



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



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

Luan Daniel Silva Ferreira¹, Michelly de Souza Cruz², Rosana Coelho³.

¹Doutorando pelo programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais pela Universidade Federal do Pará (UFPA), CEP: 66811-360, Belém (PA), Brasil, Tel.: (+55 91) 98161-1868, luan.ferreirabio@gmail.com (autor correspondente). ²Mestranda do programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais pela Universidade Federal do Pará (UFPA), CEP 66812193, Belém (PA), Brasil, Tel (+55 79) 988244607, michellycruz.eco@gmail.com. ³Mestranda do programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais pela Universidade Federal do Pará (UFPA), CEP 66635460, Belém (PA), Brasil, Tel (+55 91) 98318-2175, rosana.coelho@ig.ufpa.br.

Artigo recebido em 23/03/2023 e aceito em 21/12/2023

RESUMO

A região amazônica é reconhecida por sua vasta diversidade biológica e ambiental e a região de maior importância para o equilíbrio do clima global. O objetivo do estudo foi analisar a incidência de radiação e os fatores relacionados à umidade do ar em escalas distintas. Foram utilizados dados do site do INMET para calcular as médias de radiação solar incidente, condição de vapor real, déficit de pressão de vapor, razão de mistura e umidade específica. Foi utilizado o programa R para calcular a média diária e anual das variáveis. Observou-se que a radiação solar incidente varia de 5,79 MJ m⁻² dia⁻¹ a 23,78 MJ m⁻² dia⁻¹, sendo a Rn máxima registrada durante o período menos chuvoso. A condição real de vapor d'água variou entre 1,5 kPa a 2,2 kPa no período chuvoso. A variação do DPV acompanhou as mudanças de temperatura e umidade. A razão de mistura variou entre 0,0009 e 0,0013 no período pluviométrico de maior intensidade (período chuvoso) e oscilou entre 0,0005 e 0,0011 no período pluviométrico de menor intensidade (menos chuvoso). A temperatura específica apresentou variação entre 0,0009 e 0,0013 no período chuvoso. Foi observada uma variação da temperatura específica de 0,0005 a 0,0011 entre as horas 7 e 16 no período menos chuvoso. Os resultados também são consistentes com outros estudos sobre a região, que indicam altos índices de umidade e variação da condição real de vapor de água de acordo com a época do ano e a localização geográfica.

Palavras-chave: Região Amazônica, Clima, Fatores, Períodos.

Analysis of the daily and annual average of solar radiation incidence and measurements related to air humidity in the year 2021 in novo Repartimento – Pará

ABSTRACT

The Amazon region is recognized for its vast biological and environmental diversity, in addition to being one of the most important areas for the balance of the global climate. The objective of the study was to analyze the incidence of radiation and factors related to air humidity in different scales. Data from the INMET website were used to calculate the averages of incident solar radiation, actual steam condition, steam pressure deficit, mixing ratio and specific humidity. The R program was used to calculate the daily and annual average of the variables. It was observed that the incident solar radiation ranges from 5.79 MJ m⁻² day⁻¹ to 23.78 MJ m⁻² day⁻¹, with the maximum Rn recorded during the less rainy period. The actual water vapor condition ranged from 1.5 kPa to 2.2 kPa in the rainy season. The DPV variation followed changes in temperature and humidity. The mixing ratio varied between 0.0009 and 0.0013 in the rainy season and ranged between 0.0005 and 0.0011 in the less rainy season. The specific temperature varied between 0.0009 and 0.0013 in the rainy season. A specific temperature variation of 0.0005 to 0.0011 was observed between 7 am and 4 pm in the less rainy period. The results are also consistent with other studies on the region, which indicate high levels of humidity and variation in the actual condition of water vapor according to the time of year and geographic location.

Keywords: Amazon Region, Climate, Factors, Periods.

Introdução

Entender o clima na Floresta Amazônica sempre foi prioridade para a comunidade científica, contudo, somente a partir da introdução de novas tecnologias na década de 1980 houve maior possibilidade de estudos na região. Entre eles o estudo do clima e suas variáveis, tais como precipitação, temperatura do ar, pressão atmosférica, assim como a relação de tais variáveis com as outras regiões do país (Portella et al., 2022).

A floresta Amazônica possui a maior biodiversidade do mundo e, por sua extensão e propriedades climáticas, influencia no regime de chuvas em toda a América do Sul, além de contribuir para estabilizar o clima global (Batista, 2022). Um dos fatores que influenciam nessa dinâmica é a radiação solar incidente, energia proveniente do sol que chega à superfície terrestre. A média da radiação incidente diária e anual na região amazônica é um importante indicador para compreender as condições climáticas e o potencial de produção de energia solar nessa região.

A região amazônica apresenta alta variação de radiação solar incidente, sendo influenciada por fatores como a latitude, altitude, umidade relativa do ar e entre outros. A média anual da radiação solar incidente na região varia de cerca de 1.800 kWh/m² a 2.200 kWh/m², sendo que essa variação pode chegar a até 20% em algumas áreas (Fonseca et al., 2020).

Interações complexas entre variáveis climáticas na Bacia Amazônica têm implicações significativas para potenciais mudanças climáticas locais e globais. Dado que a Amazônia é uma região com dados esparsos, a variabilidade climática não é suficientemente quantificada (Batista, 2022).

A umidade do ar é um elemento meteorológico fundamental para a região amazônica. A média de vapor de água na atmosfera é alta, o que influencia na precipitação, na temperatura e na evapotranspiração da floresta (Marengo, 2019).

A condição real de vapor, o déficit de pressão de vapor, a razão de mistura e a umidade específica são parâmetros que influenciam diretamente a umidade do ar na região amazônica. A partir da análise desses parâmetros é possível compreender melhor os processos que afetam a umidade do ar na região e suas consequências (Mota, 2021).

Na região amazônica o déficit de pressão de vapor é geralmente baixo, o que indica alta umidade atmosférica (Marengo et al., 2018),

regiões úmidas como a Amazônia são elevadas durante todo o ano, o que indica a presença de grandes volumes de vapor de água na atmosfera. Essas condições climáticas são responsáveis pela alta evapotranspiração na região, o que incide na formação de nuvens carregadas e altos índices de pluviosidade (Gonçalves et al., 2019).

A umidade específica na região amazônica varia de acordo com a altitude e a época do ano. Na superfície, a umidade específica é maior durante a estação chuvosa, enquanto nas rampas mais altas da atmosfera a umidade específica é maior durante a estação seca. Essas variações são influenciadas pelos processos de convecção e pela circulação atmosférica na região (Alves, 2023).

A média de vapor de água, a condição real de vapor, o déficit de pressão de vapor, a razão de mistura e a umidade específica são parâmetros que permitem identificar padrões e tendências climáticas na região amazônica (Barbieri et al., 2021).

A pesquisa proposta visa aprofundar a compreensão dos parâmetros climáticos na região amazônica por meio de uma análise abrangente em escalas diversas. A importância dessa análise transcende a mera caracterização climática, pois estende-se para a influência direta sobre a biodiversidade e o bem-estar da população local. As informações obtidas por meio desse estudo não apenas contribuirão para um entendimento mais profundo das condições climáticas na região, mas também servirão como base sólida para pesquisas subsequentes.

Assim, a hipótese central deste artigo é que uma análise abrangente dos parâmetros climáticos em escalas distintas proporcionará insights cruciais para a compreensão das mudanças climáticas na região amazônica. Além disso, essa compreensão será essencial para embasar futuras investigações sobre os efeitos dessas mudanças na biodiversidade e no bem-estar das comunidades amazônicas.

Material e método

O município de Novo Repartimento está localizado na região sudeste do estado do Pará, na mesorregião do Sudeste Paraense 04° 14' 12,48" S e 049° 56' 56,04" W (INMET, 2023 – Figura 1).

A vegetação predominante em Novo Repartimento é a floresta tropical úmida, característica da região amazônica (Secretaria Municipal de Agricultura e Meio Ambiente, 2023). Além disso, o município situa-se em uma área classificada como clima tropical quente e úmido de floresta (Ami) segundo a classificação de Köppen-

Geiger (FUNCEME, 2023). Esse clima é caracterizado por temperaturas elevadas durante todo o ano, com chuvas frequentes e abundantes, principalmente entre os meses de dezembro a março (FUNCEME, 2023).

O período chuvoso em Novo Repartimento ocorre entre os meses de dezembro a março, com precipitações intensas e frequentes. Já o período de estiagem é observado entre os meses de junho a setembro, com redução significativa nas chuvas e temperaturas um pouco mais amenas, principalmente nas primeiras horas do dia (Santos et al., 2009).

Além da vegetação exuberante e do clima úmido, o município de Novo Repartimento também se destaca pela sua economia baseada na agropecuária e na herança de fontes. A região é conhecida pela produção de grãos, frutas e criação de gado, além da herança de ouro e outros minerais. A preservação da natureza e o uso sustentável dos recursos naturais são desafios importantes para o desenvolvimento da região, que contam com diversos programas de conservação ambiental e de apoio aos produtores rurais.

A Estação Meteorológica Automática (EMA) de Novo Repartimento é uma importante fonte de informação para o monitoramento das condições climáticas da região. Operada pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a EMA é equipada com diversos instrumentos de medição, como termômetros, pluviômetros, anemômetros, barômetros, entre outros. Esses instrumentos permitem a coleta de dados meteorológicos em tempo real, com alta precisão e confiabilidade (INMET, 2023).

Segundo o INMET, a EMA de Novo Repartimento possui uma taxa de falha inferior a 2% e passa por manutenções preventivas periódicas para garantir o seu funcionamento adequado.

A EMA de Novo Repartimento está localizada na região central do município, próximo ao Aeroporto Municipal, e possui as seguintes coordenadas geográficas: Latitude 04° 16' 00,12" S e Longitude: 049° 58' 00,12" W (INMET, 2023). A distância entre a estação meteorológica e o centro da cidade é de aproximadamente 2,5 km (Figura 1).

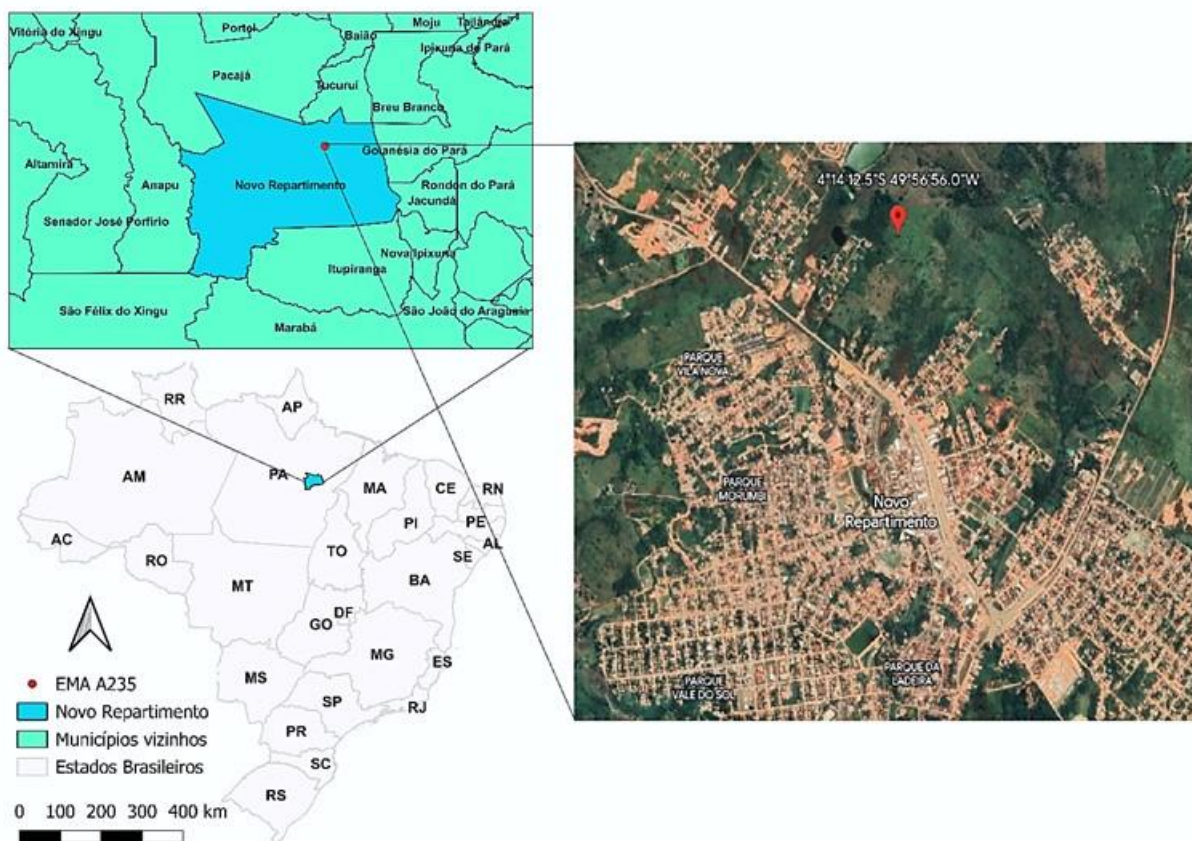


Figura 1 Mapa da localização da Estação Meteorológica Automática de Novo Repartimento – PA.

Os dados usados para os cálculos das médias diária e anual de radiação solar incidente, condição real de vapor, déficit de pressão de vapor, razão de mistura e umidade específica foram obtidos no site do INMET (<https://tempo.inmet.gov.br>), selecionado Tabela de Dados das Estações, escolhido o Estado do Pará, Estação Meteorológica Automática de Novo Repartimento (A235), entre o período de 01/01/2021 a 31/12/2021.

Para os obtenção dos valores de vapor de água retidas pelo ar em kPa, a condição real de vapor em kPa, o déficit de pressão de vapor em kPa, a razão de mistura em g de vapor/g de ar seco e a umidade específica em g de vapor/g de ar, haja visto que esses parâmetros não compunham os dados coletados pela EMA A235, foram usadas as seguintes fórmulas respectivamente:

$$e_s = 0,611 * 10^{[(7,5*Tar)/(237,3+Tar)]} \quad (1)$$

onde E_s é vapor de água que o ar pode reter e Tar é temperatura do ar.

$$e_a = (UR * e_s) / 100 \quad (2)$$

onde E_a é a condição real de vapor e UR é a umidade relativa.

$$\Delta e = e_s - e_a \quad (3)$$

Onde Δe é o déficit de pressão de vapor

$$w = (0,622 * e_a) / (P_{atm} - e_a) \quad (4)$$

onde w é razão de mistura e P_{atm} é a pressão atmosférica.

$$q = (0,622 * e_a) / (P_{atm}) \quad (5)$$

onde q é a umidade específica.

Deste modo foi possível observar o comportamento das variáveis em todos os períodos do ano, inclusive nos períodos chuvosos e de estiagem.

O programa R studio (Versão 4.2.1) foi utilizado para calcular a média diária e anual de cada variável. O arquivo obtido do site do INMET possui o formato CSV e foi importado para o programa R studio, onde foram elaborados e analisados os gráficos.

Resultados e discussão

Os valores diários da radiação solar incidente no topo da atmosfera variaram de 5,79 MJ m⁻² dia⁻¹ a 23,78 MJ m⁻² dia⁻¹ (Figura 2).

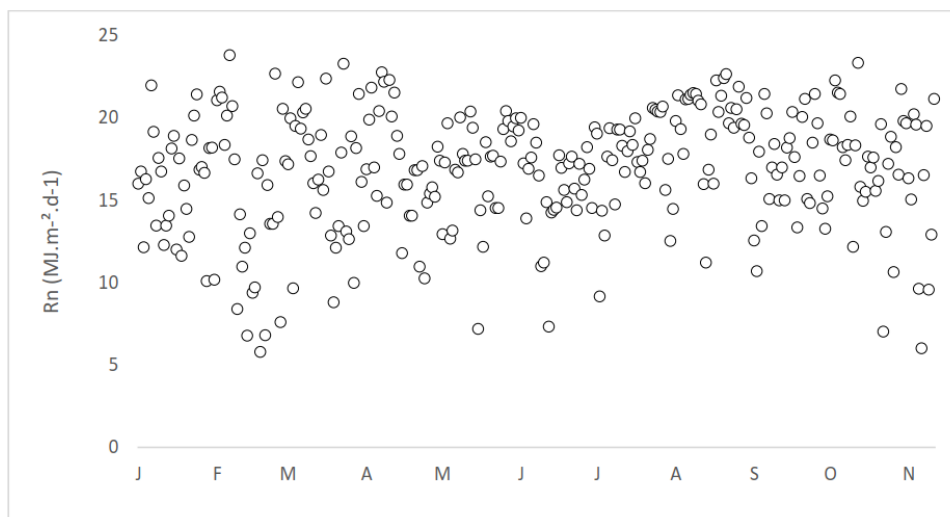


Figura 2 Média diária da radiação solar incidente à superfície no período chuvoso e seco.

Verificou-se que o mês com maior valor de R_n foi o mês de março, corroborando com Araújo et al. (2005) que também observou valores superiores de R_n para o mês de maio em relação aos meses de janeiro, fevereiro e abril. Isso se explica pelo fato de que, nesse mês, o sol encontra-

se praticamente culminado na região equatorial, conferindo assim maiores valores de radiação para a área de estudo e consequentemente para o mês estudado.

Para os meses de janeiro a março houve um aumento gradativo do R_n de um mês em relação ao

outro, com uma sensível diminuição no mês de abril. Essas diferenças podem estar relacionadas às mudanças na declinação do sol ao longo do ano, que está associado a um conjunto de fatores astronômicos como o movimento de translação e a inclinação do eixo terrestre (Varejão-Silva, 2006).

Assim, quando comparado com os outros meses em questão, o hemisfério sul durante o mês de abril estaria recebendo menos radiação solar no topo da atmosfera e consequentemente uma menor quantidade estaria chegando à superfície, pois o sol já se encontra por completo no hemisfério norte.

Ocorreu um aumento na quantidade de radiação solar incidente do período chuvoso para o período menos chuvoso, devido à menor cobertura de nuvens. Maiores incidências de R_n na estação seca (Jun-Out) foram observadas em outras áreas da floresta Amazônica, por exemplo, floresta Amazônica em Caxiuanã, que apresentou menor valor de R_n no período chuvoso ($14,8 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) e maior valor no período menos chuvoso ($19,3 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) (Souza et al., 2002); na Reserva Ducke, em que o máximo ($18,52 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) foi observado no mês de setembro e o mínimo ($13,75 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) no mês de abril, na Fazenda Dimona, localizada em Manaus, em que o máximo ($11,30$

$\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) foi em setembro e o mínimo ($14,54 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) em janeiro, na Reserva Vale do Rio Doce, em Marabá, em que o máximo ($19,33 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) em junho e mínimo ($14,41 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) em dezembro (Culf et al., 1996). Esta variação da R_n está relacionada a pouca quantidade de nuvens na estação seca, pois, em áreas de floresta Amazônica densa, a cobertura de nuvens durante a estação úmida é um fator considerado significativo para a diminuição da incidência de radiação (Rocha et al., 2004). Na estação chuvosa, a chuva e a cobertura de nuvens predominam em toda a região, com valores menores de irradiância solar devido à alta cobertura de nuvens. Por outro lado, na estação seca ou menos chuvosa, ocorrem valores maiores de irradiância solar, associados a uma menor cobertura de nuvens e chuva mais esparsas.

Com relação à variação de R_n na média do ciclo diário, há um incremento da radiação a partir do amanhecer (próximo às 7h), até atingir os valores máximos, que nos dois períodos foram maiores que 700 W/m^2 (entre 11h e 14h) (Figura 3). A partir daí, há um decaimento dos níveis de radiação, até atingir valores nulos no período noturno

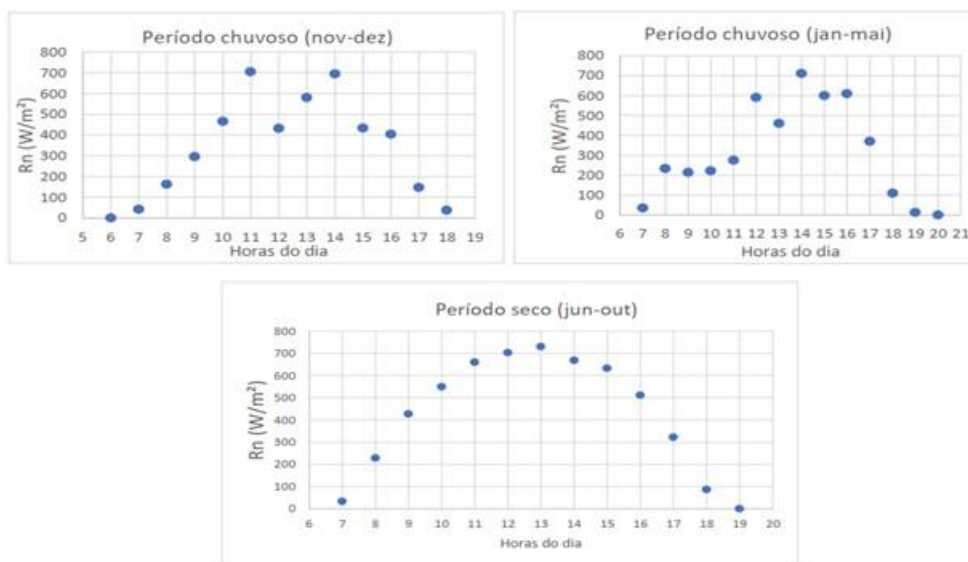


Figura 3 Média diária da radiação solar incidente à superfície no período chuvoso e menos chuvoso

É possível observar que no ciclo diário, assim como nas médias das estações, a R_n máxima

ocorre durante o período menos chuvoso. Para o período chuvoso observou-se valores bastantes

elevados durante o período da manhã e os menores valores durante a tarde. Possivelmente o fato é relacionado a uma menor nebulosidade durante o período da manhã e um aumento dessa nebulosidade no período da tarde, devido à formação de nuvens convectivas neste horário. Galvão et al. (2000) em estudos realizados no remanescente de floresta Amazônica também observaram uma redução da R_n ao final da tarde, atribuindo essa redução a formação de nuvens convectiva e posteriormente ocorrência da chuva nesse período.

Filho et al. (2006) observaram uma maior variação na radiação solar global no período chuvoso com um coeficiente de variação de 22,6%, conferindo esse fato a uma maior variação diária da nebulosidade nesse período. Os maiores valores médios horários para ambos os períodos (acima de 600 W/m^2) ocorrem entre as 11 e 14 horas para os períodos estudados.

Filho et al. (1988), Filho et al. (2006) e Moura et al. (2001) também observaram os maiores picos de radiação solar incidente nesses horários, no entanto, com valores superiores a 700 W.m^{-2} . Essa variação observada é influenciada provavelmente pelo meio-dia solar verdadeiro que varia durante o ano (Varejão-Silva, 2006). Isso acarretará horários diferentes em que o Sol estará com um menor ângulo zenital, pois de acordo com Querino et al. (2006), quanto menor o ângulo de incidência, maior o R_n , ocorrendo devido a um menor caminho ótico que os raios solares percorrem para atravessar a atmosfera.

A influência que a floresta Amazônia exerce sobre o clima é um tema recorrente em muitos estudos e as dificuldades em se avaliar os parâmetros relevantes ainda são complexos. As

trocas de energia no sistema vegetação-atmosfera, que se dão por meio dos componentes do balanço de radiação (R_n) e dos fluxos de calor sensível (H) e latente (LE), são essenciais para compreender a dinâmica do ambiente os quais representam os processos físicos locais e globais. Esses fluxos contribuem para a disponibilidade de água e energia na atmosfera, e são fundamentais para o monitoramento do clima, a avaliação e parametrização de modelos climáticos e aplicações agrícolas (Silva, 2020).

A variação da média diária do máximo de vapor d'água que o ar pode reter em kPa foi das 3:00 às 6:00 horas e das 4:07 às 15:00 horas para o período chuvoso (Figura 4A). Contudo, no período menos chuvoso, houve variação da média diária do máximo de vapor d'água que o ar pode reter foi de 3,1 kPa às 7:00 horas e de 5 kPa as 17:00 horas (Figura 4B). O regime de chuvas na região amazônica não apresenta uma estação seca bem definida, sendo possível diferenciar o período chuvoso e menos chuvoso. Os meses de dezembro a maio representam a estação chuvosa, e os meses de agosto a novembro a estação menos chuvosa. Diferentes fatores biofísicos controlam a transferência de vapor de água para a atmosfera, dentre estes podemos destacar: a disponibilidade de energia; a demanda atmosférica por vapor de água; a condição aerodinâmica; e finalmente, por fatores fisiológicos da vegetação (Souza Filho et al., 2005).

Em relação à temperatura, sua elevação proporciona um aumento na energia cinética das moléculas, facilitando sua passagem, através da camada superficial, para a fase vapor, conduzindo a um aumento na pressão de vapor do líquido (Russell, 2013).

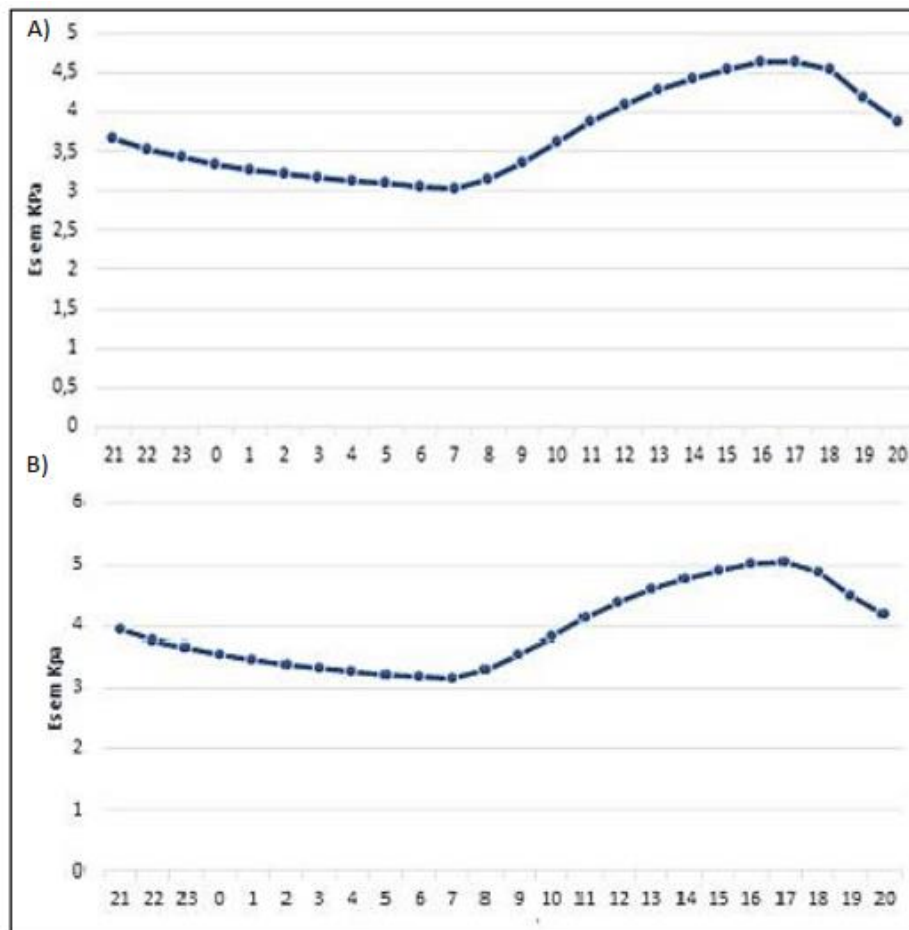


Figura 4 – Média diária por hora máximo de vapor d'água que o ar pode reter em KPa (E_s). A) Período chuvoso; B) Período menos chuvoso.

A condição real de vapor d'água no ar variou entre 1,5 kPa a 2,2 kPa no período chuvoso (Figura 5A). No período menos chuvoso houve variação de 0,7 kPa nas horas de 4:00 às 7:00 e 1,8 kPa às 16:00 horas (Figura 5B). A pressão real de vapor de água (E_a) obteve, em parte, reflexos em virtude das características do solo da região amazônica, pois no período seco essa variável apresentou valores superiores em relação ao período chuvoso. segundo Chang (2006) isso ocorre porque solos que têm maior capacidade de armazenamento de água são capazes de manter uma taxa maior de evapotranspiração por um período mais longo, refletindo assim no aumento da pressão real de vapor na atmosfera.

As florestas tendem a apresentar maior umidade relativa após o período de rebrota das

folhas, em condições de maior temperatura e na estação chuvosa, no qual a maior quantidade de água fica disponível nas folhas, proporcionando a evaporação direta da água das plantas, geralmente as florestas proporcionam aumento da umidade local (Gotardo et al., 2019).

Dessa forma, os reflexos desses fatores podem levar a um maior consumo das reservas de água do subsolo no período menos chuvoso, contribuindo para uma maior variação da evapotranspiração, pressão real de vapor na superfície e umidade relativa do ar média ao longo do dia. Em contrapartida no período chuvoso os valores de E_a são maiores, sendo influenciados diretamente pela maior disponibilidade de água, de modo que ao decorrer das horas do dia os valores mantêm-se com pouca oscilação.

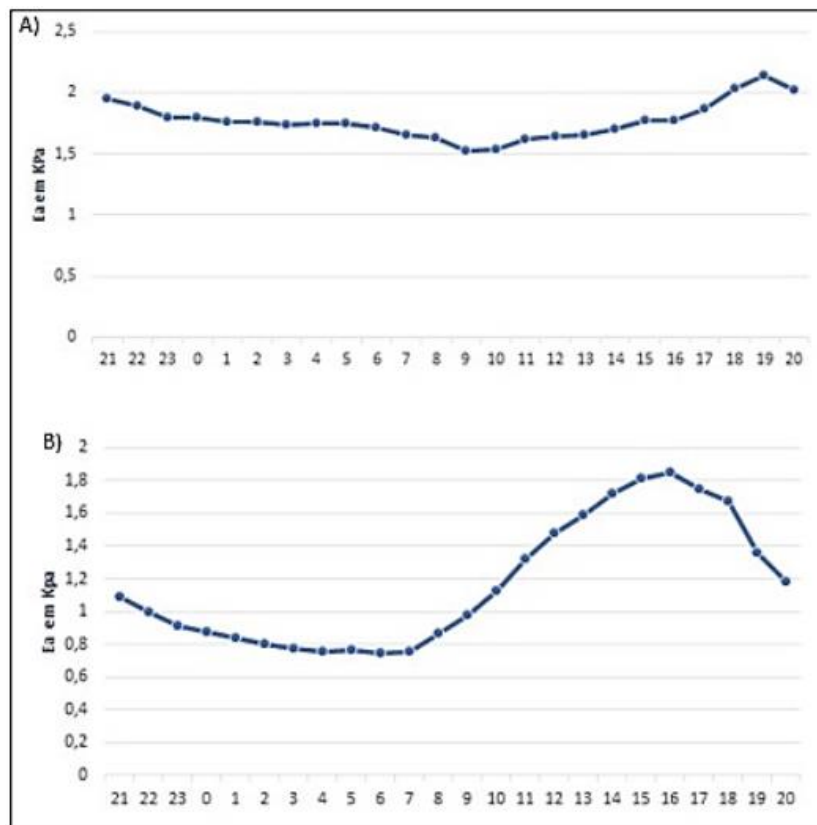


Figura 5 – Média diária por hora da condição real de vapor d'água no ar em kPa (Ea). A) Período chuvoso; B) Período menos chuvoso.

O Déficit de Pressão de Vapor (DPV) no período chuvoso oscilou de 1,7 kPa s 07 horas a 2,9 kPa às 16 horas (Figura 6A). No período menos chuvoso, o Déficit de Pressão de Vapor (DPV) teve variação maior, oscilando entre 2,4 kPa às 07:00 horas e 3,3 kPa às 17:00 horas, evidenciando um leve aumento atrelado às maiores temperaturas que caracterizam esse período (Figura 6B).

Observa-se que a variação do DPV acompanhou as mudanças de temperatura e umidade, apresentando média diária de 1,8 kPa no período chuvoso. Em escala horária, os maiores valores foram encontrados durante o final de tarde, período correspondente às maiores temperaturas e maior déficit de umidade.

Na estação chuvosa em que os valores da UR são elevados a capacidade do ar para absorver vapor (DPV) é baixa (Costa, 2019). No estudo feito por Barkhordarian e colaboradores (2019) a análise de regressão linear mostra que cerca de 79% da variabilidade do DPV pode ser explicada pela falta de umidade da superfície, que no período chuvoso concentra-se no solo pela falta de radiação solar

insuficiente para impulsionar processos de evapotranspiração. Deve-se notar, no entanto, que o fornecimento de umidade depende de outros fatores além da umidade do solo, como biomassa (área foliar), transpiração das plantas e abertura dos estômatos (Barkhordarian et al., 2019).

Dessa forma, mudanças associadas ao DPV podem limitar a capacidade fotossintética desacelerando o crescimento das árvores e, consequentemente, retardam a taxa de absorção dióxido de carbono no local, principalmente, durante os períodos mais secos e em temperaturas mais elevadas (Pereira, 2023).

O período chuvoso é caracterizado por possuir um baixo déficit de pressão de vapor comparado ao seco. Dessa forma, no período chuvoso os estômatos se mantêm em grande parte e por um maior período durante o dia abertos e a partir do aumento do DPV eles diminuem o turgor de água na célula, tanto na cavidade subestomática quanto na atmosfera (Eamus; Shanahan, 2002). Nos meses mais secos o déficit de pressão de vapor se manteve maior, o que indica haver uma maior disponibilidade de água para a evapotranspiração,

visto que as árvores possuem raízes mais profundas, atingindo o lençol freático nas camadas inferiores do solo (Silva Dias *et al.*, 2005). Von

Randow *et al.* (2004) relatam que mesmo após um longo período de seca a floresta pode manter uma grande retirada de água do solo.

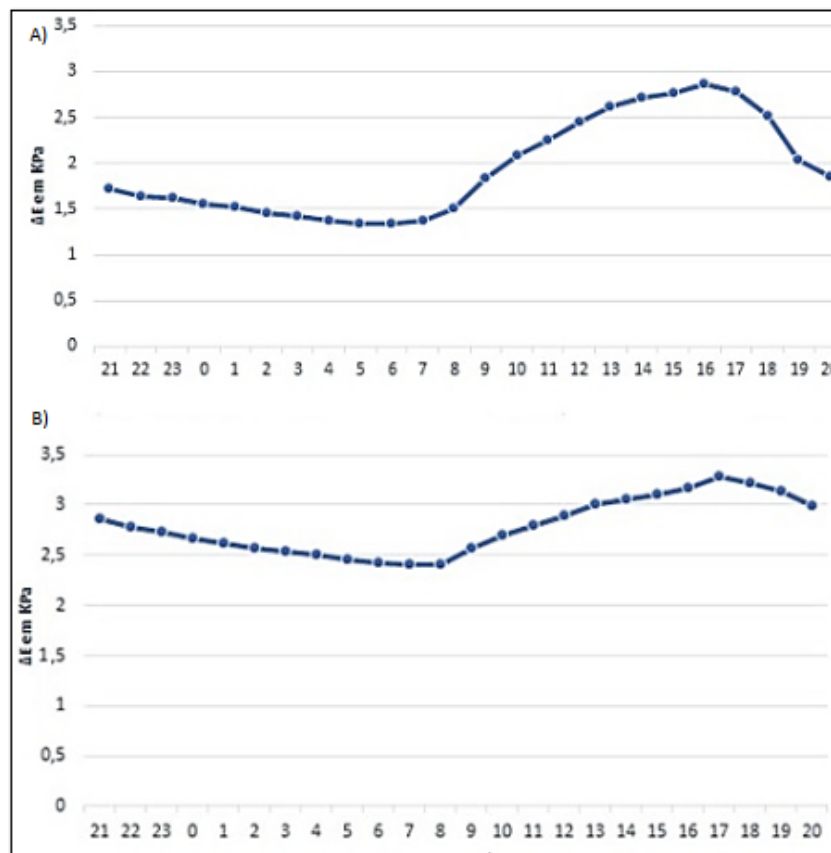


Figura 6 – Média diária por hora das medidas relacionadas ao Déficit de Pressão de Vapor (VPD). A) Período chuvoso; B) Período menos chuvoso.

Razão de mistura em g de vapor/g de ar seco caminhou entre 0,0009 às 9:00 horas a 0,0013 as 19:00 horas no período chuvoso (Figura 7A). No período menos chuvoso houve oscilação das 0,0005 às 07:00 horas a 0,0011 às 16:00 horas (Figura 7B).

A grande quantidade e variação de razão da mistura ao decorrer do dia no período menos chuvoso, indicando a presença de grande quantidade de vapor d'água na atmosfera, que pode ter ocorrido devido à liberação de calor latente para atmosfera, provocada pela chuva, aumentando a evaporação e consequentemente a quantidade de umidade. Os menores valores de mistura foram observados no período menos chuvoso, respectivamente, indicando a presença de uma atmosfera mais seca, sem a ocorrência de chuvas nesses horários.

A razão de mistura, em geral, também apresentou valores sempre altos na região, indicando a presença de bastante vapor d'água na atmosfera, que ocorre devido à liberação de calor latente após a chuva, principalmente no período chuvoso, e o aumento da evaporação, aquecendo a atmosfera. Mesmo com a atmosfera mais seca devido a não ocorrência de precipitação, a razão de mistura esteve alta (Wanzeler; Da Mota, 2015).

Segundo o trabalho de Ribeiro (2023), a concentração de vapor d'água na atmosfera, representada pela razão de mistura, apresentou variabilidade ao longo da série. Os máximos foram registrados em abril, enquanto os menores em agosto. As maiores concentrações foram registradas nos níveis mais próximos ao solo, reduzindo à medida que aumentamos a distância, corroborando com nossos dados.

Com relação à variação da Umidade Específica g de vapor/g de ar variou entre 0,0009 e 09:00 horas a 0,0013 às 19:00 horas, no período chuvoso (Figura 8A).

A Umidade específica, que busca quantificar a massa de vapor d'água presente no ar no período menos chuvoso, observou-se variação de 0,0005 às 07:00 horas a 0,0011 às 16:00 horas (Figura 8B).

Segundo Costa (2019), a diminuição durante o dia pode ser explicada pela mistura de ar mais seco que vem da parte superior da camada limite. Mesmo tendo uma evapotranspiração relativamente alta, a concentração de vapor de água

diminui. Na escala horária, foi verificado o menor valor no final da tarde.

Durante à noite os valores para ambos os períodos se mantêm quase constantes. Esses valores podem ser um indicativo de advecção noturna de vapor d'água. A diminuição durante o dia pode ser explicada pela mistura de ar mais seco que vem da parte superior da camada limite (Costa, 2019).

Nobre (2001) relata que o aumento da temperatura do ar causará uma possível aceleração do ciclo hidrológico e que uma atmosfera mais adequada e com mais vapor d'água irá propiciar maior quantidade destes fenômenos extremos.

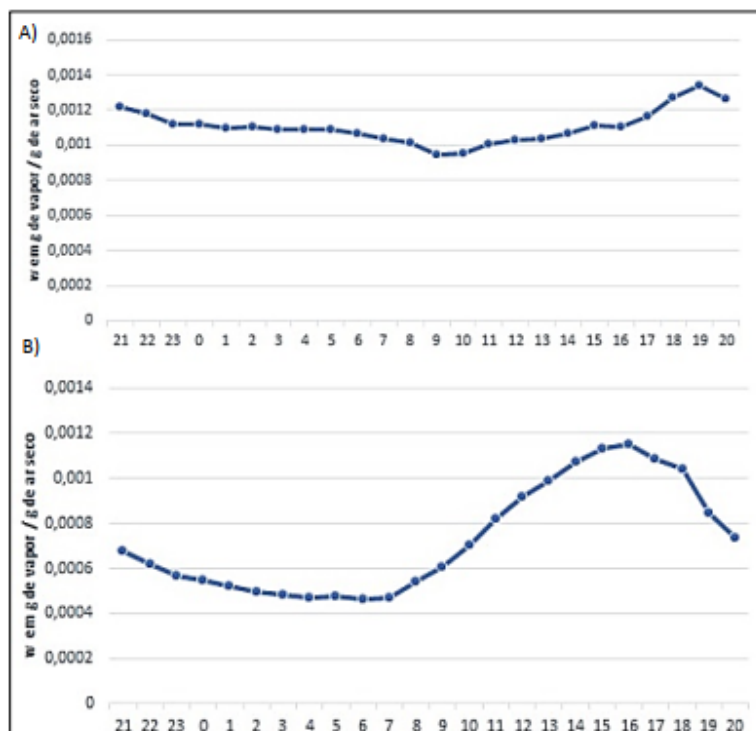


Figura 7 – Média diária por hora das medidas de Razão de mistura em g de vapor/g de ar seco (w). A) Período chuvoso; B) Período menos chuvoso.

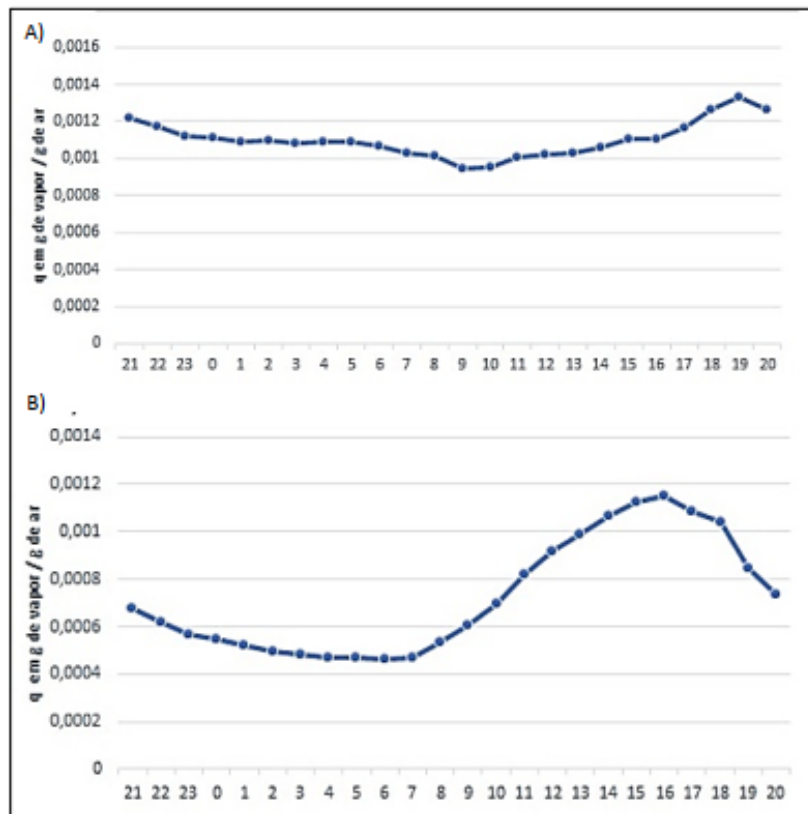


Figura 8 - Umidade Específica g de vapor/g de ar (q). A) Período chuvoso; B) Período menos chuvoso.

Além da maior disponibilidade hídrica que a floresta possui, esse resultado pode ocorrer devido à vegetação da floresta ser capaz de interceptar maior quantidade de água da chuva, sendo essa evaporação logo após o evento (Correia et al., 2007).

Conclusões

A análise da média diária e anual de radiação incidente na região amazônica indica que a região recebe uma quantidade significativa de radiação solar, devido à sua localização próxima à linha do equador. Em contrapartida, ao observar dois períodos, chuvoso e menos chuvoso, percebe-se que existe uma diferença da quantidade de incidência de radiação solar, caracterizado por diversos fatores, tais como movimento orbital, clima, tipo de vegetação e cobertura de nuvens.

Outro ponto importante é que os dados analisados corroboram com achados de outros trabalhos na região amazônica, apresentando altos índices de umidade, com uma média de vapor de água elevada e uma condição real de vapor que varia de acordo com a época do ano e a localização geográfica. Além disso, o déficit de pressão de vapor, que mede a diferença entre a pressão de vapor real e a pressão de vapor máxima possível, é

relativamente baixo na região, o que contribui para a alta temperatura relativa do ar. A razão de misturar e a umidade específica, que são outras medidas importantes atreladas a umidade na atmosfera, também foram elevadas. Podendo estar relacionado com a grande quantidade de evapotranspiração das plantas, que ao liberar água na atmosfera, aumentam a umidade local.

Referências

- Alves, M. P. , 2023. Variações diurnas e sazonais nas trocas de carbono, água e energia em uma floresta primária na Amazônia (Dissertação Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Norte). Barbieri, L. F. P., 2021. Mudanças microclimáticas induzidas por alterações na cobertura e uso da terra na região do submédio São Francisco. (Tese de Doutorado) Universidade Federal de Campina Grande.
- Barkhorarian, A., Von Storch, H., Zorita, E., Loikith, P.C., Mechoso, C.R., 2017. O aquecimento observado no norte da América do

- Sul tem origem antropogênica. *Climate Dynamics*, 51, 1901–1914.
- Batista, H.M., 2022. Espacialização sazonal das variáveis climáticas no Amazonas. (Trabalho de Conclusão de Curso) Universidade Federal do Amazonas.
- Chang, M., 2006. Funções da água. Em M. Chang (Ed.), *Forest Hydrology: uma introdução à água e à floresta* (2ª ed., pp. 5-22). Taylor e Francisco.
- Costa, A.C., 2019. Interações biosfera-atmosfera em uma savana tropical no leste da Amazônia (dissertação de mestrado). Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia.
- Correia, F.W.S., Manzi, A.O, Cândido, L.A., Santos, R.M.N., Pauliquevis, T., 2007. Balanço de umidade na Amazônia e sua sensibilidade às mudanças de cobertura vegetal. *Ciência e Cultura*, 59, 39-43.
- Eamus, D., Shanahan, S., 2002. Um modelo de equação de taxa de respostas estomáticas ao déficit de pressão de vapor e seca. *BMC Ecology*, 2(8), 1–14.
- Filho, J.D.C.S., Ribeiro, A., Costa, M.H, COHEN, J.C.P., Rocha, E.J.P., 2006. Variação sazonal do balanço de radiação em uma floresta tropical no nordeste da Amazônia. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 21(3b), 318-330.
- Filho, V.P.S., Molion, L.C.B., Nobre, C.A., 1988. Balanço de radiação sobre a floresta amazônica (estações secas e úmidas). *Revista Brasileira de Geografia Física*, 3, 269-274.
- Fonseca, L.L., Almeida, A. T., Kato, C. H. et al., 2020. Spatial variability of solar radiation in the Brazilian Amazon. *International Journal of Remote Sensing*, 41(15), 5735-5757.
- FUNCEME. Clima da região Norte. Disponível em: <https://www.funceme.br/index.php/clima-da-regiao-norte.html>. Acesso em 06 de março de 2023.
- Galvão, J.A.C., FISCH, G. 2000. Balanço de energia em áreas de floresta e de pastagem na Amazônia (JI – Paraná, RO). *Revista Brasileira de Geografia Física*, 15(2), 25-37.
- Gonçalves, FLT, Rocha, HR, & Souza, EP (2019). Análise do balanço de umidade atmosférica e sua relação com a precipitação na região amazônica. *Climatologia Teórica e Aplicada*, 136(1-2), 321-335.
- Gotardo, R., et al., 2019. Comparação entre variáveis microclimáticas de local aberto e florestal em um bioma da Mata Atlântica, sul do Brasil. *Nota Técnica, Ciênc. Florest.* 29 (3). <https://doi.org/10.5902/1980509834832>.
- INMET. Estação Meteorológica Automática Novo Repartimento (A235). Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/porta/index.php?r=estacoes/estacaoAutomatica&id=A402>. Acesso em: 06 mar. 2023.
- Marengo, JA, Alves, LM, Soares, WR, Souza, CM, & Rodriguez, DA (2018). As secas do Nordeste brasileiro e da Bacia Amazônica: vulnerabilidade e resiliência em sistemas socioecológicos regionais. *Fronteiras em Ciência Ambiental*, 6, 28.
- Marengo, J.A., 2019. Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a Amazônia. *Estudos Avançados*, São Paulo, 20(57), 107-136.
- Mota, G.V., 2021. A condição real de vapor, o déficit de pressão de vapor, a razão de mistura e a umidade específica são parâmetros que influenciam diretamente a umidade do ar na região amazônica. (Dissertação de Mestrado) Universidade Federal de Campina Grande.
- Moura, M.A, Lyra, R.F., Bennincasa, M., Tenório R.S., Nascimento Filho., M.F., 2001. Comparação da radiação solar global em áreas de floresta e pastagem na Amazônia. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 16(1), 91-99.
- Nobre, C., 2001. Mudanças climáticas globais: Possíveis impactos nos ecossistemas do país. *Parcerias Estratégicas*, 12, 249-258.
- Pereira, L.A.M., 2023. Efeito individual das variáveis microclimáticas e da competição no crescimento em diâmetro de espécies de uso múltiplo na Amazônia Central. (Dissertação) Agricultura no Trópico Úmido do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia.
- Portella, D.A.P.C., et al., 2022. A importância da Amazônia na dinâmica climática do centro-Sul brasileiro: influência nas dinâmicas ambientais e socioeconômicas. *Ensaios de Geografia. Niterói*, 9(19), 66-86.

- Querino, C.A.S, Moura, M.A.L., Lyra, R.F.F., Mariano, G.L 2006. Avaliação e comparação de radiação solar global e albedo com ângulo zênital na região Amazônica. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 21(3a), 42-49.
- Ribeiro, K.L, 2023. Características micrometeorológicas de um sistema agroflorestal de palma de óleo no leste da Amazônia. (Dissertação de Mestrado) Ciências Ambientais (PPGCA) do Instituto de Geociências (IG) da Universidade Federal do Pará (UFPA) em convênio com o Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA – Amazônia Oriental).
- Russel, J.B., 2013. *Química Geral* (v.1). Livros Makron.
- Santos, J. et al., 2019. Monitoring Water Vapour and Carbon Dioxide Variations in the Amazon Rainforest. *Remote Sensing*, 11(22), 2633. DOI: 10.3390/rs11222633.
- Secretaria Municipal de Agricultura e Meio Ambiente. Novo Repartimento: um município de muitas riquezas. Disponível em: <http://www.novorepartimento.pa.gov.br/novo-repartimento-um-municipio-de-muitas-riquezas/>. Acesso em 06 de março de 2023.
- Silva Dias, M.A.F., Cohen, J.C.P., Gandu, A.W., 2005. Interações entre nuvens, chuvas e a biosfera na Amazônia. *Acta Amazonica*, 35(2), 215-222.
- Silva, F.M., 2020. Evapotranspiração de uma floresta de terra firme no leste da Amazônia. Orientador: Dr. Alessandra Carioca de Araújo. 2020. 82 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2020. Disponível em: <http://repositorio.ufra.edu.br/jspui/handle/123456789/1964>. Acesso em:21/12/2023.
- Souza Filho, J.D.C, et al., 2005. Mecanismos de controle da variação sazonal da transpiração de uma floresta tropical no nordeste da Amazônia. *Acta Amazonica*, 35, 223-229.
- Varejão-Silva, M.A 2006. *Meteorologia e Climatologia*. Versão digital 2. Recife, PB, março, 463p.
- Von Randow, C., et al., 2004. Medições comparativas e variações sazonais na troca de energia e carbono sobre florestas e pastagens no Sudoeste da Amazônia. *Climatologia Teórica e Aplicada*, 1-22.
- Wanzeler, R.T.S., Maria A.S., Mota., 2015. Variabilidade da Razão de Mistura e Água Precipitável e sua Relação com a Precipitação na cidade de Tomé Açu (PA), durante o Projeto Chuva. XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. Minas Gerais: Lavras.