



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS  
CURSO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

EDNARIA SANTOS DE ARAUJO

**TENDÊNCIA TEMPORAL DE PARÂMETROS CLIMATOLÓGICOS EM  
CRUZEIRO DO SUL - ACRE, AMAZÔNIA OCIDENTAL**

CRUZEIRO DO SUL  
ACRE - BRASIL  
2021

EDNARIA SANTOS DE ARAUJO

**TENDÊNCIA TEMPORAL DE PARÂMETROS CLIMATOLÓGICOS EM  
CRUZEIRO DO SUL - ACRE, AMAZÔNIA OCIDENTAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, da Universidade Federal do Acre - Campus Floresta, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre.

Orientador: Dr<sup>a</sup>. Kelly Nascimento Leite  
Co-orientador: Dr<sup>a</sup>. Leandra Bordignon

CRUZEIRO DO SUL  
ACRE - BRASIL  
2021

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Setorial de Cruzeiro do Sul - UFAC

---

A663t Araujo, Ednaria Santos de, 1996-

Tendências temporal de parâmetros climatológicos em Cruzeiro do Sul – Acre, Amazônia Ocidental / Ednaria Santos de Araujo; Orientador: Dra. Kelly Nascimento Leite - 2021.

51 f.; 30 cm.

Dissertação – Universidade Federal do Acre, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Cruzeiro do Sul - AC, 2021.

Inclui referências bibliográficas.

1. Tendência climática. 2. Estacionariedade. 3. Mudanças climáticas. I. Leite, Kelly Nascimento. II. Título.

CDD: 574.5

---

Bibliotecária: Jéssica Maia Amadio CRB-11º/1009

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS  
CURSO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

**TENDÊNCIA TEMPORAL DOS PARÂMETROS CLIMATOLÓGICOS EM  
CRUZEIRO DO SUL – ACRE, AMAZÔNIA OCIDENTAL**

EDNARIA SANTOS DE ARAUJO

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências Ambientais- Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, Área de Concentração em Ciências Ambientais, da Universidade Federal do Acre.


Aprovada em 29 de Dezembro de 2021.

Banca examinadora:



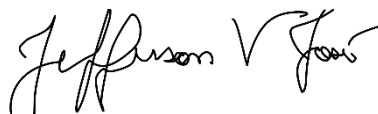
---

Prof. Dr<sup>a</sup>. Kelly Nascimento Leite  
Presidente - Universidade Federal do Acre (UFAC)

Documento assinado digitalmente  
 JOSE GENIVALDO DO VALE MOREIRA  
Data: 11/01/2022 11:40:49-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

---

Dr. José Genivaldo do Vale Moreira  
Membro - Universidade Federal do Acre (UFAC)



---

Dr. Jefferson Vieira José  
Membro - Universidade Federal do Acre (UFAC)



---

Dr. Raimundo Nonato Farias Monteiro  
Membro - Fundação Cearense de Meteorologia (FUNCEME)

Dedico a DEUS pelo dom da vida, aos meus pais Edite Santos e Edson Araújo, a minha orientadora Profa. Dr.a Kelly Leite. E Francisco Jonas Silva da Costa (in memoriam).

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS por me manter firme nas horas mais difíceis.

A minha mãe Edite Santos e meu pai Edson Araújo por toda ajuda, e amparo nessa jornada.

A minha orientadora e amiga: Prof.<sup>a</sup> Dra. Kelly Nascimento Leite por toda confiança em mim, por ser uma profissional tão dedicada que eu tanto admiro e tenho respeito.

Aos meus amigos: Jessé França, Kamila Verônica, Libini Evelyn e Maila Almeida por em momento nenhum deixarem de acreditar no meu trabalho e na minha pessoa.

Ao meu companheiro Bruno Carvalho por toda confiança e apoio moral que me deste.

A minha turma do mestrado, em especial meus amigos: Rafaela Pinho, Raphaela Bomfim, Heroilson Moraes, Antônio Tarlei, Clara Costa, Altair Marinho, Rafaela Palmeira e Pillar Mila.

Agradeço a um grande amigo e professor: Dr. Kleber Andolfato, por todo apoio e ajuda possível que me cedeu sempre e por todos os conselhos.

A Família Rogério por ser minha segunda família por todo apoio.

Aos meus irmãos por toda ajuda.

GRATIDÃO!

*“Não se pode entender o rio, é uma criação da natureza, uma entidade inconsciente, que não deixa registro de suas intenções”.*

(CHAKRABARTY, 2009).

## RESUMO

Estudos sobre mudanças climáticas, têm mostrado alterações nas tendências de séries climatológicas quanto seu aumento e decréscimo dos elementos componentes do clima, cabendo a esse trabalho o objetivo de identificar as tendências temporais dos elementos do clima (precipitação pluviométrica e temperatura do ar) assim como a evapotranspiração e seus extremos climáticos caracterizados por meio dos déficit e excesso hídrico na série histórica climatológica de Cruzeiro do Sul – Acre/Brasil, localizado na sub-bacia hidrográfica do Alto Juruá, na Amazônia Ocidental. O estudo foi realizado na cidade de Cruzeiro do Sul - Acre/Brasil, e os dados de precipitação pluviométrica e temperaturas medias, mínimas e máximas do ar foram obtidas na plataforma do-INMET, considerando o período de 1970 a 2019, anotados na estação meteorológica 82704, na cidade de Cruzeiro do Sul – Acre/Brasil. Para os elementos analisados: precipitação pluviométrica, temperaturas do ar (máxima, mínima e média), evapotranspiração, déficit e excesso hídrico, ajustou-se o modelo de regressão linear, de maneira a identificar a tendência na série temporal por meio do teste de significância do coeficiente angular da reta. Para verificar a estacionariedade das temperaturas do ar (mínimas, média e máximas), precipitação pluviométrica (anual e máximas anual), evapotranspiração, déficit anuais e excessos anuais das séries temporais, utilizou-se o teste não paramétrico de Spearman's Rho. A regressão linear realizada a partir dos valores de pluviometria anual e máximas, não apresentaram tendência significativa ao nível de 5% (p-valor 0,737 e 0,745, respectivamente). As temperaturas do ar, mínima, máxima e médias, apresentaram tendência significativa (p-valor < 0,05) e positiva em função do tempo. O aumento de temperatura do ar mais acentuado foi em relação as temperaturas mínimas de 2,1 °C em relação à média. Quanto as temperaturas do ar máximas e médias o aumento observado, foram de 0,54°C e 0,75°C respectivamente. Os resultados evidenciam alguns períodos de anomalias climatológicas na série histórica de temperaturas mínimas do ar, estes são dados como os períodos observados com dados extremos fora da linha de tendência da série. A regressão linear da série climatológica de evapotranspiração anual apresentou leve tendência significativa negativa, com coeficiente de correlação de 0,46, e p-valor de 0,0014. O déficit hídrico total anual apresentou leve tendência negativa ao longo dos anos, todavia, sem diferença significativa conforme a análise de regressão (p-valor = 0,565). O excesso hídrico anual, apresentou tendência positiva ao longo dos anos (p-valor = 0,034). O excesso hídrico médio para a série histórica de 48 anos é de 620 mm com probabilidades de superação de 39% e desvio padrão amostral de 297 mm. Os dados da série de pluviometria anual e máxima assim como nas séries de déficit hídrico anual e excesso hídrico anual são independentes e distribuídos igualmente ao longo do tempo. A evapotranspiração anual apresentou tendência não estacionária decrescente, enquanto as temperaturas do ar médias, máximas e mínimas apresentaram-se não estacionárias com tendência crescente ao longo do tempo.

Palavras-chave: Tendência climática, estacionariedade, mudanças climáticas.



## ABSTRACT

The work aimed to: identify the temporal trends of climate elements (rainfall and temperature exclusion) as well as evapotranspiration and its climatic extremes characterized by deficits and excess water in a climatological historical series from Cruzeiro do Sul – Acre/ Brazil located in the sub- Alto Juruá hydrographic basin in the Western Amazon. The study was carried out in the city of Cruzeiro do Sul – AC/Brazil, rainfall data and average, minimum and maximum temperatures were obtained from the INMET platform, the data used were from the historical series from 1970 to 2019 of the meteorological station 82704 in the city from Cruzeiro do Sul, Acre/Brazil. For the analyzed elements: rainfall, air temperatures (maximum, minimum and average), evapotranspiration, water deficit and excess, the linear regression model was adjusted in order to identify the trend in the time series through the significance test of the slope of the line. To verify the stationarity of temperatures (minimum, mean and maximum), rainfall (annual and annual maximum), evapotranspiration, annual deficits and annual excesses of the time series, the nonparametric test of Spearman's Rho was used. The linear regression performed from the annual and maximum rainfall values did not show a significant trend at the 5% level. (p-value 0.737 and 0.745 respectively). The minimum, maximum and average temperatures showed a significant (p-value<0.05) and positive trend as a function of time. The most accentuated temperature increase was in relation to the minimum temperatures of 2.1 °C in relation to the average. As for the maximum and average temperatures, the observed increase was 0.54°C and 0.75°C, respectively. The results show some periods of climatological anomalies in the historical series of minimum temperatures, these are given as the periods observed with extreme data outside the series' trend line. The linear regression of the climatological series of annual evapotranspiration showed a slight negative significant trend, with a correlation coefficient of 0.46, and a p-value of 0.0014. The total annual water deficit showed a slight negative trend over the years, however without significant difference according to the regression analysis (p-value = 0.565). Annual water excess showed a positive trend over the years (p-value = 0.034). The mean water excess for the 48-year historical series is 620 mm with a probability of overcoming 39% and a sample standard deviation of 297 mm. The data from the annual and maximum rainfall series, as well as the annual water deficit and annual water excess series, are independent and distributed equally over time. Annual evapotranspiration showed a non-stationary decreasing trend, while mean, maximum and minimum temperatures were non-stationary with an increasing trend over time.

Keywords: Climate trend, stationarity, climate change.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Localização do município de Cruzeiro do Sul – AC, Brasil e localização da Estação Meteorológica 82704.....	24
<b>Figura 2.</b> Caracterização mensal da precipitação (mm) no período de 1970 a 2019, do município de Cruzeiro do Sul-Acre/Brasil. ....	29
<b>Figura 3.</b> Caracterização mensal e diária da evapotranspiração (mm), no período de 1970 a 2019 do município de Cruzeiro do Sul-Acre/Brasil. ....	30
<b>Figura 4.</b> Caracterização mensal das temperaturas do ar média, mínima e máxima (°C), no período de 1970 a 2019 do município de Cruzeiro do Sul-Acre/Brasil. ....	31
<b>Figura 5.</b> Caracterização de disponibilidade hídrica anual de água no solo (mm), no período de 1970 a 2019 do município de Cruzeiro do Sul-Acre/Brasil.....	33
<b>Figura 6.</b> Regressão linear para a pluviometria anual e chuvas máximas diárias (mm) no período de 1970 a 2019 do município de Cruzeiro do Sul-Acre/Brasil ao nível de significância de 5%. ....	34
<b>Figura 7.</b> Regressão linear para as temperaturas do ar mínima, máximas e médias (°C) no período de 1970 a 2019 do município de Cruzeiro do Sul-Acre/Brasil ao nível de significância de 5%. ....	35
<b>Figura 8.</b> Regressão linear para a evapotranspiração anual(mm) no período de 1970 a 2019 do município de Cruzeiro do Sul-Acre/Brasil ao nível de significância de 5%. ....	37
<b>Figura 9.</b> Regressão linear para o déficit hídrico anual (mm) e excesso hídrico anual (mm) no período de 1970 a 2019 do município de Cruzeiro do Sul-Acre/Brasil ao nível de significância de 5%. ....	38

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1.** Resumos do teste não paramétrico Spearman Rho, aplicados a série histórica climatológica no período de 1970 a 2019 do município de Cruzeiro do Sul-Acre/Brasil. 39

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 OBJETIVOS.....	13
<b>2.1 Objetivo geral</b> .....	13
<b>2.2 Objetivos específicos</b> .....	13
3 HIPÓTESES.....	14
4 REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
<b>4.1 Mudanças do clima</b> .....	15
<b>4.2 Tendência em séries históricas climatológicas</b> .....	16
<b>4.2 Análise de homogeneidade e estacionariedade</b> .....	17
<b>4.4 Interação dos elementos climáticos e evapotranspiração</b> .....	20
<b>4.5 Estudos dos elementos climáticos e interação regional.</b> .....	21
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	24
<b>5.1 Caracterização da área de estudo</b> .....	24
<b>5.2 Obtenção e tratamento dos dados climatológicos</b> .....	25
<b>5.3. Verificação de tendências nas séries climatológicas</b> .....	27
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
<b>6.1 Tendências das séries climatológicas</b> .....	33
7 CONCLUSÕES.....	41
REFERÊNCIAS.....	42

## 1 INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas e suas possíveis consequências para a humanidade, tornaram-se um dos principais temas estudados pela comunidade científica nos últimos anos (AHMAD *et al.*, 2015; RIBEIRO *et al.*, 2015; CERA; FERRAZ, 2015).

Os estudos recentes têm mostrado alterações nas tendências de séries climatológicas quanto seu aumento e decréscimo dos elementos climáticos (LIMA *et al.*, 2016; GUEDES *et al.*, 2019., MOREIRA *et al.*, 2016; MOREIRA e NAGHETTINI, 2016).

O conhecimento da dinâmica dos elementos climáticos é subsídio necessário para o desenvolvimento de diversos setores, devido sua influência no clima (ARENAS *et al.*, 2017). As atividades agrícolas, por exemplo, estão correlacionadas diretamente com as condições climáticas, sendo o principal fator de diminuição da produção agrícola (GUERRA *et al.*, 2017).

O aquecimento da atmosfera provoca mudanças nos padrões de seus componentes, temperaturas do ar, movimentos das massas de ar, variabilidade da precipitação intensa de chuvas (MEDEIROS, 2020). A interpretação dos padrões temporais da variabilidade dos elementos climáticos é o passo fundamental para novos projetos, visando estratégias adaptativas adequadas (MUTHONI *et al.* 2018; SCHMIDT; LIMA; JESUS, 2018).

A caracterização temporal pode ser sintetizada sob a ótica estatística e a dinâmica. A abordagem dinâmica é referente ao movimento das massas de ar e são aplicadas geralmente em escalas sinóticas. Todavia a análise estatística baseia-se na relação de elementos climáticos (CARMO; LIMA, 2020).

A análise de tendências através de testes estatísticos não paramétricos vem sendo realizada por diversos pesquisadores visando identificar eventuais tendências monotônicas em séries climatológicas. Os testes estatísticos não paramétricos de Mann-Kendall (MK) e Spearman's Rho (SR) são amplamente utilizados para verificação da existência ou não de mudanças nas séries históricas. De acordo com Silva *et al.* (2017), a análise da tendência de séries históricas climatológicas é uma das maneiras disponíveis para determinação de ocorrência de mudança climática local e possibilita a avaliação das suas consequências sobre a região de estudo.

É de suma importância o estudo da variabilidade dos elementos climáticos em nível regional e local pois se destaca, de certa forma, a contribuir para a compreensão dela em nível global (FERRARI *et al.*, 2012). Os estudos realizados dos elementos climáticos nas bacias hidrográficas feitas por Milly *et al.*, (2005) e Salati *et al.*, (2008) verificaram que as simulações realizadas coincidem com estudos realizados em nível global e nacional.

Os elementos climáticos e o clima nos municípios no Brasil comumente não possuem monitoramento, a percepção humana é feita em microescala, já os estudos são realizados em mesoescala, o que implica em um comportamento diferente (NÓBREGA *et al.*, 2011; GASQUES, *et al.*, 2018). Esses estudos segundo Kiefer *et al.* (2021) são essenciais para ações como aplicação dos instrumentos de gestão e integração de políticas, e para que possa haver redução de vulnerabilidades e riscos climáticos futuros.

A Amazônia é vista como o equilíbrio ambiental da América do Sul, sua biodiversidade, sequestro de carbono, transporte de energia são processos importantes da região (BRANDO *et al.*, 2014). A incidência de eventos extremos em sua região tem sido estudada nos últimos anos (BAKER *et al.*, 2008; BRANDO *et al.*, 2008), onde há uma estimativa de que eles podem se agravar no futuro (DUFFY *et al.*, 2015).

Duarte (2005) observou aumento do volume das precipitações anuais, seguidas de diminuição, em estudos de tendência de uma série histórica de precipitação no município de Rio Branco no Acre - BRA, atribuindo relação com ações antrópicas ao longo do tempo. Todavia, Moreira e Naghettini (2016) não verificaram tendência significativa no regime de precipitações máximas anuais em estudos realizados no mesmo município, para o intervalo temporal de 1971 a 2012.

Contudo, esse trabalho concerne analisar as tendências temporais dos elementos climáticos (precipitação pluviométrica anual, chuvas máximas diárias e temperaturas do ar) bem como a evapotranspiração potencial e os anos extremos caracterizado através dos déficits e excessos hídricos anuais no município de Cruzeiro do Sul, Acre, Brasil.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

O presente estudo teve como objetivo identificar as tendências temporais dos componentes do clima (precipitação pluviométrica e temperaturas do ar) assim como, a evapotranspiração e seus extremos climáticos caracterizados por meio dos déficits e excessos hídricos em série histórica climatológica de Cruzeiro do Sul – Acre, Brasil, localizado na sub-bacia hidrográfica do Alto Juruá na Amazônia Ocidental.

### 2.2 Objetivos específicos

- Verificar o comportamento das temperaturas máximas, mínimas e médias do ar em função do tempo da série histórica climatológica de Cruzeiro do Sul - Acre.
- Verificar a tendência das precipitações pluviométricas anual e máximas ao longo do tempo em Cruzeiro do Sul - Acre.
- Verificar a tendência temporal da evapotranspiração anual em Cruzeiro do Sul - Acre.
- Verificar a tendência temporal dos déficits hídricos anuais em Cruzeiro do Sul - Acre.
- Verificar a tendência temporal dos excessos hídricos anuais em Cruzeiro do Sul - Acre.

### 3 HIPÓTESES

As hipóteses deste estudo são:

- Há tendências significativas nos elementos climáticos ao longo dos anos;
- Há estacionariedade nas séries climatológicas dos elementos do clima: temperaturas do ar e pluviometria.
- Existe estacionariedade na série climatológica de evapotranspiração.
- Qual a tendência climatológica de anos de déficit hídrico e excesso hídrico.



## 4 REFERENCIAL TEÓRICO

### 4.1 Mudanças do clima

No decorrer das últimas décadas o aumento no desmatamento e industrialização acarretou o crescimento da quantidade de dióxido de carbono na atmosfera, e essa tendência pode implicar em mudanças nas características do clima, por exemplo a temperatura do ar, umidade relativa e a precipitação, tanto em nível global como regional (FERREIRA *et al.*, 2015).

As mudanças climáticas caracterizadas pelo aquecimento global têm sido o foco de diversos campos de pesquisas como: recursos hídricos, irrigação, saúde humana, agricultura, entre outros. Tem sido observado que a temperatura média global do ar na superfície da Terra aumentou em torno de 0,74 °C ao longo dos últimos 100 anos (1906-2005) e há previsão de aumento de 1,1° até 6,4 °C até o ano de 2100 (IPCC, 2014).

O aumento da temperatura global do ar está relacionado a absorção de energia de onda longa e emissão para a superfície devido à alta concentração de gases de efeito estufa na atmosfera, essa temperatura média do ar tem seu valor modificado e ocorre o que se chama de mudança climática (NOAA, 2021). Marengo e Camargo (2008) cita estudos no Brasil, que mostram aumento na temperatura do ar nos últimos 100 anos, como de 0,6°C, em São Paulo e de 0,85 °C na Bacia Amazônica e de aumento nos extremos máximo e mínimo, da temperatura do ar no Sul do Brasil, durante o período de 1960-2002.

No Brasil, país que registra grande população vivendo em perímetros urbanos, 80% da população se concentra na área urbana, as cidades requerem atenção especial quando se trata de mudanças climáticas, pois possuem as áreas que estão mais suscetíveis a enfrentamento de impactos ambientais extremos, eventos estes como precipitação pluviométrica e temperatura do ar (GIULIO *et al.*, 2019).

Um evento de precipitação pluviométrica extrema ocorre de forma irregular, seja de forma temporal seja de forma espacial, acarreta muitos prejuízos, que vão de erodibilidade do solo, inundações, alagamentos, perdas significativas na agricultura, até perdas sociais. Por outro lado, secas extremas também implicam prejuízos, esta, caracterizada por falta de chuva em determinado período, que provoca: fome, miséria, êxodo rural, tornando-se assim um problema político e governamental (BONFIM *et al.*, 2020).

## 4.2 Tendência em séries históricas climatológicas

Em diversas regiões do mundo pesquisadores dos mais variados países estimam os índices para detecção de mudanças climáticas, utilizando como base, dados de precipitação e temperatura do ar, a fim de verificar tendências de variação climática em escalas locais (TORETI; DESIATO, 2008).

De acordo com Silva *et al.* (2017), pesquisas e estudos sobre tendências dos índices para detecção de variações climáticas desenvolvidas para uma certa região são fundamentadas em poucos índices de eventos extremos climáticos, e a série histórica em um curto intervalo, não permitindo assim grande confiança dos resultados obtidos. No Brasil as pesquisas e estudos que avaliam tendências apresentam discordância entre os mesmos, uma vez que os resultados são obtidos de acordo com a metodologia utilizada, fonte de dados e o período que foi realizado a análise.

Rao *et al.* (2016) em alguns estudos verificou tendências em dados de chuvas interpolados, isso torna mais difícil a identificação de quais locais possuem menores quantidades de dados a disposição, ocorrendo assim a incerteza dos resultados.

Os estudos na Amazônia relacionados a tendências climáticas na grande maioria, têm sido voltados aos elementos: chuva, vazão e temperatura do ar. É fundamental entender como as alterações desses e outros elementos meteorológicos importantes modificam o regime climático de determinada região, uma forma de analisar isso seria através de observação de presença de tendências (PENNEREIRO *et al.*, 2018).

De acordo com Wanderley *et al.* (2013), a tendência pode ser compreendida como uma alteração contínua e sistemática, observada dentro de uma série temporal, onde representa o grau de acréscimo ou decréscimo nos valores da variável analisada, a presença de tendência pode revelar indicativos de como esses dados refletem o efeito das mudanças climáticas seja de forma natural ou não.

A precipitação pluviométrica é uma variável climática muito estudada nas diversas regiões do planeta Terra, sendo considerada uma das mais importantes em meteorologia, especialmente nos trópicos. É de fundamental importância ter-se conhecimento da distribuição espaço-temporal dessa variável, pois ela possui alto potencial de ocasionar eventos extremos, contribui significativamente no ciclo hidrológico e é peça chave na manutenção e sobrevivência de seres vivos no mundo inteiro (COSTA *et al.*, 2019).

A série temporal de precipitação pluviométrica é ideal e essencial na definição de diversos serviços como: potencial de produção agrícola, a geração de energia hidrelétrica, a

disponibilidade hídrica, a integridade ecológica, e como já citado anteriormente, a susceptibilidade da sociedade a eventos extremos. Com o passar dos anos o padrão de chuvas vêm sofrendo mudanças bruscas e modificações dos regimes de chuva pelo mundo (SUN *et al.*, 2012).

A variação climática, através de ciclos anuais, promove déficit ou excesso hídrico no mundo todo, o que leva a seca ou a enchentes, os eventos extremos climáticos admitem uma importância no cotidiano da sociedade, através da frequência dessa ocorrência ou pela vulnerabilidade socioambiental (NASCIMENTO *et al.*, 2020.)

#### **4.2 Análise de homogeneidade e estacionariedade**

Em series temporais é comum a identificação dos valores da série oscilando ao redor de uma média constante e não alteram ao longo do tempo (CHRISTOFOLETTI; 1993). Todavia, observa-se que algumas séries climatológicas apresentam algum tipo de não estacionariedade atribuída a fatores como sazonalidade e ciclos (NASCIMENTO *et al.*, 2020).

Quando uma série numérica de um determinado elemento climatológico ordenada cronologicamente é caracterizada como homogênea, se essas variações forem causadas por condições do próprio tempo e clima. A não homogeneidade em uma série temporal é tida como uma descontinuação nos registros dos dados, e isso interfere na caracterização da variabilidade climática da região estudada, por isso é tão importante informações meteorológicas confiáveis para não ocorrer má interpretação desses dados (REBOITA; KRUCHE, 2018).

A não-homogeneidade em uma série temporal expressa-se de duas formas: a) apresenta tendência gradual e/ou b) apresenta certa descontinuidade na variância. Essa tendência gradual pode ser decorrente ao aquecimento urbano, ou a algum deslocamento de alguma estação meteorológica de um lugar para outro ou até mesmo a erros sistemáticos que estejam acumulados com o passar do tempo. E já as descontinuidades ocorrem comumente por causa de mudanças bruscas que ocorrem na plataforma que está sendo observado ou a forma como os dados são processados (SANTOS *et al.*, 2012).

É importante e necessário escolher corretamente um modelo que descreva adequadamente o comportamento de uma série temporal para análise de sua estacionariedade. De acordo com Silveira *et al.* (2016), para uma série ser estacionária, sua média e sua variância não variam ao longo do tempo e o valor da covariância entre dois períodos depende apenas do grau de defasagens entre as observações e não apenas do período efetivo em que a covariância é calculada. Conforme o aumento do distanciamento do último ponto de amostra, as previsões

vão se tornando imprecisas, com a presença de tendência estocástica ou raiz unitária em uma série temporal essa acaba sendo não estacionária.

Destaca-se, dessa forma, a importância da realização de monitoramento sistemático em locais de referência, uma vez que atividades humanas e mudanças climáticas atuantes na escala da bacia hidrográfica podem produzir resultados similares nos elementos das séries hidrológicas observadas. A perda de estacionariedade das séries pode impor alterações importantes em setores como o de geração de energia, navegação, irrigação, abastecimento de água, controle de inundação, dentre outros (ANA, 2020).

O estudo conduzido por Nóbrega (2014) verificou que os meios necessários para a percepção de um impacto de um elemento sobre outro deve ser estudado através da metodologia de causa e efeito. Desse modo o elemento causa que são as mudanças climáticas, devem ser estudadas através de sua diagramação e mitigação dos efeitos não estacionários.

A não estacionariedade das séries podem ser determinadas a partir dos testes estatísticos não paramétricos de Mann- Kendall (MK), Spearman Rho (KAHYA;KALAYCI, 2004; DIERMANSE *et al.*, 2010; DETZEL;MINE, 2014) ou até mesmo a ocorrência do ponto de mudança em função do tempo, utilizando o teste de Pettitt (SALVADORI, 2013; YEH *et al.*, 2015).

O teste não paramétrico de Mann-Kendall (MK) é um dos testes mais utilizados para detectar a perda de estacionariedade na série (WANG *et al.*, 2005; SALVADORI, 2013; DAMÁZIO; COSTA, 2014; TAN; GAN, 2015). Em uma série  $(X_1, X_2, \dots, X_n)$  proveniente de uma amostra de  $n$  variáveis aleatórias independentes e identicamente distribuídas (iid), o teste MK é explicado pela seguinte equação (MOREIRA e NAGHETTINI, 2016).

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{ sinal}(X_j - X_i) \quad (1)$$

Onde,  $X_i$  representa os valores da série (intervalos de tempo);  $i$  e  $j$  são os índices de tempo e  $n$  é o número de elementos da série. O termo  $\text{ sinal}(X_j - X_i)$  é determinado por intermédio da equação a seguir:

$$\text{ sinal}(X_j - X_i) = \begin{cases} +1 & \text{se } (X_j - X_i) > 0 \\ 0 & \text{se } (X_j - X_i) = 0 \\ -1 & \text{se } (X_j - X_i) < 0 \end{cases} \quad (1.1)$$

Mann (1945) e Kendall (1975) explicitaram que a estatística  $S$  segue aproximadamente uma distribuição normal para  $n \geq 8$ . Para dados sem elementos vinculados (valores iguais), a estatística do teste apresenta média  $E(S)$  e variância  $\text{Var}(S)$  dadas, respectivamente, por:

$$E(S) = 0 \quad (1.2)$$

$$\text{Var}(S) = 1/18 [n(n-1)(2n+5)] \quad (1.3)$$

Havendo pontos vinculados, a variância é corrigida pela seguinte expressão:

$$\text{Var}(S) = 1/18 \left[ n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^q t_p(t_p-1)(2t_p+5) \right] \quad (1.4)$$

na qual  $t_p$  denota o número de pontos vinculados de índices  $p$  até  $q$ .

A significância do teste MK pode ser verificada através de um teste bilateral, com estatística padronizada  $Z_{MK}$  expressa da seguinte maneira:

$$Z_{MK} = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{se } S > 0 \\ 0 & \text{se } S = 0 \\ \frac{s+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{se } S < 0 \end{cases} \quad (1.5)$$

A hipótese nula ( $H_0$ ), para ausência de tendência na série, é rejeitada caso  $|Z_{MK}| > Z_{1-\alpha/2}$ , em que  $\alpha$  é o nível de significância adotado e  $Z_{1-\alpha/2}$  é o valor da distribuição normal padrão com probabilidade de excedência de  $\alpha/2$ . O sinal de  $Z_{MK}$  indica se a tendência é crescente ( $Z_{MK} > 0$ ) ou decrescente ( $Z_{MK} < 0$ ). O nível de significância comumente utilizado é  $\alpha = 0,05$ .

Já o teste não paramétrico de Spearman's Rho (SR) detecta uma tendência temporal, existente em uma série temporal a partir da correlação entre os dados da série de observações e o índice de tempo (SHADMANI *et al.*, 2012). Se amparando no coeficiente de correlação entre a ordem de classificação  $m_t$ , da sequência  $X_t$  e os índices de tempo  $T_t$  (1, 2, ..., N). (MOREIRA *et al.*, 2019):

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{t=1}^N (m_t - T_t)^2}{N^3 - N} \quad (2)$$

Considerando-se a hipótese pautada na ausência de correlação entre  $m_t$  e  $X_t$ , demonstra-se, para  $N > 10$ , que a distribuição de  $r_s$  pode ser aproximada por uma distribuição normal, cuja média é nula e a variância é dada pela seguinte equação:

$$\text{Var}[r_s] = \frac{1}{N-1} \quad (2.1)$$

Assim, tendo como hipótese nula  $H_0$ : “a amostra não apresenta tendência temporal”, a estatística do Spearman’s Rho.

$$T = \frac{r_s}{\sqrt{\text{Var}[r_s]}} \quad (2.2)$$

Como se trata de um teste bilateral, a decisão mais lógica, nesse caso, é de rejeitar a hipótese nula ( $H_0$ ) se  $|T| > Z_{1-\alpha/2}$ , em que  $\alpha$  é o nível de significância adotado e  $Z$  é o valor da distribuição normal padrão.

#### 4.4 Interação dos elementos climáticos e evapotranspiração

O clima é formado pelos elementos, radiação, temperatura do ar, pressão atmosférica, umidade do ar e precipitação (SALES *et al.*, 2017). A precipitação pluviométrica é o principal meio de entrada de água em um sistema, enquanto a evapotranspiração é o meio de perda dessa água em um sistema (LEMOS; BOTELHO, 2010) contudo a dinâmica desses componentes é igualmente compreendida através do balanço hídrico.

O balanço hídrico climatológico (BHC) é um instrumento meteorológico útil e prático, sendo sua utilização indispensável na caracterização climática. Além dessas utilidades, o BHC, quando empregado de maneira sequencial, permite quantificar a necessidade de água em uma cultura, gerir os recursos hídricos de uma bacia (ALBUQUERQUE *et al.*, 2019).

A evapotranspiração (ETo) é tida como a perda de água do solo através da evaporação, juntamente com a planta por meio da transpiração, é um processo de transferência de água no estado líquido ou sólido para o estado de vapor juntamente com a transpiração estomática e das cutículas dos vegetais através das folhas. A ETo é um elemento meteorológico essencial, que confere ao processo oposto da chuva, e a mesma é expressada em milímetros (MENDONÇA, *et al.*, 2003).

Por sua vez a ETo está condicionada a radiação solar, temperatura do ar, umidade do ar e velocidade do vento, com isto, se ocorre variações nesses elementos a longo prazo, pode ocorrer alteração da ETo. De acordo com Alencar *et al.* (2014), estudos vêm sendo realizados com modelos de predição referente as mudanças climáticas para analisar o impacto que vem ocorrendo sobre a ETo, e os resultados apontam que nos próximos anos a Eto aumentará se ocorrer aumento de temperatura do ar.

Alterações pequenas na temperatura do ar e precipitação pluviométrica, em razão do aquecimento sistema terra-atmosfera, junto com os seus efeitos não lineares sobre a ETo e umidade do solo, pode implicar em mudanças significativas na dinâmica da qualidade, quantidade e qualidade da água (BANDYOPADHYAY *et al.*, 2009).

De acordo com o relatório do IPCC, muito provavelmente as causas desse grande aumento da temperatura do ar são oriundas de emissões antropogênicas de gases de efeito estufa. Com isso, a ETo, é afetada com o aquecimento global devido a sua dependência de temperatura do ar (VALVERDE; PAIVA JUNIOR., 2018).

A evapotranspiração tem grande influência no ciclo hidrológico, Menzel e Burger (2002) apresentaram que se há aumento na temperatura da superfície da Terra então haverá taxas maiores de evaporação, logo a atmosfera aumentará o transporte de quantidade de vapor de água e isso levará a um aumento na intensidade dos processos do ciclo hidrológico.

A evapotranspiração contribui expressivamente sobre a precipitação total de uma determinada região, ocorrendo a retroalimentação de precipitação entre a superfície e a atmosfera, de forma mais simples, essa reciclagem é dada como a quantidade de água de um devido local que evapotranspira da superfície terrestre e volta em forma de precipitação sobre esse mesmo local (ROCHA *et al.*, 2017).

A distribuição e tendência da evapotranspiração de referência (ETo) é de suma importância para um melhor planejamento dos recursos hídricos e também para a agricultura, uma vez que o seu comportamento futuro vem sendo bastante discutido em relação ao aquecimento global (ALENCAR *et al.*, 2011).

Além de todas as características citadas anteriormente, a ETo exerce grande responsabilidade na perda de água das bacias hidrográficas, influenciando assim diretamente nos processos hidrológicos, com a compreensão das variações espaciais e temporais da ETo, essa acaba sendo um componente substancial nos estudos hidrológicos (FRANCISCO *et al.*, 2017).

#### **4.5 Estudos dos elementos climáticos e interação regional.**

Para a Amazônia, faz-se importante e de grande relevância o estudo da frequência desses eventos para que com essas informações obtidas, permitam assim uma maior organização das atividades humanas, zoneamentos agrícolas, gestão dos recursos hídricos, distribuição de energia elétrica, calendário de cultivos agrícolas e a mais importante, previsão de ocorrência desses extremos a fim de evitar desastres ambientais (SANTOS *et al.*, 2017).

A principal entrada de água no ciclo hidrológico ocorre por precipitação e a maior saída fica dividida entre escoamento superficial e evapotranspiração.

Os elementos dependentes do ciclo hidrológico que tem maior destaque são: precipitação, vaporização e condensação, área, relevo, geologia, cobertura vegetal, fisiografia da bacia de drenagem, estes influenciam no processo de trocas e promovem interações biogeoquímicas terra-água (ABREU; CUNHA., 2017).

O aumento de CO<sub>2</sub> causado pela ação humana no ciclo hidrológico da Bacia Amazônica pode ser observado no aumento da frequência de eventos extremos climáticos nas últimas décadas, e isso prejudica na regulação da água (NOBRE *et al.*, 2007).

O efeito estufa modifica o balanço energético do clima, precipitação e o ciclo hidrológico, e a função de resposta fisiológica das plantas em relação ao aumento de CO<sub>2</sub> promove controle desse ciclo, afetando a evapotranspiração da bacia (BOLWERK; ERTZOGUE., 2021).

Silva *et al.* (2017) acreditam que os estudos em bacias hidrográficas são essenciais para o entendimento da dinâmica da água e suas consequências ambientais, proporcionando uma visão ampla e satisfatória do ambiente solo, água e vegetação e os efeitos das mudanças climáticas e do ciclo hidrológico. A percepção dos elementos climáticos em uma bacia hidrográfica é de fundamental importância para o manejo e gestão adequada dos recursos hídricos mantendo seu equilíbrio ambiental (FRANÇA *et al.*, 2020).

Em 1903 as bacias dos rios Purus e Juruá foram indexadas ao Brasil através da assinatura do Tratado de Petrópolis com a Bolívia. No ano de 1910, no Estado do Acre, ocorria uma “guerra dos rios” entre diferentes grupos políticos. Em 1911 o governo brasileiro criou através do decreto Nº 8.843 de 26 de julho de 1911 uma reserva florestal com o intuito de proteger as nascentes de alguns rios que formavam as bacias hidrográficas do Juruá e Purus. Esse decreto visava proteger as florestas que se encontravam perto dos rios e um reflorestamento de algumas áreas para manutenção do ciclo hidrológico (VITAL, 2018).

O Plano de Recursos Hídricos da Margem Direita do Amazonas (PRH-MDA) que cobre 7 bacias afluentes, no qual foi feita uma análise comparativa dos 15 modelos climáticos do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), adotando-se o valor médio dos resultados para o período 2010-2040, pode ser utilizado como exemplo bem sucedido da percepção do impacto das mudanças climáticas dentro de uma bacia hidrográfica (ZANIN, *et al.* 2017).

A mudança dos elementos do clima (temperatura do ar, ventos, umidade relativa, pressão atmosférica e precipitação) por atividades humanas provocam em longo prazo,



alterações expressivas na dinâmica da água, reduzindo mananciais por assoreamento, diminuição da rede de drenagem da bacia, chuvas elevadas ou reduzidas e eventos com alta intensidade. Uma série de outros problemas advindos dessa cadeia de atividades mal planejadas podem levar ao declínio total de água em algumas sub-bacias (CASSETARI; QUEIROZ., 2020).

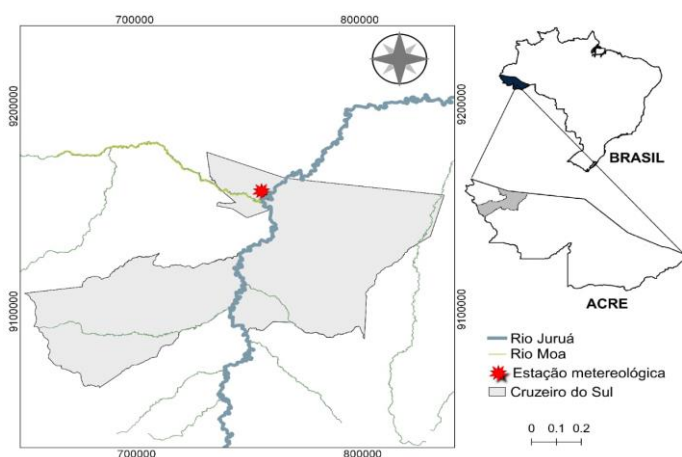
## 5 MATERIAL E MÉTODOS

O referente estudo foi realizado no município de Cruzeiro do Sul, região do Vale do Juruá, estado do Acre, Amazônia ocidental, situado a uma latitude de 07° 37' 52'' S e longitude de 72° 40' 12'' W, fazem parte desta regional os municípios Mâncio Lima, Cruzeiro do Sul, Rodrigues Alves, Porto Walter e Marechal Thaumaturgo (ACRE, 2010).

### 5.1 Caracterização da área de estudo

O município de Cruzeiro do Sul, possui uma área de 8.779,407 km<sup>2</sup> e 88.376 habitantes (IBGE, 2019). Pertence a sub-bacia do Alto Juruá, que por sua vez pertence a bacia do Rio Juruá, e penetra em terras do estado do Amazonas e permanece a jusante de Porto Walter. Os Rios Tarauacá e Ipixuna são os principais tributários pela margem direita e a Unidade de Planejamento Hídrico (UPH) tem área total de 35.969 km<sup>2</sup> (ACRE, 2010).

A classificação climática para o município de Cruzeiro do Sul, segundo a classificação de Thornthwaite e Matter (1955), é B<sub>1</sub>rA'a', caracterizado por clima úmido com pequena deficiência hídrica nos meses de junho a outubro sem deficiência térmica e pluviometria média anual de 2300 mm (ARAÚJO *et al.*, 2020). O município de Cruzeiro do Sul é o polo econômico da bacia hidrográfica do Rio Juruá que abrange mais outros seis municípios: Mâncio Lima, Rodrigues Alves, Porto Walter, Marechal Thaumaturgo, Jordão, Tarauacá. Está localizada no Norte do Brasil, no estado do Acre com divisas com o estado do Amazonas e república do Peru (Figura 1).



**Figura 1.** Localização do município de Cruzeiro do Sul – AC, Brasil e localização da Estação Meteorológica 82704.

## 5.2 Obtenção e tratamento dos dados climatológicos

Os dados de precipitação pluviométrica anual e máximas, e temperaturas do ar médias, mínimas e máximas foram obtidos na plataforma BDMEP (Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa) do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, (2020). Foram utilizados os dados das séries históricas climatológicas de 1970 a 2019, da estação meteorológica 82704 na cidade de Cruzeiro do Sul, Acre, (7°38'S, 72°40'W no datum WGS84), Figura 1.

A série histórica foi submetida, a uma análise visual por meio de um gráfico, de maneira a mostrar erros simples ou acumulados sistemáticos, e estimar valores para o preenchimento de falhas nas observações conforme metodologia descrita por Pante et al. (2006).

Em sequência as falhas identificadas na série histórica foram preenchidas a partir do método simples de média aritmética quando as falhas eram diárias e pontuais dentro dos valores mensais, e o método da razão normal em que se aplica uma regressão linear selecionada com o mínimo absoluto, quando se observava falhas sequenciais (TEEGAVARAPU; CHANDRAMOULI, 2005). Foram excluídos os anos de 1992 e 1993, por ausência dos dados nesse período, restando uma série temporal de 48 anos.

Os valores de evapotranspiração potencial (ETP) diários foram estimados pelo método de Hargreaves e Samani (1985) em que a evapotranspiração é dada em função da temperatura do ar média, máxima e mínima em °C e a radiação no topo da atmosfera ( $Mj/m^2$ ), estimada em função da latitude e estações do ano conforme, Equação 3.

$$E_{to} = 0,0023 Ra (T_{max} - T_{min})^{0,5} (T_{med} + 17,8) \quad (3)$$

Onde: Ra - radiação no topo da atmosfera;

Tmax: temperatura máxima

Tmin: temperatura mínima

Tmed: temperatura média.

Posteriormente determinou-se o balanço hídrico anual utilizando a metodologia proposta por Thornthwaite e Mather (1955) em que consiste em determinar o armazenamento de água no solo (ARM), deficiência hídrica (DEF) e excedente hídrico (EXC), na escala mensal.

Após obtidos os valores de precipitação e evapotranspiração, achamos a diferença entre a precipitação e a evapotranspiração potencial (P - ETP). Após, é feito o cálculo de negativo acumulado (NEG. AC.) no primeiro mês que aparecer valor negativo de P - ETP, após um

período de valores positivos de  $P - ETP$  cuja soma seja maior ou igual a CAD. Neste mês o valor da coluna NEG. AC. será igual ao valor negativo de  $P - ETP$ . Se no próximo mês também ocorrer  $P - ETP$  negativo o valor vai se acumulando. Este procedimento continuará até quando se tem um mês com  $P - ETP$  positivo. Após esses cálculos inicia-se o cálculo de armazenamento de água no solo (ARM.), para os meses com  $P - ETP$  negativo que é calculado através da equação 4:

$$ARM = CAD * e^{\left(\frac{NEG.AC.}{CAD}\right)} \quad (4)$$

Quando aparecer um mês com  $P - ETP$  positivo faz-se o seguinte procedimento: soma-se o valor positivo de  $P - ETP$  ao ARM do mês anterior obtendo-se o ARM no mês referido. Adota-se este procedimento enquanto  $P - ETP$  for positivo. Entretanto, o valor máximo de armazenamento é a própria CAD, não podendo ser ultrapassada.

Calcula-se o valor do negativo acumulado, nos meses com  $P - ETP$  positivo, através do inverso da equação 4., no caso a equação 5:

$$NEG.AC = CAD * Ln\left(\frac{ARM}{CAD}\right) \quad (5)$$

O cálculo da alteração do armazenamento (ALT) é feito da seguinte maneira: o valor mensal da alteração é igual ao armazenamento do mês menos o valor do armazenamento do mês anterior. O próximo cálculo indica os totais mensais de evapotranspiração real. A evapotranspiração real é igual a potencial nos meses com  $(P - ETP)$  positivo. Os valores da evapotranspiração real (ETR) para os meses com  $(P - ETP)$  negativo é feito somando-se a precipitação do mês ao valor da alteração do armazenamento em módulo. Logo após, calcula-se os totais mensais de deficiência de água no solo. A deficiência quantifica diferença entre a ETP e a ETR, sendo que a mesma só pode ocorrer em meses com  $(P - ETP)$  negativo. O excesso só ocorre quando for atingido o máximo de armazenamento, e seu valor é igual ao de  $(P - ETP)$  menos a alteração do armazenamento. Nos meses em que não ocorre um armazenamento máximo não há excesso hídrico. Em consequência, o seu valor é zero.

A capacidade de água disponível (CAD) utilizada no método, foi estimada através da capacidade de campo (CC) e densidade (ds) dos solos da região (COELHO, 2016).

Segundo Araújo *et al.* (2011), o solo do município de Cruzeiro do Sul é caracterizado como Argissolo Vermelho amarelo, com textura Franco Arenó-Argiloso, CC 11% e densidade-1,35 g cm<sup>-3</sup> assumindo-se uma disponibilidade de água no solo de 1,2 mm cm<sup>-1</sup>.

Para criação da série temporal, foram somados os déficits mensais e os excessos hídricos mensais obtidos por meio do balanço hídrico de cada ano, posteriormente os valores foram organizados em função dos anos.

### 5.3. Verificação de tendências nas séries climatológicas

Para cada variável se ajustaram modelos de regressão linear, de maneira a identificar a tendência na série temporal por meio do teste de significância do coeficiente angular da reta. Considerando a equação da reta tipo:

$$Y = a + bX \quad (6)$$

Em que, Y = elemento do clima, X = tempo, e a e b coeficientes de regressão pelo método dos mínimos quadrados.

Considerando a regressão linear de Y com variável aleatória no tempo X, a hipótese nula  $H_0$  de que não existe uma tendência seja testada pelo teste t de student com (n-2) graus de liberdade.

$$t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} = \frac{b}{s/\sqrt{SSx}} \quad (7)$$

Em que: n = tamanho da amostra, r, coeficiente de correlação de Pearson, s = desvio padrão dos resíduos, b = coeficiente angular da reta, e SS x = soma dos quadrados da variável independente.

A hipótese de que não há tendência é rejeitada quando o valor de “t” calculado pela equação (3) é maior em valor absoluto do que o valor crítico tabelado, a um nível de 5% de significância.

Para verificar as estacionariedade das temperaturas do ar (mínimas, média e máximas), precipitação pluviométrica (anual e máximas anual), evapotranspiração, déficit anuais e excessos anuais das séries temporais, utilizou-se o teste não paramétrico de Spearman’s Rho (SR) (LEHMANN, 1975), esse teste é utilizado para verificar a estacionariedade em séries de dados. O teste assume que os dados são independentes e igualmente distribuídos.

A hipótese nula ( $H_0$ ) indica ausência de tendência ao longo do tempo e a hipótese alternativa ( $H_1$ ) indica que há tendência monotônica nos dados, podendo apresentar aumento quando o valor é positivo e decréscimo nos dados da série temporal quando seu valor é negativo (YUE et al., 2002). A estatística do teste SR é baseada no coeficiente determinado a partir da seguinte equação:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{t=1}^N (m_t - T_t)}{N^3 - N} \quad (8)$$

Considerando-se a hipótese pautada na ausência de correlação entre  $m_t$  e  $X_t$ , demonstra-se, para  $N > 10$ , que a distribuição de  $r_s$  pode ser aproximada por uma distribuição normal, cuja média é nula e a variância é dada pela seguinte equação:

$$\text{Var}[r_s] = \frac{1}{N - 1} \quad (9)$$

Assim, tendo como hipótese nula  $H_0$ : “a amostra não apresenta tendência temporal”, a estatística do Spearman’s Rho teste formulada a partir do valor obtido, a qual segue uma distribuição normal padrão.

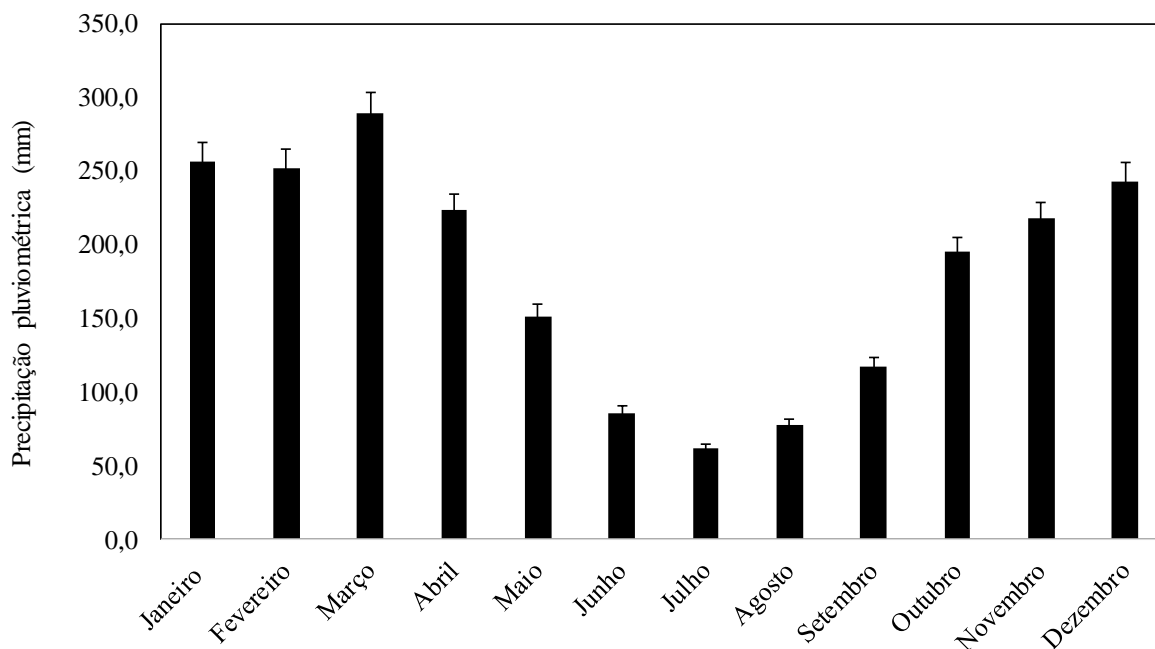
$$T = \frac{r_s}{\sqrt{\text{Var}[r_s]}} \quad (10)$$

Como se trata de um teste bilateral, a decisão mais lógica, nesse caso, é de rejeitar a hipótese nula ( $H_0$ ) se  $|T| > Z_{1-\alpha/2}$ , em que  $\alpha$  é o nível de significância adotado e  $Z$  é o valor da distribuição normal padrão (MOREIRA *et al.* 2019).

Os dados foram, tabulados e organizados em planilha do Excel Microsoft (2016) os testes estatísticos de homogeneidade, aleatoriedade e estacionariedade foram realizados utilizando o programa estatístico de análise de dados hidrológicos ALEA (ALEA, 2015) E a regressão linear dos valores climatológicos em função do tempo foram aplicados via software estatístico de livre acesso, BioEstat 5.0 (BIOESTAT, 2019)

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados climáticos médios de precipitação mensal (mm), evapotranspiração mensal (mm) e temperaturas mensal do ar (°C), e os meses com excedentes e déficit hídrico estão apresentados nas figuras 2, 3, 4 e 5 respectivamente.



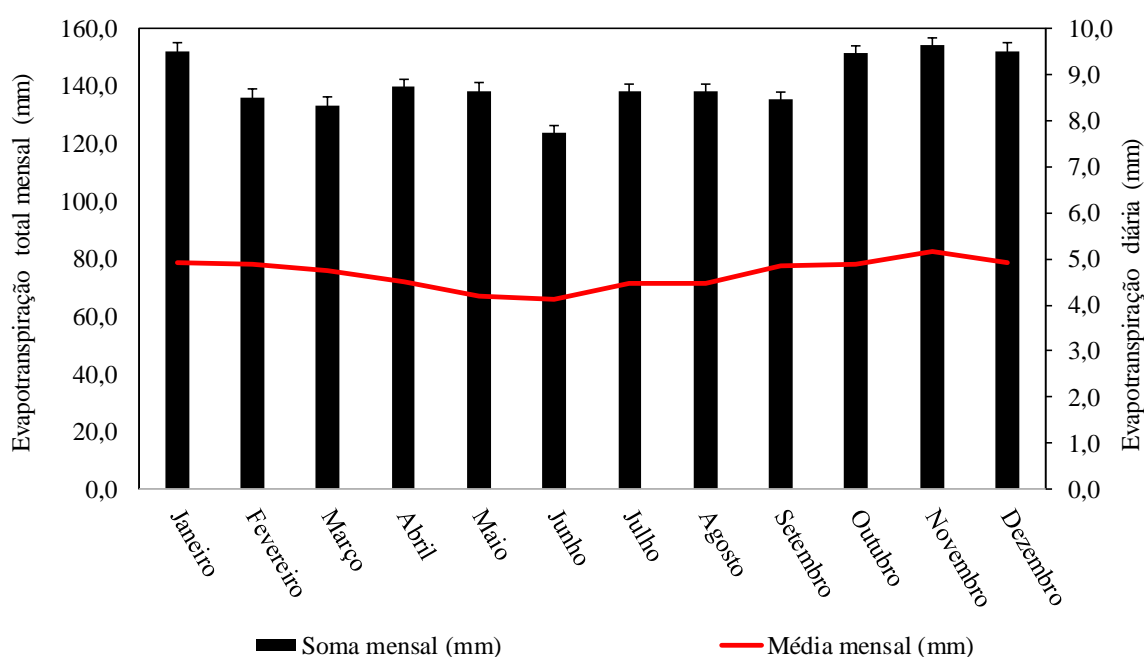
**Figura 2.** Caracterização mensal da precipitação (mm) no período de 1970 a 2019, do município de Cruzeiro do Sul-Acre/Brasil.

A variação temporal da precipitação pluviométrica ao longo dos meses apresenta o mês de março como o mais chuvoso com 289 mm, correspondente a 13,2% da precipitação anual total, seguido dos meses de janeiro e fevereiro que apresentaram maiores quantidades de chuva com valores de 257mm e 252 mm, respectivamente, os valores médios acumulados dos meses de janeiro, fevereiro e março corresponderam a 36,9% do total anual. Em contrapartida, os meses com menores ocorrência de chuva, são julho (62 mm), agosto (78 mm) e junho (86 mm), correspondendo a 10% da precipitação anual total, sendo estes considerados os meses menos chuvoso do ano (estação seca).

Com relação ao mês de julho considerado, o mês menos chuvoso do ano, houve redução de percentual de 78% (227 mm) na ocorrência de chuvas em comparação ao mês de março. Esse comportamento anual também foi observado por Duarte (2006) mostrando o mês de junho como menos chuvoso, com média de 46 mm para região do Vale do Juruá em uma série histórica de 1971 a 2000.

A média anual de 2.179 mm, foi semelhante a apresentada por Delgado e Souza (2014) no período de 1961 a 2013 correspondente a pluviometria média anual de 2.077 mm. A máxima precipitação anual observada na série histórica estudada nesse trabalho foi de 2.848,1 mm sucedida em 1990, em contrapartida o ano com menor pluviometria ocorreu no ano de 1985 um total anual de 1.987,5 mm, uma diferença de 67,9% em relação à média histórica (2.179 mm). As chuvas máximas diárias observadas na série histórica analisada (1970- 2019) foi de 160,6 mm, no ano de 2005.

Quanto a evapotranspiração máxima observa-se uma evapotranspiração média diária de 5 mm/dia, os meses com maior demanda evapotranspirométrica, são os meses de outubro janeiro, aproximando-se a 160 mm totais. (Figura 3).



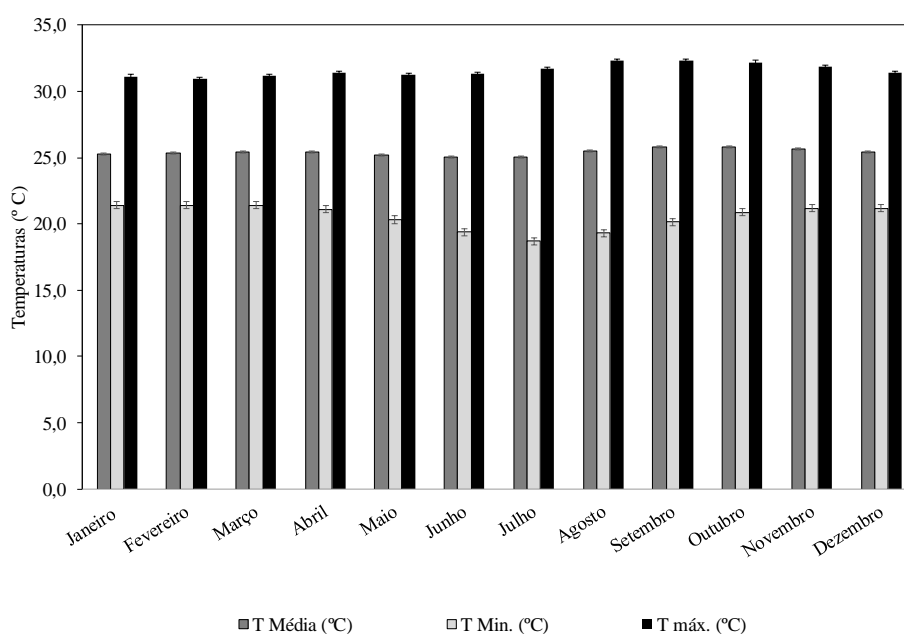
**Figura 3.** Caracterização mensal e diária da evapotranspiração (mm), no período de 1970 a 2019 do município de Cruzeiro do Sul-Acre/Brasil.

Os anos com menores valores de evapotranspiração total anual foram: 2003, 2016 e 2002 nessa ordem, sendo que nos anos de 2003 e 2002 foram anos que ocorreram eventos de La Niña (NOAA, 2021). Em 1972, 1986 e 1987 ocorreram eventos de El Niño Noaa, (2021), anos estes que apresentaram maior valor de evapotranspiração, de acordo com Matzenauer e Machado (2002) esses eventos se explicam em parte devido a quantidade de radiação solar global, sendo que a radiação solar é o elemento meteorológico principal no processo de evaporação da água e a temperatura do ar, a mesma tendência é observada nas temperaturas do mesmo período apresentando variação nos valores das temperaturas nesse período.



Os índices mais elevados de evapotranspiração de acordo com estudos feitos por Rocha *et al.* (2017) na bacia Amazônica estão associados a maior disponibilidade de energia durante as estações de verão e primavera, e durante o inverno e o outono devido à variação sazonal da ZCIT (Zona de Convergência Intertropical) e o deslocamento da banda de nebulosidade para o norte, há uma diminuição da atividade convectiva sobre a Amazônia central e meridional, ocasionando assim o aumento da radiação solar à superfície levando assim a um aumento da evapotranspiração. Os mesmos autores afirmam que a bacia Amazônica atua como um sumidouro da umidade da atmosfera, uma vez que a taxa de precipitação é maior que a taxa de evapotranspiração.

Estudos realizados por Silva *et al.* (2015) em relação a evapotranspiração mensal no município de Cruzeiro do Sul no período de 1985 a 2014 corroboram com os aqui obtidos na soma mensal, onde o mês com menor valor de evapotranspiração foi observado no mês de junho, e observaram também que a evapotranspiração tem pico na transição para o início da estação chuvosa conforme apresentado neste trabalho na Figura 3.



**Figura 4.** Caracterização mensal das temperaturas do ar média, mínima e máxima (°C), no período de 1970 a 2019 do município de Cruzeiro do Sul-Acre/Brasil.

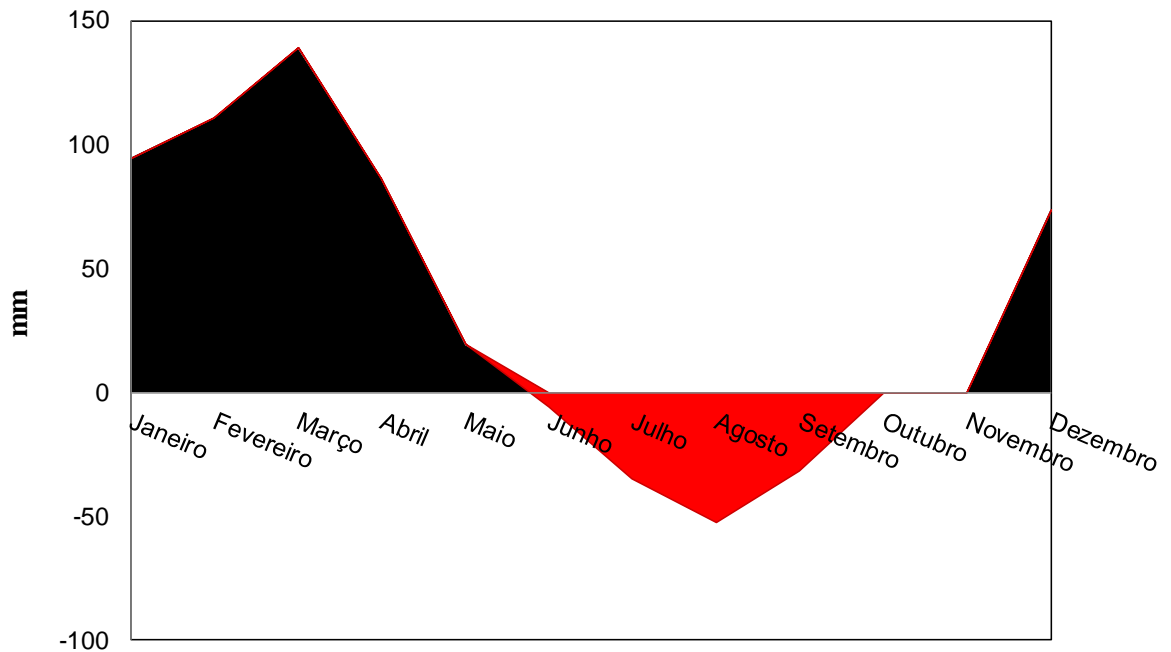
Em referência a média de temperatura mensal da série histórica em estudo (Figura 4), a distribuição dos dados de temperatura média obedeceu a proximidade nos valores para todos os meses, sendo estes constantes em aproximadamente 25°C para todos os meses. Já para valores

de temperatura mínima foi verificado que houve redução de 12% (2,5°C) no mês de julho com 19,1°C em comparação a janeiro, fevereiro e março com registro médio de 21,6°C.

No que diz respeito a temperatura máxima observada o mês de agosto e setembro se destacaram com temperaturas em torno de 32°C, representando acréscimo de 4% (1,4°C) em relação ao mês com menor valor. O mesmo foi observado por Duarte (2006) onde constatou em seus estudos da série histórica de 1971 a 2000 que temperaturas mais altas foram registradas em agosto, setembro e outubro 32,5 °C, 32,7°C e 32, 7°C, respectivamente, e as temperaturas mais baixas foram registradas em julho variando de 17°C a 22°C. Corroboram também com os resultados obtidos por Bardales *et al.* (2021) que verificaram a variação de temperatura média durante 43 anos (1962; 1970-1990 e 1993-2005) no município de Cruzeiro do Sul, constatando que as temperaturas médias mais baixas foram verificadas no mês de julho com 24°C, valor aproximado ao verificado neste estudo, na qual, foi registrado média de 25°C para este mês.

Em estudos realizados por Silva *et al.* (2015) e Zeng *et al.* (2008), na região amazônica, quando as temperaturas da superfície do mar mais aquecidas nesta região do Atlântico, há mais demanda hídrica no Acre, em decorrência de uma circulação anômala que se forma entre a região do Atlântico Norte e a Amazônia.

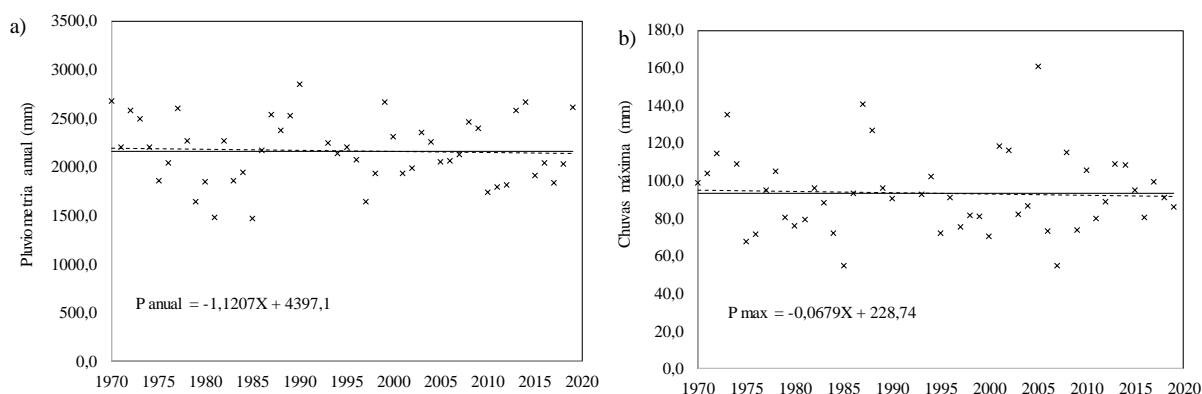
Do que concerne a disponibilidade hídrica anual de água no solo, calculadas para uma CAD de 120 mm, demonstrado através da Figura 5, observa-se que o trimestre julho, agosto e setembro, são os meses de déficit, seguido de recarga em outubro e pico de excesso em março.



**Figura 5.** Caracterização de disponibilidade hídrica anual de água no solo (mm), no período de 1970 a 2019 do município de Cruzeiro do Sul-Acre/Brasil.

### 6.1 Tendências das séries climatológicas

A regressão linear realizada a partir dos valores de pluviometria anual (mm) e chuvas máximas diárias (mm) estão dispostos na Figura 6, os pontos representam tais registros ao longo do período de 1970 a 2019, a linha pontilhada se refere à tendência linear temporal para a série histórica, em torno de sua média demonstrada pela reta contínua. Tanto a pluviometria anual quanto as chuvas máximas, não apresentaram tendência significativa ao nível de 5% (p-valor 0,737 e 0,745 respectivamente).



**Figura 6.** Regressão linear para a pluviometria anual e chuvas máximas diárias (mm) no período de 1970 a 2019 do município de Cruzeiro do Sul-Acre/Brasil ao nível de significância de 5%.

Estudos realizados por Moreira *et al.* 2016; Delgado *et al.* 2012; Blain, Moraes, 2011, em séries hidrológicas de precipitações anuais para a região da Amazônia Ocidental, verificaram que as séries não apresentaram tendência.

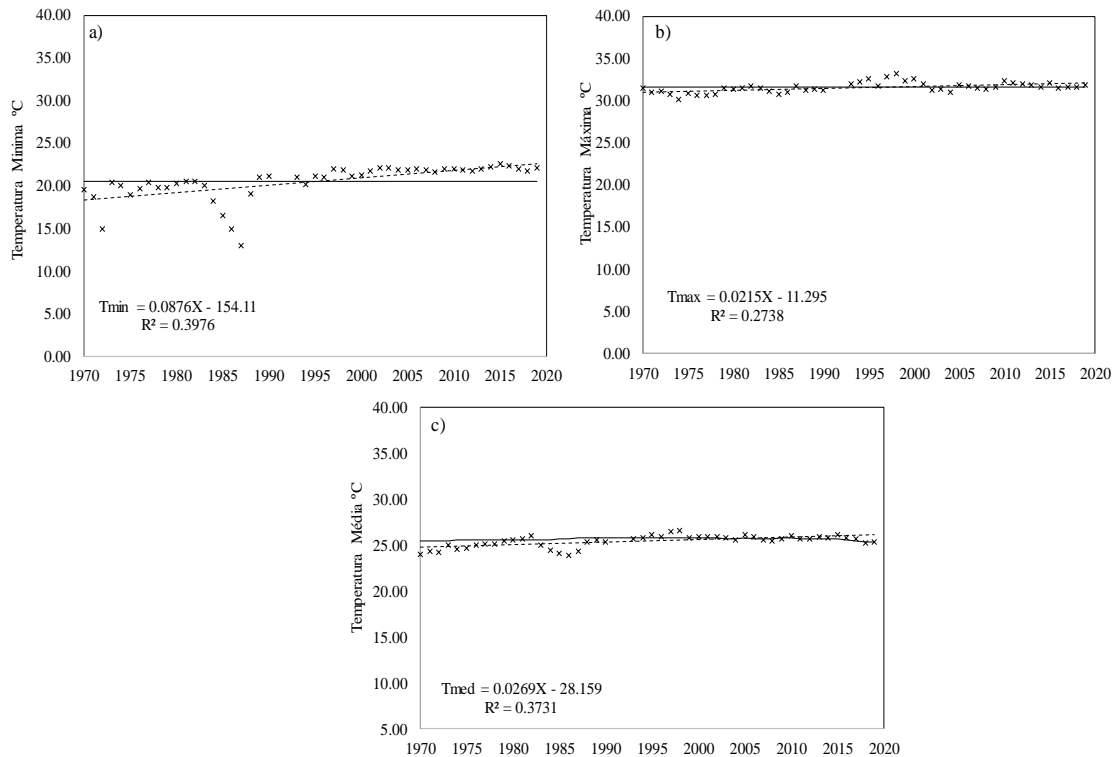
.Em controvérsia, Silva *et al.* (2018b) em análise de precipitação total anual em uma bacia hidrográfica no Rio Tapajós entre 1960 a 1990 e Salviano *et al.*, (2016) em análise de precipitação total em 290 estações meteorológicas no Brasil entre 1961 e 2011, encontraram tendência positivas e aumento de precipitação ao longo do tempo.

Estudos realizados na região Amazônica por Sousa e Costa (2020) verificaram que a distribuição de chuvas nessa região é resultado da atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), e da formação de Linhas de Instabilidade (LI), sofrendo forte influência nos anos que ocorre eventos de El Niño e La Niña.

As temperaturas do ar, mínima, máxima e médias, apresentaram tendência significativa ( $p$ -valor < 0,05) e positiva em função do tempo (Figura 7). As temperaturas do ar se ajustaram linearmente crescente com coeficiente de correlação de 0,52 para as temperaturas do ar máximas, 0,63 para mínimas e temperatura média 0,61. Conforme a equação de regressão linear, o aumento de temperatura mais acentuado foi em relação as temperaturas mínimas de 2,1 °C em relação à média. Quanto as temperaturas do ar máximas e médias o aumento observado, foram de 0,54°C e 0,75°C respectivamente.

Os resultados evidenciam alguns períodos de anomalias climatológicas na série histórica de temperaturas mínimas do ar, as anomalias são relatadas por Berlato *et al.* (2005) como sendo os períodos observados com dados extremos fora da linha de tendência da série. Observa-se uma drástica caída de temperaturas mínimas no ano de 1972 e posteriormente nos anos de 1984

a 1987. Esses períodos coincidem com os períodos de El Niño 1982, 1983, 1986, 1987 e 1988. (NOAA, 2021).



**Figura 7.** Regressão linear para as temperaturas do ar mínima, máximas e médias (°C) no período de 1970 a 2019 do município de Cruzeiro do Sul-Acre/Brasil ao nível de significância de 5%.

Estudos realizados por Gomes *et al.* (2015) na Amazônia central referente a temperatura do ar no período de 1980 a 2013, corroboram com os resultados encontrados neste trabalho apresentando tendência crescente, e que pode ser explicado através da própria variabilidade natural do clima e ações antropogênicas. Os anos que apresentaram alteração no ponto de mudança da temperatura coincidem com anos que ocorreram fenômenos de El Niño e La Niña o que sugere a alteração das temperaturas do ar por interferência de um segundo fator.

O aumento das temperaturas do ar em função do tempo tem sido observado em diversas regiões. As observações da tendência de temperaturas do ar em uma série de 1960-2002 no Sul do Brasil, demonstrou aquecimento sistemático da região, com tendências positivas nas temperaturas extremas do ar em escala anual e sazonal, com ênfase para aumento das temperaturas mínimas do ar (MARENGO; CAMARGO, 2008).

Cordeiro *et al.* (2016), em estudos na mesma região (Sul), concluíram tendências climáticas em escala global e regional, no período de sessenta anos (1950-2009) destacando também o aumento acentuado das temperaturas mínima do ar.

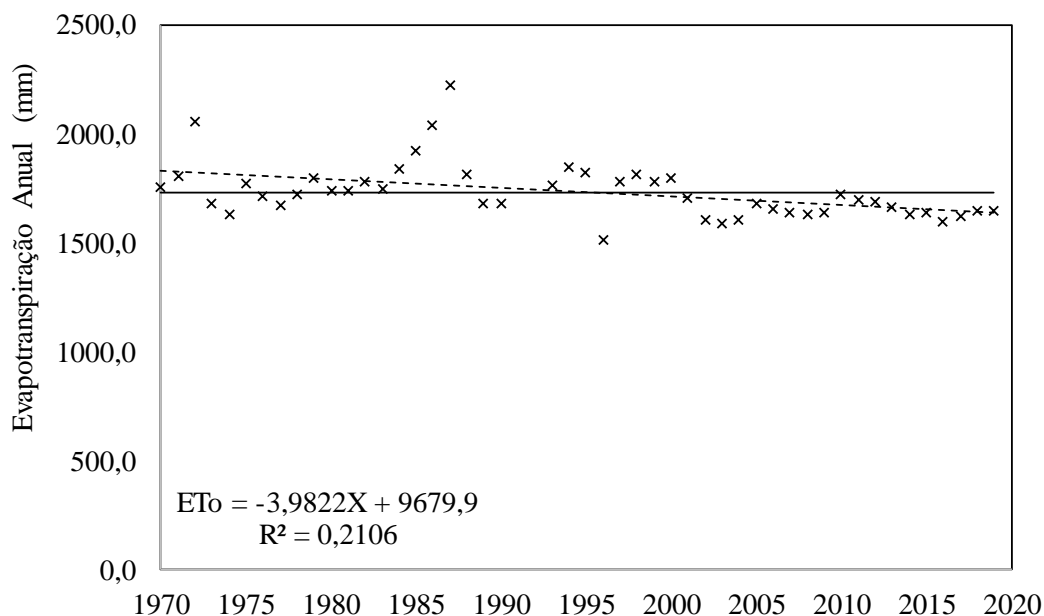
Ávila *et al.* (2014) observaram no estado de Minas Gerais (BRA) que em um montante de 43 estações climatológicas estudadas, 26 apresentaram tendência significativa de aumento acentuado na temperatura mínima do ar em relação as demais temperaturas estudadas.

Todavia, vale salientar que aspectos como a rugosidade, a retirada de vegetação arbórea, a densidade de construções, além das funções econômicas e sociais desenvolvidas no local, podem ser fatores determinantes na geração de um microclima específico (ARNFIELD, 2003; AMORIM, 2010; MENDONÇA e DUBREUIL, 2005).

Karl *et al.* (2001), em estudos climáticos nos Estados Unidos, mostraram que o incremento de temperatura do ar nas últimas décadas, não são temporalmente consistentes em séries maiores, todavia tem implicação direta nos padrões de precipitações e evapotranspiração. Que por sua vez afetam o balanço hídricos de uma bacia hidrográfica.

A regressão linear da série climatológica de evapotranspiração anual (Figura 8) apresentou leve tendência significativa negativa, com coeficiente de correlação de 0,46, e p-valor de 0,0014. A equação da reta mostra um decréscimo de até 97 mm em relação à média anual. Com o aumento das temperaturas mínimas, médias e máximas, espera-se uma tendência positiva para a evapotranspiração, já que elas estão diretamente relacionadas. Todavia, a diminuição da amplitude entre as máximas e mínimas podem subestimar os valores de evapotranspiração diária, enquanto o aumento da amplitude pode superestimar (NOIA *et al.*, 2014). O que justifica os valores discrepantes da reta, ocorridos no ano de 1972 e no período de 1984 a 1987, podendo atribuí-los a amplitude dos valores de temperaturas, já que para construção da série histórica de evapotranspiração se utilizou a equação de Hargreaves e Samani (1985).

José *et al.* (2020), verificaram tendência de superestimativa do modelo em comparação ao método padrão, em estudos de evapotranspiração média mensal, em clima tropical equatorial. A equação de Hargreaves e Samani, foi desenvolvida originalmente para estimar a evapotranspiração em regiões de clima áridos e semiáridos, apresentando uma superestimação em regiões onde apresentam maior amplitude térmica. Portanto nos anos em discussão, que ocorreram temperaturas mínimas abaixo da média, a estimativa pode apresentar valores discrepantes.



**Figura 8.** Regressão linear para a evapotranspiração anual(mm) no período de 1970 a 2019 do município de Cruzeiro do Sul-Acre/Brasil ao nível de significância de 5%.

As projeções do painel intergovernamental sobre mudanças do clima (IPCC, 2014), apresentam aumento de temperatura média global na ordem de 3°C. Dessa forma a as condições de cobertura vegetal e umidade se alteram e causam impactos diretos na evapotranspiração (BLANK, 2015; IPCC, 2014).

Silva *et al.* (2018a), perceberam tendências estatisticamente significantes de decréscimo da evapotranspiração média diária no sertão do estado de Alagoas, enquanto há predomínio de neutralidade no litoral, em uma série histórica de 1961 a 2016.

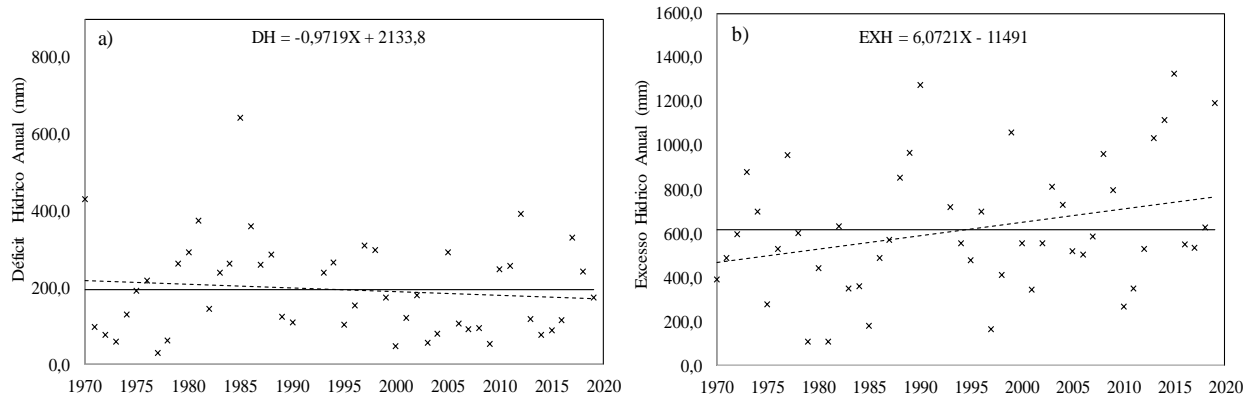
Na mesma ordem Alencar *et al.* (2011) verificaram uma diminuição na evapotranspiração de referência para todos os meses do ano, exceto o mês de outubro, em estudos realizados em Viçosa – MG - BRA.

A percepção sobre da alteração dos elementos climáticos nos leva a analisar o comportamento da disponibilidade hídrica de água anual, através de seu déficit e excessos.

O déficit hídrico total anual, obtido por meio do balanço hídrico anual (THORNTHWAITE; MATHER, 1955) apresentou leve tendência negativa ao longo dos anos, todavia sem diferença significativa conforme a análise de regressão (p-valor = 0,565). (Figura 9).

O excesso hídrico anual, se comportou de maneira inversa ao déficit hídrico, apresentando tendência positiva ao longo dos anos (p-valor =0,034).

Esse comportamento é esperado quando os valores de precipitação que não apresentou tendência se mantêm e a evapotranspiração com tendência negativa ocorre, já que o balanço hídrico mensal é dependente direto desses parâmetros.



**Figura 9.** Regressão linear para o déficit hídrico anual (mm) e excesso hídrico anual (mm) no período de 1970 a 2019 do município de Cruzeiro do Sul-Acre/Brasil ao nível de significância de 5%.

As mudanças climáticas apontam a necessidade de compreensão dos eventos extremos, de secas e chuvas intensas (CARMELLO; SANT'ANNA NETO, 2015) deste modo o déficit hídrico pode apontar os períodos prolongados de déficit, o que não foi observado nesse trabalho, assim como impactos de eventos extremos ocasionados pelas chuvas, como: inundações, enchentes ou deslizamentos de terra (GIULIO *et al.*, 2019).

O excesso hídrico médio para a série histórica de 48 anos é de 620 mm com probabilidades de superação de 39% e desvio padrão amostral de 297 mm.

As tendências observadas nas regressões lineares dos dados climatológicos, são confirmadas pelo teste estatístico não paramétrico de Spearman Rho (Tabela 1), tendendo para a rejeição da hipótese de tendência significativa da série temporal de pluviometria anual e máxima assim como nas séries de déficit hídrico anual e excesso hídrico anual, ao nível de significância 5%. Ou seja, não se deve rejeitar a hipótese de que as séries estudadas em questão podem ser caracterizadas como temporalmente estacionárias, ratificada pelo p-valor. Desse modo assume-se que os dados da série são independentes e distribuídos igualmente ao longo do tempo.

Todavia a evapotranspiração anual apresentou tendência não estacionária decrescente, enquanto as temperaturas médias, máximas e mínimas do ar apresentaram-se não estacionárias com tendência crescente ao longo do tempo. As estatísticas de teste positivas representam tendência crescente na série histórica valores negativos representam tendências decrescentes.



**Tabela 1.** Resumos do teste não paramétrico Spearman's Rho, aplicados a série histórica climatológica no período de 1970 a 2019 do município de Cruzeiro do Sul-Acre/Brasil.

Variável analisada	Estacionariedade (Spearman's Rho)		
	p-valor	Estatística de teste	Tendência
Pluviometria total anual (mm)	0,268	-0,6177	AT
Pluviometria máx. anual (mm)	0,420	-0,2017	AT
Temperatura média (°C)	0,0001	3,8610	TM
Temperatura máxima (°C)	0,0001	3,8163	TM
Temperatura mínima (°C)	0,0001	5,810	TM
Evapotranspiração (mm)	0,0001	-3,7417	TM
Déficit hídrico total anual (mm)	0,2942	-0,541	AT
Excesso hídrico total anual (mm)	0,0323	1,8486	AT

AT: Ausência de tendência, TM: tendência monotônica.

A estacionariedade das séries pluviométricas também foi observada por Penereiro e Ferreira (2012) em Campinas, SP, resultando em baixo coeficiente de determinação. Da mesma forma Ferrari et al. (2012) concluíram sua investigação em Pirassununga –SP- BRA onde embora tenham observado variações bruscas de precipitação o teste de Mann-Kendall apresentou significância para a estacionariedade da precipitação e tendência não significativa para a precipitação pluviométrica.

A não estacionariedade e detecção de tendência nas séries temporais de precipitação, ainda é um fator preponderante em diversas pesquisas em que os resultados das análises estatísticas indicam aumento de chuvas ao longo dos anos (HAYLOCK *et al.*, 2006; SANSIGOLO; KAYANO, 2010; CERA; FERRAZ, 2015).

Todavia a evapotranspiração potencial apresentou-se como não estacionária, o que corrobora a significância de tendência linear (Figura 5).

O teste de Spearman's Rho também detectou a tendência significativa e positiva, das temperaturas mínimas, que se mostraram mais acentuada (5,82) em comparação as demais, e apresentaram estatística de teste de 3,86 para temperatura média e 3,82 para temperatura máxima. Fatores antrópicos de uso indevido do ambiente, desmatamento, destruição dos ecossistemas, podem modificar as temperaturas de uma região contribuindo para as mudanças climáticas globais (DAMÉ *et al.* 2013)

Embora não tenha sido observado tendência no regime pluviométrico do município de Cruzeiro do Sul, o conjunto de análise dos elementos climáticos, mostram uma alteração do clima e que pode sim afetar o regime hidrológico da região. A temperatura é fator preponderante na formação do clima, interferindo diretamente na umidade do ar, movimento de massas, pressão de vapor, evapotranspiração e precipitações pluviométricas (FREITAS, BEZERRA; FONTENELE, 1999).

Contudo para que se tenha uma noção panorâmica da variação das tendências climáticas de uma região é imprescindível mostrar a disponibilidade de água no solo (ALENCAR *et al.*, 2011). Deste modo o teste não paramétrico de Spearman's Rho, caminha para a não rejeição da hipótese e aceitação ao nível de 5% de significância de estacionariedade dos valores de déficit e excesso hídrico, assumindo que os valores são independentes e distribuídos igualmente ao longo do tempo.

O teste corrobora a observação da regressão linear quanto ao déficit hídrico em relação ao tempo e se contrapõe a significância linear dos excessos hídricos anuais, embora tenha se observado tendência, segundo o teste essas não podem ser vistas como significativas ao longo dos 48 anos estudados.

## 7 CONCLUSÕES

O presente trabalho estudou o comportamento das temperaturas máximas, mínimas, média das máximas, precipitações e evapotranspiração, ao longo da série histórica 1970 a 2019, considerando esses atributos climatológicos representativos e significativos.

Conclui-se com o presente estudo que os fatores do clima apresentaram as seguintes tendências: temperaturas, mínimas, máxima e médias, não estacionária e tendência linear crescente.

A evapotranspiração potencial ao longo dos anos apresentou-se com tendência linear decrescente.

A precipitação pluviométrica anual e máximas anuais mostraram-se estacionárias na série temporal, dessa forma não apresentando tendência.

A série temporal anual de déficit hídrico e excesso hídrico apresentaram estacionariedade, e não significância em suas tendências.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, C. H. M. CUNHA, A. C. Qualidade da água e índice trófico em rio de ecossistema tropical sob impacto ambiental. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 1, p. 45-56, out. 2017.
- ACRE. Secretaria de Estado de meio Ambiente. **Recursos naturais: geologia, geomorfologia e solos do Acre**. ZEE/AC, fase II, (escala 1:250.000) / Programa Estadual de Zoneamento Ecológico-Econômico do Acre. - Rio Branco: SEMA Acre, 100 p, 2010.
- Agência Nacional de Águas (ANA). Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil Disponível em: <[http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/Catalogo\\_imgs/PanoramaANA-IQA.swf](http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/Catalogo_imgs/PanoramaANA-IQA.swf)> Acessado em 20/12/2020.
- AHMAD, I.; TANG, D.; WANG, T.; WANG, M.; WAGAN, B. Precipitation trends over time using Mann-Kendall and spearman's rho tests in swat river basin, Pakistan. **Advances in Meteorology**, Londres, v. 2015, n. id. 431860, p. 1-15, jan. 2015.
- ALBUQUERQUE, A. M.; FERREIRA, Y. B.; SILVA, S. B.; SALES, M. C. L. BALANÇO HÍDRICO COMO FERRAMENTA DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS: APLICAÇÃO NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA DO AÇUDE CASTANHÃO-CE. **Revista da Casa da Geografia de Sobral**, Sobral, v. 21, n. 2, p. 454-466, set. 2019.
- ALEA. Ação Local de Estatística Aplicada. 1987. (Versão 2015).
- ALENCAR, L. P. D.; SEDIYAMA, G. C.; MANTOVANI, E. C.; MARTINEZ, M. A. Tendências recentes nos elementos do clima e suas implicações na evapotranspiração da cultura do milho em Viçosa-MG. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, n. 4, p.631-642, jul./ago. 2011.
- ALENCAR, L. P. D.; MANTOVANI, E. C.; BUFON, V. B.; SEDIYAMA, G. C.; SILVA, T. G. Variação temporal dos elementos climáticos e da ETo em Catalão, Goiás, no período de 1961-2011. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 8, p. 826-832, ago. 2014.
- AMORIM, M. C. C. T. Climatologia e gestão do espaço urbano. **Mercator**, Fortaleza, v.9, n. 1, p. 71-90, dez. 2010.
- ARAÚJO, E. A.; KER, J. C.; MENDONÇA, E. S; SILVA, I. R.; OLIVEIRA, E. K. Impacto da conversão floresta - pastagem nos estoques e na dinâmica do carbono e substâncias húmicas do solo no bioma Amazônico. **Revista ACTA AMAZÔNICA**, Manaus, v. 41, n. 1, p. 103-114, mar. 2011.
- ARAÚJO, E. S.; ALMEIDA, M. P.; LEITE, K, N.; SILVA, J. R. S.; ARAÚJO, E. A. SOUSA, G. G. Climatic Characterization and Temporal Analysis of Rainfall in the Municipality of Cruzeiro do Sul - AC, Brazil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 35, n. 4, p. 577- 584, abr. 2020.

ARENAS, A. L. O.; OCHOA, M. R.; MIRANDA, J. P. R. Planificación y gestión de los recursos hídricos: una revisión de la importancia de la variabilidad climática. **Revista Logos, Ciência & Tecnologia**, Bogotá, v. 9, n. 1, p. 100-105, dez. 2017.

ARNFIELD, A. J. Two decades of urban climate research: a review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. **International Journal of Climatology**, Nova Jersey, v. 23, n. 01, p. 1-26, jan. 2003.

ÁVILA, L. F.; MELLO, C. R.; YANAGI, S. N. M.; SACRAMENTO NETO, O. B. Tendências de temperaturas mínimas e máximas do ar no Estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.49, n.4, p.247-256, abr. 2014.

BAKER, I. T; PRIHODKO, L.; DENNING, A. S.; GOULDEN, M.; MILLER, S.; ROCHA, H. R. “Seasonal Drought Stress in the Amazon: Reconciling Models and Observations.” In. **Journal of Geophysical Research**, Canadá, vol.114, n. G1, p. 1-10, jul. 2008.

BANDYOPADHYAY, A.; BHADRA, A.; RAGHUWANSHI, N. S.; SINGH, R. Temporal trends in estimates of reference evapotranspiration over Índia. **Journal of Hydrologic Engineering**, Reston, v. 14, n. 5, p. 508-515, mai. 2009.

BARDALES, N. G. [*et al*]. Solos e geopaisagens do município de Cruzeiro do Sul, estado do Acre: potencialidades e fragilidades-Rio Branco, AC: Ipam Amazônia, 2021. 156p.

BERLATO, M. A.; FARENZENA, H.; FONTANA, D. C. Associação entre El Niño Oscilação Sul e a produtividade do milho no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 5, p. 423-432, maio. 2005.

BIOESTAT. 2019. (Versão 5.0).

BLAIN, G. C.; MORAES, S. O. Caracterização estatística de oito séries de precipitação pluvial máxima diária da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 26, n. 2, p. 225-234, jun, 2011.

BLANK, D. M. P. O Contexto Das Mudanças Climáticas E As Suas Vítimas. **Mercator**, Fortaleza, v. 14, n. 2, p. 157.172, agos. 2015.

BOLWERK, D. A.; ERTZOGUE, M.H. Mudanças climáticas e/ou mudanças socioculturais na Amazônia Legal. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, Cascável, v. 12, n. 1, p. 202-213, jan. 2021.

BONFIM, O. E. T.; SILVA, D. F.; KAYANO, M. T.; ROCHA, L. H. S. Análise dos Eventos Climáticos Extremos e de Suas Causas Climáticas para Redução de Riscos nas Bacias Hidrográficas Aguapeí e Peixe, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 35, n. Especial, p. 755-768, agos. 2020.

BRANDO, P. M.; DANIEL, C. N.; ERIC, A. D.; SUSAN, E. T.; DAVID, R.; PLÍNIO, C. “Drought Effects on Litterfall, Wood Production and Belowground Carbon Cycling in an Amazon Forest: Results of a Throughfall Reduction Experiment.” In. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*. **Revista Biological Sciences**, Maringá, vol. 363, n. 1498, p. 1839–48, fev. 2008.

BRANDO, P. M.; BALCH, J. K.; NEPSTAD, D. C.; MORTON, D. C. Abrupt increases in Amazonian tree mortality due to drought-fire interactions. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v. 111, n. 17, p. 6347–6352, abr. 2014.

CARMELLO, V.; SANT'ANNA NETO, J. L. Variabilidade das chuvas na vertente paranaense da Bacia do Rio Paranapanema - 1999-2000 a 2009-2010. **Revista Ra'ega**, Curitiba, v. 33, p. 225-247, jun. 2015.

CARMO, M. V. N. S.; LIMA, C. H. R. Caracterização Espaço-Temporal das Secas no Nordeste a partir da Análise do índice SPI. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 35, n. 2, p. 233-242, jul. 2020.

CASSETTARI, G. A.; QUEIROZ, T. M. Balanço hídrico e classificação climática na bacia do rio Jauquara, região de transição entre o cerrado e a Amazônia brasileira. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 26, n. 16, p. 70-88, jun. 2020.

CERA, J.C.; FERRAZ, S.E.T. Variações climáticas na precipitação no sul do Brasil no clima presente e futuro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 30, n. 1, p. 81-88, mar. 2015.

COELHO, V.H.R. **Estimativa da Recarga Subterrânea em Bacia Hidrográfica do Semiárido Pernambucano a Partir de Técnicas de Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas**. 2016. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016.

CORDEIRO A. P. A.; BERLATO M. A.; FONTANA D. C.; ALVES R. DE C. M. Tendências climáticas das temperaturas do ar no estado do Rio Grande do Sul, Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Pernambuco, v.09, n.03, p. 868-880. set. 2016.

CHRISTOFOLETTI, A. L. H. Estudo sobre a sazonalidade da precipitação na bacia do Piracicaba. São Paulo: USP, 1991. 238 p. Dissertação (Mestrado em Filosofia, Letras e Ciências Humanas), Curso de Pós-Graduação em Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1993.

COSTA, M. S.; LIMA, K. C.; GONÇALVES, W. A.; MATTOS, E. V. Sistemas convectivos de Mesosescala associados a eventos extremos de precipitação sobre o semiárido do Nordeste do Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências**, UFRJ, v. 42, n. 1, p. 317-328, fev. 2019.

DAMÉ, R.C.F.; TEIXEIRA, C.F.A.; BACELAR, L.C.S.; WINKLER, A.S.; SANTOS, J.P. Montonic trend and change points in southern Brazil precipitation. **Associação Brasileira de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 33, n. 2, p.258-268, abr. 2013.

DAMÁZIO, J. M.; COSTA, F. S. Stationarity of annual maximum daily streamflow time series in South-East brazilian rivers. **Cadernos do IME. Série Estatística**, Rio de Janeiro, v. 37, p. 29-30, out. 2014.

DETZEL, D. H. M.; MINE, M. R. M. Trends in hydrological series: methods and application. **11th International Conference on Hydroscience & Engineering**, Hamburg, p. 765-772 2014.

DELGADO, C. R.; SOUZA, L. P.; SILVA, I. W. R.; PESSÔA, C. S.; GOMES, F. A. Influência da mudança da paisagem amazônica no aumento da precipitação em Cruzeiro do Sul, AC. **Enciclopédia biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 8, n. 14, p. 665-674, jun. 2012.

DELGADO, R. C.; SOUZA, L. P. Tendência da precipitação e seu aproveitamento para fins não potáveis na Amazônia Ocidental, Acre. **Revista Nativa**, Sinop, v. 02, n. 04, p. 208-213, out./dez. 2014.

DIERMANSE, F., KWADIJK, J. C. J., BECKERS, J. V. L., AND CREBAS, J. I. Statistical trend analysis of annual maximum discharges of the Rhine and Meuse rivers, **BHS third international symposium**, New Castle, p. 1-5, 2010.

DUARTE, A.F. VARIABILIDADE E TENDÊNCIA DAS CHUVAS EM RIO BRANCO, ACRE, BRASIL. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v.20, n.1, p. 37-42, abr. 2005.

DUARTE, A. F. Aspectos da climatologia do Acre, Brasil, com base no intervalo 1971 – 2000. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v.21, n.3b, p. 308-317, agos. 2006.

DUFFY, P. B.; PAULO, B.; GREGORY P. A.; CHRISTOPHER B. F. “Projections of Future Meteorological Drought and Wet Periods in the Amazon.” In. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Washington, v. 112, n. 43, p. 13172-13177, out. 2015.

SIMONYI, C. (1987) MICROSOFT EXCEL(Versão 2016).

FERRARI, A. L.; VECCHIA, F. A. S.; COLABONE, R. O. Tendência e variabilidade anuais da temperatura e da pluviosidade em Pirassununga-SP. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 10, n. 8, p. 30-46, jun. 2012.

FERREIRA, D. H. L.; PENNEREIRO, J. C.; FONTOLAN, M. R. Análises estatísticas de tendências das séries hidro climáticas e de ações antrópicas ao longo das sub-bacias do Rio Tietê. **Revista Holos**, Rio Grande do Norte, v. 2, ano 31, p. 50-68, abr, 2015.

FRANCISCO, P. R. M.; MEDEIROS, R. M.; MATOS, R. M.; SANTOS, D.; SABOYA, L. M. F. Evapotranspiração de referência mensal e anual pelo método de Thornthwaite para o estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 20, n. 13, p. 135-147, jul. 2017.

FRANÇA, M. V.; MEDEIROS, R. M.; ARAÚJO, W. R. Isolinha erosiva máxima pelo método da krigagem na bacia hidrográfica do rio Paraíba, Brasil. **Research, Society and Development**, São Paulo, v.9, n.7, p. 1-22, maio. 2020.

FREITAS, A. A. ; BEZERRA, F.; FONTENELE, F. C. B. Determinação Da Evapotranspiração Máxima E Real E Do Fator De Sensibilidade Ao Déficit Hídrico Da

Melancia Em Canindé, Ce. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 3, n. 3, p. 298 – 303, dez. 1999.

GASQUES, A. C. F.; NEVES, G. L.; SANTOS, J. D.; MAUAD, F. F.; OKAWA, C. M. P. Regionalização de vazões mínimas: breve revisão teórica. **REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, Goiás, v. 14, n. 2, p. 60-70, mar. 2018.

GIULIO, G. M.; TORRES, R. R.; VASCONCELLOS, M. P.; BRAGA, D. R. G. C.; MANCINI, R. M.; LEMOS, M. C. Eventos extremos, mudanças climáticas e adaptação no Estado de São Paulo. **Revista Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 22, n. 3, p. 1-20, out. 2019.

GOMES, A. C. S.; COSTA, M. S.; COUTINHO, M. D. L.; VALE, R. S.; SANTOS, M. S.; SILVA, J. T.; FITZJARRALD, D. R. Análise estatística das tendências de elevação nas séries de temperatura média máxima na Amazônia Central: estudo de caso para a região do oeste do Pará. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 17, n. 11, p. 82-97 dez. 2015.

GUEDES, H A. S.; PRIEBE, P. DOS S.; MANKE, E. B. Tendências em Séries Temporais de Precipitação no Norte do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 34, n. 2, p. 283, 291, jun. 2019.

GUERRA, A. M. N. M.; FERREIRA, J. B. A.; VIEIRA, T. S.; FRANCO, J. R. DESEMPENHO AGRONÔMICO E ATIVIDADE FOTOSSINTÉTICA DE RABANETES NAS CONDIÇÕES AMAZÔNICAS. **Revista Brasileira De Agropecuária Sustentável**, Viçosa, v. 7, n. 3, p. 24-31, set. 2017.

HARGREAVES, G. H.; SAMANI, Z. A. Reference crop evapotranspiration from temperature. **Journal of Applied Engineering in Agriculture**, St. Joseph, v. 1, n. 2, p.96-99, out. 1985.

HAYLOCK, M. R.; CAWLEY, G. C.; HARPHAM, C.; WILBY, R. L.; GOODESS, C. M. Reduzindo a forte precipitação sobre o Reino Unido: uma comparação de métodos dinâmicos e estatísticos e seus cenários futuros. **International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society**, Nova Jersey, v. 26, n. 10, p. 1397-1415, agos. 2006.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ac>>. Acesso em: 11 mar. 2021.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 10 set. 2020.

IPCC. **Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change**. New York: Cambridge University Press, 2014.

JOSÉ, J. V.; PEREIRA, L. B.; LEITE, H. M. F.; SANTOS, L. C.; BARROS, T. H. S.; LEITE, K. N. Métodos empíricos de estimativa da evapotranspiração em clima tropical equatorial.



**Research Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 9, n. 10, p. e4099108563, out. 2020.

KARL, P. D. et al. Indices of climate change for the United States. *American Meteorological Society Bulletin*, Boston, 1996. Apud, BACK, A. J. Aplicação de análise estatística para identificação de tendências climáticas. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 5, maio. 2001.

KAHYA, E.; KALAYCI, S. Trend analysis of streamflow in Turkey. **Journal of Hydrology**, Connecticut, v. 289, n. 1-4, p. 128–144, abr. 2004.

KENDALL, M.G. Rank correlation Methods. 4.ed. Londres: Charles Griffin, 1975.

KIEFER, A. P.; COSTA, R. M.; PETSCH, C.; SCCOTI, A. A. V. Panorama das Alterações nos Padrões de Precipitação e Erosão diante de Mudanças Climáticas: Revisão de Literatura. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Pernambuco, v. 14, n. 3, p. 1724-1747, jul. 2021.

LEHMANN, E. L. Nonparametrics, Statistical Methods Based on Ranks, Holden-Day, San Francisco, California, USA, 1975.

LEMONS, J.J.S.; BOTELHO, D.C. Efeito da Precipitação de Chuvas na Evolução da Produção de Alimentos no Ceará: Desdobramento por Períodos Históricos Recentes. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL - SOBER, 48, Campo Grande, MS, 2010. Anais... Brasília, 2010.

LIMA, J. C. DE.; ARRAES, F. D. D.; OLIVEIRA, J. B. DE.; NASCIMENTO, F. A. L. DO.; MACÊDO, K. G. Parametrização da equação de Hargreaves e Samani para estimativa da evapotranspiração de referência no Estado do Ceará, Brasil. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 47, n. 3, p. 447- 454, set. 2016.

MANN, H. B. Non-parametric tests against trend. **The Econometric Society: Econometrica**, New Haven, v. 13, n. 3, p. 245-259, 1945.

MARENGO, J. A.; CAMARGO, C. C. Surface air temperature trends in Southern Brazil for 1960-2002. **International Journal of Climatology**, Nova Jersey, v. 28, ed. 7. p. 893-904, jun. 2008.

MATZENAUER, R.; MACHADO, F. A. Disponibilidade hídrica para a cultura do milho em anos de El Niño, La Niña e neutros, nas regiões climáticas do Planalto Médio e Depressão Central do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 10, n. 3, p. 67-74, mar. 2002.

MEDEIROS, R. M. Análise Climática da Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca-PE. **Brazilian Journal of Agroecology and Sustainability**, Guaranhuns v. 2, n. 1, p. 1-17, jul. 2020.

MENDONÇA, J. C.; SOUSA, E. F. D.; BERNARDO, S.; DIAS, G. P.; GRIPPA, S. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) na região Norte Fluminense, RJ. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 275-279, ago. 2003.

MENDONÇA F.; DUBREUIL V. Termografia de superfície e temperatura do ar na RMC (Região Metropolitana de Curitiba - PR). **Revista RA'E GA - O espaço geográfico em análise**, Curitiba, n. 9, p. 25-35, dez. 2005.

MENZEL, L.; BURGER, G. Climate change and runoff response in the Mulde catchment (Southern Elbe, Germany). **Journal of Hydrology**, Connecticut v. 267, n. 1, p. 53-64, out. 2002.

MILLY, P. C. D.; DUNNE, K. A.; VECCHIA, A.V. Global pattern of trends in streamflow e water availability in a changing climate. **Nature**, Londres, v. 438, n. 17, p. 347-350, nov. 2005.

MOREIRA, J. G. V.; NAGHETTINI, M. ELEUTERIO, J. C. Frequência e risco sob não-estacionariedade em registros pluviométricos da bacia do alto rio Tarauacá, Acre. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 21, n. 1, p. 232-241, mar. 2016.

MOREIRA, J.G.V.; NAGHETTINI, M. Detecção de tendências monotônicas temporais e relação com erros dos tipos I e II: estudo de caso em séries de precipitações diárias máximas anuais do estado do Acre. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 31, n. 4, p. 394-402, dez. 2016.

MOREIRA, J. G. V.; AQUINO, A. P. V.; MESQUITA, A. A.; MUNIZ, M. A.; SERRANO, R. O. P. Stationary in anual daily maximum streamflow series in the upper Juruá River, western Amazon. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Pernambuco, v. 12, n. 2, p. 705-713, mai. 2019.

MUTHONI, F. K.; ODONGO, V. O.; OCHIENG, J.; MUGALAVAI, E. M.; MOURICE, S. K.; ZELEDON, I. H.; MWILA, M.; BEKUNDA, M. Long-term spatial-temporal trends and variability of rainfall over Eastern and Southern Africa. **Theoretical and Applied Climatology**, Hamburgo, v. 137, n. 3-4, p. 1869-1882, nov. 2018.

NASCIMENTO, J. S. M. D.; AGUIAR, R. G.; FISCHER, G. R.; ANDRADE, N. L. R. D.; AGUIAR, L. J. G.; WEBLER, A. D. Mudanças no Uso da Terra na Amazônia Ocidental e a Resposta do Microclima à Ocorrência de Eventos Extremos. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 35, n. 1, p. 135-145, abr. 2020.

NOAA. National Oceanic and Atmospheric Administration. Teacher Background: The Greenhouse Effect. NOAA. Disponível em: <[https://www.esrl.noaa.gov/gmd/education/info\\_activities/pdfs/TBI\\_greenhouse\\_effect.pdf](https://www.esrl.noaa.gov/gmd/education/info_activities/pdfs/TBI_greenhouse_effect.pdf)>. Acesso em 10.03.2021.

NOBRE, C. A.; SAMPAIO, G.; SALAZAR, L. Mudanças climáticas e Amazônia. **Revista Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 59, n. 3, p. 22-27, set. 2007.

NOIA, C. P. Z.; PEREIRA, S. B.; ROSA, D. R. Q; ALMEIDA, R. V. Evapotranspiração de referência estimada pelos métodos Penman-Monteith-FAO (56) e Hargreaves & Samani para o município de Dourados, MS. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 7, n. 24, p. 300-308, fev. 2014.

NÓBREGA, M. T.; COLLISCHONN, W.; TUCCI, E. M.; PAZ, A. R. Uncertainty in climate

change impacts on water resources in the Rio Grande Basin, Brazil. **Hydrology and Earth System Sciences**, Alemanha, v. 15, n. 2, p. 585-595, feb. 2011.

NÓBREGA, R. S. Impactos do desmatamento e de mudanças climáticas nos recursos hídricos na Amazônia ocidental utilizando o modelo SLURP. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 29, n. SPE, p. 111-120, dez. 2014.

PENEREIRO, J. C.; FERREIRA, D. H. L. A Modelagem Matemática Aplicada às Questões Ambientais: Uma abordagem didática no estudo da precipitação pluviométrica e da vazão de rios. **Revista Millenium**, Portugal, v. 1, n. 42, p. 27-47, jun. 2012.

PENEREIRO, J. C.; BADINGER, A.; MACCHERI, N. A.; MESCHIATTI, M. C. Distribuições de tendências sazonais de temperatura média e precipitação nos biomas brasileiros. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 33, n. 1, p. 97-113, mar. 2018.

RAO, V. B.; FRANCHITO, S. H.; SANTO, C. M. E.; GAN, M. A. An update on the rainfall characteristics of Brazil: Seasonal variations and trends in 1979-2011. **International Journal of Climatology**, Estados Unidos, v. 36, n. 1, p. 291-302, abr. 2016.

REBOITA, M. S.; KRUCHE, N. Normais Climatológicas Provisórias de 1991 a 2010 para Rio Grande, RS. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 3, n. 1, p. 165-179, mar. 2018.

ROCHA, V. M.; CORREIA, F. W. S.; SILVA, P. R. T. D.; GOMES, W. B.; VERGASTA, L. A.; MOURA, R. G. D.; SILVA, J. J. S. D. Reciclagem de Precipitação na Bacia Amazônica: O Papel do Transporte de Umidade e da Evapotranspiração da Superfície. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 32, n. 3, p. 387-398, abr. 2017.

RIBEIRO, R.E.P.; ÁVILA, P.L.R.; BRITO, J.I.B.; SANTOS, E. G.; SOUSA, L.F. Análise da tendência climática nas séries temporais de temperatura e precipitação de Tucuruí-Pará. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Pernambuco, v. 7, n. 5, p. 798- 807, jan. 2015.

SALATI, T. Economia das Mudanças Climáticas no Brasil. Estimativa da Oferta de Recursos Hídricos no Brasil em Cenários Futuros de Clima. Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável, jun. 2008, p.80.

SALES, M. A. L.; SÁNCHEZ R. R. M.; SINOBAS, L. R.; MONTEIRO, R. N. F.; SOUZA, J. V. R. D. S. D. Avaliação da disponibilidade hídrica na sub-bacia do boi branco através do balanço hídrico climatológico e de cultivo. **IRRIGA**, Botucatu, v. 22, n. 1, p. 1-17, mar. 2017.

SALVADORI, N. Evaluation of non-stationarity in annual maximum flood series of moderately impaired watersheds in the upper Midwest and Northeastern United States. Dissertation (Master of Science in Environmental Engineering) – Department of Civil and Environmental Engineering, Michigan Technological University, Michigan, 2013.

SALVIANO, M.F.; GROppo, J.D.; PELLEGINO, G.Q. Análise de Tendências em Dados de Precipitação e Temperatura no Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v.31, n. 1, p. 64-73, mar. 2016.

SANSIGOLO, C.A.; KAYANO, M.T. Trends of seasonal maximum and minimum temperatures and precipitation in Southern Brazil for the 1913-2006 period. **Revist Theoretical and Applied Climatology**, Hamburgo, v. 101, n. 1-2, p. 209-216, mar. 2010.

SANTOS, R. S. D.; SEDIYAMA, G. C.; OLIVEIRA, R. A.; ABRAHÃO, G. M. Homogeneidade de séries climatológicas em Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 12, p. 1338-1345, dez. 2012.

SANTOS, S. R. Q.; SANSIGOLO, C. A.; NEVES, T. T. A. T.; CAMPOS, T. L. O. B.; SANTOS, A. P. P. Frequência dos eventos extremos de seca e chuva na Amazônia utilizando diferentes bancos de dados de precipitação. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Pernambuco, v.10, n.2, p. 468-478, abr. 2017.

SCHMIDT, D. M.; LIMA, K. C.; JESUS, E. S. Variabilidade climática da disponibilidade hídrica na região semiárida do estado do Rio Grande do Norte. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, v. 41, n. 3, p. 483-491, set. 2018.

SHADMANI, M.; MAROFI, S.; ROKNIAN, M. Análise de tendência na evapotranspiração de referência usando os testes Rho de Mann-Kendall e Spearman em regiões áridas do Irã. **Gestão de recursos hídricos**, Berlim, v. 26, n. 1, p. 211-224, jan. 2012.

SILVA, H. J. F.; LUCIO, P. S.; BROWN, I. F. Análise mensal, sazonal e interanual da evapotranspiração de referência para o sudoeste da Amazônia, Acre, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Pernambuco, v. 8, n. 6, p. 1711-1729, jul. 2015.

SILVA, R. O. B.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; SOUZA, W. M. Tendências de mudanças climáticas na precipitação pluviométrica nas bacias hidrográficas do estado de Pernambuco. **Revista Engenharia Sanitária Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 22 n. 3, p. 579-589, jun. 2017.

SILVA, F. D. DOS S.; COSTA, R. L.; ANTONIO, M. A. V.; AFONSO, E. O.; SANTOS, D. M.; MATEUS, .; N. P. A.; ANTONIO, J. F. Tendências observadas da evapotranspiração potencial no estado de Alagoas (1961-2016). **Revista Brasileira de Geografia Física**, Pernambuco, v. 11, n. 1 p. 28-43, jan. 2018a.

SILVA, M. D. N. A. D.; PESSOA, F. C. L.; SILVEIRA, R. N. P. D. O.; ROCHA, G. S.; MESQUITA, D. A. (2018). Determinação da Homogeneidade e Tendência das Precipitações na Bacia Hidrográfica do Rio Tapajós. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 33, n. 4, p. 665-675, dez. 2018b.

SILVEIRA, A. G.; MATTOS, V. L. D.; KONRATH, A. C. Avaliação da estacionariedade e teste de cointegração em séries temporais o caso da demanda de energia elétrica residencial no Brasil. **RETEC-Revista de Tecnologias**, Ourinhos, v. 9, n. 3, p. 75-79, jul./dez., 2016.

SOUSA, J. W.; COSTA, D. B. Ajuste de distribuições de probabilidades à série 1970-2010 de precipitação máxima anual de Rio Branco, Acre. **Revista Scientia Naturalis**, Rio Branco, v. 2, n. 1, p. 177-187, mai, 2020.

SUN, F.; RODERICK, M. L.; FARQUHAR, G. D. Changes in the variability of global land precipitation. **Geophysical Research Letters**, Austrália, v. 39, n. 18, p. 1–6, out. 2012.

TAN, X. Z.; GAN, T. Y. Nonstationary analysis of annual maximum streamflow of Canada, **Journal of Climate**, Boston, v. 28 n. 5, p. 1788-1805, mar. 2015.

TEEGAVARAPU, R. SV; CHANDRAMOULI, V. Improved weighting methods, deterministic and stochastic data-driven models for estimation of missing precipitation records. **Journal of hydrology**, Lexington, v. 312, n. 1-4, p. 191-206, out. 2005.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The Water Balance. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology, **Laboratory of Climatology**, 1955. 104p. (Publications in CLIMATOLOGY, V.8, N.1)

TORETI, A.; DESIATO, F. Mudanças nos extremos de temperatura na Itália nos últimos 44 anos. **International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society**, Nova Jersey, v. 28, n. 6, p. 733-745, mai, 2008.

VALVERDE, M. C.; PAIVA JUNIOR, H. Temperatura do ar e emissões urbanas em região industrial de São Paulo, Brasil. **Acta Brasiliensis**, Patos, v. 2, n. 2, p. 45-52, mai. 2018.

VITAL, A. V. As “florestas sagradas” do impasse: A reserva florestal do território federal do Acre (1911). **História Ambiental Latinoamericana y Caribeña (HALAC) revista de la Solcha**, La Paz-Baja California Sur v. 8, n. 1, p. 42-66, nov, 2018.

WANDERLEY, H. S.; SEDIYAMA, G. C.; JUSTINO, F. B.; ALENCAR, L. P. D.; DELGADO, R. C. Variabilidade da precipitação no Sertão do São Francisco, estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 7, p. 790-795, jul. 2013.

WANG, W.; VAN GELDER, P. H. A. J. M.; VRIJLING, J. K. Trend and stationarity analysis for streamflow processes of rivers in Western Europe in the 20th century, *IWA International Conference on Water Economics, Statistics, and Finance*, Rethymno, Greece, p. 8-10, jul, 2005.

YEH, C.; WANG, J.; YEH, H.; LEE, C. Spatial and Temporal Streamflow Trends in Northern Taiwan. **Revist Water**, Suíça, v.7, n.2, p. 634-651, fev. 2015.

YUE, S.; WANG, C. Y. Aplicabilidade do prewhitening para eliminar a influência da correlação serial no teste de Mann - Kendall. **Water Resources Research**, Boston, v. 38, n. 6, pág. 41-47, jun. 2002.

ZANIN, P. R.; BONUMÁ, N. B.; FRANCO, D. COMPORTAMENTO HIDROSEDIMENTOLÓGICO DE BACIA HIDROGRÁFICA COM RESERVATÓRIO, **Revista Geociências**, UNESP, v. 36, n. 1, p. 185 - 203, fev. 2017.

ZENG, N.; YOON, J. H.; MARENGO, J. A. SUBRAMANIAM, A.; NOBRE, C. A.; MARIOTTI, A.; NEELIN, J. D. Causes and impacts of the 2005 Amazon drought. **Environmental Research Letters**, Reino Unido, v. 3, n. 1, p. 1-9. jan. 2008.