

Tipo do manuscrito: **Artigo de Pesquisa.**

PERFIL HIDROCLIMÁTICO DE RORAIMA

Hidroclimatic Profile of Roraima

Carlos Sander¹, Wellington Farias Araújo², Thiago Morato de Carvalho³

¹ Professor do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, Brasil.
carlos.Sander@ufrr.br

 [ID](https://orcid.org/0000-0002-5720-4560): <https://orcid.org/0000-0002-5720-4560>

² Professor do Departamento de Solos e Eng. Agrícola da Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, Brasil. wellingtonufr@gmail.com

 [ID](https://orcid.org/0000-0001-6002-1223): <https://orcid.org/0000-0001-6002-1223>

³ Professor do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, Brasil.
thiago.morato@ufrr.br

 [ID](https://orcid.org/0000-0003-1027-6564): <https://orcid.org/0000-0003-1027-6564>

Recebido em (data) e aceito em (data)

RESUMO: O presente estudo busca atualizar informações sobre a dinâmica climática atual e destacar fatores sobre a influência do fenômeno climático ENOS (El Niño-Oscilação Sul) na variabilidade climática do Estado de Roraima. A primeira etapa da metodologia compreendeu a classificação dos dados de chuvas e confecção dos mapas anuais de pluviosidade, dias precipitados, duração média de estiagem e domínios climáticos, considerado o período de normais climatológicas de 1991-2020. Os domínios climáticos foram determinados a partir de dados pluviométricos e térmicos. A segunda etapa envolveu a análise das chuvas associado às condições dos eventos de El Niño e La Niña. Os resultados mostram um reposicionamento dos tipos climáticos, com expansão da área de influência do clima Af e retração dos climas Am e Aw. O ENOS tem apresentado forte influência nos climas locais, com El Niño apresentando relação com períodos mais secos e quentes, e La Niña com condições mais úmidas. Durante os períodos de El Niño foi observado uma redução média de 18,99% nos totais precipitados e de 13,88% no número de dias com chuva. Já sobre o efeito de La Niña, foi constatado um aumento médio de 16,46% no volume precipitado e de 12,94% na quantidade de dias. A duração média da estiagem no Estado também foi afetada pelo El Niño, passando de um período médio de 2,5 meses da série histórica para 4 meses. Para períodos de La Niña, as estiagens apresentaram uma média de 1,2 meses.

Palavras-chave: classificação dos tipos climáticos; oscilações climáticas; El Niño; La Niña; Roraima.

ABSTRACT: ABSTRACT: This study seeks to update information on current climate dynamics and highlight factors and the influence of ENSO on climatic variability in the State of Roraima. The first stage of the methodology involved classifying rainfall data and creating annual maps of rainfall, precipitation days, average drought duration and climatic domains, considering the period of climatological normals from 1991 to 2020. The climatic domains were determined from rainfall and thermal data. The second stage involved analyzing rainfall associated with the occurrence of El Niño and La Niña events. The results show a repositioning of their climate types, with an expansion of the area of influence of the Af climate and a contraction of the territories associated with the Am and Aw types. ENSO has had a strong influence on local climates, with El Niño associated with drier and warmer periods, and La Niña with

wetter conditions. During El Niño periods, an average reduction of 18.99% in rainfall totals and 13.88% in the number of rainy days was observed. During La Niña, an average increase of 16.46% in rainfall volume and 12.94% in the number of days was observed. The average duration of droughts in the state was also affected by El Niño, decreasing from an average of 2.5 months (historical series) to four months under the influence of this phenomenon. During La Niña periods, droughts showed a significant reduction, reaching an average of 1.2 months.

Keywords: Classification of climate types; climate oscillations; El Niño; La Niña; Roraima.

INTRODUÇÃO

A dinâmica climática tem sido objeto de debate muito intenso pelas nações mundo afora. Da mesma forma, a Amazônia tem despertado grande interesse dado seu papel no equilíbrio climático global. Esta região se destaca como força motriz na geração de umidade e de suprimento para extensa e abundante hidrologia de superfície, que expressa também grande heterogeneidade marcada por áreas superúmidas até condições de extrema aridez, ligadas a uma variedade de atributos físicos e das características de circulação geral da atmosfera.

O Estado de Roraima também expressa uma diversidade climática expressiva, sendo fruto de condições barométricas com origem nos Hemisférios Norte e Sul. Associado à migração do equador térmico se observa a atuação sazonal das massas de ar Equatorial Continental (MEC) e Equatorial Atlântico Norte (MEAN), assim como da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), ambos com intensidade, duração e diferentes ações no Estado. Essa dinâmica, combinada a outros aspectos físicos define a regionalização dos tipos climáticos tropicais que vão de condições superúmidas a subúmidas. Sobretudo, a ação desses sistemas se configura em padrões anuais diferenciados de pluviosidade, com áreas marcadas por chuvas melhor distribuídas ao longo do ano e outras com estações secas e chuvosas bem definidas, com estiagens prolongadas (EVANGELISTA, SANDER e WANKLER, 2008; SANDER, WANKLER e CARVALHO, 2018).

Trabalhos anteriores permitiram o entendimento de características básicas da dinâmica pluviométrica de Roraima, porém, em parte afetados pela duração da série histórica e distribuição irregular das estações de monitoramento (BARBOSA, 1996; EVANGELISTA, SANDER e WANKLER, 2008). Trabalhos mais recentes possibilitaram a melhoria no entendimento do cenário climático já atentando para a ação dos eventos de El Niño e La Niña (SANDER, WANKLER E CARVALHO, 2018; BARNI et al., 2020). Os trabalhos de Sander et al (2015), Silva et al (2015), SANDER (2015) e Sander, Wankler e Carvalho (2018) buscaram trazer um melhor entendimento da influência do ENOS no cenário climático de Roraima, destacando impactos significativos no volume pluviométrico anual.

O presente estudo busca atualizar informações sobre a dinâmica climática atual e destacar fatores e a própria influência dos ENOS na variabilidade climática.

ÁREA DE ESTUDO

Localizado entre as coordenadas de latitude 1° 35'S a 5° 16'N e longitudes de 58° 53' a 64° 49'W, Roraima tem uma área de ~224.300 km² o que equivale a 3% do domínio



morfoclimático amazônico, constituído em maior parte por vegetação ombrófila densa e os campos amazônicos, regionalmente chamados de lavrado (NE de Roraima) e campinaranas (Sul de Roraima) (CARVALHO *et al.*, 2016; CARVALHO; MORAIS, 2020). A metade meridional de Roraima faz limite com os Estados do Amazonas (sul e sudoeste) e Pará (sudeste) e o setor setentrional faz limite com a Venezuela (norte e noroeste) e Guiana (nordeste) (Figura 1).

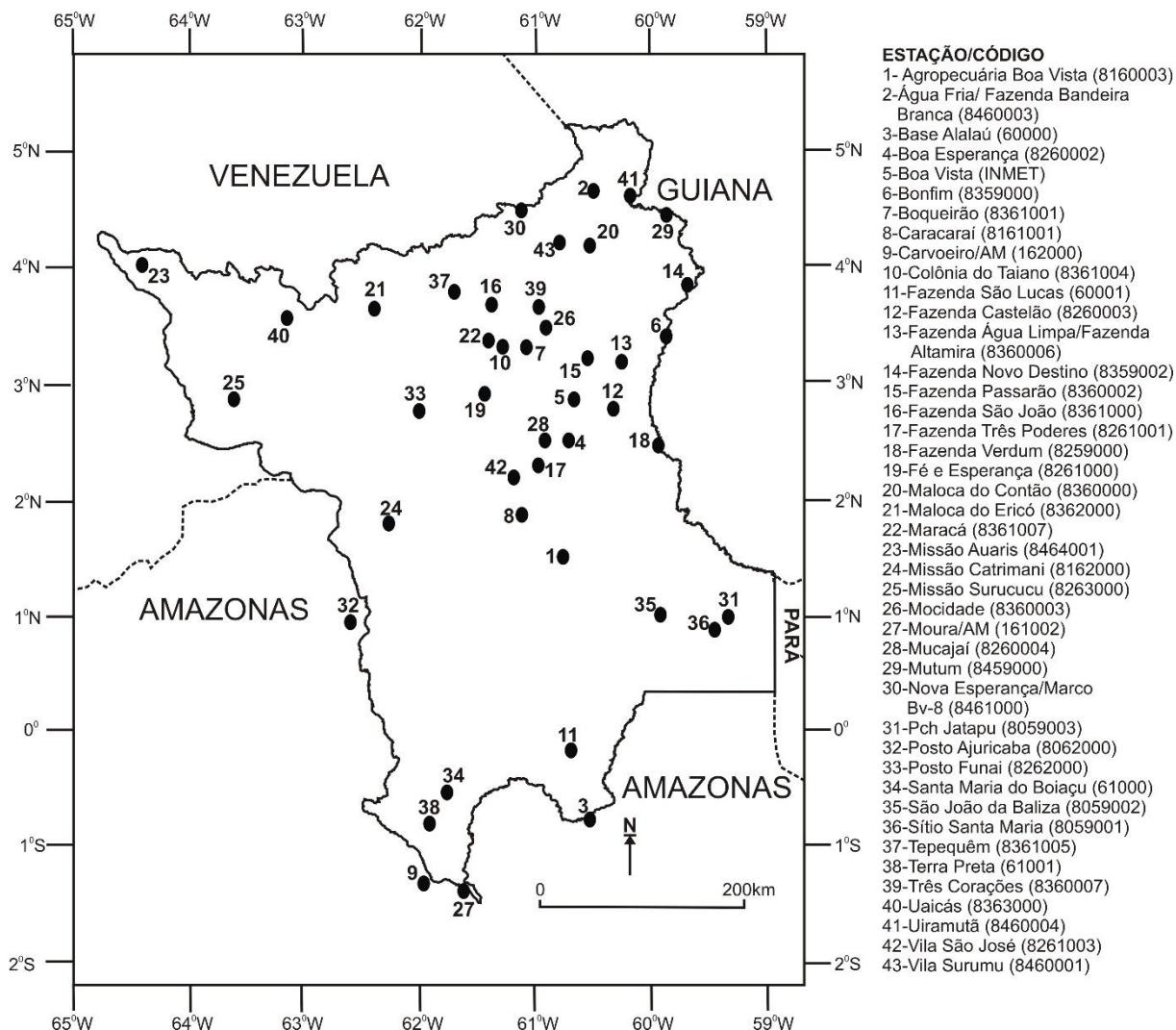


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo.

Os tipos climáticos da região, segundo a classificação de Köppen, compreende os tipos Af (Tropical Chuvoso de Floresta, nas parcelas sul, oeste e noroeste), Am (Tropical de Monção, formando um arco que vai desde o sudeste, centro, centro-norte, seguindo em direção ao extremo nordeste até a cabeceira do rio Maú e na tríplice fronteira (Brasil, Venezuela e Guiana). O tipo Aw (Tropical de Savanas) está posicionado na região nordeste de Roraima até a fronteira com a Guiana (BARBOSA, 1997; SANDER, WANKLER e CARVALHO 2018; BARNI *et al.*, 2020).

Os mapas anuais de pluviosidade, dias precipitados, duração média de estiagem e domínios climáticos foram gerados pelo método de interpolação espacial IDW (Peso pelo Inverso da Distância) no sistema de informação geográfica QGIS (versão 3.10). Este método permitiu estimar valores entre os dados amostrais das estações, gerando um geocampo, levando em consideração a proximidade e distribuição das estações. Após o processo de interpolação para os dados de precipitação, dias precipitados e duração média da estiagem, obteve-se seus respectivos modelos de superfície, pelos quais foi possível extrair as curvas das isoietas, do percentual acumulado de pluviosidade e curvas para duração média da estiagem. O cruzamento destes produtos permitiu elaborar o modelo dos domínios climáticos regionais para as condições do período climática de 1991 a 2020.

MATERIAIS E MÉTODOS

A caracterização climática da área de estudo levou em consideração dados da série histórica de 1991 a 2020, coletados de 43 estações climáticas obtidas da ANA (2025) e INMET (2025a), sendo que destas estações, 40 estão inseridas em Roraima e 3 no Estado do Amazonas (Figura 1).

Para definição da duração do período médio de estiagem foi estabelecido como limiar os valores médios mensais <60mm (série 1991-2020), levando em consideração a classificação de Koppen (BAHIA, 1998 e 2020; ALVARES et al., 2013; SANDER, 2015; FRANCISCO et al. SANDER, WANKLER e CARVALHO, 2018; TAMAYO-RUÍZ et al., 2025). Na sequência foram utilizados períodos de 1 a 3 meses secos para climas de monções (Am) e de 4 ou mais meses para o clima tropical de savanas (Aw). Para o domínio do clima tropical úmido (Af) foi considerado as áreas com precipitação média mensal >60 mm.

A análise da influência dos fenômenos El Niño e La Niña levou em consideração as séries históricas (SH) completas de todas estações onde foram gerados mapas de variação média dos percentuais dos volumes precipitados/ano em relação a série histórica. Para o cálculo de duração dos ENOS foram considerados o mês central para determinação do início e fim de cada ciclo em conformidade com NOAA (2025). A partir desses dados foram definidos ainda o número de dias precipitados por ano e a duração média das estiagens sob a influência desses eventos.

Os mapas anuais de pluviosidade, dias precipitados, duração média de estiagem e domínios climáticos foram gerados pelo método de interpolação espacial IDW (Peso pelo Inverso da Distância) no sistema de informação geográfica QGIS (versão 3.10). Este método permitiu estimar valores entre os dados amostrais das estações, gerando um geocampo, levando em consideração a proximidade e distribuição das estações. Após o processo de interpolação para os dados de precipitação, dias precipitados e duração média da estiagem, obteve-se seus respectivos modelos de superfície, pelos quais foi possível extrair as curvas das isoietas, do percentual acumulado de pluviosidade e curvas para duração média da estiagem. O cruzamento destes produtos permitiu elaborar o modelo dos domínios climáticos de Roraima para o período de normais climatológicas de 1991 a 2020.



RESULTADOS E DISCUSSÃO

As diferenças espaciais nas condições térmicas de Roraima são resultantes das diferenças altimétricas regionais, as quais oscilam em diferentes compartimentos do relevo, desde superfícies aplainadas do baixo rio Branco, junto a sua foz no rio Negro com ~10m, a compartimentos mais elevados como o sistema serrano Parima-Pacaraima, com altitudes acima de 700 metros, a exemplo o Monte de Roraima com 2.800m (CARVALHO, 2014; CARVALHO *et al.*, 2016; TOPOGRAPHIC-MAP, 2025). Enquanto as áreas de baixa topografia são marcadas por dias e noites quentes, com temperaturas mínimas diárias superiores a 20°C (SANDER *et al.*, 2025; INMET, 2025), outras regiões, especialmente aquelas de topografia superiores a 500 m, apresentam temperaturas mínimas diárias mais amenas. Esta última condição é visível por toda fronteira norte, seguindo desde o município de Uiramutã até noroeste do Estado, além de serras isoladas (Mocidade e Tepequém), com mínimas diárias comumente atingindo valores entre 15 a 18°C (ZOOM.EARTH, 2025).

Outro controle térmico ativo na região equatorial e em Roraima é a nebulosidade que atua na redução do volume de radiação que chega à superfície (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007). O período chuvoso, que ocorre na maior parte do estado ao final da primavera e verão boreal, representa o período de menores temperaturas médias mensais, com seus maiores níveis observados nos meses de junho/julho. O período mais quente ocorre nos meses de outubro/novembro e março, ambos associados a baixa nebulosidade e as maiores altitudes solares no ano, associado a migração zenital (SANDER, WANKLER e CARVALHO, 2018; SANDER *et al.*, 2025; INMET, 2025).

Dadas as circunstâncias térmicas da região, o indicador que tem papel diferencial na tipologia climática da região é o volume e a distribuição da umidade ao longo do ano (Figura 2), com reflexos visíveis na hidrologia de cursos fluviais, aquíferos e na ecologia do estado (EVANGELISTA, SANDER e WANKLER, 2008). As áreas mais úmidas, sob o domínio do tipo climático Af, fecham um arco englobando as parcelas sul, extremo oeste, noroeste e norte até as proximidades da cidade de Pacaraima. Os totais anuais variam nesse domínio de 2.082 mm (estação Missão Surucucu/Noroeste) a 2.757mm (estação Terra Preta/extremo sul). A parcela associada às latitudes negativas (Hemisfério Sul) apresentam médias pluviométricas superiores e melhor distribuídas ao longo do ano, com porco mais de 1/3 das chuvas ocorrendo no semestre mais seco (Tabela 1). Essa condição se dá basicamente pela proximidade ao centro de origem da mEc que determina um período úmido antecipado as posições mais ao norte.

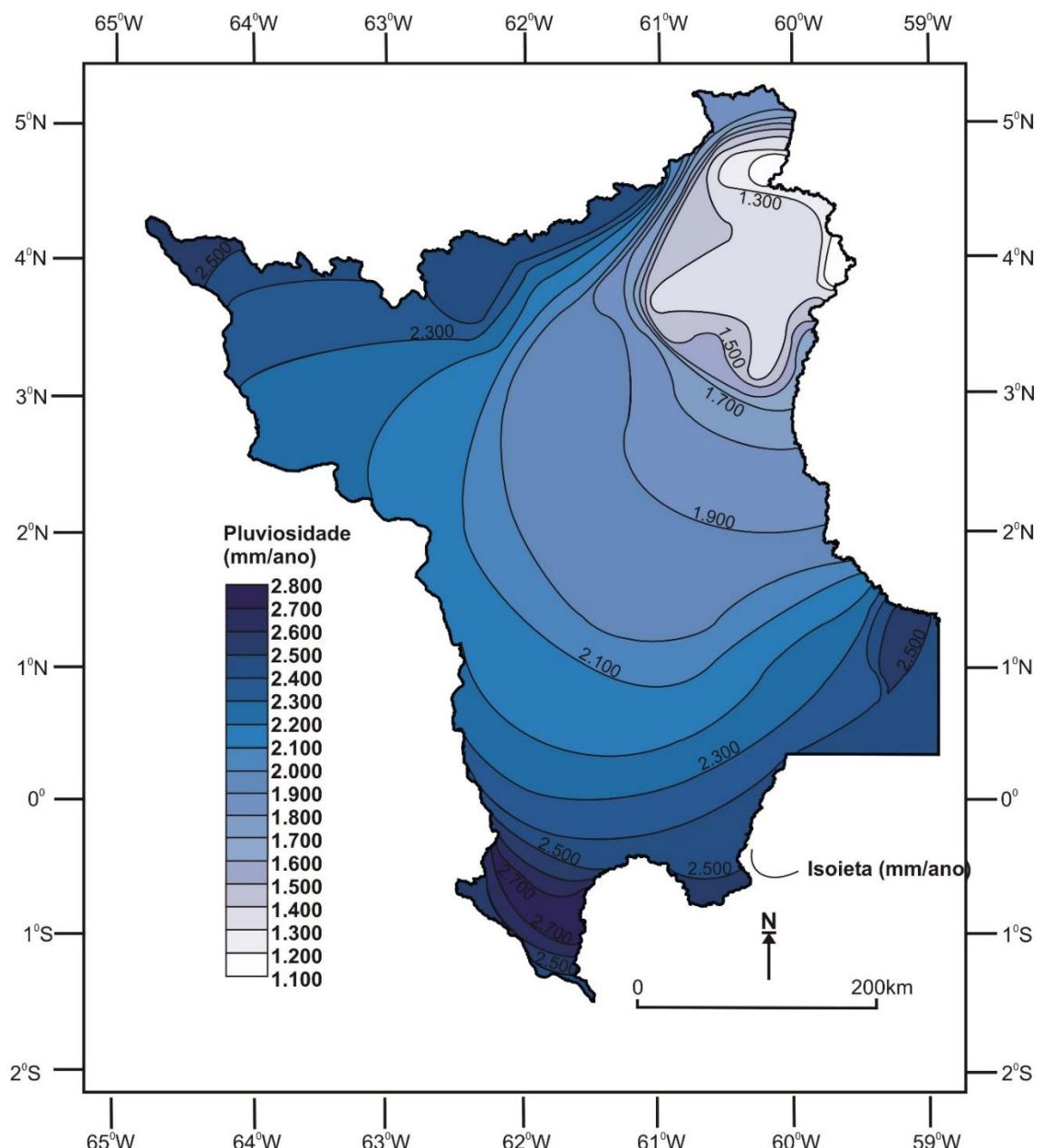


Figura 2. Mapa de pluviosidade média anual do Estado de Roraima. Fonte: autores

As áreas centro-norte e noroeste também apresentam uma distribuição de chuva mais equilibrada (assim como as áreas do sul do estado) com maior assimetria em posições orientais. Já a região sudeste, além das áreas próximas da cidade de Pacaraima (norte), apesar de volumes expressivos precipitados anualmente, apresenta forte disfunção da distribuição. Mesmo não apresentando estiagens sazonais (Tabela 1), tendo perto de $\frac{3}{4}$ do volume anual precipitado durante o semestre úmido.

A análise do período de normais climatológicas (1991-2020) indica uma ampliação na área do domínio climático Af (Figura 3) em comparação ao que foi apontado por Barbosa (1996) e Barni et al. (2020). O desenho atual (normais 1991-2020) apresenta

uma expansão e maior arqueamento deste clima em direção a posições orientais, com toda borda ocidental passando a fazer parte deste domínio. Contudo, a maior contração ocorreu na fronteira norte, ocupando posições até a sede de Pacaraima e, no sudeste do estado, passando a ocupar a parte oriental chegando até a latitude de 1°N. Tal migração foi destacada por Sander, Wankler e Carvalho (2018) atribuindo esse resultado, em parte, ao aumento das séries históricas disponíveis.

O tipo climático Am, mesmo que mais expressivo entre os tipos Af e Aw (Tabela 1, Figura 3), representa uma importante transição entre as áreas úmidas e secas do estado (BARBOSA et al., 1997; EVANGELISTA, SANDER e WANKLER, 2008; SANDER, WANKLER e CARVALHO, 2018). Mesmo com volumes anuais de chuva substancialmente elevados, com valores entre 1.800 a pouco mais de 2.100 mm, tais áreas são marcadas por período de estiagem sazonal com duração média de 1 a 3 meses do ano. As áreas mais úmidas, com maiores volumes pluviométricos e de estiagem mais curta, ficam posicionadas no limite com o tipo climático Af. Em direção a região nordeste do estado há uma progressiva redução dos totais pluviométricos e o alongamento do período estigado.

Tabela 1. Tipos climáticos e características pluviométricas em diferentes regiões de Roraima (série 1991-2020)

Estação	Município	Pluviosidade (mm/ano)	Duração estiagem (meses)	Tipo Climático
Terra Preta	Caracaraí	2.757,1	0	Af
Nova Esperança/ Marco Bv-8	Pacaraima	2.422,7	0	Af
Missão Catrimani	Caracaraí	2.097,5	1	Am
Mucajáí	Mucajáí	1.834,4	3	Am
Boa Vista	Boa Vista	1.761,8	3	Am
Vila Surumu	Pacaraima	1.463,3	4	Aw
Uiramutã	Uiramutã	1.161,5	6	Aw

Fonte: ANA (2025); INMET (2025).

Outro traço marcante do clima Am é a concentração de chuvas do semestre úmido. Os volumes médios precipitados em tal período representam percentuais entre 75% (áreas limítrofes com o clima Af) a 80% (áreas de transição para o tipo Aw) dos totais. Essas taxas corroboram com Evangelista, Sander e Wankler (2008), Sander (2015) e Sander, Wankler e Carvalho (2018) que discutiram as características de concentração de chuvas e seu impacto na hidrologia local.

O terceiro tipo climático do Estado, o Aw, é o mais desigual com relação aos tipos anteriores (Af e Am). Este clima apresenta precipitações que vão de 1.100 a 1.800mm/ano (Tabela 1, Figura 3). Se por um lado os volumes precipitados no ano se equiparam a pluviosidade de regiões tropicais florestadas como na África Equatorial (WOHL, 2007), por outro lado, a forte concentração de chuvas entre os meses entre abril e setembro tem papel decisivo na ocorrência do domínio savânico na região. Assim, esta vegetação está relacionada às localidades com concentração das chuvas no período úmido superior a 78% dos volumes médios da pluviosidade anual



(EVANGELISTA, SANDER e WANKLER, 2008; SANDER, WANKLER e CARVALHO, 2018).

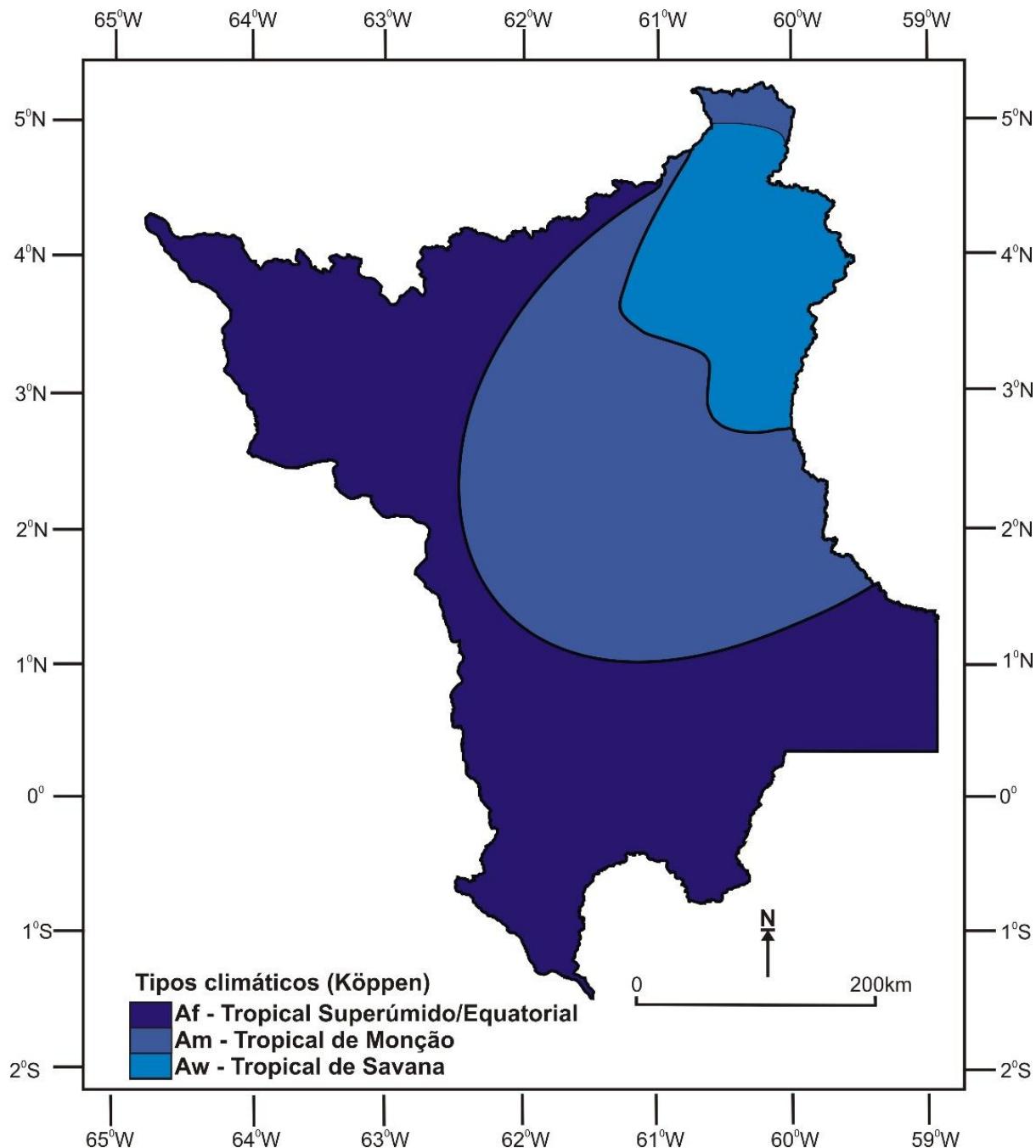


Figura 3. Mapa dos tipos climáticos do Estado de Roraima (normais climatológicas 1991-2020). Fonte: autores.

A forte concentração de chuvas acaba por repercutir na duração das chuvas sazonais com duração de 4 meses, nas zonas de transição para o clima Am, a áreas com secas com duração média de 7 meses, que se estende desde a faixa central do domínio Aw

até a fronteira com a Guiana (Tabela 1, Figura 3). Assim como nos outros tipos climáticos nota-se uma alteração de sua distribuição areal com o avanço clima Am para porções orientais. Essa situação foi anteriormente apontada por Sander, Wankler e Carvalho (2018), tratando da distribuição da umidade no estado e em seus efeitos na territorialidade dos tipos climáticos. Os resultados confirmam também as afirmações de Araújo et al. (2024) que fazendo um estudo comparativo entre os períodos de normais climatológicas (1961-1990 e 1991-2020) indicou mudanças no padrão climático da região de Boa Vista-RR, passando de características do tipo climático Aw para o Am.

Estiagens, duração e fatores reguladores

Mesmo próximo ao grande centro de produção de umidade do continente sul-americano (Amazônia ocidental), as diferenças entre o volume precipitado e a distribuição de chuvas no ano, além da duração média do período de estiagem, representam as principais condições que controlam a disposição areal dos tipos climáticos do estado (Af, Am e Aw). O funcionamento básico que alimenta essas diferenças é a intensidade de atuação das massas de ar MEC, massa equatorial Atlântica Norte (mEan) e o posicionamento da ZCIT em Roraima. A ação desses corpos segue a trajetória do equador térmico, influenciado pelo posicionamento do eixo zenital pelas latitudes tropicais (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007; EVANGELISTA, SANDER e WANKLER, 2008; SANDER, WANKLER e CARVALHO, 2018).

A ação máxima anual da MEC sobre o Estado, assim como a ZCIT, tem sua maior intensidade no período entre os meses de maio e agosto, na passagem da primavera para o verão boreal, quando os centros de baixa pressão dominam a região gerando forte instabilidade meteorológica. Neste momento, com o deslocamento do anticiclone de Açores para posições mais a norte, a MEAN deixa de exercer influência sobre a região, creditando a esse período um comportamento mais homogêneo dos volumes precipitados no estado.

Com o início do solstício de inverno no Hemisfério Norte e com o deslocamento do centro zenital para o HS, a MEAN passa a exercer influência no estado tendo como porta de entrada e a maior zona de influência a região nordeste e à medida que se desloca para posições oeste, sudeste e sudoeste tem sua intensidade progressivamente reduzida. O deslocamento dos ventos alísios, com sua atividade máxima no estado entre os meses de dezembro a março, atua diretamente na dissipaçāo da umidade do ar atuando diretamente na ocorrência e duração média das estiagens.

A região nordeste, a zona de maior atuação da massa de ar acima, apresenta ventos mais intensos, com colunas de ar se deslocando a velocidades superiores a 20km/h (ZOOM.EARTH, 2025). Mostra uma forte correlação da ação desse corpo com a duração das secas, apresentando em algumas áreas períodos de estiagem sazonal com duração média de até 7 meses. Já a ação retrocessiva da MEAN para posições



ocidentais e meridionais implica diretamente na redução do período médio das estiagens até a faixa climática Af, onde não há a ocorrência de secas sazonais.

A duração dos períodos de estiagens e da estação chuvosa segue as flutuações na pressão atmosférica anual em Roraima (ZOOM.EARTH, 2025). Assim, no período entre maio e agosto se observa pequenas variações na dinâmica da circulação do ar, sendo o período de ação da MEC e da ZCIT em todo o estado, com distribuição de chuvas mais homogêneas no comparativo entre as regiões. Já, durante o inverno boreal, se observa a instalação de um gradiente barométrico com seu máximo na posição Nordeste e com redução progressiva dos valores para as posições ocidentais e meridionais indicando o período de maior influência da MEAN.

Uma outra condicionante que afeta a ação das massas de ar e da umidade é o efeito Coriolis. Com suas consequências mais vigorosas na zona equatorial (favorecido pelo diâmetro planetário), esse fenômeno exerce ação sobre a distribuição da umidade no estado agindo, em segundo plano, no deslocamento do ar para posições ocidentais a medida que as massas de ar migram ao longo das linhas latitudinais (sentido norte). Essa representa uma indicação importante para entender as diferenças no volume e distribuição pluviométrica entre a região nordeste em relação as posições a oeste (Figura 2). À medida que a MEC se desloca para latitudes norte, carregando suprimento de umidade, a mesma se mantém mais ativa em posições mais ocidentais na parte setentrional do estado.

A propagação da umidade para as áreas nordeste (MEC/ZCIT) tem relação com o gradiente barométrico desfavorável, especialmente no inverno boreal, quando a ação da MEAN é mais intensa. Outra condição que acaba por influenciar a disparidade da umidade do ar entre as porções Oriental e Ocidental pelo efeito Coriolis. Assim, a umidade proveniente de porções meridionais que se deslocam em direção norte há uma tendência de deslocamento para posições ocidentais, motivo pela qual as áreas na região noroeste se mantêm entre as mais úmidas do estado (ZOOM.EARTH, 2025).

Outras áreas, por outro lado, têm sua dinâmica pluviométrica e o tipo climático influenciados pelo fator topográfico. Exemplos disso são observados em toda o limite norte do Estado pelo efeito barlavento, podendo ser observados ainda em outros pontos isolados que acabam por apresentar volumes e comportamentos pluviométricos diferentes a áreas circunvizinhas (EVANGELISTA, SANDER e WANKLER, 2008; SANDER, WANKLER e CARVALHO, 2018). Na porção oriental os volumes anuais são ligeiramente mais elevados (estação Missão Auaris), com efeitos mais contundentes seguindo a leste (estação Nova Esperança, Marco BV-8) (Figura 2).

Na transição de terrenos planos para a subida da serra de Pacaraima, observando dados das estações Três Corações, Vila Surumu e Nova Esperança/Marco BV-8 (Figura 2), é possível entender melhor o impacto orográfico na umidade. Em uma distância de 94km se observa volumes de chuvas que vão 1.213,59 mm/ano (estação Três Corações) em altitude de 100m, para 2.422,76 mm/ano na cidade de Pacaraima, em altitudes que superam 900m. o maior gradiente na pluviosidade se dá a partir do vale do rio Surumu (região da Boca da Mata) até Pacaraima, numa distância de 25



km, com diferenças na pluviosidade média que pode chegar acerca de 1.000 mm/ano. Essa dinâmica ainda tem impacto no número de dias precipitados por ano (Figura 4).

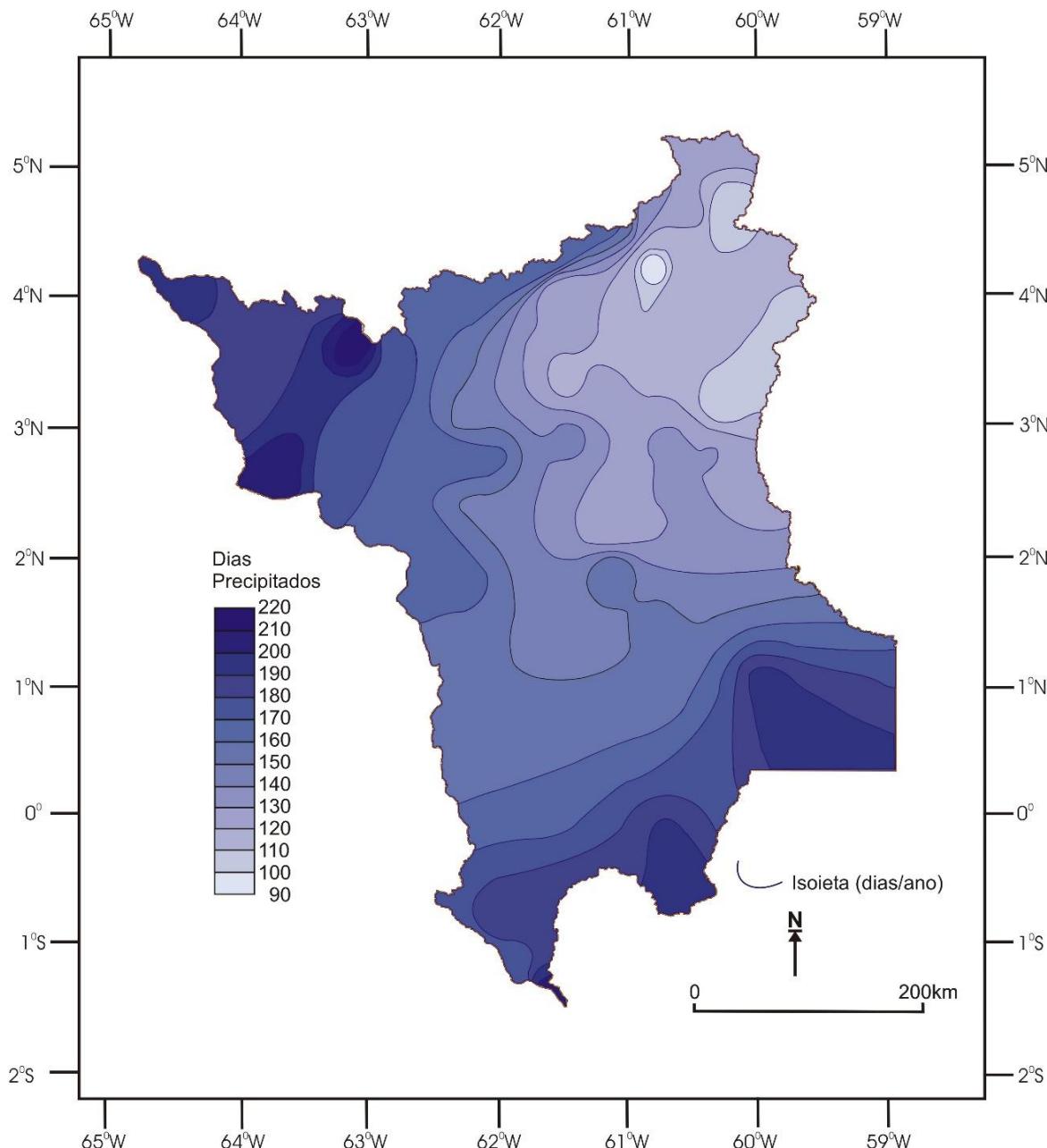


Figura 4. Média de dias precipitados no ano (normais climatológicas 1991-2020) no estado de Roraima. **Fonte:** autores

As mudanças súbitas nos domínios vegetais no curto trajeto da subida da Serra de Pacaraima refletem a transição abrupta entre os climas Aw e Am para o Af. Assim, se parte de uma vegetação de tipo savana na base da serra (clima Aw) para os tipos florestais Estacional Semidecidual Submontana e Ombrófila Densa Montana com o aumento do volume de chuvas e da altitude (IBGE, 2005; TOPOGRAPHIC-MAP, 2025). A região setentrional de Uiramutã, junto ao Parque Nacional do Monte Roraima



(área adjacente da tríplice fronteira entre Brasil/Venezuela/Guiana), em altitudes superiores a 700 m, dominada por Floresta Ombrófila Densa Montana, indica a provável transição do tipo climático Aw para o Am (IBGE, 2005; EVANGELISTA, SANDER, WANKLER, 2008; BARNI et al., 2025).

Papel do ENOS na dinâmica climática regional

Os efeitos do ENOS nos climas do planeta já são bem documentados com impactos na pluviosidade e condição térmica (MCPHADEN, 2002; MERTES e DUNNE, 2007; WOHL, 2007; RESTREPO-COUPE, 2008; REVADEKAR, KOTHAWALE e RUPA KUMAR, 2009; ARBLASTER e ALEXANDER, 2012; MOKHOV e SMIRNOV, 2016; MARENGO e SOUZA JR., 2018; MOURA, 2019; HANSEN, SATO e RUEDY, 2022; ; PEDREIRA JUNIOR, 2020; HANSEN, SATO e RUEDY, 2022). O processo de aquecimento e resfriamento do Pacífico equatorial atua basicamente na circulação geral da atmosfera (com efeitos no campo barométrico) e na distribuição das áreas de instabilidades (ALVES et al., 2005; PEREIRA et al., 2017).

Em Roraima, os efeitos dos fenômenos *El Niño* (EN) e *La Niña* (LN) também têm sido reconhecidos, com associações do primeiro fenômeno com menores volumes de chuvas, estiagens prolongadas, maior incidência de incêndios e térmicas elevadas. Já para LN, os efeitos mostram tendências opostas, marcados por anos mais chuvosos, estiagens mais fracas, maior intensidade de cheias e temperaturas ligeiramente moderadas (SILVA et al, 2015; SANDER, WANKLER e CARVALHO, 2018). A Tabela 2 apresenta impactos do *El Niño* e *La Niña* na pluviosidade média anual no estado (SANDER, et al., 2012; SILVA et al., 2015; SANDER et al., 2017; SANDER, WANKLER e CARVALHO, 2018; SANDER, 2019; BARNI et al., 2020; SANDER, ARAÚJO e CARVALHO, 2025).

Em termos gerais, considerando El Niño de todas as intensidades (fraco, moderado e forte), verificou-se uma redução média de 18,99% nos totais precipitados (Figura 5), com valores variando entre -32,02 (est. Posto Funai, em Alto Alegre) e -6,44% (est. Fazenda Castelão, Bonfim). O levantamento demonstrou também impactos no volume de dias precipitados com retração média de 13,88%, com oscilações em -22,59 (est. Três Corações, Amajari e -5,35% (est. Água Fria/ Faz. Bandeira Branca, Uiramutã) (Tabela 2).

No caso dos eventos de La Niña, foi observado um acréscimo médio 16,46%, com valores flutuando entre 29,11 (est. Água Fria/ Faz. Bandeira Branca, Uiramutã) e -2,12% (est. Moura, Barcelos-Am) (Figura 5). Esse último registro foi o único registro negativo, ocorrendo no limite extremo sul entre Roraima e Amazonas. O número de dias precipitados também segue o caminho de alta com progressão média de 12,94%, com números alternado entre 31,42 (est. Missão Surucucu, Alto Alegre) e -0,29% (est. Terra Preta, Caracaraí) (Tabela 2). Assim como na situação anterior, só houve 1 único registro negativo, ocorrendo na mesma região (extremo sul do estado).



Tabela 2. Oscilação média de indicadores hidrológicos sobre ação dos ENOS em relação à média histórica

Evento	Estação	Município	Variação (%)		Duração média das estiagens (meses)		Tipo Climático
			Chuva	Dias Precipitados	Série Histórica	Fase ENOS	
El Niño	Maloca do Ericó	Alto Alegre	-10,34	-13,14	0	2	Af
	Posto Funai	Alto Alegre	-32,02	-12,44	1	4	Am
	Fazenda Castelão	Bonfim	-6,44	-11,61	6	9	Aw
La Niña	Missão Surucucu	Alto Alegre	22,77	31,42	0	0	Af
	Mucajáí	Mucajáí	19,54	21,47	3	0	Am
	Três Corações	Amajari	20,79	10,25	7	1	Aw

Fonte: autores

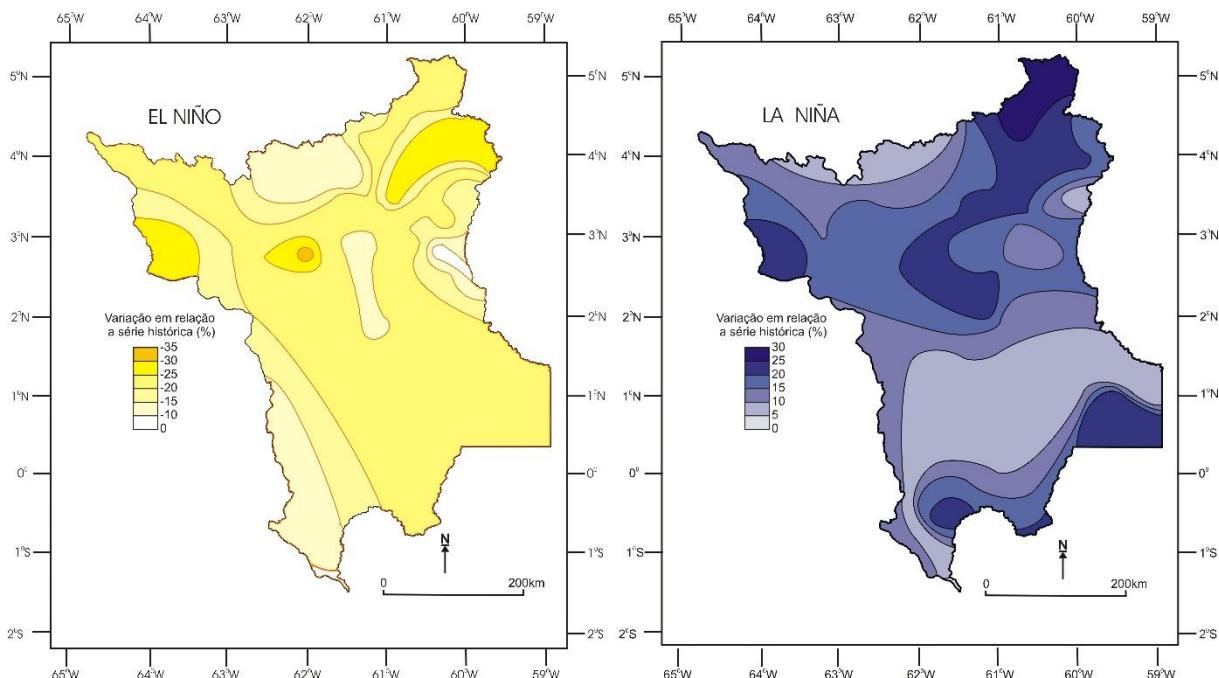


Figura 5. Mapa de percentual de variação média do volume de precipitação em fases de El Niño e La Niña em Roraima. **Fonte:** autores.

É importante destacar que o período mais úmido do estado (abril-setembro) coincide com a fase que os eventos ENOS no geral são menos intensos (NOAA, 2025), o que limita o impacto no volume anual precipitado. Porém, observando o período de outubro a março, fase associada a volumes reduzidos de chuva para a maior parte de Roraima, os fenômenos acima apresentam impacto bem mais significativo.

Para a fase de *El Niño* foi observado um decréscimo médio de 34,94% para o período outubro a março. A oscilação no volume precipitado para o período foi de -50,78 (est.

Missão Catrimani, Caracaraí) e -10,45 (est. Moura, Barcelos-Am). O número de dias também foi impactado, com retração média de 26,30%, apresentando percentuais oscilando entre -46,77 (est. Maracá, Alto Alegre) e -7,95% (est. Moura, Barcelos-Am). Associado a redução do volume de chuvas e o maior intervalo entre esses eventos, há uma tendência geral de ampliação do efeito das estiagens sazonais com efeitos reconhecidos na hidrologia de superfície e na propagação de queimadas (BARBOSA e FEARNSIDE, 1999; SANDER, WANKLER e CARVALHO, 2018).

Os eventos de *La Niña* demonstraram também efeitos mais intensos para o período outubro a março com ganho médio de 31,83%, apresentando variações entre 48,61 (est. Vila São José, Caracaraí) e -0,40% (est. Moura, Barcelos-AM). Os dias precipitados seguiram a mesma lógica, com variação média positiva de 24,08%, com percentuais oscilando entre 43,27 (est. Vila São José, Caracaraí) e 5,19% (Terra Preta, Caracaraí). Os principais efeitos dessa dinâmica é o encurtamento dos períodos de estiagens e a elevação do nível de vazante dos cursos fluviais.

Outro indicador importante para avaliar o efeito dos ENOS na dinâmica climática é a duração média do período de estiagem (Tabela 2, Figura 6). A média das estações pluviométricas durante a última normal climatológica aponta um período médio de estiagem de 2,5 meses, considerando a zona do tipo climático Af, não possui seca sazonal, até áreas com estiagens com duração média de 7 meses, na região nordeste de Roraima, associado ao domínio Aw. Durante a fase de *El Niño* há uma expansão clara na média de duração das estiagens, apresentando uma média de 4 meses. Essa situação foi observada em todos os tipos climáticos. No tipo climático Af passou a apresentar 26,67% das estações fases estiadas com destaque a região da cidade de Pacaraima, que apresentou duração média de 3 meses. Outras 66,67% apresentaram redução significativa no volume precipitado, especialmente nas fases mais intensas do EN. A estação Moura (Barcelos- AM), apesar de apresentar variação negativa no volume precipitado, as diferenças foram mais modestas.

No domínio do tipo climático Am, onde a duração média para fases é de 2,14 meses, passou para um período de 4,71 meses durante o *El Niño* (Figura 6), apresentando características associadas ao clima Aw. A estação com a maior oscilação foi a Vila São José (Caracaraí), com estiagens sazonais de 1 mês, passaram a apresentar períodos 6m durante tais anomalias. Já na zona subúmida (Aw), o período médio de estiagem passou de 5,36 meses (Série Histórica) para 6,71 (EN). Os destaques principais na ampliação do período de estiagem foram as estações Mocidade, variando de 4 (Série Histórica) à 8m (EN), e a Fazenda Castelão, com oscilação de 6 para 9 meses (Tabela 2).

Já em períodos de *La Niña* se verifica a redução do período médio para todo estado, passando de estiagens com duração média de 2,5 (Série Histórica) para 1,2 mês (Figura 6). Cabe, ressaltar que as áreas de clima Af se mantiveram sem estação, tendo seus resultados associados ao aumento do volume e do número de dias precipitados. Para as áreas do tipo Am, durante os períodos de LN, um total 71,43% não apresentaram estiagem. Do restante das estações, somente uma apresentou período médio seco de 2 meses (estação Fazenda Verdum, Bonfim) e o restante com apenas 1 mês. A zona climática Aw seguiu a mesma tendência com redução do



número de meses secos, passando de um média estiada de 5,36 (SH) para 3,29 meses. A estação Três Corações (Amajari) apresentou a maior retração do período de déficit hídrico, com o período de estiagem passando de 7 (Série Histórica) para 1 mês de duração (Tabela 2).

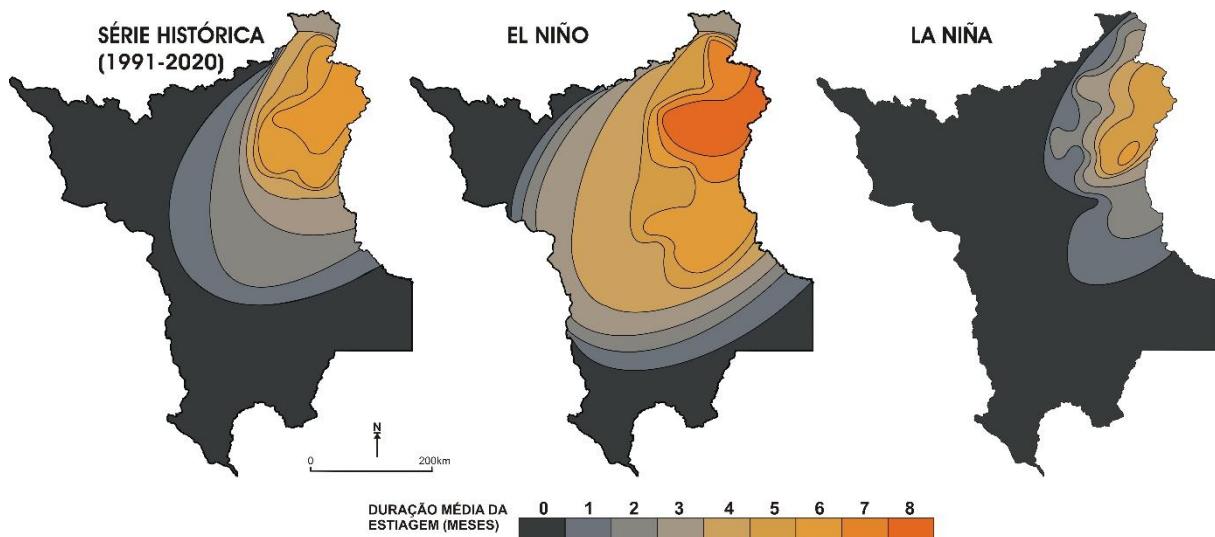


Figura 6. Período médio de estiagem durante o período de normais climatológicas 1991-2020 e fases de El Niño/La Niña no estado de Roraima. **Fonte:** autores.

É preciso ressaltar que esse estudo fez uma análise sem considerar as diferentes intensidades dos ENOS. Outros trabalhos desenvolvidos no estado atentam para efeitos diferenciados em função da intensidade dos eventos com forte impacto na hidrologia regional. Os El Niños de forte intensidade mostram frequentemente percentuais de queda nos volumes precipitados oscilando de 20 a pouco mais de 50%, marcados por intenso déficit hídrico, perdas de pastagens e propagação de queimadas. Da mesma forma, os La Niñas de forte intensidade apresentam desempenho mais intenso, com acréscimos aos volumes anuais precipitados que chegam a superar 30%. Se por um lado esses eventos apresentam potencial positivo no agronegócio, existe uma relação bastante consolidada dos mesmos com a recorrência de cheias excepcionais no estado (SILVA, et al, 2015; SANDER et al, 2017; SANDER, WANKLER e CARVALHO, 2018; SANDER e WANKLER, 2019).

CONCLUSÃO

Mesmo apresentando condições megatérmicas e de forte umidade na faixa tropical Roraima apresenta dinâmica diferenciadas. Entre os principais resultados obtidos destacam-se:

- Diferenças espaciais nas condições térmicas são resultantes das diferenças altimétricas do estado, com altitudes variando de ~10m (região do vale do rio Negro, extremo sul) a ~2.700m (Monte de Roraima, extremo nordeste);

- Outro controle térmico importante é a nebulosidade que atua no bloqueio da radiação solar, determinando a ocorrência das menores médias mensais no bimestre junho-julho, em pleno verão boreal;
- O período mais quente ocorre nos meses de outubro/novembro e março, ambos associados a baixa nebulosidade e as maiores altitudes solares no ano, pela migração zenital;
- A atualização de dados meteorológicos do estado mostra um reposicionamento de seus tipos climáticos. O clima Af apresentou aumento de sua área de influência, se expandindo para toda zona ocidental, além de migrações para parcelas orientais;
- O tipo climático Am apresentou a maior perda areal pelo avanço do tipo Af sobre seus antigos domínios, tendo seu avanço limitado para a região nordeste pelo clima Aw;
- O fenômeno ENOS apresentam papel fundamental em anomalias climáticas em Roraima. O *El Niño* atua comumente na redução dos volumes de chuva, ocorrência e prolongamento de períodos de estiagens, além aumento das condições térmicas e propagação de incêndios;
- Durante períodos de *El Niño* foi observado uma redução média de 18,99% nos totais precipitados, com valores variando entre -32,02 (est. Posto Funai, em Alto Alegre) e -6,44% (est. Fazenda Castelão, Bonfim).
- Os *El Niños* afetaram também o número de dias precipitados anualmente com queda média de 13,88%, apresentando oscilações entre -22,59 (est. Três Corações, Amajari) a -5,35% (est. Água Fria/ Faz. Bandeira Branca, Uiramutã);
- Os fenômenos de *La Niña* apresentam associação com aumento da umidade. O acréscimo médio nos volumes precipitados foi de 16,46%, com valores flutuando entre 29,11 (estaçao Água Fria/Faz. Bandeira Branca, Uiramutã) e -2,12% (est. Moura, Barcelos-Am);
- O número de dias precipitados durante o *La Niña* apresentou um avanço médio de 12,94%, com números alternado entre 31,42 (est. Missão Surucucu, Alto Alegre) e -0,29% (est. Terra Preta, Caracaraí);
- Outro indicador importante para avaliar o efeito dos ENOS na dinâmica climática é a duração média do período de estiagem. Enquanto a série histórica indica um período médio de 2,5 meses no estado, a média durante estágios de *El Niño* é de 4 meses;
- Em ciclos de *La Niña*, por outro lado, o período de estiagem cai abaixo da metade, apresentando uma duração média de para 1,2 mês.

REFERÊNCIAS

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - **HIDROWEB/Sistema de Informações Hidrológicas**. Disponível em <<http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb.asp?TocItem=4000>> Acesso em 08 de setembro de 2024.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. D. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507.

ALVES, L. M.; MARENGO, J. A.; JÚNIOR, H. C.; CASTRO, C. Início da estação chuvosa na região sudeste do Brasil: Parte 1-Estudos observacionais. 2005.

ARAÚJO, W.F.; MONTEIRO NETO, J. L. L.; SANDER, C.; ALBUQUERQUE, J. A. A.; VIANA, T. V. A.; VALERO, M. A. M. Atualização da classificação climática de Boa Vista, Roraima, Brasil. **NATIVA**, v. 12, p. 236-240, 2024. DOI: <https://doi.org/10.31413/nativa.v12i2.16202>.

ARBLASTER, Julie M.; ALEXANDER, Lisa V. The impact of the El Niño-Southern Oscillation on maximum temperature extremes. *Geophysical Research Letters*, v. 39, n. 20, 2012. DOI:10.1029/2012GL053409.

BAHIA. **Tipologia Climática Köppen**. Salvador, 1^a Ed, 1998. 1 mapa., colorido, escala 1:2.000.000.

BARBOSA, R. I. Distribuição das chuvas em Roraima. In: BARBOSA, R. I.; FERREIRA, E. J.; CASTELLÓN, E. G. (Org.). **Homem, ambiente e ecologia no Estado de Roraima**. 1º ed. Manaus, INPA, 1997. p. 325-335.

BARBOSA, R. I.; FEARNSIDE, P. M. Incêndios na Amazônia brasileira: estimativa da emissão de gases do efeito estufa pela queima de diferentes ecossistemas de Roraima na passagem do evento “El Niño”(1997/98). **Acta Amazonica**, v. 29, n. 4, p. 513-534, 1999.

CARVALHO, T.M. Sistemas e Ambientes Denudacionais e Agradacionais, uma primeira aproximação para o Estado de Roraima, Norte da Amazônia. **Revista Acta Geográfica**, v.8, n.16, p.77-98, 2014.

CARVALHO, T.M.; CARVALHO, C.M., MORAIS, R.P. Aspectos Fisiográficos e Biogeomorfológicos da Paisagem do Lavrado, Roraima, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.17, n.1, p.94-107, 2016.

CARVALHO, T M; MORAIS, R P. A paisagem do lavrado, nordeste de Roraima, como escala espacial para gestão territorial: uma questão urbano-ambiental. **Ciência Geográfica**,v.24,p.1462-1477,2020.

Acesso:https://www.researchgate.net/publication/348814844_A_paisagem_do_lavra_do_nordeste_de_Roraima_como_escala_espacial_para_gestao_territorial_uma_que_stao_urbano-ambientalpdf

EVANGELISTA, R. A. O.; SANDER, C.; WANKLER, F. L. Estudo preliminar da distribuição pluviométrica e do regime fluvial da bacia do rio Branco, Boa Vista – RR. In: SILVA, P. R. F; OLIVEIRA, R. S. (Org.) **Roraima 20 anos: as geografias de um novo estado**. 1º ed. Boa Vista, editora UFRR, 2008. p. 142-167.

FRANCISCO, P. R. M.; MEDEIROS, R. D.; SANTOS, D.; MATOS, R. D. Classificação climática de Köppen e Thornthwaite para o estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 4, p. 1006-1016, 2015. DOI:10.183/236570/000987105.

HANSEN, James; SATO, Makiko; RUEDY, Reto. Global temperature in 2021. **Columbia University: New York, NY, USA**, 2022.

MARENGO, José A.; SOUZA JUNIOR, C. Mudanças Climáticas: impactos e cenários para a Amazônia. **São Paulo: ALANA**, 2018.

MENDONÇA, F., DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de textos, 206p. 2007.

MCPHADEN, Michael J. El Niño and La Niña: causes and global consequences. In: MacCracken, M.C.; Perry, J.S. (eds). **Encyclopedia of global environmental change**, v. 1, p. 353-370, 2002.

MERTES, L. A. K.; DUNNE, T. Effects of Tectonism, Climate Change, and Sea-level Change on the Form and Behaviour of the Modern Amazon River and its Floodplain. In: GUPTA, A. (Ed.). **Large rivers: geomorphology and management**. United Kingdom: John Wiley e Sons, p. 115 – 144. 2007.

MOKHOV, I. I.; SMIRNOV, D. A. Relation between the variations in the global surface temperature, El Niño/La Niña phenomena, and the Atlantic Multidecadal Oscillation. In: **Doklady Earth Sciences**. Pleiades Publishing, p. 384-388, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1028334X16040115>.

MOURA, Marks Melo *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. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.242>.

NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration. (2024). **Global Time Series**. Disponível em <<https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/climate-at-a-glance/global/time-series>> Acesso em 20 de dezembro de 2024.

NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration. **Historical El Nino/La Nina episodes (1950-present)**. Climatic Prediction Center, 2025. Disponível em <https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.p> Acesso em 03 de junho de 2025.

PEDREIRA JUNIOR, Altemar Lopes *et al.* Influence of El Niño and La Niña phenomena on seasonality of the relative frequency of rainfall in southern Amazonas mesoregion. **RBRH**, v. 25, p. e24, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/2318-0331.252020190152>.

PEREIRA, Heloisa Ramos; REBOITA, Michelle Simões; AMBRIZZI, Tércio. Características da atmosfera na primavera austral durante o El Niño de 2015/2016. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, p. 293-310, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-77863220011>.

REVADEKAR, J. V.; KOTHAWALE, D. R.; RUPA KUMAR, K. Role of El Niño/La Niña in temperature extremes over India. **International Journal of Climatology**, v. 29, n. 14, p. 2121, 2009. DOI: 10.1002/joc.1851.

RESTREPO-COUPE, N. et al. Contrasting carbon cycle responses to dry (2015 El Niño) and wet (2008 La Niña) extreme events at an Amazon tropical forest. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 353, p. 110037, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2024.110037>.

SANDER, C.; WANKLER, F. L.; EVANGELISTA, R. A. de O.; MORAGA, C. H.; TEIXEIRA, J. F. dos S. Cheias do rio Branco e eventos de inundação na cidade de Boa Vista, Roraima. **Acta Geográfica**, v. 6, n. 12, p. 41-57, 2012. DOI: <https://doi.org/10.5654/acta.v6i12.730>.

SILVA, D. A.; SANDER, C.; ARAÚJO JÚNIOR, A. C. R.; WANKLER, F. L. Análise dos ciclos de precipitação na região de Boa Vista-RR nos anos de 1910 a 2014. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 9, n. 2, p. 34-49, 2015.

SANDER, C.; WANKLER, F. L.; CARVALHO, T. M. de; GASPARRETTO, N. V. L.; SANTOS, M. L. dos. Avaliação climático da bacia do alto rio Branco, Roraima, segundo as condições de tempo de permanência de fluxo. In: MEIGUINS, A. M. de L.; Gorayeb, P. S. de S. (Org.). **Contribuições à Geologia da Amazônia**. 1ed. Belem: SBG/Núcleo Norte, v. 10, 2017. p. 99-108.

SANDER, C.; WANKLER, F. L. Avaliação dos picos de cheias do rio Branco em Boa Vista RR sob olhar dos eventos ENOS In: Roraima 30 anos: Prof. Rafael da Silva Oliveira, ideário e pluralidade geográfica da Amazônia Setentrional, ed.1. Boa Vista: Editora da UFRR, v.3, 2019. p. 255 - 275.

TAMAYO-RUÍZ, L. E., GARCÍA-RAMÍREZ, A., LUCIO-RUÍZ, F., do BONFIM, R. M. M., GARCIA, M. L., CHARÃO, L. S. Desvendando a Classificação Climática de

Köppen: um guia prático e didático com exemplos. **Scientific Electronic Archives**, v. 18, n. 1, 2025. DOI: <http://dx.doi.org/10.36560/18120252028>.

TOPOGRAPHIC-MAP, 2025. **Mapa topográfico de Roraima**. Disponível em: <<https://pt-br.topographic-map.com>>. Acesso em: 25 mar. 2025.

EARTH, Zoom. NOAA/NESDIS, 2025. **STAR, GOES-East, Mapas do Tempo**. Disponível em: <<https://zoom.earth/>>. Acesso em: 11 mar. 2025.

WOHL, E. E. Hydrology and Discharge In: GUPTA, A. (Ed.). **Large rivers: geomorphology and management**. United Kingdom: John Wiley e Sons, p. 29-44. 2007.

AGRADECIMENTOS

Ao CAPES pelo financiamento das etapas de desenvolvimento do artigo através do “Projeto de fortalecimento e consolidação da Pós-Graduação nas áreas de Agronomia e Geografia da UFRR e avanços de conhecimento para o desenvolvimento sustentável da Amazônia Legal” (Auxílios n° 510160/2020-00 e n° 510167/2020-00).



Revista Geonorte, Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Amazonas. Manaus-Brasil. Obra licenciada sob Creative Commons Atribuição 3.0