

USO DA TERRA E DECLIVIDADE NO SERTÃO CENTRAL DO CEARÁ, BRASIL.

Clécia Cristina Barbosa Guimarães¹

clecia_biologa@hotmail.com

Gustavo Souza Valladares²

valladares@ufpi.edu.br

Claudia Miranda Martins¹

claudiamartins@ufc.br

¹ Universidade Federal do Ceará, Departamento de Biologia, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Campus do Pici, Fortaleza, Ceará.

² Universidade Federal do Piauí, Departamento de Geografia e História. Campus Universitário Ministro Petrônio Portella, Ininga, Teresina, Piauí.

RESUMO

Uso da terra e declividade no Sertão Central do Ceará, Brasil. O crescimento populacional e a falta de planejamento adequado para o manejo do solo traz consigo problemas ambientais referentes ao uso e cobertura das terras que se agravam na região semiárida do Ceará, pois esta apresenta solos rasos e pedregosos, uma estação seca bem definida e terras em relevos acidentados, inadequadas às práticas de agricultura e pecuária. Desta forma, avaliou-se a adequação do uso da terra diante de limitações do relevo numa área do Sertão Central Cearense. Para isto, foram processados mapas de uso e cobertura da terra e de declividade do relevo em ambiente SIG. O cruzamento desses mapas permitiu avaliar que 79% da terra da área de estudo é adequada para manejo agrícola e 3,15% do uso é inadequado devido ao relevo acidentado. Assim, o uso da terra precisa ser reorganizado nestas áreas para melhor conservação do solo, pois essas práticas inadequadas o tornam mais propenso à erosão.

Palavras chave: Uso da terra; Declividade do solo; Semiárido do Ceará; Conservação.

ABSTRACT

Land use and slope in the central semiarid region of Ceará State, Brazil. Population growth and lack of adequate planning for soil management brings environmental problems related to the use and land cover, worsening in the semiarid region of Ceará, as this presents shallow and rocky soils, a well defined dry season, land reliefs sloping and inadequate practices of farming and ranching. Thus, we evaluated the suitability of land use before relief limitations in an area of the Hinterland of Central Ceará state. For this, maps of land use/land cover and slope relief were processed in a GIS environment. The intersection of these maps allowed assessment that 79% of land in the study area is suitable for agricultural management and 3.15% of use is inadequate due to topography. Thus, the land use in these areas needs to be reorganized to better soil conservation, as these improper practices make it more prone to erosion.

Key-words: Land use; Relief slope; Semiarid region; Ceará state.

INTRODUÇÃO

As atividades de uso da terra - seja a conversão das paisagens naturais para uso humano ou mudança nas práticas de manejo - vêm transformando uma grande proporção da superfície do globo terrestre. Apesar do uso da terra variar muito em todo o mundo, o resultado final é praticamente o mesmo: a aquisição de recursos naturais para satisfazer as necessidades humanas o que torna o meio ambiente degradado (FOLEY *et al.*, 2005). Essa degradação se agrava na região semiárida do Estado do Ceará porque ela apresenta, de forma geral, solos rasos e pedregosos e uma estação seca bem marcada que dificulta o uso da terra para o manejo agrícola e causa lentidão e retardo na regeneração da vegetação natural.

Além disso, as práticas de agricultura estabelecidas na região cearense incluem o desmatamento total e as queimadas que, além de destruírem a cobertura vegetal, prejudicam a manutenção das populações da fauna silvestre, a qualidade da água e o equilíbrio do clima e do solo (SANTOS *et al.*, 2008) e comprometem o próprio sistema produtivo. As atividades são desenvolvidas sem considerar a capacidade de suporte da área, prejudicando a vegetação nativa e plantada, além de tornar o solo endurecido e compactado (CAVALCANTI e COUTINHO, 2005).

Outro agravante é que muitos municípios da região apresentam relevo ondulado a montanhoso onde, de acordo com RAMALHO FILHO e BEEK (1995), não são adequadas práticas de agricultura. No entanto, as necessidades humanas precisam ser supridas e inadequadamente essas terras têm sido usadas. Desta forma, o uso intensivo do solo, sem interrupção e sem técnicas de conservação, especialmente nessas regiões mais declivosas, tem provocado erosão e comprometido a produtividade do solo.

A degradação da terra por erosão do solo devido a conversão de vegetação nativa em área agrícola, como acontece no semiárido cearense brasileiro, tem chamado à atenção em países em desenvolvimento (LU *et al.*, 2004; PRADO *et al.*, 2007; BATISTELLA e VALLADARES, 2009). Nessa região, os processos erosivos são mais preocupantes uma vez que a erosão dos solos torna-se mais vulnerável, pois, somada às pressões antrópicas, existe a própria fragilidade do material pedológico: solos rasos, cascalhentos e arenoargilosos (COSTA, 2009).

Percebe-se assim que há uma modificação nas características químicas, físicas e biológicas do ambiente como um todo, limitando a utilização agrícola e tornando o solo mais suscetível à erosão (CENTURION *et al.*, 2001).

Diante disso, o adequado planejamento do uso da terra e a utilização de ferramentas de precisão, aliadas aos conhecimentos técnico-científicos dos recursos naturais, propiciam elementos para a indicação de uma correta utilização do solo, principalmente em relação ao manejo e conservação, combate à erosão, assoreamento de rios e nascentes e, principalmente, na condução de uma agricultura racional, que beneficie não só o solo e o meio ambiente, como também

as populações que dependem e venham a depender diretamente deste recurso natural (DELMANTO JUNIOR, 2003).

O levantamento do uso da terra, a partir da confecção de mapas de uso e cobertura, é um aspecto fundamental para o entendimento dos padrões de ocupação e organização do espaço e para o planejamento de políticas públicas (PRADO *et al.*, 2007), uma vez que eles garantem o conhecimento da deterioração causada no ambiente pelo uso indiscriminado e desordenado dos recursos naturais (CASAGRANDE, 2005). Esses mapas fornecem subsídios para as análises e avaliações de impactos ambientais, como os provenientes de desmatamentos, da perda da biodiversidade, e, ainda, dos inúmeros impactos gerados pelos altos índices de urbanização e pelas transformações rurais (MACHADO *et al.*, 2009).

A interpretação visual e digital de imagens de satélites é um método muito utilizado para o mapeamento do uso e cobertura das terras (VASCONCELOS e NOVO, 2004) uma vez que nas imagens obtidas por Sensores Remotos pode-se detectar mudanças no uso da terra por meio de observações das características biofísicas da mesma (BROWN *et al.*, 2000).

Mapas de uso e cobertura das terras quando cruzados com informações de declividade do relevo permitem avaliar se há adequabilidade de uso e propensão de erosão do solo em uma determinada região. O estudo da adequabilidade do uso da terra tem como objetivo identificar se uma terra específica está sendo bem utilizada. Os mapas de adequabilidade podem mostrar que os usos da terra terão o mínimo de impactos negativos sobre os processos ambientais ou fornecer previsões qualitativas dos impactos ambientais de atividades que estão sendo desenvolvidas e indicar locais mais propícios para o desenvolvimento de determinada atividade (COLLINS *et al.*, 2001). Esses mapas têm sido aplicados em uma ampla variedade de situações com viés ecológico, incluindo determinação de habitats para espécies de plantas e animais, favorecimento geológico, adequação de terras para fins agrícolas, avaliação e planejamento da paisagem, avaliação de impacto ambiental (MALCZEWSKI, 2004).

Atualmente, estudos que envolvem o processamento de imagens obtidas remotamente com o intuito de geração de mapas de uso e cobertura e avaliação da adequabilidade de uso da terra ocorrem de forma mais acelerada e com maior facilidade devido aos Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Segundo DAI *et al.* (2001), os SIG's facilitam o estudo ambiental e a tomada de decisões, pois geram cartas temáticas com metodologia acessível, podendo integrar elementos do meio físico com os sócio econômicos, possuem custos relativamente baixos e oferecem um menor tempo na manipulação dos dados.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar se o uso da terra está ocorrendo de forma adequada diante de limitações do relevo, numa área localizada no Sertão Central do Estado do Ceará, fazendo uso de SIG e imagens remotamente obtidas.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo. A região de estudo perfaz um total aproximado de 1.490 km² de área abrangendo quatro municípios: Pedra Branca, Senador Pompeu, Mombaça e Piquet Carneiro (Figs. 1A e B). Está inserida no Sertão Central Cearense, microrregião do Sertão de Senador Pompeu, bacia hidrográfica Banabuiú e está localizada entre as coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM) 9410000 a 9345000 latitude Sul; 405000 a 465000 longitude Oeste, zona 24.

Apresenta clima tropical quente semiárido (IPECE, 2007a), com chuvas concentradas de janeiro a abril, média pluviométrica anual de 700mm a 800 mm. e temperatura média de 27° C.

A pecuária extensiva e a agricultura tradicional de corte e queima são as principais atividades agrícolas praticadas na região e são, essencialmente, as responsáveis pelo grau de degradação da vegetação natural que compreende, hoje, manchas de Caatinga Arbustiva Densa e Aberta, Caatinga Arbórea (Floresta Caducifólia Espinhosa), Mata Seca (Floresta Subcaducifólia pluvial tropical) e Vegetação Ripária (IPECE, 2007b).

A altitude que prevalece na área de estudo varia de 200 a 300 m, no entanto, pode-se encontrar na região elevação superior a 700 m (VALERIANO e ROSSETTI, 2011).

Mapeamento do uso e cobertura. Para o mapeamento de usos e cobertura da terra foram utilizadas imagens do sistema de sensores RapidEye com resolução espacial de cinco metros, datadas de setembro e dezembro de 2011. As imagens foram adquiridas mosaicadas, compostas com cinco bandas (azul, verde, vermelho, "red-edge" e infravermelho próximo) e georreferenciada. Para o presente trabalho foram interpretadas as bandas do visível.

O mosaico foi transferido para o SPRING 5.2.2, filtrado com filtro morfológico com efeito de fechamento com contraste melhorado, que retirou os ruídos e suavizou os contornos das estruturas presentes na imagem.

Para a classificação, o mosaico filtrado foi transferido para o ArcGis 10.1 e optou-se pelo método supervisionado pixel-a-pixel utilizando o classificador Maxver (máxima verossimilhança). De acordo com JENSEN (2011), para extrair informações de cobertura da terra a partir do sensoriamento remoto, o algoritmo de máxima verossimilhança continua a ser o algoritmo de classificação paramétrica mais largamente empregado.

Antes da classificação, fez-se duas visitas ao campo, para identificação das classes de uso e cobertura presentes na região e coleta dos pontos amostrais, e uso da carta temática de Unidades Fitoecológicas (IPECE, 2007b) que auxiliou na classificação da vegetação natural da área. Foram coletados 20 pontos de referência de cada classe usando GPS. No ArcGis 10.1, as amostras de cada classe foram localizadas (regiões de interesse) no mosaico e fez-se o processamento do mapa de uso e cobertura.

Os polígonos classificados erroneamente foram reclassificados, os eventuais

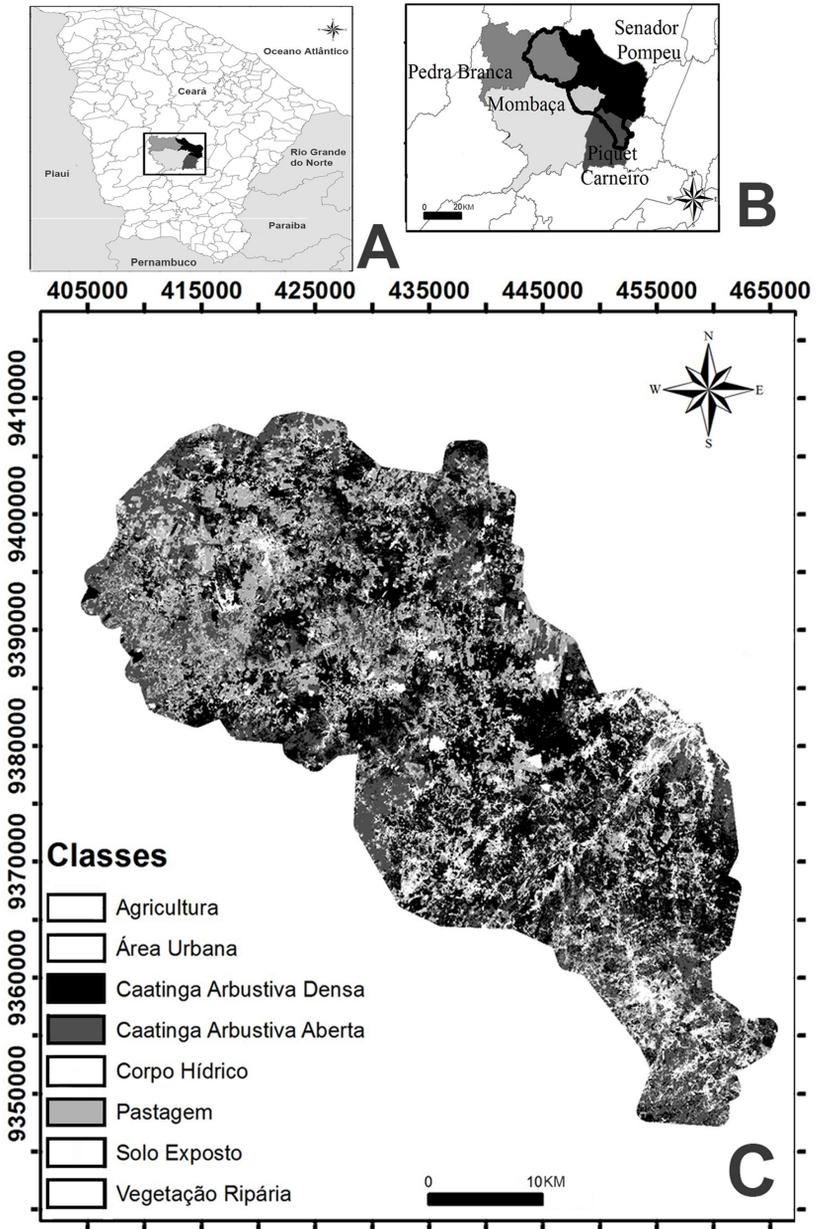


Figura 1. Área de estudo (A e B) e mapa de uso e cobertura da terra (C) no Estado do Ceará.

espaços vazios que surgiram durante o processo foram preenchidos e polígonos vizinhos de mesma classe foram incorporados formando um único polígono. Para facilitar a interpretação das classes, áreas menores que 1000 m² foram removidas.

Uma última visita à área de estudo foi feita para comparação do mapa de uso e cobertura com a verdade terrestre, com o intuito de avaliar e melhorar a precisão do mapa.

Após a classificação, calculou-se, a partir da matriz de erro (ou verdade terrestre), o coeficiente Kappa (LANDIS e KOCH, 1977) que mediu a concordância entre os dados de referência e os resultados da classificação indicando a precisão do processo. A fórmula do coeficiente Kappa (K) é representada como segue:

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^r X_{ii} - \sum_{i=1}^r (X_{i+} * X_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (X_{i+} * X_{+i})}$$

onde r é o número de linhas na matriz de erros, X_{ii} é o número de observações na linha i e coluna i na matriz de erro (ou seja, o número de classificações corretas), X_{i+} e X_{+i} são as quantidades totais na linha i e coluna i, respectivamente, e N é o número total de observações incluídas na matriz de erro.

Análise da adequabilidade de uso da terra em função da declividade. O mapa de declividade foi elaborado a partir do modelo digital de elevação (MDE) criado com dados básicos do projeto TOPODATA do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (VALERIANO e ROSSETTI, 2011) derivados da missão SRTM (RABUS *et al.*, 2003).

Para as classes de declive, baseou-se nos intervalos de classes propostos por RAMALHO FILHO e BEEK (1995) que são: de 0 a 3%, de 3 a 8%, de 13 a 20%, de 20 a 45% e maior que 45%. Esses autores estabeleceram esses intervalos de acordo com o grau de limitação do uso do solo em função da suscetibilidade à erosão.

O mapa de uso e cobertura foi cruzado com o mapa de declividade da região usando ferramenta *Intersect* do ArcGis 10.1, o que possibilitou a avaliação do uso e cobertura em função da declividade e identificação das áreas com uso inadequado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Mapa de uso e cobertura. O mapa de uso e cobertura foi gerado com oito classes identificadas durante as visitas de campo: Área Urbana (AU), Agricultura (A), Corpo Hídrico (CH), Pastagem (P), Solo Exposto/ Agricultura (SE/A), Vegetação Ripária (VR), Caatinga Arbustiva Aberta (CAaA) e Caatinga Arbustiva Densa (CAaD). Destas, foram evidenciadas apenas as classes com maior representatividade na área de estudo (Fig. 1C). Na região também foram localizadas manchas de Caatinga Arbórea e Mata Seca que foram inseridas na classe Caatinga Arbustiva Densa,

uma vez que estas três classes apresentam valor de pixel muito semelhante, sendo difícil separá-las no mapa usando o classificador MaxVer. O mesmo problema foi relatado por ANDRADE e OLIVEIRA (2004), no qual os autores tiveram dificuldade em separar Caatinga de Mata Seca e homogeneizaram a região resultando como classe apenas Caatinga Arbustiva Aberta. No presente trabalho a classe Caatinga Arbustiva Densa foi escolhida entre as três por apresentar a maior proporção de vegetação na região em comparação com as outras duas.

Atribuiu-se uma classe para as nuvens presentes na imagem que foram desconsideradas durante os cálculos. As sombras das mesmas ocasionaram erros na classificação que foram corrigidos manualmente. A imagem apresentou também um moderado grau de nebulosidade que ocasionou semelhança entre pixels que, naturalmente, pertenceriam a classes diferentes. BATISTELLA (2001) argumenta que a mistura de respostas espectrais de pixels de classes diferentes é um dos principais responsáveis por erros na classificação e, por isso, logo depois da classificação, foram feitas correções de forma analógica.

Após as diversas correções do mapa, a acurácia da classificação foi verificada mediante o cálculo do índice Kappa que permitiu avaliar a concordância entre a verdade terrestre obtida através da imagem de satélite, atualizada com informações obtidas em campo, com os dados resultantes da classificação automática. O valor do Kappa calculado para o mapa de uso e cobertura foi feito a partir da matriz de verdade terrestre e resultou no valor de 0,9. A partir deste, de acordo com LANDIS e KOCH (1977), o mapa pode ser classificado como de excelente qualidade.

A classe Agricultura (principalmente cultura de milho) cobre dois por cento da área total, com 2.581 ha, estando concentrada no município de Pedra Branca. Sabe-se, no entanto, que esse resultado está subestimado uma vez que regiões mais ao sul também apresentam este tipo de uso em uma porcentagem maior do que a encontrada no mapa. Devido às imagens serem correspondentes a um período muito seco e, também, mais ao sul do mapa a pluviosidade ser bem menor que em regiões próximas à Pedra Branca, muitas áreas de agricultura apresentaram-se como solo exposto e foram englobadas na classe Solos Exposto/ Agricultura. Próximo ao rio Banabuiú existe manejo agrícola associado às secas e cheias do rio, conhecido como agricultura de vazante, que também foi inserido nesta última classe devido à extensão do rio apresentar-se completamente seca no período correspondente, comprometendo o desenvolvimento da vegetação agrícola na região.

A classe Corpo Hídrico mostrou, como resultado, uma área de 1.867 ha (um por cento da área total), a maioria deles sendo em pequeno tamanho. No entanto, este valor de área também apresenta uma subestimação, uma vez que muitos deles, por serem intermitentes mostram-se, na imagem, como terra seca (sem cobertura), inclusive a extensão do rio Banabuiú, como explicitado anteriormente, que na época da captura da imagem apresentava-se superficialmente seco e foi classificado como solo exposto, indicando as coroas arenosas expostas.

A classe Solo Exposto/ Agricultura engloba áreas que seriam consideradas corpos hídricos durante as estações chuvosas, assim como áreas preparadas para agricultura. Também foram consideradas nesta classe, além das mencionadas

anteriormente, áreas com solos desnudos ocasionados pelo excessivo manejo agrícola, áreas abertas para passagens de veículos e afloramentos de rochas que ocorrem principalmente nas regiões mais ao sul do mapa. Apresentou como valor de área 8.364 ha cobrindo seis por cento da região.

A Área Urbana representa um por cento (1.523 ha) da área e se restringe às pequenas localidades centrais somadas a diminutas aglomerações populacionais no interior de cada município.

Caatinga Arbustiva Densa possui a maior espacialidade em comparação às outras classes, cobrindo 36% da área (53.970 ha), está espalhada por toda a região (Fig. 1c). Mais ao norte, no município de Pedra Branca, essa classe incorporou a Caatinga Arbórea (pouco representativa) e a Mata Seca (localizada nas maiores altitudes).

A classe Caatinga Arbustiva Aberta também encontra-se espalhada por toda a região de interesse, mas com uma porcentagem menor (25%), abrange uma área de 37.442 ha (Fig. 1C). Essa classe apresenta valor semelhante ao encontrado para Pastagem (37.870 ha), que cobre 26% da área total, e isso é justificável uma vez que essas classes apresentam-se intrinsecamente relacionadas no ambiente, sendo as áreas de Caatinga Arbustiva Aberta, inclusive, muitas vezes também pastejada. O município de Piquet Carneiro concentra a maior proporção dessa classe, indicando que, dentro da região de interesse, é onde houve maior degradação da cobertura vegetal original.

Por fim, a classe Vegetação Ripária cobre dois por cento da área total e ocupa 2.727 hectares. Nessa classe está inserida vegetação que cresce dentro e ao redor dos corpos hídricos, não sendo uma mata densa e extensa, mas, sim, formada por indivíduos de pequeno porte.

Adequabilidade do uso da terra em função da declividade. O mapa de uso e cobertura das terras foi cruzado com o mapa de declividade para avaliar possíveis áreas inadequadamente utilizadas.

Pelo mapa de declividade (Fig. 2), percebe-se que prevalece na região relevo suave ondulado (declividade 3 a 8%), ocupando 55% da área. O relevo plano (declividade < 3%) cobre apenas seis por cento enquanto que o relevo moderadamente ondulado (8 a 13% de declividade) está presente em 18% da área. O relevo ondulado (declividade de 13 a 20%) e forte ondulado (declividades de 20 a 45%) ocupam 10% da região, cada. E o relevo montanhoso com declividades acima de 45% é o menos representativo, cobrindo menos de um por cento da área. Esses resultados indicam que 79% da terra da região de interesse (somando as classes de relevo plano, suave ondulado e moderadamente ondulado) apresenta-se adequada para uso com agricultura e pastagem, considerando-se apenas a declividade como fator limitante, visando a minimização dos processos erosivos e consequentemente a conservação dos solos.

A classe Agricultura não tem uma alta representatividade na paisagem, mas percebe-se que existe uma porcentagem expressiva de sua área entre as classes de declividade quatro e cinco (Tab. 1). As áreas com declividades de

13% a 20% são mais indicadas para a exploração de culturas permanentes, que proporcionam ao solo maior proteção (RAMALHO FILHO e BEEK, 1995). Na região em estudo prevalece a agricultura itinerante na qual toda a vegetação é retirada e o solo é queimado para novo plantio. Assim, essa prática torna o solo cada vez mais suscetível à erosão. Áreas com declividades superiores a 20% não devem ser utilizadas para agricultura. Desta forma, somada as porcentagens de área de Agricultura das classes de declividades quatro e cinco, percebe-se que 31% da classe apresentam-se com uso inadequado da terra.

Havendo práticas de conservação do solo, o uso da terra com Agricultura e Pastagem, localizadas em relevos planos (declividade < 3%), suaves ondulados (declividade entre 3% e 8%) e moderadamente ondulados (declividade entre 8% a 13%), apresenta-se adequado.

A classe Área Urbana encontra-se, na sua totalidade, em relevos planos e suaves ondulados (Tab. 1), onde as chances de desabamentos por deslizamento do solo, durante chuvas mais concentradas, são quase nulas. No presente trabalho não está sendo enfocada a questão das enchentes, mas é uma questão importante a ser trabalhada no planejamento urbano.

As classes Caatinga Arbustiva Densa, Caatinga Arbustiva Aberta e Pastagem (Fig. 3) prevalecem em todas as declividades. A proporção dessas três classes em regiões mais declivosas, exceto em relevo forte ondulado e montanhoso (declividade > 20%- classes cinco e seis) para a classe Pastagem, não evidencia uso inadequado da terra, uma vez que, segundo RAMALHO FILHO e BEEK (1995), em regiões de relevo com declive de até 20% e, principalmente, no relevo ondulado (declividade entre 13% a 20%), o uso para pecuária e silvicultura é recomendado, podendo ainda serem utilizadas para a conservação ambiental, evitando-se, assim, problemas de erosão do solo.

As áreas com declividade acima de 20% com uso de pastagem apresentam-se inadequadamente utilizadas uma vez que essas regiões possuem severa susceptibilidade à erosão, não sendo recomendadas para pastagem, sob pena de serem erodidas em poucos anos. Nessas áreas deve ser estabelecida uma cobertura vegetal de preservação ambiental. Percebe-se que, aproximadamente, oito por cento da classe Pastagem já encontram-se em relevo mais declivoso (forte ondulado e montanhoso) (Tab. 1) indicando que está havendo uma tentativa humana de quebrar a barreira física imposta pelo relevo e instalar suas práticas agrícolas de acordo com suas necessidades de subsistência.

Como mencionado anteriormente, o relevo montanhoso equivale a menos de um por cento de toda a área e esse total é coberto quase na sua totalidade por Caatinga Arbustiva Densa e uma pequena parte por Caatinga Arbustiva Aberta e Agricultura (Tab. 1). Percebe-se, assim, que está havendo um processo inicial de degradação da mata mais fechada, que pode ser Caatinga Arbórea ou Arbustiva Densa, cujo resultado é o aparecimento de uma mata mais aberta, com plantas mais baixas. Como reportaram ANDRADE e OLIVEIRA (2004) o que se percebe na região é que a degradação da Caatinga Arbórea/Arbustiva Densa em Arbustiva Aberta tem origem nos processos globais de degradação ambiental, favorecidos

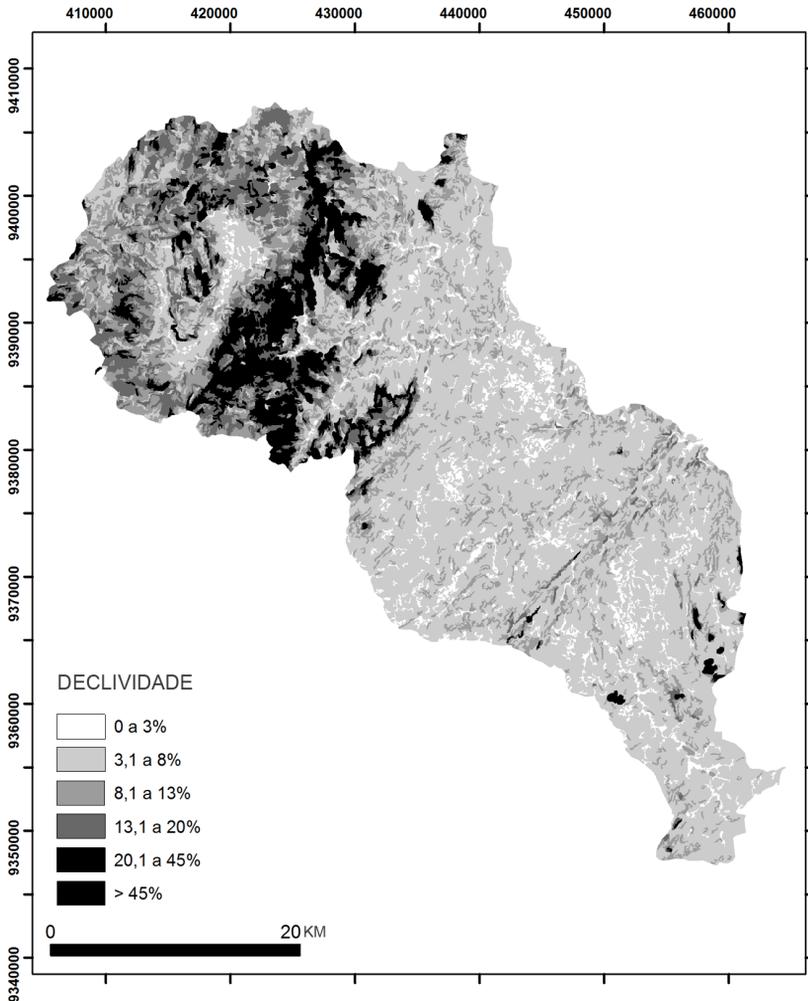


Figura 2. Mapa de Declividade da Região de Interesse localizada no Sertão Central Cearense.

pelos períodos críticos de semiaridez acentuada e está sendo acelerada pelas atividades antrópicas como o desmatamento para agricultura e pastagem, ou mesmo a retirada de lenha para construção de casas e cercas.

A classe Vegetação Ripária encontra-se em quase sua totalidade em relevo suave ondulado (Tab. 1) e localiza-se, comumente, próximo ou no interior dos corpos hídricos, indicando que muitos cursos d'água encontram-se protegidos pela

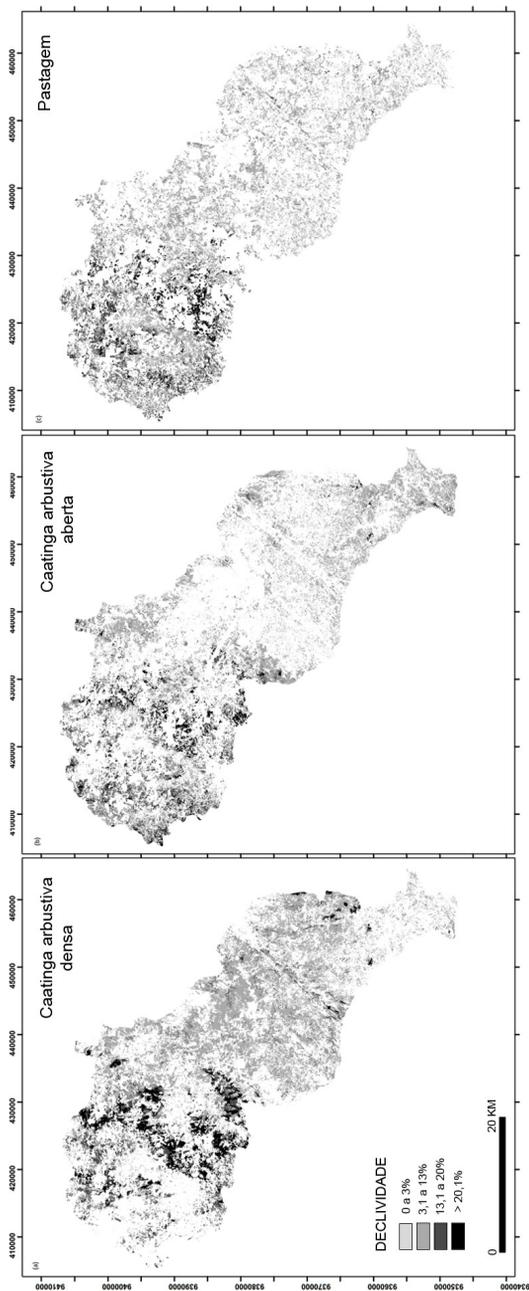


Figura 3. Distribuição das classes Caatinga Arbustiva Densa, Caatinga Arbustiva Aberta e Pastagem da área de estudo, nas diferentes declividades.

vegetação natural.

Foram encontrados polígonos da classe Solo Exposto/Agricultura concentrados em relevos planos e suaves ondulados (Tab. 1). Das áreas correspondentes a esta classe 68% encontram-se em relevo suave ondulado (entre 3 e 8% de declividade), e sete por cento encontram-se em declividades acima de 13% (Tab. 1). Estes polígonos sendo provenientes de culturas abandonadas ou aberturas para passagens de veículos facilitam o processo de erosão, uma vez que esses solos ficam mais suscetíveis às ações das chuvas.

Tabela 1- Porcentagem de cada classe de uso e cobertura da terra nas diferentes declividades, no Sertão Central do Ceará. **A-** Agricultura; **AU-** Área Urbana; **CAtd-** Caatinga Arbustiva Densa; **CAtA-** Caatinga Arbustiva Aberta; **P-** Pastagem; **SE/A-** Solo Exposto/ Agricultura; **VR-** Vegetação Ripária.

Declividade	A	AU	CAtd	CAtA	P	SE/A	VR
1 (< 3%)	3	16	6	4	6	10	12
2 (3 a 8%)	40	74	56	53	53	68	63
3 (8 a 13%)	25	8	16	21	20	14	16
4 (13 a 20%)	18	2	9	13	13	5	7
5 (20 a 45%)	13	1	12	10	8	2	3
6 (> 45%)	0,2	0	0,6	0,2	0,1	0	0,1

Quanto à adequação ao uso da terra, considerando apenas as classes de uso (Pastagem, Agricultura e Solo Exposto/Agricultura) em relação à declividade, percebe-se que 3,15% de toda a área (equivalente a 4.657 ha) apresentam-se inadequadamente utilizadas. Esse valor é explicado pelas porcentagens de Agricultura e Solo Exposto/Agricultura nas classes de declividade quatro, cinco e seis somadas à porcentagem de Pastagem nas classes cinco e seis.

O uso mais preocupante refere-se à Pastagem na declividade seis, mesmo a porcentagem de uso na classe de declividade sendo pequena, pois relevos em declividades acima de 45% deveriam obrigatoriamente ter uma cobertura vegetal natural e não serem manejadas com agricultura e pastagem por apresentarem maior susceptibilidade à erosão do solo em função da predominância do escoamento superficial sobre os processos de infiltração da água (HACISALIHOGU, 2007).

A cobertura vegetal natural auxilia na conservação dos solos dessas áreas uma vez que facilita a infiltração da água e impede um maior escoamento superficial (HACISALIHOGU, 2007). Quando áreas assim são inadequadamente utilizadas para agricultura e pastagem, o solo fica desprotegido e aumenta as chances de ser erodido. VANACKER (2012) simulou dois cenários, um florestado e um desmatado,

para mostrar a importância da preservação da cobertura natural em declividades elevadas visando à redução da erosão do solo. Em seus resultados ele encontrou que no cenário florestado a sensibilidade à erosão foi manifestada apenas em declividades acima de 75% e no cenário desmatado, à medida que aumentou o grau de inclinação, maior foi a sensibilidade do solo à erosão, uma vez que, neste último cenário, a força dominante é o escoamento que aumenta com o acréscimo líquido de chuva e saturação do solo.

Pelos resultados encontrados, percebe-se que a região apresenta-se ainda com uma boa cobertura natural, principalmente nas declividades mais elevadas, mas já se verifica grandes focos de degradação da vegetação que compõem essa cobertura. O ser humano está tentando ocupar todos os espaços e não são preocupações conservacionistas que estão barrando o crescimento de usos em declividades mais elevadas e sim o difícil acesso a essas áreas.

Nota-se, contudo, que, mesmo com dificuldade, algumas áreas de relevo mais declivoso já estão sendo ocupadas com práticas de pastagem e agricultura itinerante podendo ser uma questão de tempo para que a porcentagem de uso inadequado cresça, com maiores riscos de erosão e perda de solo, como já pode ser observado “in loco” em alguns pontos da área.

Esse crescimento agrícola nas maiores declividades pode ser explicado pelo estabelecimento de grandes propriedades privadas nos relevos menos declivosos, limitando o uso pelos pequenos produtores rurais que encontram nas declividades mais elevadas solução para a manutenção de suas atividades. No entanto, os riscos à erosão seriam diminuídos nessas áreas mais declivosas se os pequenos produtores utilizassem práticas de conservação do solo, como por exemplo, para o sistema de pastagem, o plantio de leguminosas em consórcio com gramíneas, rotação de pastos e o não uso do fogo; e, para culturas agrícolas, plantio em nível e a construção de terraços. Essas práticas ajudam a minimizar os efeitos dos principais processos erosivos (exposição do solo e enxurradas), conciliando a exploração econômica com a preservação do solo (WADT *et al.*, 2003).

Assim, a tomada de consciência e o incentivo de preservação dos recursos naturais devem ser trabalhados com a população local com vistas a melhor adequar o uso da terra às características da área, uma vez que, de acordo com LAMBIN *et al.* (2003), as decisões quanto ao uso da terra podem ter consequência positiva ou negativa para o ambiente, e isso vai depender do conhecimento, informação, disponibilidade e capacidade de administração da terra.

AGRADECIMENTOS

À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP), pela concessão de bolsa a CCBG. Ao revisor anônimo pela leitura crítica do manuscrito.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, J. B. e OLIVEIRA, T. S. 2004 - Análise Espaço-Temporal Do Uso Da Terra Em Parte Do Semiárido Cearense. *Revista Brasileira de Ciência Do Solo* 28: 393 – 401.
- BATISTELLA, M. 2001 - **Landscape change and land-use/land-cover dynamics in Rondônia, Brazilian Amazon**. PhD dissertation. Indiana University, Bloomington. 399 p.
- BATISTELLA, M. e VALLADARES, G. S. 2009 - Farming expansion and land degradation in Western Bahia, Brazil. *Biota Neotropica* 9: 061 – 076.
- BROWN, D. G.; PIJANOWSKI, B. C. e DUH, J. D. 2000 - Modeling the relationships between land use and land cover on private lands in the Upper Midwest, USA. *Journal of Environmental Management* 59: 246 – 263.
- CASAGRANDE, C. A. 2005 - **Diagnóstico ambiental e análise temporal da adequabilidade do uso e cobertura do solo na Bacia do Ribeirão dos Marins, Piracicaba – SP**. Dissertação. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba. 153 p.
- CAVALCANTI, E. R. e COUTINHO, S. F. S. 2005 - Desertification in the northeast of Brazil: the natural resources use and the land degradation. *Sociedade & Natureza* Special Issue: 891 – 900.
- CENTURION, J. F.; CARDOSO, J. P. e NATALE, W. 2001 - Efeito de formas de manejo em algumas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Vermelho em diferentes agroecossistemas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 5: 254 – 258.
- COLLINS, M. G.; STEINER, F. R. e RUSHMAN, M. J. 2001 - Land-Use Suitability Analysis in the United States: Historical Development and Promising Technological Achievements. *Environmental Management* 28: 611 – 621.
- COSTA, A. S. 2009 - **Levantamento da Capacidade de Uso da Terra na Fazenda Afluente do Quipauá, em Ouro Branco (RN)**. Monografia. Universidade Federal de Campina Grande, Patos. 41 p.
- DAI, F. C.; LEE, C. F. e ZHANG, X. H. 2001 - GIS- based geo-environmental evaluation for urban land-use planning: a case study. *Engineering Geology* 61: 257 – 271.
- DELMANTO JUNIOR, O. 2003 - **Determinação da capacidade de uso da terra do Município de São Manuel (SP), obtido por meio de Sistema de Informações Geográficas (SIG) – IDRISI**. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu. 94 p.
- FOLEY, J. A.; DEFRIES, R.; ASNER, G. P.; BARFORD, G.; BONAN, G.;

- CARPENTER, S. R.; CHAPIN, F. S.; COE, M. T.; DAILY, G. C.; GIBBS, H. K.; HELKOWSKI, T.; HOWARD, E. A.; KUCHARIK, C. J.; MONFREDA, C.; PATZ, J. A.; PRENTICE, I. C.; RAMANKUTTY, N. e SNYDER, P. K. 2005 - Global Consequences of Land Use. *Science* 309: 569 – 574.
- HACISALIHOGU, S. 2007 - Determination of soil erosion in a steep hill slope with diferente land-use types: a case study in Mertesdorf (Ruwertal/ Germany). *Journal of Environmental Biology* 28: 433 – 438.
- IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. 2007a - **Ceará em Mapas - Tipos Climáticos**. Fortaleza. 1 Mapa. Escala: 1: 2.500.000.
- IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. 2007b - **Ceará em Mapas – Unidades Fitocológicas**. Fortaleza. 1 Mapa. Escala: 1: 2.500.000.
- JENSEN, J. R. 2011 - **Sensoriamento Remoto Do Ambiente: Uma Perspectiva Em Recursos Terrestres**. 2nd ed. Parêntese, São José dos Campos (SP). 598 p.
- LAMBIN, E. F.; GEIST, H. J. e LEPERS, E. 2003 - Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions. *Annual Review of Environment and Resources* 28: 205 – 241.
- LANDIS, J. R. e KOCH, G. G. 1977- The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics* 33: 159 – 174.
- LU, D.; LI, G.; VALLADARES, G. S. e BATISTELLA, M. 2004 - Mapping soil erosion risk in Rondônia, Brazilian Amazonia: using rusle, remote sensing and GIS. *Land Degradation & Development* 15: 499 – 512.
- MACHADO, R. M.; SOUSA, A. S. M.; OLIVEIRA, J. R. F.; OLIVEIRA-NETO, T. I. E OLIVEIRA, V. P. V. 2009 - Evolução do Recobrimento Vegetacional da APA da Serra de Aratanha. In: Seminário do 13º Simpósio Brasileiro De Geografia Física Aplicada, Natal.
- MALCZEWSKI, J. 2004 - GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview. *Progress in planning* 62: 3 – 65.
- PRADO, R. B.; NOVO, E. M. M. e PEREIRA, M. N. 2007 - Avaliação da dinâmica do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica de contribuição para o Reservatório de Barra Bonita- SP. *Revista Brasileira de Cartografia* 2: 127 – 136.
- RABUS, B.; EINEDER, M.; ROTH, A. e BAMLER, R. 2003 - The shuttle radar topography mission – a new class of digital elevation models acquired by spaceborne radar. *Journal of Photogrammetry & Remote Sensing* 57: 241-262.
- RAMALHO FILHO, A. e BEEK, K.J. 1995 - **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. Embrapa/CNPS, Rio de Janeiro. 65 p.

- SANTOS, L. C.; VELOSO, M. D. M.; FILHO, F. A. S. e LINHARES, P. C. F. 2008 - Estudo de uma flora em dois ambientes no município de Quixadá – CE. *Revista Verde* 3(2): 116 - 135.
- VALERIANO, M. M. e ROSSETTI, D. F. 2011 - Topodata: Brazilian full coverage refinement of SRTM data. *Applied Geography* 32: 300-309.
- VANACKER, V. 2012 - **Impact of deforestation on slope stability**. University of Louvain. Disponível em: <<http://serc.carleton.edu/31991>>. Acesso em: 19/12/2012.
- VASCONCELOS, C. H. e NOVO, E. M. L. M. 2004 - Mapeamento do uso e cobertura da terra a partir da segmentação e classificação de imagens – fração solo, sombra e vegetação derivadas do modelo linear de mistura aplicado a dados do sensor TM/Landsat5, na região do reservatório de Tucuruí - PA. *Acta Amazônica* 34: 487 – 493.
- WADT, P. G. S.; PEREIRA, J. E. S.; GONÇALVES, R. C.; SOUZA, C. B. C. e ALVES, L. S. 2003 - **Práticas de Conservação do Solo e Recuperação de Áreas Degradadas**. Embrapa Acre, Acre. 29 p. (Documentos, 90).