



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS NATURAIS, HUMANAS E SOCIAIS
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

BRENDA BUOSE

**CARACTERIZAÇÃO DOS PADRÕES DE INTENSIDADE DAS PRECIPITAÇÕES
PLUVIAIS NO SUL DA AMAZÔNIA**

**SINOP - MT
2024**

BRENDA BUOSE

**CARACTERIZAÇÃO DOS PADRÕES DE INTENSIDADE DAS PRECIPITAÇÕES
PLUVIAIS NO SUL DA AMAZÔNIA**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais do Instituto de Ciências Naturais, Humanas e Sociais da Universidade Federal de Mato Grosso como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Ciências Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Adilson Pacheco de Souza

Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Daniela Roberta Borella

**SINOP-MT
2024**

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

B944c Buose, Brenda.

Caracterização dos padrões de intensidade das precipitações pluviiais no Sul da Amazônia [recurso eletrônico] / Brenda Buose.
-- Dados eletrônicos (1 arquivo : 60 f., il. color., pdf). -- 2024.

Orientador: Adilson Pacheco de Souza.

Coorientadora: Daniela Roberta Borella.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Naturais, Humanas e Sociais, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Sinop, 2024.

Modo de acesso: World Wide Web: <https://ri.ufmt.br>.

Inclui bibliografia.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "Caracterização dos padrões de intensidade das precipitações pluviais no Sul da Amazônia".

AUTOR (A): MESTRANDO (A): **Brenda Buose**

Dissertação defendida e aprovada em **05 de dezembro de 2024**.

COMPOSIÇÃO DA BANCA EXAMINADORA

- Presidente da banca: Doutor(a) Adilson Pacheco de Souza
1. Doutor(a) Adilson Pacheco de Souza (Orientador(a))
 2. Doutor(a) Carlos Alexandre Santos Querino (Examinador(a) Externo(a))
 3. Doutor(a) Frederico Terra de Almeida (Examinador(a) Interno(a))
 4. Doutor(a) Mariana Pizzatto (Examinador(a) Suplente)
 5. Doutor(a) Daniel Fonseca de Carvalho (Examinador(a) Suplente)

SINOP, 05/12/2024.



Documento assinado eletronicamente por **FREDERICO TERRA DE ALMEIDA, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 10/12/2024, às 23:00, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Carlos Alexandre Santos Querino, Usuário Externo**, em 11/12/2024, às 10:27, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **ADILSON PACHECO DE SOUZA, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 10/01/2025, às 15:17, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufmt.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **7470018** e o código CRC **2EF11D19**.

Dedico este trabalho à minha mãe, que sempre foi meu maior exemplo de coragem e determinação. Com seu esforço sob o sol, me fez chegar até aqui, permitindo-me desfrutar da sombra. Mãe, você me deu suas próprias asas para que eu pudesse voar mais alto. Esta conquista é nossa.

AGRADECIMENTOS

A Deus, minha gratidão imensa por me amparar em cada passo desta jornada. Pelas forças renovadas nos momentos de fraqueza e pelas inúmeras oportunidades que surgiram para que eu pudesse estudar e trabalhar, sempre guiada pela fé.

À minha querida mãe, Vera Lucia, que sempre esteve de braços abertos para me acolher em cada desafio, meu agradecimento profundo. Por me apoiar a sonhar com um futuro melhor, por ser minha primeira professora e, acima de tudo, por nunca desistir de me proporcionar as melhores oportunidades de educação. Sua força e dedicação são minha inspiração constante.

À minha irmã Gabriellin, com quem compartilho a vida desde o primeiro dia, obrigada por todo o apoio, pelas alegrias que sempre me trouxe e por estar ao meu lado em cada etapa deste percurso.

Ao professor Adilson Pacheco de Souza e à professora Daniela Roberta Borella, meu sincero agradecimento e gratidão por terem me dado a honra de ser orientanda de profissionais tão éticos e dedicados. Vocês me mostraram que sou capaz de superar os desafios e, com suas orientações e incentivo constante, me ajudaram a me tornar uma profissional melhor.

Ao meu namorado, que não apenas esteve ao meu lado nesta caminhada, mas também atuou como meu professor e incentivador, meu amor e gratidão por todo o apoio.

Agradeço a todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Federal de Mato Grosso, que com tanta dedicação compartilharam seu conhecimento e me ajudaram a crescer academicamente.

À Rede Hidrometeorológica Nacional (CPRM/ANA) e ao grupo de pesquisa Tecnologia dos Recursos Hídricos no Centro-Oeste (TREHCO), sou grata pela disponibilização das séries históricas de precipitação, essenciais para o desenvolvimento desta pesquisa.

À Universidade Federal de Mato Grosso, por me proporcionar o privilégio de estudar em uma instituição pública que tanto admiro e acredito.

Por fim, a todos que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a minha formação e para a realização desta pesquisa, meu mais sincero agradecimento.

RESUMO

Devido à escassez de estudos que caracterizam os padrões de intensidade das chuvas naturais na região Sul da Amazônia, há uma lacuna significativa no conhecimento sobre esse tema. A maioria das pesquisas realizadas com esta finalidade se concentra nas regiões Sul e Sudeste do Brasil ou são desenvolvidas com base em simulações de chuva, o que não reflete com precisão a variabilidade e dinâmica dos padrões naturais. Este estudo tem como objetivo caracterizar os padrões de intensidade das chuvas naturais no Sul da Amazônia, que compreende a região Norte do estado de Mato Grosso. A metodologia incluiu a análise de dados históricos de cinco estações com medidas de pluviogramas (estações convencionais) e dez estações pluviométricas (estações automáticas), fornecidos pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Agência Nacional de Água e Saneamento Básico (CPRM/ANA) e pelo grupo de pesquisa Tecnologia em Recursos Hídricos no Centro-Oeste (TREHCO), respectivamente. Foi realizada uma análise exploratória e de consistência e posteriormente, gerados histogramas individuais para cada evento de chuva. Os padrões de chuva foram classificados em quatro categorias: Avançado, Intermediário, Atrasado e Constante, com base na relação entre a duração do evento e o pico de intensidade. Os resultados indicaram que 53,52% dos eventos representaram o padrão Avançado, seguido dos padrões Intermediário (31,74%) e Atrasado (14,58%), o padrão constante foi inferior a 1%. Foram analisados 6.187 eventos, destes, 93 não foram caracterizados quanto aos padrões de intensidade. Esta pesquisa contribui para o planejamento eficiente dos recursos hídricos, oferecendo subsídios para práticas agrícolas mais seguras e menores perdas nas safras. Além disso, o desenvolvimento de infraestrutura adaptada às condições climáticas regionais, reduzindo a vulnerabilidade ambiental com apoio ao desenvolvimento sustentável. No campo da saúde pública, ações preventivas contra surtos de doenças relacionadas à água, em situações de inundações. Ademais, o estudo promove colaborações interdisciplinares ao integrar ciência ambiental, engenharia, políticas públicas e gestão de recursos naturais, que beneficiam tanto as comunidades quanto os ecossistemas regionais.

Palavras chaves: chuvas intensas; hietogramas; eventos extremos; conservação de água e solo.

ABSTRACT

Due to the scarcity of studies characterizing the intensity patterns of natural rainfall in the southern Amazon region, there is a significant knowledge gap on this topic. Most research conducted for this purpose focuses on the southern and southeastern regions of Brazil or is based on simulated rainfall, which does not accurately reflect the variability and dynamics of natural patterns. This study aims to characterize the intensity patterns of natural rainfall in the southern Amazon, encompassing the northern region of Mato Grosso State. The methodology included the analysis of historical data from five stations with pluviogram measurements (conventional stations) and ten pluviometric stations (automatic stations), provided by the Geological Survey of Brazil/National Water and Basic Sanitation Agency (CPRM/ANA) and the Water Resources Technology Research Group in the Midwest (TREHCO), respectively. An exploratory and consistency analysis was conducted, followed by the generation of individual histograms for each rainfall event. Rainfall patterns were classified into four categories: Advanced, Intermediate, Delayed, and Constant, based on the relationship between event duration and peak intensity. The results indicated that 53.52% of the events represent the Advanced pattern, followed by the Intermediate (31.74%) and Delayed (14.58%) patterns, and the constant pattern was less than 1%. A total of 6,187 events were analyzed, of which 93 could not be characterized in terms of intensity patterns. This research contributes to the efficient planning of water resources, offering support for safer agricultural practices and reduced crop losses. Furthermore, it aids in the development of infrastructure adapted to regional climatic conditions, reducing environmental vulnerability and supporting sustainable development. In the field of public health, it provides preventive measures against waterborne disease outbreaks during flood situations. Additionally, the study fosters interdisciplinary collaborations by integrating environmental science, engineering, public policy, and natural resource management, benefiting both local communities and regional ecosystems.

Keywords: intense rainfall; hyetographs; extreme events; water and soil conservation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Mapa de localização das quinze estações inseridas na Bacia Hidrográfica Amazônica, estado de Mato Grosso, Brasil. Identificação numérica de acordo com a Tabela 1.....	26
Figura 2 - Exemplo de pluviograma digitalizado e vetorizado no software Hidro Graph 1.02.	27
Figura 3 - Fluxograma da metodologia utilizada para realização da coleta e organização dos dados medidos e classificação dos padrões de intensidade das chuvas naturais.	28
Figura 4 - Representação dos padrões de intensidade de precipitação pelo tempo de duração do evento. (a) Representação da dinâmica do padrão Avançado (estação Rio Nandico 15/03/2022); (b) Representação da dinâmica do padrão Intermediário (estação Faz. Santa Sofia 25/10/2022); (c) Representação da dinâmica do padrão Atrasado (estação Faz. Santa Sofia 23/01/2023); (d) Representação da dinâmica do padrão Constante (estação Rio Nandico 28/10/2022).....	30
Figura 5 - Médias mensais e desvios padrões da precipitação pluviométrica na região Sul da Amazônia (Norte de Mato Grosso).	36
Figura 6 - Distribuição mensal dos padrões de intensidade de precipitação por tipo (Avançado, Intermediário, Atrasado e Constante) no período analisado.....	37
Figura 7 - Gráfico de intensidade de chuvas naturais da região de estudo. Representação da dinâmica dos padrões M (A) (estação Empaer 30/10/2024); W (B) (estação Rio Nandico 29/01/2022) e U invertido (C) (estação Faz. Fetter 08/12/2018).	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estações pluviométricas e pluviográficas utilizadas na avaliação das intensidades de chuva, no Estado de Mato Grosso, Brasil.....	25
Tabela 2 - Número de eventos em função do padrão de intensidade de chuva, nas cinco estações convencionais com medições por pluviogramas, na região Sul da Amazônia, Mato Grosso. .	31
Tabela 3 - Número de eventos em função do padrão de intensidade de chuva, nas estações meteorológicas automáticas (medições em intervalos de 10 minutos) no município de Vera e Lucas do Rio Verde, Mato Grosso, Brasil.....	32
Tabela 4 - Número de eventos em função do padrão de intensidade de chuva, em estações meteorológicas automáticas (medições em intervalos de 5 minutos), em diferentes municípios da região Norte de Mato Grosso (Sul da Amazônia).....	34
Tabela 5 - Ocorrência dos padrões de intensidade de chuva em função da duração da precipitação, nas 15 estações avaliadas, Mato Grosso, Brasil. (Número de eventos = 6.187).	35
Tabela 6 – Intensidade máxima e média de chuva para cada uma das 15 estações avaliadas no Sul da Amazônia, conforme a data do evento, horário, duração, lâmina precipitada e padrão.	38
Tabela 7 - Eventos de chuva sem padrões de intensidade definidos por limitação de pontos de medição.....	38
Tabela 8 - Frequência e distribuição completa dos padrões de chuva M, W e U invertido para as estações meteorológicas na região Sul da Amazônia.	41
Tabela 9 - Variação nos padrões de intensidade de chuva em função da alteração do intervalo de registro de dados de 5 para 10 minutos nas estações meteorológicas.	45
Tabela 10 - Ocorrência dos padrões de intensidade de chuva em função da duração da precipitação, nas 15 estações, Mato Grosso, Brasil. (n = 6.187).....	59

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 Precipitação	16
2.2 Dinâmica das chuvas na Amazônia.....	18
2.3 Aplicações de Hietogramas no Ciclo Hidrológico.....	21
3 MATERIAIS E MÉTODOS	24
3.1 Área de Estudo.....	24
3.2 Coleta e processamento dos dados	26
4 RESULTADOS	30
4.1 Caracterização dos padrões das chuvas	30
4.2 Caracterização da duração das chuvas	35
5 DISCUSSÃO	42
6 CONCLUSÃO GERAL	46
REFERÊNCIAS.....	47
APÊNDICES	59

1 INTRODUÇÃO GERAL

A Floresta Amazônica é reconhecida como um dos principais berços da vida, pois hospeda a mais complexa e extensa biodiversidade do planeta. Além de abrigar uma grande riqueza de espécies da fauna e da flora, é um ambiente que desempenha funções essenciais nos serviços ecossistêmicos (Nerfa, Rhemtulla e Zerriffi, 2020), como a regulação climática, o sequestro de carbono (Londres et al., 2023), a conservação dos recursos hídricos e da biodiversidade, a formação e a manutenção dos ciclos das chuvas, dentre outros fenômenos naturais essenciais, tanto no contexto regional quanto global (Souza, Junior Oliveira e Hacon, 2024).

Majoritariamente localizada em território brasileiro, a Amazônia também se estende por partes da Bolívia, Colômbia, Peru, Venezuela, Equador e Guiana (Fisch, Marengo e Nobre, 1998; Portella et al., 2022). Este bioma, fortemente influenciado pela disponibilidade de radiação solar e água (Fisch, Marengo e Nobre, 1998; Martim e Souza, 2021; Ferreira, Cruz e Coelho, 2024), sustenta um dos mais importantes sistemas hidrológicos globais (Artaxo et al., 2013, 2014), colocando a Amazônia no centro dos estudos sobre cenários das mudanças climáticas e seus efeitos sobre a disponibilidade dos recursos naturais. Além da Amazônia, o estado de Mato Grosso abrange outros dois biomas, incluindo o Cerrado. Na transição Cerrado-Amazônia, é possível identificar padrões climáticos semelhantes aos observados no Sul da Amazônia.

As mudanças climáticas podem provocar alterações nos ciclos e nas intensidades de eventos meteorológicos extremos, associados principalmente à temperatura do ar, ventos e chuvas, gerando impactos significativos às sociedades e os ecossistemas terrestres (Hoegh-Guldberg et al., 2019; Myhre et al., 2019; Papalexiou e Montanari, 2019; Tabari, 2020). As mudanças climáticas caracterizam um fenômeno mundial, que por sua vez, vêm sendo mais fortemente percebidas nas últimas décadas, e mesmo com algumas causas associadas aos processos internos naturais, destaca-se que a ação antropogênica pode colaborar na intensificação deste processo (Joseph, Souza e Sabino, 2021).

Especificamente na Amazônia, dentre os fenômenos naturais periódicos com maiores influências na sazonalidade das chuvas, destacam-se os fenômenos do El Niño Oscilação-Sul (ENOS) e suas fases/intensidades e do Aquecimento do Atlântico Sul, que em conjunto com os movimentos de circulação atmosférica, desempenham papéis significativos na intensificação de extremos climáticos, como secas prolongadas, estiagens severas, enchentes e inundações na

Amazônia (Moura et al., 2019; AghaKouchak et al., 2020; Paredes-Trejo et al., 2021; Lira, Fernandes e Ishihara, 2022; Sun et al., 2022; Ferreira e Pessoa, 2024; Santos et al., 2024).

A precipitação, juntamente com a vegetação, desempenha um papel fundamental na caracterização do clima, sendo essenciais para compreender a variabilidade ambiental de uma região (Sousa et al., 2016; Rocha, Silva e Ribeiro, 2019; Bresciani et al., 2023). A formação e a distribuição das chuvas são influenciadas por diversos fatores, incluindo processos de convergências de massas de ar (entre diferentes centros de pressão), convectivos, frontais e orográficos (Kuo e Orville, 1973; Alves e Rigolin, 2016). Alterações nos padrões globais das chuvas, impulsionadas pelas mudanças climáticas, têm impactos significativos na duração e na intensidade desses eventos, e ainda, com maior aleatoriedade na distribuição espacial e temporal; frequentemente resultando em grandes inundações (Wdowinski et al., 2016) e maiores dificuldades nas previsões de ocorrência (Tabari et al., 2019).

Em estações meteorológicas convencionais, os dados de chuva são coletados diariamente por profissionais – observadores meteorológicos (Valík et al., 2021), enquanto que nas estações meteorológicas automáticas, as informações são obtidas a partir de sinais elétricos, e registradas em um sistema de armazenamento de dados. As medições da chuva são baseadas em duas variáveis: altura pluviométrica (volume de água precipitado/coletado por área de captação) e duração (tempo de ocorrência da precipitação), que relacionadas permite definir a sua intensidade (altura pluviométrica pelo tempo de duração da chuva).

Nesse caso, existem duas possibilidades de registro contínuo da altura pluviométrica ao longo do tempo, visto que nas estações convencionais são utilizados os pluviógrafos, equipamentos que coletam e armazenam a água para um dispositivo de nível (que geram os pluviogramas) e nas estações automáticas os sensores/pluviômetros de balança estão associados com os sistemas de armazenamento de dados com medidas diretas pelo sistema Datalogger (que fazem o registro). Independentemente do caso, as variações da intensidade da chuva ao longo da sua duração permitem estabelecer os hietogramas, que descrevem a dinâmica das chuvas ao longo do tempo (Abreu, Angelini Sobrinha e Brandão, 2017).

A intensidade da chuva refere-se à relação entre a altura pluviométrica e a duração da precipitação. Com base nessas informações, é possível estabelecer padrões de intensidade, conhecidos como hietogramas. Os hietogramas de chuvas naturais podem ser considerados como ferramentas indispensáveis para compreender a dinâmica de intensidade das chuvas regionais. Os diferentes padrões de chuva, para uma mesma condição de solo, vegetação e manejo, podem desencadear efeitos diferentes quanto à deslizamentos de terra, erosão hídrica, infiltração e inundações. Neste contexto, uma série de estudos têm destacado a importância dos

hietogramas na compreensão das características das chuvas em diferentes regiões do mundo, como no Sul de Taiwan (Kimura et al., 2014), Leste e Sudeste da China (Chen et al., 2023; Wang et al., 2023), Nordeste do Brasil (Chimene e Campos, 2020) e Sudoeste da Itália (Candela et al., 2014), dentre outros. Esses estudos têm mostrado o aumento dos eventos extremos de chuva em regiões tropicais, evidenciando os desafios enfrentados pela sociedade e ressaltam a necessidade de abordagens adaptativas para a gestão dos recursos hídricos.

Embora a literatura existente forneça uma compreensão substancial sobre os padrões globais de chuva, há uma carência de informações específicas sobre as características das chuvas naturais na região Sul da Amazônia, particularmente na região Norte do estado de Mato Grosso. Essa região possui grande relevância econômica devido à produção agrícola e à exploração de recursos naturais, além de apresentar potencial como referência para entender os impactos de alterações no uso e ocupação do solo em outras partes da Amazônia, especialmente frente às respostas ambientais associadas às mudanças climáticas.

Estudos sobre as intensidades dessas chuvas e seus impactos nas perdas de solo e água, são limitados, o que dificulta uma análise mais precisa dos riscos ambientais associados a esses eventos intensos. Nesse contexto, esta pesquisa teve como objetivo caracterizar os padrões de intensidade das chuvas naturais no Sul da Amazônia, em padrão Avançado, Intermediário, Atrasado e Constante, a partir do pico de intensidade do evento de chuva.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Precipitação

A precipitação pode ser compreendida como o retorno de partículas de água da atmosfera para a superfície da Terra, seja na forma sólida ou líquida. Quando as condições atmosféricas são favoráveis, a precipitação pode ocorrer como chuva, neve, granizo ou neblina, e ainda, podem ocorrer outros processos de deposição do vapor d'água na superfície como o orvalho. O processo de formação de uma gota de água na atmosfera é dependente da presença de núcleos de condensação (que tem o papel de aproximar as moléculas de vapor d'água) e do nível de condensação (altitude), que variam no espaço e no tempo; posteriormente, ao atingir a saturação, formam-se as gotas, que crescem por coalescência natural, unindo-se umas às outras, e atingem um tamanho suficiente (relação diâmetro e massa), que por gravidade, elas precipitam em direção à superfície terrestre. As gotículas apresentam um movimento desordenado na atmosfera, aumentando as chances de colisão entre elas. Como consequência, crescem em tamanho e, eventualmente, iniciam o processo de queda que resulta na formação da chuva (Varejão-Silva, 2005).

Os eventos de precipitação pluvial estão intimamente ligados às características climáticas de cada região, resultando em diferentes padrões de volume e intensidade de chuva. A Amazônia, por exemplo, é uma região que se destaca pela alta pluviosidade, influenciada por extensas áreas de floresta que emite gases, principalmente vapor d'água e oxigênio para a atmosfera, contribuindo para a formação de núcleos de condensação associados ao processo fotossintético (Wang et al., 2016), posteriormente condensados em partículas de umidade e transportados para as nuvens (Krejci et al., 2005).

As formas de precipitação podem variar significativamente quanto à forma de ascensão do ar úmido; o caso da chuva, um dos principais tipos de precipitação, pode ser classificada em três principais categorias (tipos): frontais, convectivas e orográficas. As chuvas frontais, também conhecidas como ciclônicas, ocorrem quando há o encontro de duas massas de ar com diferentes temperaturas e umidades, e as suas características também dependem do tipo de massa de ar que se desloca e da massa de ar que está estacionada na região, sendo que em via de regra, a precipitação se forma após a subida e resfriamento da massa de ar quente e úmida; esse tipo de chuva apresenta como características gerais, intensidades de fraca a moderada, com durações de horas ou dias, e são, generalizadas na região (Alves e Rigolin, 2016; Oliveira, 2019). As chuvas orográficas ocorrem quando uma massa de ar quente e úmida encontra um obstáculo no relevo, como uma montanha, que a força a subir, resfriar e condensar, sendo que

as suas características depende das diferenças de pressão entre vale e barreira orográfica, todavia, forma duas regiões conhecidas como barlavento (quente e úmida) e sotavento (fria e seca), que também apresentarão características dependentes da dimensão da barreira orográfica (Roe, 2005; Oliveira, 2019). As chuvas convectivas se formam a partir de massas de ar quente e úmida que se ascendem na atmosfera por movimentos adiabáticos com influências espaciais menores, que resfriam-se e condensam, resultando em chuvas normalmente mais intensas, com duração que varia de curta a média, grande variabilidade espacial e horários predominantes dependentes do saldo de radiação diurno e suas influências nos processos de evaporação/evapotranspiração regionais (Kuo e Orville, 1973; Oliveira, 2019).

A variabilidade espacial e temporal da chuva na região Sul da Amazônia é um aspecto importante para a compreensão dos processos de formação das chuvas e dos possíveis padrões de intensidade. Fatores como a influência de sistemas atmosféricos regionais e locais, o desmatamento e as mudanças no uso do solo afetam significativamente os regimes de chuva nessa região. Adicionalmente, as mudanças climáticas globais têm o potencial de alterar os padrões de sazonalidade hídrica, trazendo implicações para a biodiversidade, a disponibilidade de água e os serviços ecossistêmicos (Pech et al., 2017; Arruda et al., 2024). A compreensão dos impactos dessas alterações é necessária para a gestão dos recursos hídricos e para a mitigação de desastres naturais na região, e, sobretudo para as atividades econômicas e populações amazônicas.

O processo de formação das chuvas envolve a junção de dois fatores principais: vapor de água em estado de saturação e redução da temperatura do ar (Alves e Rigolin, 2016). A região Centro-Oeste do Brasil, por sua dinâmica climática, exibe uma certa homogeneidade em termos de climáticos, com pouca presença de grandes barreiras orográficas quando comparado com outras regiões brasileiras. As maiores alterações dos elementos meteorológicos estão associadas às variações de latitude, altitude (regiões de chapadas), uso e ocupação do solo e vegetação. Principalmente no estado de Mato Grosso, as chuvas causadas pelos eventos descritos frequentemente resultam em nuvens que promovem chuvas convectivas, caracterizadas pelo encontro de massas de ar quente e frio em ascensão vertical, com subsequente resfriamento e condensação (Gan, Kousky e Ropelewski, 2004). No Mato Grosso, esse processo convectivo é influenciado pelos biomas que se desenvolvem no estado, em especial a (Floresta Amazônica, uma região úmida e quente (ar menos denso) e que gera grande quantidade de partículas atuantes como núcleos de condensação) (Andreae et al., 2004; Claeys et al., 2004). As chuvas características desse sistema convectivo regional iniciam-se na

primavera, entre setembro e novembro, e atingem intensidade máxima no verão, de dezembro a fevereiro (Nimer, 1989).

Regiões próximas ao Trópico do Equador tendem a apresentar altos volumes e intensidades de chuva, principalmente devido à convecção. Nessas áreas, as condições ambientais favorecem chuvas intensas e frequentes, diferentemente das regiões Temperadas (Hoyos, Waylen e Jaramillo, 2005). No Mato Grosso, ocorre predominantemente as chuvas convectivas. No entanto, durante o inverno, o anticiclone polar pode transpor a Cordilheira dos Andes, ocasionando chuvas frontais nas regiões Sul e Sudoeste do estado, com duração entre um e três dias (Nimer, 1989). Ainda assim, mesmo com alguns episódios de precipitações frontais, sua relevância é limitada, pois os maiores volumes de chuva convectivas ocorrem no verão, com precipitações frequentes durante o período da tarde e alguns eventos noturnos. Isto demonstra a característica marcante das chuvas convectivas, principalmente na região Norte de Mato Grosso (Sul da Amazônia).

No Centro-Oeste, chuvas intensas predominam no verão e contribuem para os maiores índices de Erosividade (Castagna et al., 2022). Este efeito acarreta impactos negativos, como o assoreamento dos rios e a degradação do solo. Embora a chuva seja um fator importante para determinar a erosividade, ela não é o único determinante; a duração, o tipo de solo e a intensidade da chuva também precisam ser considerados (Oliveira, Wendland e Nearing, 2013).

2.2 Dinâmica das chuvas na Amazônia

A Amazônia é a maior Floresta Tropical do mundo e as chuvas nessa região apresentam uma alta variabilidade espacial e temporal devido a vasta extensão territorial (Souza et al., 2017). Podem ser influenciadas por fatores como a interação entre a floresta e a atmosfera, padrões de circulação atmosférica, e fenômenos climáticos de larga escala (Fisch, Marengo e Nobre, 1998), como El Niño e La Niña (Sousa et al., 2015) e sistemas meteorológicos regionais, como a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Esses fenômenos, que interagem entre si e com as condições atmosféricas locais, atuam na distribuição espacial e temporal das precipitações, influenciando ecossistemas, atividades agrícolas e recursos hídricos. Essa variabilidade das chuvas nessa região desempenha um papel necessário para o ciclo hidrológico global, ocasionando mudanças no clima.

O El Niño é caracterizado pelo aquecimento anômalo das águas superficiais do Oceano Pacífico Equatorial, que altera a circulação atmosférica global. Durante sua ocorrência, observa-se o enfraquecimento dos ventos alísios e a intensificação de processos convectivos em algumas regiões do globo, enquanto outras enfrentam secas severas (Andreoli e Kayano,

2005). No contexto da Amazônia, o El Niño está associado à redução significativa da precipitação, especialmente em áreas como a mesorregião Sul da Amazônia.

Por outro lado, a La Niña representa o oposto desse processo, caracterizando-se pelo resfriamento das águas do Pacífico Equatorial e pelo fortalecimento dos ventos alísios. Essa intensificação gera maior convergência de umidade, aumentando a frequência e o volume das chuvas em regiões tropicais e subtropicais (Grimm et al., 2000). No Sul da Amazônia, eventos de La Niña resultam em um padrão oposto ao do El Niño, com maior frequência de chuvas, especialmente durante períodos de maior aquecimento diurno.

Existem três regimes de chuvas na América do Sul: um compreendendo partes da Amazônia Central, onde os meses chuvosos correspondem a março-abril-maio; um segundo período localizado a Noroeste da América do Sul, com chuvas abundantes com seu pico máximo em abril-maio-junho; e o terceiro na parte Sul da região Amazônica com a estação chuvosa principalmente em janeiro-fevereiro-março (Marengo, 1995).

Esta variação das estações chuvosas pode estar relacionada com a posição da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), a base das chuvas desloca-se da parte Central do país no verão austral, para o Noroeste da América do Sul no inverno austral. Assim, acompanham a convecção profunda, quando as massas de ar aquecidas por um processo de ascensão encontram a troposfera (Moraes et al., 2015). Na região Norte do estado de Mato Grosso, Sul da Amazônia, o início das chuvas acontece no mês de setembro sob influência da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Já o fim da estação chuvosa inicia em maio, onde as regiões mais próximas ao Centro-Sul do país tendem a sentir o período de estiagem.

Os eventos de chuvas na Amazônia são impulsionados pela convergência de umidade advinda do Oceano Atlântico, que é transportada pelos ventos alísios em direção ao continente. Como um mecanismo natural, a floresta recicla parte das precipitações pluviais por meio da evapotranspiração (Aragão et al., 2014) e libera núcleos de condensação advindos do processo fotossintético. Esse equilíbrio entre o ciclo hidrológico e a floresta, mantém elevados níveis de chuva na região, que se estende por uma bacia hidrográfica de aproximadamente 6.000.000 km² (Paca et al., 2020b). A variabilidade sazonal das chuvas na Amazônia está intimamente ligada à ZCIT e à ZCAS. Durante a estação chuvosa, que ocorre geralmente entre novembro e abril, essas zonas de convergência são responsáveis por uma quantidade significativa de chuva (Marengo et al., 2018). A ZCIT desloca-se para o Sul, trazendo umidade do Atlântico Equatorial, enquanto a ZCAS, um sistema meteorológico caracterizado por um conjunto de nuvens que se estende do Sudoeste da Amazônia até o Sudeste do Brasil, contribui para chuvas intensas (Satyamurty, Da Costa e Manzi, 2013). A ZCAS está intimamente ligada à dinâmica

da circulação atmosférica sobre a América do Sul, interagindo com sistemas como a Alta da Bolívia e vórtices ciclônicos de altos níveis.

A interação entre o ENSO (Oscilação Sul-El Niño) e a ZCAS é um aspecto de particular relevância. Estudos mostram que durante eventos de El Niño, a formação e organização da ZCAS podem ser enfraquecidas, resultando em menor atividade convectiva e, consequentemente, em redução das chuvas associadas ao sistema (Carvalho et al., 2004). Em contraste, durante a La Niña, a ZCAS tende a apresentar maior intensidade, favorecendo episódios de precipitação prolongada e aumentando o risco de enchentes em áreas vulneráveis.

Apesar da intensificação das mudanças climáticas e sua capacidade em afetar a umidade da Amazônia (Soares e Marengo, 2009), o desmatamento proveniente do uso desenfreado do solo, demonstra um agravante imediato para a floresta (Aragão et al., 2018). Existe uma conexão entre a Floresta Amazônica, o bem-estar humano e as precipitações. Entretanto, com o avanço do desmatamento na região as chuvas podem reduzir significativamente ou alterar sua distribuição espacial (Lejeune et al., 2015), alterando assim, os serviços ecossistêmicos, a hidrologia e consequentemente a qualidade de vida dentro e fora da região amazônica (Marengo et al., 2018), além de prolongar a estação seca (Bottino et al., 2024).

É visível o efeito do desmatamento sobre o ciclo das chuvas, uma vez que a variabilidade na intensidade-duração-frequência das chuvas na Amazônia está associada à integridade da floresta e às temperaturas dos Oceanos Pacífico e Atlântico Tropical (Sorribas et al., 2016; Marengo e Jr, 2018). O estado de Mato Grosso, principalmente a porção Norte (região Amazônica do estado), apresenta um fenômeno chamado de anomalia de subsidência, no qual o fluxo radiativo superficial se altera devido ao aumento do albedo (coeficiente de reflexão), resultado do desmatamento; como consequência, causam redução no fluxo de calor e no vapor d'água liberado na atmosfera. Para o pior cenário das anomalias associadas com o desmatamento e o aquecimento global, o atraso das chuvas pode chegar de trinta a quarenta dias (Commar, Abrahão e Costa, 2023).

As chuvas naturais no Brasil apresentam variações significativas em sua intensidade e duração, influenciadas por diferentes padrões climáticos regionais (Carvalho et al., 2012). Devido à vasta extensão territorial e à diversidade climática do país, as características das chuvas variam consideravelmente entre as regiões, resultando em distintos padrões pluviométricos (Keller Filho, Assad e Lima, 2005). Segundo as isoietas do Serviço Geológico Brasileiro (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM, 2024), existe uma diferença nas tendências de chuvas entre as porções Sul e Norte da Amazônia. Enquanto ao Sul observa

uma redução dos eventos pluviométricos, em contraste, ao Norte da Amazônia apresenta uma situação oposta, com tendências positivas que sugerem um aumento na precipitação total.

Historicamente (de 1977 a 2006), a Amazônia apresenta os maiores índices pluviométricos registrados no país (CPRM, 2024), resultado de fatores como a incidência solar, a existência de uma vasta floresta e a abundância de água para formação de vapor d'água. O aumento dos índices pluviométricos acontece normalmente no sentido Sul para o Norte, com um regime de chuvas não homogêneo, resultado de alguns estudos (Ishihara, Fernandes e Loureiro, 2013; Lira, Fernandes e Ishihara, 2022). Dessa forma, a variabilidade da chuva na Amazônia é resultado de uma complexa interação entre processos naturais, e fatores antropogênicos, incluindo o desmatamento. Essa variabilidade destaca a importância de um monitoramento contínuo para compreender melhor a dinâmica climática da região, necessária para o manejo sustentável dos recursos naturais, principalmente na realidade proeminente do uso da terra, que indica a necessidade de manutenção dos serviços ecossistêmicos e de adaptação das atividades humanas às novas condições ambientais.

2.3 Aplicações de Hietogramas no Ciclo Hidrológico

A precipitação é um elemento climático importante para caracterizar uma região como tropical, e, influencia a dinâmica de outros fenômenos atmosféricos, sendo a melhor para caracterizar variabilidade climática da região (Sousa et al., 2015). Por meio da compreensão da dinâmica das chuvas na Amazônia, é possível formular um planejamento adequado das atividades humanas e do desenvolvimento local. Entretanto a região tem um déficit de medidas de intensidade (com pluviômetros ou pluviógrafos), mesmo o monitoramento das chuvas sendo fundamental para estudos e aplicações em climatologia e hidrologia (Delahaye et al., 2015). A baixa densidade de estações de monitoramento na Bacia Amazônica é decorrente de falta de profissionais qualificados e a localização das estações em regiões remotas, o que dificulta o acesso, instalação e manutenção de equipamentos (Paca et al., 2020a). Nesse caso, os monitoramentos mais simples e difundidos, são realizados apenas com as alturas pluviométricas totais por evento de chuva, que por sua vez, também não asseguram boas bases de dados, por falta de padronizações nas medidas (horários), tipo de pluviômetros usados, defeitos nos equipamentos, dados ausentes, dentre outros.

As chuvas intensas podem causar uma série de impactos negativos, dependendo da intensidade, local e característica do evento (Sabino et al., 2020), associados as características físico-hídricas do solo (Moratelli et al., 2023), bem como, ao manejo, uso e cobertura do solo (Alves et al., 2024). Os problemas sociais, econômicos e ambientais gerados por chuvas

intensas são diversos, todavia, estão relacionados às inundações, perda de solo por erosão hídrica, alagamentos e deslizamentos de terra.

Uma das formas de se compreender a dinâmica das chuvas pode ser dada pelos hietogramas, que são representações gráficas que descrevem a distribuição da intensidade ao longo da duração de um evento de chuva (Abreu, Angelini Sobrinha e Brandão, 2017). Essas são ferramentas utilizadas para modelagem hidrológica, previsão de enchentes e gestão de recursos hídricos (Chow, Maidment e Mays, 1988). Sua aplicação é particularmente relevante em estudos que buscam compreender a variabilidade e as características dos eventos de precipitação. Existem diversos métodos para estimativas de chuvas e embora seja um desafio, são fundamentais para verificar possíveis riscos de inundação, necessárias para a proteção da vida humana (Pegram e Parak, 2004).

A partir da definição dos hietogramas é possível gerar os hidrogramas, que tratam da relação da vazão líquida pelo tempo e que são respostas das interações entre o escoamento de base e as chuvas; essa forma de representação auxilia a delimitação da distribuição das chuvas, a partir de um determinado período, sendo possível compreender esse processo (Back, 2024). A construção de um hietograma ocorre a partir das informações de intensidade, duração e intervalo de tempo do evento, e, permite definir padrões de intensidade da chuva (Back, 2020).

Apesar de desempenharem a função básica de representar a distribuição temporal durante um evento de chuva, os histogramas apresentam variações significativas em seus tipos e aplicações (Almeida e Serra, 2017). Essas variações se manifestam nas metodologias de construção, nos propósitos específicos e na maneira como representam a distribuição da intensidade da chuva. Os hietogramas unitários são muitas vezes padronizados para representar eventos de precipitação pluvial hipotéticos com duração específica e distribuição temporal definida. Eles representam uma normalização da resposta da bacia, o que permite prever escoamentos para eventos de chuva com diferentes características de intensidade e duração (Singh, 1992).

A seleção do hietograma adequado deve considerar a representatividade dos dados históricos locais e a variabilidade intrínseca dos eventos de chuva (Silveira, Bemfica e Goldenfum, 2000; Alfieri, Laio e Claps, 2008). Algumas abordagens priorizam hietogramas com maior intensidade concentrada no início do evento, enquanto outras distribuem a intensidade de forma mais uniforme ao longo do tempo (Damé et al., 2010). Essas divergências refletem a complexidade em capturar fielmente as características dos eventos de chuva em diferentes contextos geográficos e climáticos.

O uso de hietogramas no ciclo hidrológico permite uma análise detalhada da resposta hidrológica a eventos de precipitação, sendo fundamental para o entendimento da dinâmica hidrológica de bacias hidrográficas (Saltalippi et al., 2024). Os hietogramas de projeto, por exemplo, são frequentemente utilizados para prever o escoamento de pico em resposta a eventos de chuva hipotéticos, enquanto os hietogramas baseados em dados observacionais demonstram a variabilidade real dos eventos de chuva e refletem sua complexidade (Tucci, 2004).

A relação entre hietogramas de chuva e hietogramas unitários auxilia no modelo de previsão da dinâmica hidrológica das bacias para diferentes cenários de chuva (Tucci, 1998). Enquanto os hietogramas de chuva mostram a variação da intensidade da precipitação ao longo do tempo, os hietogramas unitários normalizam essa resposta, permitindo previsões para eventos com diferentes intensidades e durações (Singh, 1992). Essa relação é estabelecida aplicando um hietograma de chuva a um modelo hidrológico, que calcula o escoamento superficial considerando fatores como infiltração e retenção de água no solo.

Apesar do consenso sobre a utilidade dos hietogramas, há divergências significativas quanto à escolha dos padrões mais representativos. A literatura aponta para uma falta de uniformidade nas abordagens, com algumas metodologias favorecendo hietogramas com intensidade concentrada em certos momentos do evento, enquanto outras adotam distribuições mais uniformes (Santos, 2009). Essas variações não são meramente teóricas; elas impactam diretamente a precisão das modelagens hidrológicas e, conseqüentemente, as decisões de gestão de recursos hídricos e planejamento urbano.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de Estudo

O estado de Mato Grosso, situado na região Centro-Oeste do Brasil, entre as coordenadas 06°00' S e 19°45' S e 50°06' W e 62°45' W, abrange uma área de aproximadamente 903.208 km² e representa cerca de 56,2 % da Região Centro-Oeste e 10,61% do território brasileiro, sendo considerada como a terceira maior unidade federativa do país (IBGE, 2022). Mato Grosso apresenta uma vasta extensão territorial, além de abranger três distintos biomas: Pantanal, Amazônia e Cerrado e suas respectivas áreas de transição, sendo o bioma Amazônico o maior do globo. Tal diversidade ecológica, cultural e social converge com o setor do agronegócio, que impulsiona sua economia (Gusso, Ducati e Bortolotto, 2017; Machado, 2020), visto que, é considerada uma das principais regiões da produção agrícola brasileira.

Os tipos climáticos característicos, conforme a classificação de Köppen, delineiam a complexidade climática de Mato Grosso. Predominantemente, observa-se o clima tropical úmido ou subúmido (Aw) (Souza et al., 2013), com temperaturas superiores a 18°C durante todos os meses do ano. Nessa configuração, nas regiões Centro-Sul, Norte, Médio-Norte e partes do Pantanal Mato-grossense, a estação seca prevalece no outono/inverno, seguida pela estação chuvosa na primavera/verão. Além disso, ainda ocorrem regiões com clima temperado ou tropical de altitude (Cwa) (Souza et al., 2013) com um inverno seco e com temperaturas abaixo de 18 °C e as chuvas de primavera/verão/outono, especialmente nas regiões de altitude próxima a 800 metros. Nesse contexto, Mato Grosso tem como característica climática a formação de duas estações bem definidas: chuvosa (de outubro a abril) e seca (maio a setembro). A precipitação média anual varia entre 1200 e 2200 mm (Alvares et al., 2013), com potencial para maiores concentrações pluviométricas no Norte (Marcuzzo, Rocha e Melo, 2012), diminuindo nas regiões Central, Leste, Oeste e Sul do estado (Rosa et al., 2007; Machado et al., 2015).

Os índices pluviométricos médios no estado revelam uma distribuição sazonal das chuvas, com os meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março concentrando os maiores totais de precipitação. Na região Norte do estado (bioma Amazônico), as chuvas predominantes são do tipo convectivas, usualmente chamadas de chuvas de verão. O principal mecanismo atmosférico que atua no estado da formação de chuva é a massa de ar Equatorial Continental (Marcuzzo et al., 2011). Assim, apesar do clima de Mato Grosso ser controlado por sistemas

tropicais e subtropicais, o aquecimento local provoca as chuvas convectivas, especialmente na primavera e verão (Machado, Biudes e Querino, 2015).

Os dados utilizados no estudo foram obtidos de duas fontes: i) a primeira a partir de pluviógrafos instalados em cinco estações hidrometeorológicas operadas pela Rede Hidrometeorológica Nacional (CPRM/ANA), cedidos pela superintendência do Serviço Geológico do Brasil (CPRM) de Manaus-AM; e a segunda de estações meteorológicas automáticas pertencentes ao grupo de pesquisa Tecnologia em Recursos Hídricos no Centro-Oeste, da Universidade Federal de Mato Grosso – Campus Universitário de Sinop. Para as análises foram consideradas cinco estações pluviográficas convencionais e dez pluviométricas automáticas (Tabela 1), localizadas no bioma Amazônia (mesorregião Norte) e na transição Amazônia-Cerrado (mesorregião Sudeste), ambas localizadas no estado de Mato Grosso (Figura 1). Essas estações estão instaladas nos municípios de Peixoto de Azevedo, Alta Floresta, Aripuanã, Porto dos Gaúchos, Paranatinga, Sinop, Feliz Natal, Lucas do Rio Verde, Juara e Vera. As séries temporais de dados variaram por estação em função dos períodos experimentais de monitoramento vinculados a outros projetos de pesquisa.

Tabela 1 - Estações pluviométricas e pluviográficas utilizadas na avaliação das intensidades de chuva, no Estado de Mato Grosso, Brasil.

Código*	Nome da Estação	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Período de Dados	Intervalo de medição
956001	1 - Jus. Foz Peix. Azevedo	-9.64	-56.02	290	2002-2012	1 hora
956000	2 - Alta Floresta	-9.87	-56.10	400	2000-2010	1 hora
1059000	3 - Humboldt	-10.18	-59.45	242	2002-2012	1 hora
1157000	4 - Porto dos Gaúchos	-11.54	-57.42	260	2000-2011	1 hora
1454000	5 - Paranatinga	-14.42	-54.05	484	2000-2010	1 hora
-	6 - Rio Nandico	-12.22	-55.56	331	2021-2023	5 min
-	7 - Córrego Rosana	-12.01	-55.51	331	2021-2023	5 min
-	8 - Faz. Santa Sofia	-11.28	-55.62	258	2021-2023	5 min
-	9 - Empaer	-11.98	-55.56	367	2022-2024	5 min
-	10 - Feliz Natal	-12.38	-54.97	416	2020-2022	5 min
-	11 - Faz. Bragança	-13.31	-56.11	416	2020-2021	10 min
-	12 - Faz. São José	-12.17	-55.40	387	2015-2023	10 min
-	13 - Faz. Vô Maria	-12,41	-55.36	421	2015-2021	10 min
-	14 - Faz. Fetter	-12,26	-55.30	379	2016-2021	10 min
-	15 - UFMT	-11.86	-55.48	371	2010-2021	5 min

*Código das estações pertencentes a Rede Hidrometeorológica Nacional no Hidroweb; as demais estações são de projetos de pesquisas e não estão cadastradas na RHN.

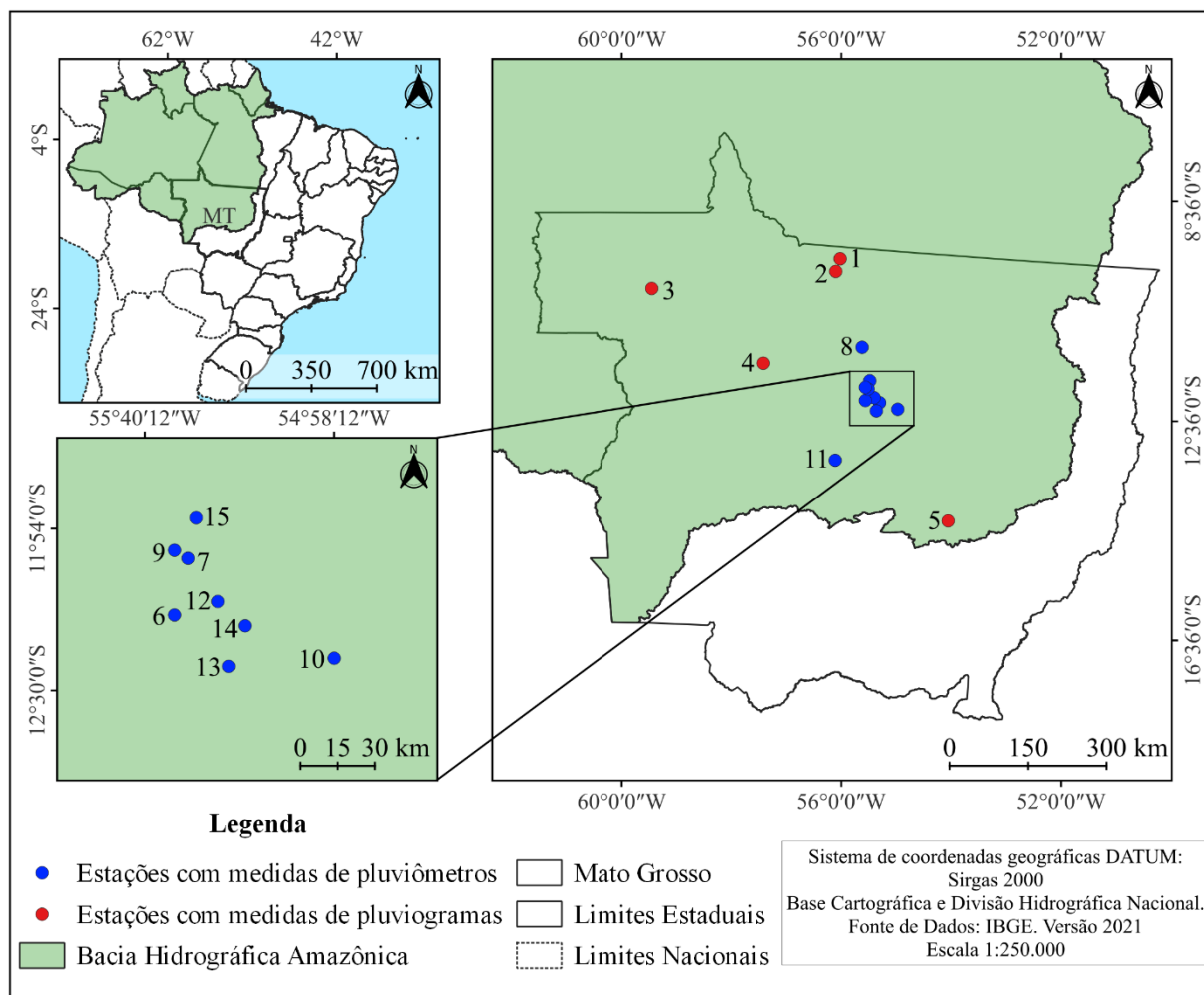


Figura 1 - Mapa de localização das quinze estações inseridas na Bacia Hidrográfica Amazônica, estado de Mato Grosso, Brasil. Identificação numérica de acordo com a Tabela 1.

3.2 Coleta e processamento dos dados

As leituras dos pluviogramas (cinco estações convencionais) foram realizadas de maneira digital como parte do trabalho de Sabino et al. (2020), através do Sistema de Digitalização de Pluviogramas HidroGraph 1.02 (Figura 2), desenvolvido pelo Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (UFV), para a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). O Hidro Graph é um software projetado para operar com as mesas digitalizadoras dos principais fabricantes, na medida em que a sua comunicação com estes dispositivos é feita através da biblioteca WinTab, considerada uma interface de comunicação padrão. A interface do Hidro Graph com o usuário é semelhante à dos aplicativos projetados para a plataforma Windows, oferecendo, inclusive, suporte para múltiplos documentos (MDI) (Sumário de Comandos do Software Hidro Graph versão 1.02). Nesse caso, foram extraídos todos os eventos de chuvas

para as cinco estações convencionais (Alta Floresta, Porto dos Gaúchos, Peixoto de Azevedo, Paranatinga e Humboldt), independentemente da duração e altura pluviométrica.

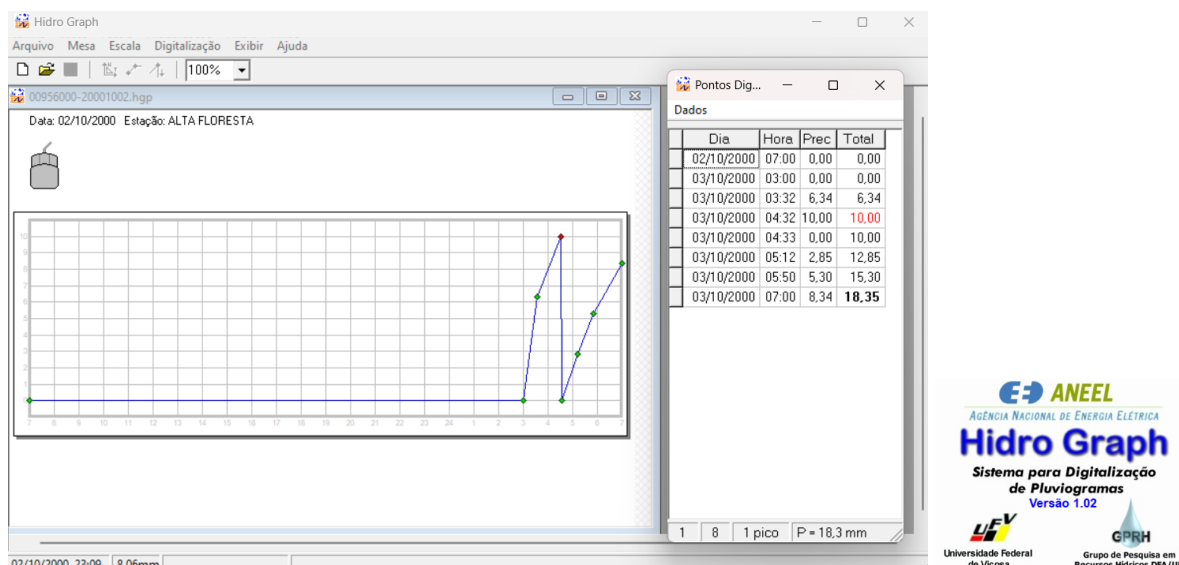


Figura 2 - Exemplo de pluviograma digitalizado e vetorizado no software Hidro Graph 1.02.

Após a organização, análise de consistência e exploratória dos pluviogramas, qualquer chuva registrada após um intervalo seco de até a 60 min consecutivos foi classificada como um novo evento, conforme as durações de medidas de chuvas observadas por Sabino et al. (2020). Além disso, apenas eventos com duração mínima de 30 min foram avaliados ou com lâmina total superior a 6.0 mm em 30 min (Barbosa et al., 2023).

Nas estações automáticas do grupo TRHECO, que registram dados em intervalos de cinco e dez min, eventos com menos de 15 min de duração não foram classificados devido à impossibilidade de identificação dos padrões de intensidade, todavia, estes foram contabilizados apenas no total de ocorrências; nesse caso, considerou-se um novo evento sempre que o período sem lâmina precipitada excedesse 60 minutos consecutivos. Em todas as estações automáticas foi utilizado o modelo de Pluviômetro Davis Vantage Pro 2, com resolução de 0.2 mm. A Figura 3 representa todas as etapas metodológicas desenvolvidas no estudo.

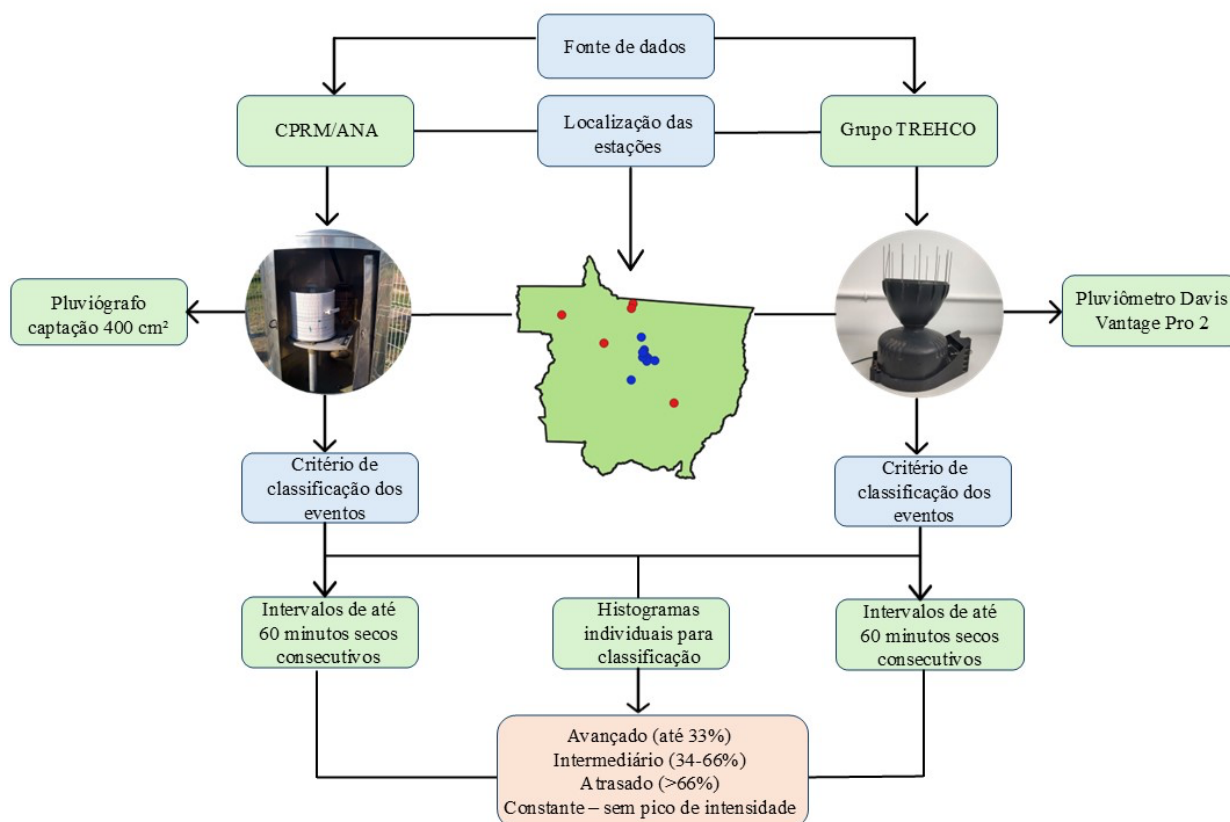


Figura 3 - Fluxograma da metodologia utilizada para realização da coleta e organização dos dados medidos e classificação dos padrões de intensidade das chuvas naturais.

Para a identificação dos padrões de intensidade das chuvas, em cada evento foram gerados histogramas de frequência individuais, e, considerou-se as seguintes ocorrências de picos de intensidade de chuva (Mehl et al., 2001; Oliveira et al., 2010):

- I) Avançado – quando o pico de intensidade da chuva ocorre nos primeiros 33% da duração total do evento, a partir do seu início;
- II) Intermediário – quando o pico de intensidade ocorre entre 34% e 66% da duração total do evento, a partir do seu início;
- III) Atrasado – quando a intensidade máxima ocorre após 66% do tempo total da chuva, a partir do início do evento;
- IV) Constante – quando a intensidade da chuva se mantém inalterada ao longo de toda a duração do evento.

Após isso, os eventos foram classificados conforme o seu padrão de intensidade e duração da chuva, em seis intervalos: menores que 30 min, 30 a 60 min, 60 a 120 min, 120 a 180 min, 180 a 240 min e superiores a 240 min. Vale destacar que pela limitação de análises nos pluviogramas, não foram consideradas precipitações inferiores a 30 min de duração para as cinco estações convencionais. Esta abordagem contribuiu para que cada evento de chuva seja

tratado de forma independente e que as análises subsequentes reflitam com precisão os padrões de intensidade das chuvas.

Além da análise dos padrões mais tradicionais, foi avaliado ainda padrões do tipo M, W e U invertido cada um com características únicas durante os eventos de chuva. Alguns desses padrões inclusive já foram avaliados em estudos com chuvas simuladas pelo InfiAsper (Carvalho et al., 2022), visando reproduzir chuvas naturais ao programar diferentes intensidades de precipitação.

A segmentação dos eventos de chuvas por dias de ocorrência facilitou a organização dos dados para análises subsequentes, realizadas através da observação visual dos gráficos. A manutenção das estações meteorológicas apresenta variabilidade em todo o estado, pois as estações meteorológicas convencionais requerem a presença de um profissional para a coleta diária dos dados, além de refletir em altos custos de manutenção (Paca et al., 2020a). Essas dificuldades frequentemente resultam em falhas nos dados e na desativação das estações.

4 RESULTADOS

4.1 Caracterização dos padrões das chuvas

As chuvas naturais analisadas e todos os pontos de localização pertencem a mesorregião Norte Matogrossense. As 15 estações apresentam dinâmica de precipitação pluvial semelhantes, apesar da variação no intervalo de dados. O período seco estende-se de maio a setembro, com mínimos mensais (transição seca-chuva) e período chuvoso com totais máximos mensais variando de dezembro a março. A caracterização dos padrões de intensidade (Figura 4) representam as dinâmicas dos hietogramas comumente observados nos eventos de chuvas.

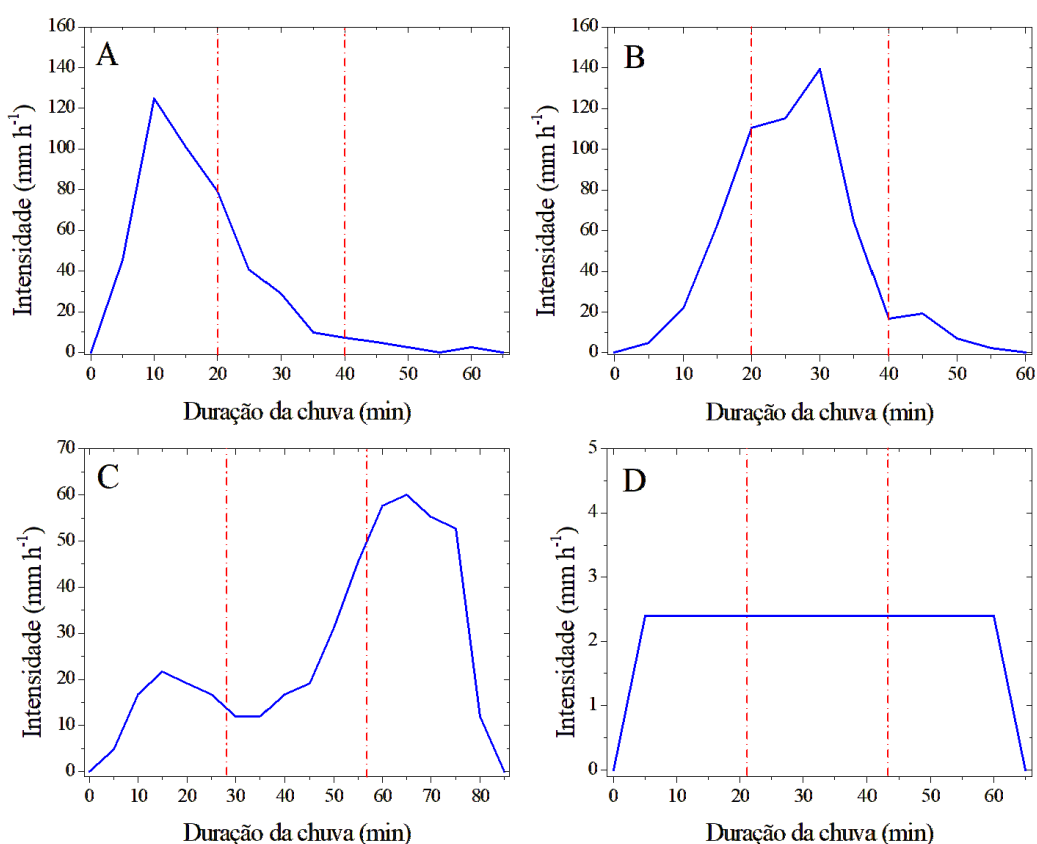


Figura 4 - Representação dos padrões de intensidade de precipitação pelo tempo de duração do evento. (a) Representação da dinâmica do padrão Avançado (estação Rio Nandico 15/03/2022); (b) Representação da dinâmica do padrão Intermediário (estação Faz. Santa Sofia 25/10/2022); (c) Representação da dinâmica do padrão Atrasado (estação Faz. Santa Sofia 23/01/2023); (d) Representação da dinâmica do padrão Constante (estação Rio Nandico 28/10/2022).

As representações gráficas na Figura 4 mostram eventos com intensidades máximas e lâminas totais precipitadas diferentes, todavia com durações próximas entre si. Não foi observada nenhuma repetição de eventos nas avaliações realizadas.

Na Figura 4A, o padrão caracterizado como Avançado, teve pico de 120 mm h⁻¹, nos primeiros 10 min da duração total da chuva. As Figura 4B e 4C mostram os padrões

Intermediário e Atrasado, com picos máximos ocorrendo após 33% e 66% do tempo de chuva, respectivamente, com intensidades máximas de 130 e 60 mm h⁻¹, atingidas aos 30 e 55 min após o início das chuvas, respectivamente.

Considerando as formas de medições das chuvas (pluviogramas e automáticas), foram realizadas caracterizações em função da duração mínima de chuvas para definição dos padrões. Nos pluviogramas, após o processo de digitalização no HidroGraph 1.02, é possível a verificação de padrões de chuvas, após as alterações de nível no reservatório dos pluviógrafos, sem uma definição de tempo mínimo. Para as estações automáticas com registros em intervalos de 10 min, as chuvas devem apresentar uma duração mínima de 30 minutos (quatro valores de intensidade armazenados pelo sistema de aquisição de dados), enquanto, para as estações automáticas com medidas em cinco min, são necessários pelo menos 20 minutos de chuvas, para identificação de um padrão (quatro valores de intensidade armazenados pelo sistema de aquisição de dados).

Para uma adequada caracterização dos padrões de intensidade das chuvas na região, os eventos de precipitação foram organizados e agrupados com base no tipo de medição e separados por ano e estação. Nas estações convencionais, foram avaliados 4.009 eventos de chuvas, e destes, nenhum evento foi caracterizado no padrão constante (Tabela 2). Por conseguinte, nas estações automáticas com medições em intervalos de 10 min, instaladas no município de Vera e Lucas do Rio Verde foram avaliados 1.185 eventos de chuvas (Tabela 3), sendo que destes apenas seis apresentaram padrão de intensidade constante; já nas estações automáticas com medições em intervalos de 5 min, dos 992 eventos de chuvas avaliados (Tabela 4), quatro apresentaram padrão constante. Proporcionalmente, observa-se que medições com intervalos de tempo menores permitem melhores diagnósticos nos padrões dos hietogramas, inclusive para o padrão constante.

Tabela 2 - Número de eventos em função do padrão de intensidade de chuva, nas cinco estações convencionais com medições por pluviogramas, na região Sul da Amazônia, Mato Grosso.

Ano	Porto dos Gaúchos	Alta Floresta	Humboldt	Jusante Foz do Peixoto	Paranatinga	Número de eventos
Avançado (AVA)						
2000	23	27	-	-	22	72
2001	12	20	-	-	32	64
2002	46	39	2	1	45	133
2003	63	35	26	26	41	191
2004	78	48	41	34	-	201
2005	69	54	41	48	60	272
2006	61	42	33	51	29	216
2007	27	56	18	18	27	146

2008	14	87	32	35	33	201
2009	30	57	40	38	60	225
2010	41	21	54	-	59	175
2011	27	-	88	28	-	143
2012	-	-	21	35	-	56
Total	491	486	396	314	408	2.095
Intermediário (INT)						
2000	6	10	-	-	13	29
2001	3	13	-	-	19	35
2002	32	31	6	3	26	98
2003	33	40	11	37	26	147
2004	26	25	29	25	-	105
2005	31	20	22	33	31	137
2006	25	38	10	30	21	124
2007	17	35	17	17	9	95
2008	11	31	32	19	17	110
2009	18	33	34	15	22	122
2010	13	20	20	-	21	74
2011	11	-	36	10	-	57
2012	-	-	16	11	-	27
Total	226	296	233	200	205	1.160
Atrasado (ATR)						
2000	5	9	-	-	9	23
2001	3	4	-	-	17	24
2002	20	11	5	2	14	52
2003	15	24	19	17	12	87
2004	23	10	14	23	-	70
2005	17	23	13	20	13	86
2006	32	18	3	18	11	82
2007	7	15	8	15	11	56
2008	10	20	31	22	14	97
2009	10	19	30	15	7	81
2010	9	14	24	-	15	62
2011	1	-	15	8	-	24
2012	-	-	8	2	-	10
Total	152	167	170	142	123	754
Número de eventos	869	949	799	656	736	4.009

Tabela 3 - Número de eventos em função do padrão de intensidade de chuva, nas estações meteorológicas automáticas (medições em intervalos de 10 minutos) no município de Vera e Lucas do Rio Verde, Mato Grosso, Brasil.

Rio Verde, Mato Grosso, Brasil.

Ano	Nº de eventos/padrão				Nº eventos
	Avançado	Intermediário	Atrasado	Constante	
Fazenda Fetter (Vera - MT)					
2016	34	38	4	-	76
2017	22	15	4	-	41
2018	49	39	1	-	89
2019	40	21	5	-	66
2020	30	33	1	-	64

2021	12	15	-	-	27
Total	187	161	15	0	363
Fazenda Vô Maria (Vera - MT)					
2015	16	12	3	-	31
2016	48	40	1	-	89
2017	29	29	3	-	61
2018	47	36	3	-	86
2019	29	26	2	-	57
2020	20	20	5	-	45
2021	19	16	4	-	39
Total	208	179	21	0	408
Fazenda São José (Vera - MT)					
2015	29	13	2	3	47
2016	25	18	2	-	45
2017	20	9	-	1	30
2018	27	25	2	-	54
2019	22	7	-	-	29
2020	14	5	-	-	19
2021	17	16	2	1	36
2022	31	28	6	-	65
2023	11	8	1	-	20
Total	196	129	15	5	345
Fazenda Bragança (Lucas do Rio Verde - MT)					
2020	7	8	-	-	15
2021	29	22	2	1	54
Total	36	30	2	1	69

Dos 4.009 eventos avaliados extraídos de pluviogramas das estações convencionais, 52,2, 28,9 e 18,8% foram do tipo Avançado, Intermediário e Atrasado, respectivamente. Para as estações automáticas com medições em 10 minutos, dos 1.185 eventos de chuvas (Tabela 3), 53,1, 41,8 e 4,4%; e que apenas seis destes apresentaram padrão de intensidade Constante; dos 993 eventos de chuvas avaliados para estações automáticas com medições em 5 minutos, 59, 31 e 9,5% também foram dos padrões Avançado, Intermediário e Atrasado, respectivamente.

Nesse contexto, dos 6.187 eventos de chuvas naturais avaliados nota-se a predominância do padrão Avançado (AVA) na região Sul da Amazônia, com 53,52% dos eventos analisados. Em contrapartida, os padrões Intermediário, Atrasado e Constante corresponderam a 31,74%, 14,58% e 0,16%, respectivamente. É necessário destacar que, considerando o intervalo de separação dos eventos de chuva, foram registrados dias com mais de um evento, inviabilizando a quantificação de dias chuvosos.

Tabela 4 - Número de eventos em função do padrão de intensidade de chuva, em estações meteorológicas automáticas (medições em intervalos de 5 minutos), em diferentes municípios da região Norte de Mato Grosso (Sul da Amazônia).

Ano	Nº de eventos/padrão				Nº eventos
	Avançado	Intermediário	Atrasado	Constante	
Estação - Rio Nandico (Vera - MT)					
2021	13	5	3	-	20
2022	48	18	3	1	69
2023	29	7	4	-	40
Total	90	30	10	1	131
Estação - Córrego Rosana (Sinop - MT)					
2021	16	6	-	-	22
2022	40	13	3	-	56
2023	21	16	1	-	38
Total	77	35	4	0	116
Estação - Fazenda Santa Sofia (Juara - MT)					
2021	21	11	1	-	33
2022	55	19	5	1	80
2023	11	6	1	1	19
Total	87	36	7	2	132
Estação - Campus Experimental EMPAER (Sinop - MT)					
2022	22	4	-	-	26
2023	38	22	4	-	64
2024	20	15	1	-	36
Total	80	41	5	0	126
Estação - Feliz Natal - MT					
2020	12	5	0	-	17
2021	25	7	1	-	33
2022	18	3	-	-	21
Total	55	15	1	0	71
Estação - UFMT Sinop					
2010	23	8	5	-	36
2011	46	21	3	-	70
2013	9	40	5	-	54
2014	28	34	23	-	85
2015	25	17	17	-	59
2016	3	4	1	-	8
2019	11	6	0	-	17
2020	33	31	7	-	71
2021	12	3	1	1	17
Total	190	164	62	1	417

4.2 Caracterização da duração das chuvas

A região Sul da Amazônia, no Norte de Mato Grosso, apresentou uma alta frequência de chuvas com duração superior a 120 min (Tabela 5). Foram observadas três precipitações com duração superior a 1.000 min, estação São José (lâmina precipitada 58,31; 62,55; 88,28 mm, com duração de 2.000; 1.860; 1.160 min, respectivamente, padrão Avançado) e 69 eventos que excederam 400 min, distribuídos nas seguintes estações: Fazenda Fetter (14 evento), Fazenda São José (20 evento), Fazenda Vô Maria (12 eventos), UFMT (10 eventos), Empaer (1 evento), Fazenda Santa Sofia (2 evento), Rio Nandico (4 eventos), Córrego Rosana (2 evento) e Fazenda Bragança (3 evento). Na região Sul da Amazônia, 37,86% (2.343 eventos) das precipitações analisadas tiveram duração superior a 120 min. Já as chuvas com duração entre 60 e 120 min representaram 35,72% (2.210) do total de eventos. Esses resultados reforçam as características climáticas da região, diferindo da baixa frequência de eventos de longa duração encontrados em outras áreas do estado (Alves et al., 2013) com durações máximas de 360 minutos (Sabino et al., 2022). Outro ponto a destacar é que as medições em menores intervalos de tempo (5 minutos) permitem caracterizar as chuvas com duração inferior a 30 minutos, e destas, 60,5% foram chuvas do padrão Intermediário.

Tabela 5 - Ocorrência dos padrões de intensidade de chuva em função da duração da precipitação, nas 15 estações avaliadas, Mato Grosso, Brasil. (Número de eventos = 6.187).

Tipo de medição	Padrão	< 30 minutos	30 - 60 minutos	60 - 120 minutos	120 - 180 minutos	180 - 240 minutos	> 240 minutos	Total
Pluviogramas (Estações 1-5)	AVA	0	410	789	431	248	217	2.095
	INT	0	360	441	170	97	92	1.160
	ATR	0	197	300	147	57	53	754
	CTE	0	0	0	0	0	0	0
Automáticas (tempo de 10 minutos) (estações 11-14)	AVA	0	75	202	127	89	137	630
	INT	0	200	151	69	34	42	496
	ATR	0	19	17	10	3	4	53
	CTE	0	0	0	1	2	3	6
Automáticas (tempo de 5 minutos) (estações 6-10; 15)	AVA	11	166	184	83	57	85	586
	INT	23	133	95	24	11	22	308
	ATR	4	36	28	9	8	10	95
	CTE	0	0	3	1	0	0	4
Número de eventos		38	1.596	2.210	1.072	606	665	6.187

* AVA – avançado; INT – Intermediário; ATR – Atrasado; CTE – Constante.

A dinâmica sazonal das chuvas na região Sul da Amazônia evidencia um regime climático bem definido, com distinção clara entre os períodos chuvoso e seco (Figura 5). Considerando os períodos avaliados nas 15 estações, os maiores valores totais médios mensais

de chuva ocorreram nos meses de março (320,4 mm mês⁻¹) e dezembro (360,4 mm mês⁻¹), todavia observa-se uma considerável variabilidade nesses meses, refletida pelo alto desvio padrão. Além disso o total anual médio foi de 1.786,9 mm, o que demonstra as características dos volumes pluviométricos da região Sul da Amazônia.

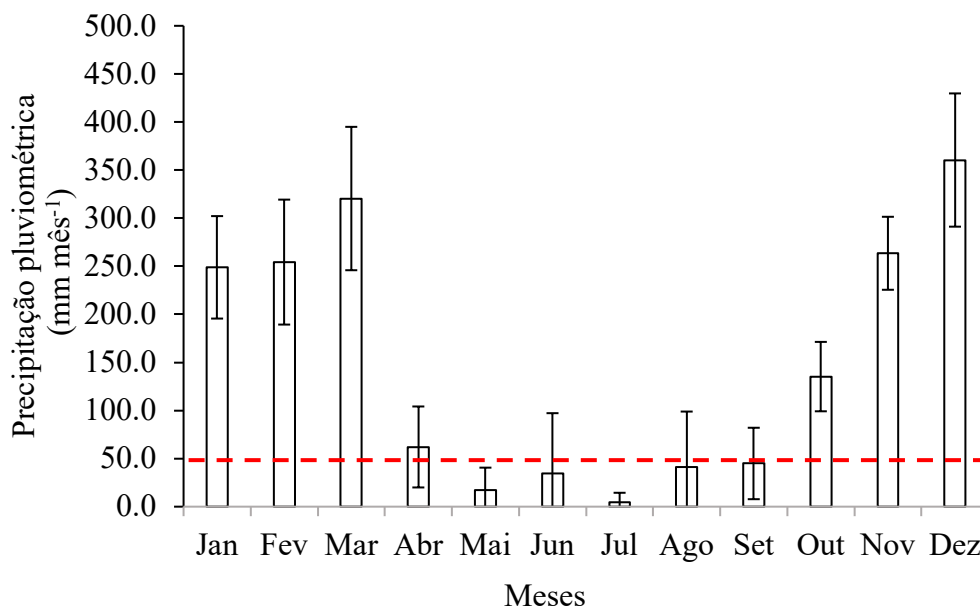


Figura 5 - Médias mensais e desvios padrões da precipitação pluviométrica na região Sul da Amazônia (Norte de Mato Grosso).

Os meses de novembro (263,5 mm mês⁻¹), janeiro (248,9 mm mês⁻¹) e fevereiro (254,3 mm mês⁻¹) também apresentam volumes significativos de chuvas e alto desvio padrão. Em contrapartida, entre maio e setembro, os totais acumulados foram inferiores a 50 mm mês⁻¹. Essa variação sazonal é típica de regiões tropicais, onde as chuvas são intensas nos períodos de maior incidência de radiação solar, seguidas por meses de estiagem. Além disso, a análise do desvio padrão sugere que os eventos de chuvas foram variáveis entre as estações, ou seja, mesmo no período chuvoso, ocorre uma elevada variabilidade espacial das chuvas predominantemente convectivas.

Independentemente da época do ano, ocorrem mais chuvas com padrões Avançados (AVA) ao longo do ano, sendo observados 466 (7,53%), 604 (9,76%), 559 (9,03%), 520 (8,40%) e 477 (7,71%) eventos com esse padrão entre novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março, respectivamente (Figura 6). Além disso, para o período avaliado, não existe uma relação linear entre o número de eventos com as precipitações médias mensais (Figura 5), visto que o mês de janeiro apresenta elevado número de eventos (quando se analisa um mesmo padrão de intensidade). Todavia, as chuvas médias são inferiores ao observado em fevereiro e março. Nesse caso, em fevereiro, observa-se um crescimento do número de eventos do padrão

intermediário (INT). Souza et al. (2013), observaram que nessa região (período de dados de 1972 a 2012), fevereiro é o mês mais chuvoso, e, portanto, essas alterações observadas em fevereiro podem ser um indicativo da intensidade e da concentração de chuvas, provavelmente atribuída à maior frequência de eventos convectivos intensos (Back e Poleto, 2017), que por sua vez, apresentaram efeitos ambientais distintos daqueles observados em dezembro em função do conteúdo de água já armazenado no solo nos meses anteriores.

Nota-se ainda que existe uma proporcionalidade entre os tipos de eventos para cada mês, ou seja, em geral ocorrem 1,7 e 3,8 eventos de padrão Avançado para cada evento de padrão Intermediário e Atrasado, respectivamente. Essa dinâmica evidencia implicações sobre processos hidrológicos e riscos associados a erosão (Carvalho et al., 2012, 2015) e escoamento superficial do solo em áreas agrícolas (Mehl et al., 2001; Back e Poleto, 2017).

N = 6.187

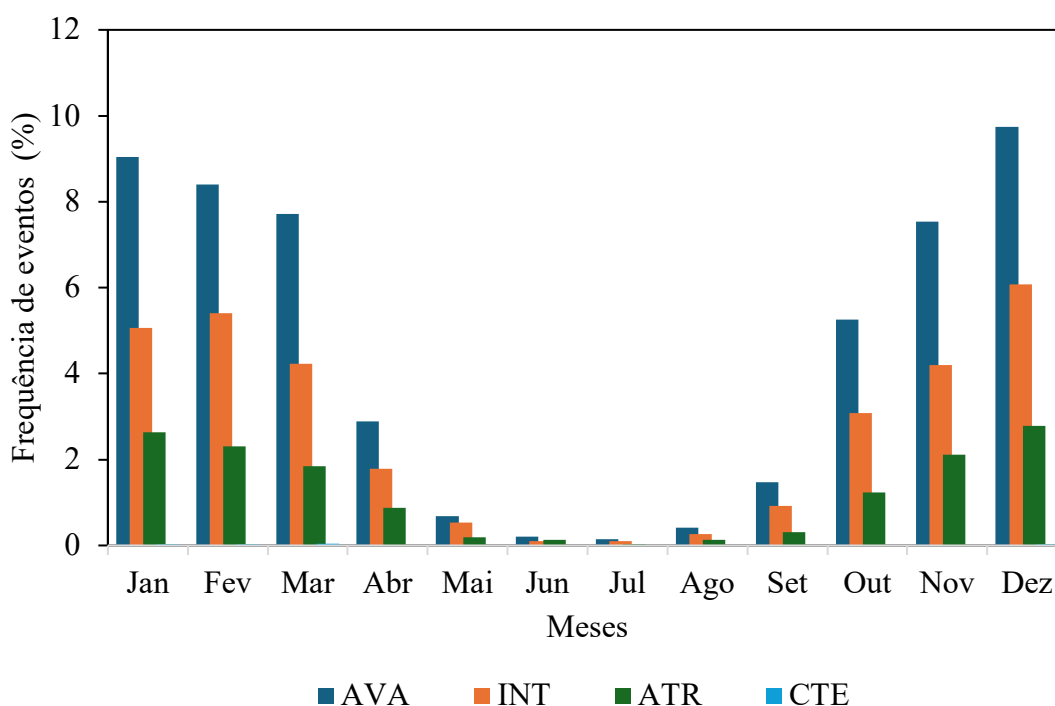


Figura 6 - Distribuição mensal dos padrões de intensidade de precipitação por tipo (Avançado, Intermediário, Atrasado e Constante) no período analisado.

As maiores intensidades de chuva observadas nos dados estão associadas predominantemente aos eventos classificados como de padrão Avançado (Tabela 6), o que indica uma concentração mais intensa da chuva nos primeiros 33% da duração total do evento. Além disso, 66,66% dos eventos com intensidades máximas apresentaram durações superiores a 120 min, sugerindo que, apesar da alta intensidade inicial, essas chuvas se prolongam mesmo

que com intensidade reduzida após o pico máximo. Essa variação na intensidade dos eventos pode ser explicada pelo acúmulo de umidade, característico do tipo de chuva da região.

Tabela 6 – Intensidade máxima e média de chuva para cada uma das 15 estações avaliadas no Sul da Amazônia, conforme a data do evento, horário, duração, lâmina precipitada e padrão.

Intensidade Máxima e média							
Estações	Data	Horário de início	Duração (min)	Lâmina	Imax do evento	Imed evento	Padrão
				precipitada (mm)			
Jus Foz Peix.							
Azevedo	03/12/2007	19:19	135	15,22	231,3	49,36	Avançado
Alta Floresta	30/05/2010	14:39	79	10,7	454,8	89,40	Avançado
Humboldt	26/02/2011	07:51	297	164,23	601,8	89,92	Intermediário
Porto dos Gaúchos	14/12/2002	18:50	273	33,64	200	25,14	Avançado
Paranatinga	10/04/2003	00:35	128	43,13	319,2	56,73	Avançado
Rio Nandico	25/01/2023	13:20	80	52,4	139,2	36,98	Avançado
Córrego Rosana	19/02/2023	20:20	175	81,4	160,8	27,13	avançado
Faz. Santa Sofia	01/03/2022	19:30	70	89,6	216	71,68	Avançado
Empaer	01/01/2024	16:15	220	51,6	136,8	13,76	Avançado
Feliz Natal	18/11/2020	17:20	200	69,0	117,6	19,25	Intermediário
Faz. Bragança	10/02/2021	23:00	140	33,4	86,4	13,36	Intermediário
Faz. São José	07/01/2019	13:30	110	65,78	175,26	32,89	Avançado
Faz. Vô Maria	16/12/2019	14:30	70	51,31	131,04	38,48	Avançado
Faz. Fetter	18/09/2016	17:30	190	59,2	140,4	17,76	Intermediário
UFMT	27/02/2015	21:00	140	352,4	597,6	145,82	Intermediário

*Imax – Intensidade máxima; Imed – Intensidade média.

Devido à diferença entre os intervalos de tempo nas medições nas estações automáticas de cinco e dez minutos, em 93 eventos de chuva de curta duração não foi possível definir padrões de intensidade (Tabela 7), mesmo com lâmina precipitada superior a 3,0 mm. Nesse caso, destaca-se que três desses eventos apresentaram intensidades médias de 1,8; 1,64 e 2,5 mm min⁻¹, sendo superiores as intensidades de projetos para Mato Grosso com tempo de retorno de 10 anos (1,25 mm min⁻¹) observadas por Sabino et al. (2020).

Tabela 7 - Eventos de chuva sem padrões de intensidade definidos por limitação de pontos de medição.

Nome da Estação	Período	N eventos	Intervalo de medição	Lâmina Média (mm)	Tempo (min)	Intensidade Média (mm h⁻¹)
Faz. Fetter	2016	6	10 min	7,63	30	11,45
	2017	6		5,06	30	7,6
	2018	6		8,86	30	13,3
	2018	2		5,2	20	10,4
	2019	3		3,0	30	4,5
	2019	1		3,4	20	6,8

	2020	4		7,7	30	11,55
	2020	1		18,0	20	36
	2021	2		8,2	30	12,3
Total Faz. Fetter		31		7,45		11,03
Faz. São	2016	2	10 min	3,18	30	4,76
	2017	4		5,39	30	8,09
	2018	8		5,71	30	8,56
	2019	6		6,09	20	9,14
	2020	3		4,8	30	7,2
	2020	1		12,2	20	24,4
	2021	2		25,1	20	50,2
	2021	1		16,6	30	29,9
	2022	1		6	30	12
Total Faz. São José		28		9,45		12,62
UFMT	2013	1	5 min	3,5	20	10,5
	2015	2		10,95	20	32,85
	2016	1		4,7	20	14,1
	2020	1		4,0	20	12
	2021	1		3,0	20	9
Total UFMT		6		6,18		18,55
Faz. Vô	2015	1	10 min	11,2	30	16,8
	2015	1		5,4	20	8,1
	2016	11		5,23	30	7,85
	2017	1		4,8	30	7,2
	2018	4		8,9	30	13,35
	2019	5		5,56	30	8,34
	2020	4		5,46	30	8,19
	2021	1		5,6	30	8,4
Total Faz. Vô Maria		28		6,51		9,09
Total		93		6,81		12,82

N* - Número de eventos.

Os diferentes padrões de chuva podem provocar variações nos picos de perdas de solo e água ao longo da duração do evento (Figura 8), devido à intensidade da precipitação. Embora a redução da intensidade ao longo do evento possa temporariamente diminuir a taxa de erosão, o solo já saturado torna-se mais suscetível à degradação quando a intensidade aumenta novamente (Fan et al., 2020). Essas variações influenciam a capacidade de infiltração e, consequentemente, o escoamento superficial (Liu, Pang e Xie, 2009). Em eventos de alta intensidade, o escoamento tende a aumentar, especialmente quando a intensidade da chuva ultrapassa a capacidade de infiltração do solo, resultando em acúmulo de água na superfície e maior escoamento superficial em função do gradiente topográfico (fatores LS – comprimento da rampa e declividade) (Carvalho et al., 2012). Além disso, chuvas intensas frequentemente

reduzem o percentual de infiltração devido ao selamento da superfície, o que pode levar a maiores perdas de água (Brandão et al., 2007).

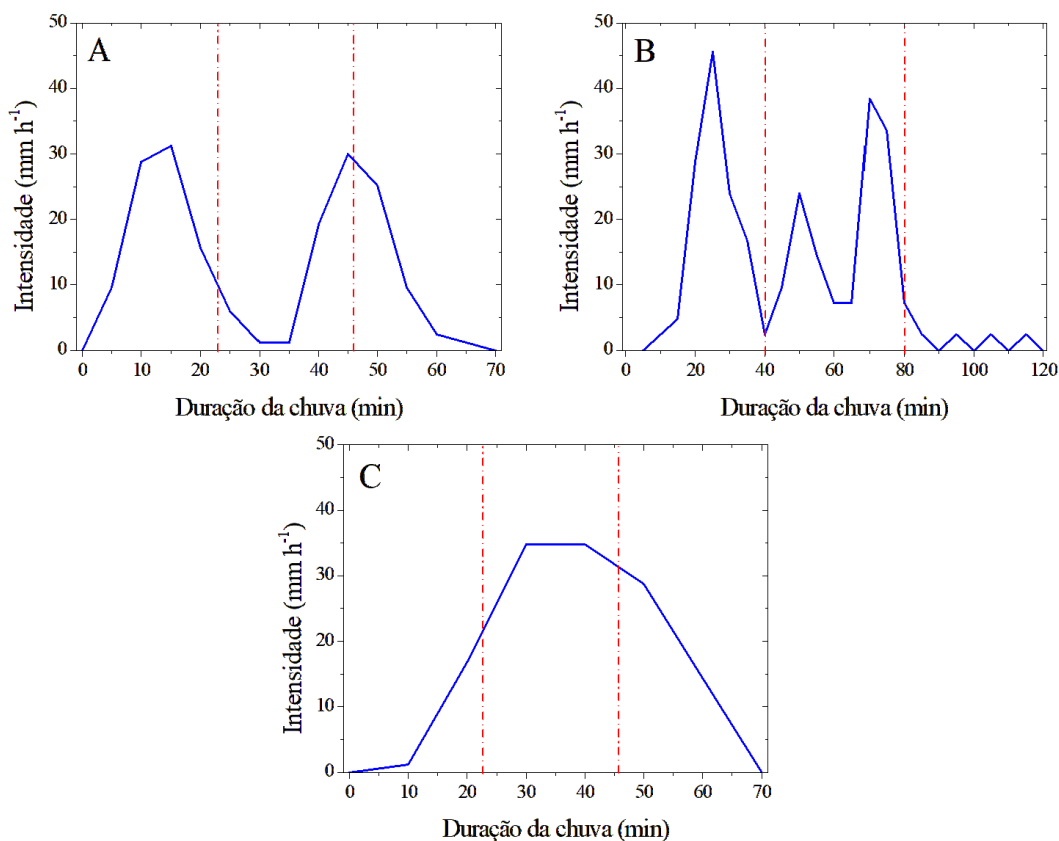


Figura 7 - Gráfico de intensidade de chuvas naturais da região de estudo. Representação da dinâmica dos padrões M (A) (estação Empaer 30/10/2024); W (B) (estação Rio Nandico 29/01/2022) e U invertido (C) (estação Faz. Fetter 08/12/2018).

Observa-se que para o padrão M (Figura 7A) os dois picos de intensidade observados no evento ocorreram aos 15 e aos 45 min, com intensidades superiores a 30 mm h^{-1} . Neste caso, o volume total chuva captado pelo pluviômetro foi de 40,4 mm, em 70 min de evento. Nessas condições, quando o segundo pico de intensidade atinge o solo, esse já pode estar saturado, indicando que esse padrão potencialmente gera perdas de solo e água semelhantes ao intermediário ou atrasado (Huo et al., 2020).

Dados relativos à precipitação do padrão W (Figura 7B) indicam três picos de intensidade aos 25, 50 e 70 min, de 45, 25 e 35 mm h^{-1} , respectivamente. Esses padrões se contrapõem as características dos padrões já conhecidos, uma vez que os momentos de intensidades não se limitam apenas a um ponto (Dunkerley, 2012; Wang et al., 2017; Alavinia, Saleh e Asadi, 2019). A dinâmica do Padrão U invertido (C) apresenta um ciclo de chuva com

uma curva de intensidade simétrica, alcançando seu pico no meio do evento, observa-se que o pico de intensidade da chuva não ocorre apenas de forma pontual, mas apresenta uma estagnação em torno do seu valor máximo, indicando uma fase em que a chuva permanece intensa por um período prolongado antes de começar a diminuir, o que a difere do padrão intermediário. Esse padrão, observado nas chuvas naturais do Sul da Amazônia, representa um evento com um pico único de intensidade central, sem a presença de picos secundários ou variações abruptas antes ou depois do ápice.

A frequência e distribuição dos padrões M, W e U invertido (Tabela 8) revela que a estação da UFMT Sinop registrou a maior incidência do padrão M, com 18 eventos, representando 18,55% das chuvas desse padrão. Isso indica uma predominância de eventos de chuva com múltiplos picos nessa localidade, em função do período de dados. Os padrões W e U invertido ocorreram com menor frequência, assim as variações na distribuição desses padrões sugerem uma heterogeneidade nos processos de formação das chuvas, possivelmente influenciada por fatores locais. Essa análise revela a complexidade dos padrões pluviométricos na região e a importância de considerar as suas variações espaciais e temporais na modelagem e previsão de eventos extremos.

Tabela 8 - Frequência e distribuição completa dos padrões de chuva M, W e U invertido para as estações meteorológicas na região Sul da Amazônia.

Nome da Estação	Número de Eventos			Período de Dados
	Padrão M	Padrão U invertido	Padrão W	
Porto dos Gaúchos	5	11	-	2000-2011
Humboldt	8	10	1	2002-2012
Alta Floresta	1	3	1	2000-2010
Jus. Foz Peixoto Azevedo	1	1	-	2002-2012
Paranatinga	3	5	1	2000-2010
Rio Nandico	11	2	1	2021-2023
Córrego Rosana	3	1	-	2021-2023
Faz. Santa Sofia	2	-	-	2021-2023
Faz. Bragança	3	-	-	2021-2022
Empaer	5	-	-	2022-2024
Faz. Fetter	17	1	-	2016-2021
Faz. São José	5	-	-	2015-2023
Faz. Vô Maria	15	1	-	2015-2021
UFMT	18	1	-	2010-2021
Total	97	36	4	
Total Geral	137 eventos			

5 DISCUSSÃO

Alguns eventos de chuva foram extremamente curtos, ao ponto de não ser possível a definição de padrões de intensidade. Contudo, são importantes por contribuir com a água disponível para os agroecossistemas; essas chuvas correspondem a 93 eventos com ocorrência em quatro estações distintas, com intervalo de medição de 5 e 10 min.

Observou-se uma predominância significativa de chuvas com padrão Avançado (Figura 6), com 53,52% dos eventos avaliados (3.311 ocorrências). Esse padrão apresenta-se com maior frequência nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, os quais são responsáveis por 50,83% das precipitações anuais. Além do risco associado às chuvas, esse período corresponde ao desenvolvimento e colheita da soja ou à fase inicial de crescimento de culturas como milho e algodão (Fietz et al., 2008), sendo que nesse caso, as baixas taxas de cobertura do solo, associadas com as chuvas, potencializam os processos erosivos (Carvalho et al., 2015). A relação entre precipitações pluviais intensas e solos já saturados pela umidade acumulada ao longo do ano também intensifica o risco de degradação das áreas agrícolas (Pes, 2017); as chuvas ocorrentes nos meses de outubro e novembro tendem a aumentar a umidade do solo recarregar os níveis de armazenamento de água nas proximidades da capacidade de água disponível (CAD); e, nesse caso, menores serão as taxas de infiltração inicial de água dos solos, que não amenizariam os impactos dos picos de intensidade de chuvas com padrão Avançado.

As chuvas com características de padrão Intermediário e Atrasado normalmente geram maiores perdas de solo e água, uma vez que o pico de intensidade ocorre quando o solo já está saturado ou com taxas de infiltração estáveis (Flanagan, Foster e Moldenhauer, 1988). Por sua vez, as chuvas com padrão Constante, geram menores perdas de água e solo (Carvalho et al., 2022), a depender da lâmina precipitada. Estudos que utilizam simuladores de chuva com padrões constantes são os mais executados no território brasileiro, com destaques para os trabalhos recentes de Almeida et al. (2018), Marques et al. (2019), Fan et al. (2020), Alves et al. (2023), Luz et al. (2024) e Oliveira et al. (2024); estudos com esse padrão ainda são importantes para definição de equações de infiltração, da erodibilidade e dos efeitos da cobertura do solo e do manejo nos processos erosivos. Todavia, observa-se nesse trabalho que as chuvas naturais constantes foram inferiores a 1% de ocorrência, e portanto, experimentos com apenas esse padrão de intensidade apresentarão menor representatividade com as chuvas naturais e menor aplicabilidade em simulações e modelagens hidroagrícolas (Eltz, Mehl e Reichert, 2001; Alavinia, Saleh e Asadi, 2019).

O padrão Intermediário, com 31,74% dos eventos totais, demonstra uma distribuição mais homogênea ao longo do ano. Esse padrão também contribui para o aumento de umidade no perfil do solo, criando condições favoráveis para processos erosivos (Mehl et al., 2001), especialmente no final da estação chuvosa. As chuvas do padrão Intermediário, embora menos frequentes que as do padrão Avançado, ainda apresentam impactos relevantes no manejo agrícola, especialmente em áreas onde o solo já se encontra úmido (Eltz, Mehl e Reichert, 2001; Oliveira et al., 2010). Por sua vez, o padrão Atrasado ocorreu em 14,58% dos eventos avaliados, respectivamente, eles ainda influenciam o balanço hídrico e não devem ser desconsiderados. O padrão Atrasado, apesar de ocorrer com menor frequência, são potencialmente mais erosivos quando comparados com os outros padrões, principalmente por serem observadas maiores ocorrências de dezembro a fevereiro, nas quais o solo já apresenta elevada umidade em função das chuvas antecedentes (Carvalho, et al., 2009; Bazzano, Eltz e Cassol, 2010).

As chuvas com padrão Avançado apresentam menor risco potencial no contexto agrícola em comparação com os padrões intermediário e atrasado (Flanagan, Foster e Moldenhauer, 1988; Bazzano, Eltz e Cassol, 2007). Os riscos aumentam devido ao momento de maior recorrência observado, especialmente após um período de alta umidade do solo. O primeiro trimestre do ano ocorre após um período de saturação do solo, considerando que as chuvas na região se intensificam a partir do terceiro decêndio de outubro. Nessa fase, o solo já está carregado pela umidade acumulada, e o aumento na frequência das precipitações com intensidades mais tardias (na duração da chuva) intensifica os riscos. Para a dinâmica urbana das cidades, o padrão Avançado traz implicações relacionadas a infraestrutura (Carvalho et al., 2022) e o cotidiano da população. Esse padrão de chuva, ao intensificar-se rapidamente no início do evento, sobrecarrega os sistemas de drenagem urbana, frequentemente inadequados para lidar com volumes repentinos de água, resultando em alagamentos, inundações e deslizamentos de terra (Fan et al., 2020).

As condições climáticas locais, como a interação entre as correntes atmosféricas e as características de uso do solo (Lin et al., 2007), podem criar microclimas que influenciam a frequência e a intensidade das chuvas. Em que, superfícies urbanas aquecidas intensificam processos convectivos, resultando em chuvas mais intensas. Em contrapartida, áreas com vegetação abundante mantêm altos níveis de umidade por meio da evapotranspiração, favorecendo a ocorrência mais frequente de chuvas. Já em regiões desmatadas tendem a apresentar uma redução nesses eventos devido à menor disponibilidade de umidade. A predominância do padrão Avançado nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro reflete a sazonalidade da região, marcada pela transição entre a estação seca e a chuvosa. No entanto,

fatores regionais como desmatamento e conversão de terras para agricultura (Pielke e Avissar, 1990) podem alterar essa sazonalidade (Bununu, Bello e Ahmed, 2023), intensificando as chuvas em períodos críticos para o setor agropecuário ou extrativista de recursos naturais. Essa dinâmica reflete um ciclo de retroalimentação entre mudanças no uso do solo e padrões de precipitação (Randhir, 2011; Huong e Pathirana, 2013), criando um cenário de risco tanto para a agricultura quanto para a conservação ambiental.

O aumento da temperatura global altera o ciclo hidrológico (Boyer et al., 2010) e tende a aumentar os gradientes locais de pressão (variações de pressão atmosférica), intensificando a movimentação do ar e a dinâmica dos processos convectivos, resultando em chuvas mais intensas e irregulares, o que pode explicar a prevalência do padrão Avançado. O aquecimento atmosférico tende a intensificar o processo de evapotranspiração (Kiprotich et al., 2021) e, consequentemente, aumentar a concentração de vapor d'água na atmosfera (Steele-Dunne et al., 2008), potencializando chuvas mais concentradas e intensas em curtos períodos. No contexto da Amazônia, a sinergia entre as mudanças climáticas e a degradação florestal pode amplificar os efeitos dos eventos extremos de precipitação pluvial, principalmente no que diz respeito aos padrões M e W que apresentam múltiplos picos de intensidade ao longo do evento.

A resolução temporal entre os intervalos de medições das estações meteorológicas também pode ser considerada como um fator importante na caracterização dos padrões de intensidade das chuvas. Observou-se que a resolução temporal das medições influencia a classificação dos eventos de precipitação, sendo que intervalos de 5 min, capturaram variações de intensidade mais precisas do que intervalos de 10 min. Por exemplo, eventos inicialmente classificados como de padrão Avançado nas estações com medições de 5 min, quando analisados com intervalos de 10 min, podem ser reclassificados como padrão Intermediário. A ausência de padronização nos intervalos de medição das estações meteorológicas, variando entre 5 e 10 min, é importante para possibilitar a análise de chuvas intensas de curta duração. Observou-se que, na região, ocorrem eventos com duração inferior a 30 minutos; portanto, apenas intervalos de 10 min seriam insuficientes para identificar padrões de eventos de chuva com precisão. Essa alteração ocorre porque o aumento do intervalo de medição tende a suavizar as mudanças de intensidade, gerando indefinições na detecção de picos de intensidade. Apenas para comparação, mudando o intervalo de tempo de medição para 10 min (nas estações automáticas que apresentam dados medidos com 5 min), ocorreriam alterações nos padrões de chuvas em todas as estações (Tabela 9).

Tabela 9 - Variação nos padrões de intensidade de chuva em função da alteração do intervalo de registro de dados de 5 para 10 minutos nas estações meteorológicas.

Nome da estação	Nº total de eventos	Nº eventos com alteração de padrão	AVA - INT	INT - ATR
Rio Nandico	131	33	23	10
Córrego Rosana	116	32	22	10
Faz. Santa Sofia	132	23	15	8
Feliz Natal	71	18	16	2
Empaer	126	20	15	5
UFMT	417	98	52	46
Total	993	224	143	81

Essas mudanças nos padrões de precipitação equivaleriam a 3,62% (224 eventos) dos totais de chuvas registradas. Os padrões foram alterados de Avançado para Intermediário e de Intermediário para Atrasado, indicando que este registro em menor intervalo de tempo resulta em maior percentagem de chuvas com padrões potencialmente mais danosos.

6 CONCLUSÃO GERAL

Na região Sul da Amazônia predominam chuvas com padrão de intensidade Avançado, ocorrendo em 53,52% dos eventos analisados (3.311 eventos), enquanto os padrões Intermediário e Atrasado representaram 31,74% (1.964 eventos) e 14,58% (902 eventos), respectivamente. E, eventos de intensidade Constante, amplamente utilizados em estudos com chuvas simuladas, foram observados em apenas 0,16% dos casos (10 eventos), evidenciando sua baixa representatividade para a região, ao analisar chuvas naturais.

Outra importante constatação foi que 62,13% das chuvas avaliadas apresentaram duração de até 120 minutos. Além disso, identificou-se ainda outros tipos de padrões nestes estudos, como os padrões M, W e U invertido, e uma maior incidência do padrão M dentre estes, em região urbana, em função do período de dados.

Estações que registram dados em intervalos mais curtos (5 min) captam com maior precisão as variações de intensidade da chuva quando comparadas aos intervalos de (10 min), oferecendo uma análise mais detalhada dos eventos, e resultando em reclassificação de 3,62% (224 de 6.187 eventos) dos totais de chuvas analisadas, com a mudança do padrão Avançado para Intermediário.

A predominância de chuvas Avançadas, e mais ainda os padrões Intermediários e Atrasados (somam 46,32% do total das chuvas), apresentam desafios enormes tanto para o planejamento urbano como para engenharia de conservação de água e solo, necessitando do desenvolvimento de infraestrutura adaptada às condições climáticas regionais, reduzindo a vulnerabilidade ambiental com apoio ao desenvolvimento sustentável.

REFERÊNCIAS

- ABREU, F. G. de.; ANGELINI SOBRINHA, L.; BRANDÃO, J. L. B. Análise da distribuição temporal das chuvas em eventos hidrológicos extremos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 2, p. 239-250, 2017. <https://doi.org/10.1590/s1413-41522016146750>
- AGHAKOUCHAK, A et al. Climate Extremes and Compound Hazards in a Warming World. **Annual Review of Earth and Planetary Sciences**, v. 48, n. 1, p. 519-548, 2020. <https://doi.org/10.1146/annurev-earth-071719-055228>
- ALAVINIA, M; SALEH, F. N.; ASADI. H. Effects of rainfall patterns on runoff and rainfall-induced erosion. **International Journal of Sediment Research**, v. 34, n. 3, p. 270-278, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.ijsrc.2018.11.001>
- ALFIERI, L.; LAIO, F.; CLAPS, P. A simulation experiment for optimal design hyetograph selection. **Hydrological Processes**, v. 22, n. 6, p. 813-820, 2008. <https://doi.org/10.1002/hyp.6646>
- ALMEIDA, W. S.; PANACHUKI, E.; OLIVEIRA, P. T. S.; SILVA M, R.; SOBRINHO, T. A.; CARVALHO, D. F. de. Effect of soil tillage and vegetal cover on soil water infiltration. **Soil and Tillage Research**, v. 175, p. 130-138, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.still.2017.07.009>
- ALMEIDA, L.; SERRA, J. C. V. Modelos hidrológicos, tipos e aplicações mais utilizadas. **Revista da FAE**, v. 20, n. 1, p. 129-137, 2017.
- ALVES, A. V.; SILVA S, G. B. da.; MARTINS, M. F. F. C. de.; SANCHES, L. Análise dos métodos de estimação para os parâmetros das distribuições de Gumbel e GEV em eventos de precipitações máximas na cidade de Cuiabá-MT. **REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 6, n. 1, p. 32-43, 2013. <https://doi.org/10.5216/reec.v6i1.21635>
- ALVES, M. A. B.; BORELLA, D. R.; PAULISTA, R. S. D.; ALMEIDA, F. T. de.; SOUZA, A. P. de.; CARVALHO, D. F. d. Water Infiltration in Different Soil Covers and Management in the Cerrado–Amazon Ecotone, Brazil. **Soil Systems**, v. 8, n. 1, p. 31, 2024. <https://doi.org/10.3390/soilsystems8010031>
- ALVES, M. A. B. et al. Effects of Land Use and Cropping on Soil Erosion in Agricultural Frontier Areas in the Cerrado-Amazon Ecotone, Brazil, Using a Rainfall Simulator Experiment. **Sustainability**, v. 15, n. 6, p. 4954, 2023. <https://doi.org/10.3390/su15064954>
- ALVES, L. M. A. de.; RIGOLIN, T. B. **Fronteiras da Globalização**. 3ª ed. São Paulo: Ática, 2016. 344 p.
- ANDREAE, M. O. et al. Smoking Rain Clouds over the Amazon. **Science**, v. 303, n. 5662, p. 1337-1342, 2004. <https://doi.org/10.1126/science.1092779>
- ANDREOLI, R. V., KAYANO, M. T. ENSO-related rainfall anomalies in South America and associated circulation features during warm and cold Pacific Decadal Oscillation

regimes. **International Journal of Climatology**, v. 25, n. 14, p. 1937-1956, 2005. <https://doi.org/10.1002/joc.1222>

ARAGÃO, L. E. O. C. et al. Environmental change and the carbon balance of Amazonian forests. **Biological Reviews**, v. 89, n. 4, p. 913-931, 2014. <https://doi.org/10.1111/brv.12088>

ARAGÃO, L. E. O. C. et al. 21st Century drought-related fires counteract the decline of Amazon deforestation carbon emissions. **Nature Communications**, v. 9, n. 1, p. 1-12, 2018. <https://doi.org/10.1038/s41467-017-02771-y>

ARRUDA, D. M. et al. Vegetações amazônicas e terras indígenas ameaçadas pelas próximas mudanças climáticas: Previsão de impacto nos biomas brasileiros. **Austral Ecology**, v. 49, n. 1, p. 1-16, 2024. <https://doi.org/10.1111/aec.13394>

ARTAXO, P et al. Atmospheric aerosols in Amazonia and land use change: from natural biogenic to biomass burning conditions. **Faraday Discussions**, v. 165, p. 203-235, 2013. <https://doi.org/10.1039/c3fd00052d>

ARTAXO, P et al. Perspectivas de pesquisas na relação entre clima e o funcionamento da floresta Amazônica. **Ciência e Cultura**, v. 66, n. 3, p. 41-46, 2014. <https://dx.doi.org/10.21800/S0009-67252014000300014>

ARVOR, D.; DUBREUIL, V.; RONCHAIL, J.; SIMOES, M.; FUNATSU, B. M. Spatial patterns of rainfall regimes related to levels of double cropping agriculture systems in Mato Grosso (Brazil). **International Journal of Climatology**, v. 34, n. 8, p. 2622–2633, 2013. <https://doi.org/10.1002/joc.3863>

BACK, Á. J. Alternative model of intense rainfall equation obtained from daily rainfall disaggregation. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 25, n. 2 p. 1-11, 2020. <https://doi.org/10.1590/2318-0331.252020190031>.

BACK, Á. J. Application of Chicago hyetograph method to heavy rainfall equations of an alternative model obtained by disaggregation daily rainfall. **Engenharia Agrícola**, v. 44, 2024. <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v44e20240033/2024>

BACK, Á J.; POLETO, C. Análise dos padrões de distribuição temporal e características das chuvas erosivas de Florianópolis-SC. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 21, p. 488-508, 2017. <https://doi.org/10.5380/abclima.v21i0.49019>

BARBOSA, A. J. S. S. da.; BLANCO, C. J. C.; MELO, A. M. Q.; SOUZA, C. C. E. A.; SILVA, H. P. Model of transferability for the rainfall erosivity factor. **Sustainable Water Resources Management**, v. 9, n. 2, p. 1-7, abr. 2023. <https://doi.org/10.1007/s40899-023-00833-2>

BAZZANO, M. G. P.; ELTZ, F. L. F.; CASSOL, E. A. Erosividade, coeficiente de chuva, padrões e período de retorno das chuvas de Quaraí, RS. **Revista Brasileira Ciência e Solo**, v. 31, n. 5, p. 1205-1217, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832007000500036>

BAZZANO, M. G. P.; ELTZ, F. L. F.; CASSOL, E. A. Erosividade e características hidrológicas das chuvas de Rio Grande (RS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 1, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000100024>

BOTTINO, M. J et al. Amazon savannization and climate change are projected to increase dry season length and temperature extremes over Brazil. **Scientific Reports**, v. 14, n. 1, p. 1-11, 2024. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-55176-5>

BOYER, C.; CHAUMONT, D.; CHARTIER, I.; ROY, A. G. Impact of climate change on the hydrology of St. Lawrence tributaries. **Journal of Hydrology**, v. 384, n. 1-2, p. 65-83, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.01.011>

BRANDÃO, V. S. dos et al. Perdas de solo e caracterização física e micromorfológica de crostas formadas em solos sob chuva simulada. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 1, p. 129-138, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162007000100006>

BRESCIANI, C et al. Brazilian Annual Precipitation Analysis Simulated by the Brazilian Atmospheric Global Model. **Water**, v. 15, n. 2, p. 256, 2023. <https://doi.org/10.3390/w15020256>

BUNUNU, Y. A.; BELLO, A.; AHMED, A. Land cover, land use, climate change and food security. **Sustainable Earth Reviews**, v. 6, n. 16, p. 1-16, 2023. <https://doi.org/10.1186/s42055-023-00065-4>

CANDELA, A.; BRIGANDÌ, G.; ARONICA, G. T. Estimation of synthetic flood design hydrographs using a distributed rainfall-runoff model coupled with a copula-based single storm rainfall generator. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v. 14, n. 7, p. 1819-1833, 2014. <https://doi.org/10.5194/nhess-14-1819-2014>

CARVALHO, D. F. de; SOUZA, W. J. de.; PINTO, M. F.; OLIVEIRA, J. R. de.; GUERRA, J. G. M. Perdas de água e solo sob diferentes padrões de chuva simulada e condições de cobertura do solo. **Engenharia Agrícola**, v. 32, n. 4, p. 708-717, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162012000400010>

CARVALHO, D. F. de.; ELIETE, E. N.; ALMEIDA, W. S. de.; SANTOS, L. A. F.; ALVES SOBRINHO, T. Water erosion and soil water infiltration in different stages of corn development and tillage systems. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 11, p. 1072-1078, nov. 2015. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n11p1072-1078>

CARVALHO, D. F. de.; MACEDO, P. M. S.; PINTO, M. F.; ALMEIDA, W. S. de.; SCHULTZ, N. Soil loss and runoff obtained with customized precipitation patterns simulated by InfiAsper. **International Soil and Water Conservation Research**, v. 10, n. 3, p. 407-413, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2021.12.003>

CARVALHO, D. F. de.; CRUZ, E. S.; PINTO, M. F.; SILVA, L. D. B.; GUERRA, J. G. M. Características da chuva e perdas por erosão sob diferentes práticas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 1, p. 3-9, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162012000400010>

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, n. 1, p. 88-108, 2004. [https://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)

CASTAGNA, D.; SOUZA, A. P. de.; VENDRUSCULO, L. G.; ZOLIN, C. A. Rainfall erosivity in municipalities of the Brazilian Cerrado biome. **Nativa**, v. 10, n. 3, p. 373-386, 2022. <https://doi.org/10.31413/nativa.v10i3.13913>

CHEN, J.; TIAN, Y.; ZHANG, S.; LI, Y.; e GUO, Zhikai. Study of Urban Flooding Response under Superstandard Conditions. **Water**, v. 15, n. 8, p. 1492, 2023. <https://doi.org/10.3390/w15081492>

CHIMENE, C A.; CAMPOS, J. N. B. The design flood under two approaches: synthetic storm hyetograph and observed storm hyetograph. **Journal of Applied Water Engineering and Research**, v. 8, n. 3, p. 171-182, 2020. <https://doi.org/10.1080/23249676.2020.1787242>

CHOW, V. T.; MAIDMENT, D. R.; MAYS, L. W. **Applied Hydrology**. Texas: McGraw-Hill, 1988. 540 p.

CLAEYS, M. et al. Formation of Secondary Organic Aerosols Through Photooxidation of Isoprene. **Science**, v. 303, n. 5661, p. 1173-1176, 2004. <https://doi.org/10.1126/science.1092805>

COMMAR, L. F. S. A.; ABRAHÃO, G. M.; COSTA, M. H. A possible deforestation-induced synoptic-scale circulation that delays the rainy season onset in Amazonia. **Environmental Research Letters**, v. 18, n. 4, p. 044041, 2023. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/acc95f>

COSGROVE, C. M.; GARSTANG, M. Simulation of Rain Events Rain-Gauge Measurements. **International Journal of Climatology**, v. 15, n. 9, p. 1021-1029, 1995. <https://doi.org/10.1002/joc.3370150908>

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (CPRM). Estado do Mato Grosso: **isoietas anuais médias - período 1977 a 2006**. Disponível em: <https://www.sgb.gov.br/isoietas>. Acesso em: 13 out. 2024.

DAMÉ, R. C. F. de.; TEIXEIRA, C. F. A.; TERRA, V. S. S.; ROSSKOFF, J. L. C. Hidrograma de projeto em função da metodologia utilizada na obtenção da precipitação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 1, p. 46-54, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662010000100007>

DELAHAYE, F.; KIRSTETTER, P-E.; DUBREUIL, V.; MACHADO, L. A. T.; VILA, D. A.; CLARK, Robert. A consistent gauge database for daily rainfall analysis over the Legal Brazilian Amazon. **Journal of Hydrology**, v. 527, p. 292-304, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.04.012>

DUNKERLEY, D. Effects of rainfall intensity fluctuations on infiltration and runoff: rainfall simulation on dryland soils, Fowlers Gap, Australia. **Hydrological Processes**, v. 26, n. 15, p. 2211-2224, <https://doi.org/10.1002/hyp.8317>

ELTZ, F. L. F.; MEHL, H. U.; REICHERT, J. M. Perdas de solo e água em entressulcos em um argissolo vermelho-amarelo submetido a quatro padrões de chuva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 485-493, 2001. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832001000200024>

ESPINOZA, J. C.; RONCHAIL, J.; MARENGO, J. A.; SEGURA, H. Contrasting North–South changes in Amazon wet-day and dry-day frequency and related atmospheric features (1981–2017). **Climate Dynamics**, v. 52, n. 9-10, p. 5413-5430, 2019. <https://doi.org/10.1007/s00382-018-4462-2>

EVANGELISTA, A. W. P.; CARVALHO, L. G. de.; AGUILAR, A. A.; BERNARDINO, D. T. Potencial erosivo das chuvas em lavras, mg: distribuição, probabilidade de ocorrência e período de retorno. **Irriga**, v. 10, n. 4, p. 322-333, 2005. ISSN 1808-3765. <https://doi.org/10.15809/irriga.2006v11n1p1-11>

FAN, L.; LEHMANN, P.; ZHENG, C.; OR, D. Rainfall Intensity Temporal Patterns Affect Shallow Landslide Triggering and Hazard Evolution. **Geophysical Research Letters**, v. 47, n. 1, p. 1-9, 2020. <https://doi.org/10.1029/2019GL085994>

FERREIRA, L. D. S.; CRUZ, M. S. de.; COELHO, R. Análises da média diária e anual de incidência de radiação solar e medidas relacionadas à umidade do ar no ano de 2021 em novo Repartimento - Pará. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 17, n. 1, p. 117-129, 2024. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v17.1.p117-129>

FERREIRA, D. F. F.; PESSOA, F. C. L. Homogeneous regions of precipitation trends across the Amazon River Basin, determined from the Global Precipitation Climatology Centre - GPCC. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 17, n. 2, p. 1283-1308, 2024. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v17.2.p1283-1308>

FIETZ, C. R.; COMUNELLO, É.; CREMON, C.; DALLACORT, R. **Estimativa da precipitação provável para o Estado de Mato Grosso**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, n. 1, 2008, p. 237.

FISCH, G.; MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A. Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia. **Acta Amazonica**, v. 28, n. 2, p. 101–126, 1998. <https://doi.org/10.1590/1809-43921998282126>

FLANAGAN, D. C.; FOSTER, G. R.; MOLDENHAUER, WC. Storm Pattern Effect on Infiltration, Runoff, and Erosion. **Transactions of the ASAE**, v. 31, n. 2, p. 414-420, 1988. <https://doi.org/10.13031/2013.30724>

GAN, M. A.; KOUSKY, V. E.; e ROPELEWSKI, C. F. The South America Monsoon Circulation and Its Relationship to Rainfall over West-Central Brazil. **Journal of Climate**, v. 17, n. 1, p. 47-66, 2004. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2004\)017%3C0047:TSAMCA%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2004)017%3C0047:TSAMCA%3E2.0.CO;2)

GIRES, A.; TCHIGUIRINSKAIA, I.; SCHERTZER, D.; SCHELLART, A.; BERNE, A.; LOVEJOY, S. Influence of small scale rainfall variability on standard comparison tools between radar and rain gauge data. **Atmospheric Research**, v. 138, p. 125-138, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2013.11.008>

GRIMM, A. M.; BARROS, V. R.; DOYLE, M. E. Climate variability in southern South America associated with El Niño and La Niña events. **Journal of Climate**, v. 13, n. 1, p. 35-58, 2000. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2000\)013<0035:CVISSA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2000)013<0035:CVISSA>2.0.CO;2)

GUSSO, A.; DUCATI, J. R.; BORTOLOTTI, V. C. Analysis of soybean cropland expansion in the southern Brazilian Amazon and its relation to economic drivers. **Acta Amazonica**, v. 47, n. 4, p. 281-292, 2017. <https://doi.org/10.1590/1809-4392201700543>

HOEGH-GULDBERG, O. et al. The human imperative of stabilizing global climate change at 1.5°C. **Science**, v. 365, n. 6459, p.1-11, 2019. <https://doi.org/10.1126/science.aaw6974>

HOYOS, N.; WAYLEN, P. R.; JARAMILLO, Á. Seasonal and spatial patterns of erosivity in a tropical watershed of the Colombian Andes. **Journal of Hydrology**, v. 314, n. 1-4, p. 177-191, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2005.03.014>

HUO, J et al. Effects of soil and water conservation management and rainfall types on runoff and soil loss for a sloping area in North China. **Land Degradation e Development**, v. 31, p. 2117-2130, 2020. <https://doi.org/10.1002/ldr.3584>

HUONG, H. T. L.; e PATHIRANA, A. Urbanization and climate change impacts on future urban flooding in Can Tho city, Vietnam. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 17, n. 1, p. 379-394, 2013. <https://doi.org/10.5194/hess-17-379-2013>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Banco de dados por Estado**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mt.html>. Acesso em: 14 maio. 2024.

ISHIHARA, J. H.; FERNANDES, L. L.; LOUREIRO, G. E. Avaliação do monitoramento pluviométrico da Amazônia legal. **Engenharia Ambiental**, v. 10, n. 3, p. 132-144, 2013.

JOSEPH, W.; SOUZA, A. P. de.; SABINO, M. Índices de extremos de temperatura do ar na Amazônia brasileira. **Confins**, v. 52, 2021. <https://doi.org/10.4000/confins.41520>

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

KIMURA, N et al. Hydrological Flood Simulation Using a Design Hyetograph Created from Extreme Weather Data of a High-Resolution Atmospheric General Circulation Model. **Water**, v. 6, n. 2, p. 345-366, 2014. <https://doi.org/10.3390/w6020345>

KIPROTICH, P.; WEI, X.; ZHANG, Z.; NGIGI, T.; QIU, F.; WANG, L. Assessing the Impact of Land Use and Climate Change on Surface Runoff Response Using Gridded Observations and SWAT+. **Hidrology**, v. 8, n. 48, 2021. <https://doi.org/10.3390/hydrology8010048>

KONAPALA, G.; MISHRA, A. K.; WADA, Y.; MANN, M. E. Climate change will affect global water availability through compounding changes in seasonal precipitation and evaporation. **Nature Communications**, v. 11, n. 1, p. 3044, 2020. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-16757-w>

KREJCI, R.; STROM, J.; REUS, M. de.; WILLIAMS, J.; FISCHER, H.; ANDREAE, M. O. Spatial and temporal distribution of atmospheric aerosols in the lowermost troposphere over the Amazonian tropical rainforest. **Atmospheric and Chemistry and Physics**, v. 5, n. 6, p. 1527-1543, 2005. <https://doi.org/10.5194/acp-5-1527-2005>

KUO, Jong Tah; e ORVILLE, Harold. A Radar Climatology of Summertime Convective Clouds in the Black Hills. **American Meteorological Society**, v. 12, p. 359-368, 1973. [https://doi.org/10.1175/1520-0450\(1973\)012%3C0359:ARCOSC%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0450(1973)012%3C0359:ARCOSC%3E2.0.CO;2)

LEJEUNE, Q.; DAVIN, E. L.; GUILLOD, B. P.; SENEVIRATNE, S. I. Influence of Amazonian deforestation on the future evolution of regional surface fluxes, circulation, surface temperature and precipitation. **Climate Dynamics**, v. 44, n. 9-10, p. 2769-2786, 2015. <https://doi.org/10.1007/s00382-014-2203-8>

LIN, Y. P.; HONG, N. M.; W.U, P. J.; WU, C. F.; VERBUNG, P. H. Impacts of land use change scenarios on hydrology and land use patterns in the Wu-Tu watershed in Northern Taiwan. **Landscape and Urban Planning**, v. 80, p. 111-126, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2006.06.007>

LIRA, B. R. P.; FERNANDES, L. L.; ISHIHARA, J. H. Pluviometric behavior and trends in the Legal Amazon from 1986 to 2015. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 150, n. 3-4, p. 1353-1367, 2022. <https://doi.org/10.1007/s00704-022-04200-7>

LIU, D.; PANG, L.; e XIE, B. Typhoon disaster in China: prediction, prevention, and mitigation. **Natural Hazards**, v. 49, n. 3, p. 421-436, 2009. <https://doi.org/10.1007/s11069-008-9262-2>

LONDRES, M.; SCHMINK, M.; BÖNER, J.; DUCHELLE, A. E.; FREY, G. P. Multidimensional forests: Complexity of forest-based values and livelihoods across Amazonian socio-cultural and geopolitical contexts. **World Development**, v. 165, p. 1-15, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2023.106200>

LUZ, C. C. S. da.; ALMEIDA, W. S. de; SOUZA, A. P. de; SCHULTZ, N.; ANACHE, J. A. A.; e CARVALHO, D. F. de. Simulated rainfall in Brazil: An alternative for assesment of soil surface processes and an opportunity for technological development. **International Soil and Water Conservation Research**, v. 12, n. 1, p. 29-42, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2023.05.002>

MACHADO, N. G. Sustainable development index of municipalities in Mato Grosso. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 16, n. 1, p. 222-234, 2020.

MACHADO, N. G.; BIUDES, M. S.; QUERINO, C. A. S. Seasonal and interannual pattern of meteorological variables in Cuiabá, Mato Grosso state, Brazil. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 33, n. 3, p. 477-488, 2015. <http://dx.doi.org/10.22564/rbgf.v33i3.949>

MARCUZZO, F.; MELO, D.; ROCHA, H. Distribuição Espaço-Temporal e Sazonalidade das Chuvas no Estado do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 16, n. 4, p. 157-167, 2011. <http://doi.org/10.21168/rbrh.v16n4.p157-167>

MARCUZZO, F. N.; ROCHA, M.; MELO, C. R. de. Mapeamento da precipitação pluviométrica no bioma cerrado do estado do Mato Grosso. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 31, n. 2, p. 83-97, 2012. <https://doi.org/10.5216/bgg.v31i2.16847>

MARENGO, J. A. Interannual variability of deep convection over the tropical South American sector as deduced from ISCCP C2 data. **International Journal of Climatology**, v. 15, n. 9, p. 995-1010, 1995. <https://doi.org/10.1002/joc.3370150906>

MARENGO, J. A. et al. Changes in Climate and Land Use Over the Amazon Region: Current and Future Variability and Trends. **Frontiers in Earth Science**, v. 6, p. 228, 2018. <https://doi.org/10.3389/feart.2018.00228>

MARENGO, J. A.; SOUZA, C. JR. Mudanças Climáticas: impactos e cenários para a Amazônia. **CEMADEN – Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais**, 2018. <https://doi.org/10.13140/rg.2.2.26925.72166>

MARQUES, V. S. et al. USLE K-Factor Method Selection for a Tropical Catchment. **Sustainability**, v. 11, n. 7, p. 1840, 2019. <https://doi.org/10.3390/su11071840>

MARTIM, C. C.; SOUZA, A. P. de. Estimativas da radiação global com base na insolação na Amazônia brasileira. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 10, p. 233-246, 2021. <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.010.0020>

MEHL, H. U.; ELTZ, F. L. F.; REICHERT, J. M.; DIDONÉ, I. A. Caracterização de padrões de chuvas ocorrentes em Santa Maria (RS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 2, p. 475-483, 2001. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832001000200023>

MONDAL, S.; MISHRA, A. Quantifying the Precipitation, Evapotranspiration, and Soil Moisture Network's Interaction Over Global Land Surface Hydrological Cycle. **Water Resources Research**, v. 60, n. 2, 2024. <https://doi.org/10.1029/2023WR034861>

MORAES, B. C.; SODRÉ, G. R. C.; SOUZA, E. B.; FERREIRA, D. B. S. de.; OLIVEIRA, J. V. Remote sensing as a tool for determining the rainy season in the Amazon. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 5, p. 1374-1382, 2015. <https://doi.org/10.5935/1984-2295.20150075>

MORATELLI, F. A.; ALVES, M. A. B.; BORELLA, D.R.; KRAESKI, A.; ALMEIDA, F. T. de.; Zolin, C. A.; Hoshida, A.K.; SOUZA, A. P. de. Effects of Land Use on Soil Physical-Hydric Attributes in Two Watersheds in the Southern Amazon, Brazil. **Soil Systems**. 2023, v. 7, n. 4, p.103, 2023. <https://doi.org/10.3390/soilsystems7040103>

MOURA, M. M. et al. Relation of El Niño and La Niña phenomena to precipitation, evapotranspiration and temperature in the Amazon basin. **Science of The Total Environment**, v. 651, p. 1639-1651, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.242>

MYHRE, G. et al. Frequency of extreme precipitation increases extensively with event rareness under global warming. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, 2019. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-52277-4>

NERFA, L.; RHEMTULLA, J. M.; ZERRIFFI, H. Forest dependence is more than forest income: Development of a new index of forest product collection and livelihood resources. **World Development**, v. 125, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2019.104689>

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, n. 2^a, p. 422, 1989.

OLIVEIRA, J. R. de; PINTO, M. F.; SOUZA, W. J. de.; GUERRA, J. G. M.; CARVALHO, D. F. de. Erosão hídrica em um Argissolo Vermelho-Amarelo, sob diferentes padrões de chuva simulada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 2, p. 140-147, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662010000200004>

OLIVEIRA, J. A. X. de; ALMEIDA, F. T. de.; SOUZA, A. P. de; PAULISTA, R. S. D.; ZOLIN, C. A.; HOSHIDE, A. K.. Determination of Soil Erodibility by Different Methodologies in the Renato and Caiabi River Sub-Basins in Brazil. **Land**, v. 13, n. 9, p. 1442, 2024. <https://doi.org/10.3390/land13091442>

OLIVEIRA, P. T. S.; WENDLAND, E.; NEARING, M. A. Rainfall erosivity in Brazil: A review. **CATENA**, v. 100, p. 139-147, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2012.08.006>

OLIVEIRA, L. F. de. **Chuvas extremas no Brasil: modelos e aplicações**. Lavras: UFLA, 2019. 388 p.

PACA, V. H. M. da.; LIMA, A. M. M. de; AZAMBUJA, A. M. S. de; FORTES, J. Domingos N.; SOUZA, J. E. F. de. Condições de operação e implantação de estações da rede hidrométrica da Amazônia oriental - estado do Pará. **Repositório Intituicional de Geociências**, p. 169-184, 2020a. <https://doi.org/10.37423/201203454>

PACA, V. H. M. da.; ESPINOZA-DÁVALOS, G.; MOREIRA, D.; COMAIR, G. Variability of Trends in Precipitation across the Amazon River Basin Determined from the CHIRPS Precipitation Product and from Station Records. **Water**, v. 12, n. 5, p. 1244, 2020b. <https://doi.org/10.3390/w12051244>

PAPALEXIOU, S. M.; MONTANARI, A. Global and Regional Increase of Precipitation Extremes Under Global Warming. **Water Resources Research**, v. 55, n. 6, p. 4901-4914, 2019. <https://doi.org/10.1029/2018WR024067>

PAREDES-TREJO, F.; BARBOSA, H. A.; GIOVANNETTONE, J.; LAKSHMI KUMAR, T. V.; THAKUR, M. K.; BURITI, C. O. de. Long-Term Spatiotemporal Variation of Droughts in the Amazon River Basin. **Water**, v. 13, n. 3, p. 351, 2021. <https://doi.org/10.3390/w13030351>

PECL, G. T. et al. Biodiversity redistribution under climate change: Impacts on ecosystems and human well-being. **Science**, v. 355, n. 6332, 2017. <https://doi.org/10.1126/science.aai9214>

PEGRAM, G.; PARAK, M. A review of the regional maximum flood and rational formula using geomorphological information and observed floods. **Water SA**, v. 30, n. 3, p. 377-392, 2004. <https://doi.org/10.4314/wsa.v30i3.5087>

PES, L. Z. **Conservação do solo**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Politécnico, Rede e-Tec Brasil, 2017. 69 p.

PIELKE, R. A.; AVISSAR. Influence of landscape structure on local and regional climate. **Landscape Ecology**, v. 4, p. 133-155, 1990. <https://doi.org/10.1007/BF00132857>

PORTELLA, D. A. P. C. da.; BLANCO, L. S. de; MELLO FILHO, M. E. T. de.; SANTOS, J. L. A. dos. A importância da Amazônia na dinâmica climática do centro-sul brasileiro: influência nas dinâmicas ambientais e socioeconômicas. **Ensaio de Geografia**, v. 9, n. 19, p. 66-86, 2022. <https://doi.org/10.22409/eg.v9i19.54944>

RANDHIR, T. O. Spatiotemporal dynamics of landscape pattern and hydrologic process in watershed systems. **Journal of Hydrology**, p. 1-12, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.03.019>

RAST, M.; JOHANNESSEN, J.; e MAUSER, W. Review of Understanding of Earth's Hydrological Cycle: Observations, Theory and Modelling. **Surveys in Geophysics**, v. 35, n. 3, p. 491-513, 2014. <https://doi.org/10.1007/s10712-014-9279-x>

ROCHA, F. P. da.; SILVA, W. L.; RIBEIRO, B. Z. Synoptic Analysis of a Period with Above-normal Precipitation during the Dry Season in Southeastern Brazil. **Advances in Research**, v. 19, n. 6, p. 1-13, 2019. <https://doi.org/10.9734/air/2019/v19i630138>

RODRIGUES, D. T.; GONÇALVES, W. A.; SPYRIDES, M. H. C.; SANTOS E SILVA, C. M. Spatial and temporal assessment of the extreme and daily precipitation of the Tropical Rainfall Measuring Mission satellite in Northeast Brazil. **International Journal of Remote Sensing**, v. 41, n. 2, p. 549-572, 2020. <https://doi.org/10.1080/01431161.2019.1643940>

ROE, G. H. Orographic precipitation. **Annual Review of Earth and Planetary Sciences**, v. 33, n. 1, p. 645-671, 2005. <https://doi.org/10.1146/annurev.earth.33.092203.122541>

ROSA, D. B.; SOUSA, R. R. de; NASCIMENTO, L. A.; TOLEDO, L. G.; TOPANOTTI, D. Q. A distribuição espacial das chuvas na porção centro oeste do estado de Mato Grosso-Brasil. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros**, v. 1, n. 5, p. 127-152, 2007.

SABINO, M.; SOUZA, A. P. de; ULIANA, E. M.; LISBOA, L.; ALMEIDA, F. T. de; ZOLIN, C. A. Intensity-duration-frequency of maximum rainfall in Mato Grosso State. **Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 15, n. 1, 2020. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2373>

SABINO, M.; SOUZA, A. P. de; ALMEIDA, F. T. de; ZOLIN, C. A.; LISBOA, L. Desagregação de Chuvas Diárias no Estado de Mato Grosso. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 37, n. 4, p. 427-439, 2022. <https://doi.org/10.1590/0102-77863740077>

SALTALIPPI, C.; MORBIDELLI, R.; CORRADINI, C.; FLAMMINI, A.; BARCA, E.; DARI, J. Investigation of new approaches for the determination of the annual maximum rainfall depths of different durations. **Journal of Hydrology**, v. 631, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2024.130809>

SANTOS, L. L. Modelos Hidráulicos-Hidrológicos: Conceitos e Aplicações. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 2, n. 3, p. 01-19, 2009. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v2i3.232624>

SANTOS, C. A. G.; SANTOS, D. C. dos.; NETO, R. M. B.; OLIVEIRA, G. de.; SANTOS, C. A. C. dos.; SILVA, R. M. da. Analyzing the impact of ocean-atmosphere teleconnections on rainfall variability in the Brazilian Legal Amazon via the Rainfall Anomaly Index (RAI). **Atmospheric Research**, v. 307, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2024.107483>

SATYAMURTY, P.; COSTA, C. P. W. da.; MANZI, A. O. Moisture source for the Amazon Basin: a study of contrasting years. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 111, n. 1-2, p. 195-209, 2013. <https://doi.org/10.1007/s00704-012-0637-7>

SILVEIRA, A.; BEMFICA, D.; GOLDENFUM, J. Análise da aplicabilidade de padrões de chuva de projeto a Porto Alegre. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 5, n. 4, p. 5-16, 2000. <https://doi.org/10.21168/rbrh.v5n4.p5-16>

SINGH, V. P. **Elementary hydrology**. New Jersey: Prentice Hall, 1992. 949-966 p.

SOARES, W. R.; MARENGO, J. A. Assessments of moisture fluxes east of the Andes in South America in a global warming scenario. **International Journal of Climatology**, v. 29, n. 10, p. 1395-1414, 2009. <https://doi.org/10.1002/joc.1800>

SORRIBAS, M. V. et al. Projections of climate change effects on discharge and inundation in the Amazon basin. **Climatic Change**, v. 136, n. 3-4, p. 555-570, 2016. <https://doi.org/10.1007/s10584-016-1640-2>

SOUSA, A. M.; ROCHA, E. J. P.; VITORINO, M. I.; SOUZA, P. J. O. P.; BOTELHO, M. N. Variabilidade Espaço-Temporal da Precipitação na Amazônia Durante Eventos Enos. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 08, p. 13-24, 2015. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v8.1.p013-024>

SOUZA, A. P.; MOTA, L. L.; ZAMADEI, T.; MARTIM, C. C.; ALMEIDA, F. T.; PAULINO, J. Classificação Climática e Balanço Hídrico Climatológico no Estado de Mato Grosso. **Nativa**, v. 1, n. 1, p. 34-43, 2013. <http://dx.doi.org/10.14583/2318-7670.v01n01a07>

SOUZA, E. B. et al. Padrões climatológicos e tendências da precipitação nos regimes chuvoso e seco da Amazônia oriental. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 21, 2017. <https://doi.org/10.5380/abclima.v21i0>

SOUZA, C. A. de.; JUNIOR OLIVEIRA, E. S.; HACON, S. S. de. Serviços Ecossistêmicos da Amazônia Brasileira. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 17, n. 1, p. 178-198, 2024. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v17.1.p178-198>

STEELE-DUNNE, Susan et al. The impacts of climate change on hydrology in Ireland. **Journal of Hydrology**, v. 356, n. 1-2, p. 28-45, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2008.03.025>

SUN, Q.; MIAO, C.; DUAN, Q.; ASHOURI, H.; SOROOSHIAN, S.; HSU, K-L. A Review of Global Precipitation Data Sets: Data Sources, Estimation, and Intercomparisons. **Reviews of Geophysics**, v. 56, n. 1, p. 79-107, 2018. <https://doi.org/10.1002/2017RG000574>

SUN, S.; SHI, P.; ZHANG, Q.; WANG, J.; WU, J.; CHEN, D. Evolution of future precipitation extremes: Viewpoint of climate change classification. **International Journal of Climatology**, v. 42, n. 2, p. 1220-1230, 2022. <https://doi.org/10.1002/joc.7298>

TABARI, H.; HOSSEINZADEHTALAEI, P.; AGHAKOUCHAK, A.; WILLEMS, P. Latitudinal heterogeneity and hotspots of uncertainty in projected extreme precipitation. **Environmental Research Letters**, v. 14, n. 12, 2019. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab55fd>

TABARI, H. Climate change impact on flood and extreme precipitation increases with water availability. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, 2020. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-70816-2>

TUCCI, C. E. M. **Modelos Hidrológicos**. UFRGS, 1. ed. 1998. v. 1.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 3. ed. Porto Alegre: UFRGS: ABRH, 2004. 943 p.

VALÍK, A.; BRÁZDIL, R.; ZAHRADNÍČEK, P.; TOLASZ, R.; FIALA, R. Precipitation measurements by manual and automatic rain gauges and their influence on homogeneity of long-term precipitation series. **International Journal of Climatology**, v. 41, n.1, 2021. <https://doi.org/10.1002/joc.6862>

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Metereologia e Climatologia**. Recife: Versão Digital, 2005. 449 p.

WANG, J. et al. Amazon boundary layer aerosol concentration sustained by vertical transport during rainfall. **Nature**, v. 539, n. 7629, p. 416-419, 2016. <https://doi.org/10.1038/nature19819>

WANG, B.; STEINER, J.; ZHENG, F.; GOWDA, P. Impact of rainfall pattern on interrill erosion process. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 42, n. 12, p. 1833-1846, 2017. <https://doi.org/10.1002/esp.4140>

WANG, H. et al. The changing precipitation storm properties under future climate change. **Hydrology Research**, v. 54, n. 4, p. 580-590, 2023. <https://doi.org/10.2166/nh.2023.142>

WANG, L.; LI, Y.; GAN, Y.; ZHAO, L.; QIN, W.; DING, L. Rainfall erosivity index for monitoring global soil erosion. **CATENA**, v. 234, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.107593>

WDOWINSKI, S.; BRAY, R.; KIRTMAN, B. P.; WU, Z. Increasing flooding hazard in coastal communities due to rising sea level: Case study of Miami Beach, Florida. **Ocean & Coastal Management**, v. 126, p. 1-8, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2016.03.002>

APÊNDICES

Tabela 10 - Ocorrência dos padrões de intensidade de chuva em função da duração da precipitação, nas 15 estações, Mato Grosso, Brasil. (n = 6.187).

Nome da estação	Padrão	<30 minutos	30 - 60 minutos	60 - 120 minutos	120 - 180 minutos	180 - 240 minutos	>240 minutos	Total
Porto dos Gaúchos	Avançado	-	99	184	101	54	53	491
	Atrasado	-	78	76	30	21	21	226
	Intermediário	-	34	54	31	17	16	152
	Constante	-	0	0	0	0	0	0
Alta Floresta	Avançado	-	77	184	108	66	51	486
	Atrasado	-	92	120	39	27	18	296
	Intermediário	-	44	73	35	8	7	167
	Constante	-	0	0	0	0	0	0
Humboldt	Avançado	-	93	154	79	45	25	396
	Atrasado	-	85	86	29	22	11	233
	Intermediário	-	51	74	28	10	7	170
	Constante	-	0	0	0	0	0	0
Jusante Foz	Avançado	-	53	103	72	38	48	314
	Atrasado	-	45	86	39	13	17	200
	Intermediário	-	29	58	28	10	17	142
	Constante	-	0	0	0	0	0	0
Paranatinga	Avançado	-	88	164	71	45	40	408
	Atrasado	-	60	73	33	14	25	205
	Intermediário	-	39	41	25	12	6	123
	Constante	-	0	0	0	0	0	0
Rio Nandico	Avançado	-	28	34	9	9	10	90
	Atrasado	-	17	9	3	1	0	30
	Intermediário	-	1	3	2	1	3	10
	Constante	-	0	1	0	0	0	1
Córrego Rosana	Avançado	-	26	17	13	8	13	77
	Atrasado	-	15	13	5	1	1	35
	Intermediário	-	1	3	0	0	0	4
	Constante	-	0	0	0	0	0	0
Faz. Santa Sofia	Avançado	-	27	27	10	11	12	87
	Atrasado	-	23	7	1	2	3	36
	Intermediário	-	3	2	0	2	0	7
	Constante	-	0	2	0	0	0	2
Empaer	Avançado	-	15	28	16	9	12	80
	Atrasado	-	18	17	1	2	3	41
	Intermediário	-	3	2	0	0	0	5
	Constante	-	0	0	0	0	0	0
Faz. Bragança	Avançado	-	7	10	7	4	8	36
	Atrasado	-	11	11	3	2	3	30
	Intermediário	-	0	1	1	0	0	2
	Constante	-	0	0	1	0	0	1
Feliz Natal	Avançado	-	18	16	8	4	9	55
	Atrasado	-	7	5	0	1	2	15

	Intermediário	-	1	0	0	0	0	1
	Constante	-	0	0	0	0	0	0
Fetter	Avançado	-	23	65	41	27	34	19
	Atrasado	-	71	40	24	9	14	158
	Intermediário	-	7	3	2	1	2	15
	Constante	-	0	0	0	0	0	0
UFMT	Avançado	11	52	62	27	16	29	197
	Atrasado	23	53	44	14	4	13	151
	Intermediário	4	27	18	7	5	7	68
	Constante	0	0	0	1	0	0	1
Faz. Vô Maria	Avançado	-	31	69	43	25	40	208
	Atrasado	-	75	52	20	17	15	179
	Intermediário	-	8	6	4	2	1	21
	Constante	-	0	0	0	0	0	0
Faz. São José	Avançado	-	14	58	36	33	55	196
	Atrasado	-	43	48	22	6	10	129
	Intermediário	-	4	7	3	0	1	15
	Constante	-	0	0	0	2	3	5