

Índice de Aridez como indicador de áreas suscetíveis à desertificação no estado do Maranhão, Brasil.

Aridity index as indicator of areas susceptible to desertification in Maranhao State, Brazil.

Carlos Márcio De Aquino Eloi
Meteorologista, Mestre em Meteorologia Agrícola
Núcleo Geoambiental, Centro de Ciências Agrárias
Universidade Estadual do Maranhão, carlosmarciodeaquinoeloi@gmail.com

Sandra Oliveira Sá
Química, Doutora em Ciências
Núcleo Geoambiental, Centro de Ciências Agrárias
Universidade Estadual do Maranhão, a.oliveiras@gmail.com

Jucivan Ribeiro Lopes
Engenheiro Agrônomo, Mestre em Agroecologia e Agricultura Familiar
Núcleo Geoambiental, Centro de Ciências Agrárias
Universidade Estadual do Maranhão, ucivan@yahoo.com

Elienê Pontes De Araújo
Geógrafa, Mestra em Sensoriamento Remoto
Núcleo Geoambiental, Centro de Ciências Agrárias
Universidade Estadual do Maranhão, elienepontes@yahoo.com.br

Gunter De Azevedo Reschke
Meteorologista, Mestre em Meteorologia Agrícola
Núcleo Geoambiental, Centro de Ciências Agrárias
Universidade Estadual do Maranhão, reschke2009@gmail.com

Carlos Wendell Soares Dias
Engenheiro Agrônomo, Especialista em Engenharia Sanitária e Controle Ambiental
Núcleo Geoambiental, Centro de Ciências Agrárias
Universidade Estadual do Maranhão, wendellsdias@hotmail.com

José Amaro Nogueira
Relações Públicas, Especialista em Desenvolvimento Sustentável para o Semiárido Brasileiro
Núcleo Geoambiental, Centro de Ciências Agrárias
Universidade Estadual do Maranhão
janogueiras@yahoo.com.br

Christoph Gehring
Geógrafo, Doutor em Agronomia
Programa de Pós-graduação em Agroecologia
Universidade Estadual do Maranhão, christophgehring@yahoo.com.br



Resumo

Desertificação constitui um desafio ambiental mundial e representa um risco para mais de 100 países. O seu impacto é maior nos países em desenvolvimento, visto que pode aumentar a fome, a desnutrição e o êxodo rural. Este artigo investiga a suscetibilidade à desertificação no estado do Maranhão, na zona de transição entre a Amazônia, o Cerrado e o semiárido da região Nordeste do Brasil. Para este propósito, foram interpolados espacialmente dados de 73 estações pluviométricas em operação em todo o Estado. Cerca de 20,1% (66.854 km²) do Maranhão é suscetível a desertificação, afetando aproximadamente de 361 mil habitantes. Coincidentemente, os municípios com maior risco de desertificação estão entre os menos desenvolvidos e mais pobres do estado do Maranhão e do Brasil. Os riscos são elevados entre a população indígena (55,2% da população indígena total do Estado). Os resultados chamam a atenção para a necessidade de maior sensibilização do público e de desenvolvimento e implementação de políticas e estratégias de gestão destinadas a combater e se adaptar aos riscos da desertificação, a fim de evitar o aumento da pobreza rural, a insegurança alimentar e o êxodo rural.

Palavras-chave: clima, evapotranspiração, índice de aridez.

Abstract

Desertification constitutes a worldwide environmental challenge and poses a risk to over 100 countries. Its impact is greater in developing countries, as it can increase hunger, malnutrition and rural exodus. This paper investigates the susceptibility to desertification in the State of Maranhão, in the transition zone between Amazonia, the inland Cerrado savannas and the semi-arid Northeast Provinces of Brazil. For this purpose, we spatially interpolate data from 73 rainfall stations in operation throughout the state. About 20.1% (66,854 km²) of Maranhão is susceptible to desertification, affecting an estimated 361 thousand inhabitants. Coincidentally, the municipalities with desertification risk are among the least developed and poorest of Maranhão State and of Brazil. Exposure is especially high in the indigenous population (55.2% of the State's total indigenous population). Our results demand an increased public awareness and call for the development and implementation of policy and management strategies designed to combat and adapt to desertification risks, in order to avoid increased rural poverty, food insecurity and further rural exodus.

Key words: climate, evapotranspiration, aridity-index.

1. Introdução

Segundo a Convenção das Nações Unidas para o Combate à Desertificação (UNCCD), assinada em 1994 e validada no Brasil em 1997, o termo *desertificação* significa “degradação da terra nas zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas, resultante de vários fatores, incluindo as variações climáticas e as atividades humanas” (UNCCD, 1994, p. 4). Degradação da terra é definida pela FAO como sendo um “processo que diminui a atual e/ou potencial capacidade do solo produzir bens e serviços” (Bowyer,

2009, p. 6). Desertificação, degradação da terra e secas afetam mais de 2 bilhões² de pessoas e a situação pode piorar devido ao uso insustentável do solo e da água nos atuais cenários de mudança do clima (UNCCD, 2009, p. 2). A vulnerabilidade das terras à desertificação se deve, principalmente, ao clima, a topografia, ao estado do solo, a vegetação natural, e às formas como esses recursos naturais são utilizados.

A desertificação é o resultado, a longo prazo, da interação de diferentes processos de degradação da terra, que podem ser acelerados sob severas condições de seca, embora possa ocorrer sob as mais diversas condições climáticas. Os agrônomos consideram que os solos com menos de 1,7% de matéria orgânica se encontram em estágio de pré-desertificação (Bowyer, 2009, p. 1). Atualmente, cerca de 2,6 bilhões de pessoas dependem diretamente da agricultura, sendo que 52% das terras utilizadas para a agricultura estão moderadamente ou severamente afetadas pela degradação do solo e o cultivo nos países em desenvolvimento diminuiu de 0,43 ha para 0,26 ha per capita no período de 1960-1990 (UNCCD, 2009, p. 2). O avanço da desertificação provoca uma crise silenciosa que está desestabilizando comunidades em escala global.

Os fatores que originam a desertificação são múltiplos, complexos, as vezes entrelaçados e com inúmeros mecanismos de retro-alimentação, tornando sua análise extremamente difícil. Existem questões metodológicas e conceituais a serem resolvidas, bem como existem também numerosas metodologias para avaliar a desertificação. Veron et al. (2006, p. 751) relatam que a avaliação da desertificação mudou de simples estimativas do movimento interanual dos

limites do deserto para levantamentos de campo multivariados complexos, e para práticas baseadas em indicadores de funcionamento dos ecossistemas, tal como uso eficiente da chuva. Alguns autores chamam a atenção para a necessidade de uma definição modificada que possa abranger todos os climas ou contabilizar melhor a relação planta/solo em medidas de aridez (Schreiber et al., 2010, p. 14-1). Por outro lado, muita aridez implica em desertificação. E o grau de aridez de uma região depende da quantidade de água advinda da chuva e da perda máxima de água pela evaporação e transpiração, ou Evapotranspiração Potencial. O Índice de Aridez (IA) tem sido útil para avaliar áreas sensíveis a processos de desertificação (Deniz et al., 2011, p. 395) ou definir áreas suscetíveis à desertificação (Brasil, 1997, p. 121; Brasil, 2004, p. 18; Maranhão, 2012, p. 42).

O Brasil, seguindo a orientação da UNCCD, elaborou o Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca (PAN-Brasil). Esse Programa, instrumento de planejamento que define as linhas e as principais ações para o combate e a prevenção do fenômeno da desertificação, tem como elementos-chave o combate à pobreza e às desigualdades sociais, aliado à recuperação, preservação e conservação dos recursos naturais. O PAN-Brasil tem como objetivo geral estabelecer diretrizes e instrumentos legais e institucionais que permitam otimizar a formulação e a execução de políticas públicas e investimentos privados nas áreas suscetíveis à desertificação do Brasil (ASDs), tendo como foco a promoção do desenvolvimento sustentável (Brasil, 2008, p. 34). ASDs são áreas que apresentam Índice de Aridez entre 0,21 e 0,65, localizadas em todos os estados do Nordeste, no Norte do estado de Minas Gerais e no Noroeste do estado do Espírito Santo.

² bilhão (10⁹) se refere à escala numérica curta utilizada no Brasil e corresponde a mil milhões (10⁹) na escala longa.

No Brasil, as áreas mais afetadas pelas secas (anuais ou plurianuais) estão localizadas na região Nordeste, onde se observa a ocorrência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). As evidências empíricas disponíveis indicam que a variabilidade climática decorrente da ação da ZCIT é combinada com os fatores que determinam o regime pluviométrico na Zona da Mata e no Nordeste meridional. Quando essa conjunção de fatores se articula é que ocorrem as secas de amplas proporções, anuais (1951, 1958 e 1970) e plurianuais (1979-1983) (Brasil, 2010, p.38).

Ao se manter o nível atual de degradação ambiental no Nordeste, é possível que até 2050 o semiárido venha a se tornar árido, o subúmido seco venha a se tornar semiárido, e o subúmido úmido venha a se tornar subúmido seco. Nesse contexto, a vulnerabilidade social da região nordeste aumentará significativamente, com graves consequências políticas, econômicas e sociais para todo o País (Brasil, 2010, p. 7).

O estado do Maranhão está situado entre a Floresta Amazônica, o Cerrado do Planalto Central e a Caatingas, na região Nordeste do Brasil. Segundo estimativas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), o Maranhão tem uma área de aproximadamente 331.938 km² e uma população estimada em 6,84 milhões de habitantes. Deste total, cerca de 4,03 milhões (63%) vivem em centros urbanos, e 2,81 milhões (37%) em áreas rurais. Assim, o Maranhão apresenta o menor índice de urbanização de todos os Estados brasileiros, a sua estrutura econômica permanece fortemente ligada ao setor primário. O Produto Interno Bruto (PIB) do Maranhão aumentou de US\$ 15,05 bilhões de dólares em 2007 para US\$ 30,70 bilhões de dólares em 2011. No entanto, grande parte da sociedade está excluída deste desenvolvimento. Em termos educacionais,

em 2010 a população com 18 anos ou mais apresentou taxa de analfabetismo de 22,51%, sendo que 44,36% da população tinha completado o ensino fundamental, e apenas 7,17%, possuía ensino superior. Com relação ao Sistema de Saúde, em 2012 havia apenas 0,59 médicos e 2,53 leitos médicos por mil habitantes. Essa vulnerabilidade associada a condições sanitárias precárias contribuiu para: uma taxa de mortalidade infantil de 28,03 por mil nascidos vivos, em 2010; a predominância de desnutrição em crianças menores de 2 anos de idade de 3,5 por 100; e uma taxa de hospitalização por desidratação em crianças menores de 5 anos de idade de 11,0 por mil, em 2009 (DATASUS, 2014). O Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (2013) mostra que, dentre as 27 unidades federativas do Brasil, o estado do Maranhão ocupa a 26ª posição no ranking do desenvolvimento humano municipal.

Diante do exposto, este artigo teve por objetivo identificar as áreas mais suscetíveis à desertificação no estado do Maranhão, por meio de informações climáticas.

2. Materiais e Métodos

2.1 Área de Estudo e Dados

A área de estudo corresponde ao estado do Maranhão (lat 01°02'42" - 10° 14'5 " Sul; long 48°45'3" - 41°48'3" Oeste), o qual está situado na zona de transição entre três biomas brasileiros: Amazônia (34,8%), Cerrado (64,1%) e Caatinga (1,1%). Em termos de extensão territorial, o Maranhão abrange uma área de 331.938 km², com 217 municípios, sendo que mais de dois terços do seu território faz parte da "Amazônia Legal" do Brasil.

As áreas sensíveis à processos de desertificação foram determinadas em termos de influências climáticas, considerando o Índice de Aridez. O grau de suscetibilidade climática das áreas identificadas foi confrontado

com informações sócio-econômicas e jurídico-institucionais. A base de dados utilizada contém informações sobre: precipitação pluviométrica, IDH-M, PIB, condições de vida, demografia, economia, infraestrutura, divisão municipal, unidades de conservação, terras indígenas, biomas, dentre outras. Os dados pluviométricos foram obtidos por meio do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (www.snirh.gov.br) e do aplicativo

HidroWeb (<http://hidroweb.ana.gov.br/>) da Agência Nacional de Águas (ANA).

Foram utilizadas séries temporais de precipitação de 73 estações pluviométricas distribuídas ao longo do Estado (Fig. 1). A Tabela N° 1 apresenta sumariamente as principais características das estações pluviométricas utilizadas. O período de coleta de dados foi superior a 17 anos, com falhas dentro da série temporal inferior a 3 meses contínuos.

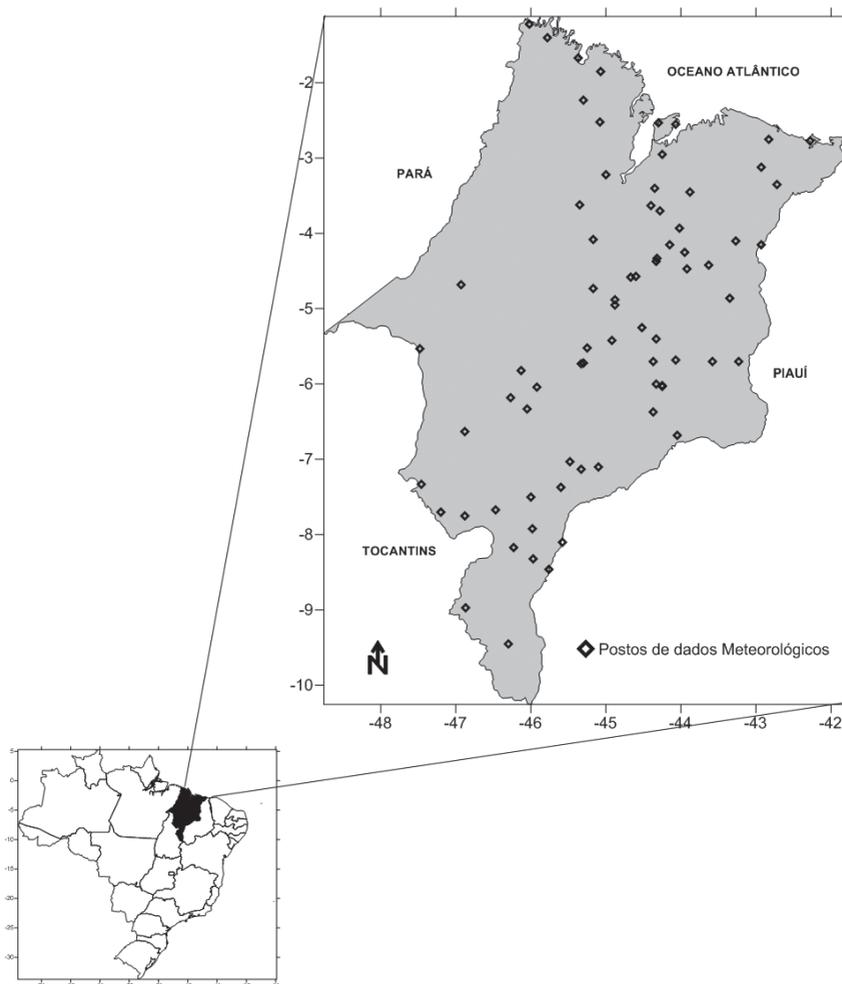


Figura N° 1: Mapas de localização da área de estudo e das estações pluviométricas utilizadas.

Fonte: UEMA (2015)

Tabela N° 1: Coordenadas geográficas das estações pluviométricas usadas neste estudo.

Código Estação	Lat. (°)	Long. (°)	Elev. (m)	Registro (anos)	Código Estação	Lat. (°)	Long. (°)	Elev. (m)	Registro (anos)
145003	-1,85	-45,07	20	22	446002	-4,68	-46,93	120	18
242000	-2,75	-42,83	20	26	145005	-1,67	-45,37	10	20
242001	-2,77	-42,28	10	35	445006	-4,08	-45,17	70	35
244002	-2,55	-44,07	32	35	545011	-5,72	-45,30	81	20
244003	-2,95	-44,25	30	35	545005	-5,52	-45,25	81	20
82280	-2,53	-44,30	51	30	545000	-5,73	-45,33	150	36
245006	-2,23	-45,30	40	23	444008	-4,95	-44,88	82	30
245005	-2,52	-45,08	60	34	444002	-4,88	-44,88	80	21
343003	-3,45	-43,88	90	33	544000	-5,68	-44,07	80	35
344003	-3,63	-44,40	20	22	544009	-5,40	-44,33	100	17
344005	-3,40	-44,35	14	34	546003	-5,82	-46,13	149	36
344007	-3,70	-44,28	32	30	645004	-6,04	-45,92	240	22
344008	-3,93	-44,02	32	23	646006	-6,18	-46,27	180	18
345009	-3,22	-45,00	20	23	444005	-4,57	-44,60	60	34
443007	-4,47	-43,92	82	30	444006	-4,58	-44,67	60	22
342001	-3,12	-42,93	70	24	544002	-5,25	-44,52	150	33
342009	-3,35	-42,72	43	18	544006	-5,42	-44,92	103	30
443009	-4,25	-43,95	36	24	544004	-5,70	-44,37	180	35
82476	-4,86	-43,35	104	24	846000	-8,97	-46,87	630	34
543004	-5,70	-43,58	149	32	845003	-8,32	-45,97	360	19
443008	-4,10	-43,27	70	33	846002	-8,17	-46,23	300	25
443011	-4,42	-43,63	140	19	845004	-8,10	-45,58	320	18
644001	-6,03	-44,25	70	21	746007	-7,92	-45,98	328	19
644003	-6,02	-44,25	70	34	746002	-7,67	-46,47	320	37
444001	-4,15	-44,15	34	37	745005	-7,37	-45,60	295	18
444009	-4,33	-44,32	80	20	745004	-7,13	-45,33	230	25
444013	-4,37	-44,33	90	18	646003	-6,63	-46,88	450	24
442013	-4,15	-42,93	120	18	946002	-9,45	-46,30	520	34
543003	-5,70	-43,23	180	24	745001	-7,10	-45,10	170	24
644006	-6,37	-44,37	140	20	746003	-7,75	-46,88	190	34
644012	-6,00	-44,33	142	32	745002	-7,03	-45,48	190	34
644009	-6,68	-44,05	120	30	745000	-7,50	-46,00	200	34
146004	-1,22	-46,02	10	21	747004	-7,70	-47,20	170	35
145001	-1,40	-45,78	20	17	646001	-6,33	-46,05	250	35
547001	-5,53	-47,48	96	23	845001	-8,46	-45,76	191	29
445007	-4,73	-45,17	105	19					

Fonte: UEMA (2015)

2.2 Metodologia

Inicialmente, a temperatura do ar foi estimada por meio do software Estima-T, disponível no website da Universidade

Federal de Campina Grande (http://www.dca.ufcg.edu.br/estima_t/). Esse software utiliza um modelo estimativo de regressão múltipla (Cavalcanti, 2006, p. 140), cujo modelo empírico é dado por:

$$T_{ij} = a_0 + a_1\lambda + a_2\varphi + a_3h + a_4\lambda^2 + a_5\varphi^2 + a_6h^2 + a_7\lambda\varphi + a_8\lambda h + a_9\varphi h + ATSM_{ij}$$

em que λ é a longitude, φ é a latitude, em graus, h é a elevação de cada estação meteorológica analisada, em metros, e a_0, a_1, \dots, a_n são os coeficientes de regressão. ATSM corresponde a anomalia na temperatura da superfície do mar, em graus. Os índices i e j indicam, respectivamente, o mês e o ano para o qual se está calculando a temperatura do ar (T_{ij}).

Os valores de precipitação pluviométrica e temperatura do ar foram utilizados para estimar as taxas de evapotranspiração potencial, excedente hídrico e deficiência hídrica (Thornthwaite, 1948, p. 61). As médias mensais foram interpoladas pelo método de Krigagem, o qual permite estimar o comportamento de uma variável nas distintas direções de um espaço geográfico, associando a

variabilidade da estimacão com base na distância que existe entre um par de pontos (Gallardo, 2006, p. 3). Todos esses parâmetros climáticos foram utilizados para traçar o perfil climatológico do estado do Maranhão.

O Índice de Aridez foi estimado por meio da razão entre a Precipitação (P) e a Evapotranspiração Potencial (ETP), anuais, conforme critérios estabelecidos por Thornthwaite y Holzman (1941, p. 547) e Penman (1953, p. 913). A Tabela N° 2 apresenta a classificação de zonas climáticas de acordo com o Índice de Aridez. A segmentação de classes utilizada para a elaboração do mapa de Índice de Aridez se baseou nas classes climáticas estabelecidas pelas Nações Unidas e pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

Tabela N° 2 :
Classes de clima de acordo com o Índice de Aridez

Classe	Índice de Aridez (IA)		
	CONAMA ¹	UNEP ²	Utilizada ³
Hiperárido	<0,05	<0,05	<0,05
Árido	0,05 - 0,20	0,05 - 0,20	0,05 - 0,20
Semiárido	0,21 - 0,50	0,20 - 0,50	0,21 - 0,50
Subúmido Seco	0,51 - 0,65	0,50 - 0,65	0,51 - 0,65
Subúmido Úmido	>0,65	0,65 - 1,00	0,65 - 1,00
Úmido		> 1,00	> 1,00

Fonte: ¹Resolução CONAMA N° 238 (Brasil, 1997, p. 121); ²United Nations Environment Programme (UNEP, 2007, p. 98); ³segmentação de classes adaptada com base nas fontes 1 e 2.

A interpolação dos valores pontuais de precipitação e evapotranspiração foi efetuada aplicando o método de Krigagem e utilizando o software SURFER (Surface Mapping System, Golden Software Inc. 2002). Esses valores foram espacializados, para toda a área de estudo, por meio de grades regulares. A ferramenta “álgebra de mapas” foi realizado o cálculo do Índice de Aridez e os valores foram agrupados em intervalos de classes. A seguir, o mapa de Índices de Aridez e o mapa dos municípios suscetíveis à desertificação foram elaborados.

3. Resultados

O estado do Maranhão se caracteriza por apresentar pluviometria mensal bastante desigual, com precipitações concentradas durante o primeiro semestre e seguidas no segundo semestre por deficiência hídrica, devido a perda de água rápida por meio da evapotranspiração, configurando o período seco (Fig. 2).

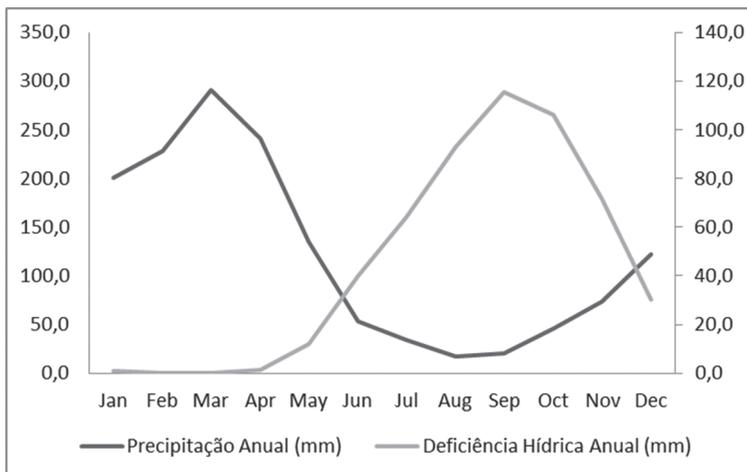


Figura N° 2 : Precipitação e deficiência hídrica anual média no estado Maranhão, Brasil.

Fonte: UEMA (2015)

O estudo do perfil climatológico do estado do Maranhão evidenciou contrastes marcantes entre as áreas úmidas da Amazônia e secas do Nordeste do Brasil (Fig. 3). A precipitação pluviométrica total variou cerca de 579,2 a 2.784,1 mm/ano, com maior registro de precipitação em março (531,3 milímetros), enquanto que julho e agosto foram determinados como os meses mais secos com registros de até 0,0 e 2,0 mm, respectivamente (Fig. 3A). A evapotranspiração potencial

mensal e anual variou de 25,8 a 302,2 mm/mês e 977,8 a 2.299,9 mm/ano, respectivamente (Fig. 3B). A deficiência hídrica anual foi de 150,8 a 1.421,2 mm/ano (Fig. 3C), sendo que nos meses de agosto e setembro foram evidenciadas em todo o estado do Maranhão. As maiores taxas de excedentes hídricos mensais e anuais foram cerca de 424,6 mm/mês e 1.678,9 mm/ano, respectivamente (Fig. 3D).

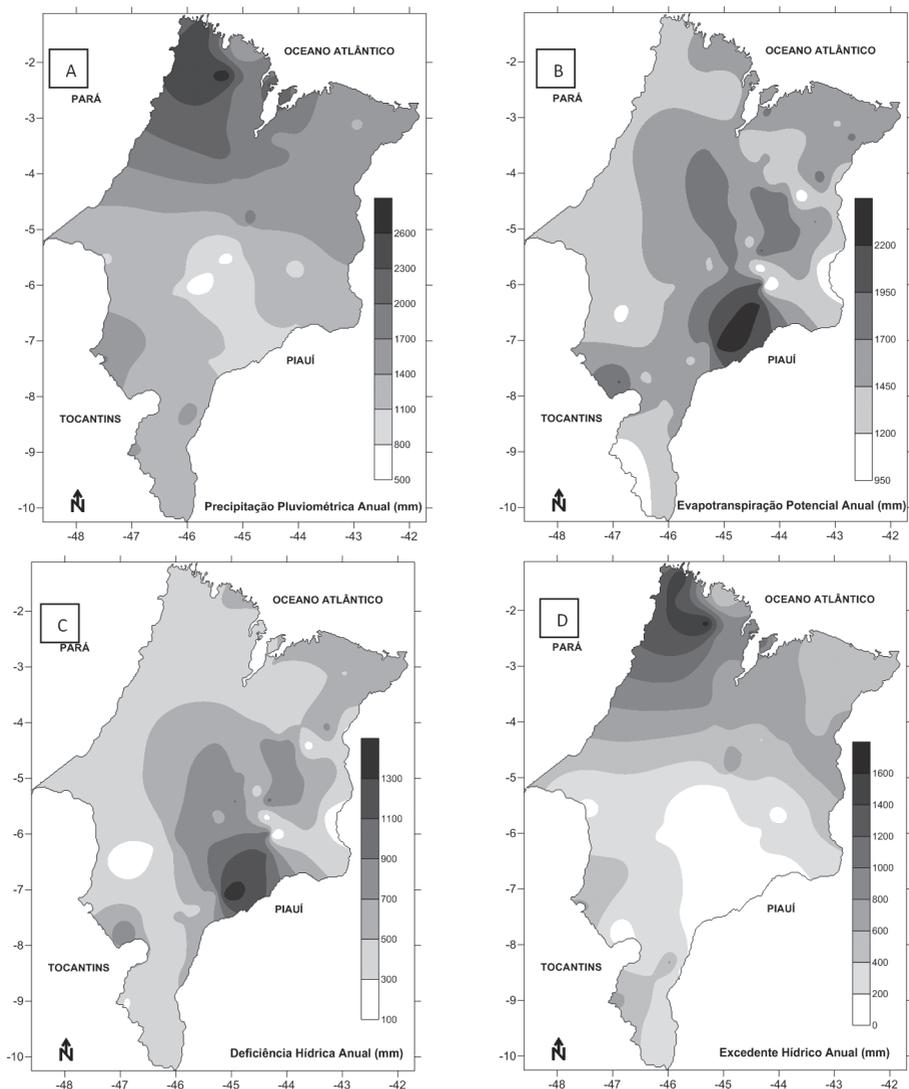


Figura N° 3: Perfil Climatológico do estado Maranhão: mapas de precipitação pluviométrica anual (A), evapotranspiração potencial anual (B), deficiência (C) e excedente hídrico anual (D).

Fonte: UEMA (2015)

As Figuras N° 4 e N° 5 mostram o mapa de isovalores do Índice de Aridez e a localização dos municípios suscetíveis à desertificação no estado do Maranhão. A desertificação só é passível de acontecer em regiões onde o Índice de Aridez é inferior a 0,65. Os resultados indicam que 08 dos 217 municípios do Maranhão apresentam clima semiárido ($0,38 < IA < 0,49$) e 12 municípios apresentam clima

subúmido seco ($0,57 < IA < 0,62$). A região semiárida tem como características: i) baixos índices pluviométricos anuais, que ocorrem principalmente nos municípios de Grajaú (579,2 mm/ano), Barra do Corda (700,4 mm/ano) e Loreto (878,5 mm/ano); ii) altas taxas anuais de evapotranspiração potencial, principalmente no município de Loreto (2.299,9 mm/ano); e iii) significativa taxa de deficiência hídrica

anual, principalmente no município de Loreto (1.421,2 mm/ano). Não foram verificados registros de excedentes hídricos anuais nos municípios de Barra do Corda, Loreto e Grajaú.

Na região subúmida seca, as características climáticas são menos rigorosas. A precipitação média anual varia entre 863,0 e 1.280,3 mm/ano, nos

municípios de Barra do Corda e Mirador, respectivamente. A evapotranspiração potencial anual varia cerca de 1.596,2 a 2.226,2 mm/ano, em Barra do Corda e Mirador, sendo que a deficiência hídrica anual varia de 795,0 a 1.108,0 mm/ano, também nestes dois municípios. Deve-se destacar ainda a ocorrência de excedente hídrico anual de até 182,0 mm/ano no município de Presidente Dutra.

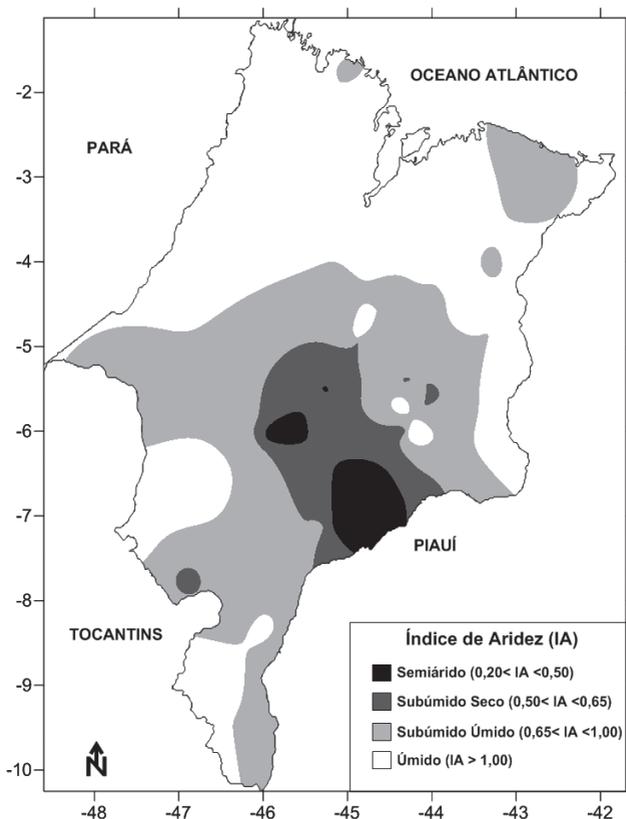


Figura N° 4 Espacialização do índice de aridez (IA) no estado do Maranhão, Brasil.
 Fonte: UEMA (2015)

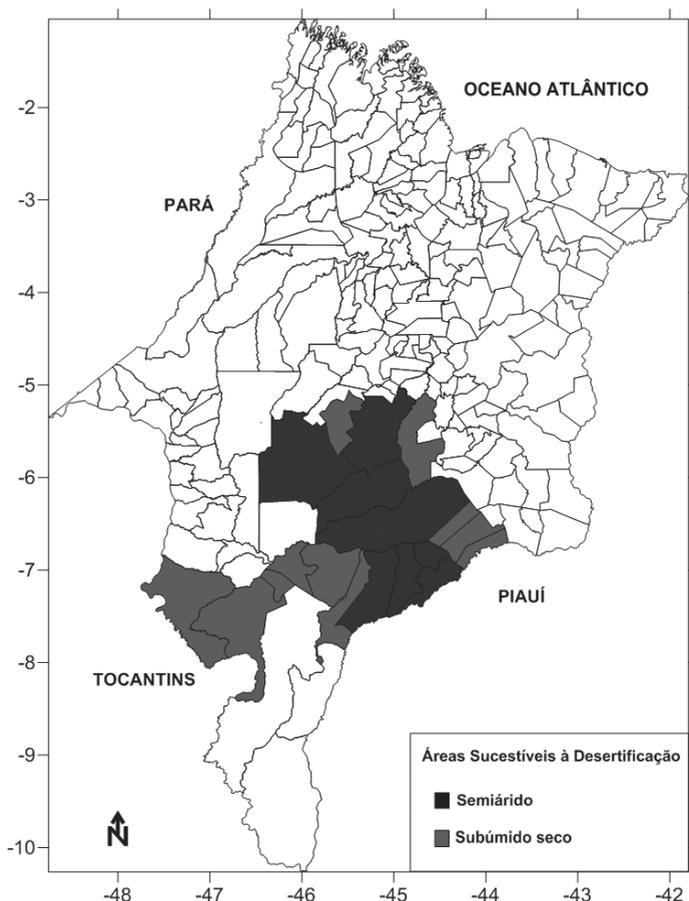


Figura N° 5: Mapa dos municípios suscetíveis à desertificação no estado do Maranhão, Brasil, com base no Índice de Aridez.

Fonte: UEMA (2015)

Considerando o Índice de Aridez, todos os 20 municípios suscetíveis aos processos de desertificação no estado do Maranhão estão localizados no bioma Cerrado e abrangem uma área superficial de aproximadamente 66.489 km², com uma população estimada em 361.035 habitantes. Loreto, Grajaú e Barra do Corda são os municípios mais suscetíveis (Fig. 5). Os municípios que fazem parte do semiárido e subúmido seco apresentam de muito baixo a médio Índice de

Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M), conforme mostra a Tabela N° 3. O município de Mirador (IDH-M = 0,545) apresenta muito baixo índices de desenvolvimento humano, possivelmente devido aos componentes educação e renda. Presidente Dutra, Barra do Corda e Grajaú apresentam médio índices de desenvolvimento humano. No geral, os componentes longevidade, acesso à educação formal e renda apresentam grandes variações quando são analisados individualmente.

Tabela N° 3:

Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M) e subíndices de renda, longevidade e educação para municípios suscetíveis à desertificação no estado do Maranhão.

Município	Índice de Aridez (IA)		IDH-M (2010)	IDHM Renda	IDHM Longevidade	IDHM Educação
	Semiárido	Subúmido seco				
Loreto	0,38	--	0,582	0,516	0,771	0,495
Grajaú	0,41	--	0,609	0,603	0,754	0,497
Barrao Corda	0,49	--	0,606	0,585	0,763	0,498
Carolina	--	0,57	0,634	0,6	0,802	0,529
Mirador	--	0,58	0,545	0,485	0,74	0,451
Nova Iorque	--	0,60	0,584	0,584	0,558	0,729
Presidente Dutra	--	0,62	0,653	0,653	0,628	0,788

Fonte: Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil 2013 (PNUD, 2013).

Ofato das áreas suscetíveis à desertificação ocorrer predominantemente nos municípios mais pobres e menos desenvolvidos reflete a exposição de uma população rural vulnerável a riscos ambientais, devido principalmente à intensificação do uso da terra. Entre os mais afetados estão as populações tradicionais e indígenas. Os municípios semiáridos de Barrao Corda e Grajaú, abrigam 09 territórios indígenas, concentrando 55,2% (8.778 habitantes) da população indígena do Estado.

4. Conclusão

Apesar de todas as evidências, o estado do Maranhão não está incluído no mapa de desertificação do Brasil, e praticamente não existe sensibilização da população para os riscos de desertificação. Isto é preocupante, as conseqüências socioeconômicas da desertificação podem ser desastrosas para a população rural, causando ou intensificando a pobreza dos pequenos produtores, a insegurança alimentar e o êxodo rural. Um outro aspecto que chama a atenção é a acentuada exposição das populações indígenas aos riscos da desertificação. Frente a estes sérios desafios socioambientais se faz necessário o desenvolvimento e implementação de políticas públicas adequadas.

Referências Bibliográficas

- UNITED NATIONS CONVENTION TO COMBAT DESERTIFICATION. (1994). United Nations Convention to Combat Desertification in Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertification, Particularly in Africa. Nairobi: UNEP. 58p.
- BOWYER, C.; WITHANA, S.; FENN, I.; BASSI, S.; LEWIS, M.; COOPER, T.; BENITO, P.; MUDGAL, S. (2009). Study on Land Degradation and Desertification. Final Study IP/A/ENVI/ST/2008-23 for European Parliament's Committee on the Environment, Public Health and Food Safety, Contract n° IP/A/ENVI/FWC/2006-172/LOT1/C1/SC20) European Commission, Brussels. 102 p.
- UNITED NATIONS CONVENTION TO COMBAT DESERTIFICATION. (2009) Benefits of Sustainable Land Management Disponível em: <http://www.unccd.int/Lists/SiteDocumentLibrary/Publications/CSD_Benefits_of_Sustainable_Land_Management%20.pdf>. Acessado em: 20 abr. 2015.
- VERON, S. R.; PARUELO, J. M.; OESTERHELD M. (2006). Assessing desertification. Journal of Arid Environments, Vol. 66,

- Nº4: 751-763.
- SCHREIBER, K.; HARRISON, J.; STERK G. (2010). Agrometeorological aspects of desertification. In: WMO Guide to Agricultural Meteorological Practices, 2010 edition, WMO- Nº134, Geneva: WMO, Chapter 14: 14.1-14.26
- DENIZ, A.; TOROS, H.; INCECIK, S. (2011). Spatial variations of climate indices in Turkey. *International Journal of Climatology*, Vol. 31: 394-403.
- BRASIL. (1997). Resolução CONAMA nº 238 de 22 de dezembro de 1997. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Brasília: 119-130.
- BRASIL. (2008). Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Secretaria de Planejamento e Investimentos Estratégicos. Relatório de Avaliação do Plano Plurianual 2004-2007: exercício 2008 - ano base 2007 / Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Secretaria de Planejamento e Investimentos Estratégicos. Brasília: MP, 275p.
- BRASIL. (2010). Ministério do Meio Ambiente: Mudanças climáticas e suas implicações para o Nordeste. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 234p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. (2010). Censo Demográfico 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home>>. Acesso em: 25 mar. 2015.
- DATASUS (2014). Disponível em: <<http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php>>. Acesso em: 25 mar. 2015.
- Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil. (2013). Ranking - Todos os Estados (2010). Brasília: PNUD, Ipea, FJP. Disponível em: <<http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/ranking/>>. Acesso em: 26 abr. 2015.
- CAVALCANTI, E. N; SILVA, V. P. R.; SOUSA F. A. D. (2006). Programa computacional para estimação da temperatura do ar para a região Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Vol.10, Nº 1:140-147.
- THORNTHWAITE, C.W. (1948). An approach toward a rational classification of climate, *Geographical Review*, Vol. 38, Nº1: 55-94.
- GALLARDO A. (2006). *Geostatística. Ecosistemas*. Mósteles, Vol. 15, Nº3: 1-11.
- THORNTHWAITE, C.W. y HOLZMAN, B. (1941). Evaporation and transpiration. In: *Climate and Man: Yearbook of Agriculture*. Washington D.C.: U.S. Department of Agriculture, p.545-550.
- PENMAN H.L. (1953). The physical basis of irrigation control. In: *13th International Horticultural Congress*, London: Royal Horticultural Society, 2: 913-914.
- UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. (2007). Section B: State-and-Trends of the Environment: 1987-2007. In: *The fourth report in the Global Environment Outlook (GEO) series*: 81-114. Disponível em: http://www.unep.org/geo/geo4/report/geo-4_report_full_en.pdf. Acessado em: 20 abr. 2015.
- BRASIL. (2004). Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca (PAN - Brasil). Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos, 242p.
- MARANHÃO. (2012). Programa de ação estadual de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca no estado do Maranhão. São Luis: EDUEMA, 298p.