



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

## ESPACIALIZAÇÃO DO BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO E A SUSCETIBILIDADE A DESERTIFICAÇÃO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE

Josinara Silva Costa <sup>(a)</sup>, Carlos Augusto de Sousa Araújo Neto <sup>(b)</sup>, Antonia Natalia Dias de Oliveira <sup>(c)</sup>, André Luis Nascimento de Oliveira <sup>(d)</sup>, Erika Milene Pinto de Sousa <sup>(e)</sup>

<sup>(a)</sup> Estudante de Engenharia Ambiental e Energias Renováveis/Universidade Federal Rural da Amazônia, [josinarascosta@gmail.com](mailto:josinarascosta@gmail.com)

<sup>(b)</sup> Estudante de Engenharia Ambiental e Energias Renováveis/Universidade Federal Rural da Amazônia, [cp.as@hotmail.com](mailto:cp.as@hotmail.com)

<sup>(c)</sup> Estudante de Engenharia Ambiental e Energias Renováveis/Universidade Federal Rural da Amazônia, [antonianataliadias@gmail.com](mailto:antonianataliadias@gmail.com)

<sup>(d)</sup> Estudante de Engenharia Ambiental e Energias Renováveis/Universidade Federal Rural da Amazônia, [alnascimentooliveira@gmail.com](mailto:alnascimentooliveira@gmail.com)

<sup>(e)</sup> Professora do curso de Engenharia Ambiental e Energias Renováveis/ Universidade Federal Rural da Amazônia, [erika\\_milene@yahoo.com.br](mailto:erika_milene@yahoo.com.br)

**Eixo:** Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

### Resumo

Fatores climáticos, como precipitação e temperatura, são determinantes no processo de desertificação, principalmente em regiões semiáridas, como é o caso do nordeste brasileiro. Nesse sentido, o presente artigo objetivou estimar o Balanço Hídrico Climatológico - BHC do estado do Rio Grande do Norte, bem como gerar mapas temáticos com os resultados e analisar o potencial a suscetibilidade de desertificação do estado. Para isso utilizou-se dados meteorológicos das estações do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET distribuídas no estado. A partir desses dados foram calculados o BHC, a evapotranspiração potencial, o índice de aridez - IA e a suscetibilidade à desertificação. Bem como realizar a espacialização do déficit e excedente hídrico por meio da criação de mapas temáticos e análise estatística, por meio do software Statistica 7.0®, do IA. O estudo demonstrou que cinco das sete estações meteorológicas possuem alta suscetibilidade à desertificação e o estado apresenta déficit hídrico, na sua porção semiárida, durante oito meses do ano.

**Palavras chave:** Índice de Aridez, Classificação Climática, Nordeste Brasileiro, Mudanças Climáticas

### 1. Introdução

Nas regiões suscetíveis a desertificação, como as regiões áridas, semiáridas, subúmidas e secas, o fator climático em especial, variações espaciais e temporais, é importante para se determinar o potencial de degradação dos recursos naturais (AQUINO; OLIVEIRA, 2013). Entre



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

as consequências que as mudanças climáticas acarretam, a desertificação traz consigo inúmeros problemas, entre eles os de ordem política, econômica, social, cultural e ambiental (BARROS, 2010), que são refletidos, principalmente, na produção agrícola (PASSOS; ZAMBRZYCKI; PEREIRA, 2017). Nesse sentido, o monitoramento dos fatores que podem acarretar a desertificação se apresenta como uma estratégia para mitigar e/ou prevê o processo mencionado.

O nordeste brasileiro, em sua porção semiárida, conforme Santos, Mendes e Cruz (2018), configura-se como uma região que apresenta distribuição espaço-temporal irregular da precipitação (apresentando valores concentrados num curto período de tempo), além de elevados valores de temperatura e totais de evapotranspiração potencial. Neste cenário, o Balanço Hídrico Climatológico (BHC) proposto por Thornthwaite e Mather (1955) é uma ferramenta que possibilita a definição das características climáticas de uma região, como estimar a deficiência e o excedente hídrico e as variações da quantidade de água no solo (CARVALHO *et al.*, 2011).

Além do BHC, o uso do Sistema de Informação Geográfica (SIG) também se apresenta como uma ferramenta útil nos estudos de balanço hídrico, uma vez que possibilita visualizar as variações, a nível temporal e espacial, das características de disponibilidade hídrica de uma dada região (MARTINS; ROSA, 2012). Deste modo, o presente trabalho objetivou estimar o BHC do estado do Rio Grande do Norte - RN, bem como gerar mapas temáticos com os resultados e analisar o potencial a suscetibilidade de desertificação do estado.

## **2. Metodologia**

### **2.1. Área de estudo**

O estado do Rio Grande do Norte encontra-se na região nordeste do Brasil, com uma área de 52811,107 km<sup>2</sup> e uma população estimada de 3.479.010 habitantes (IBGE, 2018). De acordo com Vianello e Alves (1991) o Rio Grande do Norte, com base na classificação de Köppen, apresenta dois domínios climáticos: clima As (tropical chuvoso) e Bs (Semiárido).



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

## 2.2. Coleta, processamento e análise de dados

Os dados utilizados foram obtidos dos bancos de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), de 7 estações meteorológicas convencionais distribuídas no estado: Apodi (-5° 37' 00" S; 37° 49' 00" W); Ceará Mirim (-5° 39' 00" S; -37° 49' 00" W); Cruzeta (-6° 26' 00" S; 36° 35' 00" W); Florânia (6° 26' 00" S; 36° 48' 36" W); Macau (5° 9' 3,75" S; -36° 34' 23,31" W); Natal (-5° 55' 00" S; -35° 12' 00" W); Seridó Caicó (-6° 28' 00" S; -37° 5' 00" W). Para o cálculo do Balanço Hídrico foi utilizado o método de Thornthwite e Mather (1955) para cada mês a partir das médias de precipitação e temperatura no período observado no estudo, foram utilizados dados dos últimos 30 anos (1987 a 2017) e capacidade de água disponível (CAD), sendo adotado para esta última variável o valor inicial de 100 mm. A determinação das variáveis déficit e excesso hídrico foi realizada por meio dos resultados do Balanço Hídrico calculado.

O índice de aridez foi calculado a partir dos dados de BHC, segundo método proposto por Thornthwite (1948), sendo obtido pela razão entre precipitação e a evapotranspiração potencial. Para a classificação climática utilizou-se as classes descritas por Thornthwaite (1941) e a para suscetibilidade à desertificação foi adaptada a classificação proposta por Matallo Junior e Schenkel (2003), ambas dependentes do IA.

Os dados de déficit e excedente hídrico foram utilizados na elaboração dos mapas temáticos para espacializar essas variáveis. A construção do mapa temático com a espacialização dos dados climáticos foi realizada em ambiente SIG, com uso do software livre QUANTUM GIS/SAGA, versão 2.18.3. A espacialização foi feita utilizando a técnica de interpolação de krigagem, no qual o extrato de deficiência e excesso hídrico foram distribuídos espacialmente por meio da localização das estações meteorológicas.

Foi realizada a análise estatística por meio do software Statistica 7.0® da influência das variáveis precipitação, tempo, temperatura e evapotranspiração potencial no índice de aridez. Para tanto, foi utilizado seis das sete estações meteorológicas (a estação de Serido Caico não possui 30 anos de operação) sendo levantado dados mais próximos possíveis a 30 anos consecutivos, como



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

recomendado por Word Meteorological Organization (WMO, 1989). Esses dados foram agrupados em séries temporais. Lopes *et al.* (2017) afirmam que o uso do período escolhido, por ser longo, permite filtrar as variações interanuais ou anomalias e, ao mesmo tempo é curto o suficiente para demonstrar as tendências climáticas nas áreas estudadas.

Para determinar as séries temporais (que se apresentaram em quantidades diferentes em cada estação) foram utilizadas médias móveis, usando-se o máximo de anos para melhor representatividade (LOPES *et al.*, 2017). Para identificação das séries foi utilizado a letra S antes do ano de início e de fim de cada uma (Tabela I).

Tabela I – Período de dados levantados no INMET, série e total de elementos nas séries para cada estação.

Código	Estação	Período Início	Período Final	Série Inicial	Série Final	Total de Séries
82590	Apodi	1962	2017	S2001	S2017	17
82596	Ceará Mirim	1971	2017	S2011	S2017	07
82693	Cruzeta	1962	2017	S1995	S2017	23
82691	Florânia	1963	2017	S2002	S2017	16
81836	Macau	1961	2017	S2000	S2017	18
82598	Natal	1961	2017	S2004	S2017	14

Fonte: Autores.

Para avaliar o grau de dependência entre as variáveis e o índice de aridez aplicou-se a correlação de Pearson, que de acordo com Moore (2007) mensura o grau de relação linear e a direção entre duas variáveis quantitativas. Para avaliação, Figueiredo Filho (2014) descreveu que os resultados da correlação variam de -1 a 1, sendo que seus sinais e valores indicam a magnitude da dependência.

Do mesmo modo, visando ainda identificar quais variáveis apresentaram maior influência na variação do IA, aplicou-se análise de agrupamento hierárquica pela distância Euclidiana, usando o critério de Ward (1963), que demonstra a proximidade entre variáveis através do coeficiente de dissimilaridade.



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Estimou-se posteriormente uma equação de regressão linear múltipla, visando identificar a tendência do IA em função dessas variáveis e modelar matematicamente a situação da aridez para cada estação. Para tal, foi utilizado apenas as variáveis que se demonstraram significativas na correlação de Person (adotando nível mínimo de 75 % como correlação forte). Para avaliar a significância do modelo usou-se o coeficiente de determinação ( $r^2$ ) e o valor-p com significância a 5%, com a hipótese nula de que as variáveis não provocaram efeitos no IA e são insignificantes para modelar o cenário.

### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1. Classificação climática e suscetibilidade à desertificação a partir do Índice de Aridez

A partir do índice de aridez classificou-se o clima em diferentes classes, este índice ainda permitiu diagnosticar a suscetibilidade à desertificação das áreas referentes às estações meteorológicas (Tabela II). O cruzamento de dados permitiu diagnosticar que as áreas de influência das estações de Apodi, Cruzeta, Florânia, Macau e Seridó apresentam uma alta suscetibilidade de sofrer o processo de desertificação, sendo que os índices de aridez para as estações variaram de 0,236 a 0,457 segundo classificação de Matallo Júnior e Schenkel (2003). Os climas da região ainda foram caracterizados como Semiárido e Subúmido e Úmido. Logo verificase na Figura 1 a espacialização das áreas suscetíveis à desertificação no estado a partir do índice de aridez.

Tabela II - Classificação climática e suscetibilidade à desertificação a partir do índice de aridez.

Estação	IA	Classe climática	Suscetibilidade à desertificação
Apodi	0,357	Semiárido	Alta
Ceará Mirim	0,86	Subúmido e Úmido	Inferior a moderada
Cruzeta	0,335	Semiárido	Alta
Florânia	0,457	Semiárido	Alta
Macau	0,236	Semiárido	Alta
Natal	0,992	Subúmido e Úmido	Inferior a moderada
Seridó	0,286	Semiárido	Alta

Fonte: Autores.



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

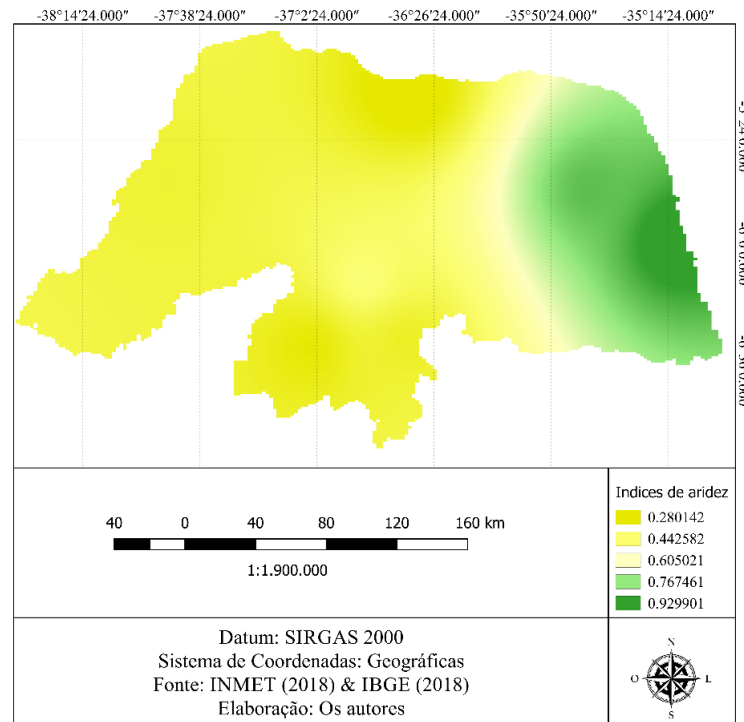


Figura 1- Espacialização dos índices de aridez do estado do Rio Grande do Norte. Fonte: Autores.

A classificação climática do Rio Grande do Norte (na sua maioria Semiárido) pode ser explicada porque no estado o único sistema de grande escala responsável por precipitações pluviométricas é o da zona de convergência intertropical (ZCIT). Também pode ser observado que há ausência de frentes frias na região (UVO, 1989).

Na pesquisa realizada por Marengo e Bernasconi (2015) foi observada que a escassez e irregularidade das chuvas, conjuntamente com as altas temperaturas acabam por elevar o potencial de evaporação, corroborando para a degradação da vegetação e dos solos da região. Esse cenário de degradação ambiental está expresso nas perdas do bioma Caatinga, que de acordo com Leal *et al.* (2015) já apresenta 15% da sua cobertura suscetível a erosão, como consequência do uso inadequado do solo.



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

### 3.2. Espacialização do déficit e excedente hídrico

Para todas as estações, os meses de janeiro, fevereiro, agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro não apresentaram excedentes hídricos. Para estes meses, o déficit hídrico variou de -8,5 mm a -209,40 mm. Enquanto que nos outros meses apresentaram dados que variam com um excedente hídrico de 44,4 mm a 226,9 mm. Os dados corroboram com Diniz e Pereira (2015) quando estudam a classificação climática do Rio Grande do Norte e afirmaram que de 6 a 8 meses a região apresenta clima semiárido, caracterizado por altos déficits hídricos e baixos excedentes. A espacialização destes dados apresenta as regiões com maiores e menores déficits e excedentes hídricos (Figura 2).

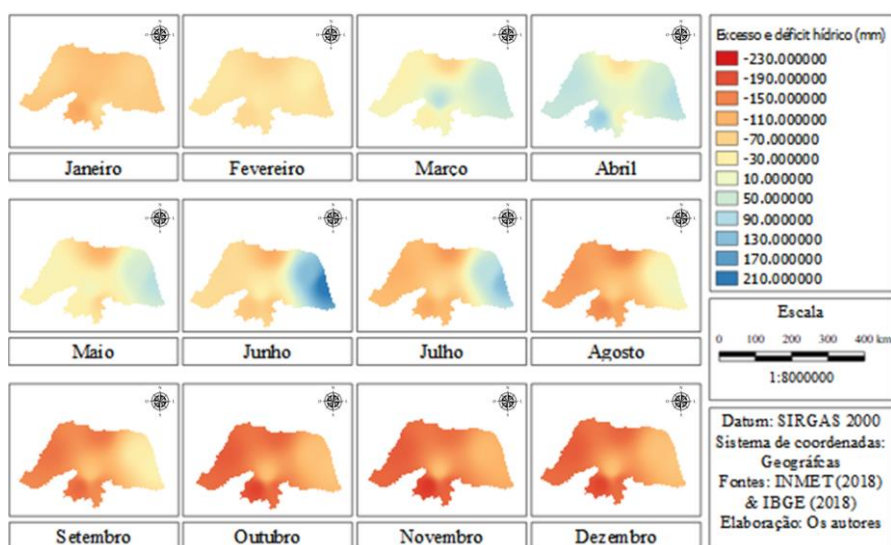


Figura 2- Espacialização dos dados de déficits e excedentes hídricos do estado do Rio Grande do Norte. Fonte: Autores.

Schmidt, Lima e Jesus (2018) demonstram nos seus estudos que o município de Cruzeta, onde está localizada a estação meteorológica Cruzeta, é atingido pelas secas que historicamente afetam o semiárido nordestino e, desde 2015, o seu abastecimento de água encontra-se em colapso. Os autores ainda realizaram uma projeção para o balanço hídrico para a região semiárida do RN, apontando que o déficit hídrico continuará alto totalizando 2026,7 mm anuais, podendo, até metade do século XXI, ser 4 vezes maior que a precipitação anual acumulada.



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

### 3.3. Análise estatística

A correlação de Pearson demonstrou que nas estações de Cruzeta, Florânia, Macau e Natal todas as variáveis apresentaram alta correlação com o índice de aridez (Tabela III). As estações Apodi e Ceará Mirim não apresentaram correlação significativa entre as séries e o IA demonstrando que esses lugares não podem ser modelados em função do tempo.

Tabela III - Matriz de correlação de Pearson das variáveis precipitação (P), evapotranspiração (ETP), temperatura (T), período da série temporal (S) e índice de aridez para as estações do Rio Grande do Norte

Estação	Correlação de Person				
		S	P	T	ETP
Apodi	IA	-0,43	0,98	-0,77	-0,77
Ceará Mirim	IA	-0,70	0,85	-0,88	-0,88
Cruzera	IA	-0,78	0,99	-0,84	-0,84
Florânia	IA	-0,87	0,99	-0,93	-0,93
Macau	IA	-0,78	0,97	-0,84	-0,84
Natal	IA	0,80	0,98	0,75	0,75

FONTE: Autores.

O dendograma gerado a partir da análise de agrupamentos demonstrou os menores valores de distância entre as variáveis, evidenciando quais os principais elementos responsáveis pela mudança do IA nas regiões analisadas (Figura 3). Em Apodi, Ceará, Cruzeta, Florânia e Natal o aumento da temperatura (T) foi o principal fator de influência no índice de aridez, estabelecendo uma classe de interação.





XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

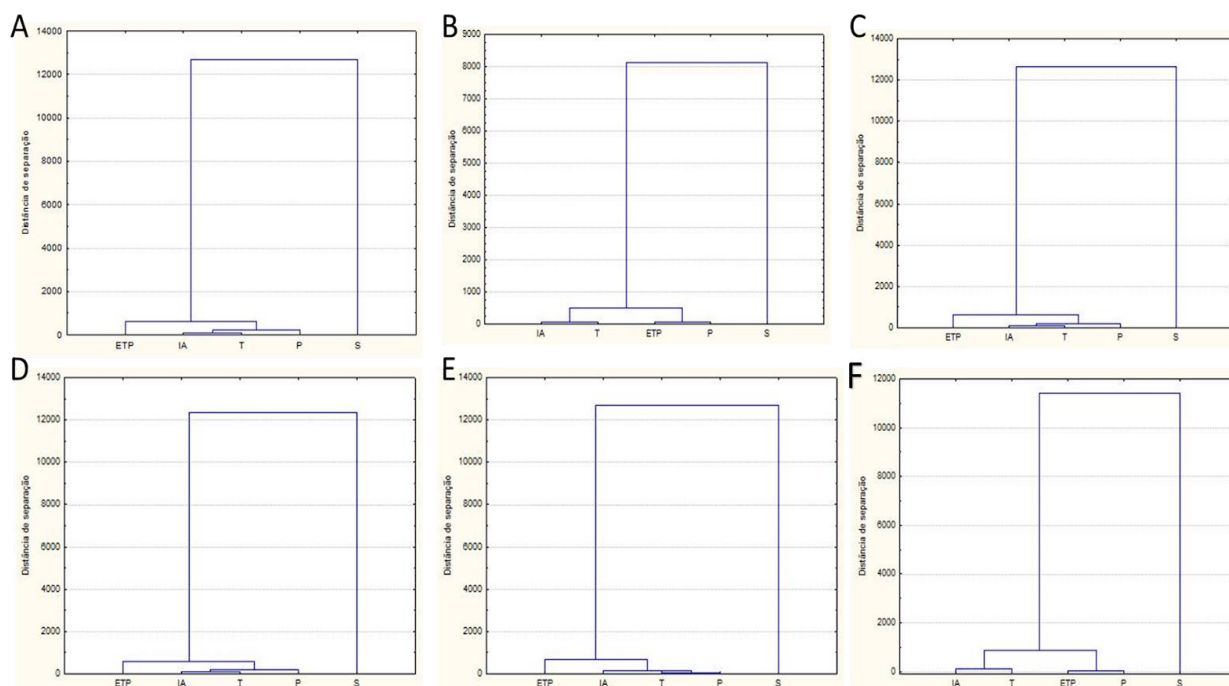


Figura 3 - Dendrograma de componentes climáticos para o estado do Rio Grande do Norte, para as cidades de Apodi (A), Ceará Mirim (B), Cruzeta (C), Florânia (D), Macau (E) e Natal (F), sendo: S – Série Temporal; IA - Índice de Aridez; T - Temperatura; P - precipitação; ETP - Evapotranspiração Potencial. Os eixos verticais não possuem a mesma graduação. FONTE: Autores.

O mesmo resultado foi encontrado por Prado et al. (2016) ao analisar a influência da temperatura na variação climática de Uberlândia- MG, bem como os resultados apontados por Lopes et al. (2018), onde a temperatura foi o fator principal na redução do índice de aridez na região central do Semiárido brasileiro. Para a estação de Macau, a temperatura e a precipitação estabeleceram uma classe e concomitantemente influenciaram no índice de aridez dessa região.

A regressão linear multivariada se mostrou adequada na modelagem da aridez nessas regiões, podendo ser calculada e projetada a partir das variáveis significativas na correlação de Pearson (Tabela IV). Tal resultado pôde ser comprovado a partir do coeficiente de determinação, onde todos resultados apresentaram acima de 0,85, demonstrando que em todas as regiões as equações conseguem representar mais de 85% da realidade. O valor-p apresentou significativo, acatando a hipótese de que as variáveis influenciam no IA e possibilitam sua modelagem. Essas



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

equações, portanto, permitirão estimar o índice de aridez para essas regiões, tendo como base valores conhecidos da precipitação, temperatura e tempo.

Tabela IV - Equações que representam o comportamento da variação do Índice de Aridez, sendo: S – Série Temporal; IA - Índice de Aridez; T - Temperatura; P -precipitação; ETP - Evapotranspiração Potencial,  $r^2$ - Coeficiente de determinação.

Estação	Equação	$r^2$	p-valor
Apodi	$IA = 0,726 + 0,00596P - 0,01499T - 0,001758ETP$	0,938	4,91E-08
Ceará Mirim	$IA = 1,277 + 0,007098P - 0,03128T - 0,003128ETP$	0,954	1,63E-02
Cruzeta	$IA = 0,9465 + 0,00589P - 0,0157T - 0,001805ETP - 0,000101S$	0,937	3,97E-07
Florânia	$IA = 1,6976 + 0,0054P - 0,0259T - 0,002736ETP - 0,000262S$	0,947	6,07E-07
Macau	$IA = 0,83847 + 0,0059P - 0,00791T - 0,000886ETP - 0,000225S$	0,946	1,64E-07
Natal	$IA = -0,2011 + 0,005114P - 0,01289T - 0,001228ETP + 0,0005S$	0,875	4,23E-04

FONTE: Autores.

#### 4. Conclusão

O território do Estado do Rio Grande do Norte apresenta tendências significativas de aumento no grau de aridez. Pois, ao se analisar estatisticamente os dados de seis estações presentes na região, em cinco delas foi observado o aumento da suscetibilidade da desertificação. Os dados de espacialização dessa tendência possibilitam confirmar que grande área do território é suscetível a escassez hídrica.

#### 5. Referências bibliográficas

AQUINO, C. M. S.; OLIVEIRA, J. G. B. de. Emprego do Método de Thornthwaite & Mather (1955) para Cálculo do Balanço Hídrico Climatológico do Núcleo de Degradação de São Raimundo Nonato-Piau. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 06, n. 01, p. 079-090, 2013. Disponível em: < [periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/geo/article/download/4921/3321](http://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/geo/article/download/4921/3321)>. Acesso: 25 out. 2018.



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

BARROS, K. O. Índice de aridez como indicador da susceptibilidade à desertificação na mesorregião norte de Minas. **Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia) –Universidade Federal de Viçosa**. Viçosa, 2010.

CARVALHO, H. P.; DOURADO NETO, D.; TEODORO, R. E. F.; MELO, B. de. Balanço hídrico climatológico, armazenamento efetivo da água no solo e transpiração na cultura de café. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 27, n. 2, p. 221-229, Mar./Apr. 2011. Disponível em: < [https://www.researchgate.net/publication/277097364\\_Balanco\\_hidrico\\_climatologico\\_armazenamento\\_efetivo\\_da\\_agua\\_no\\_solo\\_e\\_transpiracao\\_na\\_cultura\\_de\\_cafe\\_Climatological\\_hydric\\_balance\\_effective\\_soil\\_water\\_storage\\_and\\_transpiration\\_in\\_coffee\\_culture](https://www.researchgate.net/publication/277097364_Balanco_hidrico_climatologico_armazenamento_efetivo_da_agua_no_solo_e_transpiracao_na_cultura_de_cafe_Climatological_hydric_balance_effective_soil_water_storage_and_transpiration_in_coffee_culture)>. Acesso: 25 out. 2018.

DINIZ, M. T. M.; PEREIRA, V. H. C.. Climatologia do estado do Rio Grande do Norte, Brasil: Sistemas atmosféricos atuantes e mapeamento de tipos de clima. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 35, n. 3, p. 488-506, 2015.

FIGUEIREDO FILHO, D. B.; ROCHA, E. C.; SILVA JÚNIOR, J. A.; PARANHOS, R.; NEVES, J. A. B.; SILVA, M. B. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson: o Retorno. **Revista Leviathan**, n. 8, p. 66-95, 2014.

IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). Censo Brasileiro de 2010. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/panorama>>. Acesso em: 12 jun. 2018.

IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). IBGE Mapas. Disponível em: < [ftp://geoftp.ibge.gov.br/cartas\\_e\\_mapas/mapas\\_estaduais\\_e\\_distrito\\_federal/](ftp://geoftp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/mapas_estaduais_e_distrito_federal/)>. Acesso em: 12 jun. 2018.

LOPES; I.; SANTOS, S. M.; LEAL, B. G.; MELO, J. M. M. Variação do índice de aridez e tendência climática à desertificação para a região semiárida do nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 04, p. 1014-1026, 2017.

LOPES, I. et al. Análise multivariada no estudo da variação do Índice de Aridez da Bahia e Pernambuco. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v. 26, n. 1, p.93-102, 2018.

MARENGO, J.A.; BERNASCONI, M. Regional differences in aridity/ drought conditions over Northeast Brazil: present state and future projections. *Climate Change*, v. 129, p. 103–115, 2015.

MATALLO JUNIOR, H. A desertificação no mundo e no Brasil. In: SCHENKEL, MATALLO JR, H (Org). *Desertificação*. Brasília: UNESCO, 2003.

MARTINS, A. P.; ROSA, R. Caracterização climática da bacia do rio Paranaíba a partir da rede de estações de superfície automática do INMET (2001-2011), utilizando ferramentas de geoprocessamento. *Revista Geonorte, Edição Especial 2, V.2, N.5*, p.1303 – 1316, 2012.

Matallo Júnior, H. Schenkel, C. S., 2003. *Desertificação*. Brasília: UNESCO.



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

MOORE, D. S. **The Basic Practice of Statistics**. New York, Freeman, 2007. 728p.

PASSOS, M. L. V.; ZAMBRZYCKI, G. C.; PEREIRA, R. S. Balanço hídrico climatológico e classificação climática para o município de Balsas-MA. **Rev. Scientia Agraria**, Curitiba, v. 18, n. 1, p. 83-89, jan./mar.2017. Disponível em: <  
<http://www.redalyc.org/pdf/995/99550456009.pdf>>. Acesso: 25 out. 2018.

PRADO, B. Q. M.; FERNANDES, H. R.; ARAÚJO, T. G.; LAIA, G. A.; BIASE, N. G. Avaliação de variáveis climatológicas da cidade de Uberlândia (MG) por meio da análise de componentes principais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, p. 407-413, 2016.

SANTOS, F.A.; MENDES, L.M.S.; CRUZ, M.L.B. Análise do Índice de Aridez da Bacia Hidrográfica do Rio Piracuruca - Ceará-Piauí, Nordeste do Brasil. **Geosul**, Florianópolis, v. 33, n. 67, p. 181-199, mai./ago. 2018. Disponível em:  
<https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/2177-5230.2018v33n67p181/36735>. Acesso em: 12 jan. 2019.

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, 2018.

VIANELLO, Rubens Leite; ALVES, Adil Rainier. Meteorologia básica e aplicada. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1991.

THORNTHWAITE, C. W. Atlas of climatic types in the United States 1900-1939. **Department of Agriculture Miscellaneous Publications**, n. 421, 48 p., 1941.

THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. *Geogr. Rev.*, v.38, p.55-94, 1948.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water balance. *Publications in Climatology*. New Jersey: Drexel Institute of Technology; 1955, 104p.

UVO, C. B. 1989. A zona de convergência intertropical (ZCIT) e sua relação com a precipitação na região norte do nordeste brasileiro. Dissertação de Mestrado. INPE, São José dos Campos. 99p.

WARD, J.H. Hierarchical grouping to optimize an objective function. **Journal American Statistical Association**, v. 58, p. 236-244, 1963.

WMO, 1989. Calculation of monthly and annual 30-year standard normals, WCDP No. 10, WMOTD No. 341. World Meteorological Organization, Geneva.