



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CAMPUS V – JOÃO PESSOA  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E SOCIAIS APLICADAS  
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

**JOEL DA COSTA BARROSO**

**AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE NATURAL À PERDA DE SOLO DO  
MUNICÍPIO DE CATOLÉ DO ROCHA - PB**

**JOÃO PESSOA  
2019**

JOEL DA COSTA BARROSO

**AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE NATURAL À PERDA DE SOLO DO  
MUNICÍPIO DE CATOLÉ DO ROCHA - PB**

Trabalho de Conclusão de Curso  
(Artigo) apresentado ao Curso de  
Graduação em Ciências Biológicas  
da Universidade Estadual da  
Paraíba- Campus V, como exigência  
para a obtenção do título de  
Bacharel em Ciências Biológicas

**Orientador:** Profa. Dra. Célia Cristina Clemente Machado

**JOÃO PESSOA  
2019**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

B277a Barroso, Joel da Costa.  
Avaliação da vulnerabilidade natural à perda de solo do município de Catolé do Rocha - PB [manuscrito] / Joel da Costa Barroso. - 2019.  
35 p. : il. colorido.  
Digitado.  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e Sociais Aplicadas , 2019.  
"Orientação : Profa. Dra. Célia Cristina Clemente Machado , Coordenação do Curso de Ciências Biológicas - CCBSA."  
1. Erosão. 2. Planejamento territorial. 3. Solo. I. Título  
21. ed. CDD 631.45

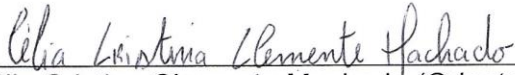
JOEL DA COSTA BARROSO


AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE NATURAL À PERDA DE SOLO DO MUNICÍPIO DE  
CATOLÉ DO ROCHA - PB


Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo)  
apresentado ao Curso de Graduação em  
Ciências Biológicas da Universidade Estadual  
da Paraíba- Campus V, como exigência para a  
obtenção do título de Bacharel em Ciências  
Biológicas

Aprovada em: 29/11/2019.

**BANCA EXAMINADORA**

  
\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Célia Cristina Clemente Machado (Orientadora)  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

  
\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Janaina Barbosa da Silva  
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Cleber Ibraim Salimon  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Ao meu Deus,  
DEDICO.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Mapa referente à localização da área de estudo.....	10
Figura 2 – Vegetação do tipo Formação savânica, município de Catolé do Rocha - PB .....	15
Figura 3 – Área de pastagem, município de Catolé do Rocha – PB.....	15
Figura 4 – Cultivar de capim-elefante ( <i>Pennisetum purpureum</i> ).....	16
Figura 5 - Área não vegetada, município de Catolé do Rocha – PB.....	16
Figura 6 - Mapa de geologia do município de Catolé do Rocha.....	19
Figura 7 - Mapa de solos do município de Catolé do Rocha.....	20
Figura 8 - Mapa da geomorfologia do município de Catolé do Rocha.....	21
Figura 9 - Mapa da intensidade pluviométrica do município de Catolé do Rocha.....	22
Figura 10 – Mapa do uso e cobertura da terra do município de Catolé do Rocha.....	25
Figura 11 – Mapa de vulnerabilidade à perda de solo do município de Catolé do Rocha...	27

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação da vulnerabilidade baseando-se na morfogênese/pedogênese...	11
Tabela 2 – Valores de PMA, NDC e IP calculados a partir das 15 estações.....	14
Tabela 3 – Avaliação do mapeamento segundo o índice Kappa e Tau.....	17
Tabela 4 – Mapa da geomorfologia do município de Catolé do Rocha.....	18
Tabela 5 – Matriz de confusão com o erro total de omissão e comissão.....	23

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO .....	7
2.	METODOLOGIA .....	9
2.1	AREA DE ESTUDO .....	9
2.2	METODOLOGIA.....	10
2.2.1	GEOLOGIA.....	11
2.2.2	GEOMORFOLOGIA.....	12
2.2.3	PEDOLOGIA.....	12
2.2.4	CLIMA.....	13
2.2.5	VEGETAÇÃO E USO DE TERRA.....	14
3.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	18
3.1	GEOLOGIA.....	18
3.2	PEDOLOGIA.....	19
3.3	GEOMORFOLOGIA.....	20
3.4	CLIMA.....	21
3.5	VEGETAÇÃO E USO DE TERRA.....	22
3.6	VULNERABILIDADE À PERDA DE SOLO.....	25
4.	CONCLUSÃO.....	27
5.	REFERÊNCIAS.....	27



## **AValiação DA VULNERABILIDADE NATURAL À PERDA DE SOLO DO MUNÍCIPIO DE CATOLÉ DO ROCHA - PB**

Joel da Costa Barroso<sup>1</sup>

### **RESUMO**

O solo é uma unidade básica da vida, essencial para a saúde e o bem-estar de muitos organismos, como exemplo, nós os seres humanos. A erosão é um processo natural que leva à perda de solo sendo este essencial para o equilíbrio dos ecossistemas. Por meio de ações antropogênicas este processo está acelerado, impactando de forma negativa toda fauna-flora que depende deste recurso natural. Dentro desse contexto, este estudo teve como objetivo avaliar a vulnerabilidade natural à perda de solo do município de Catolé de Rocha Estado Paraíba, visando fornecer uma base de dados para discussões acerca do planejamento territorial. Utilizando-se de algumas variáveis (geomorfologia, pedologia, geologia, vegetação e uso de terra, clima) foi obtido um mapa vulnerabilidade final caracterizado com três diferentes classes: Baixa, Média e Alta. 71,2% de toda área está enquadrada no grau de vulnerabilidade média seguida por 28,7% de alta e 0,01% de baixa. O tipo de vegetação predominante associado ao clima e à geomorfologia influenciou de forma significante no resultado final apresentado.

**Palavras-chave:** Erosão, Planejamento.

### **ABSTRACT**

Soil is a basic unit of life, essential for the health and well-being of many organisms, for example, us humans. Erosion is a natural process that leads to soil loss and is essential for ecosystems balance. Through anthropogenic actions this process is accelerated, negatively impacting all fauna-flora that depends on this natural resource. Within this context, this study aimed to evaluate the natural vulnerability to soil loss in the municipality of Catolé de Rocha in Paraíba State (Brazil), aiming to provide a database for discussions about territorial planning. Using some variables (geomorphology, pedology, geology, vegetation and land use, climate) a final vulnerability map with three different classes was obtained: Low, Medium and High. 71.2% of the entire area falls under the average degree of vulnerability followed by 28.7% high and 0.01% low. The predominant vegetation type associated with climate and geomorphology significantly influenced the final result presented.

**Keywords:** Erosion, Planning.

### **1. INTRODUÇÃO**

O crescimento populacional, associado à intensa exploração dos recursos naturais, levou ao desequilíbrio dos ecossistemas, que até então se apresentavam estáveis (Ross, 1994; Pereira et al., 2011; Mourão e Santos, 2014). De acordo com o quinto relatório de avaliação do Painel Intergovernamental sobre Alterações

Climáticas – IPCC/ONU (IPCC, 2014), a população mundial vai crescer continuamente até 2050 resultando no aumento das demandas industriais e urbanas e, conseqüentemente, em degradação e poluição ambiental. Sanchez (2013) caracteriza a degradação ambiental, por exemplo, como mudanças negativas nas funções, processos e componentes ambientais ocorrendo em diversos tipos de ambiente, mas é importante ressaltar que alguns deles podem ser mais vulneráveis a certos tipos de degradação (Santos, 2004). Com isto, este cenário está provocando o declínio quanti-qualitativo dos recursos naturais essenciais, sendo o solo um dos mais afetados (Pinheiro, 2015).

Os solos das regiões ocupadas pelos seres humanos estão se perdendo rapidamente devido ao seu uso desordenado e conseqüentes processos erosivos. Sendo considerado um recurso natural não renovável, o solo deve ser cercado de toda a proteção e cuidado que tal condição exige. A erosão é um processo que acontece naturalmente e é fundamental para o equilíbrio dos ambientes, mas devido à práticas intensivas de manejo das terras em atividades como agricultura, pecuária e queimadas, os solos perdem volume e propriedades orgânicas e mineralógicas, diminuindo a sua capacidade de abrigar e sustentar a considerável diversidade fauna-florística que dele depende (Nobre, 2009; Sanches, 2013). Os processos erosivos podem causar a perda de matéria orgânica e a lixiviação de partículas necessárias na fertilidade do solo, conseqüentemente causando danos ambientais e econômicos (Santos et al., 2010).

Os estudos que abordam a relação entre a sociedade e o ambiente não só devem se preocupar em identificar os problemas ambientais causados ou como consertá-los, mas em identificar o nível de fragilidade dos ambientes à ação do homem (Lima & Martinelli, 2008). Nesse contexto, avaliar a vulnerabilidade natural à perda de solo possibilita analisar o nível de fragilidade de um determinado ambiente à ação antrópica, considerando fatores como a geologia, geomorfologia, vegetação, clima e solos (Tagliani, 2003; Grigio, 2004, 2008). Muitos trabalhos têm sido realizados visando contribuir para a adequação do uso e planejamento racional dos recursos naturais, nomeadamente do solo, em nível municipal (Rodrigues et al., 2001; Palmeira, 2004; Pereira, 2019). Os mapas de aptidão e vulnerabilidade gerados contribuem para o planejamento do uso das terras e para obtenção de rendimentos economicamente e ambientalmente sustentáveis.

As análises de vulnerabilidade de Rovani et al. (2015), Rovani e Viera (2016) e Trevisan et al. (2018) enfatizam a importância da elaboração de um planejamento territorial para municípios, não só pelo benefício econômico, mas como um meio de preservar o meio ambiente. Com isso, os estudos voltados às questões ambientais se mostram cada vez mais relevantes para a elaboração de planejamento do uso territorial, tendo em vista a influência que as atividades humanas podem exercer sobre os processos pedogênicos - formadores de solo, e morfogênicos – erosivos, seja de forma direta ou indireta através de mudanças em longo prazo na vegetação e uso de cobertura do solo (Paul Adderley et al., 2018). O município de Catolé do Rocha está inserido na região semiárida da Paraíba, na depressão Sertaneja, caracterizada por uma estação seca prolongada devido ao deslocamento no inverno das áreas de alta pressão para esta região que dispersam os ventos e dificulta a chegada de umidade e à disposição do relevo que barra os ventos úmidos vindos do oceano. Além disso, o sub-afloramento de rochas impermeáveis não deixa a água acumular no solo para posteriormente fornecer umidade ao sistema. Essas particularidades climáticas do sertão paraibano contribuem para o tipo de solo frequente na região: neossolo pouco intemperizado com menos de 20 cm de

espessura, rico em minerais primários e com baixa capacidade de retenção de água. Além desses condicionamentos edafoclimáticos, o sertão paraibano vem sofrendo a atuação predatória do homem, com práticas de desmatamentos, queimadas e outros manejos inadequados que vêm diminuindo a cobertura vegetal, assoreando e poluindo as drenagens e colocando em risco a flora e fauna silvestre, assim como, a permanência da população na zona rural. Por esse motivo, essa é uma região necessita de um manejo de terras adequado e um planejamento ambiental correto.

Esse trabalho tem como objetivo a elaboração de um mapa de vulnerabilidade à perda de solo do município de Catolé do Rocha, localizado na região oeste do estado da Paraíba, visando fornecer uma base de dados para o planejamento do uso territorial e desenvolvimento de políticas de proteção ambiental.

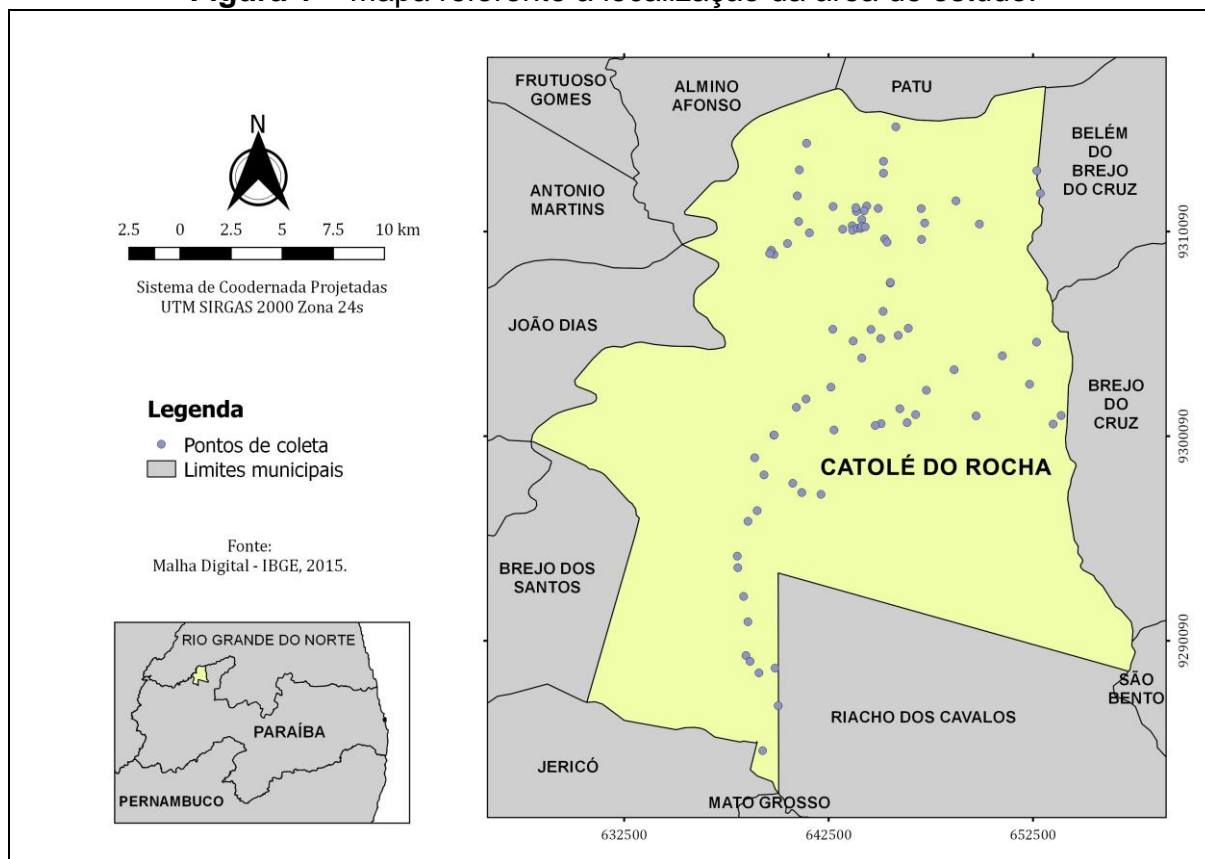
## **2. METODOLOGIA**

### **2.1 ÁREA DE ESTUDO**

A área de estudo abrange o município de Catolé do Rocha (Figura 1) que está localizado na região oeste do estado da Paraíba, dentro da mesorregião do Sertão Paraibano e microrregião Catolé do Rocha, com um total de 552,112 km<sup>2</sup> (IBGE, 2018). Ela está inserida no Polígono das Secas, região com extrema irregularidade de chuvas cuja pluviometria média é de 849,1 sendo a maior parte concentrada em apenas 4 meses (78%), de Fevereiro a Maio (Alvares et al., 2013). Pela classificação de Koppen, o clima do município é do tipo As, clima tropical de savana com estação seca bem pronunciada de verão e temperaturas médias mensais acima de 18 °C (Alvares et al., 2013). Quanto a sua topografia predomina o relevo ondulado à suavemente ondulado. A vegetação do município é do tipo Caatinga.

O município apresenta uma população estimada em 30.433 de habitantes com a densidade demográfica de 52,09 habitantes por km<sup>2</sup>. As atividades com maior valor adicionado bruto são a administração, defesa, educação e saúde pública e seguridade social. Um total de 2,3% das vias públicas são urbanizadas sendo 91,8% dos domicílios urbanos arborizados. (IBGE, 2018)

**Figura 1 – Mapa referente à localização da área de estudo.**



Fonte: O autor

## 2.2 METODOLOGIA

A metodologia abordada para o trabalho foi formulada pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), em convênio com a Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República (Crepani et al., 2001) e foi criada para capacitar técnicos dos Estados da Amazônia Legal na elaboração da primeira fase do Zoneamento Ecológico – Econômico dessa região através da criação de cartas de vulnerabilidade natural à perda de solo. Esta metodologia foi desenvolvida com base no conceito da ecodinâmica de Tricart (1977) e na reanálise de dados temáticos preexistentes, adaptados e melhorados através do uso de imagens de satélites (Crepani et al., 2001).

Em acordo com a metodologia, inicialmente foi realizada coleta das informações temáticas disponíveis (dados geológicos, geomorfológicos, pedológicos e de cobertura vegetal e uso da terra) e geradas as curvas de intensidade pluviométrica, definindo Planos de Informação (PI) temáticos georreferenciados (PI Geologia, PI Geomorfologia, PI Pedologia, PI Vegetação e Uso e PI Intensidade Pluviométrica). A cada uma das classes de cada um dos PI temáticos foram atribuídos valores de vulnerabilidade à perda de solo, definidos de forma empírica e relativa por Crepani et al. (2001) e Florenzano (2008). Em seguida foi realizada uma interseção vetorial dos PI's a partir do banco de dados que continha informações sobre meio físico e de uso da terra elaborando assim uma carta de vulnerabilidade natural à perda de solo de Catolé do Rocha, que indica se processos de morfogênese ou processos de pedogênese prevalecem no meio.

Para análise morfodinâmica de Tricart (1977), a morfogênese é o conjunto de processos erosivos responsáveis pela modificação do relevo, em contrapartida, a pedogênese está relacionada aos processos formadores de solo. A escala de vulnerabilidade à perda de solo apresenta 21 classes distribuídas entre as situações onde há predomínio da pedogênese (valores próximos a 1,0 – meio estável), passando por situações intermediárias (valores próximos a 2,0) e situações de predomínio dos processos de morfogênese (valores próximos a 3,0 – meio instável) (Tabela 1) (Costa Neto, 2010).

Este modelo é aplicado para cada um dos temas (Geologia, Geomorfologia, Solos, Vegetação e Clima), sendo realizada uma média aritmética dos valores individuais de acordo com a equação 1 (Crepani et al., 2001), resultando num mapeamento do município com várias unidades definidas dentro da escala de vulnerabilidade natural à perda de solo:

$$V = \frac{(G + R + S + Vg + C)}{5} \quad (1)$$

Sendo,

- V = vulnerabilidade
- G = vulnerabilidade para a Geologia
- R = vulnerabilidade para a Geomorfologia
- S = vulnerabilidade para Solos
- Vg = vulnerabilidade para a Vegetação
- C = vulnerabilidade para o Clima

**Tabela 1** – Classificação da vulnerabilidade baseando-se na morfogênese/pedogênese

<b>Classificação</b>	<b>Quanto aos processos da morfogênese/pedogênese</b>	<b>Valor</b>
<b>Estável</b>	Pedogênese prevalece	1,0
<b>Intermediária</b>	Morfogênese/Pedogênese em equilíbrio	2,0
<b>Instável</b>	Morfogênese prevalece	3,0

Fonte: Crepani et al 2001

### 2.2.1 GEOLOGIA

O entendimento da geologia do local é de importância para análise da vulnerabilidade natural, tendo em vista que o grau de coesão das rochas interfere diretamente na ação da morfogênese e da pedogênese. Em rochas mais coesas os processos de formação do solo e intemperismo prevalecem já nas rochas menos coesas os processos erosivos podem ser dominantes (Crepani et al., 2001).

Os dados geológicos foram obtidos através do banco de dados fornecido pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM), tendo sido utilizada a folha de Sousa (SB.24-Z-A, escala 1:250.000).

### 2.2.2 GEOMORFOLOGIA

Para a determinação dos valores de vulnerabilidade em relação à geomorfologia foram avaliados os índices morfométricos: declividade, amplitude altimétrica e dissecação do relevo pela drenagem. Os mesmos foram obtidos com base no Modelo Digital de Elevação (MDE) da Missão de Topografia Radar Shuttle (acrônimo em inglês SRTM) de 1 Segundo de Arco (resolução espacial de 30 m), produto 07S38W\_1arc\_v3. Optou-se pelo produto de 30 m de resolução espacial uma vez que o mapa de uso e cobertura do solo a ser utilizado, foi gerado com imagens do sensor OLI, satélite Landsat 8 de 30 m também e, portanto, de forma a não gerar incongruências de escalas entre os planos de informação.

Para o cálculo da amplitude altimétrica e da dissecação do relevo realizou-se uma extração automática de drenagem e isolamento das microbacias do município utilizando o MDE. Extraíram-se todas as drenagens com valor de fluxo acumulado superior a 1000, um valor adequado para a resolução do MDE. A partir deste também foi possível a delimitação das microbacias hidrográficas através de ferramentas de geoprocessamento e utilizando o valor 10.000 de fluxo acumulado. Para as microbacias periféricas de menor tamanho, utilizou-se o valor 5.000 de fluxo acumulado. No total foram isoladas 20 microbacias.

A amplitude altimétrica corresponde à diferença altimétrica entre a altitude da desembocadura e a altitude do ponto mais alto situado em qualquer lugar da divisória topográfica e foi calculada a partir da Equação 2.

$$H_m = P_1 - P_2 \quad (2)$$

Em que,  $H_m$  representa a amplitude altimétrica da bacia,  $P_1$  é o ponto mais alto e  $P_2$  o ponto mais baixo da microbacia hidrográfica.

De acordo com Crepani et al. (2001), para o critério de dissecação pela drenagem, pode ser levado em consideração a amplitude dos interflúvios ou a densidade de drenagem que é inversamente proporcional. Neste estudo, procedeu-se ao cálculo da densidade drenagem e a atribuição dos valores de vulnerabilidade foram baseados em Florenzano (2008). A densidade de drenagem foi inicialmente definida por Horton (1945) apud Christofolletti (1980), podendo ser calculada pela Equação 3.

$$D_d = \frac{L_t}{A} \quad (3)$$

Onde  $D_d$  representa a densidade de drenagem ( $\text{km}/\text{km}^2$ ) e  $L_t$  o comprimento total dos canais em km e  $A$  é a área de drenagem ( $\text{km}^2$ ).

### 2.2.3 PEDOLOGIA

Para a análise pedológica do município de Catolé foram utilizados dados vetoriais provenientes do mapa de solos do Estado da Paraíba (PERH-PB, 2006), disponibilizado pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA). Todos os dados vetorizados foram obtidos através de um levantamento exploratório, com o mapa na escala de 1:500.000 (Brasil, 1972). Os dados foram atualizados de acordo com a nomenclatura prevista pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos para as classes do 2º nível categórico (EMBRAPA, 2018).

#### 2.2.4 CLIMA

O clima é o agente fundamental da denudação, especialmente pelo processo de intemperismo que a chuva provoca sobre as rochas e sobre o solo removendo-as através da erosão (Crepani et al., 2001). Entender o clima é de grande importância na compreensão dos processos erosivos, principalmente quando falamos da irregularidade e variabilidade das chuvas (Silva et al., 2007). Dentre as principais características físicas das chuvas relacionadas aos processos erosivos, pode-se citar: a distribuição, a pluviosidade total e a intensidade pluviométrica, sendo a principal a intensidade pluviométrica pela sua influência sobre os processos erosivos (Crepani et al., 2001).

Todos os dados pluviométricos foram obtidos através do portal HidroWeb, uma ferramenta integrante do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) que abriga um extenso banco de dados fornecidos pela Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN). Os dados utilizados no trabalho correspondem a um total de 15 estações como mostra a Tabela 2, que incluem pontos em Catolé do Rocha e municípios vizinhos. Os dados de pluviosidade anual e intensidade pluviométrica foram tratados em uma planilha projetada pelo programa Microsoft Excel e correspondem aos últimos 20 anos. A partir dos dados pluviométricos, calculou-se a precipitação total de cada mês e posteriormente a precipitação anual média. Contabilizaram-se os dias de chuva de cada mês e dividiu-se por 30. Isto foi realizado para cada ano, através da média aritmética para o intervalo de 30 anos e calculada a intensidade pluviométrica, através da seguinte equação:

$$\text{Intensidade Pluviométrica} = \frac{\text{Precipitação Média Anual}}{\text{Número de Dias com Chuva}/30} \quad (4)$$

**Tabela 2** – Valores de PMA = Precipitação média anual (mm), NDC = Número de dias com chuva (dias), IP = Intensidade pluviométrica (mm/mês) calculados a partir das 15 estações, baseando-se em Crepani et al. (2001).

Cidade	PMA (mm)	NDC (dias)	IP (mm)	Vulnerabilidade	Estação
Catolé do Rocha	939,00	1,84	509,96	2,9	00637030
Catolé do Rocha	914,73	2,13	429,77	2,6	00637031
Catolé do Rocha	886,92	2,2	403,76	2,5	00637032
Catolé do Rocha	812,77	2,07	393,28	2,4	00637033
Brejo do Cruz	686,04	1,00	671,13	3,0	00637034
Jericó	779,60	1,41	554,22	3,0	00637035
Jericó	736,84	1,72	427,5	2,6	00637036
São Bento	767,09	1,27	605,6	3,0	00637037
Riacho dos Cavalos	763,41	1,40	547,16	3,0	00637038
Belém Brejo do Cruz	734,00	1,03	709,92	3,0	00637039
Patú	993,61	2,00	587,82	3,0	00637040
Patú	838,31	2,07	404,39	2,5	00637041
João Dias	904,31	2,00	577,94	3,0	00637042
Antonio Martins	742,23	2,00	493,77	2,8	00637043
Almino Afonso	931,44	1,90	489,42	2,8	00637044

Fonte: HidroWeb, os dados correspondem a 20 anos de avaliação

## 2.2.5 VEGETAÇÃO E USO DA TERRA

A vegetação, mais especificamente, o uso e cobertura do solo, desempenha um papel fundamental no controle da erosão, sendo um dos componentes necessários para a conservação dos solos (Frota, 2013).

Este plano de informação foi gerado a partir dos dados do MAPBIOMAS, uma iniciativa multi-institucional envolvendo universidades, ONGs e empresas de tecnologia que se uniram para contribuir com o entendimento das transformações do território a partir do mapeamento anual do uso e cobertura do solo. Os dados foram obtidos pelo uso de imagens espectrais do sensor OLI, satélite Landsat 8, com 30 m de resolução.

O mapeamento do MAPBIOMAS foi aferido através da coleta de 85 pontos de campo com aparelho GPS (GPSMAP 76CSX) e análise do tipo de uso e cobertura vegetal presente no local, levando em consideração a sua principal fitofisionomia. Os pontos obtidos através da coleta de campo correspondem às áreas com aproximadamente 30m de comprimento e 30m de largura, tamanho mínimo requerido pelo satélite utilizado. As coordenadas X e Y foram plotadas em uma planilha no excel e posteriormente classificadas de acordo com a cobertura vegetal observada em campo. Após plotagem dos pontos, verificou-se que a amostragem foi ampla e representativa.

Foram identificadas 7 classes diferentes de uso e cobertura, cujas características se descrevem a seguir:

1. Formação florestal: tipos de vegetação de grande porte com predomínio de dossel contínuo. Ocorrem principalmente junto à drenagem (matas ciliares) e nas encostas úmidas ao sul de morros e morrotes.



2. Formação savânica: tipos de vegetação com predomínio de espécies de dossel semi-contínuo. Formação de um estrato herbáceo contínuo em associação com um estrato arbustivo-arbóreo descontínuo. Vegetação secundária em vários estágios de regeneração.

**Figura 2** - Vegetação do tipo Formação savânica, município de Catolé do Rocha - PB



**Fonte:** O autor

3. Pastagem: áreas de pastagens, naturais ou plantadas, vinculadas a atividade agropecuária. Por vezes apresentava solo exposto em áreas de sobrepastejo. Áreas com espécies de herbáceas e arbustos, quase sempre gramíneas com valor forrageiro.

**Figura 3** - Área de pastagem, município de Catolé do Rocha – PB



**Fonte:** O autor

4. corpos d'água: cursos de água e canais (rios, riachos, canais e outros corpos de água lineares), corpos d'água naturalmente fechados, sem movimento (lagos naturais regulados) e reservatórios artificiais (represamentos artificiais).
5. Infraestrutura urbana: zona urbana e outras áreas de uso intensivo, estruturadas por edificações e sistema viário.
6. Mosaico de agricultura e pastagem: mescla de culturas agrícolas e pastagem. Áreas onde a escala não possibilita a diferenciação entre ambos.

**Figura 4** – Cultivar de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*), município de Catolé do Rocha - PB



**Fonte:** O autor

7. Outras áreas não vegetadas: áreas de superfícies não permeáveis (infra-estrutura, expansão urbana ou mineração) não mapeadas em suas classes.

**Figura 5** – Área não vegetada, município de Catolé do Rocha - PB



**Fonte:** O autor

Com o objetivo de verificar a acurácia e a qualidade do mapeamento calcularam-se os índices Kappa e Tau. O índice Kappa é uma medida estatística que ajusta o efeito do acaso na proporção de concordância observada. Esse índice é largamente utilizado para avaliar a qualidade dos mapeamentos (Sá et al., 2010; Nunes e Roig., 2015; Queiroz et al., 2017; Chelotti, 2017), por se tratar de uma metodologia mais robusta que o simples cálculo de porcentagem de concordância.

O índice Tau baseia-se na probabilidade *a priori* (Klecka, 1980), ou seja, a concordância esperada pode ser obtida antes de elaborar a matriz de confusão. Para ambos, foi criada uma tabela de validação cruzada onde se registraram os acertos e os erros de omissão e comissão entre os dados obtidos em campo e os do mapeamento.

Os índices Kappa e Tau foram obtidos pelas seguintes equações:

$$\hat{K} = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} + x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} + x_{+i})} \quad (5)$$

Em que, K = Índice de concordância Kappa; r = número de linhas na matriz; x<sub>ii</sub> = número de observações na linha [i] e coluna [i]; x<sub>i+</sub> + x<sub>+i</sub> = totais marginais da linha [i] e coluna [i], respectivamente; e N = número total de observações.

O coeficiente Tau (T) pode ser calculado como segue:

$$T = \frac{P_0 - P_r}{1 - P_r} \quad (6)$$

Em que: P<sub>0</sub> = concordância real; P<sub>r</sub> = concordância aleatória, expressos dessa forma:

$$P_0 = \frac{\sum_{i=1}^c x_{ii}}{n} \quad (7)$$

e

$$P_r = \sum_{i=1}^c P_{i+} P_{+i} = \frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^c x_{i+} x_{+i} \quad (8)$$

Em que: P<sub>i+</sub> = (x<sub>i+</sub> / n) a distribuição marginal dos dados de referência; P<sub>+i</sub> = (x<sub>+i</sub> / n) as probabilidades a priori para cada classe.

Conforme Landis e Koch (1977), a qualidade do mapeamento a partir do índice de Kappa é baseada na Tabela 3. O mesmo é válido para o índice Tau (Figueiredo e Vieira, 2007).

**Tabela 3** – Avaliação do mapeamento segundo o índice Kappa e Tau.

Qualidade do mapeamento	K e T
Péssima	< 0,00
Ruim	0,00 - 0,20
Razoável	0,21 - 0,40
Moderada a boa	0,41 - 0,60
Muito boa	0,61 - 0,80
Excelente	0,81 - 1,00

Fonte: Adaptado de Landis e Koch (1977)

Para a vulnerabilidade à perda do solo foi adotada a classificação demonstrada na Tabela 4.

**Tabela 4** – Categorias e níveis de vulnerabilidade baseando-se nos processos de morfogênese e pedogênese

<b>Categorias de Vulnerabilidade</b>	<b>Nível de vulnerabilidade</b>
<b>Baixa</b>	1,0 - 1,7
<b>Média</b>	1,8 - 2,2
<b>Alta</b>	2,3 - 3,0

Fonte: Crepani et al. (2001), adaptado pelo autor.

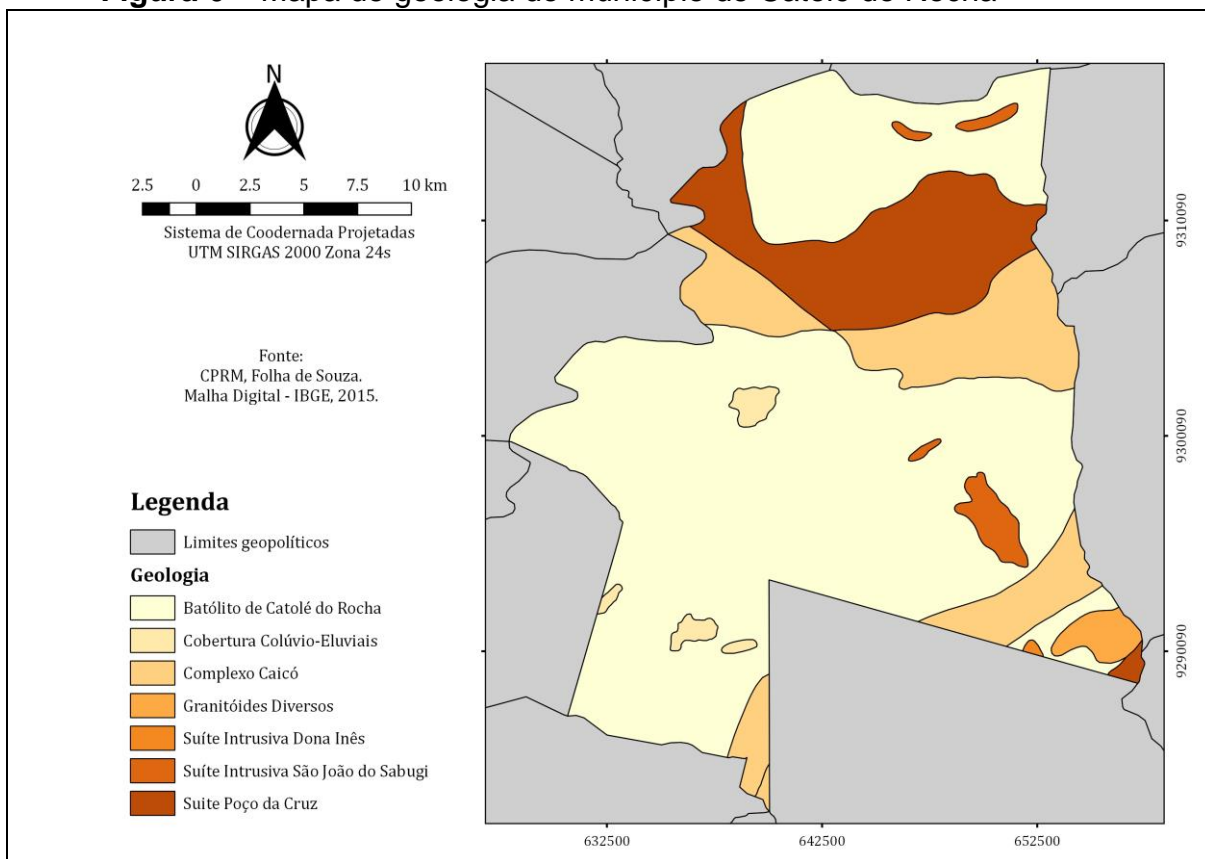
### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 GEOLOGIA

Foram identificadas 7 unidades geológicas no município de Catolé do Rocha sendo estas o Batólito de Catolé do Rocha (68,3%), Cobertura Colúvio-Eluviais (1,1%), Complexo de Caicó (14,2%), Granitóides Diversos (1,2%), Suíte Intrusiva Dona Inês (0,1%), Suíte Intrusiva São João do Sabugi (1,7%), Suíte Poço da Cruz (12,8%).

A principal unidade geológica é o Batólito de Catolé do Rocha que apresenta um baixo nível de vulnerabilidade, ou seja, uma maior estabilidade por ser constituído basicamente por granitos e semelhantes. No geral, grande parte das unidades geológicas apresenta um grau de vulnerabilidade baixa, tendo apenas a Cobertura Colúvio-Eluviais como região de alta vulnerabilidade. A Cobertura Colúvio-Eluviais apresentou o grau de vulnerabilidade alta, devido a sua característica geológica coluvial, com sedimentos argilosos avermelhados (CPRM, 2008). Não foram registrados locais com vulnerabilidade média.

**Figura 6 – Mapa de geologia do município de Catolé do Rocha**



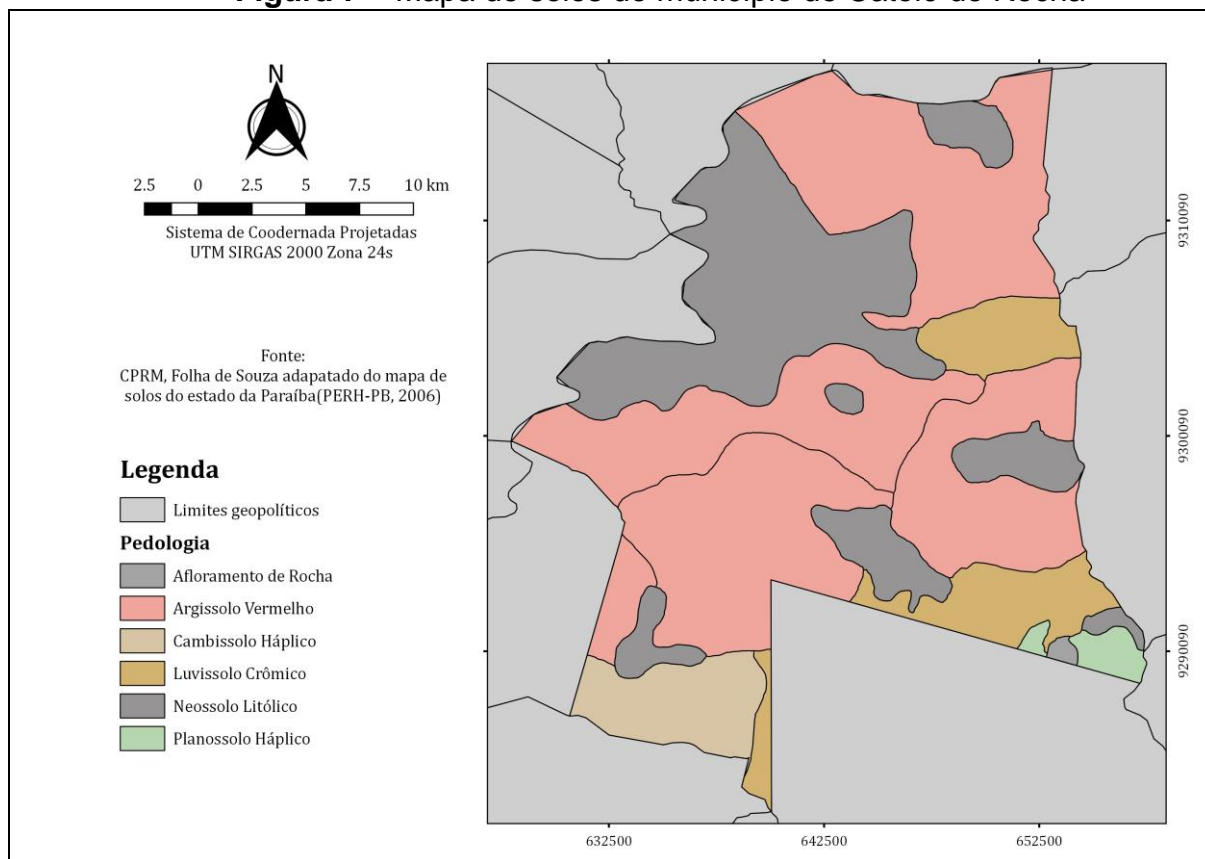
Fonte: O autor

### 3.2 PEDOLOGIA

Os solos são afetados pela erosão de forma diferenciada, características específicas como a textura, permeabilidade e estrutura influenciam de forma distinta no processo erosivo (Bertoni e Neto, 2012). Para o município de Catolé do Rocha foram observados seis tipos de solos, sendo estes classificados de acordo com o grau de vulnerabilidade da seguinte forma: vulnerabilidade média para a classe dos Argissolos (55,2%), Luvisolos (9,5%) e Planossolos (1,3%) e vulnerabilidade alta para os Neossolos (27,7%), Cambissolos (5,7%) e Afloramento de Rocha (0,2%).

A maior parte das classes de solos observada enquadra-se no grau de vulnerabilidade média como o Argissolo que apesar de sua boa agregação de partículas e estruturação, são solos relativamente instáveis principalmente quando ocorrem em descontinuidades em sua textura (Cunha e Guerra, 2003). Dentre aqueles categorizados como vulneráveis estão os Neossolos e Cambissolos, esses solos encontram-se nessa classificação por serem jovens e de pouco desenvolvimento onde sua principal característica é a pequena evolução dos perfis de solo. (Crepani et al., 2001).

**Figura 7 – Mapa de solos do município de Catolé do Rocha**



Fonte: O autor

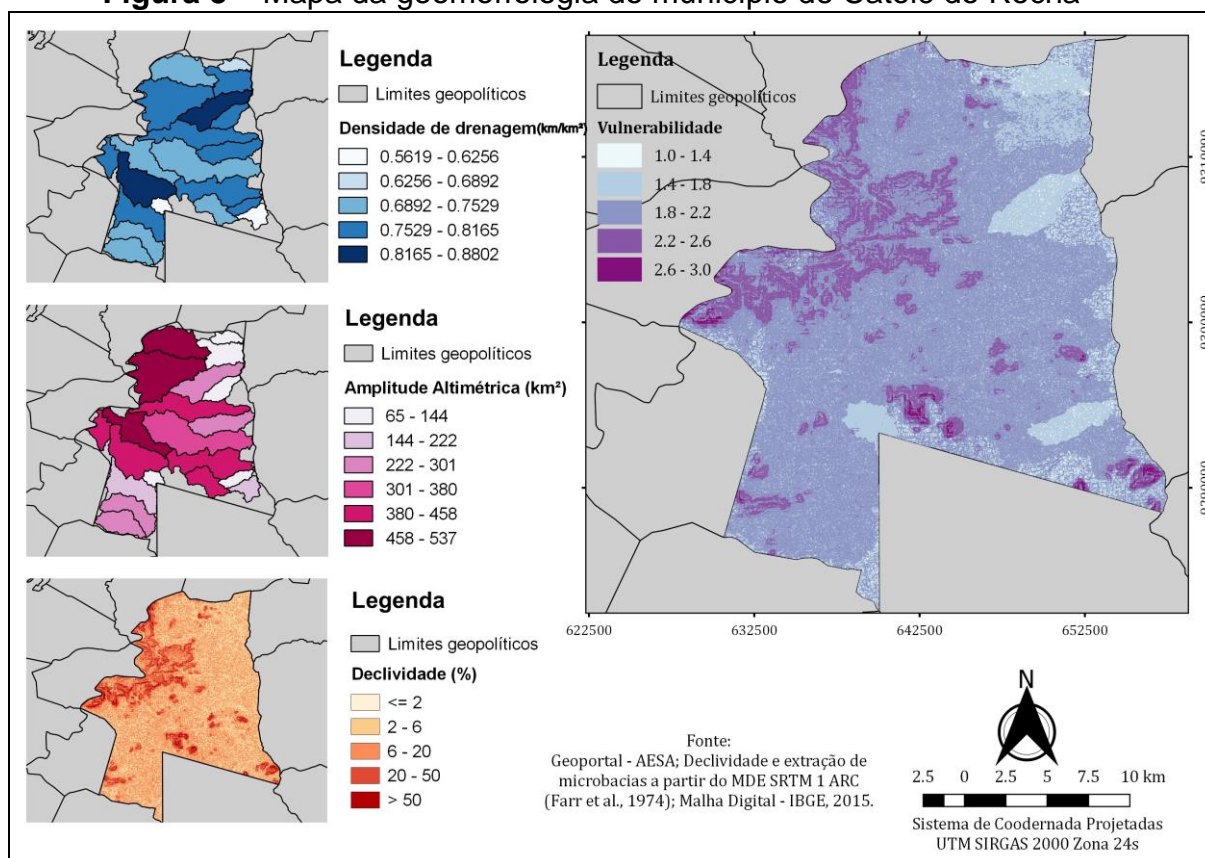
### 3.3 GEOMORFOLOGIA

O plano de informação da geomorfologia obtido através dos índices morfométricos do terreno mostra que grande parte do município apresenta um grau de vulnerabilidade média (80,5%). É certo que os gestores públicos devem atentar-se para as características geomorfológicas no intuito de elaborar um planejamento de ocupação territorial coerente, tendo em vista que estas áreas podem representar riscos para ocupação humana (Ceconi et al., 2018).

Para Paranhas et al. (2003) a declividade é um fator que pode influenciar de forma significativa à intensidade de erosão de uma determinada área, isto pode ser observado através do final do plano da geomorfologia, pois as áreas de alta vulnerabilidade correspondem a locais com declividade elevadas, ou seja, os processos de morfogênese prevalecem devido a velocidade das massas de água e sua capacidade de transporte sobre o relevo (Crepani et al., 2001).

A elevada amplitude altimétrica das microbacias do município contribuiu para seu considerável nível de vulnerabilidade, uma vez que as águas provenientes das chuvas que atingem os pontos mais altos ganham maior energia cinética a medida que se deslocam para regiões mais baixas apresentando um maior potencial erosivo (Crepani et al., 2001).

**Figura 8 – Mapa da geomorfologia do município de Catolé do Rocha**



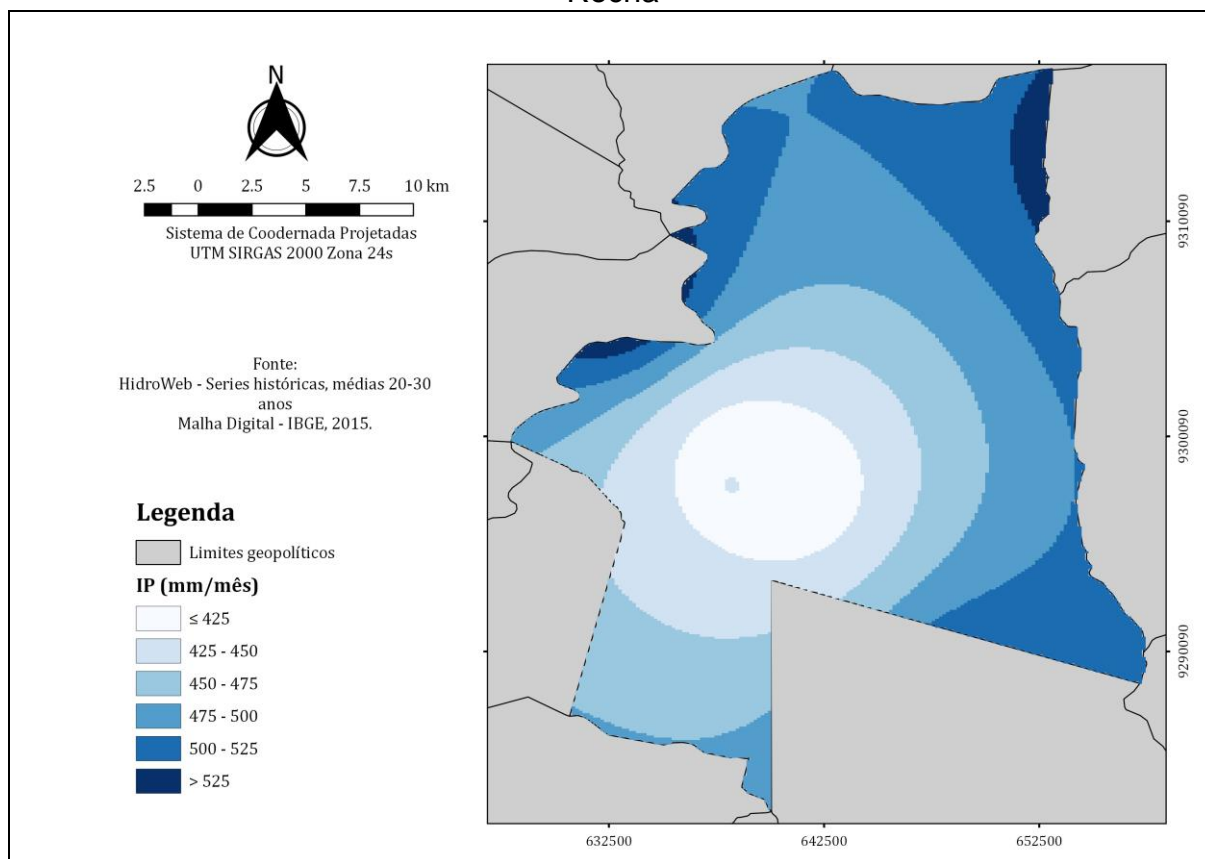
Fonte: O autor

### 3.4 CLIMA

Para o plano de informação do clima, o município apresentou um alto grau de vulnerabilidade (100%) não sendo registradas áreas de baixa vulnerabilidade e nem de média. As chuvas não são bem distribuídas ao longo do período chuvoso, ocasionando assim um impacto maior sobre o terreno. Vale salientar que quanto maior for a intensidade pluviométrica maior será a erosividade da chuva (Crepani et al., 2001).

Uma análise harmônica no município de Catolé do Rocha para um total de 75 anos de observações, que corresponde ao período 1991/1995, mostra que as maiores médias de chuvas estão concentradas entre os meses de março e abril (Andrade et al., 2006). Esses meses necessitam de uma atenção maior por parte dos gestores devido à influência que a precipitação pode exercer sobre a perda de solo.

**Figura 9** – Mapa da intensidade pluviométrica do município de Catolé do Rocha



Fonte: O autor

### 3.5 VEGETAÇÃO E USO DE TERRA

A Tabela 5 mostra os resultados dos erros de comissão e omissão através da matriz de confusão, especificando também os valores dos índices Kappa e Tau. Com base na Tabela 3, os valores de Kappa e Tau qualifica o mapeamento como bom.



**Tabela 5** - Matriz de confusão com o erro total de omissão e comissão.

		MAPEAMENTO					Total	Erro de comissão
		Água	Pastagem	Formação Savânica	Mosaico de agricultura e Pastagem	Outras áreas não vegetadas		
Dados de Campo	Água	10	0	0	0	0	<b>10</b>	0
	Pastagem	0	26	5	1	0	<b>32</b>	0,1875
	Formação Savânica	0	5	22	5	0	<b>32</b>	0,3125
	Mosaico de agricultura e Pastagem	0	2	1	1	0	<b>4</b>	0,75
	Outras áreas não vegetadas	0	4	1	0	0	<b>5</b>	1
	<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>37</b>	<b>29</b>	<b>7</b>	<b>0</b>	<b>83</b>	
<b>Erro de omissão</b>	0	0,297297297	0,24137931	0,857142857	0		0,289157	
		<b>K = 057</b>			<b>T = 0,63</b>			

Fonte: O autor

No plano de informação vegetação, cerca de (86,3%) da área apresenta grau de vulnerabilidade alta e apenas (13,3%) vulnerabilidade baixa. A formação florestal em termos de área é a terceira maior ocupação do município, atrás da área de pastagem que corresponde (14,8%) e da formação savânica (61,3%). Para as localidades inclusas nessa região a vegetação desempenha um papel importante na conservação dos solos, pois a mesma influencia estreitamente a erosividade das chuvas através do controle do fluxo de água no solo e do escoamento superficial (Freitas et al, 2012; Frota, 2013).

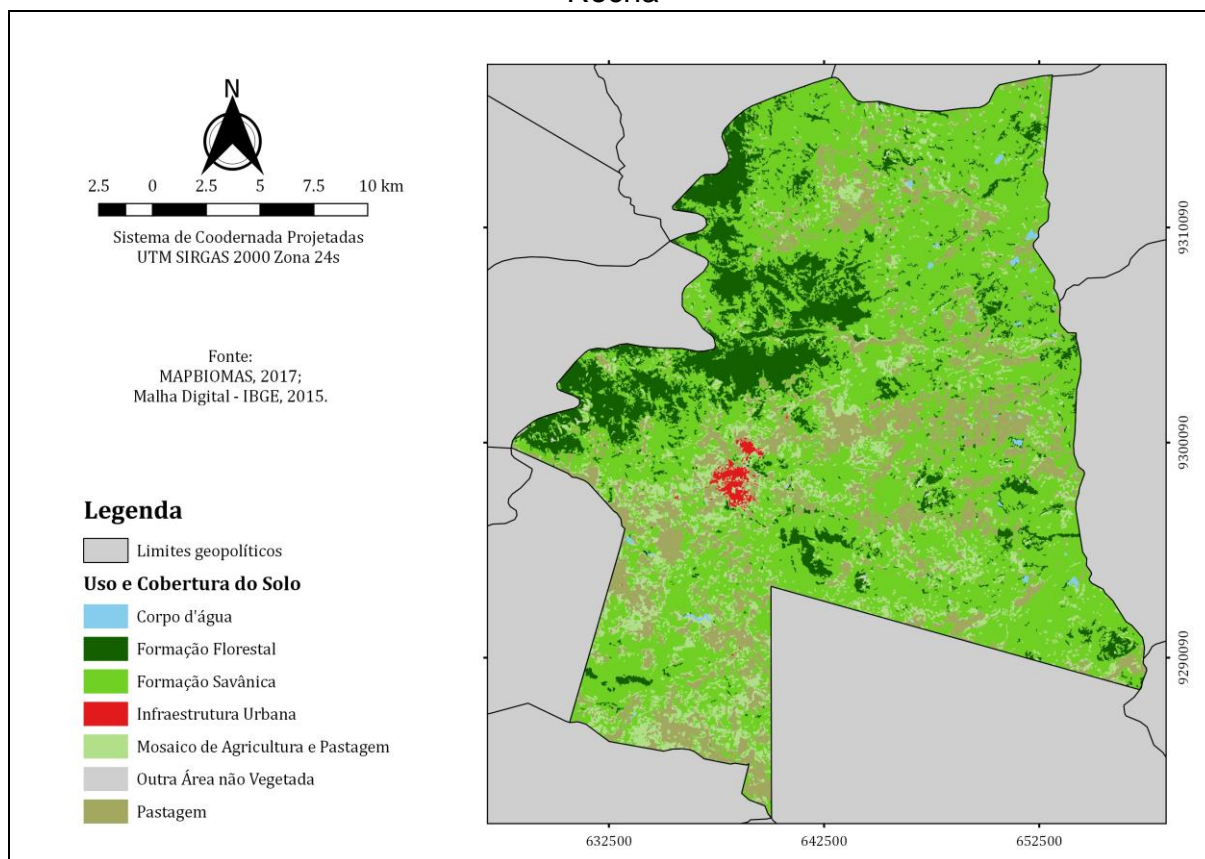
Oliveira et al. (2014) mostra uma diminuição considerável na cobertura vegetal do município de Catolé do Rocha em virtude da expansão das atividades agropecuárias, especificamente através do desmatamento da cobertura vegetal para a criação de pastos no intuito de atender as demandas dos rebanhos.

A pastagem representa uma percentagem considerável do uso da terra no município do Catolé do Rocha, semelhantemente ao encontrado em muitos outros locais no Brasil, tais como, no município de Areia (Machado et al., 2018), na bacia do rio Piauitinga, Sergipe (Santos et al., 2017) e na bacia do rio Alegre, Espírito Santo (Nascimento et al., 2005).

Os dados do MAPBIOMAS demonstram que, em todo o território brasileiro, a pastagem avança sobre a floresta e que as áreas de capoeiras, áreas de campo sujo, vegetação rasteira e florestas secundárias, com espécies pouco exigentes em termos de recursos e com baixa biodiversidade cobrem 44 milhões de hectares, retrato de uma natureza degradada (MAPBIOMAS, 2018).

A Caatinga é um ecossistema altamente ameaçado, acredita-se que 80% de toda a sua área já tenha sido antropizada (Paes Silva, 2000). Uma determinada área sem cobertura vegetal é mais susceptível aos processos erosivos, sendo por isso necessário o desenvolvimento de práticas conservacionistas (Bertoni & Lombardi Neto, 1993).

**Figura 10** – Mapa do uso e cobertura da terra do município de Catolé do Rocha



### 3.6 VULNERABILIDADE À PERDA DE SOLO

Como mostra a Figura 11, a classe de vulnerabilidade com maior representatividade é a média com (71,2%), seguida pela alta (28,7%) e a baixa (0,01%). Observando o mapa é possível notar que uma área considerável de Catolé do Rocha está enquadrada no nível de vulnerabilidade alta e este é um dado preocupante, pois nessas áreas predominam os processos de morfogênese que modificam o relevo (Rovani et al., 2015). Nos últimos anos o processo de expansão agropecuária se intensificou no município de Catolé do Rocha levando assim uma diminuição considerável na cobertura vegetal (Oliveira et al., 2014). A vegetação presente em uma determinada área pode contribuir para uma maior estabilidade de diversas maneiras como por evitar a colisão das gotas da chuva sobre o solo, não permitindo assim a desagregação das partículas, e por abrigar muitos organismos certas estruturas biológicas como as raízes das plantas podem tornar o terreno mais poroso aumentando sua permeabilidade.

A Lei de Nº 9.605 da Constituição Brasileira protege o meio ambiente de atividades lesivas, dessa forma, um aumento da expansão agropecuária necessita de uma um aumento de fiscalização por parte das autoridades competentes. Além disso, essa mesma expansão coloca em risco as áreas de preservação permanente (APP), espaços naturais protegidos pela Lei Nº 12.651, principalmente em função da capacidade estabilizadora do solo propiciada pelas matas ciliares e outras vegetações.

Portanto, a expansão desordenada das atividades agrícolas pode comprometer consideravelmente a qualidade ambiental de uma determinada região como mostra o estudo de Pinatti et al. (2013), onde foi observada um avanço da cultura de cana-de-açúcar sobre a Zona de Amortecimento do Parque Estadual de Porto de Ferreira.

Apesar do tipo de vegetação formação florestal se concentrar principalmente na porção noroeste e centro-oeste esta não foi uma característica determinante para tornar essas áreas estáveis, pois além da alta intensidade pluviométrica, a geomorfologia do local e o tipo de solo contribuíram para um aumento na vulnerabilidade.

A formação savânica, principal cobertura do solo do município em estudo, representa um estrato arbóreo descontínuo, ou seja, com árvores apresentando algum grau de distanciamento entre si e, portanto, tem menor capacidade de amenizar os impactos das gotas das chuvas, favorecendo o escoamento superficial (Silva, 2012).

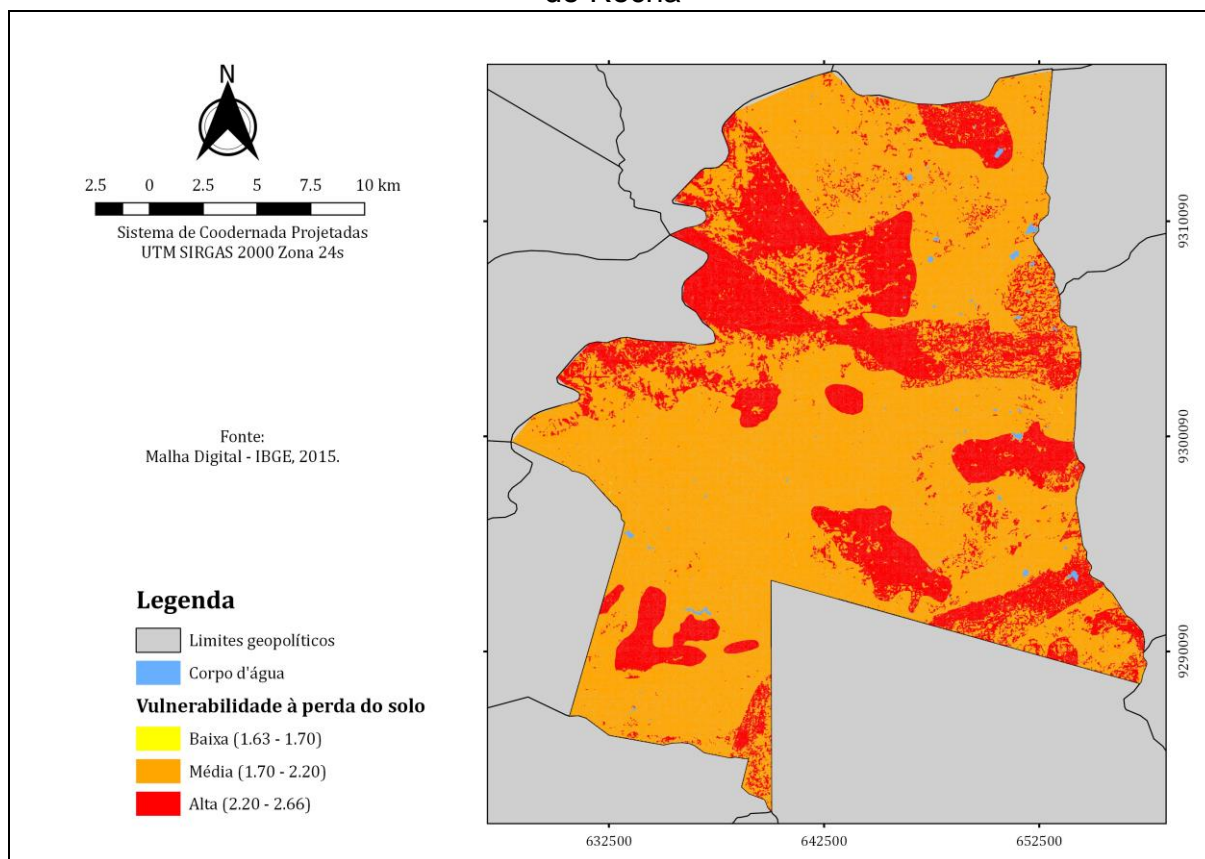
Por sua vez, o município do Catolé do Rocha apresenta elevada intensidade pluviométrica, o que significa que apresenta uma precipitação anual reduzida que se despeja torrencialmente num curto período do ano, situação responsável pela extensiva denudação das regiões semiáridas. Os elevados valores da intensidade pluviométrica revelam que a erosividade das chuvas é elevada e, portanto, a perda de solo é maior.

Então, se considerássemos apenas os dados de vegetação e precipitação para Catolé do Rocha a vulnerabilidade alta teria uma representação maior, pois o município apresenta uma intensidade pluviométrica elevada e, portanto, uma elevada cinética de escoamento superficial (erosividade) e a sua vegetação dominante é a formação savânica que não apresenta as características necessárias para o controle da erosividade das chuvas.

No entanto, a geologia do tipo Batólito de Catolé associado a geomorfologia, diminuem o nível de significância da vegetação e precipitação sobre a vulnerabilidade, com isto entendemos que em grande parte do território existe um equilíbrio entre os processos da morfogênese e da pedogênese.

Crepani et al. (2001) alerta para a situação geológica particular da depressão sertaneja, onde se insere o município em estudo: apesar da rocha cristalina não fazer parte do grupo de rochas mais vulneráveis, a sua presença indica uma tendência para a vulnerabilidade à perda de solo na depressão sertaneja que estas rochas dificultam a infiltração das águas no período chuvoso, ocasionando um escoamento superficial maior e favorecendo os efeitos erosivos.

**Figura 11** – Mapa de vulnerabilidade à perda de solo do município de Catolé do Rocha



Fonte: O autor

#### 4. CONCLUSÃO

A maior parte do município de Catolé Rocha compreende as áreas com vulnerabilidade média por influência do Batólito de Catolé do Rocha. A vegetação savânica associada à elevada intensidade pluviométrica e a geomorfologia influenciou de forma significativa no alto potencial de erosão, ou seja, no nível de vulnerabilidade alta da região.

Estudos que tem como base os processos erosivos podem influenciar de forma significativa nos debates à cerca da utilização dos recursos naturais. O planejamento territorial mostra-se como uma ferramenta valiosa no uso consciente destes recursos. Com isto, este trabalho fornece uma base de dados que contribui para um aperfeiçoamento do planejamento territorial do município de Catolé do Rocha.

#### 5. REFERÊNCIAS

ADDERLEY, W. P et al. Anthropogenic features. In: Interpretation of micromorphological features of soils and regoliths. **Elsevier**, 2018. p. 753-777.

ALVARES, C,A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, 2014. p. 717.

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**. 8. ed. 355 p. Ícone Editora, São Paulo, 2012.

CHERLOTTI, G.B. Mapeamento de uso do solo da bacia hidrográfica do Alto Descoberto, no Distrito Federal, por meio de classificação orientada a objetos com base em imagem do satélite Landsat 8 e softwares livres. **Revista Brasileira de Geomática**, Curitiba, v.5, n.2, p. 172-185, 2017.

COSTA NETO J F. Elaboração de mapas de vulnerabilidade natural à erosão como subsídio ao zoneamento ambiental em bacias hidrográficas com o uso de geoprocessamento. **Revista Brasileira de Espeleologia** 2010; 1(1): 52-60.

CREPANI E, MEDEIROS JS, AZEVEDO LG, DUARTE V, HERNANDEZ P, LORENZANO T, BARBOSA C. **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.

DO BRASIL, CPRM-Serviço Geológico. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. **Diagnóstico do município de Parnamirim, estado de Pernambuco**. JC Mascarenhas, BA Beltrão, LC Souza Junior, MJTG Galvão, SN Pereira, JLF Miranda.(Orgs.). Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

FIGUEIREDO, G. C.; VIEIRA, C. A. O. **Estudo do comportamento dos índices de Exatidão Global**. Kappa e Tau, comumente usados para avaliar a classificação de imagens do sensoriamento remoto, 2007.

FLORENZANO, T. G. **Cartografia. Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos. p. 105–128, 2008.

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@mbiente** 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.

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.

GRIGIO, A.M.; Souto, M.V.S.; Castro, A.F.; Amaro, V.E.; Vital, H. & Diodato, M.A. 2004. Use of remote sensing and geographical information system in the determination of the natural and environmental vulnerability of the Municipal District of Guamaré - Rio Grande do Norte - Northeast of Brazil. **Journal of Coastal Research**, 39: 1427-1431.

GRIGIO, A.M. 2008. **Evolução da paisagem do baixo curso do rio Piranhas-Assu (1988-2024): Uso de autômatos celulares em modelo dinâmico espacial para simulação.**

HORTON, Robert E. Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological society of America bulletin**, v. 56, n. 3, p. 275-370, 1945.

IBGE. **Manual Técnico de Pedologia, 2ª edição.** Rio de Janeiro: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Diretoria de Geociências. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Manuais Técnicos em Geociências, número 4, 2007, p. 316.

IBGE. Instituto de Geografia e Estatística. **Divisão territorial brasileiro e limites territoriais: IBGE cidades – Catolé do Rocha, 2018.** Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/catole-do-rocha/panorama> >

IPCC. **Alterações Climáticas 2014 Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade.** Contribuição do grupo de trabalho II para o Quinto relatório de avaliação do painel intergovernamental sobre alterações climáticas. Switzerland: IPMA. 2014.

KLECKA, William R.; IVERSEN, Gudmund R.; KLECKA, William R. **Discriminant analysis.** Sage, 1980.

LANDIS, J. RICHARD, and GARY G. KOCH. **An application of hierarchical kappa-type statistics in the assessment of majority agreement among multiple observers.** Biometrics (1977): 363-374.

LIMA FR, MARTINELLI M. As unidades ecodinâmicas na Cartografia Ambiental de Síntese. In: **Anais** do I Simpósio de Pós-Graduação em Geografia do Estado De São Paulo; 2008; Rio Claro. Rio Claro: UNESP; 2008.

MEURER, Fabiana; VIEIRA, Guilherme FEIJÓ. **Plano Diretor para Municípios de Pequeno Porte: a experiência do plano diretor regional participativo da AMAVI.** Seminário Política e Planejamento, v. 2, 2010.

MOURÃO, C.; SANTOS, C. A. Análise Geoambiental da Vulnerabilidade da Sub-Bacia Santa Rosa no Município de Porto Ferreira - SP como Subsídio ao Zoneamento Territorial. In: **Anais** I Simpósio Mineiro de Geografia, 2014, Alfenas. Anais Do I Simpósio Mineiro De Geografia, 2014

NASCIMENTO, M.C. et al. Uso do geoprocessamento na identificação de conflito de uso da terra em áreas de preservação permanente Bacia Hidrográfica do Rio Alegre, Espírito Santo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 2, p. 207-220. 2005

NOBRE, Mayra Fernandes. **O Zoneamento Ecológico-Econômico como instrumento de Planejamento e Gestão Ambiental: Uma proposta para a bacia hidrográfica do rio Corumbataí (SP)**. 2008. 249fls. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente.) - Universidade Estadual Paulista. Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Campus de Rio Claro. Rio Claro - SP.

NUNES, Juliana Faria; ROIG, Henrique Llacer. Análise e mapeamento do uso e ocupação do solo da Bacia do Alto do Descoberto, DF/GO, por meio de classificação automática baseada em regras e lógica nebulosa. **Revista árvore**, v. 39, n. 1, p. 25-36, 2015.

OLIVEIRA, R.A.N. Sousa, G.A., MENEZES JUNIOR, J.C, MELO, R.T., SOUSA NETO, E.P. SOUSA, T.P. (2014). Dinâmica do Processo de Desmatamento de Caatinga no Município de Catolé do Rocha-PB. **Agropecuária científica no Semiárido**, 10(4), 01-04.

PARAÍBA. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente. Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba, AESA. PERH-PB: **Plano Estadual de Recursos Hídricos: Resumo Executivo & Atlas**. Brasília, DF, 2006. 112p.

PARANHAS FILHO, Antonio Conceição; FIORI, Alberto Pio; DISPERATI, Leonardo; LUCCHESI, Cristiane; CIALI, Alessandro; LASTORIA, Giancarlo. **Avaliação multitemporal das perdas de solos na bacia do rio Taquarizinho - MS**. Boletim Paranaense de Geociências, n. 52, p. 49-59, 2003. Editora UFPR.

PALMEIRA, ALESSANDRO FERRAZ et al. Técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicadas à gestão do território do município de Paragominas (Estado do Pará). **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, v. 12, p. 3207-3214, 2004

PEREIRA, F.R.M. **Mapeamento do Uso e da Cobertura da Terra e Zoneamento Ambiental no Município de Areia – PB, 2019**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós Graduação em Ciências do Solo da Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2019.

PEREIRA JR, FERREIRA PA, BOAS AAV, OLIVEIRA ER, CARDOSO RF. **Gestão social dos territórios da cidadania: o zoneamento ecológico-econômico como instrumento de gestão do território noroeste de Minas Gerais**. Cadernos EBAPE. BR 2011; 9(3): 724-747.

PINATTI, J. M.; MOSCHINI, L. E.; DOS SANTOS, R. M.; TREVISAN, D. P. Dinâmica da Paisagem da Zona de Amortecimento do Parque Estadual do Vassununga, SP. IN: José Eduardo dos Santos; Elisabete Maria Zanin. (Org.). **Faces da Polissemia da Paisagem**. 1ed. São Carlos, SP: Rima, v. 5, p. 144-162, 2013.

PINHEIRO, F. S. A. **Morfodinâmica da Bacia Hidrográfica do Rio Figueiredo, Ceará: Subsídios ao Estudo da Dinâmica das Paisagens Semiáridas**. Início: 2011. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual do Ceará.



- QUEIROZ, T.B. et al. Avaliação do desempenho da classificação do uso e cobertura da terra a partir de imagens Landsat 8 e Rapideye na região central do Rio Grande do Sul. **Revista Geociências**, Rio Claro, v.36, n.3, p. 569-578. 2017
- RODRIGUES, J. B. T.; ZIMBACK, Célia Regina Lopes; PIROLI, E. L. Utilização de sistema de informação geográfica na avaliação do uso da terra em Botucatu (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 3, 2001.
- ROSS, J.L.S. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais Antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, nº 8, FFLCH/USP, p. 65-76, 1994.
- ROVANI FFM, Casso IR, Wollmann CA, SIMIONI JPD. Análise da vulnerabilidade natural à perda de solo de Barão de Cotegipe, RS. **Revista do Departamento de Geografia – USP** 2015:29: 262-278.
- ROVANI, FFM; VIERA, M. **Vulnerabilidade Natural do Solo de Silveira Martins-RS**. Floresta e Ambiente, [s.l.], v. 23, n. 2, p.151-160, 22 jan. 2016. Fap UNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.125614>.
- SÁ, I.I.S. et al. Cobertura vegetal e uso da terra na região Araripe Pernambucana. **Revista Mercator**, Fortaleza, v. 9, n.19, p.143-163. 2010
- SANCHEZ, Luis Enrique. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.
- SANTANA, N. M.P.; CASTRO, S.S.; STONE, L.F.; SILVA, S.C. **Chuvas, erosividade, erodibilidade, uso do solo e suas relações com focos erosivos lineares na alta bacia do Rio Araguaia**. Sociedade & Natureza, v.19, p.103-121, 2007.
- SANTOS, Rosely Ferreira dos. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de textos, 2004.
- SANTOS HG et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2018. BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. Levantamento Exploratório-Reconhecimento de Solos do Estado da Paraíba. II - Interpretação para Uso Agrícola dos Solos da Paraíba.
- SANTOS, G. G.; GRIEBELER, N. P.; OLIVEIRA, L. F. C. Chuvas intensas relacionadas à erosão hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.2, p. 115-123, 2010.
- SANTOS, Wesley Almeida, et al. Conflito de uso da terra em áreas de preservação permanentes da bacia do rio Piauitinga, Sergipe, Brasil. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, 2017, 60.1: 19-24.
- SANTOS HG et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed., rev. e ampl. - Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SILVA, JMO. **Análise integrada na bacia hidrográfica do Rio Pirangi-ce: subsídios para o planejamento ambiental.** Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Ceará; 2012: 271.

TAGLIANI, C.R.A. 2003. Técnica para avaliação da vulnerabilidade ambiental de ambientes costeiros utilizando um sistema geográfico de informação. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11, 2003, Belo Horizonte. **Anais**, São José dos Campos, INPE, p. 1657-1664.

TREVISAN, DP; MOSCHINI, LE; TREVISAN, BP. Avaliação da vulnerabilidade dos solos à erosão no município de São Carlos–SP. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 35, n. 2, p. 354-370, 2018.

TRICART, J. **Miseen point: l'évolution des versants.** Uinforma-tion géographique, (21):108-115, 1957. *Ecodinâmica*. Supren. Fund. IBGE, Rio de Janeiro, 1977.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu Deus, por ter me ajudado nos momentos mais difíceis.

A minha família, em especial aos meus pais, por todo esforço e dedicação.

A minha namorada Stefanny, por ser um ombro amigo, ouvindo muitos dos meus desabaços.

A minha orientadora Célia, pela dedicação, pelas conversas e por ser a fonte inspiradora deste trabalho.

A todos os meus amigos, Glacy, Gabriel, Amanda, Jéssica e Misael, pelos bons momentos que passamos juntos durante o curso.

A Robson, por ser um ótimo amigo, conselheiro e professor.

A todos os catoleenses que contribuíram com este trabalho, em especial ao Sr. Antonino, Mayara e a Ruza.

A minha sogra e pilota, Rosângela, pela paciência em dirigir por horas.

A todos os docentes do Campus V que, com excelência, contribuíram significativamente para minha formação acadêmica.

A banca examinadora, Dra. Janaina Barbosa da Silva e Dr. Cleber Ibraim Salimon, pela contribuição com o trabalho.