



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

ANAIS DO XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA TRABALHOS DO EIXO 1: CLIMATOLOGIA URBANA



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

APLICAÇÃO DA ANÁLISE RÍTMICA NA INTERPRETEÇÃO DE EXTREMOS DE CHUVA EM JANEIRO DE 2020 EM BELO HORIZONTE-MG

CARLOS HENRIQUE JARDIM¹

AION ANGELU FERRAZ SILVA²

ANA CAROLINA NOVAES DE ANDRADE³

RESUMO

Os eventos extremos de chuva podem ser caracterizados pela ocorrência de elevados totais em reduzido intervalo de tempo, cujos impactos são, muitas vezes, amplificados negativamente por alterações introduzidas no ambiente (modificações da rede hidrológica, pouca disponibilidade de áreas verdes etc.). Utilizando como exemplo os episódios de chuva concentrada do mês de janeiro de 2020 em Belo Horizonte (Minas Gerais–Brasil), o objetivo deste artigo foi aplicar a “análise rítmica” para compreensão da relação entre a dinâmica atmosférica com o impacto pluvial produzido na cidade. Os dados foram obtidos de estações meteorológicas locais da rede oficial do INMET e de informações veiculadas pela internet. Os resultados reforçaram a necessidade de se considerar os desvios nas variações desse atributo e adoção de medidas preventivas.

Palavras-chave: chuvas; desvios; variabilidade climática; impactos ambientais.

ABSTRACT

Extreme rain events can be characterized by the occurrence of high totals in a short period of time, and the impacts are often amplified negatively by changes introduced in the environment (changes in the hydrological network, unavailability of green areas, etc.). Using as an example the episodes of concentrated rain in January 2020 in Belo Horizonte (Minas Gerais – Brazil), the objective of this article was to apply the “rhythmic analysis” to understand the relationship between atmospheric dynamics and the rainfall impact produced in the city. The data were obtained from local meteorological stations from the official INMET network and from information transmitted over the internet. The results reinforced the need to consider deviations in variations of this attribute and the adoption of preventive measures.

Keywords: rains; deviations; climatic variability; environmental impacts.

1. Introdução

Uma das principais características do clima é sua variabilidade, fato muitas vezes confundido com “mudança climática”. Independente da vontade humana, o clima continuará sua evolução natural, o que torna redundante o qualificativo “mudança”. Isso não significa que

¹ Professor, Depto. Geografia-IGC-UFMG, dxhenrique@gmail.com

² Professor, IFMG - Campus Sabará, aion.silva@ifmg.edu.br

³ Graduada em Geografia e Bolsista PIBIC-CNPQ, IGC-UFMG, anacarolinan23@gmail.com



As características ambientais onde se encontra o sítio urbano de Belo Horizonte, em região de clima tropical, não são as mais adequadas para absorver os diferentes eventos climáticos, reiteradamente discutido por pesquisadores da área de climatologia (ASSIS, 2010;



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

LUCAS et al., 2015; JARDIM e SILVA, 2016). As características do sítio urbano com marcada presença de colinas convexas e vales moderadamente dissecados em área planáltica deprimida (Depressão de Belo Horizonte), com altitudes variando entre 800-1000 m, 21,1°C de temperatura média e total médio anual de chuvas de 1463,7 mm (DNMET, 1992), sazonalmente distribuídos ao longo do ano (>80% concentrada no período entre outubro e março e predomínio de estabilidade atmosférica entre abril e setembro), tornando mais complexas as interações entre atmosfera e superfície, no que se constitui hoje a terceira maior região metropolitana do país, atrás de São Paulo e Rio de Janeiro, com 2,5 milhões de habitantes e conurbada a várias outras cidades, com apenas 12,6% de áreas verdes (EUCLYDES e FONSECA, 2013).

A partir do que foi discutido anteriormente, a objetivo deste artigo foi empregar critérios da “Análise Rítmica” na análise de sequências de eventos de chuvas intensas registradas em janeiro de 2020 em Belo Horizonte, destacando o período entre os dias 24 e 25, todos com elevada repercussão ambiental negativa sobre a cidade.

2. Metodologia

Os dados de chuva foram obtidos no endereço eletrônico do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (www.inmet.gov.br), a partir dos dados produzidos pela estação meteorológica convencional de Belo Horizonte (83587; altitude: 915.47 m).

Para efeitos de comparação e de referenciais, foram também utilizados os dados das Normais Climatológicas 1961-1990 (DNMET, 1992) e das Normais Climatológicas Provisórias 1981-2010, ambas disponíveis no endereço eletrônico dessa mesma instituição.

As imagens de satélite e cartas sinóticas foram obtidas nos endereços eletrônicos do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC/INPE (www.cpetec.inpe.br) e Centro de Hidrografia da Marinha do Brasil (www.marinha.mil.br) e utilizadas para identificação e caracterização das massas de ar.

Para a elaboração do gráfico de análise rítmica foi utilizado o programa Microsoft Excel 2013, atento às considerações de Monteiro (1971) sobre esse método, apoiado na representação contínua e concomitante dos elementos climáticos em escala diária. Essa opção metodológica teve a finalidade de elucidar aspectos da gênese e interações entre os elementos climáticos e destes com fatores da superfície subjacente à atmosfera.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Por fim, foi consultado material bibliográfico especializado nas áreas de meteorologia e climatologia, visando conferir suporte aos resultados, assim como informações adicionais oriundas de mídia eletrônica, principalmente sobre os impactos ambientais negativos produzidos na área urbana de Belo Horizonte e estado de Minas Gerais durante os eventos de chuva.

3. Resultados e discussão

Os eventos de chuva ocorridos durante o mês de janeiro de 2020 se configuraram como desvios em relação às médias se analisados comparativamente em relação aos totais médios para o mês de janeiro contidos nas Normais Climatológicas (tabela 1). Entretanto, não é fato incomum o registro de desvios na variação horário-diária, mensal e anual desse elemento, verificado em vários outros momentos das séries históricas disponíveis para Belo Horizonte. Apenas destacando os valores de desvios mais pronunciados, totais muito acima da média para o mês de janeiro ocorreram nos anos de 1961 (606,3 mm), 1962 (630,0 mm), 1983 (607,9 mm), 1991 (651,2 mm), 2003 (781,6 mm) e abaixo das médias nos anos de 1963 (60,3 mm), 1971 (85,0 mm), 1972 (60,4 mm), 1976 (52,2 mm), 1981 (7,5 mm), 1990 (50,6 mm), 1995 (89,6 mm) e 2014 (103,9 mm).

Tabela 1 – Valores absolutos e totais médios de chuva (mm) para o mês de janeiro.

Estações meteorológicas de Belo Horizonte	Janeiro de 2020	Normais Climatológicas 1961-1990	Normais Climatológicas Provisórias 1981-2010
Pampulha	739,8	-	-
Belo Horizonte	934,7	274,1	329,1
Cercadinho	967,0	-	-

Mesmo diante do registro desses valores, isso precisa ser relativizado, pois mesmo um ano com totais abaixo da média não necessariamente pode produzir impactos negativos de seca se a distribuição mensal durante o ano assumir certa regularidade. Raciocínio semelhante vale para anos com totais muito acima da média, principalmente se a chuva se concentrar em alguns poucos meses, podendo produzir impactos de seca.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

A gênese por trás dessas variações são muitas, mas, basicamente, estão na dinâmica das massas de ar atuante durante o período analisado. Especificamente entre os dias 24 e 25 de janeiro de 2020, foram totalizados 320,9 mm, quando a média mensal para esse mês assinala 271,1 mm (Normais de 1961-1990) ou 329,1 mm (Normais Provisórias de 1981-2010) como mostra a tabela 1, perfazendo, aproximadamente, um terço do total registrado nesse mês com 934,7 mm.

A situação sinótica naquela ocasião (figura 01) mostrava extensa e persistente área de instabilidade sobre a região Sudeste, Nordeste e leste das regiões Norte e Centro-Oeste, diretamente influenciadas pela passagem da tempestade subtropical Kurumí próximo à costa brasileira, que organizou a faixa de nebulosidade, assinalada na carta sinótica como Zona de Convergência de Umidade (ZCOU) ou Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Esses sistemas são recorrentes durante o período chuvoso de outubro a março no sudeste do Brasil, responsáveis por grandes volumes de chuva (QUADRO, 1994) e envolvem a ação de vários sistemas acoplados (Frentes Frias, Linhas de Instabilidade, sistemas convectivos etc.). A umidade advectada da região norte pelas ZCOU/ZCAS é proveniente da evaporação do oceano Atlântico equatorial/tropical que adentram o continente pelas correntes de leste, resultantes da convergência dos Alísios dos dois hemisférios ao longo da Zona de Convergência Intertropical.

Normalmente, diferentes tipos de instabilidade compõem eventos dessa natureza, podendo constar simultaneamente sistemas frontais (SF), linhas de instabilidade (LI), sistemas ou complexos convectivos (CCM), convecção local (CV) etc., incluindo, embora não necessariamente, furacões ou tempestades tropicais/subtropicais. A estrutura geral de uma tempestade subtropical é similar a muitos outros núcleos de baixa pressão e consiste de uma coluna de ar com movimento ascendente, convergente em superfície e divergente em altitude, desencadeado por elevados gradientes de pressão atmosférica, tanto horizontais em superfície quanto verticais entre a superfície e a Troposfera superior.

Perturbações na Troposfera superior e em superfície podem disparar ou reforçar a ação desses eventos, considerando a distribuição desigual de energia pelo planeta em termos de entrada, armazenamento e dissipação. O transporte de calor e umidade envolvido repõe parcialmente os déficits a partir de regiões excedentárias, produzindo, juntamente a todos os demais componentes do sistema climático, novas situações de relativo equilíbrio que se



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

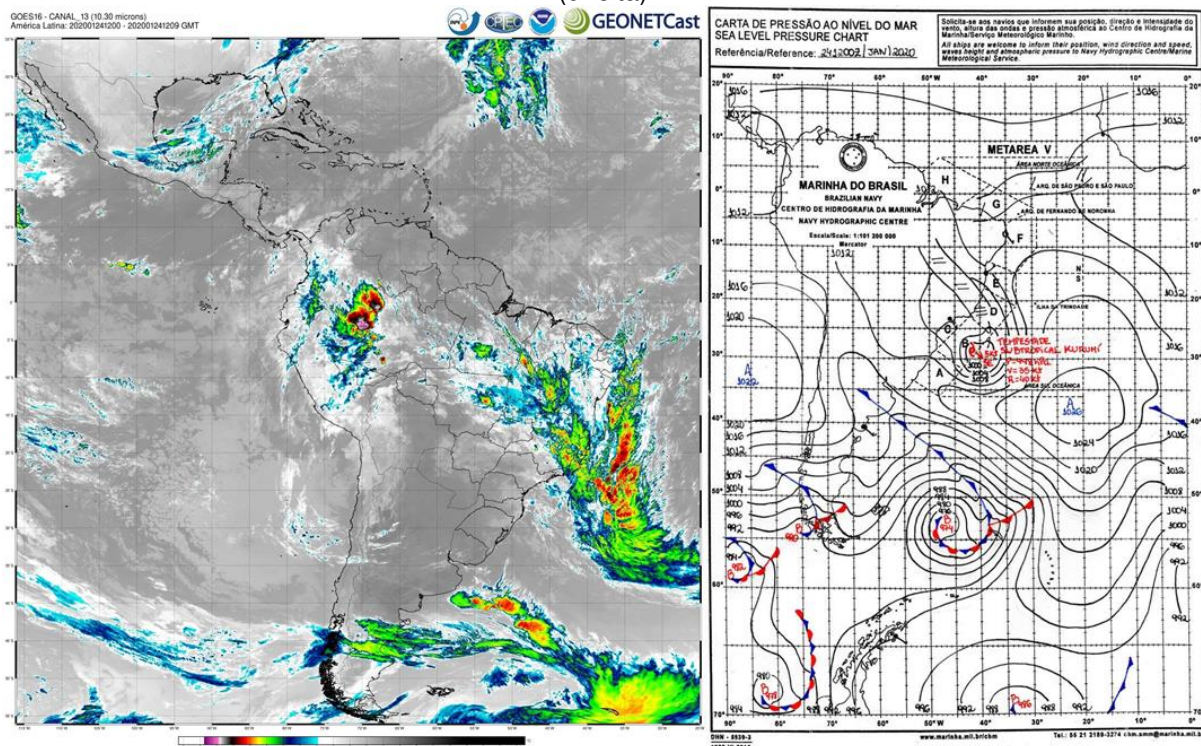
Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

materializam continuamente, no intervalo variável de minutos, horas ou dias, na sucessão do tempo meteorológico, conforme argumenta Andrade e Jardim (2020).

Figura 1 – Imagem de satélite meteorológico GOES 16 e carta sinótica do dia 24/01/2020 12 h GMT.

Destaque para a nebulosidade na costa leste do Brasil em falsa cor (esquerda) organizada pela tempestade tropical Kurumí assinalado em vermelho no centro da carta sinótica da Marinha do Brasil (direita).



Fonte: www.cptec.inpe.br e <https://www.marinha.mil.br/chm/dados-do-smm-cartas-sinoticas/cartas-sinoticas> (Acesso: abril/2021).

Segundo o Serviço Meteorológico Marinho (SMM, 2021) da Marinha do Brasil, o evento se formou a 200 km a leste de Macaé a partir de um ciclone, que estava sendo monitorado, evoluindo para uma tempestade subtropical, atuando entre os dias 23 e 25/01/2020 com “ventos fortes que atingiram 74 km/h em alto-mar, alturas de ondas de 5,40 metros e chuvas intensas sobre o mar na costa brasileira, desde Cabo de Santa Marta-SC a Ilhéus-BA”. Atuou até o dia 26/01 “quando o ciclone perdeu força e desvaneceu na tarde do dia 26, a cerca de 1.000 km a Sudeste de Arraial do Cabo, aproximadamente no paralelo de Porto Alegre-RS”.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Conforme mostra a figura 2 a situação descrita durante todo o mês de janeiro está dentro de um contexto geral de instabilidade atmosférica, com valores elevados de temperatura, umidade do ar e nebulosidade, além de registro de precipitação (quase) diário.

A atuação do ASAS (Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul), responsável por grande parte das situações de estabilidade atmosférica no sudeste brasileiro, esteve restrita a apenas 07 dias durante esse mês de janeiro. Na maior parte do tempo predominaram situações de instabilidade, relacionadas à influência das ZCAS/ZCOU, Frentes Frias e cavados de baixa pressão (Pós-Frontais).

Deve-se considerar, também, que da variação e distribuição espacial e temporal errática da chuva e o curto período de tempo analisado, não é possível inferir qualquer valor de tendência e correlação. E a própria dimensão espacial desse atributo, vinculado à dinâmica das massas de ar, impossibilita quaisquer tentativas de controle, restando como alternativa o investimento em sistemas de prevenção, na forma de alertas e previsão de curto prazo, bem como em obras de engenharia urbana e na rede hidrográfica (“piscinões”, alargamento dos canais fluviais etc.), aproveitamento da água de chuva, recuperação de áreas verdes etc., visando retirar e desacelerar o movimento da água no sistema.

Conforme os pressupostos que orientam a “Análise Rítmica” (MONTEIRO, 1971), outra parte importante da análise deve recair sobre os impactos do evento analisado. As 03 assertivas que orientam esse método conduzem a essa compreensão global do evento que pode ser sumarizada da seguinte forma: (1) compatibilidade do tempo cronológico com a representação concomitante dos elementos do clima com a representação da circulação atmosférica regional e sucessão dos estados atmosféricos; (2) a gênese dos fenômenos climáticos resulta da interação entre elementos e fatores, a partir de uma realidade regional, considerando os diferentes e variados problemas geográficos de uma região; (3) as expressões quantitativas dos elementos climáticos estão indissoluvelmente ligadas à gênese ou qualidade dos mesmos, levando-se em consideração sua posição no espaço geográfico.

O autor coloca a gênese no domínio regional, relacionado à dinâmica das massas de ar e, ao mesmo tempo, na outra ponta do sistema, refere-se à posição e problemas do objeto no espaço geográfico. O meio entre a gênese e os “problemas do espaço geográfico” ou impactos ambientais, é preenchido pelos fatores ou controles climáticos que modulam a entrada, distribuição e saída de matéria e energia do sistema (topografia, uso do solo,



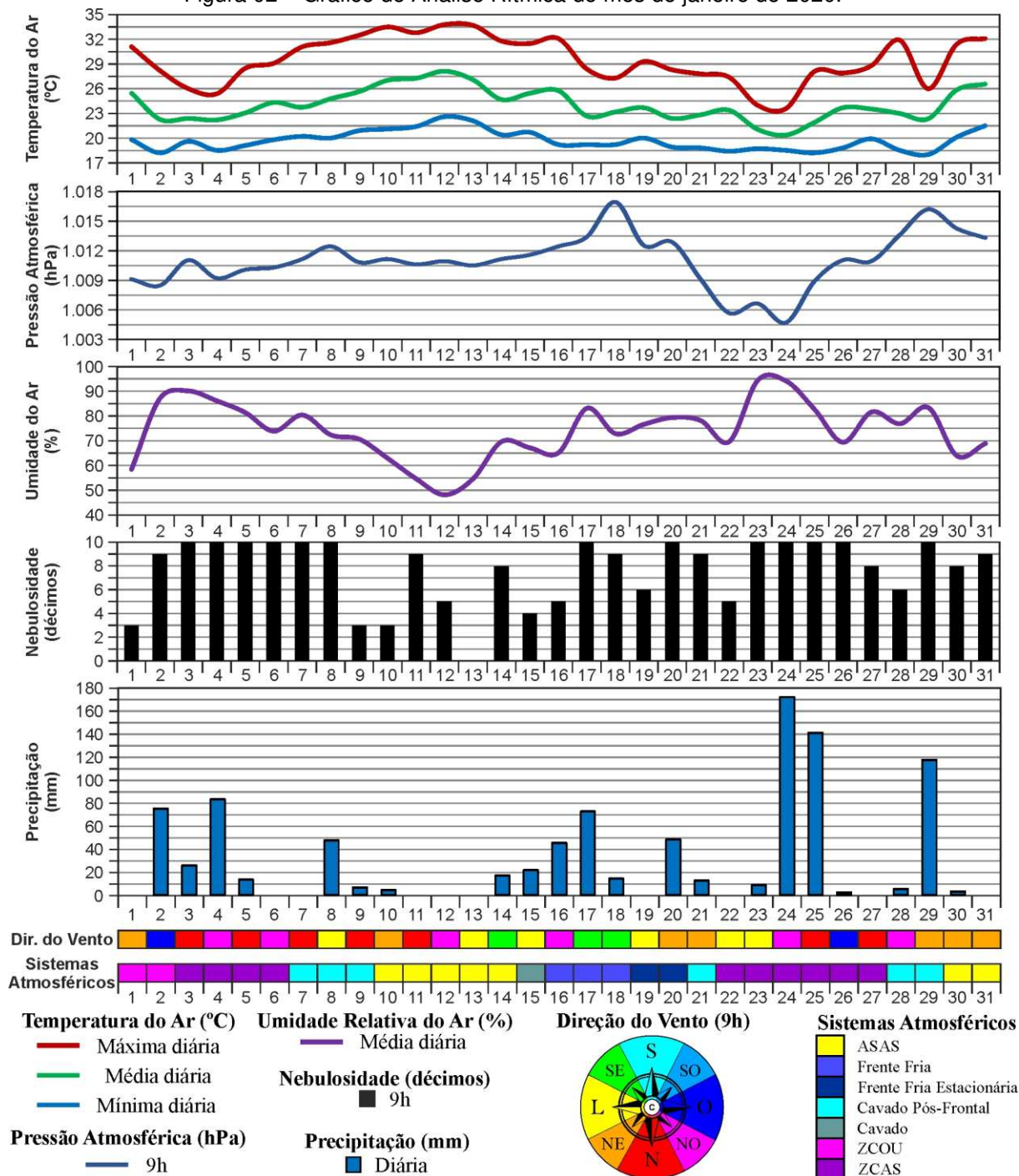
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

superfícies de água etc.). A “Análise Rítmica”, portanto, constitui-se numa tentativa de integração escalar da análise climatológica.

Figura 02 – Gráfico de Análise Rítmica do mês de janeiro de 2020.





XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Conforme noticiado pela imprensa as chuvas de janeiro de 2020 produziram impactos negativos em Belo Horizonte e em várias outras localidades do estado, principalmente na forma de enchentes, formação de pontos de alagamentos, escorregamentos de solo, danos materiais generalizados e, inclusive, com perdas de vida humana.

Parte desses danos poderia ser evitada ou minimizada se a cidade absorvesse melhor o impacto das chuvas. O fato de se constituir num evento anômalo sem dúvida agrava negativamente o efeito, mas isso nada tem a ver “mudanças climáticas”, seria o mesmo que culpar a seca pelo relativo atraso econômico do nordeste brasileiro ou atribuir ao frio as derrotas em guerra de Napoleão e Hitler na Rússia. E não se trata apenas de chuvas: as cidades brasileiras também não estão preparadas para absorver o impacto térmico, ou seja, em vez de dissipar o calor elas acentuam esse efeito irradiando mais calor para o ambiente por meio de fontes ativas e passivas, que é somado ao excedente natural próprio de latitudes tropicais. O mesmo pode ser dito para outros componentes do sistema, tanto natural quanto antrópico, relacionadas à poluição atmosférica, sonora e visual, conforto térmico-higrométrico, lazer etc.

Por outras palavras, as cidades não se resumem às estruturas, mas, antes de tudo, como resultado de uma amálgama de decisões voltadas para satisfação do capital investido (imobiliário, dentre os principais), que pouco se importa com o bem-estar do cidadão; incompetência político-administrativa, considerando que, muitas vezes, cargos técnicos relativos ao secretariado das prefeituras e estado são preenchidos em função de favores de campanha e não propriamente pelas qualidades técnico-profissionais da pessoa que ocupa o cargo; despreocupação com meio-ambiente, o que exigiria, antes de tudo, a formação de equipes multidisciplinares, haja vista o espectro de problemas e de possíveis soluções, relativos ao clima, biodiversidade, hidrologia etc., que, além de soluções técnicas, exigem soluções associadas a educação ambiental do cidadão.

4. Considerações finais

Muito se fala a respeito de “mudanças climáticas” sem, no entanto, uma real compreensão de seu significado. Muitos problemas, inclusive, são indevidamente atribuídos a essa categoria de eventos, cuja escala temporal de desenvolvimento é da ordem de séculos



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

ou milhares de anos, como aconteceu em passado histórico recente com a “Pequena Idade do Gelo” entre os séculos XIV e XIX, precedida pelo período quente medieval (séc. IX e XIII), mais quente do que o atual, ao que tudo indica, pois haviam florestas no sul da Groelândia, e sucedida pela fase quente, resposta a essa fase fria anterior, como também aconteceu antes desse período quente da idade média, entre os séculos V e VIII (FAGAN, 2007).

Portanto, o problema real não está no clima, mas na forma como o ser humano se apropria do espaço, tornando-o mais ou menos susceptível aos diversos e diferentes processos naturais (chuva, vento, irradiação solar, terremotos, vulcanismo etc.). Os eventos extremos, conforme foi discutido ao longo deste artigo, é parte integrante do clima e se constitui numa das formas do sistema restaurar o seu equilíbrio. É a inadequação das estruturas criadas pelas sociedades humanas, frente às características ambientais, que intensifica o efeito ou impacto negativo, em vez de atenuá-lo, o que reforça questões voltadas para o planejamento urbano e territorial.

5. Referências

ANDRADE, A. C. N.; JARDIM, C. H. Diagnóstico Microclimático na Estação Ecológica da Universidade Federal de Minas Gerais: período de monitoramento entre 21/09/2019 a 08/01/2020. In: VII Fórum Brasil de Áreas Degradadas - 12 e 13 de novembro de 2020, Evento Online, 2020, Viçosa-MG. **Anais...** UFV, 2020.

ASSIS, W. L. **O sistema clima urbano do município de Belo Horizonte na perspectiva tempo-espacial**. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal de Minas Gerais – Instituto de Geociências, Belo Horizonte, 2010.

DNMET – Departamento Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas** (1961- 1990). Brasília-DF, 1992.

EUCLYDES, A. C. P; FONSECA, C. O. Áreas protegidas em Belo Horizonte (MG): levantamento e reflexões. In: VI SAPIS: Seminário Brasileiro sobre Áreas Protegidas e Inclusão Social, (15-20/09/2013), 2013, Belo Horizonte. **Anais...** IGC/UFMG, 2013.

FAGAN, B. **O longo verão**: como o clima mudou a civilização. 1.ed. Lisboa: Edições 70, 2007.

JARDIM, C. H. “Médias” e “desvios” na análise geográfico-climatológica: o episódio de chuva concentrada do dia 23 de novembro de 2010 e o veranico de janeiro/fevereiro de 2011 em Belo Horizonte - MG. **Geografias** (UFMG), v.1, n. 14, p.35 - 49, 2012.

JARDIM, C H. - A "Crise Hídrica" no Sudeste Do Brasil: Aspectos Climáticos e Repercussões Ambientais. **Tamoios**, São Gonçalo (RJ), ano 11, n. 2, p.67-83, jul/dez. 2015.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

JARDIM, C. H.; SILVA, M. R. Extremos de temperatura do ar em Belo Horizonte: variabilidade natural e influência do clima urbano. **Revista do Departamento de Geografia**, p.83-97, 2016.

LUCAS, T. P. B.; AUGUSTO, P.; REIS, S.; ROCHA, S. C. Impactos hidrometeorológicos em Belo Horizonte-MG. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 16, junho 2015.

MARENGO, J.A.; NOBRE, C. A.; SELUCHI, M. E.; CUARTAS, A.; ALVES, L. M.; MENDIONDO, E.M.; OBREGÓN, G.; SAMPAIO, G. A seca e a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo. **Revista USP**, São Paulo, n.106, p.31-44, jul/ago/set. 2015.

MONTEIRO, C. A. F. Análise rítmica em climatologia. Problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. **Climatologia**, São Paulo, n.01, p.1-21, 1971.

QUADRO, M. F. L. **Estudo de episódios de zona de convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre a América do Sul**. 1994. 94 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1994.

SERVIÇO METEOROLÓGICO MARINHO – SMM. **Serviço Meteorológico Marinho previu formação da Tempestade Subtropical “Kurumí”**. Extraído de: <<https://www.marinha.mil.br/noticias/servico-meteorologico-marinho-previu-formacao-da-tempestade-subtropical-kurumi>>. Data de acesso: 20/04/2021.