

BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO E EROSIVIDADE DO PARQUE NACIONAL DA SERRA DA CAPIVARA E ENTORNO, PIAUÍ, BRASIL

Cláudia Maria Sabóia de **Aquino**¹, José Gerardo Bezerra de **Oliveira**²

(1 - Universidade Federal do Piauí, Docente do Programa de Pós-Graduação em Geografia, cmsaboia@gmail.com, 2 - Universidade Federal do Ceara, Docente, jgboliv@gmail.com)

Resumo: O presente trabalho teve como objetivo realizar o balanço hídrico climatológico e ainda estimar a erosividade da chuva no Parque Nacional da Serra da Capivara e seu Entorno, considerando o período de 1965 a 1985. O balanço hídrico climatológico realizado para a área de estudo indica um clima semiárido, com predomínio de déficit hídrico e uma irregular distribuição das chuvas, concentradas entre 3 a 4 meses. Os valores de erosividade evidenciaram predomínio de suscetibilidade a erosão de moderada a muito alta. O conjunto destas informações exige o monitoramento e a análise de outras variáveis a exemplo das tipologias de solo, de relevo e de cobertura vegetal para a área em uma perspectiva integrada de modo a uma maior compreensão dos processos envolvidos na evolução e dinâmica da paisagem do Parque Nacional da Serra da Capivara e seu Entorno.

Palavras-chave: Análise Climática. Erosividade, Planejamento Ambiental.

CLIMATOLOGICAL HYDRICAL BALANCE AND EROSIVITY OF THE NATIONAL PARK OF SERRA DA CAPIVARA AND SURROUNDINGS, PIAUÍ, BRAZIL

Abstract: The present work had as objective to perform the climatological water balance and also to estimate the rainfall erosivity caused by rain in Serra da Capivara National Park and its Surroundings, considering the period from 1965 to 1985. The climatic water balance for the study area indicates a climate Semi-arid with a predominance of water deficit and an irregular distribution of rain, concentrated between 3 and 4 months. The erosivity values showed a predominance of susceptibility to moderate to very high erosion. The set of this information requires the monitoring and analysis of other variables such as soil, relief and vegetation cover typologies for the area in an integrated perspective in order to better understand the

processes involved in the evolution and dynamics of the Serra da Capivara National Park landscape and its Surroundings.

Keywords: Climate Analysis. Erosivity. Environmental Planning.

BALANCE DE AGUA CLIMATOLÓGICA Y EROSIVIDAD DEL PARQUE NACIONAL SERRA DA CAPIVARA Y ALREDEDOR, PIAUÍ, BRASIL

Resumen: El presente trabajo tuvo como objetivo realizar el balance hídrico climatológico y aún estimar la erosividad de la lluvia del Parque Nacional Serra da Capivara y su entorno, teniendo en cuenta el período de 1965 a 1985. El balance hídrico climatológico realizado por el área de estudio indica un clima semiárido, con un predominio de la sequía y una distribución irregular de las lluvias, concentradas entre 3 a 4 meses. Los valores de erosividad evidenciaron prevalencia de susceptibilidad a la erosión de moderada a muy alta. El conjunto de estas información exige el seguimiento y el análisis de otras variables a ejemplo de las tipologías de suelo, relieve y la cobertura vegetal para el área en una perspectiva integrada a una mayor comprensión de los procesos involucrados en la evolución y dinámica del paisaje del Parque Nacional Serra da Capivara y su alrededor, área sometida a desertificación.

Palabras clave: Análisis Climático, Erosividad, Planeamiento ambiental.

INTRODUÇÃO

O clima embora não sendo um componente materializável e visível na superfície terrestre é fator fundamental no estudo dos sistemas ambientais, posto constituir-se o fornecedor de energia, cuja incidência repercute na quantidade disponível de calor e água (Christofolletti, 1999) assim, o clima desempenha papel fundamental na medida em que regula os processos e a dinâmica dos sistemas ambientais.

O clima das regiões suscetíveis à desertificação (regiões áridas, semiáridas e subúmidas secas), considerando suas variações espaciais e temporais, é condicionante na degradação dos recursos naturais (água, vegetação, solos, etc.), impondo assim limitações à produtividade e ao manejo da terra, o que denota a importância da caracterização e da análise dos parâmetros climáticos da área de estudo. Neste ínterim destaca-se o Balanço Hídrico (BH) um parâmetro que diz respeito ao cálculo da entrada e saída de água no solo (BELTRAME, 1994). Um desequilíbrio neste balanço resultará em danos irreversíveis aos recursos naturais renováveis, daí a necessidade de conhecimento dos componentes deste.

O BH corresponde à dinâmica das relações da atmosfera com o sistema solo-planta.

Matos, Silva e Medeiro (2014) consideram o emprego das informações fornecidas pelo balanço hídrico climatológico de suma importância, pois o mesmo considera o solo, sua textura física, profundidade efetiva do sistema radicular das culturas e o movimento de água no solo durante todo o ano.

A Erosividade é a capacidade potencial das chuvas em causar erosão do solo, e se constitui um grande problema nas áreas de utilização agrícola dos solos. Este fator permite a avaliação do potencial erosivo das precipitações de determinado local, sendo possível conhecer a capacidade e o potencial da chuva em causar erosão conforme Wischemeyer e Smith (1978), Bertoni e Lombardi Neto (1999) e Menezes e Leite (2011).

A carência de análises climáticas para a área objeto deste estudo, localizada em região semiárida de elevada fragilidade natural, justifica a presente proposta.

Considerando a relevância da temática o presente trabalho objetivou i) caracterizar as seguintes variáveis do BH do Parque Nacional Serra da Capivara e Entorno: Precipitação, Evapotranspiração Total Potencial e Real, Índice de Efetiva Umidade (IM), Índice de Aridez e Número de Meses Secos e ainda ii) estimar a erosividade das chuvas do Parque Nacional Serra da Capivara e entorno localizado na parte sudeste do Estado do Piauí.

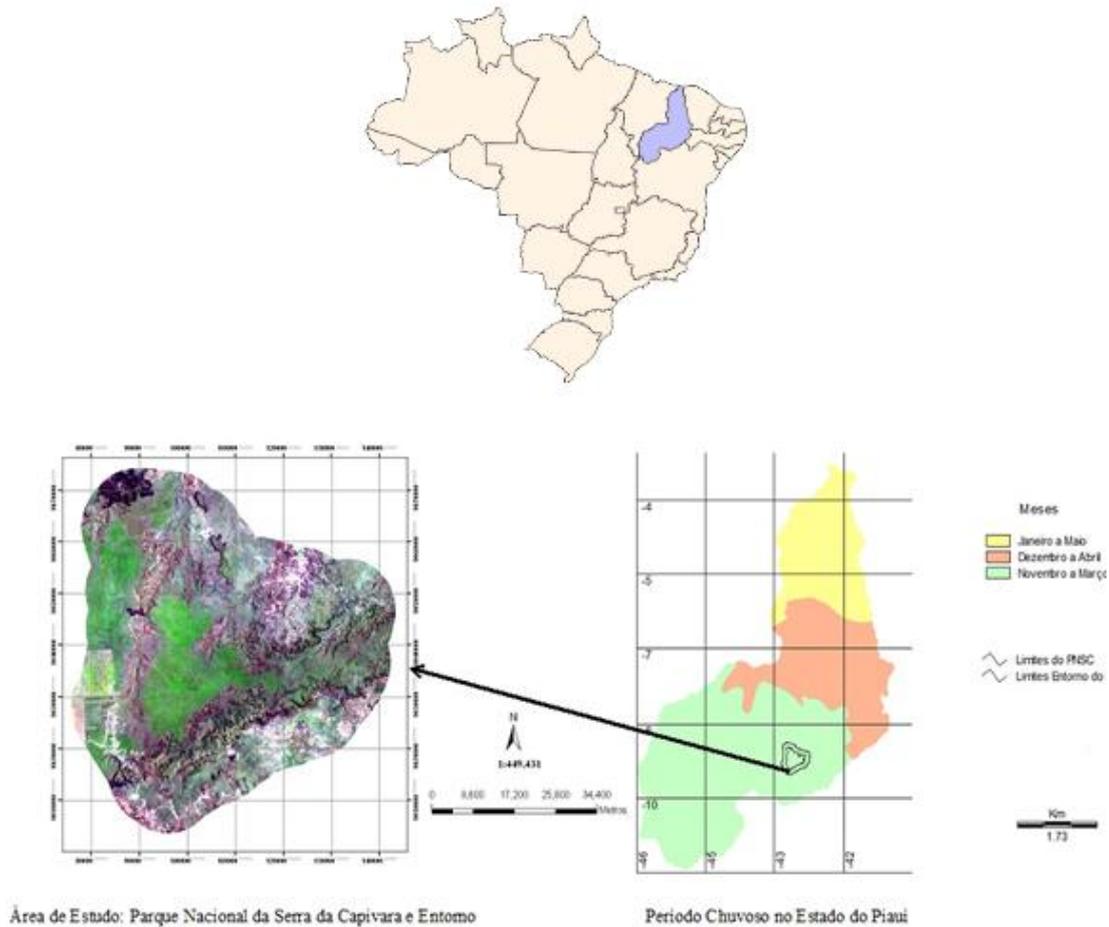
CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO

O estado do Piauí localiza-se no nordeste brasileiro, possui uma área de 251.529,2 km², e é o terceiro maior estado em extensão na região. Suas características geoambientais refletem a condição de área de transição entre o domínio das depressões interplanálticas recobertas por caatingas com clima semiárido, as áreas de cerrado do planalto central e a floresta tropical da Amazônia.

Medeiros (1999) afirma que os principais sistemas de perturbação atmosférica atuantes no estado do Piauí são: as linhas de instabilidade, a zona de convergência intertropical e ainda os vestígios de frente fria, aliados aos complexos convectivos de mesoescala. Da interação entre esses sistemas resulta diferentes padrões de distribuição ao longo dos meses do ano conforme constata-se na Figura 1 (a sua figura não mostra diferentes regimes (chuvoso e seco), mas sim como é a distribuição da chuva em determinados meses do ano, explicar melhor.

O Parque Nacional da Serra da Capivara, localizado no sudoeste do Piauí, abrange uma área em torno de 129.140ha e engloba terras dos municípios de São Raimundo Nonato , Coronel José Dias, João Costa e Brejo do Piauí.

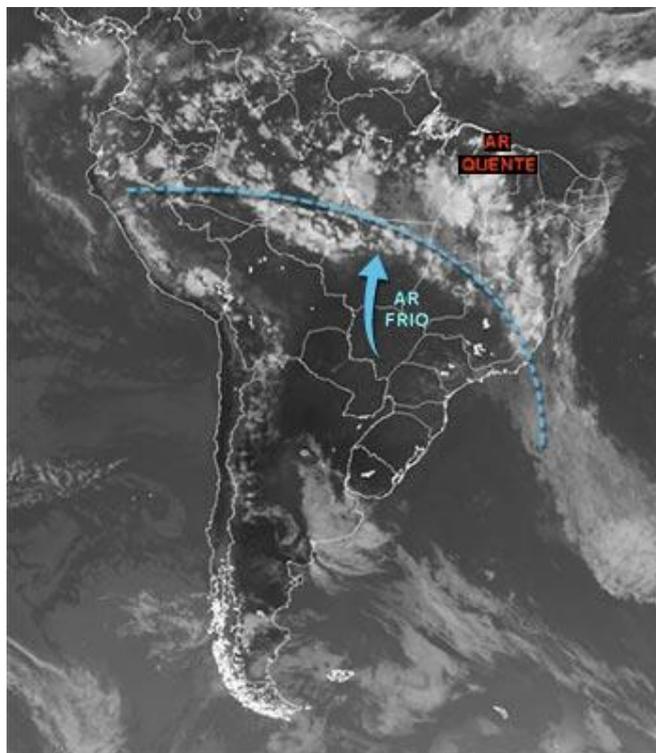
Figura 1 – Distribuição espacial dos períodos chuvosos no Estado do Piauí, segundo Medeiros (1999).



A geologia da área divide-se em dois grandes conjuntos, a Bacia Sedimentar Piauí-Maranhão e a Depressão do Médio São Francisco, conhecida como Escudo Metamórfico Pré-Cambriano (SANTOS e CARVALHO 2004).

A porção sudeste do Estado onde está localizado o Parque Nacional da Serra da Capivara e seu entorno tem como principal sistema causador de chuvas as penetrações de Frentes Frias e/ou vestígios da mesma, que eleva a nebulosidade e provoca precipitações de intensidade moderadas a forte na região entre os meses de novembro e março (Medeiros, 1999). Na imagem de satélite GOES-12 (Figura 2) verifica-se uma frente fria ativa no Nordeste, com bandas de nuvens desde o sul do Piauí, Bahia, norte de Minas Gerais e Espírito Santo.

Figura 2 – Nebulosidade associada a Frente Fria no Estado do Piauí.



Fonte: INMET

METODOLOGIA

Empregada no Balanço Hídrico

A análise climática da área de estudo baseou-se em dados de precipitação das séries anuais disponíveis em Sudene (1990). As falhas constantes nas séries históricas (1963 a 1985) foram corrigidas pelo Método de Ponderação Regional proposto por Tucci (1993). Os 20 postos pluviométricos localizados no interior e no entorno do Parque Nacional da Serra da Capivara foram empregados para análise do balanço hídrico e da erosividade considerando uma série histórica de 23 anos. Ressalta-se que o uso desta série histórica resulta da falta generalizada de dados para o Piauí e conseqüentemente para a área de estudo. Boarett et al (1998) afirmam que para a tabulação dos dados de erosividade são exigidos o estudo das chuvas ocorridas em 22 anos do local considerado.

O Balanço Hídrico impõe limitações às atividades biológicas, econômicas e sociais. No presente trabalho ele foi computado segundo Thornthwaite e Mather (1955). De acordo com Nogueira e Lima (1989) este método contabiliza a água do solo, onde a precipitação representa seu ganho e a evapotranspiração a perda de umidade do solo. A capacidade de armazenamento de água no solo considerada foi de 100 mm, valor largamente utilizado em

estudos desta natureza, como afirmam Sales, Zanella e Oliveira (2015).

Segundo D'angiolella, Vasconcelos e Rosa (2005) a estimativa do balanço hídrico surgiu da necessidade de se contabilizar a chuva e a evapotranspiração que ocorre em um ecossistema, objetivando o conhecimento da disponibilidade de água para as plantas. Visando equacionar esta relação, surgiram diferentes métodos de cálculo, dentre eles, o conhecido balanço hídrico climatológico de Thornthwaite e Mather (1955). Tal modelo baseia-se na estimativa das entradas e saídas de água de um volume de controle, resultante da aplicação do princípio de conservação de massa para um volume de solo vegetado, possibilitando informações sobre ganhos, perdas e armazenamento da água pelo solo.

O balanço hídrico tradicional de Thornthwaite e Mather (1955) é um método contábil que fornece o saldo de água disponível no solo. Ressalta-se que os estudos sobre o balanço hídrico devem ser desenvolvidos visando à relação cultura/clima, o que possibilita um ajuste do cultivo às condições climáticas, evitando as consequências desastrosas de um planejamento agrícola deficiente com relação ao clima. O balanço hídrico constitui-se um indicador climatológico da disponibilidade hídricas de determinada região.

Os termos do Balanço hídrico (Precipitação, Evapotranspiração Potencial, Índice de Aridez, Índice Efetivo de Umidade e Número de Meses Secos) obtidos para os postos pluviométricos da área de estudo foram plotados em mapas e com o emprego de técnicas de triangulação usando o software *Surfer* obteve-se isolinhas que permitiram a confecção dos mapas temáticos usados na caracterização dos termos do balanço hídrico do Parque Nacional da Serra da Capivara e Entorno.

Empregada para a Erosividade das Chuvas

Considerando a inexistência de pluviógrafos, equipamento utilizado para determinação direta dos valores de erosividade em muitas localidades Brasileiras, a exemplo da área de estudo optou-se pelo emprego do método indireto a partir da utilização da equação proposta por Lombardi Neto e Moldenhauer (1992), e apresentada por Bertoni e Lombardi Neto (1999).

Segundo Bueno, Stein e Garcia. (2000) e Lima (2003), a equação de Lombardi Neto e Moldenhauer (1992), que estabelece correlações entre o índice de erosividade (R) e características das chuvas, tem obtido boa aceitação por parte de pesquisadores brasileiros, razão que justifica sua utilização no presente estudo. O método baseia-se em uma equação de regressão linear entre o índice médio mensal de erosão e o coeficiente de chuva, resultando na

seguinte equação:

$$EI = 67,355 (r^2 / P)^{0,85} \quad (1)$$

Onde:

EI é a média mensal do índice de erosão, em MJ.mm/ha.h.ano,

r é a precipitação média mensal, em mm,

P é a precipitação média anual, em mm.

Os valores estimados para erosividade das chuvas do Parque Nacional da Serra da Capivara e Entorno foram agrupados em classes conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Intervalos de R, e as denominações das classes correspondentes a cada intervalo.

Amplitudes de K (ton.ha.h/ ha.MJ.mm)	Classes
R < 4550	Muito Baixa
4551 <R<4700	Baixa
4701 <R<4850	Média
4851 <R<5000	Alta
R > 5000	Muito Alta

Fonte: Pesquisa direta. Aquino (org.), 2010

Os dados relativos ao balanço hídrico e a erosividade foram processados via pacote de programas USUAIS, desenvolvido por Oliveira e Sales (2016).

RESULTADOS

As principais variáveis do Balanço hídrico climatológico elaborado por Thornthwaite e Mather (1955) são a Precipitação, a Evapotranspiração Potencial, a Evapotranspiração Real, o Índice de Aridez, o Índice Efetivo de Umidade e o Número de Meses Secos durante o ano. Assim, a estimativa e análise destes componentes é fundamental para a realização e compreensão do balanço hídrico climatológico da área de estudo.

Sales (2003) afirma que a despeito das limitações inerentes a qualquer modelo teórico, o balanço hídrico climatológico constitui-se em uma importante ferramenta para estudos climáticos, agroclimáticos, e ecológicos, principalmente nas regiões onde a base de dados meteorológicos é deficiente, constituídos quase sempre por dados de precipitação média mensal a exemplo da área de estudo em questão.

Os resultados do balanço hídrico para os postos meteorológicos da área de estudo estão indicados na Tabela 2.

Tabela 2 – Resultado do Balanço Hídrico dos Postos Meteorológicos do Parque Nacional da Serra da Capivara e

Entorno, segundo THORNTHWAITE'55

Nome Posto	Precipitação média anual, em mm *	Temperatura média Mensal, em °C **	Índice de Aridez	Evapotranspiração Potencial (mm)	Evapotranspiração Real (mm)	Número de Meses Secos	Excedente Hídrico	Déficit Hídrico	Índice efetivo umidade
Canto do Buriti	837	26.4	0,54	1556	891	9	6	725	-46.2
Brejão	777	22.4	0,73	1069	741	8	60	328	-24.1
Caracol	822	23.6	0,69	1190	795	6	27	395	-30.9
Anísio de Abreu	826	24.8	0,62	1336	824	7	2	512	-38.2
São Francisco	591	25.9	0,40	1489	591	10	0	898	-60.3
Serra do Faustino	761	26.3	0,49	1550	761	9	0	789	-50.9
São João do Piauí	996	26.8	0,62	1610	861	8	181	749	35.3
Sete Lagoas	617	25.8	0,42	1481	617	9	0	864	-58.3
Estação***	838	24.4	0,65	1286	812	8	26	474	-34.8
Moreira	656	26.8	0,41	1609	656	10	0	953	-59.2
Juscelino Kubitschek ***	691	26.2	0,45	1527	691	9	0	836	-54.7
Riacho das Vacas ***	586	26.7	0,37	1594	586	11	0	952	-59.7
São Lourenço ***	691	24.7	0,52	1322	691	9	0	629	-47.6
Cavalheiro ***	824	25.7	0,56	1462	824	8	0	638	-43.6
Bom Jardim ***	727	23.3	0,63	1153	724	7	3	429	-36.9
Curral Novo	673	26.1	0,45	1511	673	9	0	839	-55.5
Campo Alegre de Lourdes	783	24.2	0,62	1264	778	7	5	486	-38.1
Casa Nova	578	25.9	0,39	1491	578	10	0	913	-61.2
Baluarte	895	24.0	0,73	1227	807	7	88	420	-27.1
Remanso	675	25.9	0,46	1477	675	10	0	802	-54.3
Média	707	24.0	—	1462	694	8	19	649	43.7

* Dados de Sudene (1990)

** Estimada de acordo com Lima (1982)

*** Postos inseridos no Parque Nacional da Serra da Capivara e Entorno

Precipitação

A precipitação pode ser definida como toda a água proveniente da atmosfera que atinge a superfície terrestre, sendo a sua disponibilidade anual em uma região o fator determinante para quantificar a necessidade de irrigação e abastecimento de água (TUCCI, 2001).

Os volumes pluviométricos anuais no semiárido nordestino influenciam de maneira direta os aspectos socioambientais, posto o incipiente nível tecnológico da região, resultante da falta de políticas de convívio com as adversidades climáticas.

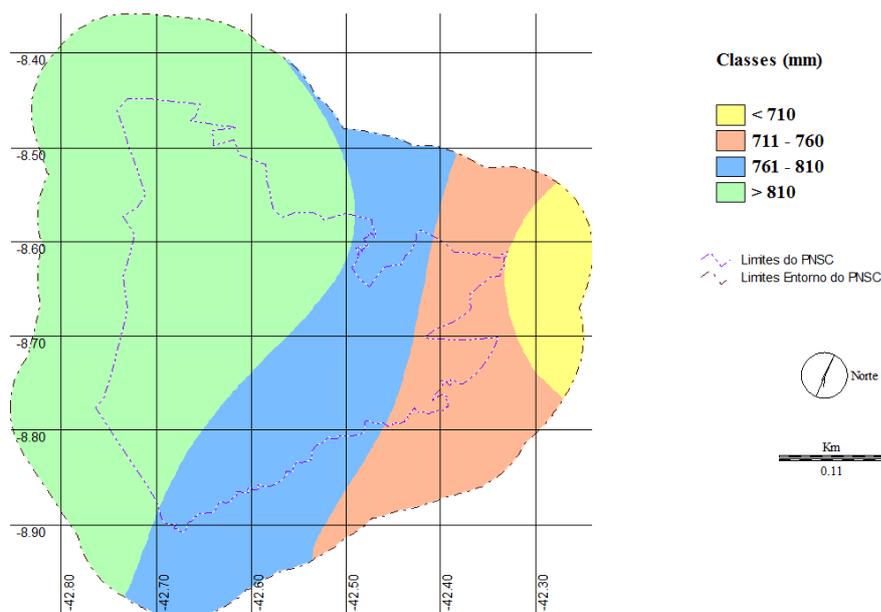
Os volumes pluviométricos no Parque Nacional da Serra da Capivara e Entorno variam de acordo com a Tabela 2 de 578 mm/ano a 996mm/ano, com valores médios anuais de precipitação, variando de valores < 710 mm a > 810mm, o que se reflete na variação

apresentada pelos demais termos do balanço hídrico discutidos a seguir.

A Figura 3 elaborada a partir dos dados constantes na Tabela 2 apresenta a espacialização das chuvas na área mapeada.

Figura 3 – Precipitação Total Média Anual do Parque Nacional da Serra da Capivara e Entorno.

Precipitação Total Média Anual do Parque Nacional da Serra da Capivara e Entorno, PI, Brasil.



Constata-se que em 51,7% da área de estudo as precipitações são superiores a 810 mm/ano. Os maiores valores de precipitação estão localizados na porção ocidental da área, posto nesta serem observadas as maiores altitudes. Por outro lado a porção oriental apresenta os menores valores de precipitação. Acredita que a mancha de semiaridez mais acentuada no interior da área de estudo seja definida por alinhamentos de relevo local confirmando assim a importância deste elemento na diferenciação da paisagem.

Evapotranspiração Potencial – ETP

Penman (1953) adotou o conceito de evapotranspiração potencial como sendo a quantidade de água transferida para a atmosfera por evaporação e transpiração, na unidade de tempo e de área, por uma cultura de porte baixo (vegetação rasteira), verde, de altura uniforme e sem deficiência hídrica, que cobre totalmente a superfície do solo.

Pereira et. al.(1997) conceitua a Evapotranspiração Potencial como o processo de perda máxima de água para a atmosfera pela ocorrência simultânea dos processos de

transpiração e evaporação, através de uma superfície natural gramada, padrão, sem restrição hídrica, e em crescimento ativo.

Pode-se inferir que a Evapotranspiração Potencial (ETP) corresponde a quantidade de água necessária para manter a vegetação sempre verde em função de uma dada temperatura. Nos cálculos do balanço hídrico, a evapotranspiração potencial representa o consumo de água, enquanto a pluviosidade representa o abastecimento. O solo seria o reservatório, razão pela qual se considera que o balanço hídrico representa a dinâmica das relações da atmosfera com o sistema solo-planta.

Para cálculo da evapotranspiração potencial anual (ETP) segundo Thornthwaite (1948) foram estimados os valores de temperatura média mensal (T) a partir de equações desenvolvidas por Lima (1982). Esta equação foi manipulada através do programa computacional USUAIS conforme Oliveira e Sales (2016). Por intermédio deste pacote de programas foi possível a estimativa dos valores de temperatura média mensal dos postos pluviométricos das séries históricas estudadas e ainda de todos os termos do balanço hídrico climatológico aqui analisados.

A partir dos dados de ETP indicados na Tabela 2, constata-se que os valores são sempre superiores a 1000 mm, com um valor médio de 1.462 mm. A Figura 4 apresenta a distribuição espacial da ETP na área de estudo. Os valores de ETP superiores a 1.000 mm, constituem uma característica marcante das regiões tropicais semiáridas do mundo resultado da ilimitada oferta de energia solar responsável pelos elevados valores de temperatura, altas taxas de evapotranspiração e acentuados déficits hídricos, evidenciados em todos os postos estudados e espacializado na Figura 5. Os valores de déficit variaram de 450 mm a 900 mm com os maiores valores na porção oriental e central da área de estudo.

Índice de Aridez

Baseado em AQUINO (2010) com a determinação do Índice de Aridez (IA) é possível conhecer inicialmente as limitações impostas pelo clima para a realização de atividades biológicas primárias e, conseqüentemente da produtividade agrícola indispensável ao desenvolvimento das sociedades humanas. Este Índice proposto pelo UNEP (1991) é o quociente entre a precipitação média anual e a evapotranspiração potencial anual (P/ETP).

Figura 4 – Evapotranspiração Potencial Total Anual do Parque Nacional da Serra da Capivara e Entorno, PI, Brasil. Retire o título da figura pois esta repetitivo.

Evapotranspiração Total Anual do Parque Nacional da Serra da Capivara e Entorno, PI, Brasil.

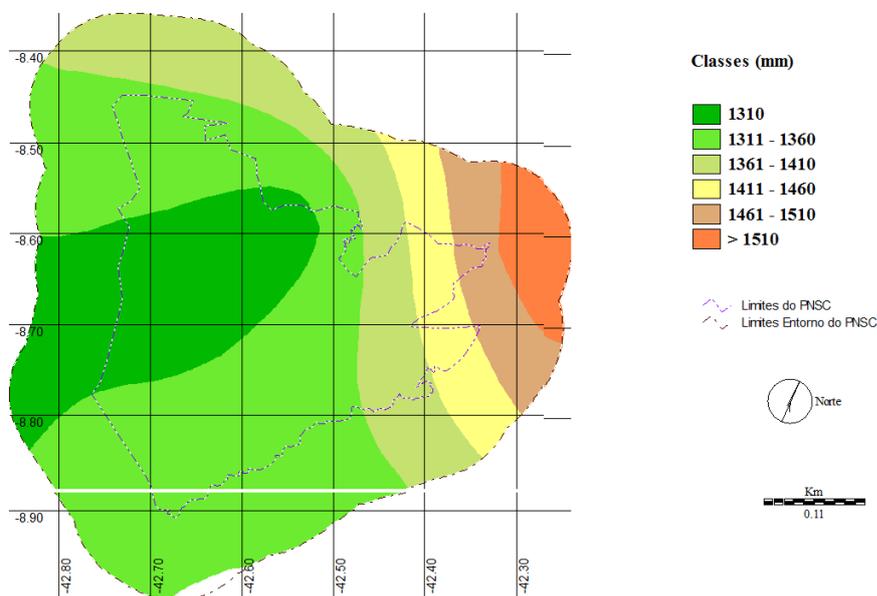
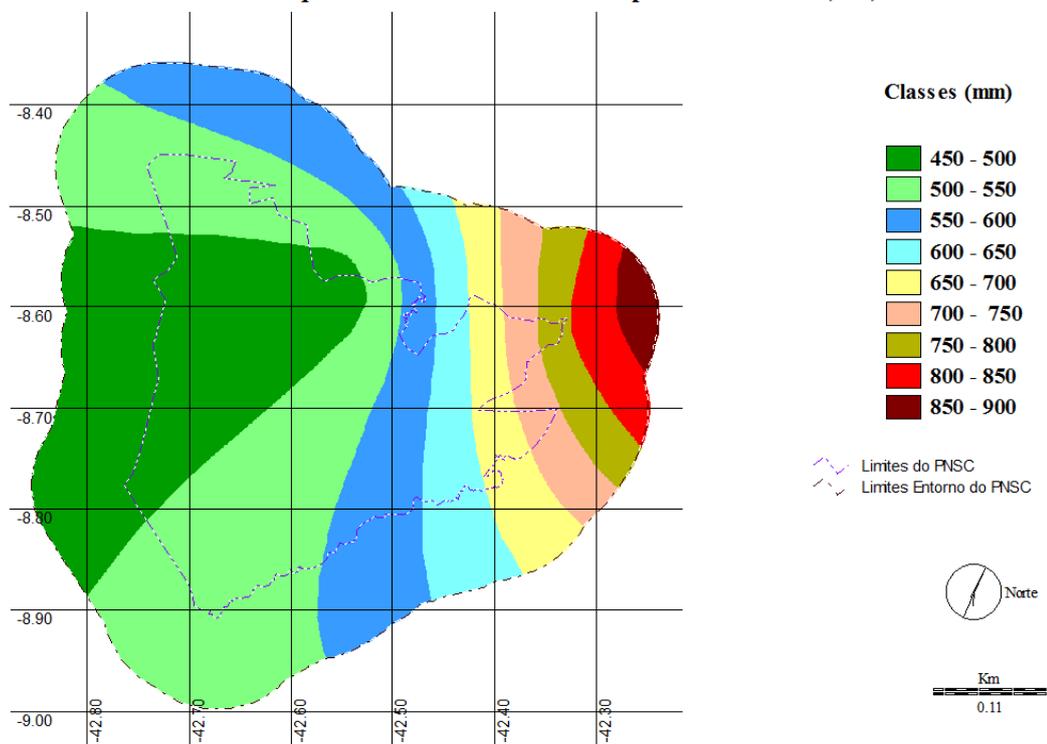


Figura 5 – Déficit Hídrico do Parque Nacional da Serra da Capivara e Entorno, PI, Brasil.

Déficit Hídrico no Parque Nacional da Serra da Capivara e Entorno, PI, Brasil.

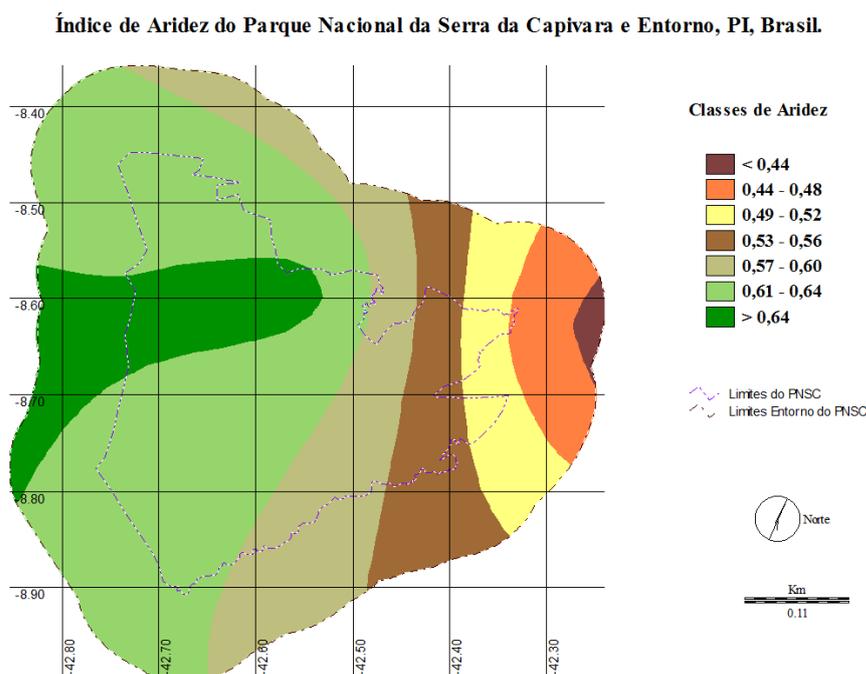


O índice de aridez, elaborado por Thornthwaite (1948) e ajustado posteriormente por Penman (1953), calcula a diferença entre a quantidade de chuva e a perda de água do sistema,

ou seja, a evapotranspiração. É um índice relevante nos estudos não só de áreas secas, posto ser empregado para identificar as diferentes regiões do globo susceptíveis a desertificação. É consenso que a susceptibilidade a este processo está diretamente associada ao nível de aridez do local. A Figura 6 apresenta o comportamento espacial do IA para a área de estudo.

A Figura 6 indica níveis diferenciados de aridez na área de estudo, com valores mais elevados na porção oriental. Pela análise da referida figura depreende-se que em 6,3% da área de estudo os valores de IA variam de < 0,44 a > 0,50, permitindo, portanto, seu enquadramento na categoria de clima semiárido. Em 93,7% da área os valores de IA variam de 0,61 a > 0,64 enquadrando-se na categoria de clima seco subúmido. Considerando o IA toda a área objeto deste estudo configura-se segundo a UNEP (1991) suscetível a desertificação, considerando o parâmetro climático.

Figura 6 – Índice de Aridez (P/ETP) do Parque Nacional da Serra da Capivara e Entorno, PI, Brasil.



Índice Efetivo de Umidade

O Índice efetivo de umidade de Thornthwaite (1955) é utilizado para determinar o quanto úmido ou seco é o clima de uma determinada região através da relação entre os valores de evapotranspiração potencial, do excedente e do déficit hídrico do balanço utilizando a equação:

$$IM = [(EXC - DEF) \times 100] / EP \quad (1)$$

Onde:

EXC é o Excedente Hídrico Anual;

DEF é a Deficiência Hídrica Anual;

EP é a Evapotranspiração Potencial Anual.

Na Tabela 3 abaixo podemos observar a classificação climática, quanto à umidade, de acordo com Thornthwaite e Mather (1955), que classifica os tipos climáticos em úmidos e secos. Os úmidos conforme a referida tabela apresentam os seguintes sub-tipos: superúmidos, úmidos e subúmidos úmidos, com valores variando de 0 a >100. Os secos são representados pelos subtipos: subúmidos seco, semiárido e árido, com (IM) variando de valores de 0 a maiores que < -66,6.

Tabela 3 – Classificação dos Climas segundo o Índice Efetivo de Umidade (Im) de Thornthwaite e Mather (1955)

Tipos Climáticos		Índice efetivo de umidade (IM)
úmidos	Superúmido	> 100
	Úmidos	20 a 100
	Subúmido úmido	0 a 20
secos	Subúmido seco	0 a -33,3
	Semiárido	-33,3 a -66,6
	Árido	< -66,6

Fonte: Thornthwaite e Mather (1955)

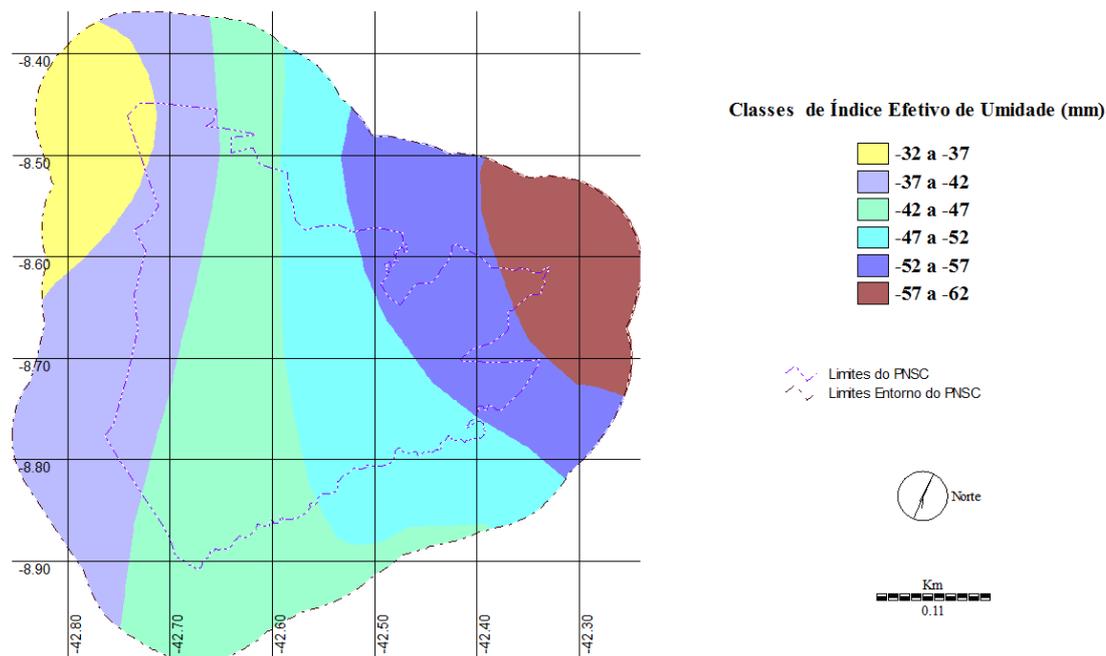
Conforme pode ser visto na Tabela 2, todos os valores de Índice Efetivo de Umidade obtidos para os postos estudados (área de estudo) foram negativos, com valores variando de -33 a -60, caracterizando uma tipologia de clima semiárido, com a ocorrência de uma aridez mais acentuada na porção oriental da área de estudo, conforme Figura 7.

Número de Meses Secos

Corresponde à distribuição temporal das precipitações no decorrer do ano. Demonstra a partir dos valores de precipitação dos postos pluviométricos; os meses em que há pouca disponibilidade hídrica na região, em contraste aos períodos que há maior disponibilidade hídrica. Assim, permite analisar os meses de excedente hídrico, culminando em maior volume de água, e os períodos de déficit hídrico, caracterizados como aqueles em que não há disponibilidade hídrica na região.

Figura 7 – Índice Efetivo de Umidade (IM) do Parque Nacional da Serra da Capivara e Entorno, PI, Brasil.

Índice Efetivo de Umidade (IM) do Parque Nacional da Serra da Capivara e Entorno, PI, Brasil.



Com relação à distribuição temporal das precipitações, constata-se que a área de estudo apresenta de 8 a 11 meses secos, conforme Figura 8. Uma comparação entre os valores de precipitação dos postos pluviométricos e o número de meses secos constantes na Tabela 2, deixa claro o problema da não disponibilidade de água na região, mas de concentração temporal de chuvas em um período que varia de três a quatro meses, culminando em intenso processo de erosão agravado pela pouca proteção oferecida pela vegetação da área.

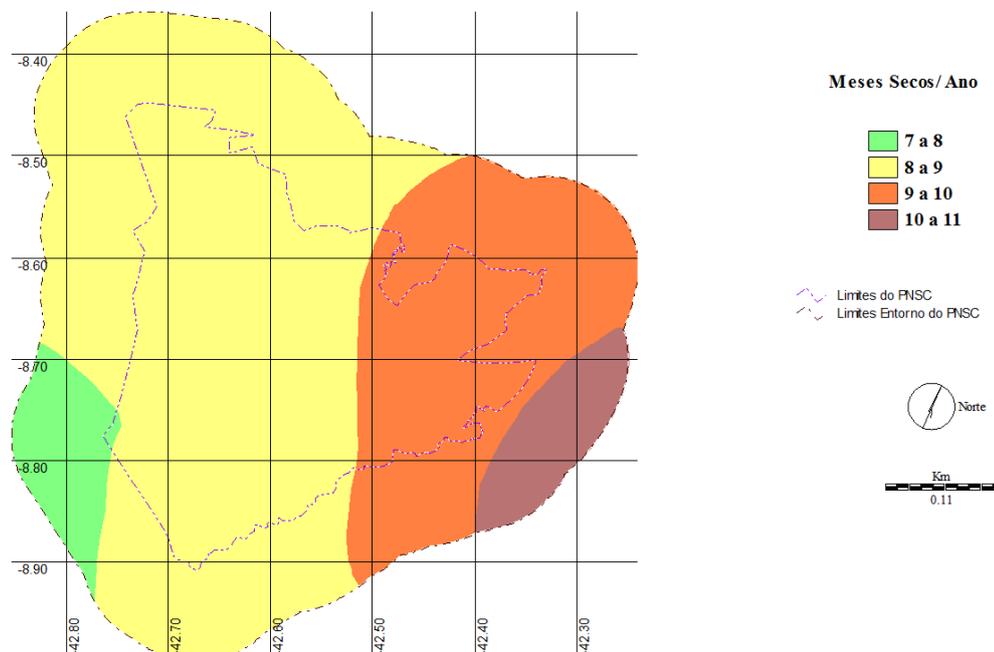
Uma análise da Figura 8 permite inferir que em 94,5% da área total, o número de meses secos varia de 8 a 11 meses, evidenciando uma significativa fragilidade climática da área de estudo. Em apenas 5,5% da área de estudo constata-se uma melhor distribuição das chuvas ao longo dos meses do ano, com apenas 7 a 8 meses secos.

Acredita-se que a maior disponibilidade de chuva na porção leste da área resulte do efeito orográfico da borda da Bacia Sedimentar do Parnaíba.

De modo geral, os resultados da análise climática constante na Tabela 2 mostram uma grande variação quantitativa dos termos do balanço hídrico, aspectos que limitam a produtividade biológica e determinam os processos morfo-pedológicos e fito-ecológicos na área de estudo.

Figura 8 – Número de Meses Secos do Parque Nacional da Serra da Capivara e Entorno, PI, Brasil.

Número de Meses Secos do Parque Nacional da Serra da Capivara e Entorno, PI, Brasil.



Erosividade da chuva

A partir do emprego da equação 1 de Lombardi Neto e Moldenhauer (1992), foram estimados os valores de erosividade das chuvas para a área de estudo. Os valores mensais de erosividade dos postos pluviométricos estudados estão apresentados na Tabela 4.

Uma análise da Tabela 4 permite inferir que o menor valor de R obtido considerando os postos inseridos na área de estudo foi de 4.006 MJ.mm/há.h.ano no posto Riacho das Vacas e o maior valor de R foi de 5.217 MJ.mm/há.h.ano no posto Cavalheiro.

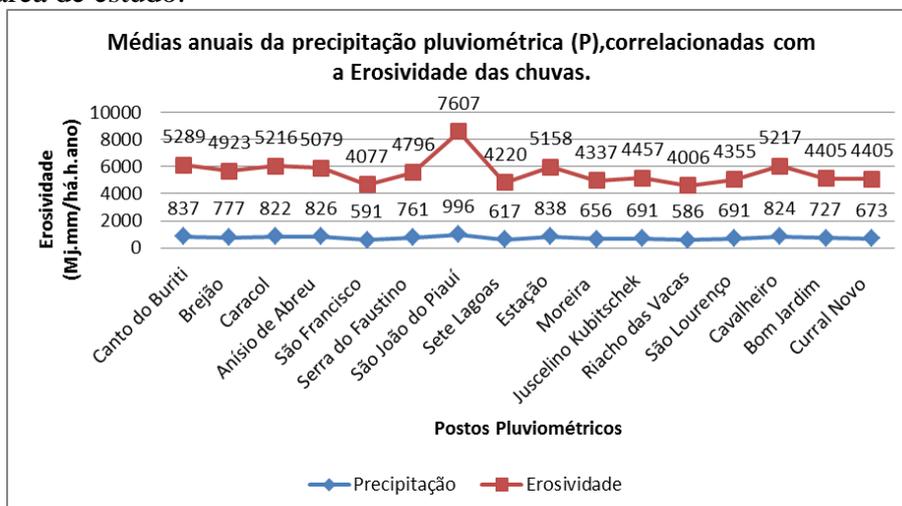
Quando se relaciona precipitação pluviométrica e erosividade da chuva, é possível detectar a partir da Tabela 4 e do gráfico da Figura 9 que os maiores índices de erosividade coincidem com os maiores valores obtidos para a precipitação, assim, quanto maior o volume de precipitação, maior, a capacidade da chuva em causar erosão. Esta constatação está de acordo com Silva e Dias (2008) que analisaram a erosividade das chuvas em Fortaleza, Ceará. Os valores de R obtidos para a área de estudo são compatíveis com os constantes em Cecílio (2008) que apresenta para as localidades alagoinhas (PB), Areia (PB) e Caruaru (PE) todas localizados no semiárido brasileiro os seguintes valores de erosividade 3.423, 3.875 e 2.060 4 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹, respectivamente.

Tabela 4 – Postos pluviométricos, precipitações médias totais e Erosividade da chuva (R) no Parque Nacional da Serra da Capivara e Entorno - Piauí.

Postos pluviométricos	Precipitação média anual, em mm	Índice anual de Erosividade (Mj.mm/há.h.ano)
Canto do Buriti	837	5289
Brejão	777	4923
Caracol	822	5216
Anísio de Abreu	826	5079
São Francisco	591	4077
Serra do Faustino	761	4796
São João do Piauí	996	7607
Sete Lagoas	617	4220
Estação	838	5158
Moreira	656	4337
Juscelino Kubitschek	691	4457
Riacho das Vacas	586	4006
São Lourenço	691	4355
Cavalheiro	824	5217
Bom Jardim	727	4405
Curral Novo	673	4405
Campo Alegre de Lourdes	783	4999
Casa Nova	578	3901
Baluarte	895	5482
Remanso	675	4482

Fonte: Pesquisa direta.

Figura 9 – Médias anuais da precipitação pluviométrica, correlacionadas com a erosividade das chuvas na área de estudo.



Fonte: Pesquisa direta.

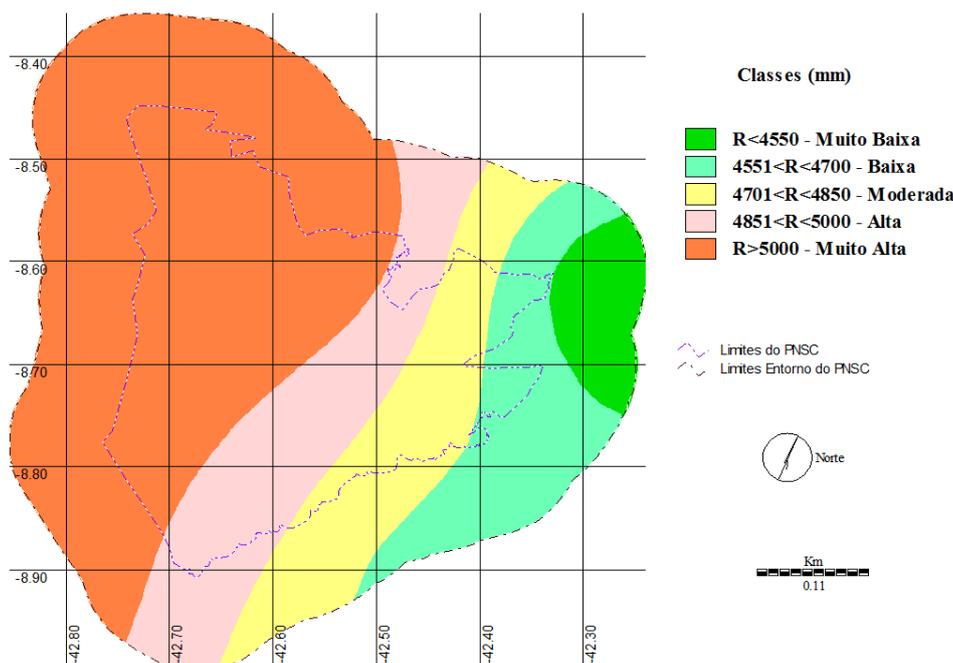
Silva et al. (2008), estudando a bacia hidrográfica de São João do Cariri no semiárido paraibano com o auxílio de um pluviógrafo, determinaram valores de erosividade média anual de 3.783,77 e 1.514,54 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹ para os anos de 2000 e 2002 respectivamente, resultados próximos dos aqui obtidos.

Considerando as coordenadas geográficas dos postos pluviométricos utilizados no

estudo, os valores de R foram plotados em mapa, objetivando o traçado de isoerodentes, possibilitando a delimitação de áreas com igual valor de erosividade. A Figura 10 apresenta a distribuição espacial das classes de R na área de estudo.

Figura 10 – Erosividade das Chuvas no Parque Nacional da Serra da Capivara e Entorno, PI, Brasil.

Erosividade das Chuvas do Parque Nacional da Serra da Capivara e Entorno, PI, Brasil.



Com base no mapa de isoerodente da Figura 10 e nos valores obtidos, constata-se que em 17,3% da área de estudo os valores de R variam de Muito Baixo a Baixo e que em 82,7% da área a erosividade variou de Moderada a Muito Alta. Estes altos valores de erosividade sugerem alta capacidade de erosão pela ação da chuva, esta constatação aliada a presença de cobertura vegetal rarefeita na área de estudo, posto tratar-se de ambiente com tipologia climática semiárida, sugerem significativas taxas de perdas de solo por erosão hídrica, favorecendo a redução do perfil de solo, o decréscimo dos teores de matéria-orgânica e o armazenamento de água pelo solo, a ser disponibilizado as plantas.

CONCLUSÕES

- O conhecimento dos condicionantes climáticos a partir das variáveis do balanço hídrico climatológico: precipitação, evapotranspiração potencial, déficit hídrico, índice de aridez, índice de efetivo de umidade e número de meses secos, constitui-se

instrumento indispensável para o entendimento da análise das potencialidades e disponibilidade hídrica do Parque Nacional da Serra da Capivara e seu Entorno.

- Com relação a análise do balanço hídrico do Parque Nacional da Serra da Capivara e seu Entorno, conclui-se que a precipitação de modo espacial apresenta valores variando de menores que 710 mm a valores superiores a 810 mm. Os valores de ETP foram superiores a 1000 mm evidenciando uma ilimitada oferta de energia solar, que favorece o predomínio do déficit hídrico na área de estudo que oscilou entre 450 mm a 900 mm. O índice de aridez indica tratar-se de uma área suscetível à desertificação, condição confirmada pelo índice efetivo de umidade que indicou tratar-se de ambiente com domínio de clima semiárido. Quanto a distribuição da precipitação durante os meses do ano constatou-se a ausência temporal de chuvas variando de 8 a 11 meses.
- Em 82,7% da área predomina erosividade variando de moderada a muito alta, sugerindo alta capacidade de erosão dos solos, pela ação da chuva, esta constatação aliada a presença de cobertura vegetal rarefeita na área de estudo, posto tratar-se de ambiente com tipologia climática semiárida, exige usos racionais em especial na área do entorno do Parque Nacional da Serra da Capivara.
- O balanço hídrico climatológico realizado para a área de estudo indica um clima semiárido, com predomínio de déficit hídrico e uma irregular distribuição das chuvas, concentradas entre 3 a 4 meses. Os valores de erosividade evidenciam predomínio de suscetibilidade a erosão de moderada a muito alta. O conjunto destas informações exige o monitoramento e a análise de outras variáveis a exemplo das tipologias de solo, de relevo e de cobertura vegetal em uma perspectiva integrada de modo a uma maior compreensão dos processos participantes da evolução e dinâmica da paisagem do Parque Nacional da Serra da Capivara e seu Entorno, área sujeita a desertificação.

Agradecimento

A Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Piauí - FAPEPI

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AQUINO, C.M.S. *Estudo da degradação / desertificação no núcleo de São Raimundo Nonato - Piauí*. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal de Sergipe - UFSE. São Cristovão, 2010.

BELTRAME, A.V. *Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação*.



Florianópolis: Ed. da UFSC, 1994.

BERTONI, J; LOMBARDI NETO, F. *Conservação do Solo*. São Paulo: Ícone ed., 1999.

BOARETT, W. A.; SOUZA, C.M.; WRUCK, F.J. Índice de Erosividade das chuvas para Viçosa/MG. **Revista Ceres**, Viçosa, Vol. 45 (258) p. 193-201, 1998.

BUENO, C.R.P.; STEIN, D. P.; GARCIA, G. J. Distribuição espacial do potencial natural de erosão na alta e média baixa do rio Jacaré – Pepira, SP. **Revista Ciências Biológicas e do ambiente**, São Paulo, v. 2, nº2, p. 139-153, maio/ago. 2000.

CHRISTOFOLETTI, A. *Modelagem de sistemas Ambientais*. São Paulo: Edgard Blucher. 236p. 1999.

D'ANGIOLELLA, G.; VASCONCELOS, V. L. D.; ROSA, J. W. C. *Estimativa e espacialização do balanço hídrico na mesorregião sul da Bahia*. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12, Goiânia, GO, 2005.

LIMA, M.G. Normais de temperatura máxima, mínima e média estimadas em função da latitude, longitude e altitude para o estado do Piauí. **Ensaio - Boletim de Pesquisa**, v. 1, n. 1, p. 1-40. 1982.

LIMA, E.R. V. Erosão do solo: fatores condicionantes e modelagem matemática. **Revista Cadernos do LOGEPA – Série Pesquisa**, ano 1, nº 1, p. 1-43, jan./jun. 2003.

LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W. C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com perdas de solos em Campinas - SP. **Bragantia**, Campinas, v.51, nº 2, p. 189-196, 1992.

MATOS, R. M.; SILVA, J. A. S.; MEDEIROS, R. M. Aptidão climática para a cultura do feijão caupi do município de Barbalha – CE. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.8, n.6, p.422-431, 2014.

MEDEIROS, R.M.. *Breve histórico sobre a meteorologia*. 2ª ed. Teresina. 1999.

MENEZES, M. D.; LEITE, F. P. Avaliação e espacialização da erosividade da chuva no Vale do Rio Doce, região centro-leste de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.1029-1039. 2011.

NOGUEIRA, F.C.B.; LIMA, F.A.M. Classificação Climática de Thornthwaite dos Municípios de Pacoti e Guaramiranga, Ceará. **Ciência Agrônômica**, v. 2, n. ½, p. 175-183. 1989.

OLIVEIRA, J.G.B.; SALES, M.C.L. Usuais: programas para uso em análise ambiental. **Revista Equador (UFPI)**, Vol. 5, n. 2, p.36-60, Janeiro/Junho, 2016.

- PENMAN, H. L. *The Physical bases of irrigation control*. In: International Horticultural Congress, 13, 1953, London. Report.London: Royal Horticultural Society. p. 913-924. 1953.
- PEREIRA, A R; VILLA NOVA, N ; SEDYAMA, G.C. *Evapotranspiração*. FEALQ. 1997.183p.
- SALES, M. C. L. *Estudos climáticos, morfo-pedológicos e fitoecológicos no núcleo de desertificação de Irauçuba - Ceará*. 2003. Tese (Doutorado em Geografia) - USP/FFLCH, São Paulo, 2003.
- SALES, M.C; ZANELLA, M.E; OLIVEIRA, J.G.B. *Variabilidade pluviométrica e disponibilidade hídrica no Núcleo de Desertificação de Irauçuba/CE*. Fortaleza: Ed. UFC, 2015.
- SANTOS, M.E.C.M.; CARVALHO, M. S. S. de Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. *Paleontologia das bacias do Parnaíba, Grajaú e São Luís*. Cap 7. Devoniano. Rio de Janeiro: CPRM, 2004. Disponível em:<<http://www.cprm.gov.br/publique/media/Cap7.pdf> . > Acesso em 09 mai. 2013.
- SILVA, J.R.C, DIAS, A.S. A erosividade das chuvas em Fortaleza (CE): II - Correlação com o coeficiente de chuva e atualização do fator R no período de 1962 a 2000. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. 27:347-54. 2008.
- SILVA, R. M.; CAMPOS, S. M. F.; SANTOS, C. A. G. Erosividade da chuva e desertificação no semi-árido paraibano. MOREIRA (Org.). *Agricultura familiar e desertificação*. João Pessoa: Editora Universitária da UFPB, p. 291-300, 2008.
- SUDENE. *Dados Pluviométricos Mensais do Nordeste*: Estado do Piauí. Recife, 1990.
- THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational Classification of Climate, **The Geographical Review** . New York, v. XXXVIII, p. 55-94,1948.
- THORNTHWAITE, C.W; MATHER, J.R. *The Water Balance* - Publications in Climatology. New Jersey: Centerton, v. VIII, nº 1, 1955.
- TUCCI, C.E.M. *Hidrologia: ciência e aplicação*. Porto Alegre: Eds. da UFRGS e da USP, (Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v. 4). 952.p.1993.
- TUCCI, C. E. M. *Hidrologia: Ciência e aplicação*- 2. ed. Porto Alegre: Ed. Universidades/UFRGS: ABRH, 2001.
- UNEP. *Status of desertification and implementation of the United Nations Plan of Action to Combat Desertification*. Nairóbi, 1991.
- WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. *Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning*. Washington, DC: USDA, 1978. Agriculture handbook, 537.