

Matheus de Acizio Freitas

Possui graduação Interdisciplinar em Ciências pela Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB)
matheusacizio5@gmail.com

Naiara de Lima Silva

Doutoranda pelo Programa de Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Estadual de Santa Cruz (PPGDMA/UESC), docente da Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB)
naiara.silva@gfe.ufsb.edu.br

Bruna Naiane Alexandrino Santos

Doutoranda pelo Programa de Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Estadual de Santa Cruz (PPGDMA/UESC), docente da Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB)
bruna.naiane@gfe.ufsb.edu.br

Eventos de chuvas intensas na cidade de Itamaraju/BA

Resumo

O município de Itamaraju, no extremo sul da Bahia, foi atingido por um evento de precipitação crítico, ocasionando diversos desastres. Este trabalho teve o objetivo de analisar o padrão e as características das chuvas em Itamaraju e o evento pluviométrico extremo ocorrido em dezembro de 2021. Procedeu-se com a análise de séries históricas de estações pluviométricas locais e regionais. As precipitações diárias foram confrontadas com os níveis de operação e alerta definidos pelo Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN). O evento pluviométrico de dezembro de 2021 foi analisado considerando aspectos de gênese e magnitude e suas consequências. As séries históricas demonstraram chuvas bem distribuídas ao longo do ano em Itamaraju, com o período chuvoso se estendendo de novembro a abril. As precipitações diárias mais intensas foram observadas majoritariamente nos meses de dezembro e novembro, com chuvas acima de 30 mm em 24 horas. O mês de dezembro de 2021 se destacou em meio aos registros históricos, com o acumulado de precipitação mensal de 809,2 mm e eventos com intensidade atingindo 17,6 mm/h, fatores que contribuíram para prejuízos econômicos, danos a propriedades e perda de vidas.

Palavras-chave: Precipitação, Enchentes urbanas, Desastres naturais, Mudanças climáticas

Abstract

INTENSE RAINFALL EVENTS IN ITAMARAJU/BA

The city of Itamaraju, located in the extreme south of Bahia, was affected by a critical rainfall event, causing various disasters. This study aimed to analyze the pattern and characteristics of rainfall in Itamaraju, as well as the extreme rainfall event that occurred in December 2021. Historical series from local and regional rain gauge stations were analyzed. Daily precipitation levels were compared with the operating and alert thresholds defined by the National Center for Monitoring and Alerts for Natural Disasters (CEMADEN). The December 2021 rainfall event was examined, considering aspects of its genesis and magnitude, and consequences. Historical series demonstrated well-distributed rainfall throughout the year in Itamaraju, with the rainy season extending from November to April. The most intense daily rainfall events were primarily observed in the months of December and November, with rainfall exceeding 30 mm in 24 hours. The month of December 2021 stood out among historical records, with accumulated monthly precipitation of 809.2 mm and events with intensity reaching 17.6 mm/h, factors that contributed to economic losses, property damage and loss of life.

Key-words: Precipitation, Urban floods, Natural disasters, Climate change.

1. Introdução

A precipitação é entendida como toda água proveniente do meio atmosférico que atinge a superfície terrestre e entre suas características principais estão o total, a duração e a distribuição temporal e espacial (BERTONI; TUCCI, 2015). É um fator importante para a caracterização do clima de uma determinada região e o conhecimento de sua quantidade, da intensidade e da frequência é de extrema importância para o desenvolvimento socioambiental de uma localidade (SENA; LUCENA; MORAES NETO, 2019).

A precipitação tem sido o elemento do clima que provoca as transformações mais rápidas na paisagem no meio tropical e subtropical, sobretudo durante o verão, em episódios de chuvas concentradas (TAVARES, 2015). A intensidade e o impacto desses fenômenos variam dependendo das condições naturais e sociais de cada ambiente onde ocorrem, como por exemplo, o relevo, a vegetação, os corpos d'água, além da urbanização e da ocupação do solo, que podem modificar os padrões da pluviosidade (MONTEIRO; ZANELLA, 2017; WALSH et al., 2020; LUNA et al., 2024).

De acordo com Garcês Júnior et al. (2020), os eventos intensos de precipitação são aqueles cujo totais anuais, sazonais ou diários desviam de valores considerados habituais em um dado período e, para sua caracterização, faz-se necessário a análise de uma série de dados consistentes de pelo menos trinta anos, como recomenda a Organização Meteorológica Mundial (WMO, 2017), para então definir quais eventos do ponto de vista estatístico desviam do normal.

Para Monteiro e Zanella (2023), os eventos pluviométricos extremos podem ser compreendidos e analisados a partir de perspectivas físico-estatísticas, quando metodologias são empregadas para tentar avaliar a magnitude do evento, ou até sociais, a partir dos danos materiais e humanos associados.

A definição estatística de eventos extremos de precipitação varia conforme a metodologia e o contexto regional, mas geralmente baseia-se na identificação de valores de precipitação que excedem determinados limiares estatísticos. Inúmeras técnicas são utilizadas como abordagens baseadas em percentis (REIS et al., 2018; CARDOSO; DE QUADRO; BONETTI, 2020), baseadas em desvios-padrão (ZHAO; DENG; BLACK, 2017), metodologia estatística dos máximos de precipitação (MONTEIRO; ZANELLA, 2023; LUNA et al., 2024) etc.

Na perspectiva social, o relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) de 2021 considera os eventos extremos como aqueles eventos climáticos e meteorológicos acumulados que ocasionam impactos econômicos, sociais e ambientais. Estes eventos, que se destacam em relação às médias, quando interagem com fragilidades e desigualdades preexistentes na sociedade, implicam na formação de vulnerabilidades e riscos associados podendo gerar desastres de grande magnitude (HOFFMANN; MENDONÇA; GOUDARD, 2017; LAHSEN; RIBOT, 2022; MONTEIRO; ZANELLA, 2019; MONTEIRO; ZANELLA, 2023).

O aumento dos impactos de eventos extremos de precipitação, junto com a observação de que o ambiente está mudando em um ritmo sem precedentes, estão deixando os assentamentos humanos cada vez mais expostos a perigos e riscos naturais (MONTANARI; KOUTSOYIANNIS, 2014). Cabe ainda destacar que o aumento de frequência destes eventos, tem se constituído num dos maiores desafios da ciência, bem como o estudo de suas consequências e medidas de prevenção (TAVARES, 2015).

Nos últimos anos, esses eventos vêm tomando proporções maiores, tanto em relação à intensidade com que ocorrem quanto à repercussão midiática relacionada às mudanças globais (HOFFMANN; MENDONÇA; GOUDARD, 2017). O último relatório do IPCC mostra que, com o aquecimento global, nenhuma região ficará intocada pelos impactos destas mudanças, com enormes custos humanos e econômicos. O relatório traça o perfil das consequências do aquecimento mundial, entre as quais, aquelas decorrentes da intensidade e da frequência das precipitações extremas (IPCC, 2021).

Os desastres naturais exacerbam as crises socioeconômicas preexistentes e perturbam o curso da vida das pessoas, ameaçando especialmente os segmentos da população que já são mais vulneráveis e suscetíveis aos perigos (MARENGO et al., 2023). Neste contexto, a cidade de Itamaraju, localizada no Extremo Sul da Bahia, está entre os municípios da região que foram atingidos por um evento de precipitação que excedeu todos os valores considerados normais em dezembro de 2021.

Como foi noticiado pelo Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA, 2021), o município de Itamaraju foi o local que mais choveu em todo Brasil. A Bahia foi castigada pela pior chuva desde 1989 e o município apresentou números impressionantes de precipitação, chegando a 809,2 mm no mês de dezembro, segundo dados do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN, 2024).

Segundo Marengo et al. (2023), várias infraestruturas foram danificadas e destruídas, juntamente com outras perdas e mortes. O recorde anterior havia sido em dezembro de 1989, quando chuvas abundantes causaram enchentes e transbordamento de rios fechando rodovias, inclusive a BR 101. Na época, 2 pessoas morreram, 267 ficaram feridas, 6.371 desabrigadas e 15.199 desalojadas.

Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi o de analisar o padrão e as características das chuvas em Itamaraju e o evento pluviométrico extremo ocorrido em dezembro de 2021 em virtude da excepcionalidade do mesmo.

2. Material e métodos

2.1 Área de estudo

Itamaraju é um município localizado no extremo sul do estado da Bahia, na microrregião de Porto Seguro, distante 733 km da capital Salvador, e tendo como divisa os municípios de Itabela, Guaratinga, Jucuruçu, Vereda, Prado e Porto Seguro (figura 1).

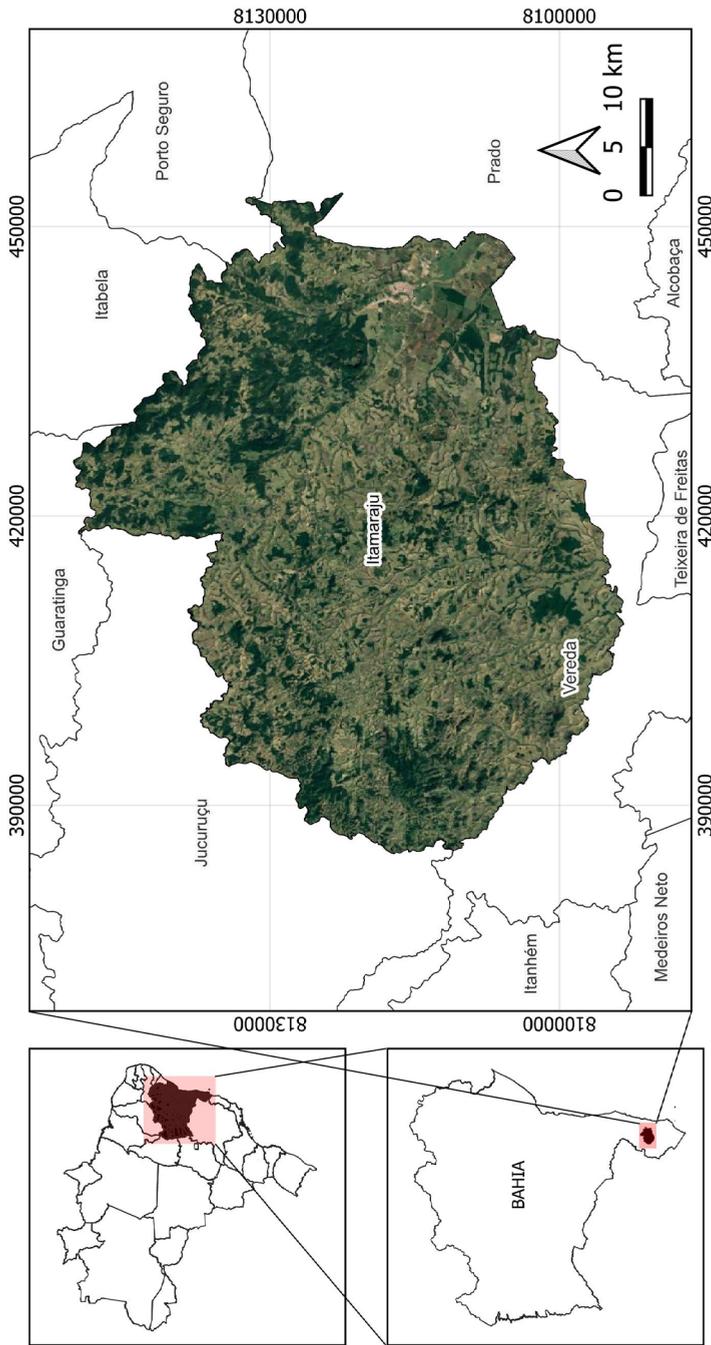
Segundo o último censo do IBGE (2022), Itamaraju possui uma população de 59.605 habitantes e densidade demográfica de 25,25 hab./km². Sua área total é 2.360,58 km² sendo 11,84 km² urbanizada. O município apresenta clima tropical úmido, temperatura média anual de 24°C e baixa amplitude térmica (entre 18°C e 30°C). A precipitação acumulada anual na região, de acordo com a normal climatológica dos anos de 1991 a 2020, é de cerca de 1200 mm (INMET, 2022).

O principal bioma é a Mata Atlântica, um fator importante para a história da sua fundação. De acordo com o site oficial da Prefeitura Municipal de Itamaraju (2021), o município, antes da emancipação em 1961, pertencia ao município do Prado, e tinha a extração da madeira como uma das principais atividades.

Itamaraju está inserida na sub-bacia hidrográfica do rio Jucuruçu, que tem o rio de mesmo nome atravessando a cidade. Este rio tem suas nascentes a leste do estado de Minas Gerais no município de Felisburgo e desemboca no Oceano Atlântico.

Toda a sub-bacia do rio Jucuruçu passou por significativa redução das áreas de vegetação nativa em virtude do crescimento de atividades antrópicas, principalmente a pecuária e a silvicultura. Houve uma expansão significativa das pastagens e redução de vegetação nativa em proporções similares, sendo essa, atualmente, a cultura antrópica de maior expressividade nessa área (FARIAS et al., 2021; FARIAS; DA SILVA; DE SOUZA, 2023). O município de Itamaraju, que era predominante coberto por florestas, passou a área coberta por pastagens limpas.

Figura 1
LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO



Fonte: Os autores, 2024.

2.2 O método adotado

O estudo iniciou com o entendimento do padrão de precipitação no município de Itamaraju/Ba e, para isso, foram coletados dados diários de chuva de estações pluviométricas localizadas no centro urbano e em seu entorno, na sub-bacia hidrográfica do rio Jucuruçu, obtidos através da Plataforma HidroWeb da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2020) e do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN, 2024). As informações dos postos pluviométricos estudados e a sua distribuição espacial podem ser visualizadas no quadro 1 e na figura 2.

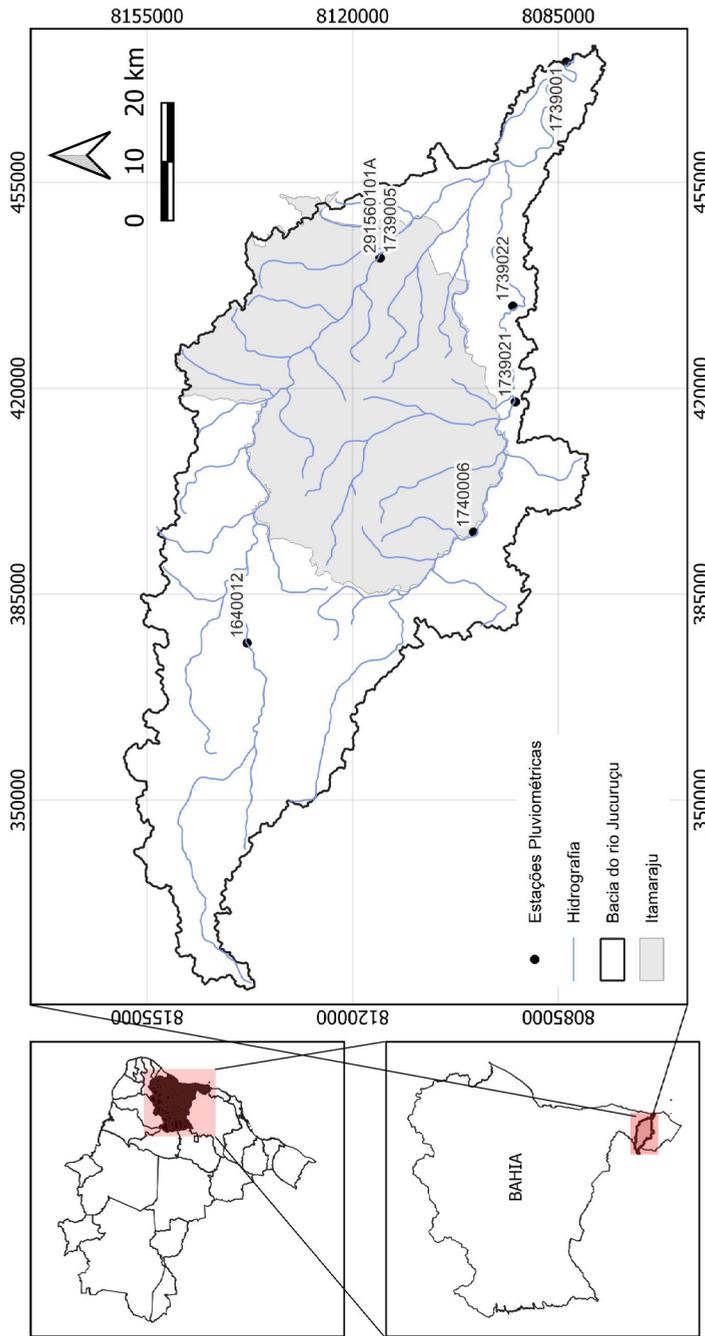
Quadro 1

ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS PERTENCENTES À SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JUCURUÇU E AO NÚCLEO URBANO DE ITAMARAJU

Código	Nome	Início da série (mês/ano)	Fim da série (mês/ano)	Latitude	Longitude
01640012	ANA - Jucuruçu	12/1992	12/2022	-16,8381	-40,1572
01739001	ANA - Prado	06/1954	01/2023	-17,3326	-39,2308
01739005	ANA - Itamaraju	06/1954	01/2023	-17,0453	-39,5436
01740006	ANA - São José do Prado	08/1954	01/2023	-17,1875	-39,9822
01739021	ANA - Cachoeira Grande	12/1992	01/2023	-17,2528	-39,7742
01739022	ANA - Fazenda Rio do Sul	12/1992	12/2022	-17,2494	-39,6211
291560101A	CEMADEN - Itamaraju	03/2019	05/2023	-17,0453	-39,5436

As estações da ANA foram utilizadas para o reconhecimento do padrão das chuvas na região, visto o maior período de registros. Os dados destas estações possuem observações em nível acumulado de pluviometria diária. Já os dados da estação automática do CEMADEN registram o acumulado pluviométrico horário em uma série temporal de cerca de 4 anos, em virtude de sua implantação em março de 2019. Estes dados foram utilizados para um entendimento mais detalhado do evento pluviométrico extremo de dezembro de 2021, objeto desta pesquisa.

Figura 2
MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DAS ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS ESTUDADAS



Fonte: Os autores, 2024.

De posse das séries históricas, os dados foram organizados em planilhas eletrônicas utilizando o software Excel. Para os registros de chuva da estação do CEMADEN foi necessário realizar uma correção no horário da precipitação, atrasando em 3 horas, uma vez que os registros são feitos com base no fuso horário do Meridiano de Greenwich, na Inglaterra. Esta é uma convenção internacional da Meteorologia e adotada em bancos de dados ambientais.

Nas séries históricas das estações da ANA foram identificadas falhas e, portanto, os métodos de Regressão Linear Simples (RLS) e Regressão Linear Múltipla (RLM) foram utilizados na tentativa de realizar o preenchimento destas lacunas. No entanto, em alguns casos foi verificada ausência de dados no mesmo período para as estações utilizadas, inviabilizando o procedimento de correção. Ademais, alguns meses apresentaram coeficiente de determinação inferior a 0,7 entre as estações, valor comumente adotado por outros autores para aplicação dos métodos (BARBOSA et al., 2005; JUNQUEIRA; AMORIM; DE OLIVEIRA, 2018; OLIVEIRA et al., 2010; PRUSKI et al., 2004). Portanto, no presente estudo não foi possível realizar o preenchimento de nenhuma lacuna e os anos com mais de 25% de falhas, equivalente a três meses, foram excluídos da série.

Posteriormente, com a utilização do software Hidro 1.4 (ANA, 2001) e das planilhas eletrônicas, foram calculadas as médias anuais e mensais de precipitação, os desvios padrão e os coeficientes de variação.

Para a estação Itamaraju (01739005), especificamente, foi feita a análise de possíveis anomalias na série histórica, a partir do cálculo da diferença entre o evento de chuva analisado em um determinado período e a média, sendo identificada ou não a anomalia no caso de a variação ser maior ou menor que o desvio padrão naquele ano.

A análise descritiva realizada para esta série histórica permitiu ainda verificar as chuvas diárias máximas e o período em que estas foram registradas, uma vez que as precipitações de grande intensidade têm importância significativa na ocorrência de desastres naturais.

Após o entendimento do padrão das chuvas na área em estudo, as precipitações diárias registradas pela estação automática (291560101A), na cidade de Itamaraju, foram analisadas e confrontadas com os níveis de operação e alerta definidos pelo CEMADEN, que é um núcleo responsável

pela prevenção e gerenciamento de desastres naturais ocorridos em território brasileiro.

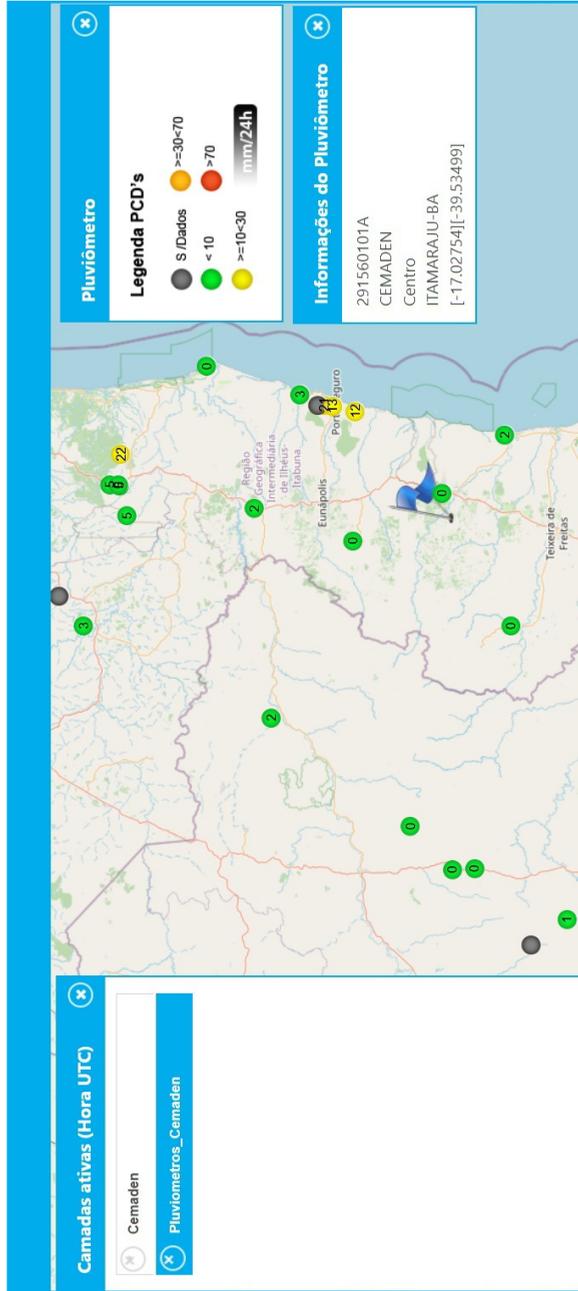
Os dados de chuva estão disponíveis através do Mapa Interativo, acessível pelo *website* do CEMADEN, que mostra a localização da estação, bem como a taxa de precipitação acumulada nas últimas 24 horas, associada a uma escala de cores. A coloração verde é utilizada para acumulados de precipitação menores que 10 mm, a cor amarela para acumulados maiores ou iguais a 10 mm e menores que 30 mm, laranja entre 30 e 70 mm e vermelho acima de 70 mm. A cor cinza é utilizada para identificar pluviômetro sem registro (figura 3).

Esta escala de cores é associada aos quatro níveis de operação e alerta do CEMADEN (CEMADEN, 2023):

- Observação (verde): Acompanhamento das previsões de chuvas e dos índices pluviométricos;
- Moderado (amarelo): Índices pluviométricos altos nas últimas horas, acumulados de chuva nos últimos dias indicam probabilidade moderada de deslizamento ou inundação. Podem ocorrer deslizamentos e alagamentos;
- Alto (laranja): Índices pluviométricos altos nas últimas horas, acumulados de chuva significativos nos últimos dias indicam probabilidade alta de deslizamento ou inundação. Espera-se deslizamentos localizados, alagamentos pontuais;
- Muito Alto (vermelho): Índices pluviométricos excepcionais nas últimas horas, associados ou não a acumulados de chuva significativas nos últimos dias indicam probabilidade muito alta de deslizamentos ou inundação/enxurrada. Espera-se deslizamentos e enxurradas generalizadas.

Deste modo, foram determinadas as precipitações diárias para a estação Itamaraju (291560101A) de maio de 2019 a abril de 2024, período a partir do qual os dados se consolidaram, totalizando 5 anos completos de registros. Os valores acumulados foram contabilizados de 00:00h até 23:59h de cada dia e confrontados com as faixas de precipitação associadas à escala de cores, definidas pelo CEMADEN para verificação dos eventos que geraram alerta.

Figura 3
 MAPA INTERATIVO CEMADEN COM DISTRIBUIÇÃO DE ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS AUTOMÁTICAS



Fonte: CEMADEN, 2024.

Para a compreensão da magnitude do evento de dezembro de 2021, frente ao histórico de precipitação no município de Itamaraju, também foram utilizados os dados horários do posto pluviométrico do CEMADEN que permitem uma descrição temporal suficiente para o detalhamento da intensidade horária da precipitação e, conseqüentemente, sua contribuição como deflagradora de desastres.

Deste modo, foi criado um conjunto de dados cujos registros correspondem aos eventos de precipitação considerados em blocos, com informações do acumulado, da duração do evento, desde o início até o término, e da intensidade média. Os episódios foram analisados para identificar os dias de registro alto de chuva e fazer um paralelo com os seus efeitos.

Para análise das conseqüências das chuvas registradas, foi feita uma pesquisa em portais de notícias da internet sobre o pós-desastre com a finalidade de identificar conseqüências ambientais, sociais e econômicas em Itamaraju. Os registros de chuva associados às suas conseqüências possibilitaram a preparação de uma linha do tempo, para apresentar esses acontecimentos.

3. Resultados e discussão

3.1 Análise dos dados pluviométricos

A partir da avaliação dos regimes pluviométricos registrados pelas estações da ANA, localizadas na sub-bacia hidrográfica do rio Jucuruçu, foi elaborada a tabela 1, que apresenta a precipitação média anual obtida entre 1954 e 2022 para as estações Prado, Itamaraju e São José do Prado e, entre 1993 e 2022 para as estações Jucuruçu, Cachoeira Grande e Fazenda Rio do Sul.

Foi possível observar uma variabilidade espacial das chuvas entre as porções leste e oeste da sub-bacia. Verifica-se que os totais anuais de precipitação nas estações Prado e Itamaraju são mais elevados que os das demais estações devido à localização geográfica próxima ao litoral. Este fato já havia sido observado por Farias et al. (2020), que destacaram a umidade oriunda do Oceano Atlântico como principal fator para a formação das chuvas na região. Demais pesquisadores também constataram variação

espacial da precipitação em outros locais, em decorrência do fator maritimidade e continentalidade (GOMES et al., 2021; FARIAS; GOMES, 2023; SANTOS; BARROS; FERREIRA, 2023).

Tabela 1

PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL NAS ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS DA SUB-BACIA DO RIO JUCURUÇU

Estações	Média (mm)	D.P. (mm)	C.V. (%)	Máx. (mm)	Mín. (mm)	Amplitude (mm)
Prado (01739001)	1331,0	376,9	28,3	2015,4	534,2	1481,2
Itamaraju (01739005)	1353,6	279,6	20,7	1918,9	847,6	1071,3
Faz. Rio do Sul (01739022)	1060,2	334,2	31,5	1770,5	427,0	1343,5
Cachoeira Grande (01739021)	1176,6	283,8	24,1	1810,4	573,4	1237,0
São José do Prado (01740006)	1082,7	340,5	31,4	1743,8	213,2	1530,6
Jucuruçu (01640012)	1011,5	252,8	25,0	1534,2	521,7	1012,5

Legenda: D.P.: Desvio Padrão, C.V.: Coeficiente de Variação, Máx.: Máxima; Mín.: Mínima.

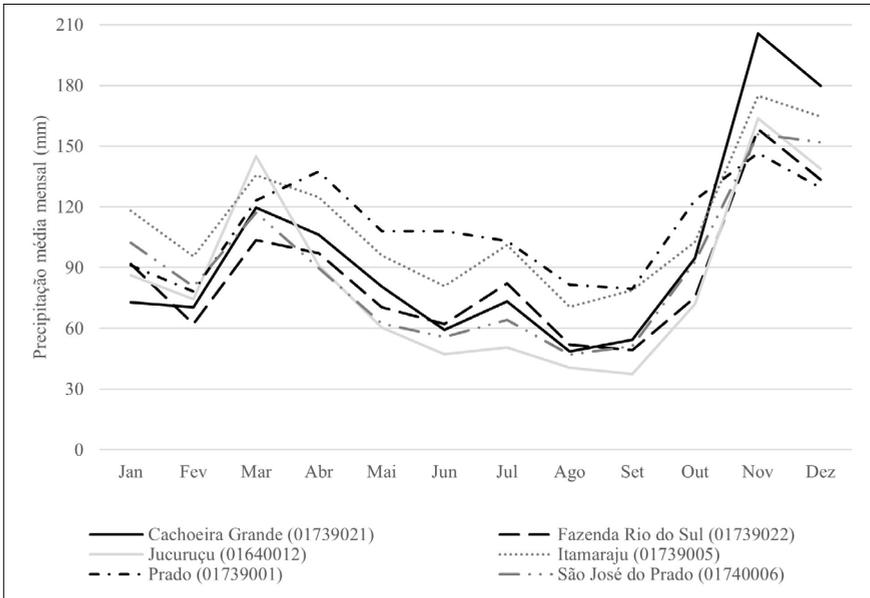
Analisando-se a precipitação média mensal, fica claro que há uma variabilidade nos volumes precipitados entre as estações, no entanto, a variação em relação aos meses mais chuvosos e menos chuvosos é similar (figura 4). Os meses com maior pluviosidade se iniciam em novembro e se estendem até abril. O período menos chuvoso vai de maio a outubro. O mês com maior média de precipitação registrada para todas as estações é novembro, seguido do mês de dezembro.

A estação que apresentou a maior média mensal foi Cachoeira Grande (205,7 mm), seguida de Itamaraju (174,9 mm). Estes dados são importantes na caracterização da série histórica, uma vez que evidenciam o aumento significativo das chuvas nesse período e a maior probabilidade de eventos extremos.

Já as menores médias de precipitação foram verificadas em agosto para as estações São José do Prado (47,0 mm), Cachoeira Grande (48,6 mm) e Itamaraju (70,5 mm), em setembro para Fazenda Rio do Sul (49,3 mm) e Jucuruçu (37,4 mm) e em fevereiro para Prado (78,2 mm).

As estações localizadas na porção mais oeste apresentaram períodos secos e chuvosos mais acentuados, enquanto aquelas mais litorâneas (Prado e Itamaraju), a leste, não apresentaram uma diferença tão significativa entre esses períodos.

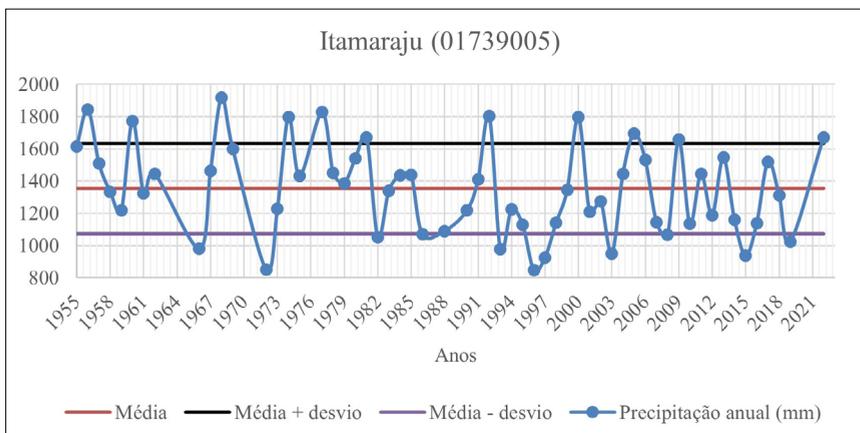
Figura 4
 PRECIPITAÇÕES MÉDIAS MENSAIS NAS ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS DA SUB-BACIA DO RIO JUCURUÇU



Avaliando-se mais detalhadamente as precipitações anuais na estação Itamaraju, localizada na sede municipal estudada, no período de 1955 a 2022 (figura 5), verificou-se que a máxima (1918,9 mm) foi observada no ano de 1968 e a mínima (847,6 mm) ocorreu em 1996. Anomalias nas precipitações anuais foram identificadas nos anos de 1956, 1960, 1968, 1974, 1977, 1981, 1992, 2000, 2005, 2009 e 2022, caracterizados como períodos chuvosos, e períodos com déficit de precipitação em 1966, 1972, 1982, 1986, 1993, 1996, 1997, 2003, 2008, 2015 e 2019, ambos representando cerca de 19% dos dados.

Cabe destacar que dentre os anos mais chuvosos foi verificado que em 1956, 1968, 1974 e 2000, o fenômeno *La Niña* estava atuando no oceano Pacífico, favorecendo chuvas acima da média na região Nordeste do Brasil (CPTEC/INPE, 2024). Já nos anos de 1966, 1972, 1982, 1986, 1993, 1997, 2003 e 2015, era o *El Niño* que estava atuante, reduzindo as chuvas na região.

Figura 5
 PRECIPITAÇÃO ANUAL DA ESTAÇÃO ITAMARAJU AO LONGO DO PERÍODO 1955 A 2022



Outros trabalhos igualmente apontaram alterações de padrões de precipitação em outras áreas, em decorrência da atuação desses fenômenos atmosférico-oceânico (PEDREIRA JUNIOR et al., 2020; ALVES; GONÇALVES; NASCIMENTO, 2022; KIST; PACHECO GEBERT, 2022; SANTOS; FERREIRA; SANTANA, 2023).

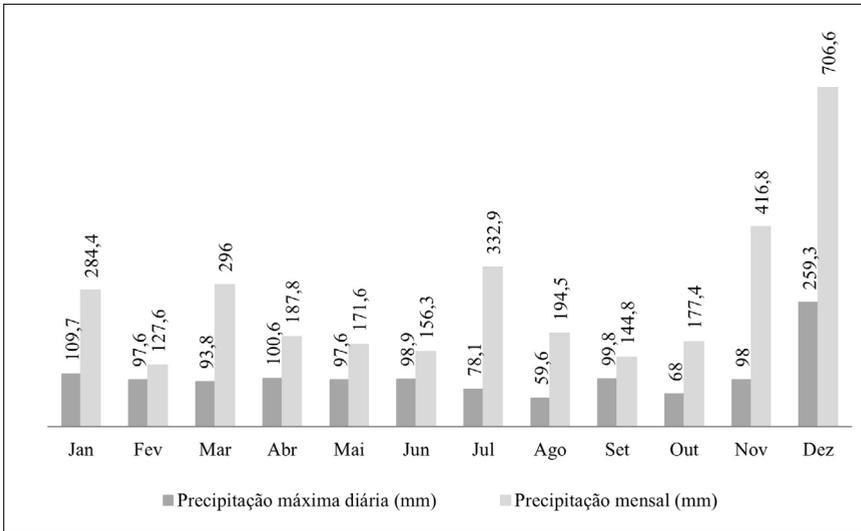
Em relação às precipitações máximas diárias registradas no período de 1955 a 2022, também para a estação Itamaraju, a tabela 2 e a figura 6 apresentam os seus valores médios, máximos, o ano no qual foi registrada a máxima e a precipitação acumulada no mês em que foi registrada a maior chuva em um único dia.

As maiores médias de chuva diária foram observadas para os meses de dezembro e novembro, em ordem decrescente. Em fevereiro/2015, junho/2009 e setembro/2022, as chuvas máximas em um único dia representaram mais de 60% da precipitação mensal acumulada. Em dezembro/2021 a chuva máxima diária foi verificada no mesmo mês em que se teve o maior acumulado de chuva mensal para esta estação, em todo o período avaliado. Segundo Marengo et al. (2023), as fortes chuvas no sul da Bahia em novembro e dezembro de 2021 tiveram tempo e intensidade atípicos culminando em desastres.

Tabela 2
 PRECIPITAÇÕES DIÁRIAS MÁXIMAS NA ESTAÇÃO ITAMARAJU (01739005), DE 1955 A 2022

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Média (mm)	35,1	27,7	36,2	36,9	27,2	20,6	22,8	19,8	26,5	31,5	46,1	50,1
Máxima diária (mm)	109,7	97,6	93,8	100,6	97,6	98,9	78,1	59,6	99,8	68	98	259,3
Ano da máxima diária	2016	2015	1956	2010	2009	2009	1976	1956	2022	2014	2000	2021

Figura 6
 PRECIPITAÇÕES MENSAIS E PRECIPITAÇÕES DIÁRIAS MÁXIMAS REGISTRADAS NA ESTAÇÃO ITAMARAJU, AO LONGO DO PERÍODO DE 1955 A 2022



No entanto, de acordo com Silva e Gomes (2025), a ocorrência dos desastres não depende apenas da intensidade das chuvas, mas também de fatores como a natureza do solo, a topografia, a vegetação e a atividade humana, que interagem e influenciam a probabilidade e a magnitude destes eventos.

3.2 Precipitações diárias em Itamaraju e os níveis de operação e alerta do CEMADEN

Na sequência, a partir da análise das precipitações diárias registradas pela estação automática de Itamaraju (291560101A), e confrontando estes dados com os níveis de operação e alerta definidos pelo CEMADEN, foi possível verificar dentre os eventos chuvosos quais se enquadraram nos níveis de observação (verde); alertas moderado (amarelo); alto (laranja) e muito alto (vermelho).

A avaliação foi realizada no período de maio de 2019 a abril de 2024, totalizando 1826 dias (5 anos). Neste intervalo foram registrados 745 dias

(40,8%) com algum volume de precipitação na cidade e 1081 dias (59,2%) sem precipitação e/ou sem medições. O ano que registrou o maior número de dias chuvosos, no período analisado, foi o de 2022, com 178 dias.

Analisando-se a tabela 3, é possível verificar que as ocorrências do nível de observação verde, com precipitações de intensidade inferior a 10mm/24h, representam 80% dos dias chuvosos. As faixas de alerta amarelo (10 - < 30 mm/24h) e alerta laranja (30 - 70 mm/24h) ocorreram em 14,4% e 4,0% dos dias de chuva, respectivamente. Por sua vez, 1,6% dos dias chuvosos foram classificados em alerta vermelho (> 70 mm/24h) em Itamaraju.

Tabela 3
PRECIPITAÇÕES DIÁRIAS EM ITAMARAJU E OS NÍVEIS DE OPERAÇÃO E ALERTA DO CEMADEN NO PERÍODO DE MAIO DE 2019 A ABRIL DE 2024

Estação Pluviométrica	Itamaraju (291560101A)	
	Ocorrências	%
Dias Monitorados	1826	100,0
Dias chuvosos	745	40,8
Dias sem dados	1081	59,2
Dias com Nível Verde (<10 mm/24 horas)	596	80,0
Dias com Alerta Amarelo (10 - < 30 mm/24 horas)	107	14,4
Dias com Alerta Laranja (30 - 70 mm/24 horas)	30	4,0
Dias com Alerta Vermelho (>70 mm/24 horas)	12	1,6

Os níveis de alerta laranja e vermelho são os mais críticos, por apresentarem os mais altos índices de precipitação, e totalizaram 42 dias de chuvas em todo o período analisado, sendo 30 dias de alerta laranja e 12 dias de alerta vermelho.

O ano de 2022 apresentou as maiores ocorrências de alerta laranja, totalizando 11 dias, seguido do ano de 2020 com 10 dias. O ano de 2023 foi o único do período sem nenhum registro deste alerta. O mês de novembro de 2022 apresentou o maior número de registros, com as precipitações dos dias 2, 16, 21 e 26 alcançando 197,8 mm. Já em 2020, a maior quantidade de ocorrências deste alerta foi verificada em abril,

com chuvas nos dias 9, 10, 11 e 17 totalizando 177,8 mm. As chuvas mais intensas nestes meses corroboram com o período de maior pluviosidade da região, como verificado anteriormente.

O nível de alerta vermelho foi registrado em 12 dias, sendo 2021 o ano com maior número de ocorrências, 8 dias (tabela 4). Nesse ano, o mês que apresentou o maior acumulado foi dezembro, sendo que os dias 7, 8 e 9 foram os mais expressivos em intensidade de precipitação, apresentando, respectivamente, 85,8 mm, 262,2 mm e 116,4 mm, que acumulados totalizaram 464,4 mm. Nos dias 23 e 24 o acumulado foi de 146,8 mm.

Tabela 4
PRECIPITAÇÕES ACIMA DE 70 MM EM 24 HORAS (ALERTA VERMELHO)

2019		2021		2022	
Data	Valor (mm)	Data	Valor (mm)	Data	Valor (mm)
08/08/2019	92,6	08/02/2021	73,2	23/04/2022	94,2
		03/11/2021	84,4	12/12/2022	89,6
		05/11/2021	71,6	22/12/2022	83,8
		07/12/2021	85,8		
		08/12/2021	262,2		
		09/12/2021	116,4		
		23/12/2021	73,8		
		24/12/2021	73		

3.3 Chuvas intensas e desastres em Itamaraju (BA) em dezembro de 2021

O evento de dezembro de 2021 se destacou em meio aos registros históricos e do monitoramento meteorológico de Itamaraju. A precipitação intensa contribuiu para saturação do solo, o que favoreceu movimentos de massa, inundações e enxurradas levando a prejuízos econômicos, danos a propriedades e perda de vidas (CPRM, 2021; MARENGO et al., 2023; MARQUES, 2021).

A partir da série histórica da estação convencional da ANA, Itamaraju (01739005), no período desde a instalação até 2022, observa-se que o valor precipitado no mês de dezembro de 2021 (706,6 mm) foi cerca de quatro vezes maior que a média (164,6 mm) para este mês nos 68 anos de registros.

Já a série da estação automática do CEMADEN (291560101A) no município possibilitou a obtenção de um maior detalhamento temporal das precipitações. Para este posto pluviométrico, o acumulado registrado no referido mês foi de 809,2 mm. Cabe destacar que o mês anterior, novembro, já havia registrado um acumulado de 273 mm, valor superior à média histórica que é de 174,9, como visto anteriormente.

De acordo com Marengo et al. (2023), três episódios de ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul) afetaram o sul da Bahia neste mês (1 a 4, 7 a 11 e 23 a 27 de dezembro). Especificamente no dia 7, tempestades causadas pela passagem de um ciclone subtropical se formaram próximo ao litoral do Rio de Janeiro e esse fator combinado com a convergência de umidade e a ZCAS, produziram fortes precipitações que afetaram diversas cidades no sul da Bahia. Ademais, 2021 também foi um ano de La Niña, que começou em 2020 e continuou em 2022.

Bartolomei, Ribeiro e Reboita (2023), analisando eventos extremos de precipitação no sudeste do Brasil no verão 2021/2022, também constataram, como característica comum desses eventos, a passagem de uma frente fria que ajudou a organizar a convergência de umidade sobre as áreas em estudo. As precipitações intensas, associadas às vulnerabilidades das áreas atingidas, culminaram em situações de calamidade pública.

Ao avaliar a ocorrência de anomalias no regime de chuva na bacia hidrográfica do rio Cachoeira, no sul da Bahia, no período de 1992 a 2022, Rocha, Assis e Fontes (2024) identificaram que os anos de 2021 e 2022 registraram o maior número de desastres hidrológicos, juntamente com danos humanos e materiais mais significativos na série de dados analisada.

Com a definição de eventos de chuva no mês de dezembro, ou seja, período chuvoso ininterrupto, foi possível analisar aspectos como o acumulado pluviométrico, a duração e a intensidade média e, assim, constatar a excepcionalidade dos eventos ocorridos em Itamaraju (tabela 5).

Tabela 5

PRINCIPAIS EVENTOS PLUVIOMÉTRICOS NA SÉRIE DA ESTAÇÃO ITAMARAJU (291560101A)

Eventos	Início	Término	Acumulado (mm)	Duração total do evento (horas)	Intensidade média do evento (mm/h)
1	07/12/2021 18:10	08/12/2021 12:50	326,8	18,6	17,6
2	08/12/2021 19:40	09/12/2021 08:50	67,2	13,2	5,1
3	09/12/2021 13:50	10/12/2021 19:50	95,8	30	3,2
4	19/12/2021 21:50	20/12/2021 06:00	41,4	8,2	5,0
5	23/12/2021 20:40	24/12/2021 03:10	95,2	6,5	14,6
6	24/12/2021 08:30	25/12/2021 09:20	60,2	24,8	2,4

Entre os dias 07 e 10, a precipitação acumulada foi de 492,2 mm, sendo identificados três eventos de chuva nesse período. No primeiro deles, foram registrados impressionantes 326,8 mm em menos de 24 horas, estando diretamente associados a deslizamentos, inundações e enxurradas em Itamaraju e região. Vários bairros foram afetados resultando em perdas de vidas humanas e sérios impactos socioeconômicos aos moradores, residências, prédios públicos, vias de acesso e estabelecimentos comerciais (CPRM, 2021).

Logo após o primeiro evento, no dia 8 de dezembro de 2021, o portal Agência Sertão (MARQUES, 2021), noticia a ocorrência de um deslizamento que atingiu uma casa localizada no bairro Novo Prado deixando três vítimas fatais, sendo duas crianças e um adulto. A notícia publicada pelo Metrôpoles (MOUTA, 2021), em 9 de dezembro, mostra a situação da cidade e uma moradora relata “A chuva não para, é o dia todo. O pouco de ajuda que recebemos só vem por cima, com os helicópteros. A estrada que liga Itamaraju a Prado está interditada porque abriu uma cratera enorme impedindo o acesso à cidade vizinha”. As figuras 7 e 8 apresentam a situação da cidade no dia 8 de dezembro.

Figura 7
IMAGEM PÓS-CHUVAS EM ITAMARAJU PUBLICADA EM 8 DE DEZEMBRO DE 2021



Fonte: Globo News, 2021.

Figura 8
CASAS ATINGIDAS PELAS CHUVAS EM ITAMARAJU, NO SUL DA BAHIA



Fonte: Marques, 2021.

Segundo relatório do Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2021), nos dias 08 e 09/12/2021, a 50 km da sede municipal, no vale do rio Jucuruçu, o distrito de Nova Alegria foi um dos mais afetados pelas inundações e enxurradas com praticamente 80% desta localidade com suas residências fortemente atingidas.

Após os primeiros eventos, entre os dias 07 e 10, o prefeito de Itamaraju anunciou, em entrevista, que, em um levantamento preliminar, cerca de 150 casas foram destruídas, além de estradas. No entanto, salientou que algumas localidades ainda permaneciam sem acesso, impossibilitando a avaliação dos danos. Estimou-se um prejuízo em torno de 40 a 50 milhões de reais aproximadamente (GLOBO NEWS, 2021).

Com a diminuição das chuvas, o escoamento das águas contribuiu para a diminuição da vazão do rio Jucuruçu e, conseqüentemente, a inundação das áreas ribeirinhas. O portal de notícias Uol (MADEIRO, 2021) relatou as condições em que as regiões atingidas se encontravam, se assemelhando a um cenário de guerra, e destacou a dificuldade do resgates de vítimas devido os estragos causados, piorando ainda mais a situação da população atingida (figuras 9 e 10).

Figura 9
RESGATE DE UM GRUPO DE PESSOAS APÓS AS INUNDAÇÕES EM ITAMARAJU



Fonte: Madeiro, 2021.

Figura 10
CENÁRIO APÓS DIMINUIÇÃO DO NÍVEL D'ÁGUA NO RIO JUCURUÇU



Fonte: DW, 2021.

Apesar da diminuição da precipitação, a Defesa Civil emitiu um alerta sobre a possibilidade de fortes chuvas castigarem a região novamente entre 20 e 25 de dezembro (DW, 2021). Nos dias 23 e 24 de dezembro o acumulado foi de 146,8 mm com outro importante evento entre as 20 horas do dia 23 e as 03 horas do dia 24, registrando uma chuva com intensidade de 14,6 mm/h.

De acordo com CPRM (2021), quatorze áreas foram atingidas pelo desastre. As operações de resgate e socorro mostraram-se altamente complexas e demoradas, devido às inundações nas estradas e às chuvas contínuas na região (MARENGO et al., 2023). A cidade de Itamaraju totalizou 4 óbitos, sendo a cidade com maior número de vítimas fatais em toda a Bahia após este evento extremo de precipitação.

Outros municípios também enfrentaram desafios semelhantes devido ao evento extremo de precipitação em dezembro de 2021. Segundo Farias e Gomes (2023), na bacia hidrográfica do Rio Cachoeira, no sul baiano, os eventos extremos de chuva persistem, causando prejuízos aos municípios da região. A cidade de Itabuna sofreu as consequências quando o Rio Cachoeira atingiu níveis históricos, provocando inundações com danos materiais e humanos significativos em virtude da expansão urbana sobre a planície de inundação do referido rio (FARIAS; GOMES; DA SILVA, 2024).

O cenário de Itabuna assemelha-se ao de Itamaraju, onde o Rio Jucuruçu também transbordou deixando muitos prejuízos à população. Ambos os casos evidenciam como a combinação entre mudanças climáticas e o uso e a ocupação do solo pode amplificar as consequências de eventos extremos, culminando em desastres naturais.

Segundo Conceição et al. (2006), a forte ação antrópica no extremo sul baiano gerou impacto nas vegetações nativas, fazendo com que restassem apenas pequenas áreas com vegetação original remanescente. Esse processo de modificação da paisagem acarreta alterações significativas na dinâmica hidrológica da bacia hidrográfica (FARIAS et al., 2021).

O estado do Rio Grande do Sul também foi extremamente afetado por precipitações intensas em 2024. Simas et al. (2024) relataram que as chuvas afetaram mais de 400 cidades e mais de 1,5 milhão de pessoas, causando danos severos a infraestruturas rodoviárias e urbanas e prejuízos nos setores agrícola e industrial.

Em suma, o município de Itamaraju foi afetado por diversos eventos como deslizamentos, inundação e enxurradas. Segundo relatório do Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2021), a sede municipal e os distritos são cercados por vales com vertentes declivosas e solos espessos, instalações prediais de baixo padrão construtivo, lançamento de água servida, supressão de vegetação natural que, associados ao alto índice pluviométrico, causaram esta enorme tragédia. Ademais, as áreas urbanizadas, em grandes desníveis topográficos e nos vales, sofreram bastante com as enxurradas, deixando casas, ruas e avenidas destruídas. Nas planícies de inundação, os rios retornaram a cotas que há anos não atingiam, deixando muitos moradores desabrigados e com muitas perdas materiais.

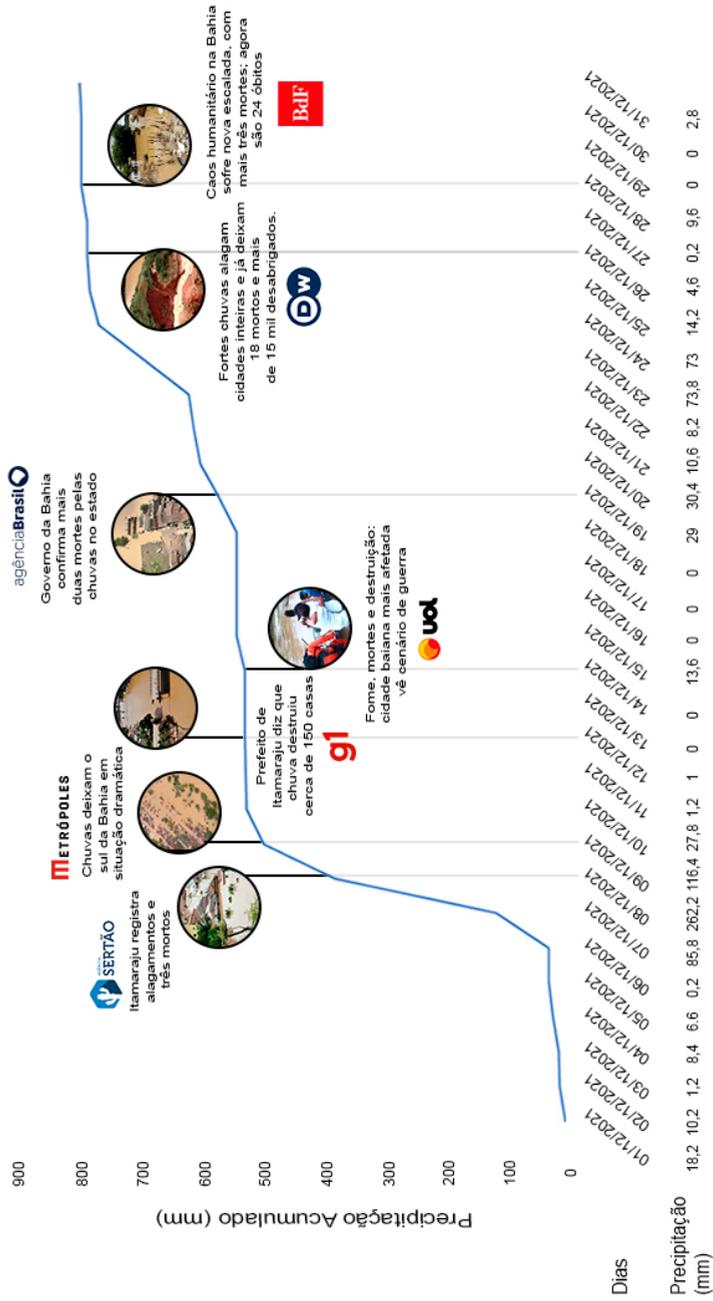
A figura 11 apresenta uma linha do tempo do mês de dezembro de 2021, com o acumulado pluviométrico em Itamaraju e notícias veiculadas na mídia relatando as consequências das chuvas na Bahia neste período.

Cabe destacar que, no início de dezembro de 2021, o Instituto Nacional de Meteorologia já indicava a possibilidade de chuvas acima da média em partes do Nordeste, incluindo áreas da Bahia (INMET, 2021). No entanto, os alertas específicos para chuvas intensas no sul do estado foram emitidos posteriormente, à medida que as condições meteorológicas se agravaram. O INMET relatou que, até 27 de dezembro, diversas cidades do sul da Bahia poderiam registrar volumes de chuva acima da média histórica.

Apesar dos alertas e do agravamento das condições climáticas, o governo da Bahia declarou situação de emergência somente em 26 de dezembro de 2021, montando um comitê de gestão de desastres (BAHIA, 2021). Essa decisão tardia levanta questionamentos sobre a prontidão e a eficácia das ações governamentais diante de desastres naturais previsíveis. A resposta tardia do governo estadual, mesmo diante de previsões meteorológicas adversas e do agravamento das chuvas, evidencia uma falha na gestão de riscos e na proteção da população afetada.

Figura 11

LINHA DO TEMPO DAS PRINCIPAIS NOTÍCIAS SOBRE A INUNDAÇÃO DO MÊS DE DEZEMBRO DE 2021



Fontes: DW, 2021; Globo News, 2021; Madeiro, 2021; Marques, 2021; Mouta, 2021; Rodrigues, 2021; Sampato, 2021. . Elaboração: Os autores, 2024.

4. Conclusões

A avaliação do regime pluviométrico em Itamaraju mostrou chuvas bem distribuídas ao longo do ano, com influência da sua localização geográfica próxima ao litoral. O mês de novembro marca o início do período chuvoso que se estende até abril. O mês de agosto, de acordo com as médias mensais da série histórica, é o mais seco.

Analisando as precipitações diárias, as maiores médias foram observadas nos meses de dezembro e novembro. A intensidade das chuvas nestes meses corrobora com o período de maior pluviosidade.

Confrontando os dados de chuvas diárias no período de maio de 2019 a abril de 2024 com os níveis de operação e alertas definidos pelo CEMADEN, constatou-se que mais de 80% dos dias chuvosos na cidade registraram precipitação inferior a 10mm, enquadrado como nível de observação (verde). Já as chuvas mais intensas, classificadas em alertas laranja e vermelho ($> 30\text{mm}/24\text{h}$), representam 5,6% dos dias chuvosos.

As chuvas em dezembro de 2021 se destacaram em meio aos registros históricos. O acumulado pluviométrico mensal, a intensidade média da precipitação e suas consequências confirmaram a excepcionalidade do evento. A ocorrência destas chuvas extremas contribuiu para os prejuízos econômicos, danos a propriedades e perda de vidas.

Referências

ALVES, J.; GONÇALVES, T.; NASCIMENTO, S. A. Precipitação na Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira, Nordeste do Brasil: tendências e variabilidade (1970-2020). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi - Ciências Naturais**, v. 17, n. 2, p. 527-542, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.46357/bcnaturais.v17i2.841>. Acesso em: 18 ago. 2024.

ANA. Agência Nacional de Águas, 2001. **Hidro 1.4** - Sistema Nacional de Informações Sobre Recursos Hídricos, 2001. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/snirh-1/sistemas>. Acesso em: 20 jul. 2024.

ANA. Agência Nacional de Águas, 2020. **Hidroweb** - Sistema Nacional de Informações Sobre Recursos Hídricos, 2020. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>. Acesso em: 15 jun. 2024.

BAHIA. **Decreto nº 20.993, de 26 de dezembro de 2021**. Declara Situação de Emergência nas áreas dos Municípios que indica, afetados pelas Chuvas Intensas, COBRADE 1.3.2.1.4, conforme a Instrução Normativa do Ministério do Desenvolvimento Regional nº 36, de 04 de dezembro de 2020. Diário Oficial do Estado da Bahia, Salvador, BA, 26 dez. 2021, nº 23.318.

BARBOSA, S. E. S.; BARBOSA JÚNIOR, A. R.; SILVA, G. Q.; CAMPOS, E. N. B. RODRIGUES, V. C. Geração de modelos de regionalização de vazões máximas, médias de longo período e mínimas de sete dias para a bacia do Rio do Carmo, Minas Gerais. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 10, n. 1, p. 64-71, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jesa/a/CFwhB3Wx6LNrqCPmtnvqTKH/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 20 jul. 2024.

BARTOLOMEI, F. R.; RIBEIRO, J. G. M.; REBOITA, M. S. Eventos Extremos de Precipitação no Sudeste do Brasil: Verão 2021/2022. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [s. l.], v. 16, n. 5, p. 2658-2676, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v16.5.p2658-2676>. Acesso em: 15 dez. 2024.

BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. Precipitação. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: UFRGS: ABRH, 2015. p. 177-241.

CARDOSO, C. S.; DE QUADRO, M. F. L.; BONETTI, C. Persistência e abrangência dos eventos extremos de precipitação no sul do Brasil: Variabilidade espacial e padrões atmosféricos. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 35, n. 2, p. 219-231, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0102-7786352031>. Acesso em: 3 jun. 2025.

CEMADEN. Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. **Mapa Interativo**. São José dos Campos, SP, 2024. Disponível em: <http://www2.cemaden.gov.br/mapainterativo/>. Acesso em: 15 jul. 2024.

CEMADEN. Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. **Sala de situação**. São José dos Campos, SP, 2023. Disponível em: <http://www2.cemaden.gov.br/sala-de-operacao/>. Acesso em: 15 jul. 2024.

CONCEIÇÃO, E. S.; COSTA-NETO, A. O.; ANDRADE, F. P.; NASCIMENTO, I. C.; MARTINS, L. C. B.; BRITO, B. N.; MENDES, L. F.; DELABIE, J. Assembléias de Formicidae da serapilheira como bioindicadores da conservação de remanescentes de Mata Atlântica no extremo sul do estado da Bahia. **Sitientibus Série Ciências Biológicas**, v. 6, n. 4, p. 296-305, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.13102/scb8195>. Acesso em: 20 abr. 2024.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **Avaliação técnica pós-desastre**: Itamaraju – BA. Itamaraju: CPRM, 2021. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/22728>. Acesso em: 16 out. 2024.

CPTEC/INPE. Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Condições atuais do ENOS**. 2024. Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br/>. Acesso em: 20 ago. 2024.

DW. **Enchentes deixam rastro de destruição na Bahia**. 2021. Disponível em: <https://www.dw.com/pt-br/enchentes-deixam-rastro-de-destrui%C3%A7%C3%A3o-na-bahia/a-60261403>. Acesso em: 20 jul. 2024.

FARIAS, E. S.; DA SILVA, J. B. L.; DE SOUZA, F. R. Análise da evolução temporal do uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do rio Jucuruçu, Bahia. **Concilium**, [s. l.], v. 23, n. 9, p. 515-527, 2023. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/516f/20e3fe5d758a60076638329037dd8f8ce792.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2024.

FARIAS, E. S.; DA SILVA, J. B. L.; PIRES, L. C.; BRITO, J. M. S.; QUINELATO, R. V. Influência do uso e ocupação do solo na disponibilidade hídrica das bacias dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu, Bahia. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [s. l.], v. 14, n. 2, p. 1175-1193, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.2.p1175-1193>. Acesso em: 22 ago. 2024.

FARIAS, E. S.; GOMES, R. L. Comportamento histórico de chuvas e vazões na bacia hidrográfica do rio Cachoeira e suas implicações na ocorrência de eventos de inundações na cidade de Itabuna-BA. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [s. l.], v. 16, n. 2, p. 847-872, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v16.2.p847-872>. Acesso em: 02 jun. 2024.

FARIAS, E. S.; GOMES, R. L.; DA SILVA, J. B. L. Conhecimento do perigo ocasionado pelas enchentes urbanas: O caso do município de Itabuna, Bahia. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [s. l.], v. 17, n. 3, p. 2111-2131, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v17.3.p2111-2131>. Acesso em: 15 dez. 2024.

FARIAS, E. S.; SILVA, G. M. F.; DA SILVA, J. B. L.; DA SILVA, D. P.; PIRES, L. C. Caracterização hidrológica das bacias hidrográficas dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu. **Scientia Plena**, [s. l.], v. 16, n. 8, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2020.081701>. Acesso em: 22 ago. 2024.

GARCÉS JÚNIOR, A. R.; BRASILEIRO, F. M. G.; BARBOSA, L. N.; ZANELLA, M. E. Análise comparativa dos eventos pluviométricos intensos em Fortaleza/CE e São Luís/MA no período de 1987 a 2017. **GeoUECE** (online), v. 09, n. 17,

p. 70-86, 2020. Disponível em: <https://revistas.uece.br/index.php/GeoUECE/article/view/2011/3653>. Acesso em: 20 nov. 2024.

GLOBO NEWS. **Prefeito de Itamaraju diz que chuva destruiu cerca de 150 casas: ‘calculamos um prejuízo de R\$ 40 a R\$ 50 milhões’**. 2021. Disponível em: <https://g1.globo.com/ba/bahia/noticia/2021/12/12/prefeito-de-itamaraju-diz-que-chuva-destruiu-cerca-de-150-casas-calculamos-um-prejuizo-de-r-40-a-r-50-milhoes.ghtml>. Acesso em: 20 jul. 2024.

GOMES, F. B. R.; VARGAS, I. S.; PROCÓPIO, A. S.; CASTRO, S. R.; RIBEIRO, C. B. M. Estudo da variabilidade espaço-temporal e tendências de precipitação na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. **Revista Brasileira de Climatologia** [s. l.], v. 28, p. 365-390, 2021. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/rbclima/article/view/14571>. Acesso em: 16 ago. 2024.

HOFFMANN, T. C. P.; MENDONÇA, F.; GOUDARD, G. Eventos climáticos extremos: inundação e gestão de riscos no Paraná. In: MENDONÇA, F. **Riscos Climáticos: vulnerabilidades e resiliência associados**. Jundiaí: Paco Editorial, 2017. p. 223-260

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/itamaraju/panorama>. Acesso em: 20 jul. 2024.

INEMA. Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Bahia registra maior acumulado de chuvas para dezembro nos últimos 32 anos**. Salvador, 2021. Disponível em: <http://www.inema.ba.gov.br/2021/12/bahia-registra-maior-acumulado-de-chuvas-para-dezembro-nos-ultimos-32-anos/>. Acesso em: 20 abr. 2024.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Informativo Meteorológico**. Brasília-DF, 2021 Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/informativos>. Acesso em: 09 jun. 2025.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais climatológicas (1991-2020)**. Brasília-DF, 2022 Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>. Acesso em: 20 abr. 2024.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate change 2021: IPCC Sixth Assessment Report**. [S.l.: s.n.], 2021. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>. Acesso em: 20 abr. 2024.

JUNQUEIRA, R.; AMORIM, J. S.; DE OLIVEIRA, A. S. Comparação entre diferentes metodologias para preenchimento de falhas em dados pluviométricos. **Sustentare**, v. 2, n. 1, p. 198-210, 2018. Disponível em: <http://periodicos>.

unincor.br/index.php/sustentare/article/view/4982/pdf_17. Acesso em: 25 jul. 2024.

KIST, A.; PACHECO GEBERT, D. M. Contribuição aos estudos da influência do El Niño Oscilação Sul sobre a precipitação no Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Climatologia**, [s. l.], v. 31, n. 18, p. 207-229, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.55761/abclima.v31i18.15743>. Acesso em: 18 ago. 2024.

LAHSEN, M.; RIBOT, J. Politics of attributing extreme events and disasters to climate change. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change**, v. 13, n. 1, p. 1-11, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/wcc.750>. Acesso em: 20 abr. 2024.

LUNA, V. F.; DUARTE, C. C.; SILVA, J. M. O.; SANCHES, F. O.; NÓBREGA, R. S. Eventos extremos diários de precipitação em cidade do Semiárido Cearense. **Revista Brasileira de Climatologia**, [s. l.], v. 35, n. 20, p. 607-629, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.55761/abclima.v35i20.18731>. Acesso em: 22 jan. 2025.

MADEIRO, C. Fome, mortes e destruição: cidade baiana mais afetada vê cenário de guerra. **UOL**, 2021. Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2021/12/14/fome-mortes-e-destruicao-cidade-baiana-mais-afetada-ve-cenario-de-guerra.htm>. Acesso em: 20 jul. 2024.

MARENGO, J. A.; SELUCHI, M. E.; CUNHA, A. P.; CUARTAS, L. A.; GONÇALVES, D.; SPERLING, V. B.; RAMOS, A. M.; DOLIF, G.; SAITO, S.; BENDER, F.; LOPES, T. R.; ALVALA, R. C.; MORAES, O. L. Heavy rainfall associated with floods in southeastern Brazil in November–December 2021. **Natural Hazards**, v. 116, p. 3617-3644, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11069-023-05827-z>. Acesso em: 05 maio 2024.

MARQUES, T. Itamaraju registra alagamentos e três mortos em deslizamento após chuva de 300 mm na madrugada. **Agência Sertão**, 2021. Disponível em: <https://agenciasertao.com/2021/12/08/itamaraju-registra-alagamentos-e-tres-mortos-em-desabamento-apos-chuva-de-300-mm-na-madrugada/>. Acesso em: 20 jul. 2024.

MONTANARI, A.; KOUTSOYIANNIS, D. Modeling and mitigating natural hazards: Stationarity is immortal! **Water Resources Research**, v. 50, n. 12, p. 9748-9756, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/2014WR016092>. Acesso em: 20 abr. 2024.

MONTEIRO, J. B.; ZANELLA, M. E. A metodologia dos máximos de precipitação aplicada ao estudo de eventos extremos diários nos municípios de Crato, Fortaleza

e Sobral CE. **GeoTextos**, [s. l.], v. 13, n. 2, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.9771/1984-5537geo.v13i2.24011>. Acesso em: 19 nov. 2024.

MONTEIRO, J. B.; ZANELLA, M. E. A metodologia estatística dos eventos extremos de precipitação: Uma proposta autoral para análise de episódios pluviométricos diários. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 32, n. 19, p. 494-516, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.55761/abclima.v32i19.16323>. Acesso em: 22 jan. 2025.

MONTEIRO, J. B.; ZANELLA, M. E. Eventos Extremos no estado do Ceará, Brasil: uma análise estatística de episódios pluviométricos no mês de março de 2019. **GeoTextos**, [s. l.], v. 15, n. 2, p. 149-173, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.9771/geo.v15i2.32093>. Acesso em: 22 jan. 2025.

MOUTA, M. R. Chuvas deixam o sul da Bahia em situação dramática. **Metrópoles**, 2021. Disponível em: <https://www.metropoles.com/brasil/chuvas-deixam-o-sul-da-bahia-em-situacao-dramatica-veja>. Acesso em: 20 jul. 2024.

OLIVEIRA, L. F. C.; FIOREZE, A. P.; MEDEIROS, A. M. M.; SILVA, M. A. S. Comparação de metodologias de preenchimento de falhas de séries históricas de precipitação pluvial anual. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 11, p. 1186-1192, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/4hqdp3kcXkCZKqrGqNgnb9d/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 25 jul. 2024.

PEDREIRA JUNIOR, A. L.; QUERINO, C. A. S.; BIUDES, M. S.; MACHADO, N. G.; DOS SANTOS, L. O. F.; IVO, I. O. Influence of El Niño and La Niña phenomena on seasonality of the relative frequency of rainfall in southern Amazonas mesoregion. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 25, e. 24, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2318-0331.252020190152>. Acesso em: 18 ago. 2024.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAMARAJU. **História**. 2021. Disponível em: <https://www.itamaraju.ba.gov.br/detalhe-da-materia/info/historia/6506>. Acesso em: 20 abr. 2024.

PRUSKI, F. F.; PEREIRA, S. B.; NOVAES, L. F.; SILVA, D. D.; RAMOS, M. M. Precipitação média anual e vazão específica média de longa duração, na Bacia do São Francisco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 8, n. 2, p. 247-253, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/zZFRmjN9wTcbyB9VBXPfHZG/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 25 jul. 2024.

REIS, A. L.; SILVA, M. S.; REGIS, M. V.; DA SILVEIRA, W. W.; DE SOUZA, A. C.; REBOITA, M. S.; SILVEIRA, V. Climatologia e eventos extremos de precipitação no estado de Minas Gerais (Climatology and extreme rainfall events in the state of Minas Gerais). **Revista Brasileira de Geografia Física**, [s. l.], v. 11,

n. 2, p. 652-660, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v11.2.p652-660>. Acesso em: 3 jun. 2025.

ROCHA, N. N. C. S. G.; ASSIS, J. M. O.; FONTES, A. S. Índice de anomalia de chuva e ocorrência de desastres relacionados à precipitação na bacia hidrográfica do rio Cachoeira, Bahia. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 21, e16, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.21168/rega.v21e16>. Acesso em: 10 fev. 2024.

RODRIGUES, A. Governo da Bahia confirma mais duas mortes pelas chuvas no estado. **Agência Brasil**, 2021. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2021-12/governo-da-bahia-confirma-mais-duas-mortes-pelas-chuvas-no-estado#:~:text=Governo%20da%20Bahia%20confirma%20mais%20duas%20mortes%20pelas%20chuvas%20no%20estado,-Ao%20menos%2014&text=A%20Superintend%C3%AAncia%20de%20Prote%C3%A7%C3%A3o%20e,desde%20o%20in%C3%ADcio%20de%20novembro>. Acesso em: 20 jul. 2024.

SAMPAIO, C. Caos humanitário na Bahia sofre nova escalada, com mais três mortes; agora são 24 óbitos. **Brasil de Fato**, 2021. Disponível em: <https://www.brasildefato.com.br/2021/12/29/caos-humanitario-na-bahia-sofre-nova-escalada-com-mais-tres-mortes-agora-sao-24-obitos/>. Acesso em: 20 jul. 2024.

SANTOS, P. H. N.; BARROS, G. V. P.; FERREIRA, W. S. Perfil climático e cobertura do solo: o cenário do estado de Sergipe. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [s. l.], v. 16, n. 1, p. 101-115, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v16.1.p101-115>. Acesso em: 16 ago. 2024.

SANTOS, P. H. N.; FERREIRA, W. S.; SANTANA, B. L. P. Repercussões do El Niño e La Niña na precipitação do estado de Sergipe - Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, [s. l.], v. 33, n. 19, p. 409-437, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.55761/abclima.v33i19.17395>. Acesso em: 18 ago. 2024.

SENA, J. P. O.; LUCENA, D. B.; MORAES NETO, J. M. Eventos pluviais intensos e seus impactos em Campina Grande-PB. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 5, p. 69-77, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.21680/2447-3359.2019v5n0ID17974>. Acesso em: 20 abr. 2024.

SILVA, N. L.; GOMES, R. L. Características e comportamento das chuvas como agente potencializador do perigo a escorregamentos em encostas em áreas urbanas de Itabuna e Ilhéus, Bahia. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 18, n. 2, p. 1579-1606, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v18.2.p1579-1606>. Acesso em: 17 mar. 2025.

SIMAS, D. C. S.; LIMA, J. S.; SALES, R. A. C.; NORTE, N. N. B. O.; NORTE FILHO, A. F.; SILVA FILHO, E. C.; CAVALCANTI, C. C. A. T.; MARINHO, E. A.; PAIVA JÚNIOR, C. A. V.; SOUZA, A. P.; JUSTINIANO, J. S.; SOUZA JUNIOR, A. M.; LIMA, N. A.; MATIAS, J. O.; DUARTE, E. R. Desastres naturais e seus impactos nas cidades: estudo de caso da enchente histórica ocorrida no ano de 2024 no Rio Grande do Sul - Brasil. **Contribuciones a Las Ciencias Sociales**, v. 17, n. 9, p. 01-16, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.55905/revconv.17n.9-165>. Acesso em: 10 fev. 2025.

TAVARES, R. Clima, tempo e desastres. In: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (Org.). **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. 3. ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2015. p. 111-146.

WALSH, J. E.; BALLINGER, T. J.; EUSKIRCHEN, E. S.; HANNA, E.; MÅRD, J.; OVERLAND, J. E.; TANGEN, H.; VIHMA, T. Extreme weather and climate events in northern areas: A review. **Earth-Science Reviews**, v. 209, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2020.103324>. Acesso em: 22 jan. 2025.

WMO. World Meteorological Organization. **WMO Guidelines on the Calculation of Climate Normals**. WMO-No. 1203, Genebra, 2017. Disponível em: https://library.wmo.int/records/item/55797-wmo-guidelines-on-the-calculation-of-climate-normals?language_id=13&back=&offset=45. Acesso em: 15 jun. 2024.

ZHAO, S.; DENG, Y.; BLACK, R. X. A dynamical and statistical characterization of U.S. extreme precipitation events and their associated large-scale meteorological patterns. **Journal of Climate**, v. 30, n. 4, p. 1307-1326, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-15-0910.1>. Acesso em: 3 jun. 2025.

Recebido em 03/04/2025

Aceito em 14/06/2025

