiro. Em vermelho, as áreas de mais alta vulnerabilidade; em verde, as áreas de menor vulnerabilidade.

Fonte dos dados: IBGE (2017).

As questões relacionadas à atributos econômicos também aparecem de forma estruturante na terceira componente (CP3), que tem como variáveis principais a qualidade do ambiente construído em relação à sua **propriedade** (figura 20). Os principais elementos que compõem a terceira componente são: Domicílios Particulares Permanentes Cedidos – não existe lixo acumulado nos logradouros (0,794), Domicílios Particulares permanentes cedidos – não existe rampa para cadeirante (0,791), Domicílios Particulares permanentes cedidos – não existe

iluminação pública (0,784) e Domicílios particulares permanentes cedidos – não existe esgoto a céu aberto (0,781).

As áreas de concentração da terceira componente em relação aos seus elevados níveis de vulnerabilidade, de certo modo, repetem o padrão espacial das duas componentes principais anteriores (CP1 e CP2).

A despeito das características da estrutura dos domicílios, um elemento aparece presente em todas as variáveis: a condição de cessão do imóvel. Pode-se compreender esta condição como resultante de uma impossibilidade de possuir propriedade de imóvel atrelada a uma tênue linha entre a oportunidade e a necessidade de residência em imóvel cedido. Em síntese, a terceira componente da vulnerabilidade social do estado do Rio de Janeiro diz respeito às pessoas e grupos sociais que não possuem imóveis próprios, mas residem em imóveis cedidos, sob as mais variadas condições.

Tomada enquanto produto social que reflete, em termos analíticos, os fatores que aumentam ou reduzem a capacidade dos grupos sociais em lidar com episódios extremos, a vulnerabilidade no estado do Rio de Janeiro é marcada por três componentes fundamentais. Qualidade do ambiente construído, renda e propriedade são variáveis que se apresentam não apenas sobrepostas em âmbito cartográfico e espacial, mas refletem a lógica de produção capitalista do espaço geográfico que, histórica e geograficamente, tem sido o padrão na área de estudo. No entanto, antes de tomadas exclusivamente, estas três variáveis não podem ser compreendidas de maneira isolada, apenas atribuindo à dimensão econômica as condições de vulnerabilidade. Antes, elas refletem, condicionam e produzem (Carlos, 2009) situações que se expressam em variadas dimensões.

Um exemplo são as lógicas locais de residência dos grupos sociais mais pauperizados da classe trabalhadora que, ao menos na metrópole do Rio de Janeiro, tiveram historicamente as áreas de fundos de vale e encostas algumas das poucas localidades possíveis para residência, obedecendo a lógicas espaciais (Abreu, 1992; Marafon *et al*, 2005; Fernandes, 2011).

Outra questão relevante diz respeito à estrutura da população, sobretudo às características de raça e gênero, expressas tanto na CP1 quanto na CP2 como condições inversas de vulnerabilidade. No caso da CP1, a variável de qualidade do ambiente construído é atrelada à condição masculina e branca em uma das variáveis. Já na CP2, a variável de renda é associada à condição feminina, jovem e parda. Ainda que estas duas variáveis tenham apresentado coordenadas fatoriais inferiores comparativamente a outras, não é menos importante que seja realizado este debate em termos ambientais. Sendo o SoVI um importante indicador da

capacidade (ou da ausência da capacidade) de lidar com os riscos por parte de grupos sociais segundo seu perfil, é fundamental que se parta dele para aprofundar as diferentes formas através das quais grupos sociais vulneráveis, como mulheres, pobres, jovens e negras, podem sofrer de maneira mais significativa com a ocorrência de desastres do que outros grupos. Assim, a análise da vulnerabilidade social deve consistir em um ponto de partida, com o qual deve-se perseguir outras variáveis de dimensão qualitativa para uma análise complexa e interseccional da vulnerabilidade (Cutter, 2011).

Entretanto, a despeito da importância do emprego do SoVI, alguns limites foram encontrados na sua aplicação. Em primeiro lugar, a não-diferenciação entre as estruturas espaciais urbanas e rurais no estabelecimento estatístico dos níveis de vulnerabilidade foi evidenciada. O emprego exclusivo de indicadores demográficos, sobretudo aqueles relacionados à estrutura dos domicílios, pode ter levado a uma síntese cartográfica mais detalhada dessa vulnerabilidade em áreas urbanas (mais densamente povoadas, com maior concentração de domicílios, informações sobre infraestrutura etc) do que nas áreas rurais, onde os dados sobre essas estruturas são mais rarefeitos. Isso levou a um segundo limite na análise, que consistiu na superestimação das áreas de elevada vulnerabilidade, sobretudo em áreas com uma base de dados menos densa em relação a dimensão do recorte espacial empregado (setor censitário).

Estes limites, dados sobretudo a partir da natureza das bases de dados utilizadas, podem se constituir em possibilidades, como uma aplicação do índice de vulnerabilidade mais detalhadamente, em recortes espaciais menores. Outras possibilidades dizem respeito ao emprego desse índice em relação a outros indicadores sociais complementares ao Censo demográfico, como metadados relacionados ao censo agropecuário ou mesmo ao PNAD.

6.3.2. Em busca de uma classificação geográfica do clima

A proposta de uma análise relacional tem como pressuposto o entendimento de que um fenômeno, ou conjunto de fenômenos, existe somente porque está em relação. Na presente tese, optou-se pela abordagem espacial, tomando-a como um amálgama dos quadros social, econômico e natural representados a partir da dinâmica climática, vulnerabilidade e episódios extremos.

Considerando os aportes teóricos da Geografia do Clima (Sant'Anna Neto, 2001), compreendeu-se que estes elementos fazem parte de um constructo ontológico no qual o clima só se realiza como fenômeno geográfico a partir da sua relação com as dinâmicas socioespaciais. Assim, buscou-se, através da produção de uma cartografia de síntese, tencionar e indicar os caminhos possíveis para uma redefinição do que se tem tomado convencionalmente como os

modelos de classificação climática em Climatologia. Para tanto, foram eleitos três elementos para a produção cartográfica, e que pudessem expressar essa relação: as áreas de alta e muito alta vulnerabilidade (setores censitários) no estado, obtidos por meio do Índice de Vulnerabilidade Social – SoVI (Cutter *et al*, 2003); a ocorrência de inundações (por município), identificada através das informações obtidas no Atlas de Desastres Naturais – Rio de Janeiro, e a porcentagem de participação dos sistemas frontais (principais sistemas produtores de chuva no estado), identificados por meio da análise rítmica.

Esta sobreposição de informações permitiu que se depreendesse resultados importantes sobre o conjunto de relações que se propôs estudar neste trabalho (**figura 21**). O primeiro deles é que *nem todas as áreas de ocorrência de inundações necessariamente coincidem com as áreas de maior atuação dos sistemas frontais*. Sabe-se que a ocorrência das inundações possui relação com volume de chuvas. Entretanto, esta relação se dá de forma complexa, demandando análises que considerem não apenas estes volumes, mas as características dos cursos d'água e da produção do espaço geográfico.

A maior frequência de atuação dos sistemas frontais situa-se nos extremos continentais do estado, sobretudo nas áreas do médio vale do Paraíba do Sul, baía da Ilha Grande e noroeste fluminense, fronteira com o estado de Minas Gerais e Espírito Santo. Apesar de exibirem, tal como outras porções do estado, ocorrências significativas de inundações (sobretudo nas proximidades de grandes cursos fluviais), não concentram a maior parte desses episódios.

Outro resultado que também pode ser depreendido da análise da **figura 21**, tão marcado quanto a ocorrência das inundações e seus registros é a ausência ou pouca frequência em sua ocorrência. Nesse sentido, se as inundações, seja em magnitude ou em frequência, não podem ser diretamente associadas à participação frequente de sistemas frontais, parte significativa delas pode ser *associada às áreas de alta e muito alta vulnerabilidade*, sobretudo aquelas situadas na área da Baixada Fluminense e parte da porção serrana do estado.

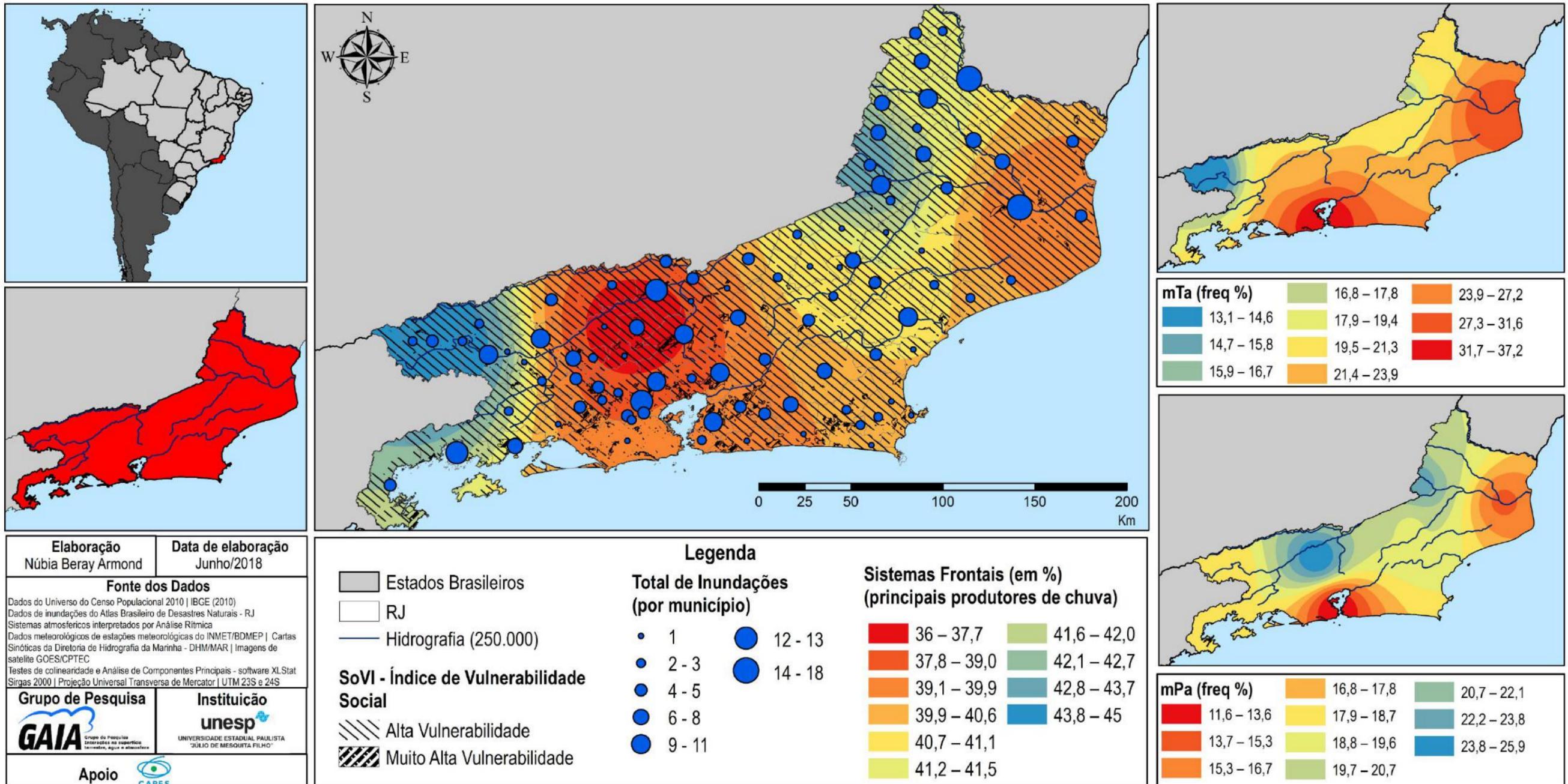


Figura 21 – Representação dos sistemas frontais atuantes no estado do Rio de Janeiro no ano-padrão habitual de 2003 (em%), do total de inundações (bruscas e graduais) por município e do Social Vulnerability Index – SoVI, de alta a muito alta vulnerabilidade. Ao lado, o percentual de atuação da massa tropical atlântica e da massa polar atlântica, massas representativas dos sistemas polares e tropicais que atuam na zona de transição de sistemas que se conforma sobre o estado do Rio de Janeiro.

A despeito da necessidade de se investigar com mais detalhes a dinâmica das enchentes (chamadas de inundações graduais) e inundações, sabe-se que elas podem ser deflagradas por uma série de fatores. Entre eles, a ocorrência de um volume excepcional de precipitação na área da bacia, ou em parte dela (sobretudo a montante) pode provocar este fenômeno; ou mesmo, a ocorrência de volumes habituais, mas precipitados sobre um canal profundamente alterado em sua morfologia e dinâmica, tenha sido em função de atividades urbanas ou construção de barragens, por exemplo. Em ambos os casos, seja num sentido de ocorrência de impactos (grandes volumes de chuva que causam enchentes como fenômenos naturais), seja no sentido de produção de impactos (grandes ou pequenos volumes de chuva que encontram uma superfície alterada) – respectivamente -, as inundações e sua ocorrência podem ser compreendidas dentro do processo de produção do capitalista do espaço geográfico.

Quando de situações precárias de uso e ocupação da terra, as infraestruturas (urbanas e rurais) que poderiam servir como neutralizadoras ou mesmo amenizadoras de uma série de processos naturais, acabam inexistindo ou sendo ineficientes. Por outro lado, a precariedade de infraestrutura dos domicílios e das condições de vida de grupos sociais não apenas não é capaz de evitar as inundações como, muito em parte, acaba por ser responsável pela sua deflagração.

Em síntese, a ocorrência de eventos extremos (valores acima de limiares médios), que ocorrem numa dinâmica cíclica e recorrente, tenderá, necessariamente, a deflagrar inundações, posto que a capacidade de escoamento em uma bacia, em geral, será mais lenta do que o volume de água recebida neste ambiente (fluxo). Esses eventos produzem situações por conta dos limiares de difícil controle, seja de precipitação, seja de escoamento, e proporcionam a ocorrência de inundações mesmo em espaços planejados. Entretanto, inundações resultantes de episódios de chuva não tão intensos tendem a ocorrer de forma mais diretamente conectada a partir da situação de vulnerabilidade de grupos sociais, que produzem espaço e suas habitações segundo uma lógica que mais obedece à sobrevivência do que a vida.

É esse quadro, dado pela interseccionalidade da vulnerabilidade, pela complexidade da atuação espacial e temporal dos sistemas frontais e em relação a um espaço socialmente – e contraditoriamente – produzido, que se apresenta quando da análise desses elementos no estado do Rio de Janeiro.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de se constituir em uma problemática de significativa abordagem dentro e fora dos campos científicos, as formas de entendimento dos episódios extremos, sobretudo aquelas que ocorrem em países de capitalismo tardio, ainda são objeto de discussões, principalmente quando da necessidade de efetivação de propostas de mitigação.

Essa problemática, desde um ponto de vista geográfico, ocorre por conta da complexa e contraditória relação entre os elementos climáticos e a produção do espaço geográfico. Sobretudo em países tropicais, as chuvas acabam se constituindo em um importante elemento, que pode deflagrar uma série de transtornos para os grupos sociais. Entretanto, sabe-se que a natureza dessa excepcionalidade não se dá de forma equânime entre esses grupos: apesar de afetados, a diferenciação entre perdas materiais e perdas humanas se faz presente.

No caso desta tese, um elemento ainda se faz anterior a esta discussão: a deflagração de episódios extremos, em termos analíticos, em geral tende a se dar em relação a um marco de referência, também analítico, qual seja, uma dinâmica habitual dessa precipitação, sobretudo com relação à identificação da sua gênese e frequência.

Ao identificar o reduzido número de trabalhos de referência sobre classificações climáticas na Climatologia (inclusive classificações aplicadas ao estado do Rio de Janeiro), questionou-se de que maneira o que havia de habitual na dinâmica climática poderia ser delimitado. Em síntese, se não se tem como marcos de referência o habitual, quais eram os modos de delimitação do que é excepcional (eventos e episódios)? E, ainda, essas excepcionalidades podem ser tomadas exclusivamente em relação aos valores elevados de precipitação?

Foi nesse contexto que emergiu a construção da tese: *que a ocorrência de episódios extremos não poderia ser definida de acordo com a diversificação espacial da dinâmica climática (padrão, variabilidade e rupturas), mas sim em função dos padrões de vulnerabilidade produzidos espacialmente por meio de diferentes formas de relação entre sociedade e natureza.*

Optou-se por tomar o estado do Rio de Janeiro como recorte espacial para iniciar um conjunto de propostas de análise e síntese climáticas que, pautadas na Geografia do Clima, pudessem ser orientadas a responder o objetivo geral proposto: *classificar os episódios extremos de chuva segundo uma abordagem geográfica do clima do estado do Rio de Janeiro, considerando os padrões de vulnerabilidade.*

Partiu-se de um constructo teórico-conceitual que levou em consideração a necessidade e importância de se tomar em conta os aportes das várias correntes da Climatologia (incluindo-se a climatologia geográfica e a geografia do clima) para a construção desses padrões de referência. Esses referenciais foram relacionados, em termos teóricos, com o potencial geográfico dessas análises e o quanto elas, em geral, indicam, refletem e produzem concepções de espaço que não

apenas possuem centralidade como orientam a forma através da qual se compreende o fenômeno climático.

Assim, procedeu-se à análise climática na série histórica (1975-2015), com o emprego dos valores médios e em comparação com os valores obtidos pela normal climatológica, expressando uma lógica de espaço absoluto. Verificou-se que as áreas à barlavento da Serra do Mar e porções das Baixadas Litorâneas possuem maiores médias de precipitação na série histórica em relação as demais porções do estado (**primeiro objetivo específico**).

Essa precipitação, em termos dinâmicos, varia conforme sua relação com os padrões de variabilidade e a atuação dos sistemas atmosféricos. No primeiro caso, o padrão ENOS participou de 25%, em média, na variabilidade da precipitação no estado, que tem como principal sistema atmosférico produtor a Frente Polar Atlântica e sistemas associados (frente fria, frente quente, frente reflexa, frente oclusa, ZCAS) (**segundo e terceiro objetivos específicos**).

Por sua vez, a atuação desses sistemas se dá de forma localizada territorialmente, com duas áreas preferenciais de atuação: o litoral sul do estado do Rio de Janeiro, e a porção continental a noroeste, tendo em toda porção costeira e partes da porção central do estado uma maior atuação dos sistemas intertropicais (notadamente a massa tropical atlântica) (**quarto objetivo específico**).

Entretanto, ainda que sejam sobretudo os sistemas associados a FPA os principais responsáveis pelas chuvas no estado, não necessariamente as suas maiores áreas de atuação correspondem às principais áreas de inundação (sejam elas inundações bruscas ou graduais). Segundo a fonte de dados empregada (Atlas Brasileiro dos Desastres Naturais), essa relação não se dá de forma linear (**sexto objetivo específico**).

Através do emprego do índice de vulnerabilidade social – SoVI, foi possível identificar que as áreas que apresentam maiores ocorrências de inundações não coincidem diretamente com as áreas de maior ocorrência da FPA; entretanto, parte significativa das áreas de elevada vulnerabilidade (principalmente de vulnerabilidade muito alta) apresentam coincidências que demandam, para estudos futuros, maiores investigações (**quinto objetivo específico**).

Dentre os desafios encontrados na construção deste trabalho, alguns merecem destaque, como a natureza heterogênea dos dados. Os dados relacionados ao censo populacional foram empregados em âmbito de setor censitário, enquanto o de ocorrência de inundações estavam dispostos em âmbito municipal, o que, de certo modo, impede um maior nível de detalhamento dos fenômenos a serem analisados.

Um segundo desafio foi relacionado à densidade das estações meteorológicas e da influência disso na representação espacial. Como parte das estações se encontra espalhada –

porém, concentradas em determinadas áreas, outras porções do território ficaram, de certo modo, carentes de dados históricos para análise. Isso pode ter gerado determinadas distorções quando da utilização de interpoladores para representação espacial (ainda que se tenha experiências de emprego do interpolador aqui utilizado na literatura).

Por último, o desafio da necessidade de uma representação cartográfica que expresse a dinâmica e o movimento de interação de três fenômenos de natureza distinta (vulnerabilidade, excepcionalidades e dinâmica climática). Considera-se que a cartografia de síntese que foi produzida apresenta subsídios satisfatórios para que se possa iniciar propostas de representação espacial que, eventualmente, possam produzir classificações climáticas para a área em estudo nesta tese. Este, certamente, se constitui num próximo objetivo para além deste trabalho.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBAGNANO, Nicola. **Dicionário de filosofia**. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

ABREU, Mauricio de Almeida. **Evolução urbana do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: IPP, 1992.

ALENCAR, Leonidas; MANTOVANI, Everaldo; BUFON, Vinicius; SEDIYAMA, Gilberto; SILVA, Thieres. Variação temporal dos elementos climáticos e da ETo em Catalão, Goiás, no período de 1961 a 2011. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 8, p. 826-832, 2014.

ALHASSAN, Suhayini; KUWORNU, John; OSEI-ASARE, Yaw B. Gender dimension of vulnerability to climate change and variability. Empirical evidence of smallholder farming households in Ghana. **Journal of Climate Change Strategies and Management**, p. 2-22, 2018.

AOUAD, M. S. Tentativa de classificação climática para o estado da Bahia: uma análise quantitativa dos atributos locais associada à análise qualitativa do processo genético. (Dissertação). Programa de Pós-Graduação em Geografia Física. FFLCH/USP, 1978.

ARMOND, Núbia Beray. Entre eventos e episódios: as excepcionalidades das chuvas e os alagamentos no espaço urbano do Rio de Janeiro. (Dissertação). Programa de Pós-Graduação em Geografia. FCT/UNESP, Presidente Prudente, 2014.

ARMOND, Núbia Beray; SANT'ANNA NETO, João Lima. A climatologia dos geógrafos e a produção científica sobre classificação climática: um balanço inicial. **Anais do XII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**. Goiânia: ABClima, 2016a.

ARMOND, Núbia Beray; SANT'ANNA NETO, João Lima. Análise comparativa de técnicas estatísticas para definição de anos-padrão: o exemplo do Rio de Janeiro - RJ (1999-2010). In: XVIII ENG - Encontro Nacional de Geógrafos, 2016, São Luís. **Anais do XVIII ENG - Encontro Nacional de Geógrafos**, 2016b.

ARMOND, Núbia Beray; SANT'ANNA NETO, João Lima. Entre eventos e episódios: ritmo climático e excepcionalidades para uma abordagem geográfica do clima no município do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 20, 2017.

ARTES, Rinaldo. **Coefficiente de Assimetria**. Material Didático Insper. 2014. Disponível em: https://www.insper.edu.br/docentes/rinaldo-artes/wp-content/uploads/sites/14/2014/09/Medidas-de-forma-Assimetria_2014.pdf. Acesso em agosto de 2017.

ASHMORE, Peter. Towards a sociogeomorphology of rivers. **Geomorphology**, n. 251, p. 149-156, 2015.

ASHMORE, Peter; DODSON, B. Urbanizing physical geography. **The Canadian Geographer**, n. 61, p. 102-106, 2016.

AYOADE, J.O. **Introdução à Climatologia para os trópicos**. 9ª edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

BACK, Álvaro; BRUNA, Emilio Della; FELIPETTO, João. Tendências nos índices climáticos e agroclimáticos aplicados à videira no planalto serrano de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Climatologia**, ano 9, v. 13, p. 137-148, 2013.

BARBIÉRE, Evandro. Ritmo climático e extração do sal em Cabo Frio. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 37, n. 4, p. 23-109, 1975.

BARROS, Juliana Ramalho; ZAVATTINI, João Afonso. Bases conceituais em Climatologia Geográfica. **Mercator**, 2009.

BARRY, Roger; CHORLEY, Richard. **Atmosfera, tempo e clima**. Porto Alegre: Bookman, 2013.

BERNARDES, Lysia Maria Cavalcanti. Tipos de clima do estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Geografia**, p. 57-80, 1952.

BISHOP, Louise; KREIS, Irene; MURRAY, Virginia. Natural hazards, extreme events and climate change: extreme events in England – documentations of events by the HPA. **Chemical Hazards and Poisons Report**, pp. 47-50, 2013.

BJERKNES, J. On the structure of moving cyclones. **Monthly Weather Review**, p. 95-99, 1919.

BJERKNES, J.; SOLBERG, H. Life cycle of cyclones and the Polar Front Theory of atmospheric circulation. **Geophysiks Publikationer**, n. 1, v. 3, pp. 3-18, 1922.

BLUE, Brendon; BRIERLEY, Gary. 'But what do you measure?' Prospects for a constructive critical physical geography. **Area**, p. 1-8, 2015.

BRITO NEVES, Benjamin Bley; FUCK, Reinhardt Adolfo; PIMENTEL, Marcio Martins. The Brasiliano collage in South America: a review. **Brazilian Journal of Geology**, n. 44, v. 3, p. 493-518, 2004.

CARLETON, Andrew. Methodology in Climatology. **Annals of the Association of American Geographers**, vol. 89, n. 4, pp. 713-735, 1999.

CARLOS, Ana Fani Alessandri. Da "geografia abstrata" a "geografia concreta". In: MENDONÇA, F.; LOWEN-SAHR, C.; SILVA, M. (orgs). **Espaço e tempo: complexidade e desafios do pensar e do fazer geográficos**. 1ª edição. Curitiba: Ademadan, 2009.

CASTRO, Iná Elias. O problema da escala. In: CASTRO, I.E.; CORREA, R.L.; GOMES, P.C.C. (orgs). **Geografia: conceitos e temas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995.

CHEN, W. Y. Assessment of Southern Oscillation Sea-Level Pressure Indices. **Monthly Weather Review**, v. 110, 1982.

CHEPTULIN, Alexander. **A dialética materialista**. Categorias e leis da dialética. São Paulo: Editora Alfa-Omega, 1982.

CHUA, Siong-Huat; BRAS, Rafael. Optimal estimators of mean areal precipitation in regions of orographic influence. **Journal of Hydrology**, 57, p. 23-48, 1982.

CONTI, José Bueno. **Circulação secundária e efeito orográfico na gênese das chuvas na região lesnordeste paulista**. Série Teses e Monografias, São Paulo, n. 18, 1975.

CRULS, Luís. **O clima do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: H. Lombaerts & Comps., Impressores do Observatórios, 1892.

CRUZ, Olga. **A Serra do Mar e o litoral na área de Caraguatatuba**. São Paulo: Instituto de Geografia da USP, 1974.

CURRY, Leslie. Climate and economic life. **Geophysical Review**, v. 42, n. 3, pp. 367-383, 1952.

CUTTER, Susan. A ciência da vulnerabilidade: modelos, métodos e indicadores. **Revista Crítica de Ciências Sociais**, v. 93, n. 1, p. 59-70, 2011.

CUTTER, Susan. Vulnerability to environmental hazards. **Progress in Human Geography**, v. 20, n. 4, p. 529-539, 1996.

CUTTER, S. L.; BORUFF, J.; SHIRLEY, W. Social vulnerability to environmental hazards. **Social Science Quarterly**, v. 84, n. 2, p. 242-261, 2003.

DE MARTONNE, Emmanuel. Problemas morfológicos do Brasil Tropical Atlântico. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 6, n. 1 e 2, 1944.

DI PIAZZA, A; CONTI, F. L.; NOTO, L.V.; LA LOGGIA, G. Comparative analysis of diferente techniques for spatial interpolation of rainfall data to create a serially complete monthly time series of precipitation for Sicily, Italy. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 13, pp. 396-408, 2011.

DINGMAN, Lawrence; SEELY-REYNOLDS, Diana; REYNOLDS III, Robert. Application of kriging to estimating mean annual precipitation in a region of orographic influence. **Water Resources Bulletin**, v. 24, n. 2, pp. 329-339, 1988.

DUBREUIL, Vincent; FANTE, Karime Pechutti; PLANCHON, Olivier; SANT'ANNA NETO, João Lima. Frequence et diversite des types de climats anuels au Bresil pour la periode 1961-2015. **Anais do XXX Colloque de l'Association Internationale de Climatologie**. Sfax: AIC, p. 211-216, 2017.

FANTE, Karime Pechutti. Variabilidade da temperatura em áreas urbanas não-metropolitanas do estado de São Paulo – Brasil no período de 1961 a 2011. Dissertação (Mestrado em Geografia). Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2014.

FARIAS, Orlindo Gomes; FRANCISCO, Cristiane Nunes; SENNA, Monica Carneiro Alves. Avaliação de métodos de interpolação espacial aplicados à pluviosidade em região montanhosa no litoral sul do estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Climatologia**, ano 13, v. 21, p. 172-185, 2017.

FARRONA, A.M.M.; TRIGO, R.M.; GALLEGO, M.C.; VAQUERO, J.M. **The meteorological observations of Bento Sanches Dorta, Rio de Janeiro, Brazil: 1781-1788**. *Climatic Change*, v. 115, p. 579-595, 2012.

FERNANDES, Nelson da Nóbrega. **O rapto ideológico da categoria subúrbio**. Rio de Janeiro: Apicuri, 2011.

FERRARI, André. Geologia. In: SERRA, M. V.; SERRA, M.T. (orgs). **Guia de História Natural do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Editora Cidade Viva/Light, 2012.

FERRARI, Antonio Luiz; VECCHIA, Francisco Arthur da Silva; COLABONE, Rosângela de Oliveira. Tendência e variabilidade anuais da temperatura e da pluviosidade em Pirassununga – SP. **Revista Brasileira de Climatologia**, ano 8, vol. 10, p. 30-46, 2012.

FIDERJ. Fundação Instituto de Desenvolvimento Econômico e Social do Rio de Janeiro. Secretaria de Planejamento e Coordenação Geral – Governo do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: FIDERJ, 1977.

HAESBAERT, Rogério. **Regional-Global**. Dilemas da região e da regionalização na Geografia contemporânea. 2ª edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014.

HAIR, J.F. *et al.* **Análise multivariada de dados**. 5ª edição. Porto Alegre: Bookman, 2005.

HANN, Julius. **Handbook of Climatology**. New York: The MacMillan Company, 1903.

HARVEY, David. O espaço como palavra-chave. **Revista em Pauta**, n. 35, v. 13, p. 126-152, 2015.

HASUI, Yociteru. A grande colisão pré-cambriana do Sudeste brasileiro e a estruturação regional. **Geociências**, v. 29, n. 2, p. 141-169, 2010.

HEILBRON, M. *et al.* Cap. XIII - Província Mantiqueira. In: MANTESSO-NETO, Virgínio; BARTORELLI, Andrea; CARNEIRO, Celso Dal Ré; BRITO-NEVES, Benjamin Bley. **Geologia do continente Sul-Americano**: evolução da obra de Fernando Flavio Marques de Almeida. São Paulo: Editora Beca, 2004.

HEROD, Andrew. **Scale**. Key ideas in Geography. New York: Routledge, 2011.

HERSHFIELD, D. Extreme rainfall intensities. **Archives for Meteorology, Geophysics, and Bioclimatology**, Series B, v. 35, pp. 67-80, 1984.

HEVESI, Joseph; ISTOK, Jonathan; FLINT, Alan. Precipitation estimation in mountainous terrain using multivariate geostatistics. Part I: structural analysis. **Journal of Applied Meteorology**, vol. 31, pp. 661-676, 1992a.

HEVESI, Joseph; ISTOK, Jonathan; FLINT, Alan. Precipitation estimation in mountainous terrain using multivariate geostatistics. Part II: isohyetal maps. **Journal of Applied Meteorology**, vol. 31, pp. 677-688, 1992b.

HUMMEL, Beatriz M. Loyola; CUTTER, Susan; EMRICH, Christopher. Social vulnerability to natural hazards in Brazil. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, n. 7, p. 111-122, 2015.

KEBLOUTI, Mehdi; OUERDACHI, Lahbassi; BOUTAGHANE, Hamouda. Spatial interpolation of annual precipitation in Annaba – Algeria – Comparison and evaluation methods. **Energy Procedia**, v. 18, pp. 468-475, 2012.

KOPPEN, Wladimir. Die Wärmezonen der Erde, nach der Dauer der heissen, gemässigten und kalten Zeit und nach der Wirkung der Wärme auf die organische Welt betrachtet (The thermal zones of the Earth according to the duration of hot, moderate and cold periods and to their impact of heat on the organic world). **Meteorologie Zeitschrift**, n.1, p. 215-226, 1884 (traduzido e editado por VOLKEN, E.; BRÖNNIMANN, S. Meteorologie Zeitschrift, n. 20, p. 351-360, 2011).

KOTTEK, Marcus; RUBEL, Franz. Comments on: "The thermal zones of the Earth" by Wladimir Köppen (1884). **Meteorologische Zeitschrift**, v. 20, n. 3, p. 361-365, 2011.

KOSIK, Karel. **Dialética do concreto**. 2ª edição. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1976.

LANE, Stuart; BIERMANN, Christine; LAVE, Rebecca. Towards a genealogy of Critical Physical Geography. In: LAVE, R. et al (eds.). **The Palgrave Handbook of Critical Physical Geography**. Palgrave MacMillan, 2018.

LAVE, Rebecca. Engaging within the Academy: a call for Critical Physical Geography. **ACME: An International E-Journal for Critical Geographies**, n. 14, v. 4, p. 508-515, 2014.

LAVE, Rebecca *et al.* Intervention: Critical physical geography. **The Canadian Geographer**, n. 58, v. 1, p. 1-10, 2014.

LEFEBVRE, Henri. **O pensamento marxista e a cidade**. Lisboa: Ulissea, 1972.

LEFEBVRE, Henri. Prefácio – Introdução à Produção do Espaço. **Revista Estudos Avançados**, n. 27, p. 123-132, 2013.

LENCIONI, Sandra. **Região e Geografia**. 1ª edição, 3ª reimpressão. São Paulo: Editora da USP, 2014.

LIMBERGER, Leila. Estudos de teleconexões atmosféricas e possibilidades de avanços na Climatologia Geográfica: conceitos, fontes de dados e técnicas. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 19, ano 12, pp. 10-19, 2016.

LIU, Zhengyu; ALEXANDER, Mike. Atmospheric bridge, oceanic tunnel, and global climatic teleconnections. **Reviews of Geophysics**, v. 45, n. 2, pp. 1-34, 2007.

MARAFON, Glaucio; RIBEIRO, Miguel Ângelo; SILVA, Claudia Maria Arantes; SILVA, Eduardo Sol Oliveira; LIMA, Marcos Rodrigues Ornelas. **Regiões de governo do estado do Rio de Janeiro: uma contribuição geográfica**. Rio de Janeiro: Gramma editora, 2005.

MARANDOLA JR, Eduardo; HOGAN, Daniel Joseph. As dimensões da vulnerabilidade. **São Paulo em Perspectiva**, v. 20, n. 1, p. 33-43, 2006.

MARTÍNEZ-COB, Antonio. Multivariate geostatistical analysis of evapotranspiration and elevation for various climatic regimes in Oregon. Tese (Doutorado em Filosofia). Oregon State University, 1990.

MARTINS, Élvio Rodrigues. Geografia e ontologia: o fundamento geográfico do ser. **GeoUSP – espaço e tempo**. São Paulo, n. 21, p. 33-51, 2007.

MATHER, John R.; SANDERSON, Marie. **The genius of C. Warren Thornthwaite: Climatologist-Geographer**. University of Oklahoma Press, 1996.

MATHER, John; FIELD, R.T.; KALKSTEIN, Lawrence; WILLMOTT, C.J. Climatology: the challenge for the eighties. **The Professional Geographer**, n. 32, 1980.

MATHER, John.; FIELD, Richard; KALKSTEIN, Laurence S; WILLMOTT, C.J.; MAUNDER, W.J. Climatology: the impact of the seventies and the challenge for the eighties. **Weather and Climate**, v. 1, p. 69-76, 1981.

MEEHL, Gerald *et al.* An introduction to trends in extreme weather and climate events: observations, socioeconomic impacts, terrestrial ecological impacts, and model projections. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 81, n.3, pp. 413-416, 2000.

MENDONÇA, Francisco; DANNI-OLIVEIRA, Inês Moresco. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MINGOTI, Sueli Aparecida. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte: Editora da UFMG, 2005.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. Notas para o estudo do clima do Centro-Oeste brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 13, n. 1. P. 3-46, 1951.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. Da necessidade de um caráter genético à classificação climática. **Revista Geográfica**, T. 31, n. 57, p. 29-44, 1962.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. Sobre um índice de participação das massas de ar e suas possibilidades de aplicação à classificação climática. **Revista Geográfica**, T. 33, n. 61, p. 59-69, 1964.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. **A frente polar atlântica e as chuvas de inverno na fachada sul-oriental do Brasil**. Contribuição metodológica à análise rítmica dos tipos de tempo no Brasil. São Paulo: Instituto de Geografia/USP, 1969.

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

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. **A dinâmica climática e as chuvas no estado de São Paulo: estudo geográfico sob a forma de atlas**. São Paulo: Instituto de Geografia/USP, 1973.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. **Teoria e clima urbano**. São Paulo: Instituto de Geografia/USP, 1976.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. **Clima e excepcionalismo**. Conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico. Florianópolis: Editora da UFSC, 1991.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. De tempos e ritmos. Entre o cronológico e o meteorológico para a compreensão geográfica dos climas. **Geografia** (Rio Claro), v. 26 n. 3, p. 131-154, 2001.

MOREIRA, José Genivaldo; NAGHETTINI, Mauro. Detecção de tendências monotônicas temporais e relação com os erros dos Tipos I e II: estudo de caso em séries de precipitações diárias máximas anuais no estado do Acre. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 4, pp. 394-402, 2016.

NASCIMENTO JUNIOR, Lindberg. As chuvas no Paraná: variabilidade, teleconexões e impactos de eventos extremos. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente. 2013.

NASCIMENTO JUNIOR, Lindberg. Perspectivas da variabilidade climática. **Geografia em Questão**, v. 10, n.1, pp. 95-114, 2017.

NIMER, Edmon. **Climatologia do Brasil**. 2ª edição. Rio de Janeiro: IBGE, 1989.

NÓBREGA, Ranyére Silva. Um pensamento crítico sobre classificações climáticas: de Koppen até Strahler. **Revista Brasileira de Geografia Física**, n. 3, p. 18-22, 2010.

OLIVER, J. E. The history, status and future of climatic classification. **Physical Geography**, v. 12, p. 231-251, 1991.

OLIVEIRA, Fabíola. **100 anos de Meteorologia no Brasil**. Brasília: INMET, 2009.

OLIVEIRA, Tiago. Extreme values and Meteorology. **Theoretical and applied climatology**, v. 37, pp. 184-193, 1986.

OTTO, Friederike E. L. Extreme events: the art of attribution. **Nature: Climate Change**, v. 6, pp. 342-343, 2016.

PHILLIPS, Donald; DOLPH, Jayne; MARKS, Danny. A comparison of geostatistical procedures for spatial analysis of precipitation in mountainous terrain. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 58, pp. 119-141, 1992.

RAYNER, N. A *et al.* Global analyses of sea surface temperature, sea ice, and night marine air temperature since the late nineteenth century. **J. Geophysical Research**, v. 108, n. 14, 2003.

REBOITA, M. S; KRUSCHE, N; AMBRIZZI, T; ROCHA, R. P. D. Entendendo o Tempo e o Clima na América do Sul. **Terra e Didática**, v. 8, n. 1, p. 34-50, 2012.

RETCHLESS, David; FREY, Nathan; WANG, Chonming; HUNG, Li-san; YARNAL, Brent. Climate extremes in the United States: recente research by physical geographers. **Physical Geography**, v. 35, n. 1, pp. 1-19, 2014.

RHOADS, Bruce. Beyond pragmatism: the value of philosophical discourse for physical geography. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 89, n.4, pp. 760-771, 1999.

RIBEIRO, Antonio Giacomini. As escalas do clima. **Boletim de Geografia Teorética**, n. 23, v. 46, p. 288-294, 1993.

RICCOMINI, Claudio; SANT'ANNA, Lucy Gomes; FERRARI, André Luis. Cap. XXIII - Evolução geológica do *Rift* Continental do Sudeste do Brasil. In: MANTESSO-NETO, Virgínio; BARTORELLI, Andrea; CARNEIRO, Celso Dal Ré; BRITO-NEVES, Benjamin Bley. **Geologia do continente Sul-Americano**: evolução da obra de Fernando Flavio Marques de Almeida. São Paulo: Editora Beca, 2004.

ROHLI, Robert; JOYNER, Andrew; REYNOLDS, Stephen; SHAW, Cynthia; VÁZQUEZ, Javier. Globally extended Koppen-Geiger climate classification and temporal shifts in terrestrial climatic types. **Physical Geography**, v. 36, n. 2, p. 142-157, 2015a.

ROPELEWSKI, C.F.; JONES, P.D. An extension of the Tahiti-Darwin Southern Oscillation Index. **Monthly Weather Review**, v. 115, 1987.

ROSEGHINI, Wilson Flavio Feltrim. Climatologia micro-temporal: análises e reflexões sobre a importância do refinamento temporal no estudo de eventos extremos de precipitação e sua repercussão no espaço. **Anais do XII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**. Goiânia: ABClima, 2016.

ROSSATO, Maíra Suertegaray. Os climas do Rio Grande do Sul: variabilidade, tendências e tipologia. Tese (Doutorado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011.

ROSS, Jurandyr. Os fundamentos da Geografia da natureza. In: **Geografia do Brasil**. 6ª edição. São Paulo: Editora da USP, 2014.

SANDERSON, Marie. The classification of climates from Pythagoras to Koeppen. **Bulletin of the American Meteorological Society**, vol. 80, n. 4, 1999.

SANT'ANNA NETO, João Lima. Ritmo climático e a gênese das chuvas na zona costeira paulista. Dissertação (Mestrado em Geografia). Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, 1990.

SANT'ANNA NETO, João Lima. As chuvas no estado de São Paulo. Tese (Doutorado em Geografia Física). Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, 1995.

SANT'ANNA NETO, João Lima. História da Climatologia no Brasil. Tese (Livre Docência em Geografia). Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2001a.

SANT'ANNA NETO, João Lima. Por uma Geografia do Clima. **Revista Terra Livre**, v. 17, p. 4-62, 2001b.

SANT'ANNA NETO, João Lima. O decálogo da climatologia do sudeste brasileiro. **Revista Brasileira de Climatologia**, n. 1, v. 1, 2005.

SANT'ANNA NETO, João Lima. Problemas e perspectivas da Climatologia Geográfica no Brasil. **Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**. Dourados: UFGD, 2011.

SANT'ANNA NETO, João Lima. Escalas geográficas do clima: mudança, variabilidade e ritmo. In: Margarete C. de Costa Trindade Amorim; João Lima Sant'Anna Neto; Ana Monteiro. (Org.).

Climatologia Urbana e Regional: questões teóricas e estudos de caso. São Paulo: Outras Expressões, 2013.

SANT'ANNA NETO, João Lima. Medir o tempo, ler, interpretar e sentir o clima: uma climatologia a serviço do entendimento das relações entre os homens e seus lugares, entre as sociedades e seus territórios. In: SILVA, Charlei Aparecido; FIALHO, Edson Soares; STEINKE, Ercília Torres (orgs). **Experimentos em Climatologia Geográfica**. Dourados: UFGD, 2014.

SANTOS, Milton. **A natureza do espaço**. São Paulo: Editora da USP, 2004.

SATTERTHWAITE, David *et al.* Adapting to climate change in urban areas: the possibilities and constraints in low- and middle-income nations. In: SATTERTHWAITE *et al.* (eds.). **Adapting cities do climate change**. London: Earthscan, 2009.

SCHOBENHAUS, Carlos. Brasileiro. In: WINGE, M. *et al.* (orgs). **Glossário geológico ilustrado**. Rio de Janeiro: CPRM, 2001. Disponível em: < <http://sigep.cprm.gov.br/glossario/> > Acesso em 02 de janeiro de 2018.

SETTE, Denise Maria. O holorrítmo e as interações trópico-extratropical na gênese do clima e as paisagens do Mato Grosso. Tese (Doutorado em Geografia Física). Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, 2000.

SERRA, Adalberto. O clima da Guanabara. **Boletim Geográfico**, v. 214, pp. 80-111, 1970a.

SERRA, Adalberto. Chuvas intensas na Guanabara. **Boletim Geográfico**, v. 218, pp. 24-48, 1970b.

SERRA, Adalberto. Circulação no hemisfério sul. **Boletim Geográfico**, v. 224, pp. 23-87, 1971.

SERRA, Adalberto; RATISBONNA, Leandro. **O clima do Rio de Janeiro**. Serviço de Meteorologia, Ministério da Agricultura, 1941.

SHARMA, Surjalal; BAKER, Daniel; BHATTACHARYYA, Archana; BUNDE, Armin; DIMRI, Vijay; GUPTA, Harsh; GUPTA, Vijay; LOVEJOY, Shaun; MAIN, Ian; SCHERTZER, Daniel; von STORCH, Hans; WATKINS, Nicholas. Complexity and extreme events in Geosciences: an overview. In: **Extreme events and natural hazards: the complexity perspective**. Geophysical monograph series. United States: American Geophysical Union, 2012.

SILVESTRE, Miriam Rodrigues; FLORES, Edilson Ferreira; SANT'ANNA NETO, João Lima. Geostatística aplicada à espacialização da precipitação. **Revista Formação (Online)**, v. 3, n. 23, p. 317-338, 2016.

SKAGGS, Richard. Climatology in American geography. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 94, n. 3, pp. 446-457, 2004.

STEPHENSON, David. Definition, diagnosis, and origin of extreme weather and climate events. In: DIAZ, Henry; MURNANE, Richard (eds.). **Climate extremes and society**. Cambridge University Press, 2008.

STRAUSS, Robert F. **An international annotated bibliography of Climate Classification**. Disponível em: <https://www.yumpu.com/en/document/view/5228419/an-international-annotated-bibliography-of-climate-classifications>. 2007.

TABIOS III, Guillermo; SALAS, Jose. A comparative analysis of techniques for spatial interpolation of precipitation. **Water Resources Bulletin**, vol. 21, n. 3, pp. 365-380, 1985.

TAVARES, Ricardo. Critérios de escolha de anos padrões para análise rítmica. **Geografia**, Rio Claro, n. 1, v. 1, p. 79-87, 1976.

THORNTHWAITE, C. Warren. The climates of North America: according to a new classification. **Geophysical Review**, v. 21, n. 4, pp. 633-655, 1931.

THORNTHWAITE, C. Warren. Problem in the Classification of Climates. **Geophysical Review**, v. 33, n. 2, pp. 233-255, 1943.

VITTE, Antonio Carlos. A Geografia Física no Brasil: um panorama quantitativo a partir de periódicos nacionais. **Revista da ANPEGE**, n. 4, p. 47060, 2008.

WOLTER, K. The Southern Oscillation in surface circulation and climate over the tropical Atlantic, Eastern Pacific, and Indian Oceans as captured by cluster analysis. **J. Climate Appl. Meteor.**, 26, 540-558, 1987.

YAMAMOTO, Jorge Kazuo; LANDIM, Paulo Milton Barbosa. **Geoestatística: conceitos e aplicações**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

YARNAL, Brent; CRANE, R.G.; CARLETON, Andrew; KALKSTEIN, Lawrence. A new challenge for climate studies in Geography. **The Professional Geographer**, v. 39, 1987.

ZAVATTINI, João Afonso. A produção brasileira em climatologia: o tempo e o espaço nos estudos do ritmo climático. **Terra Livre**. São Paulo, n. 19, v. 1, p. 65-100, 2003.

ZAVATTINI, João Afonso. **As chuvas e as massas de ar no estado de Mato Grosso do Sul: estudo geográfico com vista à regionalização climática**. 1ª edição. São Paulo: Editora da UNESP, 2009 [1990].

ZAVATTINI, João Afonso. O uso das cartas sinóticas nos estudos de Climatologia Geográfica. In: SILVA, Charlei Aparecido; FIALHO, Edson Soares; STEINKE, Ercília Torres (orgs). **Experimentos em Climatologia Geográfica**. Dourados: UFGD, 2014.

ZAVATTINI, João Afonso; BOIN, Marcos Norberto. **Climatologia Geográfica: teoria e prática de pesquisa**. Campinas: Alínea, 2013.

ZAVATTINI, João Afonso; FRATIANNI, Simona. Estudos climáticos no Brasil e na Itália: o paradigma do ritmo. **Anais do VIII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**. Alto Caparaó: ABClima, 2008.

ZAVATTINI, João Afonso; FRATIANNI, Simona. Neve, turismo e tipos de tempo no Vale do Susa (Itália). **Anais do IX Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**. Fortaleza: ABClima, 2010.

ZAVATTINI, João Afonso; FRATIANNI, Simona. Os climas regionais do Brasil (estudo preliminar). **Anais do X Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**. Manaus: ABClima, 2012.

ZUANAZZI, Serena; MURARA, Pedro; ACQUAOTTA, Fiorella; FRATIANNI, Simona. Resultados preliminares sobre a precipitação e doenças circulatórias entre 2001 e 2014 em Florianópolis. **Anais do XII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**. Goiânia: ABClima, 2016.