

## OSCILAÇÃO NO REGIME HÍDRICO NO NÚCLEO DE DESERTIFICAÇÃO DO SERIDÓ DA PARAÍBA: VARIABILIDADE OU MUDANÇA CLIMÁTICA GLOBAL

**Hermes Alves de Almeida**

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), Departamento de Geografia, Bolsista Produtividade de Pesquisa (PQ-UEPB), Campina Grande, Paraíba, Brasil, E-mail: [hermes@servidor.uepb.edu.br](mailto:hermes@servidor.uepb.edu.br).

### 1.0 Introdução

O estudo do tempo e do clima, teve suas raízes na necessidade da proteção do homem. Desde épocas remotas, a observação e compreensão dos padrões climáticos eram cruciais para a sobrevivência, influenciando desde a escolha de locais para morar até à obtenção de alimentos e as suas consequências para a sociedade e o meio ambiente (Almeida, 2016).

A descrição do estado da atmosfera, pode ser feita em duas escalas temporais: a atual (Tempo) e a longo prazo (Clima), utilizando-se as mesmas variáveis (elementos), mas em escalas temporais distintas. O Tempo é a descrição atual (dia, mês ou ano) do estado da atmosfera, determinada utilizando-se elementos, que variam nas escalas temporal e espacial (local).

O Semiárido nordestino é um recorte geográfico caracterizado pela elevada variabilidade no regime pluvial, sempre associada ao fenômeno da seca (Almeida e Galvani, 2021).

A maioria das terras degradadas, inicia-se com o desmatamento e envolve a redução potencial de recursos renováveis (Araújo et al., 2016; Guerra, 2014), com redução da capacidade produtiva, sendo caracterizada como um impacto ambiental negativo (Almeida e Souza, 2013; Maneguzzo e Chaicouski, 2010; Sánchez, 2020).

A degradação da terra em áreas áridas, semiáridas e subúmidas secas, resultam de vários fatores, incluindo variações climáticas, as atividades humanas e iniciando-se com o desmatamento, denomina-se, assim, de desertificação (Akbari et al., 2020).

A desertificação é o aspecto extremo da degradação ambiental, a mais complexa e uma das maiores ameaças ambientais mundiais, ou seja, é a deterioração do ambiente natural, com progressiva redução da biomassa, do ressecamento ambiental acentuado e da intensificação dos processos de erosão (Conti, 2008).

A degradação ambiental é um processo que advém, principalmente, de ações antrópicas, embora os elevados indicadores térmicos, os baixos teores de umidades do ar e a irregularidade no regime pluvial possam acelerar o processo de desertificação (Almeida e Galvani, 2024).

As ações antrópicas no bioma caatinga, adotando-se a exploração predatória e por localizar-se no recorte geográfico do Semiárido, potencializam os efeitos das oscilações naturais ou de mudança climática global (Castro e Cavalcante, 2011).

Na concepção de Rodrigues (1987), a desertificação é um fenômeno integrador de processos econômico, social e natural que destroem o solo, a vegetação e a ambiência, bem como a qualidade de vida da população, nas áreas sujeitas à aridez edáfica e/ou climática.

O critério para delimitar as áreas susceptíveis à desertificação (ASD) foi feito com base nas diretrizes da Convenção das Nações Unidas para o Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos das Secas (UNCCD), com base na classificação climática de Thornthwaite (1941), utilizando-se o Índice de Aridez (IA), que corresponde à razão entre as médias anuais de precipitação e evapotranspiração potencial (BRASIL, 2004).

## 2.0 Objetivo Geral

Averiguar se as oscilações nos regimes pluvial e de aridez no núcleo de desertificação do Seridó da Paraíba são indicativos de variabilidade natural ou de mudança climática global.

### 2.1 Objetivos Específicos

- Determinar o balanço hídrico climatológico e os indicadores temporais do déficit hídrico;
- Determinar o índice de aridez pelos métodos padrão da FAO e do banco hídrico.

## 3.0 Material e Métodos

O trabalho contempla a localidade de Santa Luzia, por pertencer ao núcleo de desertificação do Seridó do Estado da Paraíba, localizado na região geográfica de Patos.

As séries de dados mensais e anuais de chuvas da localidade de Santa Luzia (Seridó) foram cedidas pela Agência Executiva de Gestão das Águas (AESAs), no período: de 01.01.1911 a 31.12.2024, agrupando-as cronologicamente, utilizando-se os critérios e métodos da estatística descritiva e determinando-se, respectivamente, as médias climatológicas ( $M_c$ ) e os desvios padrão (DP), para cada local.

As oscilações anuais foram determinadas comparando-se a  $M_c$  com o DP, mediante as relações entre: a  $M_c \pm DP$  e  $M_c + 2x DP$ .

A evapotranspiração de referência ou potencial (ETP) diária e/ou mensal foi estimada pelo método de Hargreaves e Samani (1985), mediante a expressão:

$$ET_o = 0,0023 \times Q_o \times (t_{\max} - t_{\min})^2 \times (t_{med} + 17,8)$$

- Sendo:  $Q_o$  = irradiância solar extraterrestre, em mm de evaporação equivalente ( $\text{mm} \cdot \text{dia}^{-1}$ );  
 $t_{\max}$  = temperatura máxima diária, em  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_{min}$ = temperatura mínima diária, em °C

$t_{med}$ = temperatura média diária, em °C

Para a determinação do balanço hídrico climatológico sequencial, utilizar-se-á as metodologias preconizadas por Thornthwaite e Mather (1955), adotando-se uma lâmina de máxima de água armazenada no solo de 20 mm (CAD). A contabilidade resultou os componentes do balanço hídrico: na evapotranspiração real (ET<sub>r</sub>), deficiência (DEF) e excedente hídrico

Para determinar os índices hídrico, de aridez e de umidade relacionados à susceptibilidade das Terras à desertificação, utilizaram-se os componentes do balanço hídrico, incluindo-se a chuva e a ETo, da localidade de Santa Luzia.

Os índices de aridez (Ia) foram determinados usando os critérios do balanço hídrico climatológico e da UNEP (1991), mediante as equações:

$$\text{Índice de aridez } Ia(BHC) = \frac{DEF(mm)}{ETP(mm)}$$

$$\text{Índice de aridez } Ia(UNEP) = \frac{P(mm)}{ETP(mm)}$$

Os cálculos, as análises estatísticas e as confecções de quadros, tabelas e gráficos foram feitas utilizando-se a planilha eletrônica Excel.

#### 4) Resultados e Discussões

Nas discussões referentes ao Semiárido nordestino, uma questão emerge de imediato: água, chuva e seca. A Figura 1 sumariza o modelo de distribuição mensais de chuvas (climatologia), para Santa Luzia, com indicadores da referida série: média, mediana e o desvio padrão.

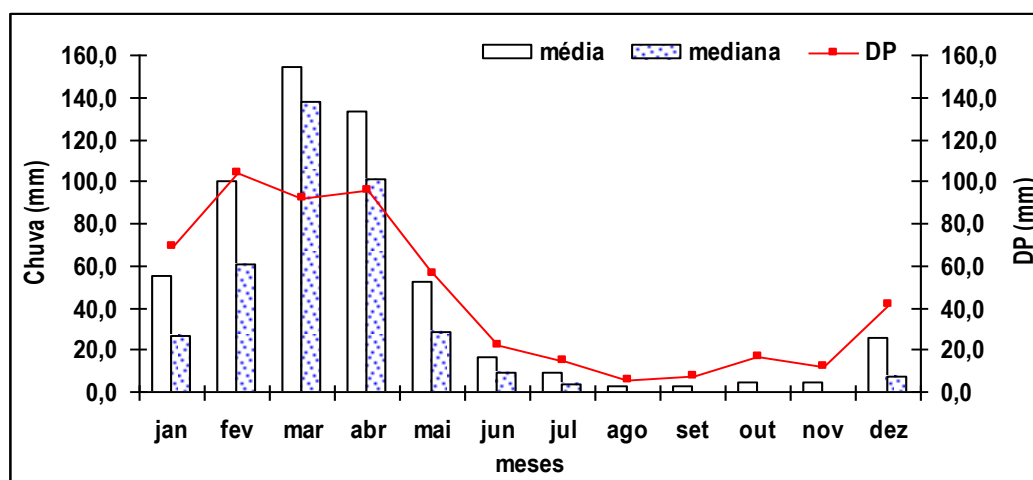


Figura 1. Médias mensais das médias, medianas e desvio padrão da precipitação pluvial. Santa Luzia, PB, médias do período: janeiro de 1970 a dezembro de 2024.

Esses modelos de distribuição de chuva revelam, de forma muito clara, que os regimes pluviais mensais são extremamente irregulares. Essa irregularidade também ocorre em outros locais da Paraíba, corroborando com os resultados de Almeida e Pôrto (2021), ao relatarem que a chuva é o elemento do clima de maior variabilidade espacial e temporal.

Em virtude da assimetria nos modelos mensais de distribuição de chuvas, a estação chuvosa foi estabelecida pela sequência de meses mais chuvosos, adotando-se as medianas esperadas e não as médias aritméticas (Figura 2).

As oscilações espaciais e temporais do regime pluvial são características inerentes do Tempo. As irregularidades na quantidade e distribuição, especialmente, na curta estação chuvosa, costumam-se denominar, de seca e não de estiagens ou variabilidade natural do regime pluvial.

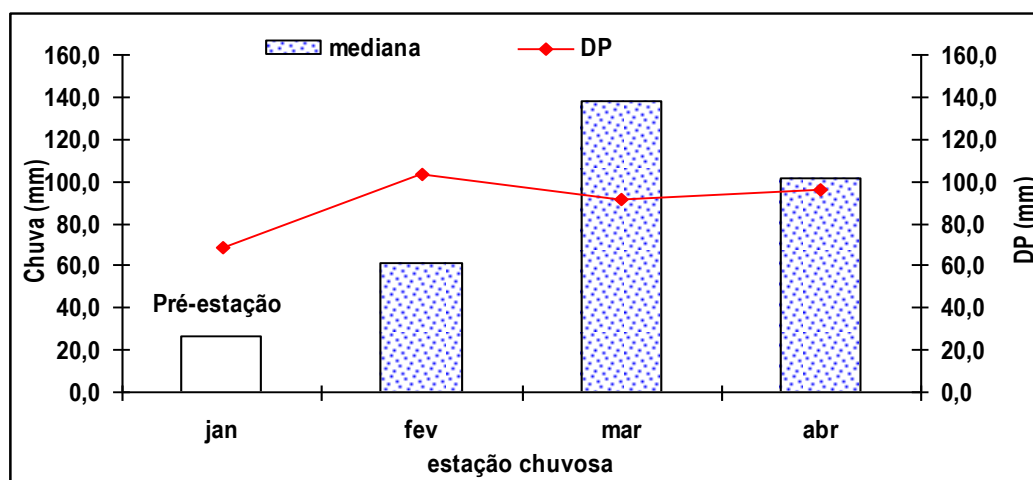


Figura 2. Medianas e desvio padrão da média, para os meses da estação chuvosa, em Santa Luzia, PB.

Destaca-se, entretanto, que entender as diferenciações de variabilidade, anomalia e mudança climática, requer a compreensão clara; do Tempo e do clima, que é uma sequência cronológica do tempo maior ou igual há 30 anos.

A variabilidade climática, em síntese, é definida como sendo uma variação nas condições de Tempo em torno da média climatológica, enquanto, a anomalia climática, refere-se a uma dispersão extrema de um elemento da série climatológica (Almeida e Galvani, 2021).

Destaca-se, entretanto, a elevada dispersão anual, porém bem menor que a mensal, com anos com chuvas abaixo da média esperada, em 55,0%, em Santa Luzia. Os elevados desvios padrão, visualizado na referida figura, somados ou subtraídos ao total da chuva observado, indicam uma elevada variabilidade, que cresce à medida que diminui a escala temporal.

Para entender melhor o que diferencia variabilidade, tendência, anomalia ou mudança climática, a Figura 3 mostra os totais anuais de chuva observados em Santa Luzia, comparados com a média climatológica ( $M_c$ ), a  $M_c \pm DP$  e a  $M_c + 2DP$ .

Nas análises das flutuações ano a ano, observa-se (Figura 1) que choveu abaixo da  $M_c$ , em mais da metade dos anos. Quando se compara com as demais faixas, constata-se que os totais de chuvas observados, em Santa Luzia, foram maiores que a  $M_c$ , em 45,0%, em cerca de 13,7 e 19,6 % dos anos entre a  $M_c \pm DP$  e em apenas, em 4,0 % foram maiores que a  $M_c + 2*DP$ .

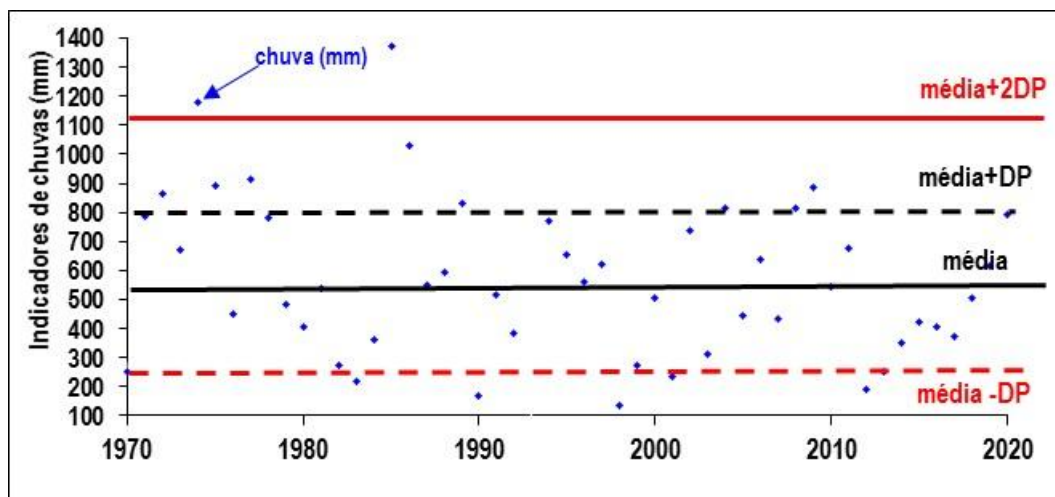


Figura 3- Indicadores dos totais de chuvas observados comparados com a média, médias  $\pm$  o desvio padrão (DP) e média + 2DP, em Santa Luzia (Seridó), PB.

Essas condições revelam uma predominância na variabilidade natural no regime pluvial e sem indícios que a referida dispersão seja um indício de mudança climática, corroborando com resultados encontrado por Almeida e Galvani (2021), para outras localidades da Paraíba.

É importante destacar que há condições de degradação ambiental, no recorte geográfico de Santa Luzia e, portanto, as mudanças são ambientais e não nas condições instantâneas (tempo) e/ou no sequenciamento do tempo maior que 30 anos (clima). Em virtude disto, o efeito da chuva observada, por exemplo, é intensificado.

Numa análise mais substancial, contata-se que, as flutuações dos anos com totais de chuvas observados, abaixo da média menos o desvio padrão e acima da  $M_c + (2 \times DP)$ , enquadram-se como eventos extremos, embora, às vezes, sejam atribuídas, geralmente, às mudanças climáticas.

Os percentuais de anos que choveram acima da  $M_c + 2 \times DP$ , por exemplo, foram desprezíveis, com apenas um a dois anos do período analisado, sendo indicativo de extremo e não de mudança climática, por não existir diferença significativa, como descrito pelo IPCC (2019).

A Figura 4 mostra as anomalias da chuva, na estação chuvosa, associando-se com as  $M_c + DP$  e  $M_c + 2*DP$ .

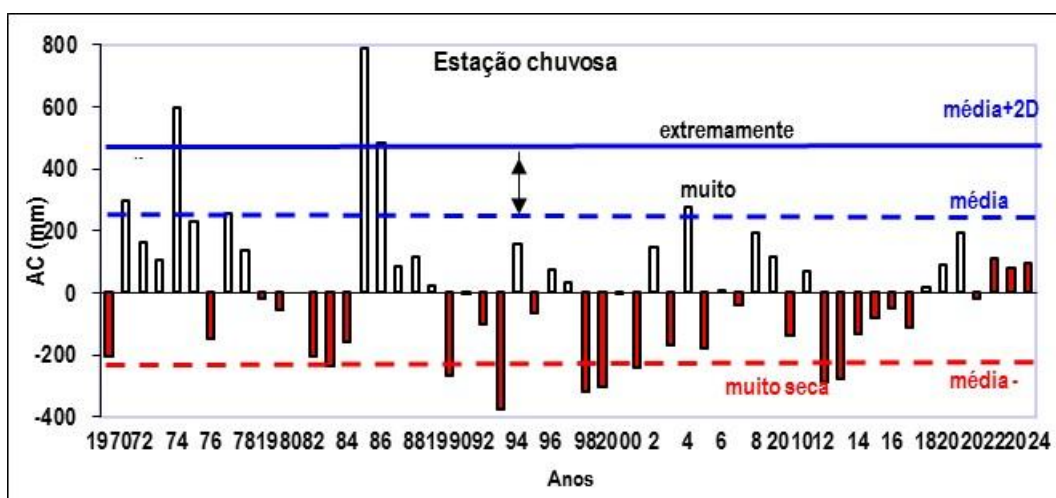


Figura 4. Anomalias da chuva observadas, na estação chuvosa, associadas à média  $\pm$  o desvio padrão, em Santa Luzia, PB.

A distribuição dos histogramas nas cores azuis e vermelhos indica, respectivamente, que os totais acumulados da chuva, na estação chuvosa, foram superiores ou inferiores ao referencial esperado (mediano) da localidade.

O critério para subdividir a estação chuvosa, em úmida (extremamente úmida, muito úmida e úmida) e seca (muito seca e seca), baseou-se na comparação entre a média das anomalias da chuva (AC)  $\pm$  aos respectivos DP, ou seja, a oscilação na variabilidade temporal da chuva.

Contabilizando-se as anomalias da chuva, verifica-se que houve três eventos (anos) com extremamente úmida e muito úmida (5,3%), sete muita seca (12,5%) e 76,9% dos anos com chuva entre a  $Mc \pm DP$ . Destaca-se, ainda, que em 14,3% dos anos, a estação chuvosa foi muita seca.

As oscilações temporais no regime pluvial contribuem para intensificar a degradação ambiental e, conseqüentemente, a desertificação, por intensificarem os efeitos do elemento do Tempo que, à rigor, não são mudanças climáticas local, por que quem mudou foi o ambiente.

O balanço hídrico climatológico contabiliza a entrada e a saída de água, resultando nos indicadores do déficit e o excedente hídrico, além da variação temporal do índice de aridez, como mostram as Figuras 5 e 6.

A relação entre a precipitação pluvial e os indicadores do balanço hídrico climatológico médio (déficit e excesso), percebe-se a inexistência de excedente hídrico, exceto em março e abril.

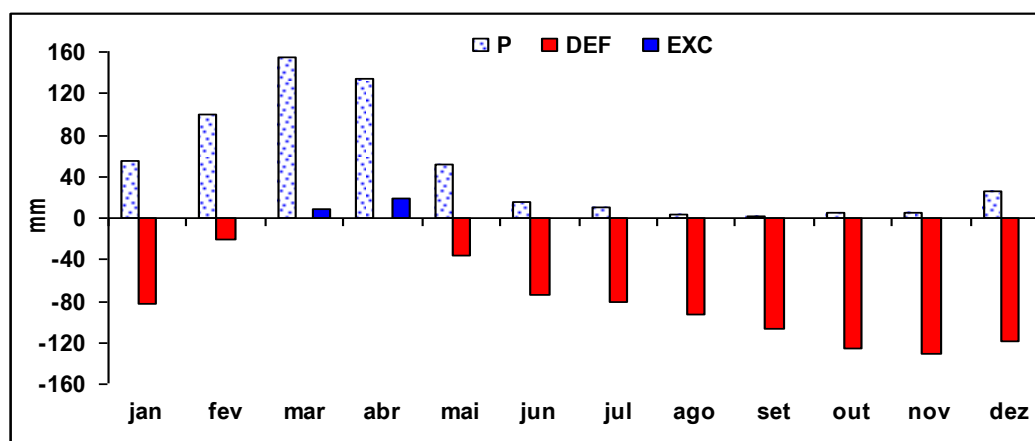


Figura 5. Precipitação pluvial (P) e os indicadores do balanço hídrico climatológico médio (déficit (DEF) e excesso (EXC)). Santa Luzia, PB.

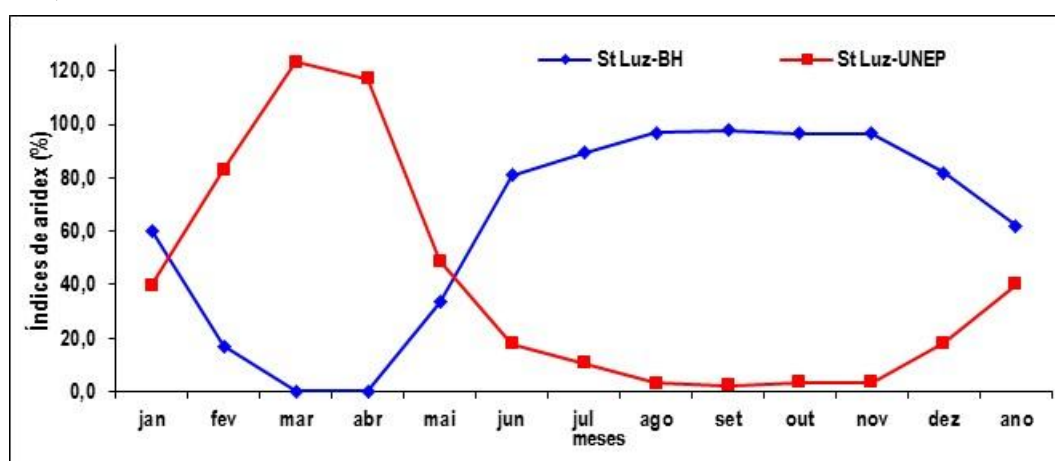


Figura 6. Relação entre o índice de aridez (IA), pelos métodos do balanço hídrico climatológico médio (BH) e o da UNEP, para Santa Luzia (St Luz), PB.

Destaca-se, entretanto, algumas características que as diferenciam o IA, quando estimado pelo método da UNEP em relação ao do balanço hídrico climatológico (Figura 6). A primeira é a própria relação (P/ETP), como indicador de aridez, justificado por ser a evapotranspiração potencial a chuva necessária. Destaca-se, entretanto, que a ETP, por definição, refere-se às perdas de água por evapotranspiração de uma cultura de porte rasteira em pleno desenvolvimento e sem nenhuma restrição hídrica, condições estas muito diferentes das que ocorrem no Semiárido.

A inversão das duas curvas dos IAs (BH e UNEP) em especial, nos meses da estação chuvosa, mostra que a semiáridez pelo método do UNEP e de subúmido pelo do balanço hídrico.

Destaca-se, entretanto, que as diferenças nos valores dos indicadores de aridez indicam classes climáticas distintas, quando o mesmo método ou o IA de um método com o IA do outro.

As diferenças nos IAs, pelos métodos utilizados, corroboram-se com os relatos de Pacheco, Freire e Borges (2006), não existe consenso científico da dimensão e abrangência do problema, porque há desencontro de interpretação no texto da Convenção sobre Desertificação, por parte da

mídia, justificado por Sampaio e Sampaio (2002), em virtude de o conceito não ter sido desenvolvido pelo uso, mas pelo entendimento diplomático.

Neste contexto, parece existir dúvidas, também, sobre o que diferencia degradação ambiental e da desertificação. A Figura 7, exemplifica, muito bem, o ressurgimento de vegetação arbustiva, logo após o retorno da chuva, num recorte em processo de degradação ambiental, comumente, atribuído como desertificação.



Figura 7. Vista aérea de um recorte geográfico em processo de erosão, com formação de erosão superficial e profunda (voçoroca), em Cabaceiras, PB. Fotos: Luciano Guimarães de Andrade, 2022

## 5.0 Referências

- Akbari, M. et al. Monitoring desertification processes using ecological indicators and providing management programs in arid regions of Iran. *Ecological Indicators*, v.111, n. 106011, 2020
- Almeida, H. A. de. *Climatologia aplicada à geografia* [livro eletrônico]. Campina Grande: EDUEP, 317p, 2016.
- Almeida, H. A. de; Galvani, E. Climatologia do regime de chuvas em Campina Grande/PB: modelos e variabilidade. *Revista Entre - Lugar*, v. 13, n.24, p. 147-169, 2021.
- Almeida, H. A. de; Galvani, E. Indicadores higrotérmicos horários nos núcleos de desertificação do Estado da Paraíba, Brasil. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 34, p. 1-24, 2024.
- Almeida, H. A. de; Pôrto, J. C. G. Temporal oscillations in the rain regime in Curimatáu paraibano: variability, extreme or climate change? *Journal of Hyperspectral Remote Sensing* v.11, n.5. p. 262-270, 2021.
- Almeida, I. C. S., Souza, M. J. N. Convergências e controvérsias conceituais sobre degradação ambiental/desertificação. *Revista GeoUECE*, v.2, n.3, p.142-156, 2013.
- Araújo, A. R.; Belchior, G. P. N.; Viegas, T. E. S. Os impactos das mudanças climáticas no Nordeste brasileiro. Fortaleza: Fundação SINTAF, 382p, 2016.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretária de Recursos Hídricos. Programa de ação nacional de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca: PAN-BRASIL. Brasília, DF, 2004, 242 p, 2004.

Castro, A. S.; Cavalcante, A. M. B. Flores da Caatinga. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido - INSA, 116 p, 2011.

Cavalcante, A. de M. B.; Fernandes, P. H. C.; SILVA, E. M. Opuntia ficus-indica (L.) Mill. e as Mudanças Climáticas: Uma Análise a Luz da Modelagem de Distribuição de Espécies no Bioma Caatinga. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 35, n. 3, p. 375-385, 2020.

Conti, J. B. O conceito de desertificação. Climatologia e Estudos da Paisagem Rio Claro, v.3, n.2, p, 39-52; 2008.

Guerra, A. J. T. Degradação dos Solos- Conceitos e Temas. In: GUERRA, A. J. T; JORGE, M. C. O. (Org.). Degradação dos Solos no Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, v. 1, p. 15-50, 2014.

Hargreaves, G. H., Samani, Z. A. Reference crop evapotranspiration from temperature. Transaction of ASAE, v. 1, n.2, p.96-99, 1985.

Maneguzzo, I. S, Chaicouski, A. Reflexões acerca dos conceitos de degradação ambiental, impacto ambiental e conservação da natureza. Londrina: Geografia. v. 19, n.1. p.181-185, 2010.

Pachêco, A. P; Freire, N. C. F.; Borges, U. N. A transdisciplinaridade da desertificação. Geografia, v. 15, n. 1, p.5-34, 2006

Rodrigues, V. Desertificação: As relações entre suas causas e as atividades humanas. Interciência, Caracas, v. 12, n. 2, p, 63-69, 1987.

Sampaio, E.; Sampaio, Y. Desertificação. Recife: EDUFPE, 2002. 85 p.

Sánchez, L. E. Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos. São Paulo: Oficina de Textos, 3ª edição, atualizada e aprimorada, 420p, 2020.

Thornthwaite, C.W. Atlas of climatic types in the United States. Mixed Publication, 421, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, 1941. 250p.

Thornthwaite, C. W; Mather, J. R. The water balance. Publications Climatology, New Jersey, Drexel Inst. of Technology, 104 p, 1955

UNEP. Status of desertification and implementation of the United Nations plan of action to combat desertification. Nairobi, UNEP, 88p, 1991.