



ANÁLISE DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE FEIRA NOVA/SE ATRAVÉS DA UTILIZAÇÃO DE PRODUTOS DE SENSORIAMENTO REMOTO

Éder Guedes Freitas¹

RESUMO

No contexto da região semiárida, a erosão é a mais grave das causas de degradação dos solos devido, dentre outros fatores, aos seus solos rasos, regime de irregular das chuvas e pela agricultura praticada de forma rudimentar, sujeitando os ambientes à ocorrência de processos erosivos intensos, levando à diminuição da qualidade dos solos, o que resulta em um quadro de grande vulnerabilidade ambiental. Este conceito pode ser entendido como a capacidade de resposta do meio aos efeitos adversos decorrentes das ações humanas, afetando diretamente a estabilidade do meio e sua qualidade ambiental, englobando, além das potencialidades/limitações do meio, os graus e formas de intervenções de origem antropogênicas e seus respectivos impactos e comportamentos dos espaços naturais às pressões recebidas. Dessa forma, o presente trabalho objetivou avaliar o grau de vulnerabilidade ambiental do município à ocorrência de processos erosivos, através da utilização de variáveis morfométricas e de uso e ocupação, obtidas através de produtos de sensoriamento remoto, como base para a geração da carta de vulnerabilidade dos solos, face aos processos erosivos. Os resultados indicam a predominância da classe de muito baixa e alta vulnerabilidade (29,89% e 22,88%, respectivamente), seguidos das classes média, baixa e muito alta (22,04%, 19,00% e 6,19%, respectivamente), sendo evidenciada a importância que a cobertura vegetal exerceu na obtenção dos resultados apresentados, sendo o indicador que melhor se relacionou aos graus de vulnerabilidade. A metodologia possibilitou a análise da vulnerabilidade, permitindo compreender o papel de cada condicionante na ocorrência dos processos erosivos e de degradação dos solos.

Palavras-chave: Vulnerabilidade ambiental, Análise ambiental, Degradação, Erosão dos solos.

ABSTRACT

In the context of the semiarid region, erosion is the most severe of the causes of soil degradation due, among other factors, to its shallow soils, irregular rainfall regime and rudimentary agriculture, subjecting the environments to the occurrence of intense erosive processes, leading to a decrease in soil quality, which results in a situation of great environmental vulnerability. This concept can be understood as the capacity of the environment to respond to the adverse effects resulting from human actions, directly affecting the stability of the environment and its environmental quality, encompassing, in addition to the potentialities/limitations of the environment, the degrees and forms of anthropogenic interventions and their respective impacts and behaviors of natural spaces to the pressures received. The present work aimed to evaluate the degree of environmental vulnerability of the municipality to the occurrence of erosive

¹ Doutorando do Curso de Geografia, da Universidade Federal do Ceará - UFC, ederguedes91@gmail.com; eder.guedes@economia.gov.br.



processes, through the use of morphometric variables and use and occupation, obtained through remote sensing products, as a basis for the generation of the soil vulnerability chart, in view of the erosive processes. The results indicate the predominance of the class of very low and high vulnerability (29.89% and 22.88%, respectively), followed by the middle, low and very high classes (22.04%, 19.00% and 6.19%, respectively), showing the importance that the vegetation cover exerted in obtaining the results presented, being the indicator that best related to the degrees of vulnerability. The methodology allowed the vulnerability analysis, allowing understanding the role of each conditioner in the occurrence of erosive processes and soil degradation.

Keywords: Environmental vulnerability, Environmental analysis, Degradation, Soil erosion.

INTRODUÇÃO

O processo erosivo é o principal processo responsável pela modelagem da superfície terrestre, atuando de forma a degradar o substrato rochoso mais superficial, produzindo os materiais que serão transportados e depositados ao longo das vertentes (CARMO et. al., 2016). Para Carmo et. al. (2015), os processos erosivos são responsáveis pela evolução das vertentes, sendo mais comumente associados ao escoamento superficial, apresentando uma estreita interrelação entre a morfologia da vertente e o tipo de escoamento superficial.

A erosão pode ser compreendida como o processo de “desagregação e remoção de partículas do solo ou de fragmentos e partículas de rochas pela ação combinada da gravidade com a água, vento, gelo e/ou organismos (plantas e animais)” (IPT, 1986, citado por SANTORO, 2009, p. 55), sendo causado por forças ativas – como as características da chuva, a declividade e comprimento do declive do terreno e a capacidade que tem o solo de absorver a água, e por forças passivas – como a resistência que exerce o solo à ação erosiva da água e a densidade de cobertura vegetal, (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2017, p. 50).

Para Carmo et. al., (2015; 2016), a morfologia do terreno é o indicador natural mais importante com relação à possibilidade de ocorrência de movimentos de massa, pois ela define os padrões e os tipos de processos geomorfológicos que podem ocorrer no terreno, sendo, o tipo de encosta, de grande influência na ocorrência dos processos erosivos e sua análise permitindo definir os pontos e os diferentes graus de susceptibilidade à erosão, bem como os locais prováveis para deposição dos sedimentos, sendo a declividade o fator de maior importância. A declividade, segundo Ayres (citado



por BERTONI; LOMBARDI NETO, *idem*, p. 62), influencia diretamente na velocidade e na energia cinética do fluxo da água, na quantidade e tamanho das partículas do material que pode ser carregado pelos fluxos superficiais.

Além do relevo, a vegetação é a defesa natural de um terreno contra a erosão e exerce grande influência na ocorrência e dinâmica dos processos erosivos, uma vez que a sua ausência ou a diversidade pode potencializar um maior ou menor risco à erosão (Carmo et. al., 2015; BERTONI; LOMBARDI NETO, *idem*). Seus efeitos se dão através dos seguintes mecanismos: (a) proteção direta contra o impacto das gotas da chuva; (b) dispersão da água, interceptando-a antes que atinja o solo; (c) decomposição das raízes das plantas que, formando canalículos no solo, aumentam a infiltração da água; (d) melhoramento da estrutura do solo pela adição de matéria orgânica; (e) diminuição da velocidade de escoamento da enxurrada pelo aumento do atrito na superfície (BERTONI; LOMBARDI NETO, *idem*).

Sampaio et. al. (2005), evidenciam isso destacando que os processos de degradação dos solos, quase sempre, tem início com o desmatamento e com a substituição da vegetação nativa por outra cultivada e de porte e/ou ciclo de vida diferentes, favorecendo e acelerando a ocorrência dos processos erosivos, afetando diretamente à dinâmica dos solos, ocasionando a perda de materiais (em especial de nutrientes e de matéria orgânica), desorganizando sua estrutura e levando a degradação deste importante recurso natural (SANTORO, 2009; CARMO et. al., 2015).

A degradação acelerada das terras ocorre quando a capacidade natural de auto-regulação dos sistemas é ultrapassada e constitui um sintoma indicativo de uso e manejo mal conduzidos, que comprometem a manutenção da integridade ou do pleno potencial da terra para usos futuros. A erosão acelerada do solo é considerada por diversos pesquisadores como sendo o processo que isoladamente mais contribui para a degradação das terras produtivas em todo o mundo. O processo constitui, portanto, um sério problema global de degradação de terras e uma ameaça ao bem-estar da humanidade (WEILL; PIRES NETO, 2007, p. 44)

No contexto da região semiárida brasileira, a erosão possui grande importância, sendo considerada a mais grave das causas de degradação dos solos devido à sua irreversibilidade sobretudo, pelos solos rasos, pelo regime de chuvas torrenciais e pela



agricultura praticada em áreas de declividade alta e sem qualquer medida de prevenção, (SAMPAIO et. al., 2005).

Sá et. al. (2010) e Sampaio et. al. (*idem*), destacam a importância da cobertura vegetal de caatinga na preservação dos ambientes semiáridos a qual desempenha o papel de protetor do solo contra os efeitos diretos dos agentes do clima, reduzindo a sua degradação. O uso indiscriminado dos recursos florestais tem efeitos negativos sobre a estabilidade e a capacidade regenerativa dos solos e da vegetação, prejudicando a regeneração natural e dificultando a permeabilidade dos solos (MMA, 2011, p. 26).

Estimativas mais recentes, apresentadas pelo IBAMA (2010a, b), por meio da utilização de imagens de satélite, trabalhadas em uma escala de detalhamento de 1:50.000, indicavam uma área de cobertura vegetal remanescente de cerca de 55,67% da área total do bioma, em 2002, contra 53,62%, em 2008, e 53,38%, em 2009 (conforme apresentado na [Tabela 1](#)). Em números absolutos, a redução da cobertura vegetal da caatinga, no período de 2002 a 2009 foi de 18.497,03 km², passando de 460.063 km² para 441.117,88 km², no período analisado, o que representa uma perda média da ordem de 2.642,43 km² de vegetação por ano.

Tabela 1: Desmatamento da vegetação de caatinga por estado.

Estado	Caatinga (km ²)	Desmatamento			Percentual de desmatamento		
		Até 2002	2002-2008	2008-2009	Até 2002	2002-2008	2008-2009
Alagoas	13.000,00	10.320,00	353,00	23,85	79,38%	0,04%	0,18%
Bahia	300.967,00	149.619,00	4.527,00	638,35	49,71%	0,55%	0,21%
Ceará	147.675,00	54.735,00	4.132,00	440,19	37,06%	0,50%	0,30%
Maranhão	3.753,00	1.134,00	97,00	32,32	30,22%	0,01%	0,86%
Minas Gerais	11.100,00	5.371,00	359,00	15,16	48,39%	0,04%	0,14%
Paraíba	51.357,00	22.342,00	1.013,00	91,89	43,50%	0,12%	0,18%
Pernambuco	81.141,00	41.159,00	2.204,00	167,77	50,73%	0,27%	0,21%
Piauí	157.985,00	45.754,00	2.586,00	408,92	28,96%	0,31%	0,26%
Rio Grande do Norte	49.402,00	21.418,00	1.142,00	98,19	43,35%	0,14%	0,20%
Sergipe	10.027,00	6.683,00	157,00	4,39	66,65%	0,02%	0,04%
TOTAL	826.411,00*	358.540,00	16.576,00	1.921,18	43,38%	2,00%	2,58%

Fonte: IBAMA, 2010a, b. *área do bioma segundo IBAMA, 2010a, b.

Para Fernandes et. al. (2015), o semiárido sergipano é marcado pela degradação de sua cobertura florestal, sendo resultante de vários fatores, dentre os quais se destacam: a disseminação de práticas agrícolas inadequadas, o pastoreio excessivo, o desmatamento, a destruição de áreas com vegetação nativa, colocando-se em questão a



própria capacidade de uso da terra e dos recursos para a manutenção das atividades produtivas e para a garantia dos serviços ambientais.

Os autores destacaram uma grande redução da área de caatinga, entre os anos de 1992 e 2013, (passando de 37,2% da área em 1992 para pouco mais de 15% em 2013), sendo a atividade agropecuária a principal atividade responsável, ao passo em que houve, no mesmo período, aumento da área ocupada por pastagens e cultivos passou de 48,9%, no ano de 1992, para 72,2% da área, em 2013.

O município de Feira Nova/SE, com área de 183,27 km², localiza-se na microrregião do Sertão do Sergipano, distante 75 km da capital sergipana. Caracteriza-se por clima semiárido, com precipitação média em torno de 656 mm, com período chuvoso compreendido entre os meses de março a agosto. As classes de solos presentes são Argissolos vermelho-amarelos, Neossolo litólicos e Planossolos, com perfis pouco profundo. Predomina um relevo variando de suave ondulado a ondulado (54,8% e 26,73% do território, respectivamente).

De acordo com levantamento realizado pelo Serviço Florestal Brasileiro (2017), o município de Feira Nova possuía cerca de 6% do seu território recoberto por florestas, correspondendo a uma área de 1.176,63 ha. Sendo que essa redução, para Fernandes et. al. (*idem*), estaria relacionada à tendência de expansão da pecuária no estado de Sergipe para atendimento às indústrias de laticínios, com a necessidade de crescimento da produção e da disponibilidade de alimentos.

Com base nos levantamentos de uso e ocupação realizados, neste trabalho, verificou-se que maior parte do território municipal é ocupada por áreas de cultivos e coberturas herbáceas (49,28%), seguidos pelas áreas de caatinga (36,35%) e áreas desprovidas de vegetação (14,31%), isso evidencia a existência de vetores de pressão antrópica sobre os solos, que podem levar a processos de degradação.

Verificou-se, com base nos dados do IBGE (2012), que a atividade agropecuária é a segunda atividade econômica de maior expressão na composição do PIB municipal, atrás do setor de serviços, representando cerca de 10,2%, no ano de 2018, tendo sua maior expressão no ano de 2007, onde compunha cerca de 27,25% do PIB.

Dentro desse contexto, o presente trabalho objetiva analisar e avaliar o grau de vulnerabilidade ambiental à ocorrência de processos erosivos do município de Feira Nova/SE.



Como um dos conceitos caros aos estudos ambientais, o conceito de vulnerabilidade ambiental tem se tornado cada vez mais utilizados no meio científico, sobretudo em trabalhos que destacam as questões ambientais face às alterações ambientais naturais ou artificialmente introduzidas sem, contudo, haver qualquer grande indagação ou reflexão acerca do seu real significado e aplicabilidade. Segundo o dicionário online da língua portuguesa, vulnerabilidade significa “Característica, particularidade ou estado que é vulnerável; qualidade que pode se encontrar vulnerável: a vulnerabilidade da segurança pública”.

O conceito de vulnerabilidade, conforme Acselrad (2006, p. 2) “[...] é uma noção relativa – está normalmente associada à exposição aos riscos e designa a maior ou menor susceptibilidade de pessoas, lugares, infraestruturas ou ecossistemas sofrerem algum tipo particular de agravo”. De modo complementar, Zanella et. al. (2013) entendem que o conceito de vulnerabilidade, no âmbito das ciências ambientais, tem sido bastante utilizado para expressar o grau de instabilidade dos ambientes face às perturbações sofridas.

A vulnerabilidade ambiental, por sua vez, indica “a maior ou menor susceptibilidade de um ambiente a um impacto potencial provocado por um uso antrópico qualquer” (TAGLIANE, 2003, citado por OLIVEIRA, 2011, p. 45), tendo “um peso considerável na ponderação das vulnerabilidades, indicando aí, um processo de análise ‘ambiental’ e não somente ‘natural’” (OLIVEIRA, *idem*, p. 46.). De acordo ainda, com Oliveira e Souza (2019), as vulnerabilidades e os impactos ambientais registram os desequilíbrios gerados pelos vetores de pressão, decorrentes das atividades praticadas, incompatíveis com as vulnerabilidades e os limites de tolerância dos sistemas ambientais.

Nessa mesma linha, Costa et. al. (2006), definem que o conceito de vulnerabilidade representa a maior ou menor “[...] susceptibilidade de um ambiente a um impacto potencial provocado por um uso antrópico qualquer (p. 122) e que poderá sofrer com adversidades que afetarão, total ou parcialmente, a estabilidade ecológica do território em que este efeito ocorre.

Assim entendem a Vulnerabilidade ambiental, como a capacidade de resposta do meio aos efeitos adversos decorrentes das ações humanas, variando conforme suas



características naturais e humanas, afetando diretamente a estabilidade do meio e, conseqüentemente, sua qualidade ambiental. Assim, nessa perspectiva, o conceito apresentado engloba, além das potencialidades/limitações do meio, os graus e formas de intervenções de origem antropogênicas e seus respectivos impactos e comportamentos dos espaços naturais às pressões recebidas.

Para fins da análise e identificação do grau de vulnerabilidade ambiental dos solos do município de Feira Nova à erosão, foi utilizada a metodologia proposta por Carmo et. al. (2015; 2016). A metodologia apresentada pelos autores, utiliza as variáveis morfométricas (declividade, orientação de vertentes, curvaturas vertical e horizontal) e atributos superficiais do terreno (água, solo exposto, vegetação densa, vegetação aberta e áreas de cultivos) – obtidas através de produtos de sensoriamento remoto, como base para a geração da carta de vulnerabilidade dos solos, face aos processos erosivos.

A identificação dos atributos superficiais do terreno, foi realizado através da utilização de imagens Landsat 8, 215/67, data de aquisição 05/12/2017, com resolução espacial de 30 m, para geração de imagem NDVI, a qual foi, posteriormente, reclassificada conforme intervalos estabelecidos na Quadro 1. Os valores adotados, no presente trabalho, foram obtidos através da escolha de áreas amostrais na imagem landsat, com composição colorida, selecionadas através das características de área de cobertura e rugosidade dos *pixels* da imagem, resultando nos valores apresentados no quadro abaixo.

Quadro 1: Correlação entre os valores de NDVI e os padrões de uso e ocupação dos solos.

Intervalo	Classe
-1 a 0,19	Água
0,19 a 0,37	Solo nu
0,371 a 0,45	Gramíneas/pastagem
0,451 a 0,50	Caatinga arbustiva aberta/pastagem
0,501 a 0,60	Caatinga arbustiva densa
0,601 a 1	Caatinga arbórea

Fonte: Autoria própria.

Para a extração das variáveis morfológicas do terreno, foram utilizadas imagens ALOS-Palsar, com resolução espacial de 12,5 m, trabalhadas no software Qgis (versão 2.18.28). Inicialmente, realizou-se o preenchimento das falhas, através do algoritmo



Fill sinks, posteriormente foi utilizado o *Basic terrain analysis*, para a extração das variáveis e, por fim, foi realizada a reclassificação dos valores.

Para cada indicador adotado, foram estabelecidos pesos diferenciados – que refletem o grau de suscetibilidade aos processos erosivos, variando de 0 a 10, onde quanto menor o valor adotado, menor é o grau de vulnerabilidade relativo ao indicador, e graus de influência – que refletem a importância relativa do indicador no cálculo de vulnerabilidade, conforme detalhado na Quadro 2.

Por fim, para a geração da carta de vulnerabilidade, foram realizadas operações matemáticas, por meio da álgebra de mapas, conforme equação abaixo:

$$\text{VULNERABILIDADE} = (\text{atributos superficiais do terreno} * 0,35) + (\text{declividade} * 0,25) + (\text{curvatura vertical} * 0,20) + (\text{curvatura horizontal} * 0,10) + (\text{orientação de vertente} * 0,10)$$

Quadro 2: Indicadores utilizados para a geração da Carta de vulnerabilidade dos solos.

ATRIBUTOS SUPERFICIAIS DO TERRENO		ORIENTAÇÃO DE VERTENTES	
Influência (35%)	Peso	Influência (10%)	Peso
Água	0	Noroeste	1
Vegetação Densa	2	Oeste/Norte	2
Vegetação Aberta	4	Sudeste	4
Áreas de cultivo/herbáceas	6	Nordeste	5
Solo exposto	10	Sudeste	7
CURVATURA VERTICAL		Sul	8
Influência (20%)	Peso	Leste	10
Convexa	3	DECLIVIDADE	
Retilínea	6	Influência (25%)	
Côncava	9	Peso	
CURVATURA HORIZONTAL		0-3%	0
Influência (10%)	Peso	3-8%	2
Divergente	3	8-20%	4
Planar	6	20-45%	6
Convergente	9	45-75%	8
		>75%	10

Fonte: Carmo et. al., 2015.

Após a realização da álgebra de mapas, o produto resultante foi reclassificado em cinco classes de vulnerabilidade, variando de muito baixa a muito alta, tomando como base os valores estabelecidos na Quadro 3.

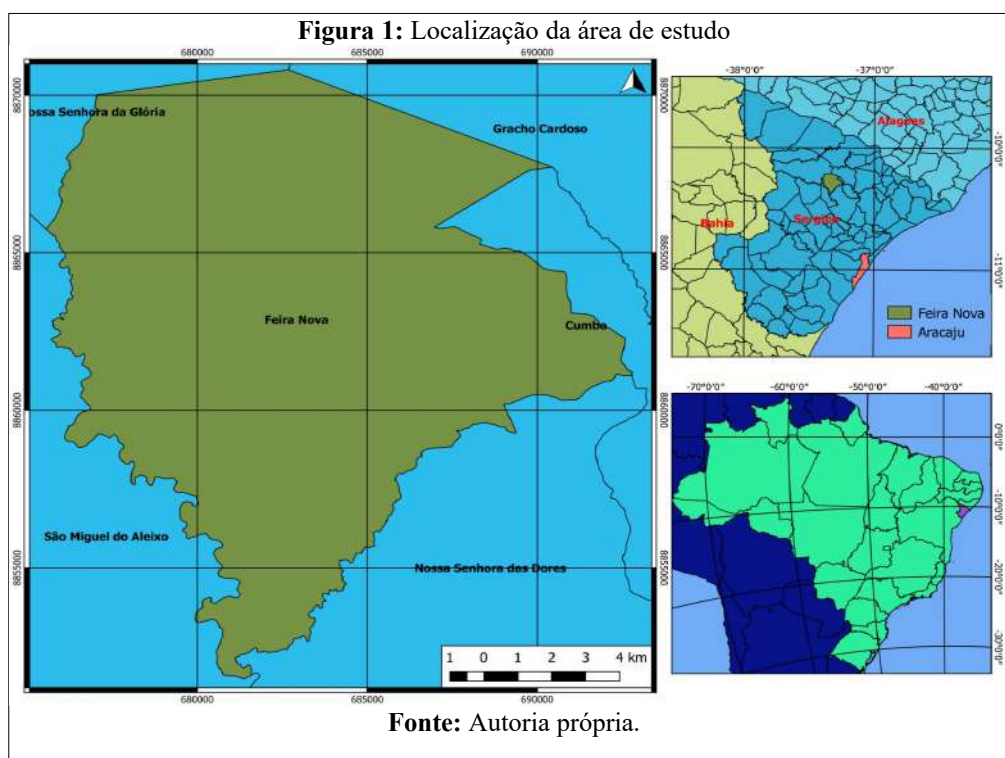
Quadro 3: Escala de vulnerabilidade ambiental.

CLASSES DE VULNERABILIDADE	
Muito Baixa	< 3,97
Baixa	3,98 – 4,72
Média	4,73 – 5,27
Alta	5,28 – 6,31
Muito Alta	> 6,31

Fonte: Carmo et. al., 2015.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O município de Feira Nova, distante 75 km da capital sergipana, localiza-se na microrregião Sergipana do Sertão do São Francisco e possui área de 183,27 km² (Figura 1). Segundo dados do último Censo populacional (IBGE, 2012), o município contava com uma população de 5.324 habitantes, residentes, em sua maioria (52%), na zona rural do município.



A geologia é composta por rochas do embasamento cristalino, de idades proterozoicas do Grupo Macururé, compostas por rochas metamórficas (xisto, micaxisto, quartzito, metagrauvaca), e pequena área de arenitos oriundos do Grupo Barreiras (SANTOS et. al., 2001). O clima do município é caracterizado como



semiárido, possuindo temperatura média anual em torno de 25° C, e precipitação pluviométrica média de 800,00 mm/ano, com período chuvoso compreendido entre os meses de março a agosto.

O relevo municipal (Figura 2A) caracteriza-se pelo predomínio de um modelado suave-ondulado – variando de 3 a 8%, (correspondendo a 100,4 km², representando cerca de 54,8% do território municipal), e ondulado – com declividades variando entre 8 a 20% (correspondendo a 48,97 km² e 26,73%, respectivamente), seguidos de áreas de relevos planos, ocupando área de 32,11 km² (17,52%) e relevo forte ondulado, variando 20 a 45% (correspondendo a 1,74 km² do território, cerca de 0,95%) e uma inexpressiva área caracterizada como relevo montanhoso, ocupando área de, aproximadamente, 0,01 km².

Quanto à posição das vertentes, há predomínio de vertentes voltadas para os setores sudeste, sul, sudoeste e oeste, com frequência de 15,33%, 16,39%, 15,15% e 14,26%, respectivamente, com as vertentes norte, nordeste, leste e noroeste, ocorrendo com frequência de 4,74%, 9,31%, 13,01% e 11,82%, respectivamente (Figura 2B).

Quanto às características de curvatura vertical das vertentes, observou-se predomínio de vertentes retas (58,17% do total), seguidas das côncavas (23,83%) e convexas (18%) - Figura 2C. Já quanto à curvatura horizontal (Figura 2D), observa-se maior ocorrência de feições convergentes (42,93%), seguidas das divergentes e planares, 33,79% e 23,38% das ocorrências, respectivamente.

Por fim, quanto às formas de uso e ocupação do município (Figura 3), verificou-se que maior parte do território municipal é ocupada por áreas de cultivos e coberturas herbáceas (49,28%), seguidos pelas áreas de caatinga (36,35%) e áreas desprovidas de vegetação (14,31%), isso evidencia a existência de vetores de pressão antrópica sobre os solos, que podem levar a processos de degradação.

Figura 2: Características morfológicas do município.

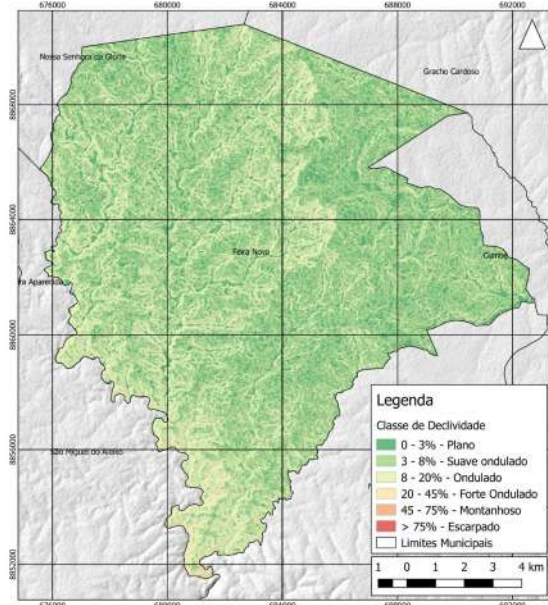


Fig. 2 – A – Declividade.

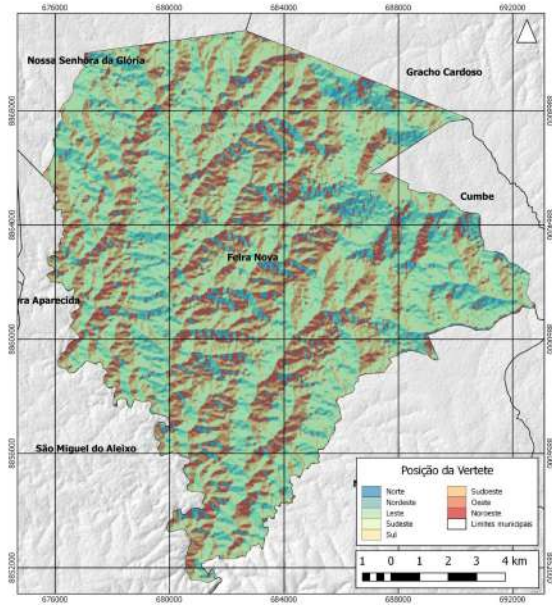


Fig. 2 – B – Posição das vertentes.

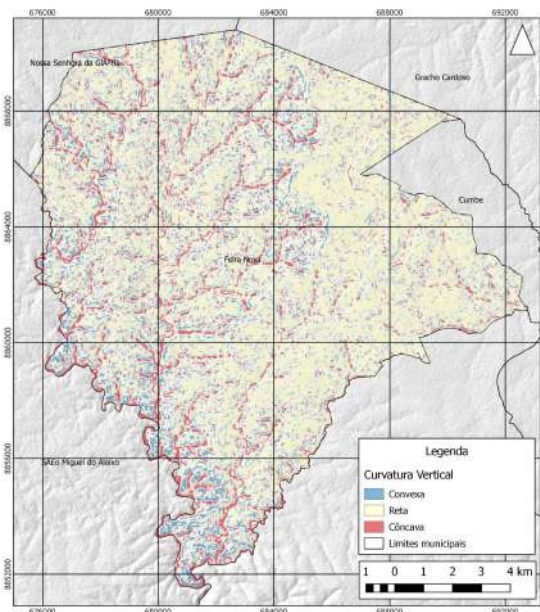


Fig. 2 – C – Classes de curvatura vertical.

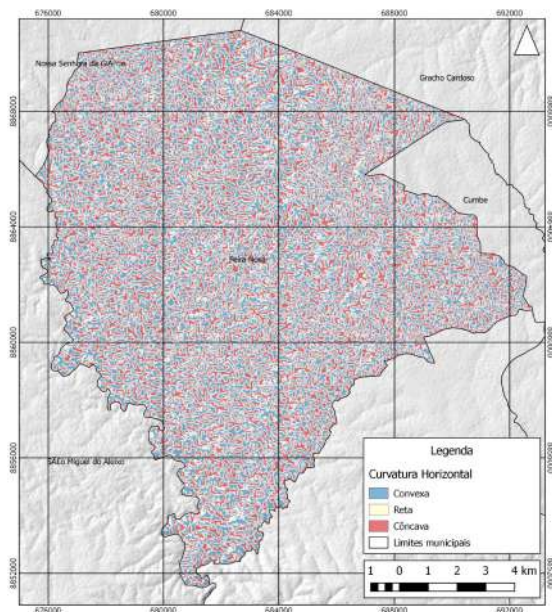
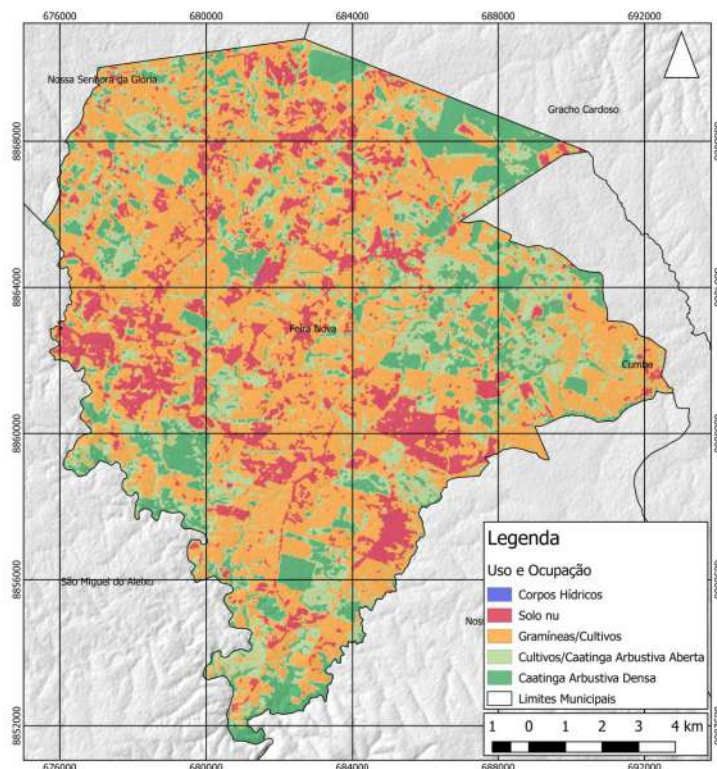


Fig. 2 – D – Classes de curvatura horizontal.

Fonte: Autoria própria.

Figura 3: Uso e ocupação do município de Feira Nova, com base na análise dos índices de NDVI .



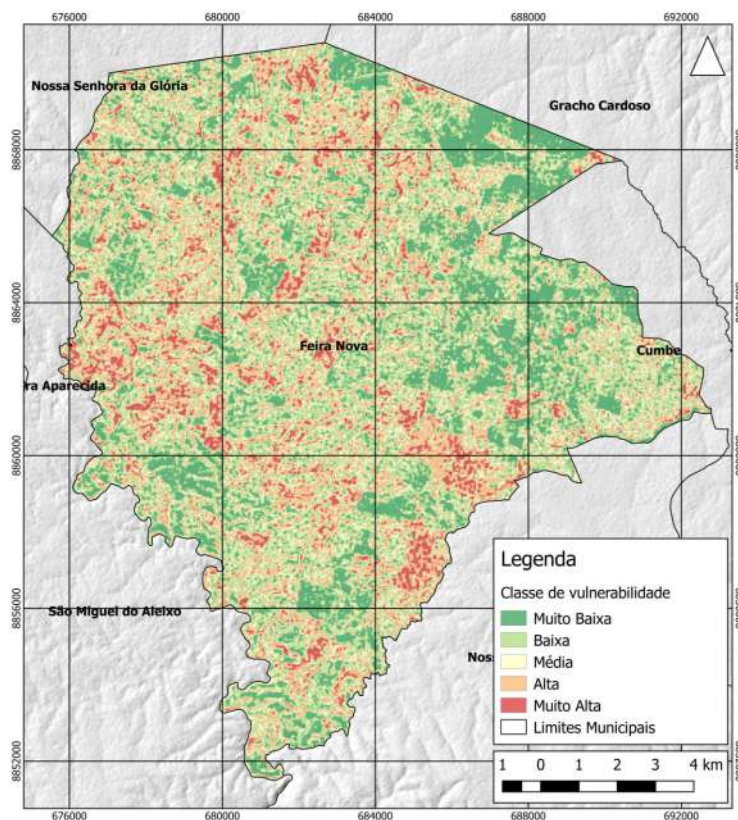
Fonte: Autoria própria.

Como resultado da aplicação da metodologia descrita, obteve-se a carta de vulnerabilidade dos solos aos processos erosivos apresentada na Figura 4. Pode-se observar predominância das classes de baixa e alta vulnerabilidade à erosão (29,89% e 22,88%, respectivamente), seguidos das classes média, muito baixa e muito alta (22,04%, 19,00% e 6,19%, respectivamente) – Tabela 2.

Tabela 2: Classes de vulnerabilidade dos solos no município de Feira Nova/SE.

Classe	Área (km ²)	%
Muito Baixa	34,81	19,00%
Baixa	54,77	29,89%
Média	40,39	22,04%
Alta	41,92	22,88%
Muito Alta	11,34	6,19%
TOTAL	183,23	

Figura 4: Vulnerabilidade ambiental do município de Feira Nova/SE.



Fonte: Autoria própria.

As áreas classificadas como de vulnerabilidade muito baixa e baixa (em verde-escuro e claro, respectivamente), estão localizadas nos setores do município que apresentam as melhores condições de cobertura dos solos, que atuam como proteção natural contra os efeitos erosivos da chuva. Além da cobertura vegetal, as características das vertentes apresentam grande influência na baixa suscetibilidade erosiva desses setores, onde predominam vertentes convexas/retilíneas. Diferem, contudo, pelas condições de cobertura dos solos, sendo que as áreas de muito baixa vulnerabilidade localizam-se, predominantemente, nos setores com vegetação densa.

As áreas de vulnerabilidade média (em amarelo), são caracterizadas por cobertura vegetal menos densa (cobertura aberta e de cultivos/pastagens), com predominância de vertentes retilíneas/côncavas, encontrando-se dispersas em todo o território municipal.

Os setores de vulnerabilidade alta (em laranja), encontram-se localizados em áreas caracterizadas pela ausência de vegetação, sob as diversas condições morfológicas



do terreno, ocorrendo de forma dispersa em todo o município, com predominância no setor central do município.

Por fim, os setores de vulnerabilidade muito alta (em vermelho), encontram-se, igualmente, associados às áreas desprovidas de cobertura vegetal, sob as mais variadas características de relevo, diferindo da classe anterior pela maior ocorrência em áreas de vertentes convergentes/retilíneas.

O que se observa da aplicação da metodologia, é o papel desempenhado pela cobertura vegetal nos valores de vulnerabilidade encontrados. No geral, os baixos graus de vulnerabilidade estão associados às áreas com melhores índices de cobertura vegetal, independentemente dos demais indicadores utilizados neste trabalho. Sendo constatados valores de vulnerabilidade variando de médio a muito alto mesmo em partes do território classificadas como relevos planos a suave-ondulados.

A declividade, apesar de sua importância como elemento atuante no condicionamento dos fluxos (influenciando na velocidade de infiltração e escoamento), não teve influência significativa na vulnerabilidade natural aos processos erosivos, demonstrando correlação negativa fraca com a vulnerabilidade aos processos erosivos. Isto deve-se, sobretudo, ao fato de que, as áreas de declives mais acentuados, estarem menos sujeitas às interferências antrópicas, possuindo, em decorrência disto, melhores índices de cobertura vegetal que atuam na proteção dos solos.

De igual modo, as curvaturas vertical e horizontal e a posição das vertentes não demonstraram relações significativas com os graus de vulnerabilidade dos solos à ocorrência dos processos erosivos, sendo obtidos altos valores de vulnerabilidade mesmo em vertentes com baixos valores de vulnerabilidade quanto à curvatura e exposição das vertentes, evidenciando, desse modo, a importância da cobertura vegetal na proteção dos solos.

Contudo, observamos que, no geral, as curvaturas de vertente, quando somadas às condições de cobertura vegetal menos densa, influenciaram nos graus de vulnerabilidade ambiental do município, diferenciando os setores de média a muito alta vulnerabilidade na seguinte ordem de importância relativa: Curvatura horizontal – reta < convergente; Curvatura vertical – retilínea < côncava.

A análise de correlação entre os indicadores, utilizados neste estudo, demonstrou forte influência do fator uso e ocupação dos solos na determinação dos valores de vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos, com coeficiente de



correlação de 0,739 (Tabela 3), evidenciando, desse modo, o papel da vegetação como proteção dos solos face aos processos erosivos.

Isso evidencia o papel das áreas vegetadas no ciclo hidrológico, atuando como barreiras naturais que provocam o retardamento da movimentação da água da chuva em direção aos rios, através do processo de interceptação, infiltração, absorção, transpiração e percolação, minimizando, desta forma, os efeitos erosivos, a lixiviação de nutrientes do solo e o assoreamento dos corpos d'água (LORENZON, et. al., 2013).

Tabela 3: Correlação entre os indicadores e os valores de vulnerabilidade.

	Vulnerabilidade	Curvatura Vertical	Declividade	Aspecto	Curvatura Horizontal	Uso e Ocupação
Vulnerabilidade	1.000000	-	-	-	-	-
Curvatura Vertical	-0.065088	1.000000	-	-	-	-
Declividade	-0.012300	0.008743	1.000000	-	-	-
Aspecto	-0.011138	-0.056436	-0.057311	1.000000	-	-
Curvatura Horizontal	-0.102536	0.302749	0.018868	-0.012678	1.000000	-
Uso e Ocupação	0.738967	0.282940	0.262015	0.207604	0.313236	1.000000

Para Sá et. al. (2010), no contexto das regiões semiáridas, as áreas de cobertura vegetal de caatinga, sejam,

... talvez, o mais importante dos fatores de controle do fenômeno da desertificação no espaço semiárido. Mesmo decídua, a caatinga não deixa de desempenhar o papel de protetor do solo contra as intempéries, diminuindo a sua degradação. Esta constatação afirma, categoricamente, que a principal causa da erosão, nessa região, é, sem dúvida, a devastação desenfreada da vegetação com os objetivos do atendimento de necessidades energéticas e do fornecimento de estacas para cercas e outros fins. Quando o desmatamento se faz a corte raso, com vista ao aproveitamento agropecuário, a terra tende a permanecer desprotegida por longos períodos de tempo, em decorrência da intinerância das explorações e, principalmente, da baixa capacidade de regeneração da vegetação nativa em determinados locais. p. 137

Os impactos decorrentes da retirada da cobertura vegetal são variados, acarretando desde o aumento da enxurrada, a diminuição da disponibilidade de água para a produção de fitomassa, o aumento do albedo da área e a temperatura do solo, o que propicia a oxidação da sua matéria orgânica e provoca a elevação da temperatura atmosférica, alterando os microclimas locais, além da retirada da proteção natural dos



solos às ações dos processos erosivos que arrastam as pequenas partículas (argila, silte e grânulos orgânicos), tornando-o menos fértil e com menor capacidade de armazenamento de água (SÁ, et. al. *idem*).

Assim, a conservação da cobertura dos solos é de fundamental importância à manutenção da qualidade ambiental e a minimização dos impactos ambientais decorrentes de má utilização dos solos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação da metodologia proposta neste trabalho, resultou na elaboração da carta de vulnerabilidade dos solos aos processos erosivos, podendo ser observado a predominância das classes de baixa e alta vulnerabilidade à erosão (29,89% e 22,88%, respectivamente), seguidos das classes média, muito baixa e muito alta (22,04%, 19,00% e 6,19%, respectivamente).

Observou-se que o fator uso e ocupação dos solos foi o principal indicador responsável pelos valores de vulnerabilidade ambiental encontrados, apresentando forte correlação positiva. As características do modelado não tiveram o mesmo grau de importância nas classes de vulnerabilidade observadas, ocorrendo valores classificados como muito baixo e baixo mesmo em áreas cujos indicadores morfológicos apresentavam alto potencial à ocorrência de processos erosivos.

Apesar de sua importância como elemento atuante no processo erosivo, a declividade não teve influência significativa na vulnerabilidade natural aos processos erosivos. Isto deve-se ao fato de que, no geral, as áreas de declives mais acentuados existentes no município, estarem menos sujeitas às interferências antrópicas, apresentando os melhores índices de cobertura vegetal que atuam na proteção dos solos.

Contudo, foi observado que as curvaturas de vertente diferenciam os setores de média a muito alta vulnerabilidade, quando somadas às condições de cobertura vegetal menos densa, na seguinte ordem de importância relativa: Curvatura horizontal – reta < convergente; Curvatura vertical – retilínea < côncava.

A metodologia apresentada, possibilitou a análise da suscetibilidade do município de Feira Nova/SE à ocorrência de processos erosivos, destacando o papel desempenhado pela cobertura vegetal na amenização dos impactos dos agentes intempéricos, atuando como agente protetor dos solos contra os mecanismos da erosão.



A aplicação da metodologia possibilita uma análise integrada dos problemas ambientais, de modo rápido e de pouco custo, devido sua praticidade (seja na obtenção dos dados utilizados, seja na possibilidade de realização de estudos comparativos de longo prazo), possibilitando identificar as áreas sujeitas às maiores pressões antrópicas e, conseqüentemente, que apresentam as maiores probabilidades de ocorrência de processos degradadores, permitindo um planejamento voltado à minimização dos impactos ambientais e à conservação dos solos.

REFERÊNCIAS

ACSELRAD, H. Vulnerabilidade ambiental, processos e relações. **Comunicação ao II Encontro Nacional de Produtores e Usuários de Informações Sociais, Econômicas e Territoriais**, FIBGE, Rio de Janeiro, 24/8/2006. 5p.

CARMO, M. do C.; SOUTO, V. S. S.; DUARTE, R. D.; MESQUITA, F. M.. Análise de Risco Ambiental à Erosão Gerada a partir de produtos de sensores remotos: MDE Topodata e Landsat 8. In: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR. **Anais...** João Pessoa – PB, Brasil, 2015. p. 5927-5934.

CARMO, A. M. do; SOUTO, M. V. S.; DUARTE, C. R.; LOPES, P. S.; SABADIA, J. A. B. Avaliação de susceptibilidade de risco à erosão, utilizando as variáveis morfométricas, para as serras da porção sul do maciço central do Ceará. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 68, n. 9, p. 1787-1804, 2016.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. Editora: Ícone Editora. 2017. 392p.

COSTA, F. H. dos S.; PETTA, R. A.; LIMA, R. F. de S.; MEDEIROS, C. N. de. Determinação da vulnerabilidade ambiental na bacia potiguar, região de Macau (RN), utilizando sistemas de informações geográficas. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 58, n. 2, 11.

DICIO – Dicionário online de Português. Disponível em: <<https://www.dicio.com.br/>>. Acesso em: 20, jun. 2021.

FERNANDES, M. R. de M.; MATRICARDI, E. A. T.; ALMEIDA, A. Q. de; FERNANDES, M. M. Mudanças do Uso e de Cobertura da Terra na Região Semiárida de Sergipe. **Floresta e Ambiente**, V. 22, n. 4. p. 472-482.
<http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.121514>

IBAMA. **Monitoramento do desmatamento nos biomas brasileiros por satélite. Monitoramento do bioma Caatinga – 2002 a 2008**. Brasília: MMA. 2010, 58f.

_____. **Monitoramento do desmatamento nos biomas brasileiros por satélite. Monitoramento do bioma Caatinga – 2008 a 2009**. Brasília: MMA. 2010b, 46f.

IBGE. **Censo Brasileiro de 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

JORDÃO, C. de O.; MORETTO, E. M. A vulnerabilidade ambiental e o planejamento territorial do cultivo de cana-de-açúcar. **Ambiente & Sociedade**. V. XVIII, n. 1, p. 81-98, 2015.



LORENZON, A. S.; DIAS, H. C. T.; LEITE, H. G.. Precipitação efetiva e interceptação da chuva em um fragmento florestal com diferentes estágios de regeneração. **Revista Árvore**, v.37, n.4, p.619-627, 2013.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Áreas Prioritárias para Conservação, Uso Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira**: Atualização – Portaria MMA nº 9, de 23 de janeiro de 2007. Brasília: MMA, 2007.

_____. **Subsídios para a Elaboração do Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Caatinga**. Brasília: MMA, 2011. 128p.

OLIVEIRA, F. F. G. de. **Aplicação das técnicas de geoprocessamento na análise dos impactos ambientais e na determinação da vulnerabilidade ambiental no litoral sul do Rio Grande do Norte**. 2011. 249 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geociências e Meio Ambiente, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2011.

OLIVEIRA, V. P. V. de; SOUZA, M. J. N. de. Estudos Integrados na Estruturação de Sistemas Ambientais e no Ordenamento Territorial. In: DENARDIN, V. F.; ALVES, A. R. (Editores). **Desenvolvimento Territorial: Olhar Contemporâneo**. Londrina: Editora Mecenaz, 2019.

SÁ, I. B.; CUNHA, T. J. F.; TEIXEIRA, A. H. de C.; ANGELOTTI, F.; DRUMOND, M. A. Processos de desertificação no Semiárido brasileiro. In: SA, Iêdo Bezerra; SILVA, Pedro Carlos Gama da. (Ed.). **Semiárido brasileiro**: pesquisa, desenvolvimento e inovação. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. pp. 127-158.

SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAÚJO, M. do S. B.; SAMPAIO, Y. S. B. Impactos ambientais da agricultura no processo de desertificação no Nordeste do Brasil. **Revista Geografia**. V. 22. p.90-112. Disponível em:

<<https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/228637/23060>>.

Acesso em: 11, set. 2020.

SANTOS, R. A. dos S.; MARTINS, A. A. M.; NEVES, J. P. da; LEAL, R. A. **Geologia e recursos minerais do Estado de Sergipe**. Escala 1:250.000. Texto explicativo do Mapa geológico do Estado de Sergipe. Brasília: CPRM/DIEDIG/DEPAT; CODISE, 2001.

SANTORO, J. Erosão Continental. In: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. do. (orgs.). **Desastres Naturais: Conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. p. 53-70.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **Inventário florestal nacional**: Sergipe: Principais resultados. Brasília, DF: MMA, 2017.

SEYFFARTH, J. A. S.; RODRIGUES, V. Impactos da seca sobre a biodiversidade da Caatinga. **Parcerias Estratégicas**. v. 22, n. 44, p. 41-62, 2017.

WEILL; M. de A. M.; PIRES NETO, A. G.. Erosão e Assoreamento. In: SANTOS, R. F. Dos. (Org). **Vulnerabilidade ambiental: Desastres naturais ou fenômenos induzidos?** Brasília: MMA, 2007. p. 39-60.

ZANELLA, M. E.; OLÍMPIO, J. L.; COSTA, M. C. L.; DANTAS, E., W. C. Vulnerabilidade Socioambiental do Baixo Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Cocó, Fortaleza-CE. **Soc. & Nat., Uberlândia**, V. 25, n. 2. p. 317-332, mai/ago/2013.