

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO - UFPE
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS - CFCH
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE
- PRODEMA**

GABRIELA SANTOS MENDES

**VULNERABILIDADE EROSIVA DE SOLOS E SOCIOECONOMIA NO SEMIÁRIDO
PERNAMBUCANO**

Recife

2016

GABRIELA SANTOS MENDES

**VULNERABILIDADE EROSIVA DE SOLOS E SOCIOECONOMIA NO SEMIÁRIDO
PERNAMBUCANO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal de Pernambuco como requisito parcial para obtenção do título de mestre.

Área de concentração: Gestão e Políticas Ambientais.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Maria do Socorro Bezerra de Araújo

Coorientador: Prof.^o Dr.^o José Coelho de Araújo Filho

Recife

2016

Catálogo na fonte
Bibliotecária Maria do Carmo de Paiva, CRB4-1291

M538v Mendes, Gabriela Santos.

Vulnerabilidade erosiva de solos e socioeconomia no semiárido pernambucano / Gabriela Santos Mendes. – 2016.
55 f. : il. ; 30 cm.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Maria do Socorro Bezerra de Araújo.

Coorientador: Prof. Dr. José Coelho de Araújo Filho.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, CFCH.
Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, 2016.

Inclui referências e anexos.

1. Meio Ambiente. 2. Pedologia. 3. Solo - Uso. 4. Solos - Erosão. I. Araújo, Maria do Socorro Bezerra de (Orientador). II. Araújo Filho, José Coelho de (Coorientador). III. Título.

363.7 CDD (22. ed.)

UFPE (BCFCH2017-60)

GABRIELA SANTOS MENDES

**VULNERABILIDADE EROSIVA DE SOLOS E SOCIOECONOMIA NO SEMIÁRIDO
PERNAMBUCANO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da UFPE, na área de concentração de gestão e políticas públicas, como requisito parcial para obtenção de título de mestre.

Data de aprovação: 14 de setembro de 2016.

Prof.^a Dr.^a Maria do Socorro Bezerra de Araújo (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Prof.^o Dr.^o José Coelho de Araújo Filho (Coorientador)
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA

Examinadores:

Prof.^o Dr.^o Fernando Cartaxo Rolim Neto (Membro externo)
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

Prof.^o Dr.^o Roberto da Boa Viagem Parahyba (Membro externo)
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA

Prof.^a Dr.^a Rejane Magalhães de Mendonça Pimentel (Membro interno)
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

DEDICATÓRIA

Dedico aos meus pais, Eliane e José, exemplos de dedicação e amor.

AGRADECIMENTOS

Eis que chega o momento de escrever os agradecimentos e um filme se passa na minha cabeça, os motivos de escolher o mestrado no PRODEMA, a seleção, a aprovação, os dias vivendo no CFCH (principalmente no primeiro ano, praticamente minha casa) e agora reta final rumo à defesa.

Elaborar um trabalho seja ele qual for requer esforço e dedicação, que necessariamente não será só nosso, contei e conto com o apoio e incentivo de muitas pessoas nessa caminhada, muitas vezes árdua.

Agradeço primeiramente a Deus por me manter equilibrada até o fim e ter me feito entregar este trabalho - o melhor que pude fazer dentro das minhas possibilidades.

Aos meus pais por todo incentivo, educação e afeto no decorrer desses anos. Meus irmãos, cunhados, sobrinho, o qual não tem dimensão do quanto me faz bem, e meu cachorro, por toda alegria e momentos de lazer.

A toda família que sempre torceram e tentaram compreender a minha ausência em diversos momentos e reuniões comemorativas.

À professora Socorro que me guiou e me ensinou muito mais do que ela possa imaginar, serei eternamente grata por toda paciência e ensinamentos que ela me proporcionou.

Ao professor José Coelho que sempre me estendeu à mão nas horas mais difíceis, meu muito obrigado.

A todos meus professores fonte de inspiração e conhecimento desde a infância, professor Valdir que me inspirou a seguir na Biologia, professor Rodrigo que me fez olhar com outros olhos para a leitura, Professor Célio que acreditava mais em mim que eu mesma, quantas saudades. Já na graduação tive incríveis mestres em nome de todos cito Angélica Uejima e Emanuel Souto, já no PRODEMA/UFPE impossível não mencionar Vanice Selva ao qual tenho profunda admiração.

Agradeço a todos os amigos Prodemáticos, peças fundamentais no caminhar da pesquisa, seja alegrando e deixando menos enfadonho a caminhada, seja trocando ideias e experiências, em especial Afonso Reis, Emyli Souto e Daniela Barreto.

A toda equipe do PRODEMA, em especial Solange de Paula, o programa não seria o mesmo sem sua dedicação e comprometimento.

Esta pesquisa não teria sido possível sem a colaboração e conhecimentos de Manuela (Manu), que me ajudou, me ensinou e me mostrou muito mais que informação da área de estudo, me passou paixão pelo que faz e um incrível profissionalismo. Obrigada pelos puxões de orelha, por todo tempo, atenção e dedicação dispendidos.

A todos que me ajudaram, direta ou indiretamente, Andreza, Valério, Rodrigo, ao Professor Dário que me ajudou em outro momento do mestrado, cedendo gentilmente seu laboratório e conhecimento.

Não ousaria esquecer os amigos que tanto deram força e me fizeram chegar até aqui, Joyce, Lusimeire, Eduardo, Agnes, Jéssica, Suellen, Nadia, Gislaine e Manuela, grata por entender os momentos de ausência e pelo carinho e atenção nas horas que mais precisei.

Agradeço a CAPES, PROPESQ e UFPE por todo apoio, bem como todos os funcionários, em especial dos CFCH sempre educados e prestativos.

Enfim, agradeço a todos que contribuíram para que esse momento fosse concretizado, seria impossível mencionar todos e tudo que me fez chegar até aqui, pois todos os momentos os de tristeza e os de extrema felicidade vieram carregados de enormes aprendizagens, sendo assim, agradeço a VIDA por tudo que me ensinou e me ensina.

RESUMO

No Brasil, a região do semiárido é a que mais apresenta processos deserticatórios em crescimento, o que acarreta graves consequências ambientais, sociais e econômicas. A ausência de estudos sobre o uso do solo e o que ele representa atua de modo a prejudicar a compreensão da dinâmica local e, por conseguinte, obstaculiza o desenvolvimento. Neste cenário, a fim de avaliar a vulnerabilidade à erosão e estimar a perda de solo, elegeu-se o município de Itacuruba, localizado na macrorregião e mesorregião do São Francisco no sertão pernambucano. Para a realização desse estudo foram feitas análises da vulnerabilidade erosiva da área aplicando a metodologia de mapeamento da vulnerabilidade natural à perda de solo de Crepani, a qual se baseia no princípio da ecodinâmica de Tricart. Estes autores consideram os processos dinâmicos dos ambientes em vista do balanço entre os processos formadores de solo, deste modo confrontando-os aos aspectos/fatores relacionados à geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e clima. Assim, obtendo-se os valores de vulnerabilidade para as unidades territoriais básicas. Também foram feitos cálculos da equação da perda de solo com algumas adaptações para a área de estudo, servindo como base para as tomadas de decisões visando melhor utilização do solo e relacionadas às questões socioeconômicas. Na análise destas foram utilizados dados secundários conjuntamente à metodologia de Sampaio. Os resultados obtidos no presente estudo refletem o estado no qual se encontra o solo no município, os quais revelam uma vulnerabilidade medianamente estável/vulnerável e indicam a existência de um grau de vulnerabilidade natural à erosão. Pela equação da perda de solo verificou-se também um grau de erosão moderada, a qual repercute no âmbito socioeconômico e nos fatores que impedem o desenvolvimento local do município.

Palavras-chave: Desertificação. Perda de solo. Vulnerabilidade do solo.

ABSTRACT

In Brazil, the semi-arid region is the one with more desertification processes in growth, which causes serious environmental, social and economic damages. The lack of studies on soil use, and what it stands for, works to undermine the understanding of local dynamics and hinders the development. In this scenario, in order to evaluate the erosion vulnerability and to estimate the soil loss, the municipality of Itacuruba was elected for this study, located in the macro-region and mesoregion of São Francisco in the Sertão of Pernambuco. In order to carry out this research, erosion vulnerability analyzes of the area were done by applying the methodology of mapping the natural vulnerability of Crepani soil loss, which is based on the principle of Tricart ecodynamics. These authors consider the dynamic processes of the environments as a balance between the soil-forming processes, thus confronting them with aspects and factors related to geology, geomorphology, pedology, vegetation and weather. Therefore, obtaining the vulnerability values for the basic territorial units. Calculations were also made using the the soil loss equation with some adaptations to the studied area, serving as a basis for decision making for better soil use and related to socioeconomic issues. Also in the analysis, secondary data were used in conjunction with the Sampaio methodology. The results obtained in the present study reflect the state in which the soil is located in the municipality, which reveal a moderately stable / vulnerable vulnerability and indicate the existence of a degree of natural vulnerability to erosion. The soil loss equation also showed a moderate degree of erosion, which has repercussions in the socioeconomic context and in the factors that prevent the local development of the municipality.

Key-words: Desertification. Soil Loss. Soil Vulnerability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Localização do município de Itacuruba – PE.....	23
Figura 2	Mapa da geologia de Itacuruba – PE.....	29
Figura 3	Mapa da declividade do solo de Itacuruba – PE.....	31
Figura 4	Mapa de solos de Itacuruba – PE.....	32
Figura 5	Processos erosivos encontrados no município de Itacuruba – PE.....	34
Figura 6	Mapa da cobertura vegetal de Itacuruba-PE.....	35
Figura 7	Mapa da vulnerabilidade natural à erosão do município de Itacuruba –PE.....	37

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Exemplos de valores C para o cálculo do fator de cobertura e manejo da vegetação.....	27
----------	---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Classificação do grau de erosão.....	28
Tabela 2	Valores de vulnerabilidade à erosão da estrutura geológica do município de Itacuruba – PE.....	30
Tabela 3	Valores de vulnerabilidade à erosão da declividade do município de Itacuruba – PE.....	32
Tabela 4	Valores de vulnerabilidade à erosão do solo do município de Itacuruba – PE.....	33
Tabela 5	Valores de vulnerabilidade à cobertura vegetal do município de Itacuruba – PE.....	36
Tabela 6	Percentual de casa classe de vulnerabilidade.....	38
Tabela 7	Média mensal de energia em Itacuruba – PE.....	39
Tabela 8	Valores do fator de erodibilidade K do solo.....	40
Tabela 9	Grau de erosão em Itacuruba – PE.....	42
Tabela 10	Renda per capita do município de Itacuruba – PE.....	42
Tabela 11	Censo agropecuário/propriedade, área ocupada.....	43

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CPRM	Serviços Geográficos do Brasil
EUPS	Equação Universal da Perda de Solo
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
MMA	Ministério do Meio Ambiente
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
USLE	Universal Soil Loss Equation
ZAPE	Zoneamento Agroecológico de Pernambuco

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1	Erosão do solo.....	16
2.2	Desertificação.....	18
2.3	Equação da perda de solo.....	21
3	MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1	Área de estudo.....	23
3.2	Análise da vulnerabilidade erosiva.....	24
3.3	Equação da perda de solo por erosão.....	26
3.4	Aspectos socioeconômicos.....	28
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1	Análise da vulnerabilidade.....	29
4.1.1	Geologia.....	29
4.1.2	Declividade.....	30
4.1.3	Pedologia.....	32
4.1.4	Cobertura vegetal.....	35
4.1.5	Clima.....	36
4.1.6	Percentual de cada classe e valores de vulnerabilidade.....	37
4.2	Equação da perda de solo por erosão.....	38
4.3	Aspectos socioeconômicos.....	42
5	CONCLUSÕES	44
	REFERÊNCIAS	45
	ANEXOS	48
	ANEXO A - Escala de vulnerabilidade de Crepani	49
	ANEXO B - Avaliação da estabilidade/vulnerabilidade	50
	ANEXO C - Escala de vulnerabilidade à denudação das rochas mais comuns	51
	ANEXO D - Classes de declividade com os respectivos valores da escala de vulnerabilidade	52
	ANEXO E - Valores de vulnerabilidade/estabilidade dos solos	53
	ANEXO F -Escala de erosividade da chuva e valores de vulnerabilidade à perda de solo	54
	ANEXO G - Fator de erodibilidade K do solo (ton/MJ/ha) (mm/h)	55

1 INTRODUÇÃO

O solo suporta toda cobertura vegetal e a vida nela existente, é uma das maiores fontes de energia para a vida terrestre (BERTONI; LOMBARDI NETO 2008) e um dos recursos naturais mais intensamente utilizados pelo homem. Devido à sua grande importância social, ambiental e econômica deve-se ter cuidado para que se possa continuar exercendo sua função adequadamente.

A erosão do solo é uma das formas mais generalizadas de degradação das suas características e é a mais irreversível das deteriorações. Isso se deve ao processo de formação do solo, que é muito lento e faz com que as camadas atuais, em geral, sejam os resultados de centenas ou milhares de anos (Sampaio et al., 2003)

No caso brasileiro, a desertificação está nitidamente vinculada ao fator de degradação da terra, implicando em redução ou perda de produtividade biológica ou econômica. Logo, se faz necessário uso de mecanismos que possam diminuir o impacto.

A discussão conceitual sobre o tema da desertificação evoluiu desde a década de 1960 do século passado e se consolidou através do documento intitulado Agenda 21, elaborado durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada na cidade do Rio de Janeiro em 1992 – a Eco'92. No seu Capítulo 12, definiu-se a desertificação como sendo “a degradação da terra nas zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas, resultante de vários fatores, incluindo as variações climáticas e as atividades humanas” (SACHS, 1993).

Os modelos utilizados para avaliação da erosão do solo podem ser associados a técnicas de geoprocessamento, que permitem análises espaciais do fenômeno. Dentre eles, o mais utilizado no mundo é a Equação Universal de Perda de Solos (EUPS), proposta por Wischmeier e Smith (1978).

A EUPS, também conhecida como Universal Soil Loss Equation – USLE, sua nomenclatura em língua inglesa, é amplamente utilizada para simular a produção de sedimentos de bacias hidrográficas. Segundo Silva et al. (2007), das muitas equações que se propõem a quantificar a ação dos principais fatores que sabidamente exercem influência nas perdas de solo, a USLE é a que aborda o

assunto de forma mais dinâmica, uma vez que supera parcialmente restrições climáticas e geográficas, bem como possui aplicação generalizada.

A determinação de fatores da equação universal de perdas de solo nas condições do semiárido do Nordeste do Brasil contribuirá para que se tenha uma previsão mais precisa das perdas de solo. Desta forma possibilitando o planejamento do uso e manejo dos solos da região para que se obtenha, assim, uma maior eficiência, tanto econômica quanto ambientalmente.

Assim, o objetivo geral deste estudo constitui-se em avaliar a vulnerabilidade à erosão e estimar a perda de solo em um município do núcleo de desertificação de Pernambuco. Para tanto, se buscará, especificamente, a) estimar a vulnerabilidade à erosão dos solos no município de Itacuruba – PE, o qual integra um núcleo de desertificação no semiárido pernambucano; b) estimar perdas de solo; c) relacionar a perda de solo com as condições socioeconômicas do município.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Erosão do solo

Erosão do solo é o arraste de suas partículas pelo vento e/ou pela água. A erosão transporta areias, argilas, óxidos, húmus e organismos, entre outros componentes do solo, para as partes mais baixas do terreno. O que, em regra, acaba por assorear os corpos d'água.

Várias formas se apresentam para conceituar a erosão, a primeira como sendo um acontecimento de ocorrência natural que condiciona a formação das estruturas do relevo da superfície da Terra. Em semelhante sentido, Guerra (1978) observa que o processo erosivo é encarado como um processo de remoção acelerada da camada superficial, sendo a erosão considerada como a destruição das saliências ou reentrâncias do relevo tendendo a um nivelamento.

Segundo Galetti (1982) a erosão é um processo que pode ser definido como a desagregação, o transporte e a deposição do solo, subsolo e rochas em decomposição, pelas águas ventos ou geleiras. No entanto, Bertoni e Lombardi Neto (1999) abordam o conceito de forma mais objetiva, definindo o processo erosivo como o processo de desagregação, transporte e deposição de partículas componentes do solo causados pela ação da água ou pelo vento, que tem início na remoção da cobertura vegetal pelo homem para cultivar o solo.

A erosão quando ocorre de forma natural é classificada como gradual e lenta, levando o solo a uma condição relativamente mais estável. Entretanto, quando o homem atua como agente acelerador do processo erosivo, devido a não adoção de técnicas apropriadas de diagnóstico e conservação do solo, os danos ambientais podem ser severos.

A erosão natural, de acordo com Simões e Coiado (2003), é um conjunto de processos pelos quais o material terroso ou rochoso é desgastado, desagregado e removido de algum lugar da superfície da terra, conseqüentemente, alterando-a localmente com diferentes taxas de mudanças.

Em nível global e considerando-se grandes períodos de tempo geológico, pode-se dizer que essas mudanças operam-se de forma lenta e continuamente.

Para a erosão acelerada, ou seja, a que ocorre como uma consequência da ação do homem sobre o solo (BRAGA, 2005 e Bertoni; Lombardi Neto, 2010) conceituam como o processo de desprendimento e arraste acelerado das partículas do solo.

Segundo Simões e Coiado (2003), o fenômeno da erosão pode variar em conformidade com os agentes causadores dos processos erosivos. Estes agentes podem ser: vento, gelo, gravidade e água em movimento. Esta última, em destaque, subdivide-se em erosão fluvial, marinha e hídrica (chuva e escoamento superficial).

Várias classificações para a erosão hídrica são apresentadas na literatura especializada. Silva et al. (2007) a classifica como laminar, linear, deslizamento e canais; Bertoni e Lombardi Neto (2010) apresentam apenas as formas laminar, em sulcos e voçorocas. A laminar é a lavagem da superfície do solo em terrenos arados. Esta forma de erosão arrasta primeiro as partículas mais leves. É uma forma de erosão dificilmente perceptível. Quando se acumula na superfície, a água se move morro abaixo, e raramente se movimenta em uma lâmina uniforme sobre a superfície da terra. A erosão em sulcos é a concentração de água escorrendo em pequenos sulcos nos campos cultivados. Resulta de pequenas irregularidades, ocasionadas por enxurradas, concentrando-se em alguns pontos do terreno, podendo atingir volume e intensidade suficientes para formar sulcos, mais ou menos profundos.

As voçorocas são formadas quando os sulcos foram bastante erodidos em largura e profundidade. É uma forma bem intensa de erosão, ocasionada por grandes concentrações de enxurrada que passam, ano após ano, no mesmo sulco, que vai se ampliando, pelo deslocamento de grandes massas de solo e formando grandes cavidades em extensão e em profundidade.

A erosão do solo possui dois grandes efeitos nocivos. Um é a perda da fertilidade do solo pelo esgotamento dos nutrientes. O outro ocorre quando o solo erodido acaba como sedimento em águas superficiais. A perda de solo talvez seja o mais maléfico de todos os prejuízos causados pela erosão, por se tratar de uma perda irreversível, pelo menos para várias gerações.

A erosão tem sido considerada a pior forma de degradação do solo no Nordeste brasileiro (SAMPAIO e ARAÚJO, 2005), isto notadamente quanto à erosão hídrica, conforme restará adiante demonstrado, vez que a erosão eólica não tem se apresentado muito problemática nesta região.

São vários os fatores que favorecem a erosão como ação da natureza: vulcão, chuvas, composição química do solo e ação humana na retirada da cobertura vegetal de um solo, mineração. Assim sendo, se faz importante saber o grau de vulnerabilidade da área, recorrendo então à base de escala de vulnerabilidade de Crepani et al. (2001), a qual se fundamenta no conceito de Ecodinâmica de Tricart (1977), e que atribui valores de vulnerabilidade, exemplificada no Anexo B ao fim deste trabalho.

2.2 Desertificação

O termo desertificação é utilizado para designar a degradação de terras nas zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas do planeta, tendo como principais causas fenômenos naturais (sazonalidade ou variações interanuais das chuvas e secas severas de longos períodos) que também pode ser agravada pela ação antrópica. Contribuindo, assim, para acelerar esse processo, com consequências negativas sobre a população local (PAN Brasil, 2004).

A desertificação deve ser entendida como a degradação da terra nas zonas áridas, semiáridas e sub-úmidas, resultante de vários fatores, incluindo as variações climáticas e as atividades humanas segundo SAMPAIO; SAMPAIO (2002)

A desertificação no Brasil recebe um especial tratamento na Política Nacional de Controle à Desertificação, a qual estabelece em suas diretrizes a necessidade de fortalecer a base de conhecimento e de desenvolvimento de sistemas de informação e monitoramento para as regiões propensas à desertificação e à seca IBAMA, (2003)

No caso brasileiro, a desertificação está nitidamente vinculada ao fator de degradação da terra, implicando em redução ou perda de produtividade biológica ou econômica.

Desertificação é um processo, resultado de uma dinâmica e para ser caracterizada precisa-se de uma série temporal de dados, pois um quadro instantâneo não permite avaliar uma variação no tempo Sampaio e Sampaio (2002)

Assim, mais do que uma multidisciplinaridade, a desertificação envolve uma transdisciplinaridade, pois permeia e perpassa várias áreas do conhecimento.

De acordo com a FAO (2003), as degradações da terra induzidas pelo homem têm cinco componentes:

- a) degradação das populações animais e vegetais;
- b) degradação do solo;
- c) degradação das condições hidrológicas de superfície devido à perda da cobertura vegetal;
- d) degradação das condições hidrogeológicas (águas subterrâneas) devido a modificações nas condições de recarga; e) degradação da infra-estrutura econômica e da qualidade de vida dos assentamentos humanos.

No Brasil, segundo o IBAMA (2003), as áreas sujeitas aos processos de desertificação correspondem, basicamente, àquelas oficialmente delimitadas como "Polígono das Secas", ocupando cerca de 1.083.790,7 km². São áreas que estão sujeitas a períodos curtos ou prolongados de estiagens e que se estendem por boa parte do Nordeste brasileiro, atingindo também uma pequena porção ao norte do Estado de Minas Gerais.

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2003), os núcleos de desertificação são áreas limitadas onde os danos são de profunda gravidade. É possível destacar quatro núcleos principais, onde tais processos podem ser considerados extremamente graves. São eles: Gilbués-PI, Irauçuba-CE, Seridó-RN e Cabrobó-PE, os quais juntos totalizam cerca de 15.000 km².

A Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação MMA, determina como causas da desertificação um processo ou a combinação de processos, incluindo os que resultam da atividade do homem e das suas formas de ocupação do território, tais como:

- I) a erosão do solo causada pelo vento e ou pela água;
- II) a deterioração das propriedades físicas, químicas e biológicas ou econômicas do solo, e;
- III) a destruição da vegetação por períodos prolongados.

A desertificação é um processo dinâmico, com uma cadeia de eventos, frequentemente fechada em ciclos viciosos (Sampaio et al., 2003).

Segundo Vasconcelos Sobrinho (1982) toda área de caatinga é presumivelmente comprometida com o processo de desertificação, o qual se acentua a cada período de estiagem anual e, principalmente, após cada seca.

Quando o período chuvoso volta, verifica-se um esforço de recuperação da vegetação nativa, que nem sempre é reconstruída integralmente, uma vez que o ciclo de reestruturação determinado pelos fatores físicos e climáticos dessas regiões pode ser afetado pelas ações humanas ali desenvolvidas.

As medidas direcionadas à revitalização das áreas degradadas têm sido efetivadas por meio de um projeto de revitalização regional que prevê ações em quatro eixos temáticos: redução da pobreza e da desigualdade; preservação, conservação e manejo sustentável dos recursos naturais; ampliação sustentável da capacidade produtiva; e gestão democrática e fortalecimento institucional.

Com o curto regime de chuvas irregulares e torrenciais típico do semiárido nordestino, começa a erosão nas áreas atingidas que, por seu turno, causa a diminuição da capacidade de retenção de água pelos solos e a conseqüente redução de biomassa, posto que menores aportes de matéria orgânica chegam ao solo. Nesse processo, a vegetação se torna cada vez mais rala e pobre em biodiversidade e porte, favorecendo a radiação solar que, por sua vez, disseca ainda mais o solo e acelera a erosão, aumentando a aridez, e retroalimentando um processo de simplificação ecológica.

Um dos grandes problemas do estudo da desertificação no Nordeste é a ausência de dados confiáveis da dinâmica do processo. Isto ocorre em razão da desertificação ser um processo cumulativo de deterioração nas condições ambientais, que afeta também as condições econômicas e sociais. Na ausência desses dados, têm-se usado dados atuais para determinar a susceptibilidade à degradação (Ferreira et al., 1994; Sampaio et al., 2003; Santibañez, 1997; Vasconcelos Sobrinho, 1982; Viana e Rodrigues, 1999).

A fragilidade ambiental, social ou econômica tem sido usada como medida da susceptibilidade. Esta medida é importante na determinação de risco, na estimativa da progressão de desertificação já em curso e na avaliação de ações preventivas (Sampaio et al., 2003).

Sá et al. (2006) classifica as áreas em processo de desertificação em quatro graus distintos de degradação: Baixo, moderado, acentuado e severo. Enquanto Sampaio e Sampaio (2002) apontam a salinização como uma das principais causas da desertificação provocada pela agricultura.

O solo é um recurso natural que leva milhares de anos para se formar, o uso intenso pode degradá-lo, muitas vezes, até de forma irreversível (GIBOSHI *et al.*, 2006).

2.3 Equação da perda de solo

Com a finalidade de equacionar os problemas ambientais causados pela erosão, tornando possível a compreensão e controle do processo, surgiram modelos de vários tipos e objetivos (PAIVA, 2003). A utilização de modelos matemáticos tornou-se mais intensa após a publicação do trabalho de Wischmeier e Smith em 1978, que revelou a *Universal Soil Loss Equation* (USLE). Este modelo inspirou muitos outros e é bastante aplicável em pequenas bacias hidrográficas, devido à necessidade de poucas informações (PAIVA, 2003).

A Equação Universal de Perda de Solo - EUPS, como atualmente é utilizada, foi desenvolvida a partir de 1953, quando o *Soil and Water Conservation Research Division of the Agricultural Research Service* reuniu, na Universidade de Purdue (EUA), dados de escoamento superficial e de perdas de solo de 48 estações experimentais localizadas em 26 Estados dos EUA. Com base nesses dados, incluíram-se inovações importantes que melhoraram a precisão da estimativa de perdas de solo, quais sejam: um índice de erosividade da chuva, um método para avaliação dos efeitos do manejo de uma cultura, um método para quantificar a erodibilidade do solo e um método para determinar os efeitos das interações de variáveis como: produtividade, seqüência de culturas e manejo dos resíduos culturais.

As inovações introduzidas possibilitaram uma superação das dificuldades concernentes aos fatores de natureza climática ou geográfica existentes nas primeiras equações, permitindo a sua aplicação em qualquer lugar, onde os dados para o seu cálculo pudessem ser obtida sendo, por isso mesmo, chamada Equação Universal de Perdas de Solo (Wischmeier; Smith, 1978).

Em relação às condições edafoclimáticas da região do Nordeste do Brasil, são escassos os trabalhos em que se estabeleceram as perdas de solo a partir da EUPS (LEPRUN, 1988; MARGOLIS, 1985).

Dos fatores da EUPS, a erosividade é o que tem sido mais pesquisado (Chaves; Diniz, 1981; Margolis; Campos Filho, 1981; Margolis, 1985; Leprun, 1988; Catalinice; Margolis, 1994). Os valores do fator erodibilidade do solo (K) obtidos através de chuva natural, são raros e, de forma geral, não seguem as recomendações da parcela padrão.

Os resultados obtidos com simuladores de chuva são mais abundantes e, portanto, de maior contribuição para o estudo do fator K no Nordeste do Brasil, particularmente em sua região semiárida (Albuquerque, 1997; Denardin, 1991 ; Leprun, 1988).

Uma consideração importante sobre a aplicação da equação é que a erosão é devida a energia da chuva e não se aplica ao movimento linear de erosão, ela considera a erosão superficial.

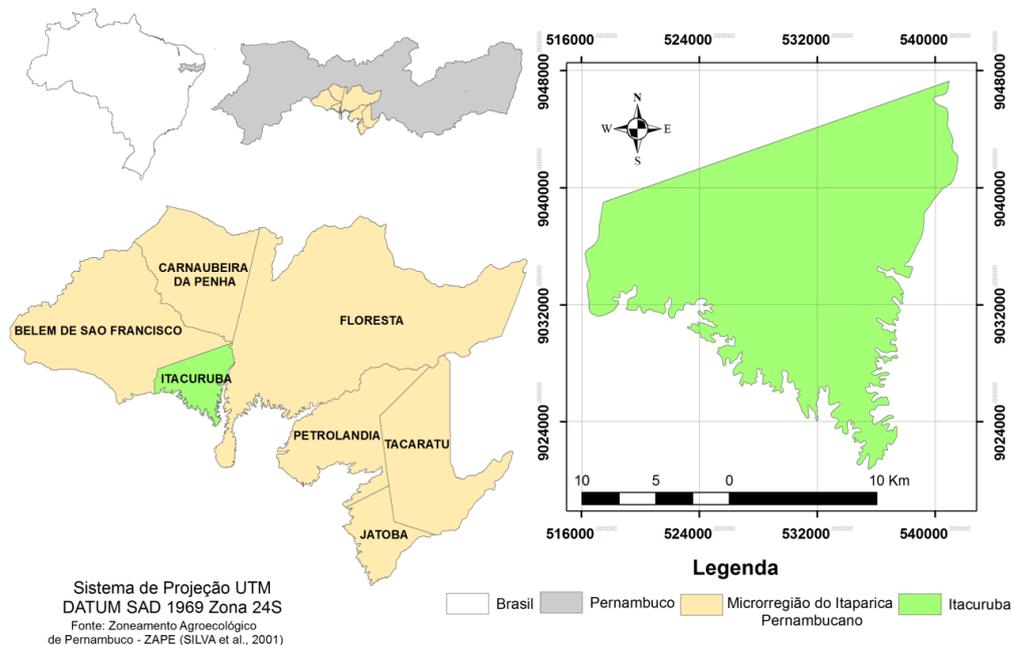
Segundo Silva et al. (2007), dentre as muitas equações que se propõem quantificar a ação dos principais fatores que sabidamente exercem influência nas perdas de solo, a USLE é a que aborda o assunto, talvez, de forma mais dinâmica, uma vez que supera parcialmente restrições climáticas e geográficas e possui aplicação generalizada. Apesar do seu aspecto empírico, a mesma ainda hoje é muito utilizada, uma vez que foi obtida a partir de 10.000 medições realizadas em diversas condições de solos e chuvas nos Estados Unidos (PAIVA, 2003).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

O município de Itacuruba está localizado a 471,8 km, à noroeste da cidade de Recife, na Mesorregião São Francisco Pernambucano e Microrregião Sertão de Itaparica (Figura 1). Apresenta coordenadas geográficas 8° 50' 02" de latitude 38° 42' 14,0" de longitude.

Figura 1 - Localização do município de Itacuruba – PE



Fonte: Barbosa Neto, 2016.

O município está inserido na unidade geoambiental da Depressão Sertaneja, com relevo predominantemente suave a ondulado e plano. Sua vegetação é a Caatinga Hiperxerófila. O clima é do tipo semiárido, com verões quentes e úmidos e invernos mornos e secos. As chuvas iniciam em novembro com término em no mês de abril. Os solos se apresentam: Planossolos, mal drenados, fertilidade natural média e problemas de sais; Luvisolos, rasos e fertilidade natural alta; Argissolos

drenados e fertilidade natural média e os Neossolos Litólicos que são rasos, pedregosos e fertilidade natural média. Segundo Beltrão et al (2005), o município está inserido na macro bacia hidrográfica do Rio São Francisco, na bacia hidrográfica do Rio Pajeú e do Grupo de Bacias de Pequenos Rios Interiores.

3.2 Análise da vulnerabilidade erosiva

Para realização da análise da vulnerabilidade erosiva da área de estudo, foi aplicada a metodologia de mapeamento da vulnerabilidade natural à perda de solo de Crepani et al. (2001), em (anexo A), a qual se baseia no princípio da Ecodinâmica de Tricart (1977) em (anexo B). Estes autores consideram os processos dinâmicos dos ambientes, com o balanço entre os processos formadores de solo (pedogênese) e os processos erosivos (morfogênese). Estes apresentam critérios onde buscou-se destacar, em cada um dos temas (Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Clima.), parâmetros que se apresentam como indicadores de categoria dos processos morfodinâmicos.

Foi utilizada a base de dados dos solos do Zoneamento Agroecológico de Pernambuco – ZAPE (Silva et al., 2001), elaborado na escala de 1:100.000, e a base de dados geológicos da CPRM – Serviço Geológico do Brasil (Gomes; Santos, 2001), na escala 1:500.000, a única disponível para a área de estudo. Com as bases apresentadas foram confeccionados, respectivamente, o mapa de solos e o mapa de geologia com o *software* Arc Gis 9.3, licenciado pelo grupo de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento (SERGEO) do Departamento de Ciências Geográficas da Universidade Federal de Pernambuco, (UFPE).

Na realização do diagnóstico das declividades da área de estudo, foram utilizados os dados Topodata, obtidos através do acesso ao site (<http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>). Foram utilizadas as classes de declividade indicadas por Crepani et al. (2001), sendo adaptadas para se obter uma escala mais abrangente, detalhando-se melhor os intervalos.

Na análise da distribuição da precipitação, utilizaram-se as médias de precipitação, disponibilizadas pelo Departamento de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Campina Grande (DCA – UFCG), que foram processados no programa “BHnorm”, elaborado em planilha Excel conforme Rolim et al. (1998),

utilizando-se a CAD (capacidade de água disponível) de 100 mm (SENTELHAS; ANGELOCCI, 2007).

O mapeamento da cobertura da terra foi realizado através da utilização da imagem do landsat 8, de janeiro de 2014. Na escolha da imagem levou-se em consideração a menor cobertura de nuvens. Na plataforma do software Arc Gis 9.3 foi realizada uma classificação não supervisionada da imagem, por meio das ferramentas *Spatial Analyst Tools > Multivariate > Maximum Likelihood Classification* (Barbosa Neto, 2016).

Posteriormente à produção dos mapeamentos, foi realizado o processamento destes com o software Arc Gis 9.3, onde os dados em formato *Shapfile* foram transformados para o formato *Raster* (solos, geologia e distribuição e intensidade das chuvas). Em seguida, a conversão à vulnerabilidade foi expressa pela atribuição de valores de estabilidade ou vulnerabilidade em uma escala de 1,0 a 3,0 (CREPANI et al., 2001). Pela qual atribui-se 1 para atributos considerados estáveis, onde predomina a pedogênese, 2 para os intermediários e 3 para os instáveis, nos quais predomina a morfogênese. Estes valores de vulnerabilidade foram atribuídos para cada atributo dos temas geologia, vegetação, pedologia, clima e declividade, por meio da utilização da ferramenta *Reclassify*.

O mapa de vulnerabilidade à erosão foi obtido após a álgebra de mapas das grades de vulnerabilidade à erosão, para os temas citados anteriormente. Esta álgebra consistiu na média simples dos cinco mapas citados, através da ferramenta *Math*, conforme a equação (1) de Crepani et al. (2001):

$$V = G + D + S + Vg + C / 5 \quad (1)$$

Sendo:

V= vulnerabilidade;

G = vulnerabilidade para o tema Geologia;

D = vulnerabilidade para o tema Declividade;

S = vulnerabilidade para o tema Solo;

Vg = vulnerabilidade para o tema Vegetação;

C = vulnerabilidade para o tema Clima.

3.3 Equação da perda de solo por erosão

A perda de solo por erosão foi avaliada através da Equação Universal de Perda de Solo por Erosão USLE (Universal Soil Loess Erosion) proposta por Wischmeier e Smith (1978) como mostra a equação (2). Levando em conta apenas os solos do tipo Luvisolos e Planossolos por sua maior predominância na área.

$$A = R \times K \times LS \times C \times P \quad (2)$$

Sendo:

A = perda anual de solo do solo (ton/ha/ano);

R = fator de erosividade;

K = fator de erodibilidade;

LS = fator de declividade e comprimento de encosta (adimensional)

C = fator de prática de cultura variando de 0,001 a 1,0 (adimensional)

P = práticas conservacionistas contra erosão

O fator de Erosividade da chuva R foi calculado inserindo-se no Excel os dados da precipitação média e anual (mm), no período de 1911 à 1990, obtidos pelo Departamento de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Campina Grande (DCA – UFCG). Como visto na equação (3) abaixo:

Fórmula utilizada:

$$(EI) = 6,886 \times (Pm^2/P)^{0,85} \quad (3)$$

Sendo:

(EI) = média mensal do índice de erosão em MJ.mm/h.ha;

Pm = precipitação média mensal (mm);

P = precipitação média anual (mm);

R = $\Sigma(EI)$.

O fator de Erodibilidade do solo K, que representa a taxa de perda do solo por unidade de erosividade da chuva, para um local de referência, foi obtido através do quadro de fator de erodibilidade Wanielista (1978) *apud* Mays (2001). como podemos

consultar (anexo G). Para tanto, os dados foram obtidos através da análise de matéria orgânica do trabalho de Barbosa Neto (2016).

O fator topográfico LS foi gerado usando-se a ferramenta *hydrology* do Arc.gis para se calcular o fluxo e a declividade do local, com base no relevo do município e aplicando-se a equação proposta por Moore e Burch (1986).

O Fator de práticas de cultura foi analisado usando um quadro de exemplos de valores C para o cálculo do fator de cobertura e manejo da vegetação, ver em quadro 1 que é baseado em Wischemeier e Smith (1978) e Schwab *et al.* (1996), sendo os valores adaptados para a realidade do município trabalhado. Para áreas com solo exposto, C tende a 1, segundo valores do fator C atribuídos às classes de uso e cobertura da terra em um levantamento realizado pro Costa *et al.* (2005).

Quadro 1 - Exemplos de valores C para o cálculo do fator de cobertura e manejo da vegetação

Vegetação	Práticas/Condições	Valor de C
Capoeiras de arbustos com cerca de 2m de altura	Copas cobrindo 25%, sem restos vegetais	0,40
	Copas cobrindo 75%, sem restos vegetais	0,28

Fonte: Baseado em Wischmeier e Smith (1978) e Schwab et al. (1996).

Conforme Righeto (1998) as práticas de conservação do solo podem reduzir enormemente a perdas do solo. Técnicas de terraceamento, faixas de contorno niveladas e cordões de vegetação permanente devem ser utilizadas no manejo de solos sujeitos a fortes erosões. Como não existem práticas de manejo à erosão, será considerado neste trabalho o valor 1 para se calcular a equação.

Visando avaliar o grau de erosão, usou-se a classificação apresentada por Alonso et al. (1994), tabela 1, onde:

Tabela 1 - Classificação do grau de erosão

Perda de solo (ton/ha/ano)	Grau de erosão
<10	Baixa
10 – 50	Moderada
50 – 200	Alta
> 200	Muito Alta

Fonte: Alonso et al., 1994.

3.4 Aspectos socioeconômicos

Para se analisarem algumas transformações socioeconômicas foram considerados os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e de Sampaio et al. (2005), analisando-se a renda per capita, índice de Gini, índice de exclusão social e censo agropecuário.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

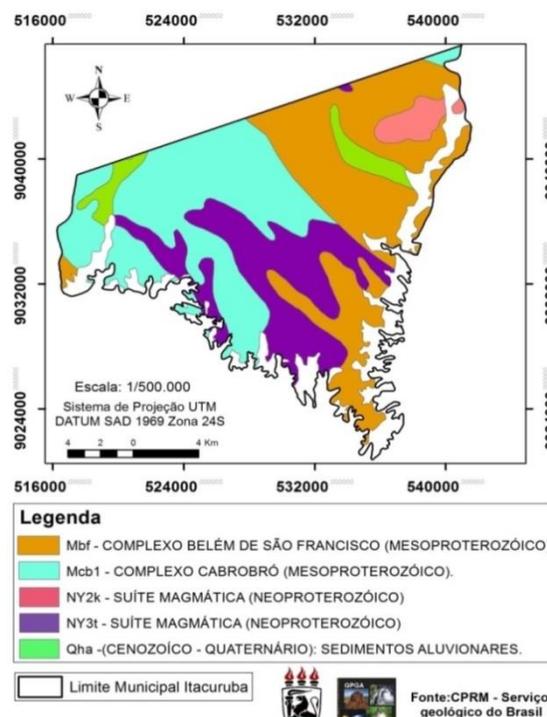
4.1 Análise da vulnerabilidade

Os dados obtidos através da interpretação dos temas propostos pela metodologia de Crepani et al. (1996), resultaram nos mapas de vulnerabilidade de cada tema de acordo com os pesos atribuídos à cada classe temática.

4.1.1 Geologia

Avaliando-se o atributo geologia, observou-se (Figura 2) as classes: Mbf - Complexo Belém do São Francisco, abrangendo 35,5% da área; Mcb1 – Complexo Cabrobó, que se estende por 35,3% da área; e ambas possuindo um valor de vulnerabilidade 1,7. Também foram verificados dois conjuntos de suítes magmáticas, que ocupam 24,5% da área, com um valor de vulnerabilidade 1,1. A classe dos sedimentos aluvionares do Quaternário, abrange 4,3% e possui um valor de vulnerabilidade 3,0 (Barbosa Neto et al., 2013).

Figura 2 - Mapa da Geologia de Itacuruba - PE



Fonte: CPRM -Serviço geológico do Brasil, adaptado por Barbosa Neto et al (2013).

Tabela 2 - Valores de vulnerabilidade à erosão da estrutura geológica do município de Itacuruba - PE

Vulnerabilidade do atributo Geologia		
Classe	Área (%)	Valor de Vulnerabilidade
Mbf – Complexo Belém do São Francisco (Mesoterazóico) Biotita ortognaisse tonalíticos/granodioríticos	35,5	1,7
Mcb1 – Complexo Cabrobó (Mesoproterozóico): Biotita, Gnaiss quartzofeldspáricos	35,3	1,7
NY3t – Suíte Magmática (Neoproterozóico): monzodioritos, monzonitos, quartzo monzonitos – Biotita	21,3	1,1
NY2K – Suíte Magmática (Neoproterozóico): Biotita – anfibólio granitoides grossos a porfiriticos	3,2	1,1
Qha – (Cenozóico – Quaternário): Sedimentos aluvionares, arenosos, argilosos e conglomeráticos.	4,3	3,0

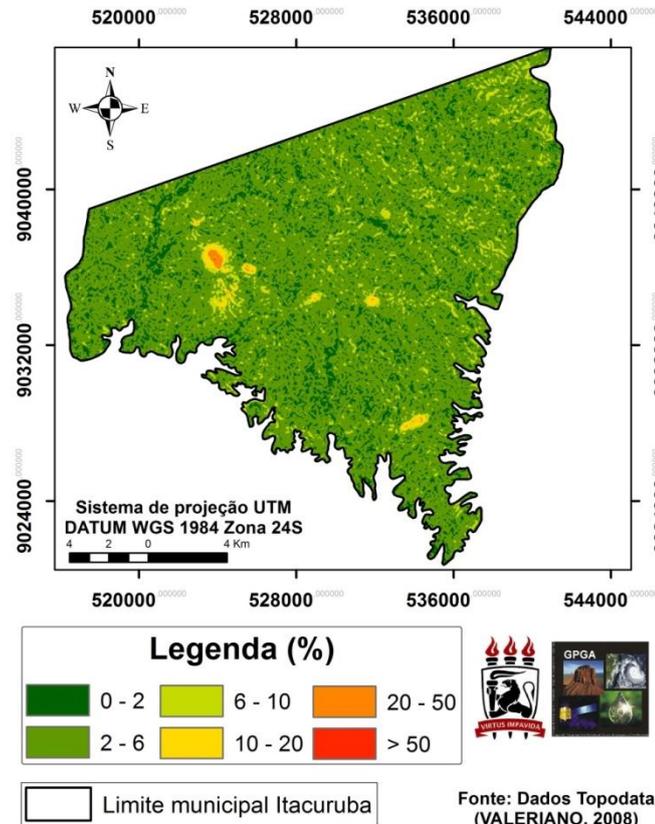
Fonte: Barbosa Neto et al, (2013).

Observou-se na tabela 2, a predominância de classes geológicas na área, com valores de vulnerabilidade mais próximas da estabilidade 1,0 e uma pequena área com instabilidade aos processos erosivos com o valor 3,0. Valores extraídos da escala de vulnerabilidade à denudação das rochas mais comuns em anexo tabela 13, a partir das características do município.

4.1.2 Declividade

Para analisar a declividade do município como visto na figura 3, se fez necessário aumentar a escala, assim inserindo a classe de 10-20 para um melhor estudo do trabalho adequando a sua realidade local. Usou-se os valores da escala de vulnerabilidade da tabela 14 (anexo D) para chegar aos resultados como observamos no mapa de declividade.

Figura 3 - Mapa da declividade do solo de Itacuruba-PE



Fonte: Barbosa NETO (2016).

No atributo declividade, observar-se uma predominância das classes de 0-2% e 2-6%, entendendo-se por 93,01% da área de estudo, com valores de vulnerabilidade respectivamente de 1,0 e 1,5, Ocorre uma estabilidade com a predominância da pedogênese. Já em 6,74% da área, onde ocorrem as classes de declividade 6- 10% e 10- 20%, ocorrem os valores respectivamente de 2,0 e 2,5. Já de 20 -50% e > 50% ocorrem os valores 3,0, significando que há um balanço entre pedogênese/morfogênese, segundo Crepani *et al.* (1996), modificado de Tricart (1977).

Tabela 3 - Valores de vulnerabilidade à erosão da declividade do município de Itacuruba – PE

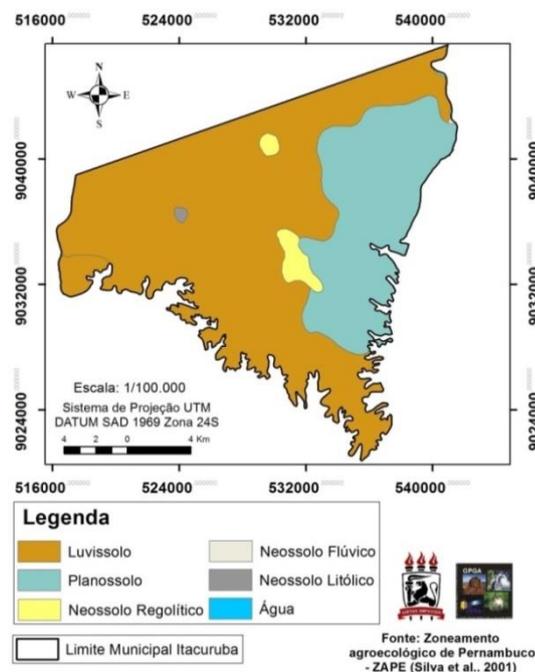
Vulnerabilidade do atributo Declividade		
Classe (%)	Área (%)	Valor de Vulnerabilidade
0 – 2	16,92	1,0
2 – 6	76,18	1,5
6 – 10	6,04	2,0
10 – 20	0,7	2,5
20 – 50	0,16	3,0
> 50	0,001	3,0

Fonte: Organizado pelo autor

4.1.3 Pedologia

Os solos representativos no município de Itacuruba são os Planossolos e Luvisolos e isso fica evidente de se constatar na Figura 4, onde as maiores manchas indicam para esses solos, vale ressaltar que os valores de vulnerabilidade/estabilidade dos solos foi usado para auxiliar nos resultados.

Figura 4 - Mapa de solos de Itacuruba - PE



Fonte: Barbosa Neto et al. (2013).

Tabela 4 - Valores de vulnerabilidade à erosão dos solos do município de Itacuruba - PE

Vulnerabilidade do tributo Pedologia		
Classe	Área (%)	Valor de Vulnerabilidade
Luvissolo	70,2	2,5
Planossolo	27,3	2,5
Neossolo Regolítico	2,12	1,5
Neossolo Flúvico	0,05	3,0
Neossolo Litólico	0,2	3,0

Fonte: Organizado pelo autor.

Predominam os solos da classe Luvisolo, que se estendem por 70,2% da área e Planossolo que abrange 27,3%. Estes solos se encontram em pleno processo de degradação, evidenciado pelo valor de vulnerabilidade 2,5, sendo moderadamente vulnerável. A Figura 5 mostra que tais solos, muitas vezes já se encontram sem o horizonte A. O Planossolo tem alta vulnerabilidade à erosão, pois quando chove a água penetra e encontra impedimento. Seu horizonte A é bem arenoso e o B textural bastante duro e formado em colunas. O Luvisolo tem sua estrutura em blocos e também apresenta impedimento desde a camada superficial, resultando numa vulnerabilidade bem expressiva. Ocorrem também as classes dos Neossolos Regolíticos com valor de vulnerabilidade 1,5, (como pode ser po é mais arenoso e tem uma maior capacidade de infiltração e absorção de água no solo do semiárido. Já o Neossolo Flúvico e Litólico, em apenas 0,07% da área, apresenta um valor de vulnerabilidade 3,0. Ambos não apresentam horizonte B, o Neossolo Flúvico altamente vulnerável por sempre estar próximo ao rio e formar camadas, que com o tempo conduz à pedogênese. O Neossolo Litólico geralmente é bem pedregoso, arenoso e não se agrega bem, além de ser raso e a rocha ficar exposta a alguns eventos como é o caso da chuva. Vale ressaltar que no Sertão, ocorrem chuvas bem concentradas, levando assim a um processo mais intenso num período curto de tempo.

Figura 5 – Processos erosivos encontrados no município de Itacuruba – PE. A – Luvisolos e B – Planossolos.

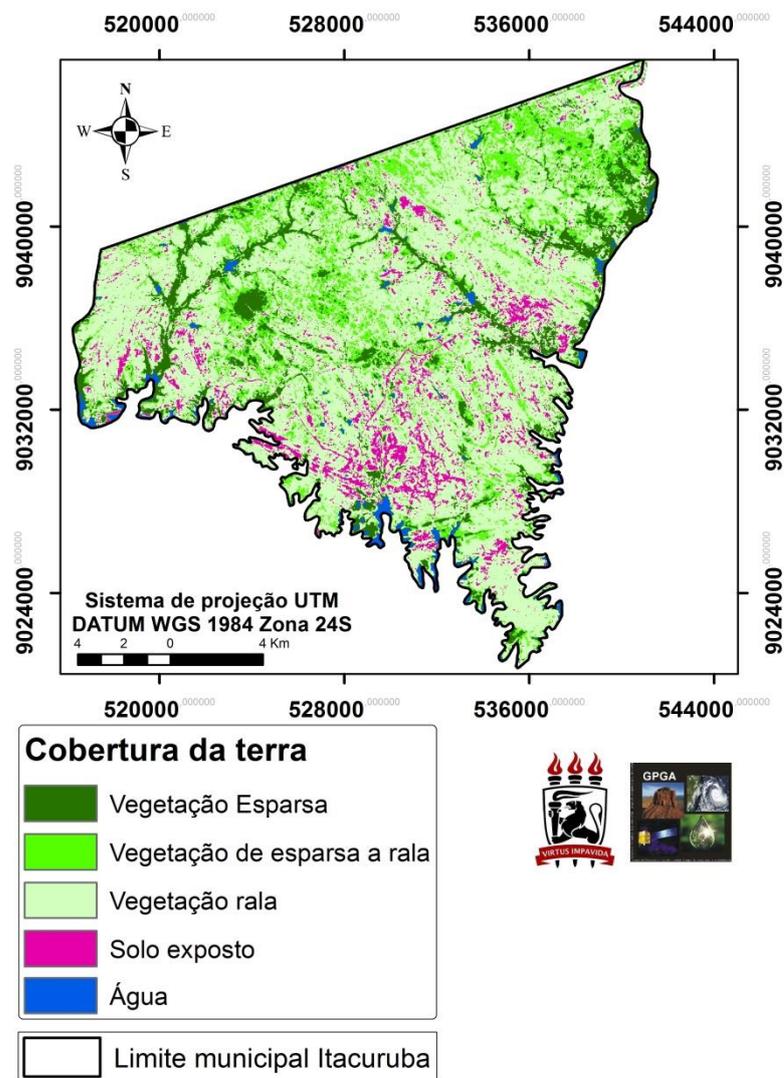


Fonte: Barsosa Neto, 2013.

4.1.4 Cobertura vegetal

O município de Itacuruba por estar inserida num unidade geoambiental da Depressão Sertaneja, desse modo, representando a paisagem do semiárido nordestino é bastante comum notar a presença de vegetação do tipo rala, pela Figura 5 observa-se bem como a vegetação esparsa/espalhada se distribui ao longo do semiárido. E fica mais evidente com os resultados obtidos na Figura 6, a partir da análise do mapa da cobertura vegetal.

Figura 6 - Mapa da cobertura vegetal de Itacuruba - PE



Fonte: Barbosa Neto, 2016.

Para a vulnerabilidade relativa à cobertura vegetal, se observou que a maior parte da área de estudo 64,26%, se encontra com vegetação rala, sendo atribuído um valor de vulnerabilidade 2,5, pois o solo se encontra sem a proteção da vegetação, aumentando os efeitos erosivos da chuva. Em 16,55% se verificou uma vegetação do tipo esparsa a rala, atribuindo-se uma vulnerabilidade de (2,0), devido ao baixo poder de proteção. Em 11,99% da área apresentou-se uma vegetação do tipo esparsa, recebendo um valor baixo de vulnerabilidade 1,0 e finalmente, em 7,20% da área encontrou-se com solo exposto, com uma alta vulnerabilidade 3,0. De acordo com os resultados obtidos da vulnerabilidade da cobertura vegetal do município, verifica-se indícios de um processo de desertificação em algumas áreas em diferentes estágios.

Tabela 5 - Valores de vulnerabilidade à cobertura vegetal do município de Itacuruba – PE

Classes de Cobertura Vegetal		
Classe	Área (%)	Valor de Vulnerabilidade
Vegetação esparsa	11,99	1,0
Vegetação de esparsa a rala	16,55	2,0
Vegetação rala	64,26	2,5
Solo exposto	7,20	3,0

Fonte: Organizado pelo autor.

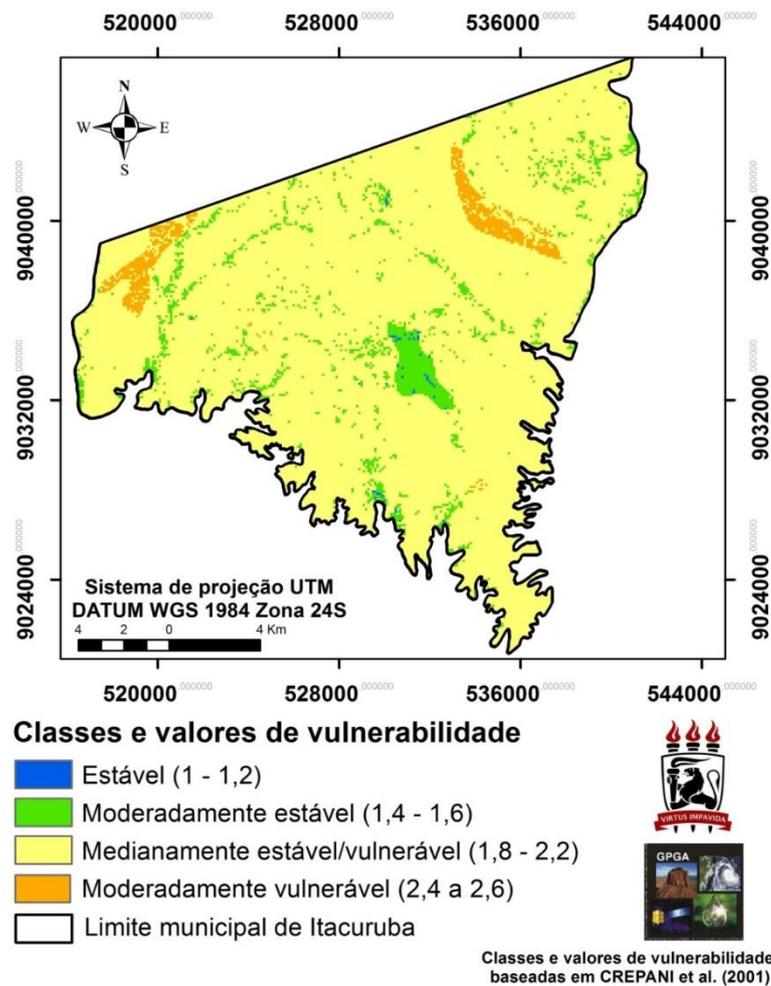
4.1.5 Clima

A intensidade pluviométrica do município, para indicação da vulnerabilidade do atributo clima, se verificou numa média de precipitação anual de 399,5 mm, ocorrendo o período chuvoso dentro de cinco meses, e com intensidade pluviométrica de 79,9 mm/mês o que confere uma vulnerabilidade de 1,2 sendo este atributo considerado estável.

4.1.6 Percentual de cada classe e valores de vulnerabilidade

A partir da aplicação de uma média aritmética nos valores de vulnerabilidade dos mapas citados anteriormente e com a análise dos dados a partir da escala de vulnerabilidade de Crepani (anexo A) se obteve o mapa da vulnerabilidade natural à erosão do município de Itacuruba, que segue na Figura 7.

Figura 7 - Mapa da vulnerabilidade natural à erosão do município de Itacuruba – PE



Fonte: Organizado pelo autor

Através do mapeamento da vulnerabilidade natural à erosão da área de estudo observou-se o predomínio na área de atributos medianamente estável/vulnerável à erosão, com valores de vulnerabilidade que variam de 1,8 a 2,2, abrangendo 89,02 % da área, sendo responsáveis por este quadro as áreas com solos mais vulneráveis aliados à falta de cobertura vegetal, ocorrendo equilíbrio entre os processos pedogenéticos e morfogenéticos. Em 7,6 % se verificou valores de vulnerabilidade que variaram de 1,4 a 1,6, sendo classificados como moderadamente estável. E para 3,23% os valores variam de 2,4 a 2,6, sendo este classificado como moderadamente vulnerável e 0,15 % da área com valor de 1 a 1,2, se apresentando estável, seguindo a tabela de Crepani et al., 1996. Observa-se que o mapa de vulnerabilidade se apresenta medianamente estável/vulnerável, verificando-se que existe um grau de vulnerabilidade natural à erosão no município de Itacuruba.

Tabela 6 - Percentual de cada classe de vulnerabilidade

Classe de vulnerabilidade	Valor de vulnerabilidade	Área (%)
Estável	1 - 1,2	0,15
Moderadamente estável	1,4 - 1,6	7,6
Medianamente estável/vulnerável	1,8 - 2,2	89,02
Moderadamente vulnerável	2,4 - 2,6	3,23

Fonte: Organizado pelo autor

4.2 Equação da perda de solo por erosão

Os dados para o Fator de Erosividade - R mostram que os maiores índices de precipitação ficaram registrados nos meses de março, abril, janeiro e fevereiro (tabela 7). Bertoni e Lombardi Neto (2005) afirmam que a precipitação deve ser acima de 10mm em um período de trinta minutos para ser considerada erosiva.

Tabela 7 - Média mensal de energia de erosão em Itacuruba – PE

Mês	Precipitação mensal	Fator R
Jan	58,4	42,62
Fev	58,7	42,99
Mar	81,4	74,94
Abr	67,4	54,38
Mai	16,6	5,02
Jun	15	4,23
Jul	14	3,76
Ag	4,4	0,53
Set	5,2	0,70
Out	5,5	0,77
Nov	25,5	10,42
Dez	47,4	29,89
	399,5	270,23

Fonte: Organizado pelo autor.

Vale ressaltar que o grau de intensidade da chuva vai variar de acordo com a distribuição da chuva durante o tempo, por exemplo, se choveu de forma constante durante todo um dia ou se concentrou durante apenas algumas horas. Para o município trabalhado não fica tão evidente essa estimativa, podendo se considerar valores da estação de medição mais próxima, que fica no município de Floresta. Porém estes dados não são tão confiáveis e a falta de exatidão pode comprometer parcialmente o resultado, pois, às vezes, a estação detecta a chuva e outras vezes não, o que compromete uma melhor interpretação dos dados.

O aumento da matéria orgânica diminui o fator de erodibilidade do solo, o que não ficou tão evidente quando confrontado os dados na tabela 8 do fator de erodibilidade k.

Tabela 8- Valores do fator de Erodibilidade K do solo.

Solo	Profundidade	Área	Areia %	Silte %	Argila %	Textura	Carbono orgânico %	Fator K
Planossolo	0-10	D1	75,32	15,12	9,56	Franco - Arenosa	0,34	0,16
Planossolo	0-10	D2	63,98	20,80	15,22	Franco - Arenosa	0,48	0,16
Luvissole	0-10	D1	66,90	16,79	16,32	Franco - Arenosa	0,43	0,16
Luvissole	0-10	D2	62,80	19,42	17,79	Franco - Arenosa	0,62	0,13
Planossolo	10-20	D1	74,23	15,18	10,59	Franco - Arenosa	0,20	0,16
Planossolo	10-20	D2	52,09	15,05	32,86	Franco - Argilo - Arenosa	0,53	0,26
Luvissole	10-20	D1	63,65	13,72	22,63	Franco - Argilo - Arenosa	0,21	0,32
Luvissole	10-20	D2	58,29	15,48	26,23	Franco - Argilo - Arenosa	0,37	0,32

Fonte: Organizado pelo autor

Onde D1 é a área degradada 1 e D2 área degradada 2.

Tirando a média do fator k para cada classe de solo Planossolo de 0-10 cm e 10-20 cm e Luvissole de 0-10 cm e 10-20 cm obtivemos os valores:

Planossolo de 0 -10 cm = 0,16

Planossolo de 10-20 cm = 0,21

Luvissole de 0-10 cm = 0,14

Luvissole de 10-20 cm= 0,32

O Fator LS apresentou uma média de 0,36 apresentando-se baixo, mas já era o esperado para a área que apresenta um relevo plano com pouca declividade na área.

O Fator de práticas de cultura se apresentou em quatro valores devido aos tipos de vegetação (esparsa, esparsa a rala, rala e solo exposto). Tirando a média da vegetação predominante esparsa a rala, rala e solo exposto chega-se ao valor 0,6 para a prática de cultura.

O Fator de prática contra a erosão é atribuído o valor 1,0 pela ausência de prática de manejo contra a erosão.

Levando-se em consideração os solos predominantes (Planossolos e Luvisolos) e suas camadas de 0-10 cm e 10-20 cm, foram obtidos os seguintes valores da equação:

Planossolo 0 -10 cm

$$A = R \times K \times LS \times C \times P$$

$$A = 270,23 \times 0,16 \times 0,36 \times 0,6 \times 1$$

$$A = 9,3 \text{ ton/ha/ano}$$

Planossolo 10- 20 cm

$$A = R \times K \times LS \times C \times P$$

$$A = 270,23 \times 0,21 \times 0,36 \times 0,6 \times 1$$

$$A = 12,2 \text{ ton/ha/ano}$$

Luvisolo 0 - 10 cm

$$A = R \times K \times LS \times C \times P$$

$$A = 270,23 \times 0,14 \times 0,36 \times 0,6 \times 1$$

$$A = 8,1 \text{ ton/ha/ano}$$

Luvisolo 10 - 20 cm

$$A = R \times K \times LS \times C \times P$$

$$A = 270,23 \times 0,32 \times 0,36 \times 0,6 \times 1$$

$$A = 18,6 \text{ ton/ha/ano}$$

Visando-se avaliar os resultados obtidos pela equação de perda de solo, usou-se a classificação apresentada por Alonso et al. (1994), para estimar o grau de erosão, onde pode-se observar na Tabela 9.

Tabela 9 - Grau de erosão em Itacuruba -PE

Solo	Camada (cm)	Equação	Erosão
Luvissolos	0 - 10	8,1 ton	Baixa
Planossolos	0 - 10	9,3 ton	Baixa
Luvissolos	10 - 20	18,6 ton	Moderada
Planossolos	10 - 20	12,2 ton	Moderada

Fonte: Organizado pelo autor.

Onde na camada de 0-10 cm, na classe dos Planossolos, a equação resultou em 9,3 ton/ha/ano, sendo considera um grau de erosão baixa; para a camada de 0-10 cm, na classe dos Luvissolos, a equação resultou em 8,1 ton/ha/ano, também foi considera um grau de erosão baixa; para a camada de 10-20 cm, na classe dos Planossolos a equação resultou em 12,2 ton/ha/ano, sendo considera um grau de erosão moderada; para a camada de 10-20 cm, na classe dos Luvissolos a equação de resultou em 18,6 ton/ha/ano, sendo considerado um grau de erosão moderada.

Os resultados apresentados mostram que ocorreu um grau de erosão moderada nos Planossolos e Luvissolos na camada de 10-20 cm, isto se deve provavelmente, ao fato de que em Itacuruba muitas áreas apresentam o horizonte B exposto, não encontrando a camada superficial de 0-10 cm.

4.3 Aspectos socioeconômicos

Constatou-se que a renda de Itacuruba se encontra abaixo da renda per capita da região, segundo Sampaio et al. (2005), demonstrando que o município se encontra em um nível moderado, agravado pela má distribuição e pela precariedade das formas de acesso à terra.

Tabela 10 - Renda per capita do município de Itacuruba-PE

Renda Per Capita	R\$
Renda domiciliar Itacuruba	268,68
Renda da Região	291,71
Renda do Estado	508,82

Fonte: IBGE, 2010.

Segundo a base de dados do estado de Pernambuco de 2011, para a aptidão agroecológica dos municípios, Itacuruba apresenta um solo arenoso argiloso e terras agricultáveis de potencial restrito, destinando-se, preferencialmente, à cultura de mandioca.

O censo demográfico de 2000 aponta que cebola, feijão, tomate e melancia são os principais produtos produzidos. A região é marcada pela prática de agricultura irrigada, piscicultura (que vem apresentando grande potencial de expansão) e exploração das áreas de sequeiro, com agricultura de subsistência (o solo de Itacuruba não é muito favorável a uma demanda grande para produção em escala) e pecuária.

O índice de Gini do município é de 0,39, indicando que há uma igualdade salarial no município, logo que esse índice mede o grau de concentração de renda em determinado grupo e consiste em um número de 0 a 1, onde o 0 corresponde à igualdade de renda salarial e 1 corresponde à completa desigualdade, isto é, uma só pessoa detém toda a riqueza (IPEA, 2012).

O índice de exclusão social de Itacuruba ficou em 0,328 (IBGE, 2010) que segundo Pochmann e Amorim (2007), o município não se encontra em melhores condições, pois o seu índice se encontra próximo ao 0. O índice de exclusão social varia de 0 a 1, com situações melhores próximas a 1, o que não é o caso de Itacuruba.

Tabela 11- Censo agropecuário/propriedade, área ocupada.

Ano	1970	1975	1980	1985	1995
Área ocupada	925,30	1.690,50	544,94	6.723,14	1.375,00

Fonte: IBGE, 1996.

Há uma grande oscilação da prática agropecuária, (quadro 5) talvez seja explicativo dos fatores relacionados ao solo. Já que é difícil conseguir uma permanência do cultivo, a instabilidade do clima sempre está presente na região, visto que as condições e o tipo de solo não são favoráveis à prática de culturas.

5 CONCLUSÕES

Verificou-se que o grau de vulnerabilidade à erosão no município de Itacuruba – PE não se apresentou muito expressivo, ocorrendo o predomínio da classe medianamente estável/vulnerável em 89,02% da área, sendo responsáveis por este quadro, as áreas com solos mais vulneráveis, aliadas à falta de cobertura vegetal.

Os resultados apresentados na equação de perda de solo apresentaram um grau de erosão moderada nos Planossolos e Luvisolos, na camada de 10-20 cm, pode-se considerar que se deve ao fato de que em Itacuruba muitas das áreas encontram-se o horizonte B exposto, não encontrando a camada superficial de 0-10.

A análise socioeconômica permitiu verificar como o município distribui sua renda e atividades, sendo importante para estudos futuros e imprescindíveis em regiões “frágeis”, como é o caso de Itacuruba que apresenta um índice de exclusão social baixo e diversas problemáticas.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, A.; SANTOS, M.; MEUNIER, I.; RODAL, M. **Desertificação e Seca**. Recife: Nordeste, 2002. 63 p.

BARBOSA NETO, M.V; SILVA, H.A; ARAUJO, M.S.B. 2013. Mapeamento da vulnerabilidade natural à erosão como subsidio ao planejamento ambiental no semiárido Pernambucano. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, 2013, Foz do Iguaçu. **Anais**. Foz do Iguaçu, 2013. p. 4761 – 4768.

BARBOSA NETO, M.V. **Qualidade do solo em área vulnerável a desertificação no semiárido pernambucano**. 2016. Tese (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Pernambuco, 2016 .

BERTONI, J & LOMBARDI NETO, F. L. Conservação do solo. São Paulo. Ícone. 5ª Edição. 2005. 355p

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 6.ed. São Paulo: Ícone, 2008. 355p.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 4ª Ed. São Paulo: Ícone, 1999. 480p

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Desertificação**. Brasília, DF, 2003.

BUENO, C.R.P.; STEIN, D.P. Potencial natural e antrópico de erosão na região de Brotas, Estado de São Paulo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.26, p.1-5, 2004.

Crepani, E.; Medeiros, J. S.; Hernandez Filho, P. H.; Florenzano, T. G.; Duarte, V.; Barbosa, C. C. F. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: Instituto de Pesquisas Espaciais, 2001. 124 p. (INPE-8454-RPQ/722).

COSTA, T. C. C; LUMBRERAS, J. F; ZARONI, M. J; NAIME, U. J; GUIMARÃES, S. P; UZÊDA, M. C. Estimativas de perdas de solo para microbacias hidrográficas do estado do Rio de Janeiro. Embrapa Solos, **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, Rio de Janeiro, n. 78, 2005.

CUÉLLAR, J. (Organizador). **Nossa diversidade criadora**. Campinas: Papyrus/ UNESCO, 1997. 416 p.

Denardin, J.E. **Erodibilidade do solo estimada por meio de fatores físicos e químicos**. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 1991. 104p. Tese Doutorado.

FAO. Desertification. Disponível e <<http://www.fao.org/desertification/default.asp?lang=en>>. Acesso em 19/06/16.

FERREIRA, D. G.; MELO, H. P.; NETO, F. R. R.; NASCIMENTO, P. J. S.; RODRIGUES, V.A **Desertificação no Nordeste do Brasil: diagnóstico e perspectivas**. In: CONFERÊNCIA NACIONAL E SEMINÁRIO LATINO-AMERICANO DA DESERTIFICAÇÃO, 1994, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, 1994

GALETI, P. A. Práticas de controle à erosão. Campinas. Instituto Campineiro de Ensino Agrícola. 1982. 279p.

GIBOSHI, M. L.; RODRIGUES, L. H. A.; NETO LOMBARDI, F.; Sistema de suporte à decisão para recomendação de uso e manejo da terra. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.04, 2006.

IBAMA. **Desertificação no Brasil**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2003. Disponível em <<http://www.ibama.gov.br>>. Acesso em 22/06/16.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produto Interno Bruto Municipal 2009**, 2011.

Margolis, E.; Campos Filho, O.P. **Determinação dos fatores da equação universal de perdas de solo num Podzólico Amarelo de Glória do Goitá**. In: Encontro Nacional sobre Conservação do Solo, 3. Recife, 1981. **Anais...** Recife: 1981. p. 239-250.

MOORE, I.D.; G.J. BURCH. 1986. **Physical basis of the length-slope factor in the universal soil loss equation**. Soil Sci. Soc. Am. J. 50:1294-1298.

NÓBREGA, J. C. A; LIMA, J. M. de; NÓBREGA, R. S. A.; ALVARENGA, M. I. N. Desertificação: áreas de ocorrência e ações mitigadoras. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte – MG, v. 24, n. 220, p. 94-102, 2003.

ONU, Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento,

PERNAMBUCO. Banco de dados do Estado de Pernambuco (BDE). Perfil do Municípios 2011. Recife, 2012.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K.J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3. ed. rev. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1995. 65p.

SÁ, I. B.; SÁ, I. I. da S.; SILVA, A. de S. Desertificação na região de Cabrobó - PE: a realidade vista do espaço. In: III Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto. Aracaju/SE **Anais...** Aracaju. 2006.

SACHS, I. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Garamond, 2000. 96 p.

SAMPAIO, E.; SAMPAIO, Y. **Desertificação - Conceitos, causas, conseqüências e mensuração**. UFPE, UFRPE, FINEP – Recife: 2002.

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

SAMPAIO, E.V.S.B.; SAMPAIO, Y.; VITAL, T.; ARAÚJO, M.S.B.; SAMPAIO, G.V. **Desertificação no Brasil** – Conceitos, núcleos e tecnologias de recuperação e convivência. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2003. 202p.

SENTELHAS, Paulo Cesar; ANGELOCCI, Luiz Roberto; **Balanco Hídrico**, aula 09, ESALQ/USP – 2007.

SILVA, F. B. R. et al. **Zoneamento Agroecológico de Pernambuco - ZAPE**. Recife: Embrapa Solos - Unidade de Execução de Pesquisa e Desenvolvimento - UEP Recife; Governo do Estado de Pernambuco (Secretaria de Produção Rural e Reforma Agrária). (Embrapa Solos. Documentos; no. 35). ZAPE Digital, CD-ROM. 2001.

ROLIM, G.S.; SENTELHAS, P.C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria, v.6, p.133-137, 1998.

VASCONCELOS SOBRINHO, J. **Processos de desertificação no Nordeste do Brasil: sua gênese e sua contenção**. Convênio SEMA/ SUDENE, Recife, 1982

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

Tricart, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE; SUPREN, 1977.

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide planning**. Agr. Handbook, n. 537, 1978. 58p.

WOLMAN, M. G. **Soil erosion and crop productivity: a worldwide perspective in soil erosion and crop productivity**. Madison: Soil Science Society of America, 1985. (WordWatch Paper, 60).

ANEXOS

ANEXO A - Escala de vulnerabilidade de Crepani

Unidades de Paisagem	Média			Grau de Vulnerabilidade	Grau de saturação			
					Verm.	Verde	Azul	Cores
U1		3,0	↑	Vulnerável	255	0	0	
U2		2,9			255	51	0	
U3		2,8			255	102	0	
U4		V			2,7	255	153	0
U5	U	2,6	Moderadamente Vulnerável	255	204	0		
U6	L	2,5		E	255	255	0	
U7	N	2,4		S	204	255	0	
U8	E	2,3		T	153	255	0	
U9	R	2,2	A	Medianamente Estável/ Vulnerável	102	255	0	
U10	A	2,1	B		51	255	0	
U11	B	2,0	I		0	255	0	
U12	I	1,9	L		0	255	51	
U13	L	1,8	I	Moderadamente Estável	0	255	102	
U14	I	1,7	D		0	255	153	
U15	D	1,6	A		0	255	204	
U16	A	1,5	D		0	255	255	
U17	D	1,4	E	Estável	0	204	255	
U18	E	1,3			0	153	255	
U19	↓	1,2			0	102	255	
U20		1,1			0	51	255	
U21		1,0		0	0	255		

Fonte: Crepani et al. (2001)

ANEXO B - Avaliação da estabilidade/vulnerabilidade

Unidade	Relação pedogênese/morfogênese	valor
Estável	Prevalece a pedogênese	1,0
Intermediária	Equilíbrio entre a pedogênese e a morfogênese	2,0
Instável	Prevalece a morfogênese	3,0

Fonte: Crepani et al (1996), modificada de Tricart (1997)

ANEXO C – Escala de vulnerabilidade à denudação das rochas mais comuns

Quartzitos ou metaquartzitos	1,0	Milonitos, Quartzo muscovite, Biotita, Clorita xisto	1,7	Arenitos quartzosos ou ortoquartzitos	2,4
Riólito, Granito,Dacito	1,1	Piroxenito, Anfibolito Kimberlito, Dunito	1,8	Conglomerados, Subgrauvacas	2,5
Granodiorito, Quartzo Diorito, Granulitos	1,2	Hornblenda, Tremolita, Actinolita xisto	1,9	Grauvacas, Arcózios	2,6
Migmatitos, Gnaisses	1,3	Estaurolita xisto, Xistos granatíferos	2,0	Siltitos, Argilitos	2,7
Fonólito Nefelina, Sienito, Traquito, Sienito	1,4	Filito, Metassiltito	2,1	Folhelhos	2,8
Andesito, Diorito, Basalto	1,5	Ardósia, Metargilito	2,2	Calcários, Dolomitos, Margas, Evaporitos	2,9
Anortosio, Gabro, Peridotito	1,6	Mármore	2,3	Sedimentos Inconsolidados: Aluviões, Colúvios etc.	3,0

Fonte: Crepani et al. (2001)

ANEXO D– Classes de declividade com os respectivos valores da escala de vulnerabilidade

Classes Morfométricas	Declividade (%)	Valores de Vulnerabilidade
Muito Baixa	<2	1,0
Baixa	2 – 6	1,5
Média	6 – 20	2,0
Alta	20 – 50	2,5
Muito Alta	>50	3,0

Fonte: Crepani et al. (2001)

ANEXO E - Valores de vulnerabilidade/estabilidade dos solos

Classe de Solo	Legenda	Vuln/Estab.
Latossolos Amarelo	LA	
Latossolo Vermelho – Amarelo	LV	
Latossolo Vermelho – Escuro	LE	1,0
Latossolo Roxo	LR	
Latossolo Bruno	LB	
Latossolo Húmico	LH	
Latossolo Bruno-Húmico	LBH	
Podzólico Amarelo	PA	
Podzólico Vermelho – Amarelo	PV	
Podzólico Vermelho – Escuro	PE	2,0
Terra Roxa Estruturada	TR	
Bruno Não –Cálcico	NC	
Brunizém	B	
Brunizém Avermelhado	BA	
Planossolo	PL	
Cambissolos	C	2,5
Solos Litólicos	R	
Solos Aluviais	A	
Regossolo	RE	
Areia Quartzosa	A	
Vertissolo	V	
Solos Orgânicos	HO	
Solos Hidromórficos	HI	3,0
Glei Húmico	HGH	
Glei Pouco Húmico	HGP	
Plintossolo	PT	
Laterita Hidromórfica	LH	
Solos Concrecionários Lateríticos	CL	
Rendzinas	RZ	
Afloramento Rochoso	AR	

Fonte: Crepani et al. (2001).

ANEXO F - Escala de erosividade da chuva e valores de vulnerabilidade à perda de solo

Intensidade Pluviométrica (mm/mês)	Vulnerabilidade	Intensidade Pluviométrica (mm/mês)	Vulnerabilidade	Intensidade Pluviométrica	Vulnerabilidade
<50	1,0	200-225	1,7	375-400	2,4
50-75	1,1	225-250	1,8	400-425	2,5
75-100	1,2	250-275	1,9	425-450	2,6
100-125	1,3	275-300	2,0	450-475	2,7
125-150	1,4	300-325	2,1	475-500	2,8
150-175	1,5	325-350	2,2	500-525	2,9
175-200	1,6	350-375	2,3	>525	3,0

Fonte: Crepani et al. (2001)

ANEXO G – Fator de erodibilidade K do solo (ton/MJ/ha) (mm/h)

Ordem	Classe de Textura	Quantidade de matéria orgânica		
		< 0,5%	2%	4%
1	Solo arenoso	0,07	0,04	0,03
2	Solo arenoso fino	0,21	0,18	0,13
3	Solo arenoso muito fino	0,55	0,48	0,37
4	Franco arenoso	0,16	0,13	0,11
5	Franco fino arenoso	0,32	0,26	0,21
6	Franco muito fino arenoso	0,58	0,50	0,40
7	Franco arenoso	0,36	0,32	0,25
8	Franco arenoso fino	0,46	0,40	0,32
9	Franco arenoso muito fino	0,62	0,54	0,44
10	Franco	0,50	0,45	0,38
11	Franco siltoso	0,63	0,55	0,44
12	Silte	0,79	0,69	0,55
13	Franco argilo arenoso	0,36	0,33	0,28
14	Franco argiloso	0,37	0,33	0,28
15	Franco argiloso siltoso	0,49	0,42	0,34
16	Areia argilosa	0,20	0,17	0,34
17	Silte argiloso	0,33	0,30	0,25
18	Argila	0,17 a 0,38		

Fonte: Wanielista, 1978 *apud* Mays, 2001.