



Artigo de Revisão

-ISSN 2177-4560

DOI: 10.19180/2177-4560.v15n12021p52-69

Submetido em: 20 fev. 2021

Aceito em: 05 mar. 2021

Precipitação e Eventos Extremos na Bacia do Rio Paraíba do Sul: Uma Revisão Teórica

Gildo Rafael de Almeida Santana  <https://orcid.org/0000-0001-6307-3256>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense.

Licenciado em Ciências Biológicas - Instituto Federal de Alagoas, Especialista em Educação ambiental - Universidade Federal de Santana Maria, Especialista em Clima, Água e Energia pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro e Mestrando em Engenharia Ambiental. Instituto Federal Fluminense. E-mail: gildoraphael@gmail.com

Vicente de Paulo Santos de Oliveira  <https://orcid.org/0000-0002-5981-0345>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense.

Doutor em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Professor do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Fluminense (IFFluminense) – Campos dos Goytacazes/RJ – Brasil. E-mail: vicentepsoliveira@gmail.com

Jader Lugon Junior  <https://orcid.org/0000-0001-8030-0713>

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Fluminense.

Doutor em Modelagem Computacional (UERJ). Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense - campus Macaé (RJ) – Brasil. E-mail: jlugonjr@gmail.com

Maria Gertrudes Alvarez Justi da Silva  <https://orcid.org/0000-0002-6650-5648>

Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF).

Doutora em Engenharia Mecânica pela COPPE/UFRJ. Professora Associada da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF). E-mail: justi.meteoro@gmail.com

Eliane Barbosa Santos  <https://orcid.org/0000-0003-4280-5336>

Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF).

Doutorado em CIÊNCIAS CLIMÁTICAS pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Professora Colaboradora da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. E-mail: elianebs@uenf.br

Resumo: O entendimento do comportamento da precipitação e seus extremos torna-se cada vez mais imprescindível. O objetivo deste estudo é apresentar uma revisão teórica sobre estes aspectos na bacia do rio Paraíba do Sul, englobando os principais sistemas atmosféricos que atuam na região, assim como os impactos causados pela ocorrência dos seus extremos. De forma geral, destaca-se a importância de estudos com um maior aprofundamento no entendimento da variabilidade climática e eventos extremos na bacia do rio Paraíba do Sul, de modo a contribuir no planejamento ambiental e gestão dos recursos hídricos.

Palavras-chave: Déficit de Precipitação. Excesso de Precipitação. Impactos de Eventos Extremos.

Precipitation and Extreme Events in the Paraíba do Sul River Basin: A Theoretical Review

Abstract: The understanding of the behavior of precipitation and its extremes becomes more and more essential. The objective of this study is to present a theoretical review on these aspects in the Paraíba do Sul river, encompassing the main atmospheric systems that affect the region, as well as the impacts caused by two extreme events. In general, the importance of studies is highlighted as a greater understanding of the lack of understanding of climatic variability and extreme events in the Paraíba do Sul river, in order to contribute to the environmental planning and management of two water resources.

Keywords: Precipitation Deficit. Excessive Precipitation. Impacts of Extreme Events.

Precipitaciones y eventos extremos en la cuenca del río Paraíba do Sul: una revisión teórica

Resumen: Comprender el comportamiento de la precipitación y sus extremos se vuelve cada vez más esencial. El objetivo de este estudio es presentar una revisión teórica sobre estos aspectos en la cuenca del río Paraíba do Sul, abarcando los principales sistemas atmosféricos que operan en la región, así como los impactos ocasionados por la ocurrencia de sus extremos. En general, se destaca la importancia de estudios con mayor profundidad en el conocimiento de la variabilidad climática y eventos extremos en la cuenca del río Paraíba do Sul, con el fin de contribuir a la planificación ambiental y la gestión de los recursos hídricos.

Palabras clave: Déficit de precipitación. Precipitación excesiva. Impactos de eventos extremos.

1 Introdução

O conhecimento do comportamento da precipitação e seus extremos é de fundamental importância para o planejamento de diversas atividades humanas, como a produção de energia e em projetos de dimensionamento de obras hidráulicas, auxiliando inclusive na tomada de decisões quanto às medidas necessárias para minimizar os danos decorrentes dos eventos extremos.

A ocorrência dos extremos de chuva, seja excesso ou déficit, provoca danos que podem ser irreparáveis. No caso das chuvas intensas, os registros de desastres naturais mais comuns no Sudeste do Brasil são enchentes, alagamentos, enxurradas, deslizamento de terra ou desmoronamento, além de casos de inundação. São eventos que afetam de forma direta e indireta a vida econômica e social da população, causando prejuízos aos serviços essenciais como fornecimento de energia elétrica, abastecimento de água, saneamento, saúde e até mesmo muitos óbitos.

A seca é um fenômeno natural que também afeta o Sudeste do Brasil. Fica evidenciada pela deficiência de precipitação durante um período prolongado, sendo capaz de provocar grandes impactos de caráter social, econômico, agrícola e ambiental. Dependendo da sua intensidade, além de afetar diretamente o abastecimento de água, a seca também compromete a geração de energia hidrelétrica, que é a maior fonte de eletricidade no Brasil. Vale destacar que os danos econômicos podem ser catastróficos, no caso em que a economia local está diretamente ligada às atividades da agropecuária, dependendo do tamanho da cultura, da necessidade de irrigação e do seu nível de importância para a economia local (CEPED UFSC, 2013a).

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2019), a escassez na disponibilidade de água é um fator considerado crítico no Brasil, tendo em vista que além do abastecimento público, mais da metade (66,6%) da matriz elétrica tem sua origem na geração de energia hidrelétrica. Além do mais, levando-se em consideração a abrangência em que ocorre e as consequências que causa em diferentes áreas do país, o impacto com que o fenômeno da seca é sentido deve-se, também, a deficiência na gestão dos recursos hídricos e de políticas públicas para o seu enfrentamento (Brasil, 2017a).

No cenário nacional, a bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul destaca-se por estar localizada na Região Sudeste, em uma das regiões mais desenvolvidas do país. Vinte e oito municípios que pertencem aos estados de São Paulo e Rio de Janeiro são banhados pelo rio Paraíba do Sul e captam água para abastecimento público (Galvão & Bermann, 2015). Segundo Ioris (2011), há cerca de 120 usinas hidrelétricas em operação na bacia entre grandes, médias e pequenas geradoras.

Diante deste contexto, justifica-se a elaboração deste estudo cujo objetivo principal foi compilar o conhecimento já produzido sobre o comportamento da precipitação e da ocorrência de seus extremos na bacia do rio Paraíba do Sul.

2 Material e Método

De acordo com Gil (2010), uma pesquisa exploratória tem por objetivo familiarizar o problema, no intuito de torná-lo mais explícito ou para construir hipóteses. A pesquisa aqui apresentada é qualitativa e pode ser classificada, quanto aos seus objetivos, como uma pesquisa exploratória. Ela está baseada em uma revisão teórica, realizada por meio de levantamento bibliográfico, com o intuito de obter mais informações acerca do tema estudado.

Primeiramente, apresenta-se uma visão geral da climatologia da precipitação na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, destacando seu comportamento médio anual e sazonal. Em seguida, são descritos os principais sistemas meteorológicos atuantes na bacia e, por fim, são destacados os extremos de precipitação e seus impactos na região.

3. Climatologia da Precipitação na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul

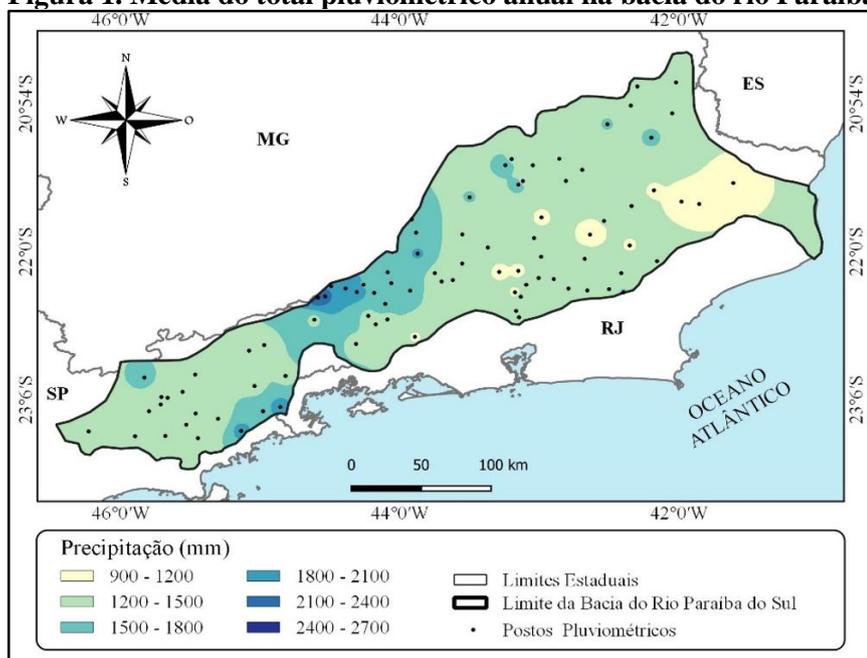
3.1 Médias anuais e sazonais da precipitação

A região Sudeste do Brasil, onde está localizada a bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, é caracterizada como uma região de transição entre os climas quentes de latitudes baixas e os climas mesotérmicos de tipo temperado das latitudes médias (Quadro *et al.*, 2019). Outro fator que se deve levar em consideração é a topografia acidentada, visto que o relevo possibilita os maiores contrastes morfológicos do Brasil, com vales amplos e muito rebaixados e altas superfícies cristalinas e sedimentares. Essa característica topográfica contribui para a precipitação na região, pois possibilita a ocorrência de movimentos verticais no ar por meio da ascendência orográfica, condição indispensável na formação de nuvens e de chuvas (Nimer, 1989).

Segundo Brasiliense *et al.* (2020), os valores mais elevados de precipitação na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul ocorrem nas regiões localizadas acima de 1.000 metros de altitude. Um estudo realizado

por Marengo & Alves (2005), identificou que as máximas precipitações são registradas nas cabeceiras mineiras da bacia e nos pontos mais altos das serras do Mar e Mantiqueira, chegando a valores de 2.250 mm/ano. Santana *et al.* (2020) observou que os totais anuais variam entre 900 e 2.700 mm, e que os maiores totais pluviométricos, acima de 1.800 mm, foram registrados entre os estados de São Paulo e do Rio de Janeiro com o de Minas Gerais. A Figura 1 mostra a média do total pluviométrico anual na bacia do rio Paraíba do Sul para o período de 1970 a 2018.

Figura 1. Média do total pluviométrico anual na bacia do rio Paraíba do Sul para o período de 1970 a 2018



Fonte: Santana *et al.* (2020)

Ainda de acordo com Santana *et al.* (2020), os menores valores encontrados para o período analisado são observados ao norte da bacia, eminentemente no Norte e Noroeste Fluminense, e apresentam núcleos de médias anuais de chuva abaixo de 1.200 mm. Os referidos autores ainda destacaram que o verão austral (período de verão no Hemisfério Sul) é o período chuvoso da região, com acumulados trimestrais entre 400 e 1.200 mm, sendo que as menores médias dos acumulados trimestrais (entre 30 e 200 mm), foram observadas no inverno austral. Esses resultados estão de acordo com o estudo realizado por Marengo & Alves (2005), que caracterizaram o verão como período chuvoso, com precipitação acumulada entre 200 e 250 mm/mês, enquanto no inverno observaram precipitação acumulada inferior a 50 mm/mês.

É importante destacar que a topografia e a posição geográfica são fatores que contribuem para que a região Sudeste possua uma diversificada característica climática, mas são os aspectos dinâmicos da

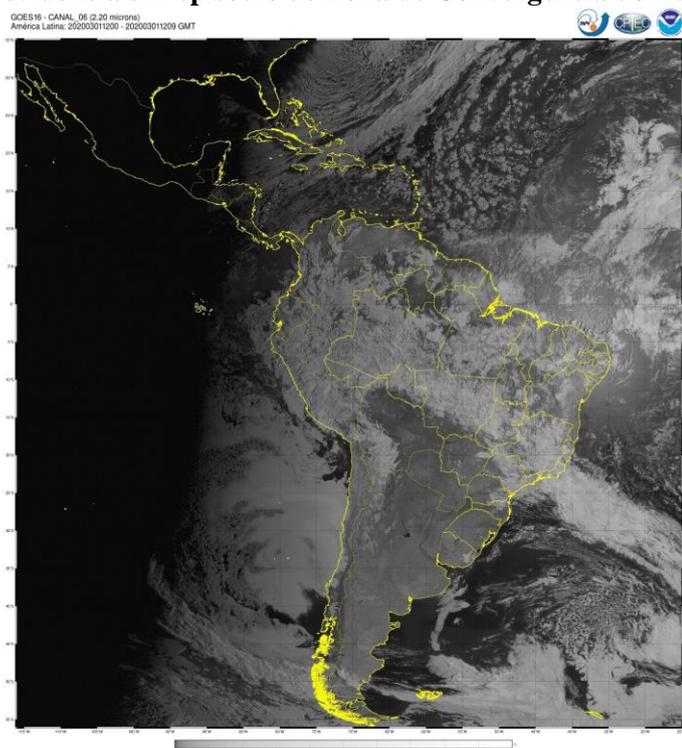
atmosfera os principais responsáveis por esta diversificação. Esses aspectos dinâmicos dão origem aos sistemas meteorológicos de micro, meso e grande escala (Minuzzi *et al.*, 2007; Reboita *et al.*, 2010).

3.2 Principais Sistemas Atmosféricos Atuantes na Bacia do Rio Paraíba do Sul

As monções ocorrem em regiões onde há reversão sazonal da circulação atmosférica em virtude do aquecimento diferencial entre os continentes e os oceanos. Na América do Sul observa-se a ocorrência de monções, mas a reversão dos ventos sobre o continente só é notada quando a média anual da direção e da intensidade do mesmo é extraída do valor sazonal (Ynoue, 2017).

O sistema de monção tem papel importante no transporte de umidade para a região central da América do Sul (Gan *et al.*, 2004; Reboita *et al.*, 2010), como também modula a formação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) (Zhou & Lau, 1998; Carvalho *et al.*, 2004), que é um sistema quase estacionário com duração mínima de 4 dias, conforme descrito em alguns estudos (Quadros, 1994; Liebman *et al.*, 1999; Ferreira *et al.*, 2004; Carvalho *et al.*, 2004). A ZCAS é uma importante característica da circulação de verão na América do Sul e, conforme mostra a Figura 2, é caracterizada por uma banda de nebulosidade convectiva, estendendo-se em geral desde a Amazônia até o Oceano Atlântico, numa direção noroeste-sudeste (Kousky, 1988). Segundo Nobre (1988), a posição média do eixo da ZCAS pode variar de 10 a 15 graus ao longo da costa do Brasil.

Figura 2. Imagem de satélite no canal infravermelho do GOES-16 tomada no dia 01 de março de 2020, onde se evidencia um episódio de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).

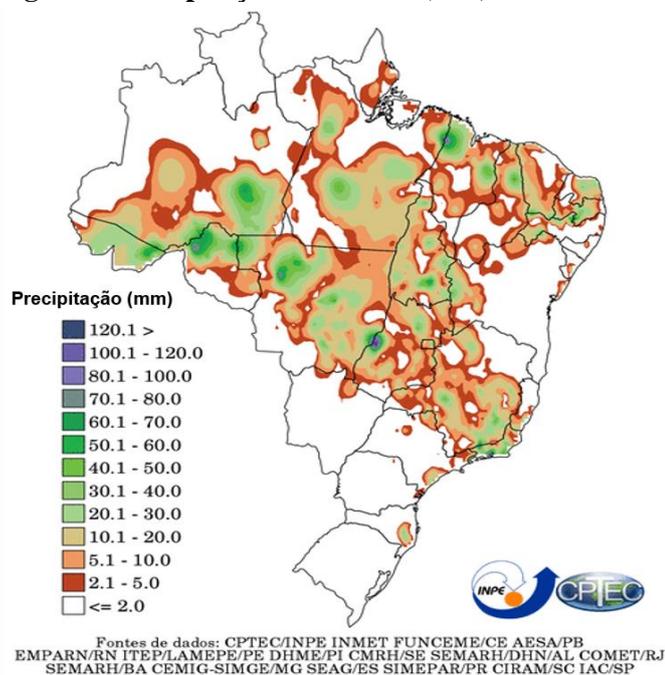


Fonte: CPTEC/INPE (2020a)

Por apresentar uma característica climatológica associada ao escoamento convergente de umidade na baixa troposfera, a ocorrência da ZCAS é comum no período do verão devido a convecção tropical acentuada, que contribui para a geração e manutenção do sistema (Kodama, 1992; Nogueira-Paegle; Mo, 1997; Carvalho & Jones, 2009). Apesar dessa característica acontecer em todos os verões, podem ser observadas variações significativas em sua organização espacial, na circulação e intensidade, sendo essas muitas vezes responsáveis pela ocorrência de eventos intensos. Vale ressaltar que a alteração das características desse sistema meteorológico pode levar a períodos prolongados de estiagem ou má distribuição das chuvas em várias regiões do país (Carvalho & Jones, 2009).

Neste sentido, a atuação da ZCAS é responsável por intensos e persistentes períodos de precipitação, assim como redução das chuvas nas adjacências (Nogueira-Paegle; Mo, 1997; Carvalho; Jones & Liebmann, 2004; Quadro *et al.*, 2012). Na Figura 3 é mostrada a precipitação observada no dia 01 de março de 2020, período que foi registrado um episódio de ZCAS e, segundo a síntese sinótica de março de 2020 realizada pelo grupo de previsão de tempo do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE, 2020b), na referida data, a ZCAS favoreceu a ocorrência de chuva forte sobre a capital do estado do Rio de Janeiro, com acumulados (em 24 horas) maiores que 100 mm em alguns pontos, provocando alagamentos e inundações, o que ocasionou danos materiais e óbitos.

Figura 3. Precipitação observada (mm) no Brasil em 01 de março de 2020



Fonte: CPTEC/INPE (2020b)

Segundo Lima, Satyamurty e Fernández (2010), no verão austral, os eventos de precipitação intensa na região Sudeste estão associados, na maioria dos casos, às Frentes Frias (53%) e ao estabelecimento da

Zona de Convergência do Atlântico Sul (47%). As Frentes Frias constituem em uma zona de transição entre duas massas de ar de diferentes densidades e temperaturas, que se aproximam e tendem a se manter individualizadas, conservando suas particularidades (Vianello & Alves, 1991). São sistemas transientes que atuam durante todo o ano e são os que mais alteram a dinâmica da atmosfera (Reboita *et al.*, 2010; Kousky, 1979). Durante o verão, se estabelecem frequentemente na região Sudeste do Brasil, na posição climatológica da ZCAS, originando longos períodos de chuva intensa (Cavalcanti & Kousky, 2009).

No Sudeste do Brasil, o período chuvoso concentra-se, em média, entre os meses de outubro a março, com início entre 23 de setembro e 7 de outubro (Alves *et al.* 2002; 2005) e, segundo Alvarenga (2012), em decorrência das Frentes Frias, o período chuvoso no sul da região inicia-se mais cedo. Ainda segundo Alvarenga (2012), o setor norte da região Sudeste apresenta um atraso da estação chuvosa de 2 a 3 meses em relação ao sul, o que coincide com a atuação das ZCAS em dezembro.

Por outro lado, o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) e o Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN), dependendo das suas posições, ocasionam grandes períodos de estiagens, interferindo de maneira direta e indireta no regime pluviométrico de várias regiões do Brasil (Keller Filho; Assad & Lima, 2005; Minuzzi *et al.*, 2007).

Os baixos totais pluviométricos na região Sudeste ocorrem no inverno austral e, geralmente, estão associados ao comportamento do ASAS, já que nesta estação do ano esse sistema se desloca longitudinalmente em direção ao continente (Reboita *et al.*, 2010) e é responsável pelas condições de céu claro ou com baixa nebulosidade na região. Todavia, a entrada de sistemas transientes como Ciclones Extratropicais, VCANs, e Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCMs), entre outros, propiciam um aumento da nebulosidade, a ocorrência de precipitação e a intensificação dos ventos, o que acaba por interromper a situação de estabilidade termodinâmica estabelecida pelo ASAS (Dereczynski & Menezes, 2015).

3.3 Os Extremos de Precipitação e Seus Impactos

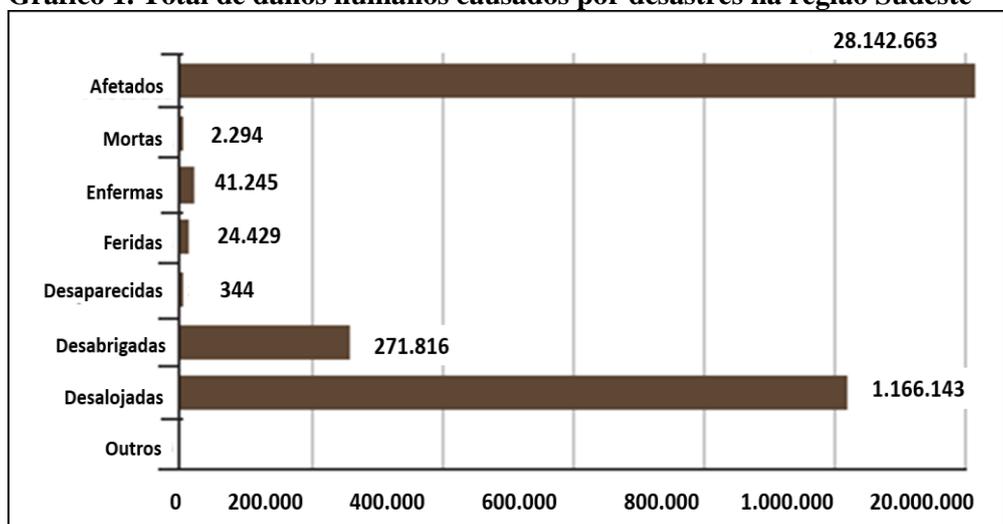
De acordo com o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC, 2013), a ocorrência de alterações nos padrões climáticos, trazem consequências que provocam efeito direto sobre os sistemas naturais e humanos. Apesar dessas alterações fazerem parte da variabilidade natural do clima é preciso levar em consideração que elas também podem ser uma resposta às ações antrópicas, suscitando nas mudanças climáticas.

Em um levantamento sobre a ocorrência de desastres, realizado pelo Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (CEPED UFSC (2013a), para o período de 1991 a 2012, foi verificado que para os totais registrados no Sudeste brasileiro, a maioria (81%) das ocorrências está relacionada aos eventos de déficit ou excesso de

precipitação, sendo 31% para estiagens e secas, 30% para enxurradas, e 20% para inundações. Já os episódios de movimentos de massa e vendavais correspondem, respectivamente, a 6,8 e 6,4%.

Com relação aos impactos desses eventos sobre a população da região Sudeste no período analisado, pode-se observar um elevado número de pessoas afetadas (28.142,663), desalojadas (1.166,143), desabrigadas (271.816) e enfermas (41.245), além de um número consideravelmente alto de mortes (2.294) (CEPED UFSC, 2013b) como mostrado na Gráfico 1.

Gráfico 1. Total de danos humanos causados por desastres na região Sudeste



Fonte: CEPED/UFSC (2013b, p. 121)

3.3.1 Precipitações Extremas

As precipitações extremas podem, a depender da vulnerabilidade local, causar danos sociais, econômicos e até óbitos. Como exemplo, pode-se citar os danos causados na cidade de Nova Friburgo em 2011, região serrana do estado do Rio de Janeiro, sul da bacia do rio Paraíba do Sul.

De acordo Andrade e Pinheiro (2011), o volume acumulado de chuva na cidade de Nova Friburgo em janeiro de 2011, foi de 209,6 mm entre os dias 11 a 14, sendo 182,8 mm apenas em 24 horas. A Tabela 1 mostra a quantidade de pessoas afetadas decorrente do desastre de 2011. Somente após a ocorrência desse desastre foram iniciadas as ações de monitoramento e prevenção com a instalação de sistemas de alertas, com sirenes e radares.

Tabela 1. Número de pessoas afetadas no desastre natural de 2011 em Nova Friburgo-RJ

Tipo de Ocorrência	Nº de vítimas
--------------------	---------------

Leptospirose	63
Óbitos	428
Total de Afetados	491

Fonte: Dos dados: G1 (2011). Elaborado pelos autores (2020)

Na Figura 4, observa-se alguns impactos do evento de 2011 na cidade de Nova Friburgo, que devido a gravidade dos impactos materiais e humanos, o governo decretou situação de emergência. Já em Petrópolis -RJ, foi reconhecido estado de calamidade pública, indicando uma crise mais grave. Esse evento de 2011 ficou conhecido como a “tragédia da região Serrana.”. Na cidade de Nova Friburgo, conforme Figura 4a, observa-se escombros e a quantidade de lama transportada pela enxurrada que arrastou carros e casas. Já na Figura 4b, o dano causado pela chuva em um prédio no centro da cidade pode demonstrar o quão intenso foi o evento ocorrido, de modo que parte do edifício desabou.

Figura 4. Áreas afetadas pelo desastre natural de 2011 em Nova Friburgo-RJ. A: Carro e Casas Tomados pela Lama, B: Prédio no centro de Nova Friburgo



Fonte: G1 (2012)

Além do município de Nova Friburgo, outras cidades localizadas no interior e fora da bacia do rio Paraíba do Sul também foram afetadas pelo desastre de 2011. A ocorrência de eventos de movimentação de massa/deslizamento ou desmoronamento de terra, vendavais, enchentes, inundações e enxurradas também são responsáveis por danos à população, principalmente as mais vulneráveis aos riscos de desastres naturais. Em 2020, por exemplo, fortes chuvas atingiram o Norte e o Noroeste Fluminense em 24 e 25 de janeiro, deixando 8 cidades inundadas e pelo menos 6 mil desalojados ou desabrigados (G1, 2020).

3.3.2 Estiagem e Seca

A seca é um fenômeno natural caracterizado pela deficiência de precipitação e, do ponto de vista meteorológico, é uma estiagem prolongada que tem como principal característica a diminuição contínua das reservas hídricas (Castro *et al.*, 2003). Apesar de secas e estiagens serem originárias do déficit de precipitação, a estiagem, segundo Castro *et al.* (2003), é caracterizada pelo atraso no início da estação chuvosa por um período superior a 15 dias, além de apresentar, nos meses chuvosos, precipitações médias mensais inferiores a 60% para o período.

Segundo Heim (2002), as secas são classificadas de acordo com os seus impactos, podendo ser divididas em quatro diferentes categorias: meteorológica, agrícola, hidrológica e socioeconômica e, apesar dessa classificação, é importante destacar que todas são originárias do déficit de precipitação (Wilhite, 2003). É considerada desastre natural quando atinge áreas habitadas, sendo responsável por prejuízos socioeconômicos, danos materiais e humanos, inclusive óbitos. Os impactos tornam-se maiores quando a economia local tem forte ligação com às atividades da agropecuária, que dependendo do tamanho da cultura, da necessidade de irrigação e do seu grau de importância à economia local, o dano poderá ser tornar catastrófico (CEPED UFSC, 2013).

Ao contrário dos casos relacionados as precipitações extremas, a seca tem, quase sempre, um início lento e uma longa duração. Segundo Suassuna (1999), os efeitos da seca vão se acumulando lentamente ao longo de um período considerável de tempo, podendo perdurar anos após a finalização do evento. Portanto, apesar de ocorrer de forma lenta, o fenômeno da seca gera grandes impactos, com graves danos econômicos e sociais (Fernandes *et al.*, 2009).

Além disso, esse fenômeno pode ser notado de maneiras diferentes em regiões com características climáticas distintas e com diferentes níveis de utilização de água, o que contribui de forma negativa para uma definição de seca que seja aceita universalmente. Por outro lado, o fato de não existir um conceito universal para definir a seca, possibilita que as definições sejam dependentes da temática de abordagem (Redmond, 2002).

A seca meteorológica está associada ao déficit de precipitação, notadamente com valores abaixo da normal climatológica (Heim, 2002). Por outro lado, segundo a WMO (1975), a seca agrícola está relacionada à baixa disponibilidade de umidade no solo, que torna o suprimento de água às culturas insuficientes para repor as perdas por evapotranspiração. Geralmente a seca agrícola se manifesta após a seca meteorológica e antes da seca hidrológica, que está associada a períodos mais longos de déficit de precipitação. No caso da seca hidrológica, existe forte relação com a redução dos níveis médios de água em reservatórios, tanto de superfícies quanto subterrâneos, além de refletir efeitos econômicos, afetar o abastecimento humano, a dessedentação de animais, o fornecimento de energia hidrelétrica e a irrigação (Ganguli & Reddy, 2013).

No Brasil, as secas se manifestam com maior frequência e intensidade na região Nordeste, onde se registram os impactos mais acentuados. Todavia, elas também ocorrem em outras regiões do país, mesmo

apresentando características muito diferentes, pois a vulnerabilidade social e econômica na região Nordeste é maior (Magalhães, 2016).

De acordo com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Brasil, 2017b), no período de 2013 a 2016 as secas e estiagens afetaram 48 milhões de pessoas, com destaque para o ano de 2016 como o mais crítico no que se refere aos impactos sobre a população. Esses impactos, apesar de serem mais associados ao Nordeste do Brasil, também são sentidos em outras localidades, como por exemplo na região Sudeste, que no período de 2014 a 2015 enfrentou uma grave crise hídrica em que a redução nos níveis dos reservatórios passou a ameaçar o abastecimento das principais metrópoles dos estados de São Paulo e do Rio de Janeiro (Silva, 2015). Além disso, a severidade dessa estiagem, afetou diretamente a disponibilidade hídrica do rio Paraíba do Sul e do rio Guandu, com a necessidade de sucessivas reduções da vazão objetivo em Santa Cecília e da vazão transposta do rio Guandu. Vale destacar também que em fevereiro de 2014, as aflúncias médias observadas na bacia se configuravam como as menores já registradas (Costa et al., 2015).

Em um estudo realizado para a caracterização da seca na bacia do rio Paraíba do Sul, Santana (2020), encontrou 34 casos registrados entre estiagem e seca na bacia para o período de 2002 a 2016. A Tabela 3 mostra o número de ventos separados por ano e estado de ocorrência. Esses dados foram retirados do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID) que integra diversos produtos da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (SEDEC). Santana (2020) considerou para o levantamento, os seguintes documentos: Avaliação de Danos (AVADAN), Formulário de Informações sobre Desastres (FIDE), Notificação Preliminar de Desastres (NOPRED), Relatórios de Danos, Portaria e Decreto.

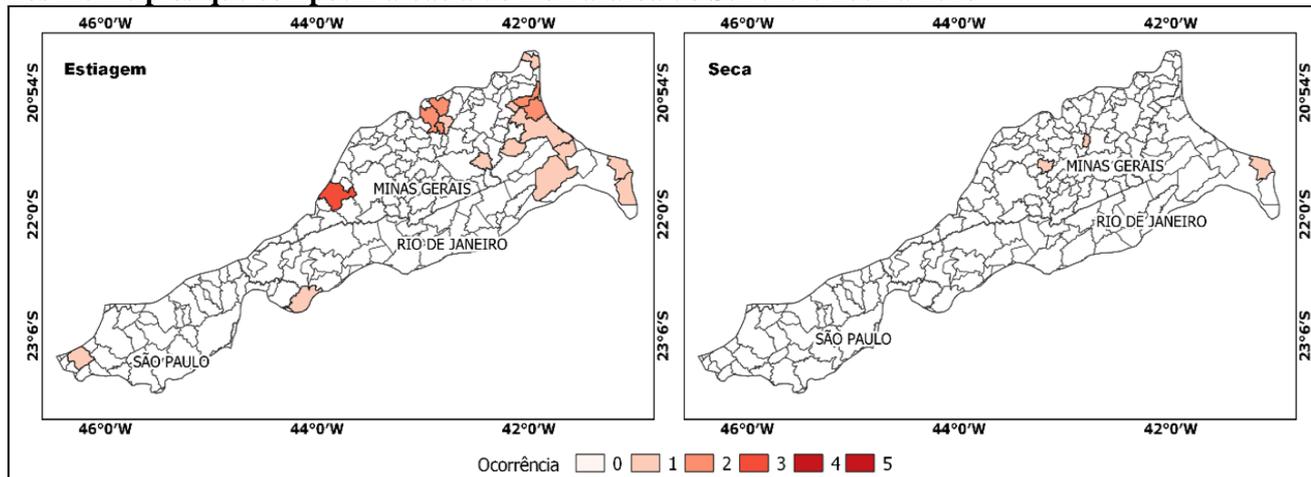
Na Tabela 2, pode-se constatar que a maioria dos registros oficiais estão relacionados a estiagem, como pode ser observado nos estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro, com 13 e 17 municípios com registros, respectivamente. Em Minas Gerais, destaca-se que dos 13 registros oficiais de estiagem, 10 ocorreram em 2015. Dos desastres relativos ao fenômeno de seca, Santana (2020) só encontrou, no S2ID, 2 eventos oficiais em Minas Gerais e 1 no estado do Rio de Janeiro. Segundo Santos & Santos (2020), esse registro do Rio de Janeiro foi publicado no Diário Oficial da União em 4 de maio de 2010, onde foi reconhecido situação de emergência em um município localizado na região Norte Fluminense (São Francisco de Itabapoana).

Tabela 2. Número de ocorrência de estiagem e seca, obtidos no S2ID, registrados nos municípios que compõem a bacia do rio Paraíba do Sul entre 2002 a 2016

Ano	Estiagem			Seca			Total
	RJ	MG	SP	RJ	MG	SP	
2002		1					1
2007	1	1			1		3
2010	3			1			4
2014	5	1	1		1		8
2015	4	10					14
2016	4						4

A Figura 5 mostra a distribuição espacial dos registros oficiais de estiagem e seca apresentados na Tabela 3. Desses registros, observa-se que a maior parte ocorreu na porção norte da bacia, no entanto, o maior número de eventos foi registrado no município de Bom Jesus de Itabapoana com 5 registros de estiagem.

Figura 5. Distribuição espacial do número de ocorrência de (a) estiagem e (b) seca, obtidos no SID, registrados nos municípios que compõem a bacia do rio Paraíba do Sul entre 2002 a 2016



Fonte: Santana (2020)

De acordo com Marengo *et al.* (2015), de maneira geral, os prejuízos resultantes da ocorrência desses eventos são sentidos tanto no setor público quanto no privado. Para o setor público, ocorre a dificuldade na manutenção de serviços básicos devido à ausência da garantia de abastecimento de água potável. Já no setor privado ocorre a queda na produção, principalmente nas atividades com maior dependência do uso da água.

4 Considerações Finais

Este estudo apresentou uma revisão teórica referente a precipitação e seus extremos na bacia do rio Paraíba do Sul, incluindo os principais sistemas atmosféricos atuantes na região, bem como os impactos causados pela ocorrência dos extremos.

É possível destacar que, de forma geral, os menores totais pluviométricos são observados na região norte da bacia e os maiores valores são registrados na divisa dos estados de São Paulo e do Rio de Janeiro com o de Minas Gerais. Desses totais, a maior parte ocorre no verão, que é o período chuvoso da região e estão associados, na maioria dos casos, à penetração de Frente Fria e ao estabelecimento da Zona de Convergência do Atlântico Sul.

Por outro lado, os baixos totais pluviométricos na região Sudeste ocorrem no inverno e, geralmente, estão associados ao comportamento do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul e do Vórtice Ciclônico de Altos Níveis.

No que se refere aos danos causados pela ocorrência de eventos extremos de precipitação (déficit ou excesso), pode-se destacar aqui, tanto danos financeiros quanto materiais e humanos. Esses danos podem, a depender do planejamento da gestão dos recursos hídricos e da política de diminuição da vulnerabilidade das comunidades de risco aos desastres naturais, continuar ocorrendo de forma catastrófica ou, ter os seus impactos sobre a população minimizados.

Essas informações reforçam a importância de se conhecer os sistemas atuantes na região para que se possa planejar e realizar ações que visem diminuir os danos resultantes da ocorrência de eventos extremos.

Referências

ALVARENGA, L. A. Precipitação no sudeste brasileiro e sua relação com a Zona de Convergência do Atlântico Sul. **Revista Agroambiental**, v. 4, n.2, 2012. doi.org/10.18406/2316-1817v4n22012452

ALVES, L. M.; MARENGO, J. A.; CAMARGO JR., H.; CASTRO, C. Início da estação chuvosa na região Sudeste do Brasil: Parte 1 – Estudos observacionais. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 20, n. 3, p. 385-394, 2005. Disponível em: <http://mtc-m16c.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/ePrint@80/2005/05.09.18.30/doc/v1.pdf>

ALVES, L. M.; MARENGO, J. A.; CASTRO, C. A. C. Início das chuvas na Região Sudeste do Brasil: Análise Climatológica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 12., 2002, Foz do Iguaçu. **Anais [...]** p. 1403-1410. 2002. Disponível em: http://mtc-m16b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/iris@1915/2005/04.11.16.37/doc/Alves_Inicio%20das%20chuvas.pdf

ANDRADE, K. M.; PINHEIRO, H. R. Simulação de eventos extremos de precipitação na Região Serrana do Rio de Janeiro no clima presente e futuro utilizando o modelo ETA-HADCM3. Simpósio Internacional de Climatologia, 2011, João Pessoa-PB. **Anais [...]** 2011. Disponível em: <http://mtc-m16d.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m19/2011/11.16.13.26/doc/Andrade%3B%20Pinheiro-%20Simula%E7%E3o%20de%20Eventos.PDF>

BRASIL, Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017**: relatório pleno/ Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA, 2017b. Disponível em: http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conj2017_rel-1.pdf

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. Índice de vulnerabilidade aos desastres naturais relacionados às secas no contexto da mudança do clima/ Ministério do Meio Ambiente, Ministério da Integração Nacional, WWF-Brasil. Brasília, DF: MMA, 2017a. Disponível em: https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/reducao_de_impactos2/clima/copy_of_mudancas_climaticas2_20062017_1938/

BRASILIENSE, C. S.; DERECZYNSKI, C. P.; SATYAMURTY, P.; CHOU, S. C. & CALADO, R. N. Climatologias da Temperatura do Ar e da Precipitação na Bacia do Rio Paraíba do Sul, Região Sudeste do Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 43(1). P. 355-365, 2020. [/doi.org/10.11137/2020_1_355_365](https://doi.org/10.11137/2020_1_355_365)

CARVALHO, L. M. V.; JONES, C. Zona de Convergência do Atlântico Sul. In: CAVALCANTI, I. F. A., FERREIRA, N. J.; JUSTI DA SILVA, M. G. A.; SILVA DIAS, M. A. F. (eds.). Tempo e Clima no Brasil. São Paulo, **Oficina de Textos**, p. 95-109, 2009.

CARVALHO, L. M. V.; JONES, C.; LIEBMANN, B. The South Atlantic Convergence Zone: intensity, form, persistence, and relationships with intraseasonal to interannual activity and extreme rainfall. **Journal of Climate**, v. 17, p. 88-108, 2004. [doi.org/10.1175/1520-0442\(2004\)017<0088:TSACZI>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2004)017<0088:TSACZI>2.0.CO;2)

CASTRO, A. L. C. de *et al.* Manual de Desastres: **desastres naturais**. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2003. 174p.

CAVALCANTI, I. F. A., KOUSKY, V. E. (2009). Frentes Frias sobre o Brasil. In: CAVALCANTI, I. F. A., FERREIRA, N. J., JUSTI DA SILVA, M. G. A.; SILVA DIAS, M. A. F. Tempo e clima no Brasil. São Paulo: **Oficina de textos**. Cap. 9, p. 133-147

CEPED UFSC. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas Sobre Desastres. Universidade Federal de Santa Catarina. **Atlas Brasileiro de Desastres Naturais 1991 a 2012**: volume Rio de Janeiro. Florianópolis. 2013a. Disponível em: <https://s2id.mi.gov.br/paginas/atlas/>

CEPED UFSC. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. Universidade Federal de Santa Catarina. **Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2010**: volume Brasil. 2. ed. rev. ampl. Florianópolis. p. 94, 2013b. Disponível em: https://www.ceped.ufsc.br/wp-content/uploads/2012/01/AMAZONAS_mioloWEB.pdf

COSTA, L. F. *et al.* Enfrentando a Estiagem da Bacia do Rio Paraíba Do Sul. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 21: anais. Brasília: ABRH, 2015. Disponível em: <http://eventos.abrh.org.br/xxisbrh/#>

CPTEC /INPE- Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Síntese sinótica do mês de março de 2020**. 2020b. Disponível em: https://s1.cptec.inpe.br/admingpt/tempo/pdf/sintese_032020.pdf.

CPTEC /INPE- Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Banco de Dados de Imagem**. 2020a. Disponível em: <http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/goes16.formulario.logic>.

DERECZYNSKI, C. P.; MENEZES, W. F. Meteorologia da Bacia de Campos. In: Martins, R.P., Grossmann-Matheson, G.S., editores. Meteorologia e Oceanografia. Rio de Janeiro: **Elsevier. Habitats**, v. 2. p. 1-54, 2015. doi.org/10.1016/B978-85-352-6208-7.50008-8

REDMOND, K. T. The Depiction of Drought: a Commentary. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v.83, p.1143-1147, 2002. doi.org/10.1175/1520-0477-83.8.1143

EPE. 2019. Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional: ano base 2018. **Ministério de Minas e Energia**, Brasília. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-377/topico-494/BEN%202019%20Completo%20WEB.pdf>.

FERNANDES, D. S.; HEINEMANN, A. A.; PAZ, R. L.; AMORIM, A. L.; CARDOSO, A. S. Índices para a quantificação da seca. Santo Antônio de Goiás: **Embrapa Arroz e Feijão**. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 244), 45 p. 2009. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/663874/1/doc244.pdf>

FERREIRA, N. J.; SANCHES, M.; SILVA DIAS, M. A. F. Composição da zona de convergência do Atlântico Sul em períodos de El Niño e La Niña. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 19, n. 1, p. 89-98, 2004.

FERREIRA, V. O.; SILVA, M. M. O clima da bacia do rio Jequitinhonha, em Minas Gerais: subsídios para a gestão de recursos hídricos. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 5(2), 302-319, 2012. doi.org/10.26848/rbgf.v5i2.232805

G1. Moradores de Friburgo afetados pela chuva há 1 ano temem nova tragédia. 2012 Disponível em: <http://g1.globo.com/rio-de-janeiro/noticia/2012/01/moradores-de-friburgo-afetados-pela-chuva-ha-1-ano-temem-nova-tragedia.html>.

G1. Chega a 6 mil o número de desalojados ou desabrigados em enchentes no Norte e Noroeste do RJ. Disponível em: <https://g1.globo.com/rj/norte-fluminense/noticia/2020/01/25/cidades-do-norte-e-noroeste-do-rio-ficam-inundadas-apos-chuva-forte-e-cheia-dos-rios.ghtml>.

G1. Sobrevivente que perdeu 7 familiares no desastre na Serra do RJ relembra 10 anos da maior tragédia climática do Brasil. Disponível em: <https://g1.globo.com/rj/regiao-serrana/noticia/2021/01/11/sobrevivente-que-perdeu-7-familiares-na-tragedia-na-serra-do-rj-relembra-10-anos-da-maior-tragedia-climatica-do-brasil.ghtml>.

G1. Passa de 900 o número de mortos na Região Serrana após chuvas. 2011. Disponível em: <http://g1.globo.com/rio-de-janeiro/chuvas-no-rj/noticia/2011/02/passa-de-900-o-numero-de-mortos-na-regiao-serrana-apos-chuvas.html>.

GALVÃO, J.; BERMANN, C. Crise hídrica e energia: conflitos no uso múltiplo das águas. **Estudos avançados**, v. 29, n. 84, p. 43-68, 2015.

GAN, A. M., KOUSKY, E. V., ROPELEWSKI, F. C. The South America Monsoon Circulation and Its Relationship to Rainfall over West-Central Brazil. **American Meteorological Society**, v. 17, p. 47-66, 2004. doi.org/10.1175/1520-0442(2004)017<0047:TSAMCA>2.0.CO;2

GANGULI, P.; REDDY, M. J. Evaluation of trends and multivariate frequency analysis of droughts in three meteorological subdivisions of western India. *International Journal Of Climatology*, v. 34, n. 3, p.911-928, 2013. doi.org/10.1002/joc.3742

Gil, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

Gil, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002. Disponível em: [http://www.urca.br/itec/images/pdfs/modulo%20v%20-%20como elaborar projeto de pesquisa - antonio carlos gil.pdf](http://www.urca.br/itec/images/pdfs/modulo%20v%20-%20como%20elaborar%20projeto%20de%20pesquisa%20-%20antonio%20carlos%20gil.pdf).

HEIM, R. R. A review of twentieth-century drought indices used in the United States. *Bulletin of the American Meteorology Society*, v.83, p.1149-1163, 2002. doi.org/10.1175/1520-0477-83.8.1149

IORIS, A. A. R. Os limites políticos de uma reforma incompleta: a implementação da Lei dos Recursos Hídricos na Bacia do Paraíba do Sul. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, v. 10, n. 1, p. 61-85, 2011.

PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS, (IPCC). **Climate Change 2013: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC (p. 535) 2013. Disponível em: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar5_wg1_spmportuguese.pdf.

KELLER FILHO, T.; ASSAD, E. D.; LIMA, P. R. S. R. Regiões pluviometricamente homogêneas no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.4, p.311–322, 2005. doi.org/10.1590/S0100-204X2005000400001

KODAMA, Y. Large-Scale Common Features of Subtropical Precipitation Zones (the Baiu Frontal Zones, the SPCZ, and the SACZ) Part I: Characteristics of Subtropical Frontal Zones. **Journal of Meteorological Society of Japan**, v. 70, n.4, p. 813-835, 1992. doi.org/10.2151/jmsj1965.70.4_813

KOUSKY, V. E. Frontal influences on Northeast Brazil. **Monthly Weather Review**. v. 107, p. 1140-1153, 1979. doi.org/10.1175/1520-0493(1979)107<1140:FIONB>2.0.CO;2

KOUSKY, V. E. Pentad outgoing longwave radiation climatology for the South American sector. **Revista Brasileira de Meteorologia**. 3(1): 217–231, 1988. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.469.5776&rep=rep1&type=pdf>

LIEBMANN, B.; KILADS, G. N.; MARENGO, J. A.; AMBRIZZI, T.; GLICK, J. D. Submonthly convective variability over South America and South Atlantic Convergence Zone. **Journal of Climate**, v. 12, p. 1877-1891, 1999. doi.org/10.1175/1520-0442(1999)012<1877:SCVOSA>2.0.CO;2

LIMA, K. C.; SATYAMURTY, P.; FERNÁNDEZ, J. P. R. Large-scale atmospheric conditions associated with heavy rainfall episodes in southeast Brasil. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 101, n. 1- 2, p. 121-135, 2010. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00704-009-0207-9>

MAGALHÃES, A. Vida e seca no Brasil. In: DE NYS, E.; ENGLE, N.L.; MAGALHÃES, A.R. (orgs.). Secas no Brasil: política e gestão proativas. Brasília, DF: **Centro de Gestão e Estudos Estratégicos-CGEE**; Banco Mundial, 2016. 292 p. Disponível em: https://www.cgee.org.br/documents/10182/734063/seca_brasil-web.pdf.

MARENGO, J. A; HASTENRATH, S. Case studies of extreme climatic events in the Amazon Basin. **Journal of Climate**, v. 6, n. 4, p. 617-627, abr. 1993. doi.org/10.1175/1520-0442(1993)006<0617:CSOECE>2.0.CO;2

MARENGO, J. A.; ALVES, L. M. Tendências hidrológicas da bacia do rio Paraíba do Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, 20(2): 215-226, 2005. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/documents/document/zzew/mtez/~edisp/inea0113198.pdf>

MARENGO, J. A; NOBRE, C. A.; SELUCHI, M. E.; CUARTAS, A.; ALVES, L. M.; MENDIONDO, E. M.; OBREGÓN, G.; SAMPAIO, G. 2015. A seca e a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo. **Revista USP**, 106: 31-44. doi.org/10.11606/issn.2316-9036.v0i106p31-44

MINUZZI, R.; SEDIYAMA, G.; BARBOSA, E.; MELO-JÚNIOR, J. C. Climatologia do comportamento do período chuvoso da região Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v.22, n.3, p.338–344, 2007. doi.org/10.1590/S0102-77862007000300007

NIMER, E., 1989. Climatologia do Brasil. DERMA/IBGE. 2ª ed., Rio de Janeiro, 422 p. 1989. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/biblioteca-catalogo?id=281099&view=detalhes>.

NOBRE, C. A. Ainda sobre a Zona de Convergência do Atlântico Sul: a importância do oceano Atlântico. **Revista Climanalise**, v. 3, n. 4, p. 30-33, abr. 1988. Disponível em:
https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&pid=S0102-7786201600080042800102&lng=en

NOGUÉS-PAEGLE, J., MO, K. C. Alternating Wet and Dry Conditions over South America During Summer. **Monthly Weather Review**, v. 125, p. 279-291, 1997. Doi.org/10.1175/1520-0493(1997)125<0279:AWADCO>2.0.CO;2

PEREIRA, F. A. *et al.* Variabilidade climática da precipitação em regiões de diferentes altitudes no estado do Rio De Janeiro. In: Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 15, Vitória, ES, 2013. **Anais [...]** Uso e ocupação da terra e as mudanças das paisagens. Vitória, ES: Departamento de geografia, CCHN, UFES, 2013. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/963086>.

QUADRO, M. F. DE L. **Estudo de Episódios de Zona de Convergência do Atlântico Sul ZCAS sobre a América do Sul**. Dissertação de Mestrado em Meteorologia, INPE, 1994.

QUADRO, M. F. L. *et al.* Análise climatológica da precipitação e do transporte de umidade na região da ZCAS através da nova geração de reanálises. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.27, n.2, 152 - 162, 2012. Doi.org/10.1590/S0102-77862012000200004

QUADRO, M. F. L. *et al.* Climatologia da Precipitação e Temperatura. Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC/INPE. **Revista Climanalise**, 2019 Disponível em:
<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/cliesp10a/chuesp.html>.

REBOITA, M. S.; GAN, M. A.; ROCHA, R. P.; AMBRIZZI, T. Regimes de Precipitação na América do Sul: Uma Revisão Bibliográfica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.25, n.2, 185 - 204, 2010. doi.org/10.1590/S0102-77862010000200004

REDMOND, K. T. The depiction of drought: a commentary. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v.83, p.1143-1147, 2002.

SANTANA, G. R. A. **Caracterização Espaço-Temporal das Secas na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul**. Monografia (Curso de Pós-Graduação em Clima Água e Energia). Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Laboratório de Meteorologia, Macaé. 37f, 2020. Disponível em:
https://193364f0-cace-4c28-80b5-6efac6d4cbe1.filesusr.com/ugd/3c9787_0fa17f378fc942ccbebc3d2a2eab9e.pdf

SANTANA, G. R. A.; SANTOS, E. B. DA SILVA, M. G. A. J. Caracterização Espaço-Temporal das Secas na Bacia do Rio Paraíba do Sul. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJI**, v. 43, n 4, p. 364-375, 2020. doi.org/10.11137/2020_4_364_375

SANTOS, G. D. R. N.; SANTOS, E. B. Análise das Secas nas Regiões Norte e Noroeste Fluminense. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJI**, v. 43, n 4, p. 1-10, 2020. doi.org/10.11137/2020_4_1_10

SILVA, C. A. M. DA. Os Desastres no Rio de Janeiro: Conceitos e Dados. Rio de Janeiro: Cadernos do Desenvolvimento Fluminense, p. 55-71, 2015.

SUASSUNA, J. Fundação Joaquim Nabuco. Uma Metodologia para a Preparação do Combate aos Efeitos da Seca. Recife/ PE, 1999.

VIANELLO L. R.; ALVES A. R. Meteorologia básica e aplicações. Viçosa: Editora UFV, p. 1-446, 1991.

WILHITE, D. A. Drought. In: Holton, J. A.; Pyle, C.; Curry, J. A. (Ed.). Encyclopedia of atmospheric science. New York: Elsevier, p.650-658, 2003.

WMO - WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. Drought and agriculture. Geneva, Switzerland: WMO, 1975. 127 p. (Tech. Note 138, Publ. WMO392).

YNOUE, R. Y.; REBOITA M. S.; AMBRIZZI, T.; SILVA, G. A. M. Meteorologia: Noções Básicas. **Oficina de Textos**, São Paulo, 2017.

ZHOU, J.; LAU, K. M. Does a monsoon climate exist over South America? **Journal of Climate**, v. 11, n. 5, p. 1020-1040, 1998.