

Vulnerabilidade à erosão quanto aos aspectos solo e vegetação em uma bacia hidrográfica no semiárido

Vulnerability to soil and vegetation erosion in a semi-arid basin

Matheus Magalhães Silva Moura

Graduando em Tecnologia em Irrigação e Drenagem
Instituto Federal do Ceará – Campus Iguatu,
Correo electrónico: matheusmsm@hotmail.com.br

José Ribeiro de Araújo Neto

Doutorando em Eng. Agrícola,
Departamento de Engenharia Agrícola CCA/UFC, Fortaleza – CE,
Correo electrónico: juniorifcelabas@gmail.com

Helba Araújo de Quiroz Palácio

Licenciada em Ciências Agrícolas, Doutora em Eng. Agrícola,
Professora do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará,
Campus Iguatu – CE.
Correo electrónico: helbaraujo23@yahoo.com.br

Francisco Johnson Albuquerque Batista

Graduando em Tecnologia em Irrigação e Drenagem
Instituto Federal do Ceará – Campus Iguatu,
Correo electrónico: franciscojohnsonwar@gmail.com

Marcos Makeison Moreira de Sousa

Graduando em Tecnologia em Irrigação e Drenagem
Instituto Federal do Ceará – Campus Iguatu,
Correo electrónico: makeison.moreira14@gmail.com

Resumo: A vulnerabilidade dos solos à erosão, é resultado do balanço entre os processos morfogênicos e pedogênicos, conforme a abordagem ecodinâmica, que promovem a formação do solo ou sua perda por erosão, originando unidades de paisagens estáveis, intermediárias ou fortemente instáveis. Neste contexto, este trabalho objetivou analisar a vulnerabilidade à erosão dos solos da Bacia Experimental de Iguatu (BEI), a partir da metodologia de Crepani et al. (2001) segundo os princípios da Ecodinâmica de Tricart (1977), por meio de técnicas de Sensoriamento Re-

moto e ferramentas de Geoprocessamento, representando a dimensão ambiental do Zoneamento Ecológico-Econômico. Para a obtenção das classes de vulnerabilidade, foram avaliados os temas pedologia e vegetação a partir dos mapas disponibilizados na forma digital pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), todos na escala de 1:100.000 da folha de Iguatu, (SAD-69 Zona 24S). Os mapas de vulnerabilidade para ambos os temas foram definidos em cinco classes: estável, moderadamente estável, medianamente estável/vulnerável,

moderadamente vulnerável e vulnerável. A classe medianamente estável/vulnerável foi a mais representativa para a tema solos, ocupando 10,87 km² de extensão (64,9% da bacia), enquanto o tema vegetação predominam às classes moderadamente vulnerável e vulnerável, ocupando 14,93 km² de extensão (89,21% da bacia). Os resultados mostram-se como uma maneira adequada na tomada de decisão e gestão territorial da bacia, e permitiram o conhecimento da morfodinâmica da bacia e a sua classificação em unidades de paisagem de acordo com o grau de vulnerabilidade natural à perda de solo por erosão, podendo fornecer subsídios ao Zoneamento Ecológico-Econômico.

Palavras-chave: risco ambiental; geoprocessamento; sensoriamento remoto; gestão territorial.

Abstract: The vulnerability of soil erosion is the result of the balance between the morphogenetic processes and pedogenetic, as ecodynamics approach, which promote the formation of ground or its loss by erosion, yielding stable landscape units, intermediate or highly unstable. In this context, this study aimed to analyze the vulnerability to erosion of the Experimental Basin Soil Iguatu (EIB), based on the methodology of Crepani et al.

Recibido: junio 2016

(2001) according to the principles of ecodynamic of Tricart (1977), through remote sensing techniques and GIS tools, representing the environmental dimension of ecological zoning. To obtain the vulnerability classes were evaluated pedology issues and vegetation from the maps available in digital form by Cearense of Meteorology and Water Resources Foundation (FUNCEME), all on the scale of 1: 100,000 of Iguatu sheet, (SAD-69 Zone 24S). Vulnerability maps for both themes were defined in five classes: stable, moderately stable, moderately stable / vulnerable, moderately vulnerable and vulnerable. The stable / vulnerable medium class was the most representative of the subject land, occupying 10.87 km² extension (64.9% of the basin), while the theme vegetation predominates the moderately vulnerable and vulnerable classes, occupying 14.93 km² extension (89.21% of the basin). The results are shown as an appropriate way in the decision-making and territorial management of the basin, and allowed the knowledge of the morphodynamics of the basin and their classification in landscape units according to the degree of natural vulnerability to soil loss by erosion, may provide subsidies to ecological zoning.

Keywords: environmental risk; geoprocessing; remote sensing; land management.

Aceptado: enero 2017

1. Introdução

A degradação ambiental é consequência do uso indisciplinado dos recursos naturais, contingenciados pelas formas de uso e ocupação da terra, sejam eles renováveis ou não renováveis (NASCIMENTO *et al.*, 2008). Os processos erosivos ocorrem naturalmente, de forma lenta e gradual, mas são intensificados em virtude das ações antrópicas, tais como desmatamentos, atividades agropecuárias e manejo inadequado do solo (NUNES *et al.*, 2011).

Bertoni e Lombardi Neto (2005) apontaram que as propriedades do solo que influenciam sua erodibilidade são aquelas que afetam a velocidade de infiltração, permeabilidade e capacidade total de armazenamento de água, e que promovem a resistência às forças de dispersão, salpico, abrasão e transporte pela chuva e

escoamento. Nesse sentido, o levantamento e mapeamento das características do solo, de sua suscetibilidade natural à erosão e de sua tolerância de perda por erosão são fundamentais para o planejamento do seu uso e ocupação de forma sustentável (DEMARCHI; ZIMBACK, 2014).

A remoção parcial ou total da vegetação altera o comportamento hidrológico, influenciando na disponibilidade hídrica da bacia. A cobertura do solo é um aspecto importante na prevenção e no controle da erosão, constituindo-se um princípio fundamental em conservação do solo e da água (FROTA, 2013). Para Tricart (1977), as modificações na cobertura vegetal, provocam alterações no equilíbrio do ambiente, onde essas modificações aceleram os processos de erosão, aumento da temperatura local, redução da recarga d'água de rios e aquíferos, entre outros eventos, o que justifica a manutenção da cobertura vegetal para o equilíbrio ambiental.

A bacia hidrográfica ganha destaque nesse contexto, pois o seu estudo reconhece as inter-relações entre os diversos componentes da paisagem (geologia, geomorfologia, climatologia, hidrografia, pedologia, cobertura vegetal e ocupação da terra) e ajuda a identificar os problemas configurados, numa perspectiva de intervenção e de planejamento territorial (SOUSA; NASCIMENTO, 2015). Segundo Gomes (2010), a análise da cobertura vegetal e dos seus níveis de degradação, em estudo de bacia hidrográfica, auxilia no entendimento da dinâmica do uso e ocupação e serve como ferramenta para o desenvolvimento de políticas públicas de gestão da bacia.

A vulnerabilidade à perda de solos é uma metodologia que tem como intuito a geração de cartas que dividam a área em estudo em classes de maior ou menor vulnerabilidade com auxílio das tecnologias de geoprocessamento, utilizando dados de geologia, geomorfologia, pedologia, fitogeografia e clima, proposta por Crepani *et al.* (2001), desenvolvida a partir do conceito de Ecodinâmica (TRICART, 1977).

Desta maneira, o presente trabalho teve como objetivo analisar a vulnerabilidade à erosão dos solos, quanto aos aspectos solo e vegetação da Bacia Experimental de Iguatu, como subsídio ao zoneamento ecológico econômico da bacia, a partir da metodologia desenvolvida por Crepani *et al.* (2001), com o uso de técnicas de Sensoriamento Remoto e ferramentas de Geoprocessamento.

2. Material e métodos

A Bacia Experimental de Iguatu (BEI) está situada na sub-bacia do Alto Jaguaribe na porção sudoeste do Estado do Ceará, mais precisamente no município de Iguatu, entre as coordenadas geográficas 6°23'36" a 6°23'57" S e 39°15'15" a 39°15'30" W, com altitude média de 217,8 m (Figura 1), possui 16,74 km² de área.

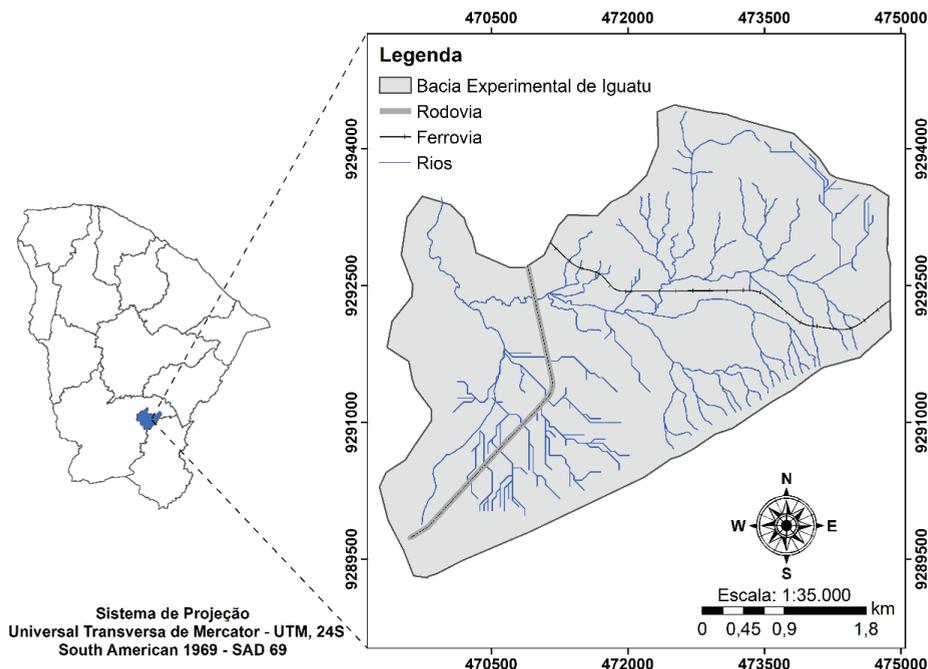


Figura 1 – Localização da Bacia Experimental de Iguatu, Ceará

O clima da região é do tipo BSw'h' (Semiárido quente), de acordo com a classificação climática de Köppen, com temperatura média sempre superior a 18°C no mês mais frio. A precipitação média histórica no município de Iguatu é de 867 ± 304 mm, com 85% concentradas no período de janeiro-maio e dos quais cerca de 30% são registrados no mês de março (SANTOS *et al.*, 2011). A distribuição mensal é marcada por uma alta variabilidade, podendo em um único mês concentrar um acumulado superior ao total anual de um ano seco. As Temperaturas máxima e mínima medias variam de 31,7 °C a 20,3 °C, respectivamente, sendo a radiação solar média anual de anual 5,63 kWh m⁻² dia⁻¹ com insolação média 2897,6 h ano⁻¹ tendo uma umidade relativa média do ar 61,8 % com a evaporação média 1988 mm ano⁻¹ e velocidade média do vento 2,1 m s⁻¹ (SANTOS, 2012).

A geologia da Bacia Experimental de Iguatu encontra-se constituída por embasamento sedimentar formado principalmente por rochas sedimentares e metamórficas, como os siltitos, micaxistos, metamagmatitos, quartzitos, folhelhos e arenitos. Os solos predominantes na bacia são Neossolos Flúvicos, Neossolos Litólicos, Luvisolos, Vertissolos, Argissolos e Planossos Nátricos. A vegetação predominante da região é do tipo Caatinga arbórea fechada e Caatinga antropizada (FUNCEME, 2012).

Para a elaboração dos mapas de vulnerabilidade à perda de solo na Bacia Experimental de Iguatu, foram necessários os seguintes materiais: mapas dos temas pedologia e fitogeografia, disponibilizados na forma digital pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), todos na escala de 1:100.000 da folha de Iguatu, SAD-69 Zona 24 S (FUNCEME, 2012).

Utilizou-se para classificação da cobertura vegetal e uso e ocupação do solo o sistema *RapidEye* (SCCON, 2016), que inclui uma constelação de satélites ópticos e, portanto, permite uma cobertura elevada que é particularmente importante como na área de estudo BEI que frequentemente apresenta coberturas de nuvens durante na estação chuvosa. O sistema *RapidEye* possui uma constelação de 5 satélites capazes de adquirir imagens coloridas com resolução espacial de 5 m. Foram adquiridas imagens em abril de 2010 representando o meio da estação chuvosa, e em maio de 2010, no fim da estação chuvosa. Estas imagens foram atmosféricamente e topograficamente corrigida usando ATCOR3 no ERDAS Imagem 2010 (ver <http://www.geosystems.de/atcor/>) (COSTA *et al.*, 2012). Foi realizada uma classificação supervisionada, que não foi pixel por pixel, mas com base em regiões “homogêneas” formadas por pixels “semelhantes” depois da aplicação de um algoritmo de teste simples estatística (agrupamento-pixels), que leva em conta os valores médios de pixel. Em seguida, o conjunto de grupos foram classificados usando o algoritmo de *Bhattacharya*. Um total de 67 dados levantados em campo foram utilizados para treinamento e 73 para validação do resultado da classificação.

Os mapas das unidades de solo e vegetação da Bacia Experimental de Iguatu foi obtida em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), utilizando o *software ArcGIS 10.1/ArcMap(r)* do ESRI. Para a determinação da vulnerabilidade, foram atribuídos valores de risco à degradação para ambos critérios, pedologia (Tabela 1) e vegetação (Tabela 2), segundo a metodologia proposta por Crepani *et al.* (2001), com pesos variando de 1,0 a 3,0 para as unidades territoriais básicas. Este conceito compreende a dinâmica dos ambientes como o balanço entre os processos formadores de solo (pedogênese) e os processos erosivos (morfogênese). Crepani *et al.* (2001) apresentam critérios para a atribuição de valores de vulnerabilidade para as unidades territoriais básicas dos temas Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Clima, juntamente com a fundamentação teórica da relação destes temas com os processos de morfogênese e pedogênese.

A geração de cartas de vulnerabilidade a erosão, consistiu por meio da manipulação da tabela de atributos de cada arquivo vetorial (na qual estão todas as informações em formato *shapefile*) atribuindo os valores de vulnerabilidade para cada classificação de solo e vegetação que foram convertidos em seguida em formato matricial (na qual estão todos as informações em formato *TIFF*), sendo então obtidos os mapas de vulnerabilidade referente a cada tema. Todos os dados estão no sistema de projeção cartográfica UTM, fuso 24 S, DATUM SAD 69.

Tabela 1 – Valores de vulnerabilidade dos solos

Classes de solos (EMBRAPA, 2006)	Valores
Latossolos	1,0
Argissolos, Luvisolos, Nitossolos, Chernossolos, Planossolos e Espodossolos	2,0
Cambissolos	2,5
Neossolos, Vertissolos, Organossolos, Gleissolos, Plintossolos e Afloramentos rochosos	3,0

Fonte: Crepani *et al.* (2008)

Tabela 2 – Valores de vulnerabilidade para vegetação e uso do solo

Classes de cobertura vegetal e uso do solo	Valores
Caatinga Arbórea Fechada	1,7
Caatinga Arbustiva Arbórea Fechada	2,1
Caatinga antropizada	2,6
Pastagem	2,8
Solo exposto	3,0
Cultura anual	3,0

Fonte: Crepani *et al.* (2001)

Após a elaboração dos mapas em formato matricial, foram classificados conforme a metodologia para a geração de cartas de vulnerabilidade à perda de solo (CREPANI *et al.*, 2001), de acordo com Tabela 3. Em ambos os mapas, para interpretação e discussão dos resultados, foi calculada a área das classes temáticas de vulnerabilidade à erosão.

Tabela 3 – Escala de vulnerabilidade à perda de solo

Grau de Vulnerabilidade	Escala de Vulnerabilidade
Estável	1,0 - 1,3
Moderadamente Estável	1,4 - 1,7
Medianamente Estável/Vulnerável	1,8 - 2,2
Moderadamente Vulnerável	2,3 - 2,6
Vulnerável	2,7 - 3,0

Fonte: Crepani *et al.* (2001)

3. Resultados e discussão

O grau de desenvolvimento ou maturidade dos atributos físicos, químicos e morfológicos dos solos, define o grau de vulnerabilidade à erosão para a unidade de solos, produto direto do balanço morfogênese/pedogênese, e indica a prevalência dos processos erosivos da morfogênese que geram solos jovens e pouco desenvolvidos ou das condições de estabilidade e do processo de pedogênese, que resulta em solos maduros, profundos, lixiviados e bem desenvolvidos (CREPANI *et al.*, 2008).

A Figura 2 apresenta o mapa detalhado de solos da Bacia Experimental de Iguatu, realizado em conformidade com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006). A classe dos Neossolos e Vertissolos representa aproximadamente 28,0 % da área da bacia, são considerados solos pouco desenvolvidos e instáveis por possuir a ausência do horizonte B, assentando-se diretamente sobre a rocha matriz ou horizonte C, sendo resistentes aos processos de intemperismo. Jürgens e Fander (1993) avaliaram que a profundidade do solo é fator preponderante na erosão, pois solos rasos e de baixa permeabilidade favorece o deflúvio e a erosão acelerada. Os

solos vulneráveis são aqueles classificados como os Neossolos Regolíticos, Neossolos Litólicos, Vertissolos, entre outros, pois são considerados solos pouco desenvolvidos (CREPANI *et al.*, 2001).

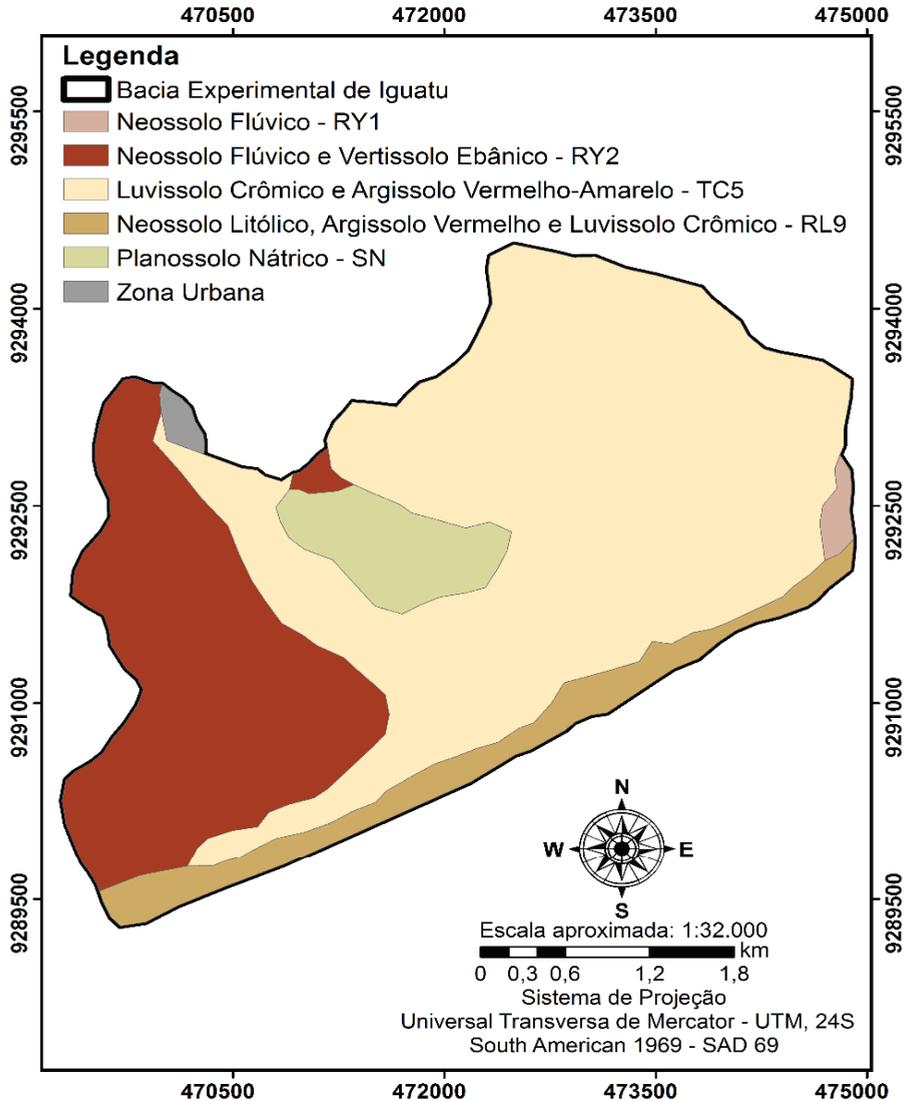


Figura 2 – Mapa detalhado de solos da Bacia Experimental de Iguatu

A bacia apresenta em sua maior parte dos solos (71,94 %) entre medianamente estável/vulnerável e moderadamente vulnerável, onde predominam os Luvisolos e Argissolos com 59,25 %, e os Planossolos com 5,61% da área em estudo. Estes solos são menos vulneráveis, mais profundos e intemperizados que os Neossolos e Vertissolos. Os Argissolos, mesmo com boa agregação e estruturação, apresentam certa vulnerabilidade à erosão, sobretudo quando ocorrem descontinuidades texturais (Cunha e Guerra, 2003b). A textura presente entres os horizontes A e B (ocasionada pelo acumulo de argila no horizonte B) desses solos, dificulta a infiltração da água e contribui nos processos de perda de solo. A maior concentração de argila em subsuperfície causa redução da velocidade de infiltração em relação aos horizontes mais superficiais, propriedade que aumenta a suscetibilidade natural à erosão desses solos (BORTOLUZZI *et al.*, 2008).

Os solos considerados com grau de vulnerabilidade medianamente estável/vulnerável abrangem as classes dos Argissolos, Planossolos e Luvisolos (Figura 3) (CREPANI *et al.*, 2001). Bertoni e Neto (2012) avaliam que cada tipologia pedológica é afetada pela erosão de forma distinta. As características físicas como estrutura, textura, permeabilidade e densidade exercem diferentes influências no processo erosivo.

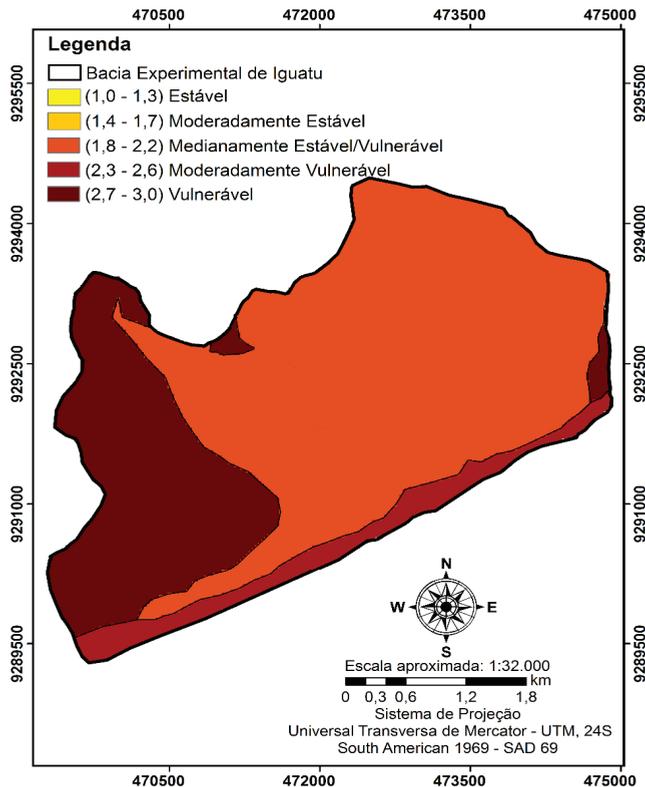


Figura 3 – Vulnerabilidade à erosão da Bacia Experimental de Iguatu para os Solos

A cobertura vegetal do terreno tem a função de retardar o ingresso das águas provenientes das chuvas nas correntes de drenagem pelo aumento da capacidade de infiltração. Nesse contexto, sua participação na caracterização das unidades de paisagem está diretamente relacionada à capacidade de proteção do solo, e o parâmetro a ser considerado na análise da vulnerabilidade à erosão é a densidade de cobertura vegetal (CREPANI *et al.*, 2008). A partir da Figura 4 é possível observar que Caatinga antropizada apresenta a maior porção da bacia (41,63 %), vegetação pouco densa e o aparecimento do solo em determinadas porções da paisagem (GOMES, 2005), que ocupa a maior área na classe de moderadamente vulnerável.

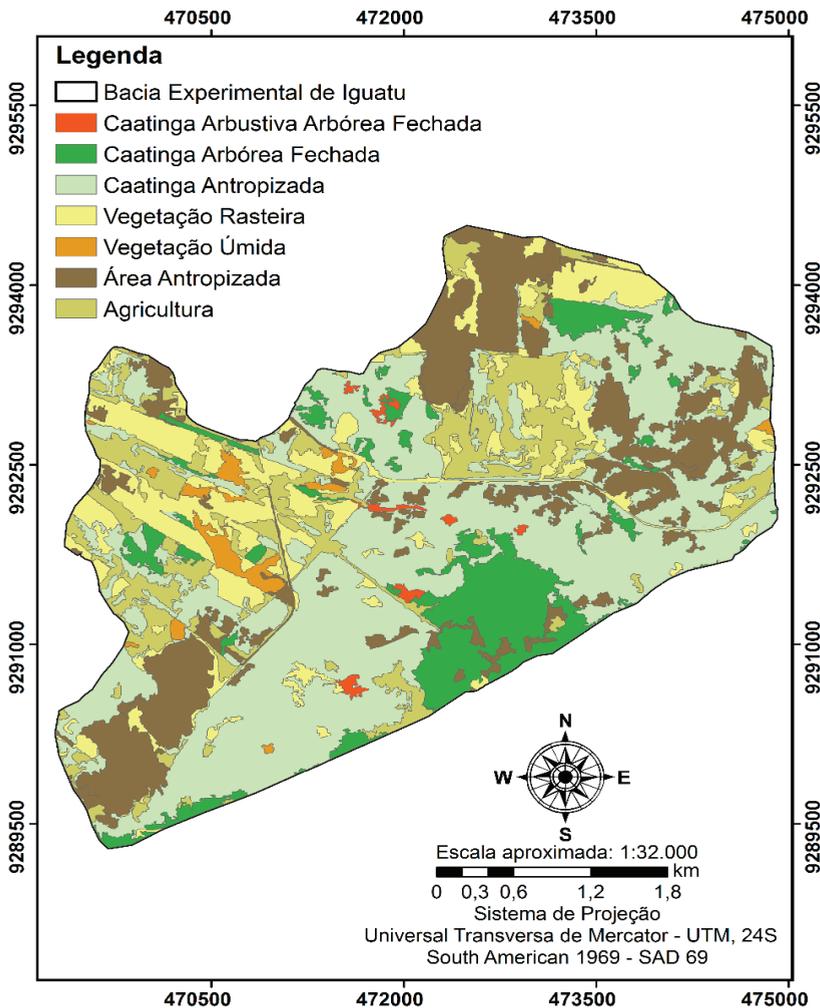


Figura 4 – Mapa de vegetação e uso do solo da Bacia Experimental de Iguatu

Apenas 10,68 % da área possui Caatinga arbórea fechada e Caatinga arbustiva arbórea fechada, sendo as áreas mais estáveis a perda de solo, importante papel que essa vegetação exerce no controle das perdas de água por escoamento que gera erosão na região semiárida. Segundo Gomes (2005), a perda de solo está baseada na cobertura que a vegetação e a atividade antrópica proporcionam ao solo. Para Weill e Sparovek (2008) e Freitas *et al.* (2012) a cobertura do solo é o componente mais importante no controle da erosão hídrica. Partindo desta premissa, as áreas mais estáveis seriam as ocupadas por vegetação densa e fechada, como a caatinga arbórea fechada e a caatinga arbustiva arbórea fechada (GOMES, 2005). Frota (2013) afirma que cobertura vegetal é um fator importante na tomada decisão de um manejo adequado da bacia hidrográfica, visto que influenciam a precipitação efetiva, escoamento superficial e fluxo de água no solo, dentre outros.

A vegetação rasteira, vegetação úmida, agricultura e área antropizada, representam 47,89 % da área vulnerável (Figura 5) da Bacia Experimental de Iguatu, por serem atribuídos valores da classe vulnerável, representando maior suscetibilidade dos solos à erosão. A degradação nestas regiões vem ocorrendo há muito tempo, devido principalmente à grande e contínua redução da cobertura vegetal, e à consequente erosão do solo (FROTA, 2013).

Os usos diversificados do solo propiciam diferentes graus de vulnerabilidade em função do manejo e da proteção exercida pela vegetação (ROSS, 2012) e são determinantes na aceleração dos processos erosivos (FREITAS *et al.*, 2012). As áreas onde ocorre atividade humana, como solo exposto, culturas anuais e pastagens, possuem um alto valor de vulnerabilidade aos processos de perda de solo, devido à baixa cobertura do solo e ao constante preparo para a agricultura. Alia-se a este fato, a falta de manejo adequado do solo com práticas conservacionistas que procurassem minimizar o impacto da agricultura (GOMES, 2005). Uma área sem proteção de cobertura vegetal é geralmente mais suscetível à erosão, do que um que esteja recoberto por vegetação, sendo que o seu efeito dependerá do tipo e fase do crescimento da vegetação associada à sequência de culturas e ao manejo (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1993).

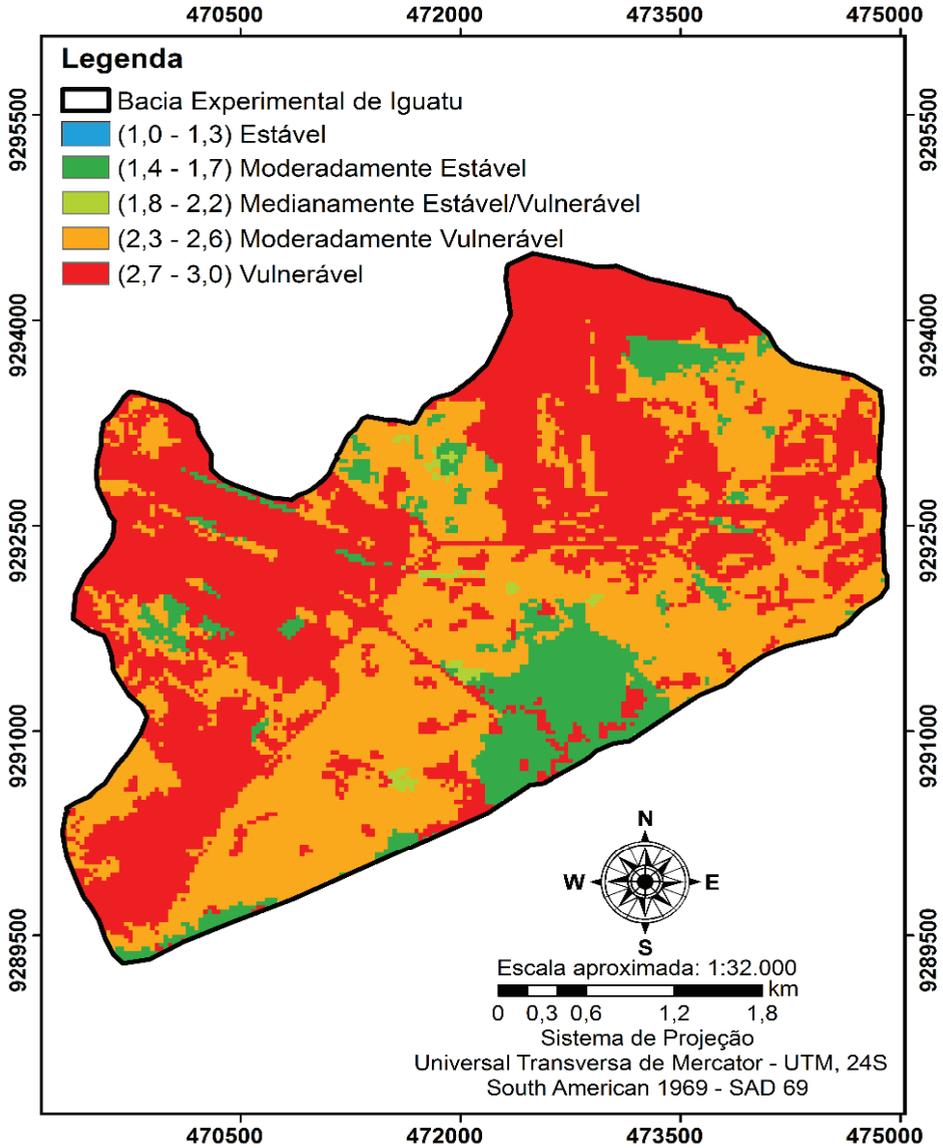


Figura 5 – Vulnerabilidade à erosão da Bacia Experimental de Iguatu para vegetação e uso do solo

Conforme é mostrado na tabela 4, a Bacia Experimental de Iguatu possui 10,87 km² de extensão classificada como medianamente estável/vulnerável, quanto ao tema de solos. Ao tema vegetação e ocupação do solo, pode-se dizer que quase a totalidade da área (89,21 %) pertence às classes moderadamente vulnerável e vulnerável, devido ao fato dessa bacia se compor de áreas com Caatinga antropizada, área antropizada, vegetação úmida e agricultura. Não foi verificada nenhuma região na classe estável, na unidade de vegetação.

Tabela 4 – Distribuição das áreas das classes de vulnerabilidade natural à degradação dos solos

Classes	SOLOS		VEGETAÇÃO		Graus
	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	
Estável	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0 - 1,3
Moderadamente Estável	0,0	0,0	1,72	10,21	1,4 - 1,7
Medianamente Estável/ Vulnerável	10,87	64,9	0,09	0,58	1,8 - 2,2
Moderadamente Vulnerável	1,17	7,04	6,91	41,32	2,3 - 2,6
Vulnerável	4,70	28,06	8,02	47,89	2,7 - 3,0
Total	16,74	100,0	16,74	100,0	

4. Conclusão

A metodologia proposta por Crepani *et al.* (2001) e o uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) foram eficientes no mapeamento da vulnerabilidade à degradação dos solos da Bacia Experimental de Iguatu, para as unidades de Solos, Vegetação e ocupação do solo, mostram-se como uma maneira adequada na tomada de decisão e gestão territorial da bacia.

Os resultados permitiram o conhecimento da morfodinâmica da bacia e a sua classificação em unidades de paisagem de acordo com o grau de vulnerabilidade natural à perda de solo por erosão, podendo fornecer subsídios ao Zoneamento Ecológico-Econômico.

5. Referências bibliográfica

- Bertoni, J.; Lombardi Neto, F. Conservação do solo. 3. ed. 352 p. Ícone Editora, São Paulo, 1993.
- Bertoni, J.; Lombardi Neto, F. Conservação do solo. 5. ed. 355 p. Ícone Editora, São Paulo, 2005.
- Bertoni, J.; Lombardi Neto, F. Conservação do solo. 8. ed. 355 p. Ícone Editora, São Paulo, 2012.
- Bortoluzzi, E. C.; Pernes, M.; Tessier, D. Mineralogia de partículas envolvidas na formação de gradiente textural em um Argissolo subtropical. REVISTA BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, v. 32, n. 3, 2008, p. 997-1007.
- Costa, A. C.; Foerster, S.; Bronstert, A.; Araújo, J. C. *Morphological controls of floods in a large dryland river in Brazil*. In: 4. *RapidEye Science Archive (RESA) - Vom Algorithmus zum Produkt*, 2012, Neustrelitz. 4. *RESA Workshop - Vom Algorithmus zum Produkt*. Berlin: GITO mbH, 113-119, 2012.
- Crepani, E. et al. Zoneamento Ecológico-Econômico. In: Florenzano, T. G. Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais. Oficina de Textos, cap. 10, p. 285-318 2008.
- Crepani, E.; Medeiros, J. D.; Hernandez Filho, P.; Florenzano, T. G.; Duarte, V.; Barbosa, C. C. F. Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial. São José dos Campos: Inpe, 2001.
- Cunha, S.B.; Guerra, A.J.T. Geomorfologia do Brasil. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003b.
- Demarchi, J. C.; Zimback, C. R. L; Mapeamento, erodibilidade e tolerância de perda de solo na sub-bacia do ribeirão das perobas. Energia na Agricultura, v. 29, n. 2, p. 102-114, 2014.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. 306 p. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.
- Freitas, D. A. F.; Silva, M. L. N.; Castro, N. E. A.; Cardoso, D. P.; DIAS, A. C.; Carvalho, G. J. Modelagem da proteção do solo por plantas de cobertura no sul de Minas Gerais. Revista Agro@ambiente On-line, v. 6, n. 2, 2012, p. 117-123.
- Frota, P. V. Potencial de erosão na Bacia de Drenagem do Açude Orós - CE. 2012. 179 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Ciências Florestais, Universidade de Brasília, Brasília, 2013.
- Funceme. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, 2012. Disponível em: <<http://www.funceme.br/>>. Acesso em: 04 mar. 2016.
- Gomes, A. G. Avaliação da vulnerabilidade à perda de solo em região semiárida utilizando sensoriamento remoto e geoprocessamento - área piloto de Parnamirim (PE). 2005. 165 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Sensoriamento Remoto, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campo, 2005.
- Gomes, D. D. M. Análise da Degradação da Cobertura Vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Jaibaras/CE por Meio de Ferramentas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Geoprocessamento Aplicado à Análise Ambiental e Recursos Hídricos, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2010.
- Jürgens, C.; FANDER, M. *Soil erosion assessment and simulation by means of SGEOS and ancillary digital data*. *International Journal of Remote Sensing*, v. 14, n. 15, p. 2847 - 2855, 1993. DOI:10.1080/01431169308904313.
- Nascimento, F. R.; Cunha, S. B.; Souza, M. J.; Cruz, M. L. B. Diagnóstico geoambiental da bacia hidrográfica semi-árida do Rio Acaraú: subsídios aos estudos sobre desertificação. Boletim Goiano de Geografia, v. 28, n. 1, p. 41-62, 2008.
- Nunes, A. N.; Almeida, A. C.; Coelho, C. O. A. *Impacts of land use and cover type on runoff and soil erosion in a marginal area of Portugal*. *Applied Geography*, v. 31, n. 2, p. 687-699, 2011.
- ROSS, J. L. S. *Landforms and environmental planning: potentialities and fragilities*. Revista do departamento de Geografia - USP. p. 38-51, 2012.

- Santos, J. C. N. Mensuração da erosão do solo no semiárido em diferentes usos de terras e escalas espaciais. 2012. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.
- Santos, J. C. N.; Palácio, H. A. D. Q.; Andrade, E. M. D.; Meireles, A. C. M.; Araújo Neto, J. R. D. *Runoff and soil and nutrient losses in semiarid uncultivated fields*. REVISTA CIÊNCIA AGRONÔMICA, v. 42, n. 3, 2011, p. 813-820.
- Sccon. Imagens *RapidEye*. Santiago & Cintra Consultoria, 2016. Disponível em: <<http://www.sccon.com.br/rapideye.html>>. Acesso em: 12 mar. 2016.
- Sousa, M. L. M.; NASCIMENTO, F. R. Estudos geoambientais de bacias hidrográficas em áreas suscetíveis à desertificação no Nordeste do Brasil. Revista colombiana deG, v. 24, n. 1, 2015, p. 346.
- Tricart, J. Ecodinâmica. In: Série recursos naturais e meio ambiente. SUPREN/IBGE, Rio de Janeiro, 1977.
- Weill, M. D. A. M.; Sparovek, G. Estudo da erosão na microbacia do Ceveiro (Piracicaba, SP). II-Interpretação da tolerância de perda de solo utilizando o método do índice de tempo de vida. Revista brasileira de ciência do solo, v. 32, n. 2, 2008, p. 815-824.