

LILIAN FRANCISCA SOARES MELO

CARACTERIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE DEGRADAÇÃO DE SOLOS
DA MICROBACIA DO SUCURUIÚ NO NÚCLEO DE
DESERTIFICAÇÃO DE GILBUÉS

TERESINA – PI
SETEMBRO - 2010

LILIAN FRANCISCA SOARES MELO

CARACTERIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE DEGRADAÇÃO DE SOLOS
DA MICROBACIA DO SUCURUIÚ NO NÚCLEO DE
DESERTIFICAÇÃO DE GILBUÉS

Orientador: Prof. Dr. Adeodato Ari Cavalcante Salviano

Coorientador: Dr. Luiz Fernando Carvalho Leite

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia na área de Produção Vegetal.

TERESINA – PI
SETEMBRO - 2010

**CARACTERIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE DEGRADAÇÃO DE SOLOS DA
MICROBACIA DO SUCURUIÚ NO NÚCLEO DE DESERTIFICAÇÃO DE
GILBUÉS**

LILIAN FRANCISCA SOARES MELO

Tecnóloga em Meio Ambiente

Aprovada em ____/____/____

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Adeodato Ari Cavalcante Salviano – Presidente
DEAS/CCA/UFPI

Pesq. Dr. Luiz Fernando Carvalho Leite – Titular
Embrapa Meio-Norte

Pesq. Dr. Francisco de Brito Melo – Titular
Embrapa Meio-Norte

Pesq. Dr. Luís Alfredo Pinheiro Leal Nunes – Titular
DEAS/CCA/UFPI

Agir, eis a inteligência verdadeira. Serei o que quiser. Mas tenho que querer o que for. O êxito está em ter êxito, e não em ter condições de êxito. Condições de palácio tem qualquer terra larga, mas onde estará o palácio se não o fizerem ali?

Fernando Pessoa

Dedico

A elas...

e a ele.

AGRADECIMENTOS

À Deus pela força concedida.

À Universidade Federal do Piauí, ao Centro de Ciências Agrárias e, em especial, ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela oportunidade.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Piauí (FAPEPI), pelo apoio financeiro ao projeto.

À Embrapa Meio-Norte, pela parceria com a Universidade Federal do Piauí, que permitiu a execução de parte do projeto nas suas instalações.

Ao Prof. Dr. Adeodato Salviano, pela orientação e ensinamentos, pela amizade e, principalmente, pela confiança depositada em mim na abordagem de um tema que lhe é tão especial.

Ao pesquisador Dr. Luiz Fernando Leite pela orientação, pela colaboração incondicional ao projeto e pela amizade consolidada.

Ao Dr. Edson Crepani pelo acolhimento durante a estada no INPE e pelas conversas elucidativas que auxiliaram no direcionamento do trabalho.

À Comissão Examinadora, pela disponibilidade e contribuição ao trabalho.

Aos professores do Mestrado em Agronomia da UFPI, pela formação, em especial, ao Prof. Luís Alfredo Nunes pela dedicação nas coletas de campo.

Aos funcionários da pós-graduação, em especial ao Vicente, pela atenção que sempre me dedicou.

Aos colaboradores e companheiros do Laboratório de Solos da Embrapa Meio-Norte, os(as) tão queridos(as): Ana Lúcia, Claudianny, Diego & Sérgio, Elisvania, Janyelle, Valéria, João e Kim; As solidárias companheiras de Mestrado Liliane e Bruna Iwata; Os amigos Afonso do Sertãozinho e Dra Sandra Galvão (Sandrinha) que, por tantas vezes, concederam seus conhecimentos e amizade nas horas em que mais necessitei. Obrigada pelos ensinamentos, dicas e brincadeiras compartilhadas no nosso convívio diário.

Ao pesquisador da Embrapa Meio-Norte, Dr. Valdenir Queiroz Ribeiro, pela sua valiosa contribuição nas análises estatísticas e principalmente pela prontidão com que sempre me atendeu.

Aos estudantes de Agronomia da UFPI, guerreiros, Laércio, Mara, Adebai, Allan Charles e, especialmente, ao Wilson Pinheiro, que me auxiliaram no desenvolvimento da pesquisa.

À população e amigos de Gilbués, reais merecedores desta pesquisa, em especial, Paulo Folha e Fabriciano Corado.

Aos amigos da pós-graduação pela força nas dificuldades e pelos momentos de descontração.

Às queridas Íris, Nadine, Josy, Simone e Ruty pelos risos, conversas, cafés, discussões, insônias, enfim, pelos inesquecíveis momentos que consolidaram a nossa amizade.

Aos amigos Sávio, Adailton Baiano e Thiago, com essa alegria de viver contagiante!

Aos colegas e gestores da SEMAR-PI, que compreenderam minha ausência e proporcionaram a realização deste projeto.

Aos amigos Milcíades, Macilene, Iara e Patrícia que, com uma paciência peculiar, auxiliaram na revisão dos trabalhos.

À Grattyelle, a amiga que nunca soube dizer não e está sempre de prontidão para me ajudar, pelas noites banhadas a café que, como sempre, fazem parte dos últimos momentos.

A elas, minha família, que estiveram presentes em todas as decisões da minha vida.

A ele, Demócrito, pelo incentivo, pela paciência, pelo apoio incondicional e por entender a minha ausência. A sua companhia foi essencial nesta caminhada.

SUMÁRIO

LISTA DE QUADROS	i
LISTA DE FIGURAS	ii
LISTA DE SIGLAS	iii
RESUMO.....	iv
ABSTRACT	v
1.0 INTRODUÇÃO	1
2.0 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 ASPECTOS RELEVANTES SOBRE A DESERTIFICAÇÃO	3
2.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE DEGRADAÇÃO DOS SOLOS	5
2.3 O USO DOS SIG NO ESTUDO DE MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS	6
3.0 MATERIAL E MÉTODOS.....	8
3.1 CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO	8
3.2 MAPEAMENTO DOS GEOAMBIENTES REPRESENTATIVOS DOS NÍVEIS DE DEGRADAÇÃO DE SOLOS.....	9
3.2.1 Base de Dados	9
3.2.2 Construção de Mapas Temáticos	10
3.3 DETERMINAÇÃO DE ATRIBUTOS DO SOLO	13
4.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
4.1 CLASSIFICAÇÃO DOS NÍVEIS DE DEGRADAÇÃO DE SOLOS NA MICROBACIA DO SUCURUIÚ	14
4.2 CARACTERIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE DEGRADAÇÃO DE SOLOS NA MICROBACIA DO SUCURUIÚ	16
4.2.1 Características dos geoambientes.....	16
4.2.2 Características dos solos.....	20
5.0 CONCLUSÃO.....	23
REFERÊNCIAS.....	24
APENDICE A	29

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 Descrição dos Planos de Informações utilizados do Banco de Dados Geográficos (BDG) de Parte do Núcleo de Desertificação de Gilbués.....	10
Quadro 2 Classes apresentadas no Mapa Preliminar dos Níveis de Degradação de Solos da Microbacia do Riacho Sucuruiú em Gilbués, PI.....	14
Quadro 3 Classes de Declividade do Terreno da Microbacia do Riacho Sucuruiú, Gilbués, PI.....	17
Quadro 4 Propriedades químicas dos solos das áreas representativas dos níveis de degradação de solos na Microbacia do Sucuruiú em Gilbués – PI.....	21

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localização da Microbacia do Riacho Sucuruiú em Gilbués, PI.....	8
Figura 2. Mapa de Classificação dos Níveis de Degradação de Solos da Microbacia do Riacho Sucuruiú, em Gilbués, PI.....	15
Figura 3. Relação entre os níveis de degradação de solos e a declividade do terreno	17
Figura 4. Relação entre os níveis de degradação de solos e a hipsometria do terreno	18
Figura 5. Relação entre os níveis de degradação de solos e as classes de solos....	189

LISTA DE SIGLAS

- BDG - Banco de Dados Geográficos
- COT - Carbono Orgânico Total
- ECO-92 - Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento
- MNT - Modelos Numéricos de Terreno
- SIG - Sistemas de Informações Geográficas
- NT - Nitrogênio Total
- UNCCD - Convenção Internacional das Nações Unidas de Combate à Desertificação e à Seca

RESUMO

O cuidado com a preservação das áreas em processo de desertificação é fundamental, não apenas pela degradação ambiental presentes nessas áreas, mas também pelo grave impacto provocado entre as populações pobres. A área de estudo, a Microbacia Hidrográfica do Riacho Sucuruiú, localizada no Núcleo de Desertificação de Gilbués, exibe paisagens representativas com solos erodidos, formação de grandes voçorocas e predominância de vegetação de pequeno porte. Considerando a importância do conhecimento, de forma detalhada, sobre a degradação ambiental no Núcleo de Desertificação de Gilbués e suas fragilidades, o presente trabalho buscou classificar e caracterizar os níveis de degradação de solos da Microbacia, com o uso de Sistemas de Informações Geográficas e, ainda, relacionar as condições químicas dos solos com os níveis de degradação classificados. Para a construção do mapa temático correspondente aos níveis de degradação de solos da Microbacia foi realizada inicialmente, uma classificação automática não-supervisionada da imagem *CBERS 2B HRC*, no qual foi gerado o mapa preliminar para nortear as visitas de campo. Em um segundo momento, já coletadas as amostras de treinamento, foi realizada uma classificação supervisionada no qual foi obtido o mapa definitivo. Posteriormente, foi feita uma associação entre os aspectos ambientais considerados relevantes e os níveis de degradação constantes do mapa. Em cada nível foram abertas, aleatoriamente, oito mini-trincheiras e coletadas amostras nas camadas 0-10 e 10-20 cm. Foram realizadas análises das principais atributos químicos de fertilidade do solo. Os mapas gerados nos trabalhos foram os seguintes: Mapa dos Níveis de Degradação de Solos; Mapa de Hipsometria; Mapa de Declividade; Mapa de Solos e Mapa de Geologia. Foi realizada a determinação de atributos químicos do solo nos diferentes geoambientes representativos dos níveis de degradação. Na área de estudo foram classificadas quatro geoambientes correspondentes aos níveis de degradação existentes: ambiente conservado, ambiente moderadamente degradado, ambiente degradado e ambiente intensamente degradado. Os ambientes que apresentam-se degradados correspondem a 71,87% da área total. Nas faixas de altitude inferiores a 400m e nas superiores a 460m encontram-se os ambientes mais conservados. A ocorrência da degradação coincide com a formação geológica Areado. Os Neossolos Quartzarênicos obtiveram o maior grau de preservação, enquanto os Argissolos Vermelho-Amarelos estão associados aos estágios iniciais de degradação. Os solos dos ambientes degradados e intensamente degradados apresentaram alta saturação por bases, com predominância de cálcio e magnésio e tiveram reação de neutra a moderadamente alcalina. Os teores de fósforo disponível também tiveram um comportamento semelhante aos demais nutrientes avaliados: de um modo geral, apresentaram elevação nos teores na medida em que se intensificava a degradação.

Palavras chaves: erosão, SIG, microbacia

ABSTRACT

The careful preservation of the areas in the process of desertification is essential not only for environmental degradation in those areas, but also by the severe impact among the poor. The study area, the Watershed Hydrographic Sucuruiú Creek, located in the Center of Desertification Gilbués displays representing landscapes with eroded soils, formation of large craters and predominance of small vegetation. Considering the importance of knowledge in detail about environmental degradation in the Nucleus of Gilbués Desertification and its weaknesses, this study sought to classify and characterize the levels of degradation of soils Watershed by using Geographic Information Systems and also relate the chemical conditions of soils with levels of degradation classified. For the construction of the thematic map corresponding to the levels of degradation of soils Watershed was conducted initially, an automatic unsupervised classification image CBERS 2B HRC, which was generated in the preliminary map to guide the field visits. In a second step, since the collected training samples, we performed a supervised classification was obtained in which the final statement. It was later made an association between environmental aspects considered relevant and degradation levels contained therein. At each level were open, randomized, eight mini-trenches and sampled in layers 0-10 and 10-20 cm. Were analyzed for major chemical attributes of soil fertility. The maps generated in the work were as follows: Map Levels of Soil Degradation; Map Hypsometry; Slope Maps, Map of Soils and Geology Map. Was conducted to determine soil chemical properties in different geoenvironment representative levels of degradation. In the study area were classified geoenvironment corresponding to four levels of degradation exist: the preserved, moderately degraded, highly degraded environment and environmental degradation. The environments that have degraded to match the 71.87% of total area. Ranging in altitude below 400m and 460m at the top are the most conserved environments. The occurrence of degradation coincides with the geological formation Sanded. The Quartzipsamments had the highest degree of preservation, while the Red-Yellow is associated with early stages of degradation. The soils of the degraded and heavily degraded exhibited high base saturation, with a predominance of calcium and magnesium and had reaction from neutral to moderately alkaline. The levels of phosphorus also had a behavior similar to the other nutrients studied: in general, showed an increase in levels as it intensified its degradation.

Palavras chaves: erosion, GIS, watershed

1.0 INTRODUÇÃO

A escassez dos recursos naturais é, atualmente, uma das grandes preocupações da humanidade e dentre estes, os recursos edáficos destacam-se neste cenário, pois, apesar de serem consagrados como o alicerce da vida em ecossistemas terrestres, os solos vêm demonstrando sinais de desgaste (LEPSCH, 2002). O incremento de uma agricultura que alie a produção de alimentos e, atualmente, de energia à conservação dos ambientes é talvez um dos maiores desafios a ser alcançado pelo desenvolvimento sustentável, especialmente em se tratando de áreas que requerem manejos específicos com vistas à recuperação de processos de degradação, como é o caso das áreas em processo de desertificação.

As dimensões do planeta tomado por áreas desérticas, o cuidado com a preservação das áreas suscetíveis e a recuperação das áreas já atingidas é fundamental, não apenas pela perda ambiental representada pela desertificação, mas também pelo grave impacto que este processo provoca entre as populações pobres, já que nestas áreas concentram-se uma parcela significativa das pessoas mais pobres do mundo.

A investigação sobre o comportamento dos solos influenciados pela intensificação da degradação é a principal estratégia adotada neste trabalho. Para tanto, foi definido como o primeiro passo, a classificação das áreas em níveis de degradação para, então, proceder à análise comparativa entre eles. A necessidade de análise de diversos parâmetros, adotados simultaneamente, para caracterização de cada nível de degradação, indicou o uso de geotecnologias como a ferramenta mais adequada.

O estudo da degradação ambiental conduzido neste trabalho considera a microbacia hidrográfica como unidade de planejamento, por constituir uma unidade capaz de integrar diversas faces do ambiente, fornecendo informações objetivas e proporcionando uma discussão embasada em critérios reais para o conhecimento da área (CAVALLARI, 2007).

Neste contexto, a microbacia do Riacho Sucuruiú, inserida no Núcleo de Desertificação de Gilbués, representa um objeto de estudo adequado, pela

representatividade dos processos de degradação de solos, exibindo diversas paisagens peculiares: solos erodidos, formação de grandes voçorocas e predominância de vegetação de pequeno porte.

Considerando a importância do conhecimento, de forma detalhada, sobre a degradação ambiental no Núcleo de Desertificação de Gilbués e suas fragilidades, o presente trabalho buscou identificar e caracterizar os níveis de degradação de solos, com o uso de Sistemas de Informações Geográficas e, ainda, relacionar as condições químicas dos solos com os níveis de degradação da Microbacia do Sucuruiú, no Núcleo de Desertificação de Gilbués.

2.0 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ASPECTOS RELEVANTES SOBRE A DESERTIFICAÇÃO

A desertificação começou a ser discutida seriamente pela comunidade científica, nos anos 30, com a aparição do fenômeno no meio-oeste americano, onde intensa degradação dos solos afetou uma área de cerca de 380.000 km². Mas foi somente no início dos anos 70 que a comunidade internacional reconheceu o impacto econômico, social e ambiental do problema, por ocasião das secas, que ocorreram na região sudano-saheliana da África, com perdas econômicas e sociais dramáticas e registros indicando a morte de mais de 100 mil pessoas em busca de alimento e água (SALES, 2004; LACERDA & LACERDA, 2004).

Como resultado da conscientização da comunidade internacional sobre a gravidade do problema, foi criada em 1994, no âmbito das Nações Unidas, a Convenção Internacional de Combate à Desertificação e à Seca (UNCCD), uma organização que concentra as discussões sobre o assunto e traça as linhas de ação a serem assumidas por diferentes países, constituindo um catalisador de diversas fontes de recursos, para cooperar com os países em suas ações de combate à desertificação (ABRAHAM & TORRES, 2007).

Definido na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (ECO-92) e disposto na Agenda 21, o conceito de desertificação foi estabelecido como sendo a degradação das terras nas regiões áridas, semiáridas e sub-úmidas secas, resultante de vários fatores, dentre eles as variações climáticas e as atividades humanas (BRASIL, 1996). Na mesma linha, a degradação das terras é compreendida como a degradação dos solos, dos recursos hídricos, da vegetação e da biodiversidade, implicando na redução da qualidade de vida das populações afetadas pelo conjunto combinado desses fatores (BRASIL, 2005).

Os efeitos da desertificação e da seca, apesar de serem evidentes nas regiões Africanas, também apresentam uma gravidade relevante na América Latina e no Caribe (ABRAHAM & TORRES, 2007). Especificamente na América Latina, 516 milhões de hectares são afetados pela desertificação. Como resultado desse

processo, perdem-se 24 bilhões de toneladas por ano da camada arável do solo, o que afeta negativamente a produção agrícola e o desenvolvimento sustentável (FAO, 2004 *apud* BRASIL, 2005).

Prenunciadas desde a década de 70 pelo pesquisador pernambucano Vasconcelos Sobrinho, considerado pioneiro no estudo da desertificação no Brasil, as áreas do Nordeste já comprometidas pela degradação foram denominadas "núcleos de desertificação" (SALES, 2002; CARNEIRO, 2005). A terminologia empregada e os estudos, à época iniciados, foram absorvidos para a formulação de políticas públicas de combate à desertificação pelo Ministério do Meio Ambiente, que incluiu como objeto de atuação os Núcleos de Desertificação de Gilbués (PI), Irauçuba(CE), Seridó (RN) e Cabrobó (PE) (BRASIL, 2005).

O Núcleo de Desertificação de Gilbués, no entanto, apresenta características diferentes dos demais Núcleos. Assentado sobre terreno sedimentar da bacia Meio Norte, seus solos são constituídos, principalmente, por Latossolos e Argissolos, que ocorrem sobre formações geológicas facilmente saturáveis e pouco consolidadas. A precipitação média anual de 918 mm associada à erodibilidade dos solos da região acarretam, dentre outras consequências, numa intensa erosão hídrica facilmente constatada nas paisagens, com formação de muitas voçorocas (SALES, 2003; SALES, 2004; SALVIANO *et al* 2010)

Os demais núcleos, por outro lado, apresentam, de uma maneira geral, solos do embasamento cristalino, pedregosos e pertencentes às classes dos luvisolos, neossolos litólicos e planossolos, sendo recobertos por caatingas, cerrados e "carrascos" em ambientes com baixos índices de precipitação (SALES, 2003; ACCYOLI, 2009).

A discussão acerca das causas e das consequências da forte presença de degradação de solos em Gilbués ainda é assunto muito debatido (SALES, 2003; CREPANI, 2009). Existe, entretanto, um consenso sobre a existência de dois fatores fundamentais que ocorrem conjuntamente e explicariam o fenômeno local: uma forte predisposição geofísica, de um lado, e a intervenção predatória humana, do outro.

No Brasil, diversos estudos e proposições relacionados aos núcleos de desertificação vêm sendo realizados. Alguns visam à definição de indicadores e

índices de desertificação que possam proporcionar a caracterização e quantificação das áreas acometidas ou sujeitas ao fenômeno (CARVALHO, 2001; MATALLO JÚNIOR, 2001; ACCIOLY, 2009). No entanto, estes estudos têm seu foco voltado ao uso de indicadores sociais, justificados pelo seu caráter generalista que objetiva a organização de políticas públicas, tornando limitada uma avaliação mais apurada das condições dos solos afetados.

Especificamente no Núcleo de Desertificação de Gilbués, SALVIANO *et al* (2010) relacionam os principais trabalhos realizados, destacando que a maioria deles refere-se à quantificação da extensão das áreas degradadas, através do uso de sensoriamento remoto e geoprocessamento, e alguns poucos têm estudado a questão da recuperação ou mesmo da atual condição dos solos da região.

Neste sentido, a análise detalhada sobre o comportamento dos solos, influenciados pela intensificação da degradação, é a principal linha de investigação adotada neste trabalho, que deverá auxiliar na compreensão da evolução do fenômeno presente no Núcleo de Desertificação de Gilbués, podendo, inclusive, apontar para alternativas de reversão do processo.

2.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE DEGRADAÇÃO DOS SOLOS

A erosão pode ser um processo importante na formação dos ecossistemas terrestres, quando ocorre de forma natural e equilibrada (VITTE & MELLO, 2007). Na medida em que ultrapassa os limites de renovação natural, fato este comumente provocado pela ação humana, o processo torna-se um dos mais maléficos para a manutenção dos recursos edáficos na terra. Desta forma, a busca por alternativas que possibilitem o uso racional destes recursos tem sido uma das principais preocupações das pesquisas sobre manejo e conservação do solo e recuperação de áreas degradadas.

Segundo Bertoni e Lombardi Neto (2008), a erosão é o processo de desprendimento e arraste acelerado das partículas do solo, causado pela água e

pelo vento. O processo de desgaste do solo pode se desenvolver mais ou menos lentamente de acordo com o tipo de solo, de clima e, sobretudo, a forma como o solo é manejado (LEPSCH, 2002).

A agricultura possui grande potencial de degradação, quando não manejada adequadamente. KOBAYAMA; MINELLA & FABRIS (2001) destaca que a exploração do solo acima de sua capacidade de suporte resulta, resumidamente, em dois tipos de problemas: o primeiro de ordem econômica, uma vez que a forma de exploração acaba exigindo adições crescentes de insumos para manter a produtividade e o segundo, de ordem ambiental, por não considerar a capacidade de depuração do ambiente, resultando no empobrecimento dos recursos naturais.

A degradação do solo é definida por GALINDO et al., (2008) como um processo que reduz a capacidade atual ou potencial do solo para produzir bens ou serviços. O solo é considerado degradado se os processos naturais e antropogênicos atuantes diminuïrem a quantidade e qualidade da produção de biomassa, encarecendo os custos com a recuperação (SNAKIN et al., 1996 *apud* GALINDO et al., 2008).

São diversos os meios e as técnicas de recuperação de solos, desde as mais simples às mais onerosas. Contudo, é importante frisar que quaisquer atividades impactantes que sejam implantadas devem levar em consideração o manejo conservacionista dos recursos naturais. A prevenção ainda é a maneira mais eficaz de gestão dos impactos e a implantação de técnicas conservacionistas reduz as consequências negativas por eles causadas.

2.3 O USO DOS SIG NO ESTUDO DE MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS

A utilização de técnicas de geoprocessamento, aliada à sua principal ferramenta, os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), proporcionam uma visão holística das condições ambientais e representam, ainda, uma excelente ferramenta estratégica para estudos territoriais, por abranger grandes extensões de terra, com custos relativamente baixos (CAMARA, 2006). Esta possibilidade transformou a técnica em uma atividade cotidiana nos estudos de ambientes

degradados e vem sendo largamente aplicada (CANDIDO; BARBOSA & SILVA, 2002; GALVÃO; GALVÃO & SAITO, 2003; VIEIRA et al., 2007; SILVA, 2008; CHAGAS; VIEIRA; FERNANDES FILHO & WALDIR JÚNIOR, 2009).

Os Sistemas de Informações Geográficas reúnem um conjunto de tecnologias de coleta, tratamento, desenvolvimento e uso de informações, além de recursos analíticos, gráficos e lógicos para a obtenção e apresentação dos resultados desejados (SILVA, 1992).

A utilização da microbacia hidrográfica como unidade de planejamento justifica-se pela capacidade de integrar todos os componentes relacionados com a qualidade e a disponibilidade de água, de modo a fornecer informações objetivas e proporcionar uma discussão embasada em critérios reais para o planejamento da área. Fleischfresser (2000) considera que abordagem em microbacias configura-se como uma das mais adequadas estratégias de estímulo ao aumento da cobertura vegetal, à implantação de ações que permitam uma melhor infiltração da água no solo, reduzindo o escoamento superficial e as taxas de sedimentação e poluição dos corpos d'água.

As unidades geoambientais podem ser definidas como ambientes geográficos que, em uma extensão territorial, apresentam homogeneidade em relação a determinados fatores ambientais de interesse (TEIXEIRA et al., 2002). Este conceito adequa-se à classificação pretendida, de representação dos níveis de degradação de solos em Gilbués, pois ela não apresenta uma relação única com as características dos solos, e sim com o ambiente como um todo.

3.0 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO

A área da microbacia hidrográfica do Riacho Sucuruíú, em Gilbués, PI, está inserida nas bacias difusas do Alto Parnaíba, entre as coordenadas geográficas 09°49'26" e 09°54'35" de latitude sul e 45°25'35" e 45°19'02" de longitude oeste de *Greenwich* (Figura 1). Ocupa uma área aproximada de 8.000,00 ha, apresentando desde ambientes preservados a áreas com alto nível de degradação dos solos.



Figura 1. Mapa de localização da Microbacia do Riacho Sucuruíú em Gilbués, PI

Segundo a classificação de *Köppen*, o clima de Gilbués é do tipo Aw, megatérmico, com moderada deficiência hídrica no inverno. A precipitação média anual é de 918 mm, com temperatura média anual oscilando entre 26°C e 27°C. A vegetação, caracterizando uma área ecotonal, possui aspectos fisionômicos de paisagem marcada por três tipos vegetais: cerrado rupestre (encostas), cerrado *sensu stricto* (tabuleiros) e mata ciliar. A área apresenta quatro unidades pedológicas marcantes: Argissolo Vermelho-Amarelo, Neossolo Quartzarênico, Neossolo Flúvico e associação de afloramento de rocha com Argissolo Vermelho-Amarelo (PIAUI, 2006). As áreas, que na fonte bibliográfica utilizada, foram classificadas como associação de afloramento de rocha com Argissolo Vermelho-

Amarelo, no presente trabalho foram reclassificadas como Neossolo Litólico, por apresentarem características peculiares, com o horizonte A seguido diretamente do horizonte C, sem horizonte B diagnóstico definido, com predomínio de características herdadas do material originário, segundo os critérios definidos no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006).

3.2 MAPEAMENTO DOS GEOAMBIENTES REPRESENTATIVOS DOS NÍVEIS DE DEGRADAÇÃO DE SOLOS

3.2.1 Base de Dados

Para o mapeamento dos níveis de degradação de solos foi utilizada, como principal fonte de dados, uma imagem do satélite *CBERS-2B* sensor HRC (*High Resolution Camera*), com resolução espacial de 2,7 m, pancromática, cena orbita/ponto: 156_C/111_3, capturada em 04/01/2008.

A caracterização dos níveis de degradação teve como principal fonte o Banco de Dados Geográficos (BDG) de Parte do Núcleo de Desertificação de Gilbués, desenvolvido por CREPANI & MEDEIROS (2007). Os Planos de Informação (PI) utilizados estão descritos no **Quadro 1**.

O polígono com os limites georreferenciados da microbacia do Riacho Sucuruiú, que delimita a área de interesse do estudo, e os dados referentes às classes de solos, foram advindos dos estudos reportados por MORAES; SALVIANO; IBIAPINA & ARAÚJO (2008) e PIAUÍ (2006).

Quadro 1. Descrição dos Planos de Informações utilizados do Banco de Dados Geográficos (BDG) de Parte do Núcleo de Desertificação de Gilbués

PLANO DE INFORMAÇÃO / DESCRIÇÃO	UTILIZAÇÃO
PI GeoCover Landsat-7	
Contem imagens do mosaico ortorretificado de imagens ETM+ Landsat-7 com resolução espacial de 14,25 metros	Serviu de base para a correção da imagem utilizada para classificação dos níveis de degradação
PI Altimetria	
Contém isolinhas com equidistância de 20 metros, construídas a partir da grade de MNT (Modelo Numérico do Terreno) do <i>Shuttle Radar Topograph Mission</i> (SRTM), com resolução modificada para 14,25 metros, pelo método desenvolvido por Crepani & Medeiros (2007).	Construção do mapa de hipsometria e declividade
PI Uso da Terra e Cobertura Vegetal	
Contém informações atualizadas do Uso da Terra e da Cobertura Vegetal obtido pelo tratamento digital de imagens LANDSAT 5	Apoio para definição dos limites de zona urbana e informações de uso do solo
PI Geologia	
Plano de Informação contendo informações geológicas produzidas a partir de trabalhos publicados pela CPRM (Serviço Geológico do Brasil), DNPM (Departamento Nacional da Produção Mineral) e Petrobrás (Petróleo Brasileiro S.A.)	Construção do mapa de Geologia, através do recorte dos limites geográficos de interesse
PI Hidrografia	
Contém a rede de drenagem, constantes das cartas topográficas da DSG (Diretoria do Serviço Geográfico do Exército), complementada com os canais de primeira e segunda ordem, presentes em imagens SRTM e imagens de satélite ortorretificadas ETM+ Landsat-7.	Visualização das linhas de drenagem e localização do corpo d'água principal, o Riacho Sucuruíú, nos mapas gerados

Fonte: Adaptado de Crepani et al. (2007)

3.2.2 Construção de Mapas Temáticos

Para realização do processamento das imagens, geração e manipulação de mapas, foi utilizado o *software* de domínio público SPRING versão 5.0.4.1. Os mapas encontram-se no sistema de projeção UTM, *datum* SAD 69, fuso 23 e Meridiano Central 45° *Greenwich*. Para uma melhor visualização, a imagem

pancromática do *CBERS-2B HRC* foi submetida ao realce de contraste automático, tipo equalização de histograma. Posteriormente, foram realizados os processamentos de correção geométrica, tendo como base o mosaico ortorretificado de imagens GeoCover ETM+ Landsat-7 do BDG de Parte do Núcleo de Desertificação de Gilbués.

A construção do mapa temático correspondente aos níveis de degradação de solos da Microbacia foi realizada em duas etapas subsequentes. Inicialmente, com a classificação automática não-supervisionada da imagem *CBERS 2B HRC*, no qual foi gerado o mapa preliminar dos níveis de degradação de solos para nortear as visitas de campo. Em um segundo momento, já coletadas as amostras de treinamento, foi realizada uma classificação supervisionada no qual foi obtido o mapa definitivo. Posteriormente, foi feita uma associação entre os aspectos ambientais considerados relevantes e os níveis de degradação constantes do mapa.

A diferença da metodologia empregada neste trabalho em relação às que são usualmente empregadas na região de Gilbués foi o uso de imagens de alta resolução do satélite *CBERS-2B*, para o estudo de uma área de pequenas dimensões. A intenção foi demonstrar o comportamento da degradação de forma bem detalhada. No entanto, a opção por este método, utilizado em uma imagem pancromática, inviabiliza o uso do NDVI (*Normalized Difference Index Vegetation*), que é considerada uma das mais importantes técnicas para detecção de mudança de vegetação (PONZONI & SHIMABUKURO, 2007). Contudo, a opção foi considerada acertada, pois, além de ter demonstrado resultados com acuidade satisfatória, devido à qualidade da imagem utilizada, ainda proporcionou a demonstração do uso de imagens do sensor de alta resolução do Satélite Sino-Brasileiro *CBERS*, obtidos gratuitamente e de maneira eficaz.

Os mapas gerados nos trabalhos foram os seguintes:

- a) Mapa Preliminar dos Níveis de Degradação Ambiental** - Foi utilizado o classificador automático do tipo Isepeg, com similaridade 20 e limiar 25. Este classificador agrupa as regiões segundo uma medida de similaridade entre elas. Utiliza a distância de *Mahalanobis* para definir em qual classe pertencerá a região a ser classificada. Por tratar-se de uma classificação por região, foi realizada previamente uma segmentação utilizando o algoritmo de “crescimento

de regiões”, com o intuito de identificar as áreas homogêneas dentro da imagem. Segundo o critério de similaridade, as regiões adjacentes vão sendo agrupadas e o processo é repetido, até que nenhum outro agrupamento possa ser feito (INPE, 2008).

- b) Mapa dos Níveis de Degradação de Solos** - Foram realizadas visitas a campo, objetivando identificar a fidedignidade das classes de degradação geradas no mapa preliminar e também para eliminar possíveis dúvidas. Essa etapa consistiu na seleção e conferência de 30 pontos de controle selecionados a partir do mapa preliminar, que foram checados no campo e adotados, no processo, como as amostras de treinamento. Posteriormente, foi realizada a Classificação Supervisionada com o uso do classificador da máxima verossimilhança (Maxver) e limiar de aceitação de 100%. Neste método, o sistema deve ser alimentado por um conjunto de dados ou amostras de treinamento, que representem bem as classes de interesse, para que o classificador tenha condições de definir sobre qual tema um pixel irá pertencer. (INPE, 2008; FRANÇA; FERNANDES FILHO & XAVIER, 2009)
- c) Mapa de Hipsometria** - Foi obtido a partir dos dados altimétricos do SRTM, que possibilitaram o fatiamento da área em níveis topográficos, com equidistância de 20 metros. No mapa gerado, delimitaram-se cinco faixas topográficas que variam desde altitudes abaixo de 400 metros, correspondente ao curso do Riacho Sucuruiú, até a faixa dos terrenos acima de 460 metros.
- d) Mapa de Declividade** - Assim como o mapa hipsométrico, o mapa de declividade também foi gerado a partir de grades retangulares de Modelos Numéricos de Terreno (MNT) do Projeto SRTM. Neste caso, os intervalos de declives adotados foram os utilizados na definição das classes de capacidade de uso das terras apresentados por LEPSCH; BELLINAZI; BERTOLINI & ESPÍNDOLA (1991). Os intervalos determinados foram de 0 a 2%; 2 a 5%; 5 a 10%; 10 a 15% e de 15 a 45%.
- e) Mapa de Solos** – Foi destacado do Mapa de Solos da Microbacia do Riacho Sucuruiú em Gilbués (PI), disposto em Piauí (2006), e digitalizado de modo a permitir seu cruzamento com outros mapas de interesse.

f) **Mapa de Geologia** - Foi obtido do mapa de geologia de Gilbués, disposto no Banco de Dados Geográficos (BDG) de Parte do Núcleo de Desertificação de Gilbués, que foi recortado de acordo com os limites da Microbacia do Riacho Sucuruiú.

3.3 DETERMINAÇÃO DE ATRIBUTOS DO SOLO

A amostragem do solo nos diferentes geoambientes representativos dos níveis de degradação foi efetuada em setembro de 2009. Em cada nível foram abertas, aleatoriamente, oito mini-trincheiras com 0,50 m de profundidade, 0,40 m de largura e 0,60 m de comprimento. As camadas estudadas foram: 0-10 e 10-20 cm. As amostras coletadas para análise química do solo foram secas ao ar e passadas em peneira com malha de 2 mm (TFSA).




O pH foi determinado em solução 0,01 mol.L⁻¹ de CaCl₂, com emprego de eletrodo. A acidez total (H+Al) foi estimada a partir dos valores de pH de uma suspensão do solo em solução-tampão. O Ca, Mg, K e P foram determinados pela extração com resina trocadora de íons. O princípio do método é a transferência dos elementos para a resina trocadora de íons, em meio aquoso. A seguir, é feita a separação de resina do solo e a extração dos elementos da resina com solução ácida de cloreto de sódio (IAC, 2001).


4.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CLASSIFICAÇÃO DOS NÍVEIS DE DEGRADAÇÃO DE SOLOS NA MICROBACIA DO SUCURUIÚ

A classificação não-supervisionada, na qual foi gerado um mapa preliminar, detectou e discriminou quatro diferentes classes correspondentes aos níveis de degradação existentes na Microbacia. As informações referentes aos níveis de degradação classificados, sistematizadas com base no Mapa de Classificação dos Níveis de Degradação de Solos da Microbacia do Riacho Sucuruiú e nos dados da visita de campo, estão descritas no **Quadro 2**.

Quadro 2 Classes apresentadas no Mapa Preliminar dos Níveis de Degradação de Solos da Microbacia do Riacho Sucuruiú em Gilbués, PI

DENOMINAÇÃO / DESCRIÇÃO	ABRANGÊNCIA		REGISTRO FOTOGRÁFICO
	(ha)	(%)	
N0 – AMBIENTE CONSERVADO Representado no mapa, pela cor verde escura, refere-se ao ambiente não degradado, apresentando vegetação arbórea densa;	1.711,80	21,80	
N1 – AMBIENTE MODERADAMENTE DEGRADADO Predominantemente marginal ao nível N0, esta unidade apresentada na tonalidade verde clara, caracteriza-se pelo menor adensamento vegetacional, em relação ao N0, com a presença de arbustos e gramíneas. É o estágio inicial de degradação.	1.890,08	24,07	
N2 – AMBIENTE DEGRADADO Esta unidade, apresentada na cor amarela, abrangendo a maior parte da área, representa avançado estágio de degradação, apresentando apenas cobertura vegetal herbácea;	2.041,84	26,00	

<p>N3 – AMBIENTE INTENSAMENTE DEGRADADO</p> <p>Representada pelo vermelho, é a área onde o processo de degradação é mais intenso, mostrando o solo totalmente desprovido da cobertura vegetal e com o surgimento de voçorocas.</p>	1.711,79	21,80	
---	----------	-------	---

A ocorrência destes quatro geoambientes, inicialmente classificados, foi confirmada na visita de campo e orientou a coleta das informações necessárias à realização da próxima classificação, desta vez, supervisionada, gerando o mapa definitivo de Classificação dos Níveis de Degradação de Solos da Microbacia do Riacho Sucuruiú, em Gilbués, PI (**Figura 2**).

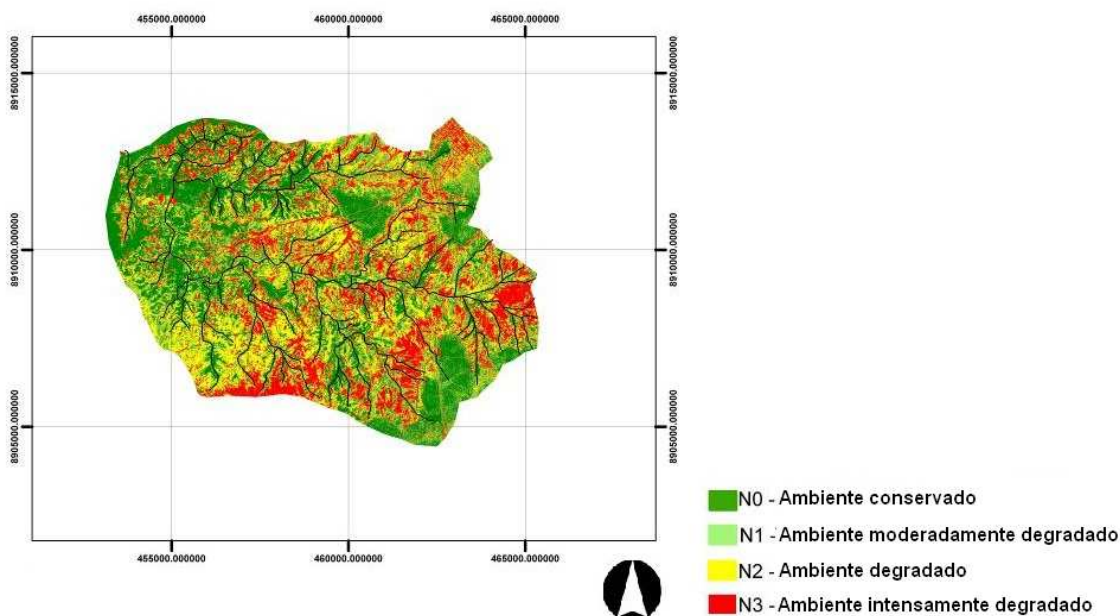


Figura 2. Mapa de Classificação dos Níveis de Degradação de Solos da Microbacia do Riacho Sucuruiú, em Gilbués, PI

Analisando a abrangência dos ambientes degradados N1, N2 e N3, percebe-se sua grande ocorrência na Microbacia, correspondendo a 71,87% da área total, com destaque para aquelas atingidas pela degradação intensa, N2 e N3, que representam 47,8% da microbacia. As áreas ocupadas por solos descobertos, N3,

abrangem aproximadamente 1.700 dos 8093 ha da área de estudo, representando 21,80% do total. Sem a cobertura vegetal, protegendo o solo dos impactos diretos das gotas de chuva e da enxurrada, os solos descobertos são mais suscetíveis ao intemperismo climático, e conseqüentemente, aos processos erosivos (VITTE & MELLO, 2007).

Vários trabalhos de análise de degradação dos solos no núcleo de desertificação de Gilbués, PI, foram realizados. Especificamente na Microbacia do Riacho Sucuruiú, SILVA; SALVIANO & ANDRADE (2007) e MORAES; SALVIANO; IBIAPINA & ARAÚJO (2008) encontraram resultados semelhantes, como 71,85% e 63,34% de degradação, respectivamente.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE DEGRADAÇÃO DE SOLOS NA MICROBACIA DO SUCURUIÚ

4.2.1 Características dos geoambientes

A caracterização dos níveis de degradação de solos, embora definida preliminarmente pela densidade e estado da cobertura vegetal, considerou outros aspectos importantes, como declividade, posição no relevo (hipsometria), tipos de solo e material de origem (geologia), conforme disposto nos mapas do **Apêndice A**.

A declividade também deve ser vista como um fator importante para o entendimento dos processos erosivos (Lepsch, 2002; Bertoni & Lombardi Neto, 2008). No caso da microbacia do Riacho Sucuruiú, entretanto, percebe-se que ela não representa um fator decisivo no surgimento dos níveis de degradação.

Com aproximadamente 95% da área total apresentando declividades inferiores a 5% e mais, deste total, aproximadamente 64% com declividades inferiores a 2% (**Quadro 3**), a microbacia constitui um ambiente favorável para a preservação dos solos. Apesar disso 71,87% da microbacia encontram-se degradados.

Quadro 3 Classes de Declividade do Terreno da Microbacia do Riacho Sucuruiú, Gilbués, PI

CLASSE DE DECLIVIDADE	RELEVO	ÁREA	
		ha	%
A (0-2%)	Plano	4.957,34	61,25
B (2-5%)	Suave Ondulado	2.850,00	35,21
C (5-10%)	Moderadamente Ondulado	272,13	3,36
D (10-15%)	Ondulado	13,32	0,16
E (15-45%)	Forte Ondulado	0,125	0,0015

Observa-se, por meio da **Figura 3**, uma distribuição semelhante das faixas de declividade em cada um dos níveis de degradação, indicando a pouca influência da declividade na intensificação da degradação.

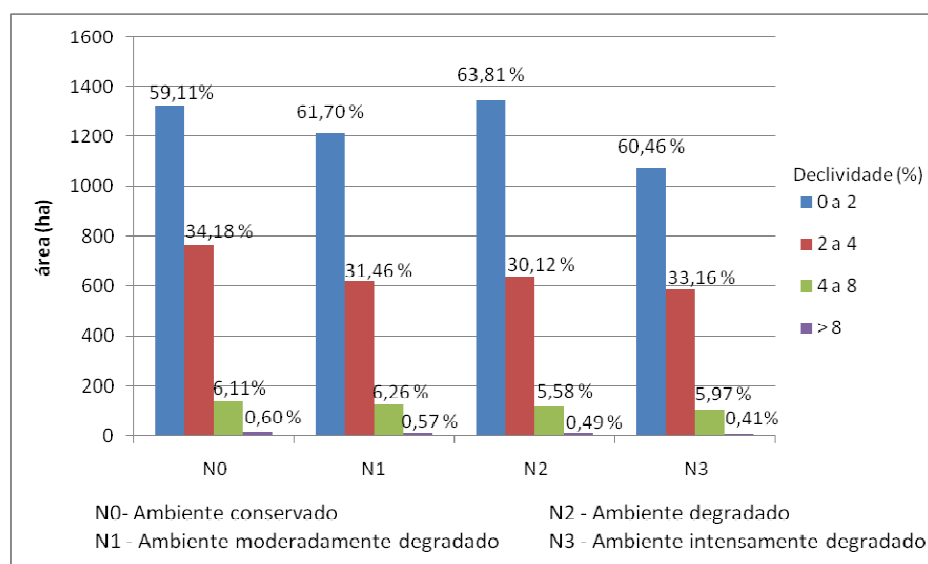


Figura 3. Relação entre os níveis de degradação de solos e a declividade do terreno

A análise dos níveis de degradação, face ao mapa de hipsometria (**Figura 4**), revela que os níveis de degradação N0 e N1, correspondentes às áreas não degradadas ou com baixo grau de degradação, ocorrem, predominantemente, nas faixas de altitude inferiores a 400m, com 67% destas áreas e nas superiores a 460m, com 69%. Esta ocorrência coincide, no caso das baixas altitudes, com as terras próximas ao leito do Riacho Sucuruiú e, no caso das terras mais altas, com as áreas testemunhas, não acometidas pela erosão, uma vez que o processo nestas áreas caracteriza-se pela erosão vertical nas suas bordas, o que mantém a integridade do terreno no seu interior.

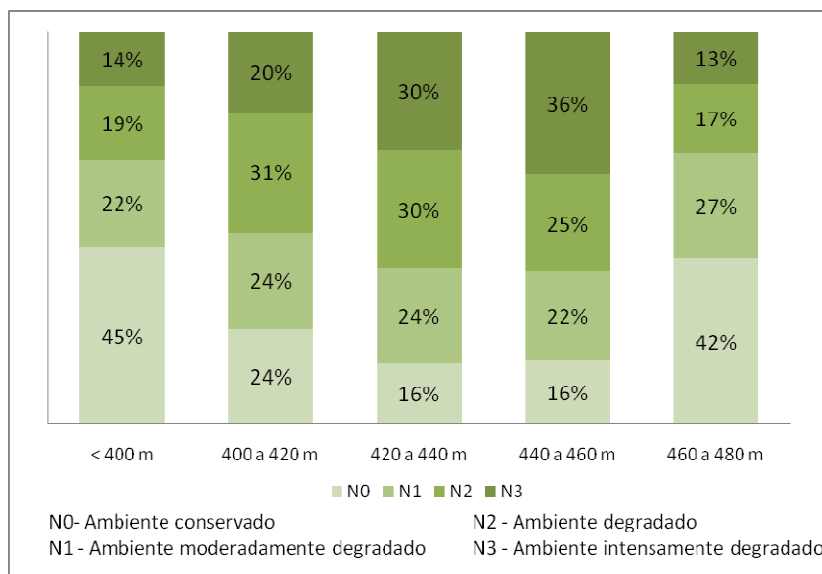


Figura 4. Relação entre os Níveis de Degradação de Solos e a Hipsometria do Terreno

O terreno da microbacia é formado por três unidades geológicas distintas: abrangendo 80% da área de estudo, a formação Areado (K1a) é constituída por conglomerados na base, passando de arenitos médios a grosseiros e siltitos; a formação Urucuia, com 18,5% da área de estudo, é constituída por arenitos finos a grossos e conglomerados (CAMPOS & DARDENNE, 1997; SILVA apud SALES, 2003 e CREPANI, 2009) e, finalmente, com ocorrência muito pequena, a formação Poti -C1po, ocupando apenas 1,5% da área.

O cruzamento das informações acerca da distribuição dos níveis de degradação com o mapeamento geológico da área da microbacia indica que a ocorrência da degradação N1, N2 e N3, coincide com a formação Areado e o nível N0 das terras altas com a formação Urucuia.

A ocorrência dos três maiores níveis de degradação associados à formação Areado está explicada, de acordo com Crepani (2009) e Sales (2003), pela alteração da cobertura vegetal, que expõe solos com pouca resistência à erosão e de alta fertilidade às severas condições regionais de concentração pluviométrica de alta intensidade, o que implica na exposição do embasamento rochoso sedimentar. Ao discutir esta ocorrência, Crepani (2009) afirmou que o caso se configura uma situação especial de degradação do solo relacionado diretamente a um determinado substrato rochoso: o Grupo Areado da Bacia Sanfranciscana e, portanto, está

circunscrito a uma determinada situação geológica, que ocorre apenas no extremo Sul do Estado do Piauí e não se repetirá fora dessa circunscrição.

Quanto aos aspectos relacionados aos tipos de solo, os Neossolos Litólicos apresentam-se como a unidade pedológica mais significativa, ocupando 63,34% da área total da microbacia e estão associados à ocorrência dos níveis de degradação mais intensos (N2 e N3). Os Neossolos Quartzarênicos guardam o maior grau de preservação, com predominância do nível N0, enquanto os Argissolos Vermelho-Amarelos, associados aos estágios iniciais de degradação, concentram a maior parte da ocorrência do nível N1, como pode ser observado na **Figura 5**.

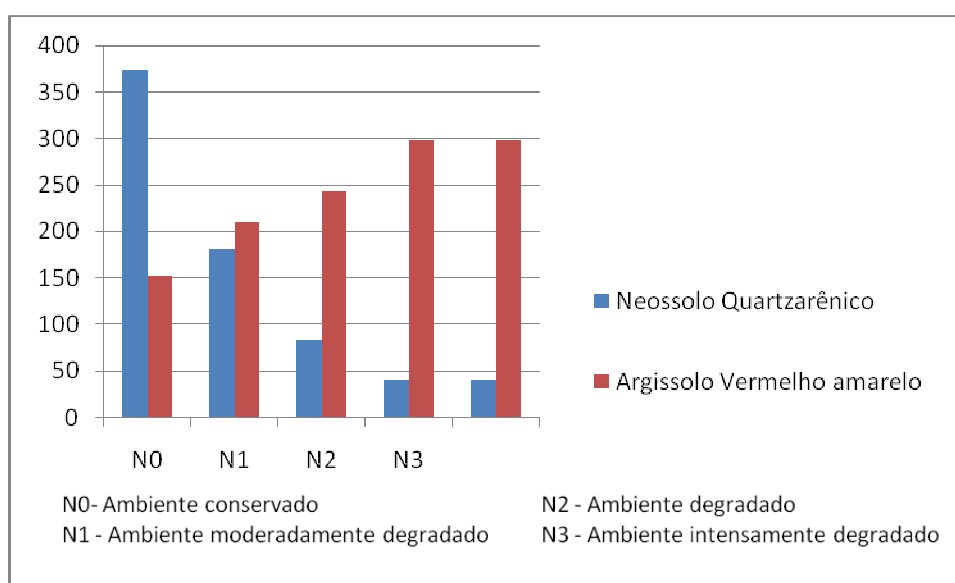


Figura 5. Relação entre os níveis de degradação de solos e as classes de solos

As informações apresentadas permitem destacar os seguintes aspectos da caracterização de cada um dos níveis de degradação:

- a) Ambiente conservado** – Apresentando características vegetacionais marcadas pela ocorrência de vegetação arbórea densa ocorre, predominantemente, nas áreas de altitude inferior a 400 m, junto ao vale do Riacho Sucruiú e nas altitudes superiores a 460 m, em áreas de solo preservado, dominado pelo Neossolos Quartzarênicos, destacando-se,

ainda, nas áreas altas, sua ocorrência sobre a formação geológica Urucuia (K2u).

- b) Ambiente moderadamente degradado** - Com menor adensamento vegetal em relação ao N0, marcado pela presença de arbustos e gramíneas, representa o estágio inicial de degradação e é encontrado normalmente nas bordas das áreas sem degradação; sua ocorrência se dá em todas as faixas de altitude, de forma regular; embora ocorra em todos os solos presentes na bacia, os Argissolos Vermelho-Amarelos são os mais representativos da ocorrência deste nível.
- c) Ambiente degradado** – Com cobertura vegetal constituída por herbáceas, representa um estágio avançado de degradação e abrange a maior área da bacia, com maior ocorrência nas faixas de altitude entre 400 m e 460 m; a maior ocorrência deste nível se dá sobre os Neossolos Litólicos.
- d) Ambiente intensamente degradado** – Sem cobertura vegetal, representa o estágio mais avançado de degradação, com muitas voçorocas; ocorre, principalmente, nas faixas de altitude compreendidas entre 400 m e 460 m, com certa concentração entre as faixas de 420 m a 460 m; a maior ocorrência deste nível se dá sobre os Neossolos Litólicos.

4.2.2 Características dos solos

Os solos apresentam processos erosivos que vai desde a laminar, em seu estágio inicial, até os casos mais graves com voçorocas. Grande parte da área de estudo não apresentam as camadas superficiais e sub-superficiais do solo, apresentando o horizonte C exposto.

Os atributos químicos dos solos apresentaram variações para os ambientes com diferentes intensidades de degradação. O **Quadro 4** reúne as características dos solos que podem ser utilizadas como indicadores desta degradação, identificando a magnitude e a direção das variações.

Embora a hipótese inicial do trabalho presumisse que o efeito da degradação provocaria a redução dos nutrientes no solo, a análise dos resultados dos cátions trocáveis Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e do P demonstrou o inverso. Os solos dos ambientes degradados apresentaram alta saturação por bases, com predominância de cálcio e magnésio e têm reação de neutra a moderadamente alcalina nos ambientes degradados e intensamente degradados.

Quadro 4. Propriedades químicas dos solos das áreas representativas dos níveis de degradação de solos na Microbacia do Sucruiú em Gilbués – PI

Prof	pH CaCl ₂	H+Al	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	S	CTC	V	P
cm	-	----- cmol _c .dm ⁻³ -----						%	mg.dm ⁻³
Ambiente conservado									
0-10	4,9	1,89	1,22	0,67	0,14	2,03	3,91	49,08	1,75
10-20	4,76	1,80	0,65	0,49	0,13	1,28	3,08	39,16	1,5
Ambiente moderadamente degradado									
0-10	5,2	1,65	2,87	1,06	0,21	4,14	5,79	70,53	2,75
10-20	5,15	1,71	2,95	1,20	0,19	4,35	6,06	69,74	1,37
Ambiente degradado									
0-10	6,07	1,22	14,79	1,82	0,31	17,46	18,69	92,33	15,66
10-20	6,68	0,96	19,21	1,77	0,23	20,67	21,64	94,99	18,34
Ambiente intensamente degradado									
0-10	6,97	0,72	31,44	3,10	0,26	34,11	34,83	97,51	26,84
10-20	7,1	0,67	33,91	3,60	0,28	38,48	39,15	97,94	46,16

Considerando que os ambientes estudados não foram submetidos à fertilização, os valores médios observados para os teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e P, de uma maneira geral, caracterizam os solos da microbacia como de alta fertilidade, se avaliados de acordo com a classificação constante da tabela de referência para interpretação dos resultados de análise do solo, proposta por ALVARES *et al.* (1999). Particularmente, no caso mais intenso do nível N3, a média dos teores encontrados nas duas profundidades, de 32,67 cmol_c.dm⁻³ para o cálcio e 3,35 cmol_c.dm⁻³ para o magnésio, representam valores muito altos e os teores de 0,27 cmol_c.dm⁻³ para o potássio e 36,50 mg.dm⁻³ para o fósforo são considerados altos. Estudos de atributos químicos dos solos realizados nos cerrados do meio-norte do

Brasil apresentaram menores teores destes nutrientes mesmo tendo sido submetidos à fertilização e calagem. (MATIAS; SALVIANO; LEITE & GALVÃO, 2009; LEITE *et al.*, 2009; AZEVEDO; LEITE; TEIXEIRA NETO & DANTAS, J 2007)

Analisando o Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ é possível observar que os seus teores aumentam com a intensificação da degradação. No caso do Ca^{2+} , foi possível constatar, na camada de 0-10 cm, um aumento de 2.466% no N3, o mais intenso nível de degradação, em relação ao ambiente conservado N0, e 5.116%, na camada de 10-20 cm. Em situação semelhante, encontram-se os nutrientes Mg^{2+} e K^+ , que apresentaram um acréscimo no N3, em relação ao N0, de 359% e 85%, respectivamente, na camada de 0-10 cm.

Nas duas camadas, o pH dos níveis N2 e N3 mantiveram-se próximo à neutralidade, permanecendo na faixa de 6,07 a 7,10. Comparando estes resultados com estudos que avaliaram as condições do solo associadas à calagem, foi possível observar uma similaridade nos resultados em relação à redução do pH e da acidez potencial ($\text{H} + \text{Al}$), tendo em vista o aumento dos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis e saturação por bases (ALLEONI *et al.*, 2005; HOLANDA, 1998).

Os teores de fósforo disponível também tiveram um comportamento semelhante aos demais nutrientes avaliados: de um modo geral, apresentaram elevação nos teores na medida em que se intensificava a degradação. Na camada de 0-10, o nível N3 apresentou acréscimo de fósforo de 1.431%, em relação ao ambiente conservado.

Os estudos conduzidos por Santos (2010), realizados em uma vertente na mesma área desta pesquisa, ao avaliar o aumento dos teores de silte e argila, revelam que existe uma tendência de rejuvenescimento dos solos em compartimentos que, neste estudo, correspondem aos níveis N2 e N3. Jacomine (2005) *apud* Santos (2010) afirma que a relação silte/argila auxilia tanto na mensuração do grau de intemperismo do solo quanto na idade dos compartimentos e relata que existe tendência de rejuvenescimento na transeção, na direção do topo, para a encosta inferior.

O aumento destes nutrientes, acompanhando a intensificação da degradação, pode ser explicado pela gradual exposição do material de origem dos solos

provocada pela erosão. Na medida em que os sedimentos das camadas superficiais vão sendo carregados, os horizontes mais próximos à rocha de origem dos solos são expostos. Essas matrizes, por ainda não terem sofrido intemperismo, preservam os nutrientes da época de sua formação. Os altos teores de nutrientes identificados na pesquisa podem ser justificados pela composição mineralógica do material de origem, que determina a maior ou menor disponibilidade dos elementos minerais no solo (MEURER, 2006). No caso em estudo, as rochas são originárias de ambientes deposicionais, entre os quais, ambientes lacustres e sistemas fluviais entrelaçados (CREPANI, 2009; CAMPOS & DARDENNE, 1997; BRASIL, 1972).

5.0 CONCLUSÃO

Na área de estudo foram classificadas quatro geoambientes correspondentes aos níveis de degradação existentes: ambiente conservado, ambiente moderadamente degradado, ambiente degradado e ambiente intensamente degradado.

Os ambientes que apresentam degradação correspondem a 71,87% da área total. Nas faixas de altitude inferiores a 400m e nas superiores a 460m encontram-se os ambientes mais conservados. A ocorrência da degradação coincide com a formação geológica Areado. Os Neossolos Quartzarênicos obtiveram o maior grau de preservação, enquanto os Argissolos Vermelho-Amarelos estão associados aos estágios iniciais de degradação.

Os solos dos ambientes degradados e intensamente degradados apresentaram alta saturação por bases, com predominância de cálcio e magnésio e tiveram reação de neutra a moderadamente alcalina. Os teores de fósforo disponível também tiveram um comportamento semelhante aos demais nutrientes avaliados: de um modo geral, apresentaram elevação nos teores na medida em que se intensificava a degradação.

REFERÊNCIAS

ABRAHAM, E. M.; TORRES, L. M. **Estado del arte en el uso de indicadores y puntos de referencia en la lucha contra la desertificación y la sequía en América Latina y el Caribe.** INCI, dic. 2007, vol.32, no.12, p.827-833. ISSN 0378-1844

ACCIOLY, L. J. O. **Indicadores da desertificação no semi-árido.** EMBRAPA/CNPS/UEP, Recife, PE. Disponível em: <http://www.iicadesertification.org.br/imagem/noticia/File/Resultados_do_Programa/C_D_Rom_Doc_apre_vid/.../embrapa.ppt> Acesso em: 18. fev. 2009.

ALLEONI, L.R.F.; CAMBRI, M.A. & CAIRES, E.F. **Atributos químicos de um Latossolo de Cerrado sob plantio direto de acordo com doses e formas de aplicação de calcário.** R. Bras. Ci. Solo, 29:923-934, 2005

ALVARES V. V.H.; NOVAES, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A.S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARAES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5. Aproximação.** Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 25-32.

AZEVEDO, D. M. P. de; LEITE, L. F. C.; TEIXEIRA NETO, M. L. e DANTAS, J. S. **Atributos físicos e químicos de um Latossolo Amarelo e distribuição do sistema radicular da soja sob diferentes sistemas de preparo no cerrado maranhense.** Revista Ciência Agronômica, Fortaleza, CE v.38, n.1, 2007, p.32-40.

BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo.** São Paulo. Ícone. 2008. 355 p

BRASIL, Senado Federal. **Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento.** Rio 92. Agenda 21. Brasília: Senado Federal; Subsecretaria de Edições Técnicas, 1996, 585 p.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional da Produção Mineral. **Projeto Gilbués – Relatório Final.** p. 23 a 52. 1972

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. **Programa de ação nacional de combate à desertificação dos efeitos da seca.** Brasília: ministério do meio ambiente, 2005, 242p.

CAMARA, G; DAVIS, C. **Fundamentos de Geoprocessamento,** 2006. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap1-introducao.pdf>> Acesso em: 23 nov. 2007.

CAMPOS, J. E. G. & DARDENNE, M. A. **Estratigrafia e Sedimentação da Bacia Sanfranciscana: Uma Revisão.** Revista Brasileira de Geociências, v.27 Brasília – DF, setembro, 1997; p. 269-282.

CANDIDO, G.; BARBOSA, Marx P. & SILVA, Miguel J. da. **Avaliação da degradação ambiental de parte do Seridó Paraibano**. Humberto Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.6, n.2, p.368-371, 2002, Campina Grande, PB, DEAg/UFCG.

CARNEIRO, L. G. **Panorama da desertificação no Piauí**. Projeto Fundo Nacional do Meio Ambiente. Fundação – ESQUEL – BRASIL / Fundação AGENTE para o Desenvolvimento do Agronegócio e Meio Ambiente. 2005. 38p

CARVALHO, V. C. de. **Abordagem multiescala para o monitoramento de indicadores do processo de desertificação**. Anais X Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Foz do Iguaçu, INPE, p. 1539-1551, 2001.

CAVALLARI, R. L.; TAMAE, R. Y.; ROSA, A. J.. **A importância de um sistema de informações geográficas no estudo de microbacias hidrográficas**. Revista Científica Eletrônica de Agronomia. N.11, 2007

CHAGAS, C. S., VIEIRA, C. A. O. , FERNANDES FILHO, E. I. & WALDIR JÚNIOR. **Utilização de redes neurais artificiais na classificação de níveis de degradação em pastagens**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.13, n.3, p.319–327, 2009.

CREPANI, E & MEDEIROS, J.S. de - **Criação automática de vetores para Mapeamentos Temáticos e espacialização de aspectos da Legislação Ambiental a partir de grades refinadas do SRTM**. In: XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Florianópolis, Santa Catarina. Anais. 2007.

CREPANI, E. **O Núcleo de Desertificação de Gilbués observado pelo Sensoriamento Remoto e pelo Geoprocessamento**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14. (SBSR), 2009, Natal. Anais...São José dos Campos: INPE, 2009. p. 5185-5192.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

FLEISCHFRESSER, F. Manejo das águas, conservação do solo e controle da poluição em microbacias hidrográficas: análise da experiência paranaense. In: Romeiro, A. R.; Reydon, B. P. & Leonardi, M.L.A. (Org.) **Economia do meio ambiente: teoria, políticas e a gestão de espaços regionais**. Campinas, SP: UNICAMP. IE. 2000.

FRANÇA, M. M., FERNANDES FILHO, E. I. & XAVIER, B. T. de L. **Análise do Uso da Terra no Município de Viçosa-MG Mediado por Classificações Supervisionadas com Redes Neurais Artificiais e Maxver**. RBGF- Revista Brasileira de Geografia Física. Recife-PE, Vol.2, n.03, set-dez, 2009, 92-101.

GALVÃO, A.L.C.O.; GALVÃO, W.S.; SAITO, C.H. **Análise multitemporal da cobertura vegetal e ocupação das terras na área nuclear de degradação do**

núcleo de desertificação de Gilbúes – PI. Brazilian Journal of Ecology, v.2, n.1, p. 52-60, 2003.

GALINDO, I. C. de L.; RIBEIRO, M. R.; SANTOS, M. de F. de A. V.; LIMA, J. F. W. F. & FERREIRA, R. F. de A. e L. **Relações Solo-Vegetação em Áreas Sob Processo de Desertificação no Município de Jataúba, PE.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, 32:1283-1296, 2008.

HOLANDA, J.S.; VITTI, G.C.; SALVIANO, A.A.C. **Alterações nas propriedades químicas de um solo aluvial salino-sódico decorrentes da subsolagem e do uso de condicionadores.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.22, p.387-394, 1998.

IAC - Instituto Agronômico de Campinas. **Método de análise: Análise Química para Avaliação da Fertilidade de Solos Tropicais.** Campinas: Instituto Agronômico, 2001

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Introdução ao SPRING – Tutorial – SPRING,** Outubro 2008. p. 21-24

JACOMINE, P. K. T. **Origem e evolução dos conceitos e definições de atributos, horizontes diagnósticos e das classes de solos do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS).** Tópicos Ciências do Solo, Viçosa, v. 4, p.193-231. 2005.

KOBIYAMA, M; MINELLA, J.P.G; FABRIS, R. **Áreas degradadas e sua recuperação.** In: Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.22, n.210, p.10-17, mai/jun, 2001.

LACERDA, M. A. D., LACERDA, R. D. **Planos de combate a desertificação no nordeste brasileiro.** Revista de Biologia e Ciências da Terra, v.4, n.1, 2004.

LEITE, L. F. C.; CARDOSO, M. J.; COSTA, D. B.; FREITAS, R. de C. A.; RIBEIRO, V. Q. R.; GALVÃO, S. R. da S. **Estoques de C e de N e produtividade do milho sob sistemas de preparo e adubação nitrogenada em um Latossolo Vermelho-Amarelo do cerrado piauiense.** Ciência Rural, Santa Maria, v.39, n.9, p.2460-2466, dez, 2009.

LEPSCH, I.F.; BELLINAZI JR., R.; BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, C.R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso.** 4a Aproximação. 2.ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991.175p.

LEPSCH, I. F. **Formação e Conservação dos Solos.** São Paulo, Oficina de Textos. 178 p. 2002.

MATALLO JUNIOR, H. **Indicadores de Desertificação: histórico e perspectivas.** – Brasília : UNESCO, 80p, 2001.

MATIAS, M. da C. B.; SALVIANO, A. A. C.; LEITE, L. F. C. e GALVÃO, S. R. S. **Propriedades Químicas em Latossolo Amarelo de Cerrado do Piauí sob Diferentes Sistemas de Manejo**. Revista Ciência Agronômica, Fortaleza, v. 40 n.3 p.356-362, 2009.

Meurer, E. J.; **Fundamentos de química do solo**. 3a ed., Evangraf: Porto Alegre, 2006

MORAES, A. M. de; SALVIANO, A. A. C.; IBIAPINA, T. V. B. & ARAÚJO, F. S. **Mapeamento da área degradada da Microbacia I do Riacho Sucuruiú em Gilbués, PI através da determinação da Capacidade de Uso das Terras**. Anais XVII Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, 2008.

PIAUI. Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Piauí/PRO-ÁGUA SEMIÁRIDO. **Tomo I – Diagnóstico da Microbacia I do Riacho Sucuruiú "Vaqueta/Gavião" em Gilbués, PI**. 2006.

PONZONI, F. J. & SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação**. São José dos Campos: Parêntese, 144p. 2007.

SALES, M. C. L. **Degradação ambiental em Gilbués**, Piauí. Mercator – Revista de Geografia da UFC. Ano 02, nº04, p.115-124. 2003

SALES, M. C. L. EVOLUÇÃO DOS ESTUDOS DE DESERTIFICAÇÃO NO NORDESTE BRASILEIRO. REVISTA GEOUSP Espaço e Tempo, São Paulo, Nº 11, pp.115-126, 2002

_____. **Panorama da Desertificação no Brasil**. In: MOREIRA, E. (Org.). **Agricultura Familiar e Desertificação**. João Pessoa: Universitária UFPB. 2004. p. 33-49.

SALVIANO, A. A. C. ; LIMA, M. G.de; NUNES, L. A. P. L & MELO, L. F. S. **Erosão e Desertificação na Região Nordeste: Núcleo de Gilbués, PI**. Anais do 8º Simpósio Nacional de Controle de Erosão. São Paulo. 2009.

SALVIANO, A. A. C.; GADELHA, M. G. de L.; Nunes, L. A. P. L.; MELO, L.F.S. Levantamento dos Principais Estudos sobre a Desertificação no Piauí. In: LIMA, M. G. de (Coord.); FERNANDES, R. J. A. R (Coord). **Combate à desertificação no Piauí: Microbacia do Riacho Sucuruiú "Vaqueta Gavião" em Gilbués - PI**. Teresina: Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMAR-PI), 2010.

SANTOS, H. L. **Variabilidade Espacial dos Atributos do Solo, Erosão e Suscetibilidade Magnética de uma Vertente em Gilbués, PI**. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP. 2010

SILVA, F. B. **Geotecnologias no mapeamento de áreas degradadas no núcleo de desertificação em Gilbués.** Teresina, Universidade Federal do Piauí, 2008. 88p. (Dissertação de Mestrado).

SILVA, F. B.; SALVIANO, A. A. C.; ANDRADE, J. B. de. **Áreas degradadas em microbacia de Gilbués-PI utilizando imagens do sensor CCD-CBERS-2.** In: Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 4257-4260.

SILVA, J.X. da. **Geoprocessamento e análise ambiental.** Revista Brasileira de Geografia, Rio de Janeiro, v.54, p. 47-61, 1992.

TEIXEIRA Dias, H. C.; FERNANDES FILHO, E. I.; SCHAEFER, C. E. G. R.; F. FONTES, L. E. F.; VENTORIM, L. B. **Geoambientes do Parque Estadual do Ibitipoca, município de Lima Duarte MG.** Revista Árvore vol. 26, n.6. Viçosa nov/dez. 2002

VIEIRA, V. C. B., SALVIANO, A. A. C., COSTA, E. F., SILVA, F. B., CORDEIRO, E., Melo, L. F. S., FERREIRA, G. B. T. F. **Mapeamento de áreas degradadas na região do cerrado do Sul do Piauí.** Convênio Fundação Agente/ CODEVASF. Relatório Técnico. 2007. 75p.

VITTE, A. C. & MELLO, J. P. **Considerações sobre a erodibilidade dos solos e a erosividade das chuvas e suas conseqüências na morfogênese das vertentes: um balanço bibliográfico.** Climatologia e Estudos da Paisagem, Rio Claro - Vol.2 - n.2 - julho/dezembro/2007, p. 107

Apêndice A - Aspectos ambientais utilizados para caracterização dos níveis de degradação de solos, na Microbacia do Riacho Sucruiú, no núcleo de desertificação de Gilbués – PI

