

## **VULNERABILIDADE AMBIENTAL DAS UNIDADES DE PAISAGEM DO MUNICÍPIO DE MILTON BRANDÃO, PIAUÍ, BRASIL**

Jefferson Paulo Ribeiro **Soares**<sup>1</sup>, Claudia Valéria de **Lima**<sup>2</sup>, Francílio de Amorim dos **Santos**<sup>3</sup>, Claudia Maria Sabóia de **Aquino**<sup>4</sup>

(1 – Universidade Federal de Goiás, Discente do Programa de Pós-Graduação em Geografia, e-mail: [jeffersonwisemen@gmail.com](mailto:jeffersonwisemen@gmail.com); <https://orcid.org/0000-0002-9713-8692>; 2 – Universidade Federal de Goiás, Docente do Programa de Pós-Graduação em Geografia, e-mail: [claudia@ufg.br](mailto:claudia@ufg.br), <https://orcid.org/0000-0001-9991-2541>; 3 - Instituto Federal do Piauí, e-mail: [francilio.amorim@ifpi.edu.br](mailto:francilio.amorim@ifpi.edu.br); <https://orcid.org/0000-0002-0415-6673>; 4 – Universidade Federal do Piauí, Docente do Programa de Pós-Graduação em Geografia; e-mail: [cmsaboia@gmail.com](mailto:cmsaboia@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-3350-7452>)

**Resumo:** A vulnerabilidade natural evidencia a pré-disposição do ambiente considerando aspectos como: geologia, geomorfologia, climatologia, solos e a vegetação. Os objetivos deste trabalho foram compartimentar a paisagem em unidades de paisagens e definir os níveis de vulnerabilidade ambiental dessas unidades, a partir do cruzamento dos dados levantados da área a respeito da geologia, geomorfologia, uso e cobertura da terra e pedologia. Quanto aos resultados foi possível identificar as seguintes unidades paisagísticas: Serras do Retiro, Vales Centrais, Sertão de Dentro, Chapada do Marfim, Vale do Rio Capivara e Vale do Rio Corrente. Considerando as distintas características das unidades constatou-se que grande parte do município apresentou muito baixa a baixa vulnerabilidade ambiental, algo em torno de 44% da sua área total. Ao passo que 30,4% da área do município apresenta nível de vulnerabilidade média, enquanto em 25,5% a vulnerabilidade varia de alta a muito alta. Constatou-se que as áreas de maior vulnerabilidade foram identificadas nas unidades de paisagem Sertão de Dentro, Serra do Retiro e Vale do Rio Capivara, que apresentaram os maiores índices de declividade, associado a presença de solos expostos, com afloramento de rocha ou as áreas de solos Litólicos e com a presença de uma vegetação esparsa geralmente pertencente ao bioma Caatinga ou ao complexo vegetacional carrasco.

**Palavras-chave:** Unidades Geomorfológicas; Unidades de Paisagem, planejamento Ambiental.

## **ENVIRONMENTAL VULNERABILITY OF LANDSCAPE UNITS IN THE CITY OF MILTON BRANDÃO, PIAUÍ, BRAZIL**

**Abstract:** The natural vulnerability shows the propensity of the environment considering aspects such as: geology, geomorphology, climatology, soils and vegetation. The objectives of this work were: to compartmentalize the landscape in units and to define the levels of environmental vulnerability of these units based on the data collected from the area about lithology, declivity, dissection, altimetry, use and land cover and pedology. Were used geology and pedology maps, of slope, relief dissection, geomorphology and use and land cover. Regarding the results, it was possible to identify the following landscape units: Serras do Retiro, Vales Centrais, Sertão de Dentro, Chapada do Marfim, Vale do Rio Capivara and Vale do Rio Corrente. Considering the different characteristics of the units, it was found that a great part of the municipality presented very low to low environmental vulnerability, nearly 44% of its total area, while 30,4% of the area shows medium levels of vulnerability and 25,5% of the area shows high to very high levels of vulnerability. The areas of greater vulnerability were identified in the environmental units Sertão de Dentro, Serra do Retiro and Vale do Rio Capivara, which presented the highest indices of slope, associated with exposed soils, with rock outcrops or areas of litholic soils and with the presence of sparse vegetation generally belonging to the Caatinga biome or transition complex vegetation.

**Keywords:** Geomorfology Units, Landscape Units, Environmental Planning.

## **VULNERABILIDAD AMBIENTAL DE LAS UNIDADES DE PAISAJE EN LA CIUDAD DE MILTON BRANDÃO, PIAUÍ, BRASIL**

**Resumen:** La vulnerabilidad natural evidencia la disposición ambiental considerando aspectos como: geología, geomorfología, climatología, suelos y vegetación. Los objetivos de este trabajo fueron compartimentar el paisaje en unidades de paisaje y definir los niveles de vulnerabilidad ambiental de estas unidades a partir de la intersección de los datos recopilados del área con respecto a litología, pendiente, disección, altimetría, uso del suelo y cobertura del

suelo y pedología. Se utilizaron geología y pedología, pendiente, disección en relieve, geomorfología y uso de la tierra y mapas de cobertura de la tierra. En cuanto a los resultados, fue posible identificar las siguientes unidades de paisaje: Serras do Retiro, Valles Centrales, Sertão de Dentro, Chapada do Ivory, Valle del río Capivara y Valle del río Corrente. Teniendo en cuenta las diferentes características de las unidades, se encontró que una gran parte del municipio 44.1% tenía una vulnerabilidad ambiental muy baja a baja y las áreas de mayor vulnerabilidad se identificaron en las unidades ambientales Sertão de Dentro, Serra do Retiro y Vale do Rio Capivara, que tuvo los índices de declive más altos, asociados con áreas con suelos expuestos, con afloramientos rocosos o áreas de suelos litólicos, y con la presencia de vegetación dispersa que generalmente pertenece al bioma Caatinga o al complejo vegetativo carrasco.

**Palabras clave:** Unidades geomorfológicas; Unidades de paisaje, planificación ambiental.

## 1 Introdução

Inicialmente, cabe destacar que ao se estudar a paisagem é preciso lançar o olhar para além dos seus componentes, é preciso ver as conexões que há entre eles, somente dessa forma tornar-se-á possível perceber como uma determinada ação sobre o meio é capaz de interferir em todo o sistema.

A paisagem, de acordo com Bertrand (1972), é fruto de uma combinação dinâmica, instável e em evolução constante dos elementos físicos, biológicos e antrópicos. Enquanto o sistema pode ser entendido como espaços que exibem certo nível de homogeneidade fisionômica, devido às trocas de energia e matéria entre os componentes e às intervenções humanas (ROSS, 2009).

Nesse contexto, Camargo (2012) assevera que a cada tempo a paisagem auto organiza-se de forma diferente e imprevisível, com complexidade e diacronismo. Dessa forma, é relevante promover estudos voltados à compreensão dos elementos ambientais. Pois, como atesta Klais *et al.* (2012), toda ação que modifique o estado natural do meio pode resultar, de acordo com as características locais aliadas à intensidade desta ação, numa grandeza de efeitos adversos, ao que se chama de vulnerabilidade ou fragilidade.

Dessa forma, Grigio (2008) alerta que a vulnerabilidade natural demonstra a predisposição do ambiente frente a fatores ambientais. Ao passo que a vulnerabilidade ambiental, de acordo com Tagliani (2003), é definida como qualquer suscetibilidade de um

ambiente a um impacto potencial provocado por um uso antrópico qualquer. Nesse contexto, torna-se cada vez mais urgente o planejamento territorial, levando-se em consideração não apenas as potencialidades, mas principalmente a fragilidade dos ambientes naturais.

Fica evidente, dessa forma, a demanda de estratégias ligadas ao planejamento, que considerem as características ambientais da paisagem. Desse modo, a pesquisa baseou-se na aplicação de metodologia descritiva, particularmente ligada ao emprego de índice, e teve como objetivos identificar, caracterizar e analisar a vulnerabilidade ambiental das unidades de paisagem do município de Milton Brandão, nordeste do estado do Piauí.

## **2 Materiais e métodos**

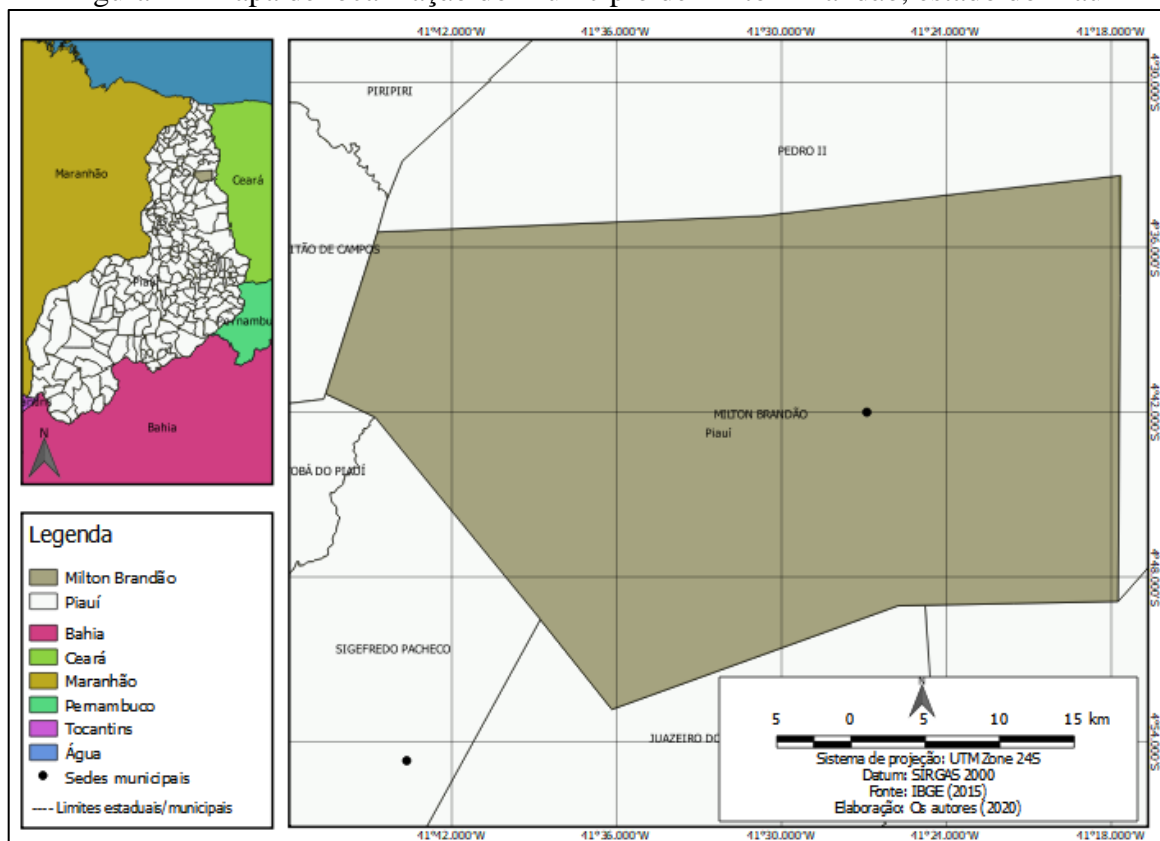
### *2.1 Localização da área em estudo*

O estudo empregou a abordagem sistêmica e buscou identificar as conexões existentes entre os vários elementos naturais que compõem a paisagem. Desse modo, a área em estudo tomou como recorte espacial o município de Milton Brandão, que se localiza na microrregião de Campo Maior, no estado do Piauí, e que compreende uma área de 1.371,743 km<sup>2</sup>.

O município em questão apresenta os seguintes limites municipais: a Norte com Pedro II; ao Sul com Buriti dos Montes e Juazeiro do Piauí; a Oeste com Buriti dos Montes e Pedro II; e a Leste com Capitão de Campos, Jatobá do Piauí e Sigefredo Pacheco (IBGE, 2019), conforme se pode observar na Figura 1.

De acordo com o último censo realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019), Milton Brandão apresentava uma população de 6.769 pessoas e densidade demográfica de 4,93 hab./km<sup>2</sup>. Destaca-se que sua população estimada para 2019 é de 6.613 habitantes (IBGE, 2019), redução de 2,3%.

Figura 1 – Mapa de localização do Município de Milton Brandão, estado do Piauí



Fonte: IBGE (2015).

## 2.2 Materiais e procedimentos metodológicos

Para a identificação das unidades de paisagem se fez necessário a caracterização dos atributos físicos e ambientais que a compõem, bem como a análise dos mesmos em uma perspectiva integrada. Realizou-se a análise dos seguintes atributos: i) geológico, onde as informações foram obtidas por meio do mapeamento geológico realizado pela Companhia de Recursos Minerais (CPRM, 2004) na escala de 1:1.000.000; ii) geomorfológico, realizado a partir dos dados do Modelo Digital de Elevação (MDE) da *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), de resolução espacial original (~90 metros) no formato GRID que foi refinada para (~30 metros), obtidas via imagens da carta TOPODATA de índice 04S42\_ZN. Após a aquisição das imagens foi estabelecida uma nova projeção utilizando a base de dados do sistema de coordenadas UTM (*Universal Transversa de Mercator*) fuso 24 S e Datum WGS 84.

Posteriormente, para melhor entendimento o MDE foi reclassificado gerando nove classes de altimetria, estas por sua vez, variando de 188 a 648 metros. Foi feito, ainda, no

âmbito da caracterização geomorfológica a definição dos níveis de dissecação do relevo, sendo empregada a metodologia utilizada por Souza e Sampaio (2010), na aplicação do índice de concentração da rugosidade para a identificação de classes de dissecação do relevo.

Por sua vez, os dados climáticos foram obtidos a partir do balanço hídrico climatológico, proposto por Thornthwaite e Mather (1955), sendo que para tanto se fez uso de dados dos postos pluviométricos localizados na área em estudo e nas adjacências, considerando as informações disponibilizadas pela Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE, 1990), visto que o maior repertório de dados climáticos sobre a área de estudo e adjacências remonta aos postos pluviométricos da SUDENE que em sua grande maioria foram desativados.

Onde os dados levantados para realização do balanço hídrico climatológico são referentes a 14 postos pluviométricos, sendo que atualmente apenas quatro dentre eles estão ativos e a cargo do Instituto Nacional de Meteorologia INMET. Sendo que nenhum dos postos ativos atualmente está no município de Milton Brandão e sim nos postos pluviométricos de municípios adjacentes, sendo eles os postos pluviométricos dos municípios de Castelo do Piauí, Piripiri, Campo Maior e Poranga no Ceará.

A caracterização da rede hidrográfica foi obtida a partir das cartas da Diretoria de Serviço Geográfico do Exército (DSG), na escala de 1:100.000, onde foram utilizadas as folhas (SB 24-V-A-V- Macambira) e (SB 24-V-A-IV-Conceição), digitalizadas e disponibilizadas pela DSG em maio de 2005. Os dados a respeito dos solos do município foram obtidos por do mapeamento exploratório de reconhecimento de solos no estado do Piauí realizado na escala de 1:1.000.000 pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 1983).

Para realização do mapeamento de uso e cobertura das terras utilizou-se no processo de classificação do software QGIS, versão 3.4.10 Madeira, sendo que as etapas do processo foram as seguintes: Obtenção das imagens do sensor OLI geradas pelo satélite *Landsat 8*, com resolução espacial de 30 m, com órbitas e pontos 218/63 (data 12-08-2014) e 219/64 (data 03-08-2014), respectivamente, que foram obtidas gratuitamente no *site* Glovis (<http://glovis.usgs.gov>). Como fator decisivo na escolha das imagens deu-se preferência àquelas com baixa cobertura de nuvens.

Posteriormente realizou-se o empilhamento das bandas espectrais, nessa etapa realizou-se o procedimento de Layer Stacking (camada acumulada) visando a geração de uma



composição colorida para ambas as imagens obtidas. Assim o empilhamento para as duas imagens ocorre com as bandas espectrais 1, 2, 3, 4, 5 e 7, onde as composições coloridas construídas foram R4G3B2, R5G4B3, R6G5G4, R5G6B4. Ressalta-se que o objetivo das diferentes composições foi o de identificar ou diferenciar os elementos observáveis nas imagens.

O próximo procedimento realizado foi o recorte das imagens tal procedimento foi executado tomando por base de recorte o arquivo vetorial (shapefile) do município de Milton Brandão do estado do Piauí. Em seguida fez-se um mosaico de imagens com o intuito de unir as duas imagens em um único arquivo raster que recobrisse todo o município de Milton Brandão.

Realizou-se também a reprojeção das imagens para o sistema de referencia DATUM WGS84, sistema UTM, Zona 24 Sul. Em seguida criou-se uma nova camada vetorial (shapefile) de treinamento com o objetivo de criar polígonos sobre a imagem identificando partes (zonas homologas) de cada classe a ser mapeada.

Posteriormente fez-se a classificação supervisionada da imagem por meio do complemento (plugin) DZetsaka- Classification Tool disponível no QGIS. Na classificação utilizou-se da imagem mosaicada de Milton Brandão, do arquivo (shapefile) de treinamento com 88 amostras e o algoritmo modelo de mistura Gaussiano. Como resultado obteve-se um arquivo raster dividido em diferentes classes, sendo elas: atividade agropastoril, água, caatinga aberta, carrasco, cerrado aberto, cerrado denso, solo exposto, sombra e área urbana (sede municipal).

Em seguida fez-se a vetorização da imagem classificada, onde esse processo permitiu converter o arquivo raster em um arquivo vetorial com os polígonos das classes mapeadas, o que foi fundamental na construção final do layout da mapa de uso e ocupação do solo.

### *2.2.1 Identificação de unidades de paisagem*

Para a identificação das unidades de paisagem, se fez necessário realizar o cruzamento dos dados referentes aos atributos geológicos, geomorfológicos, hidrográficos, pedológicos, vegetacionais e ainda das diferentes formas de uso e cobertura das terras na área de estudo.

Para tanto tomou-se primeiramente como base de delimitação o mapeamento geomorfológico e em seguida a ele foi sobreposto os dados de pedologia, hidrológico e de uso

e cobertura das terras no *software* Quantum Gis, versão 2.18.28 Las Palmas. Após essa sobreposição foi possível perceber que havia uma união indissociável entre os elementos fazendo com que houvesse uma associação em determinadas áreas com um tipo predominante de formação geomorfologia, de solos e de vegetação. A partir da identificação dessas áreas é que foram delimitadas as unidades de paisagem.

Nesse processo de delimitação em algumas das unidades de paisagem o aspecto geomorfológico foi determinante em sua demarcação em outras áreas onde o relevo se mostrava relativamente semelhante o fator determinante foi a associação do solo com um tipo específico de vegetação.

Os topônimos dados a cada uma das unidades de paisagem tomaram como referência os nomes das formas de relevo, dos rios e dos povoados que estão inseridos em cada unidade de paisagem.

### 2.2.2 Metodologia empregada na análise da vulnerabilidade ambiental

Para a análise da vulnerabilidade ambiental das unidades de paisagem foi empregada a metodologia proposta por Crepani (2001), tendo sido essa devidamente adaptada para a realidade em questão. A técnica utilizada para alcançar esse fim foi a álgebra de mapas, que pode ser definida como um conjunto de técnicas para análise da informação geográfica.

O emprego da álgebra de mapas é aplicado no cruzamento de atributos bióticos e abióticos para o estudo de vulnerabilidade, não havendo para tanto uma única metodologia ou modelo pronto (CARRIJO, 2005). No estudo em questão foi feito o cruzamento dos dados de litológicos/geologia, declividade da área, dissecação do relevo, tipologias de solos e, ainda, o uso e cobertura das terras. Onde por meio da álgebra de mapas foi realizada a intersecção (overlay) bem como operações matemáticas aferindo pontuação a cada atributo.

Todos essas operações foram executadas no *software* Quantum Gis, versão 2.18.28. Las Palmas. Assim os dados cartográficos foram somados e divididos pelo número de classes pretendidas no caso em questão cinco. Cada classe representa na pesquisa um nível de vulnerabilidade a saber: muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto.

Na Tabela 1 apresenta-se a pontuação aplicada para geologia, declividade do relevo, dissecação do relevo, tipologias de solos e uso e cobertura das terras, utilizados para a análise da vulnerabilidade ambiental da área.



Tabela 1 - Valores de vulnerabilidade para os atributos ambientais utilizados.

Valores de vulnerabilidade do atributo geologia, conforme Crepani <i>et al.</i> (2001) e adaptações de Soares e Aquino (2016)	
Formações Geológicas	Valores de Vulnerabilidade
Formação Cabeças	1,0
Formação Serra Grande	2,0
Formação Pimenteiras	3,0

Fonte: Crepani et al. (2001)

Classes de declividade com os respectivos valores na escala de vulnerabilidade, de acordo com Crepani <i>et al.</i> (2001)		
Classes morfométricas	Declividade (%)	Valores de vulnerabilidade
Muito Baixa	< 2	1,0
Baixa	2 – 6	1,5
Média	6 – 20	2,0
Alta	20 – 50	2,5
Muito Alta	> 50	3,0

Fonte: Crepani et al. (2001)

Classes de dissecação com os respectivos valores na escala de vulnerabilidade, segundo proposta de Souza e Sampaio (2010), com adaptações de Soares e Aquino (2016)		
Níveis de dissecação do relevo	Valores do ICR	Valores de Vulnerabilidade
Baixa	0 – 2000	1,0
Média	2000 – 4000	2,0
Alta	4000 – 8000	2,5
Muito Alta	> 8000	3,0

Fonte: Souza e Sampaio (2010)

Classes de solos com os respectivos valores na escala de vulnerabilidade, conforme propõe Crepani <i>et al.</i> (2001)	
Classe de Solos	Valores de vulnerabilidade
Latosolos Amarelos	1,0
Argissolos	2,0
Neossolos Quartzarênicos	3,0
Neossolos Litólicos	3,0
Plintossolos	3,0

Fonte: Crepani et al. (2001)

Classes de uso e cobertura da terra com os respectivos valores na escala de vulnerabilidade, segundo Crepani <i>et al.</i> (2001)	
Classe de Uso e Cobertura da terra	Valores de vulnerabilidade
Cerrado Denso	1,7
Cerrado Aberto	2,0
Carrasco	2,3
Caatinga Aberta	2,5
Atividade Agropastoril	2,9
Solo Exposto	3,0
Uso urbano	3,0

Fonte: Crepani et al. (2001)

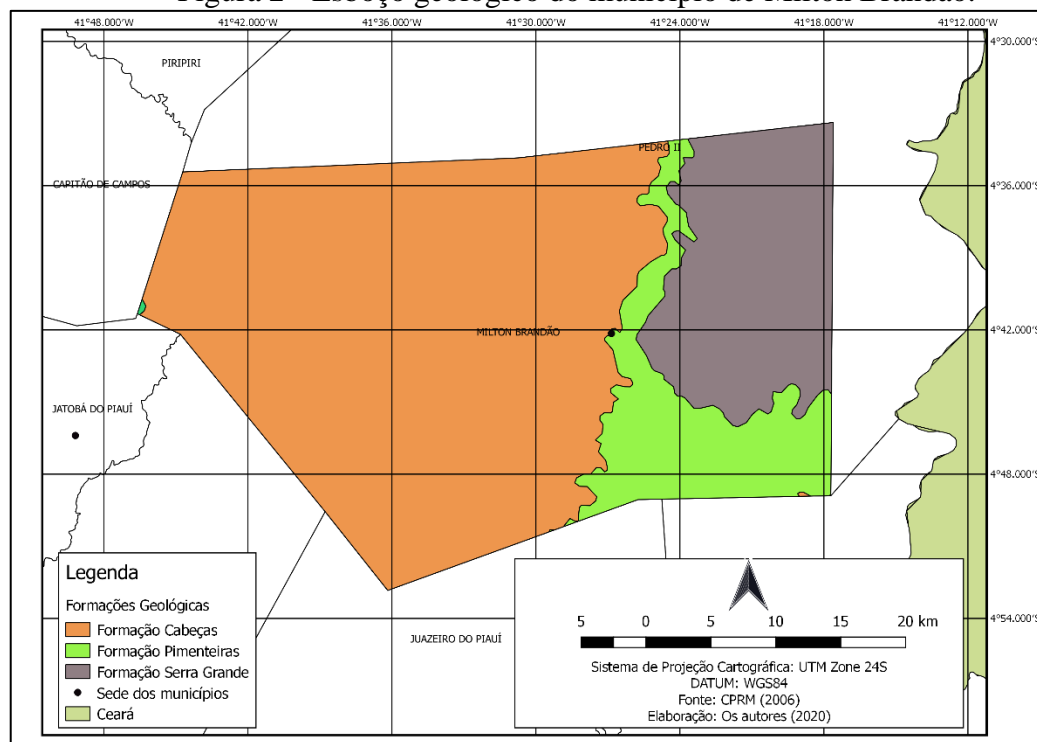
### 3 Resultados e discussões

Para a definição das unidades paisagísticas do município de Milton Brandão fez-se necessária a caracterização e a análise dos atributos da paisagem como se segue.

#### 3.1 Aspectos geológicos e geomorfológicos

As formações geológicas identificadas, conforme estão espacializados na Figura 2, no município de Milton Brandão foram: a Serra Grande, a Cabeças e a Pimenteiras.

Figura 2 - Esboço geológico do município de Milton Brandão.



Fonte: CPRM (2006).

A Formação Serra Grande, datada do período Siluriano da era Paleozoica, é composta predominantemente por rochas areníticas, cujas rochas há bastante tempo vem passando por processos erosivos (CPRM, 2006). Constatam-se nessa formação baixas cotas altimétricas e baixos níveis de dissecação na área do município de Milton Brandão, sendo que suas características aliadas ao processo de intemperismo e o tempo em que se encontra exposta a esse processo culminou com a elaboração de feições do tipo Vales e Colinas.

A Formação Pimenteiras, datada do Devoniano Inferior, compreende os arenitos, siltitos e folhelhos, constituindo o complexo sedimentar mais heterógeno da área estudada,

situando-se entre a Formação Serra Grande e Cabeças (CPRM, 2006), por conta disso nessa estrutura se formou as Bordas de Patamares Estruturais. Essa formação corresponde ao rebordo erosivo que limita a superfície tabular, formando degraus de topo parcial ou totalmente coincidente com um plano estratigráfico exumado, ocorrendo predominantemente em bacias sedimentares ou nos limites destas com outras estruturas discordantes e em contatos de camadas de rochas de litologias distintas (IBGE, 2009).

Na sequência cronológica ocorre a formação Cabeças composta majoritariamente por arenitos intercalados por folhelhos (CPRM, 2006), possuindo fortes semelhanças com a Serra Grande. Contudo, por ser a mais recente datada do período Devoniano está há menos tempo exposta ao processo de intemperismo, por conta disso ainda conserva elevadas cotas altimétricas com patamares planos formando chapadas intercaladas por áreas mais erodidas formando Vales.

Da combinação dos distintos aspectos físicos e das intensidades dos processos pretéritos e atuais, aliada a inspeções a campo foram identificadas por Soares (2016) as tipologias de relevo especializadas na Figura 3.

As Bordas de Patamares correspondem ao rebordo erosivo que limita a superfície tabular, formando degraus, de topo parcial ou totalmente coincidente com um plano estratigráfico exumado (IBGE, 2009).

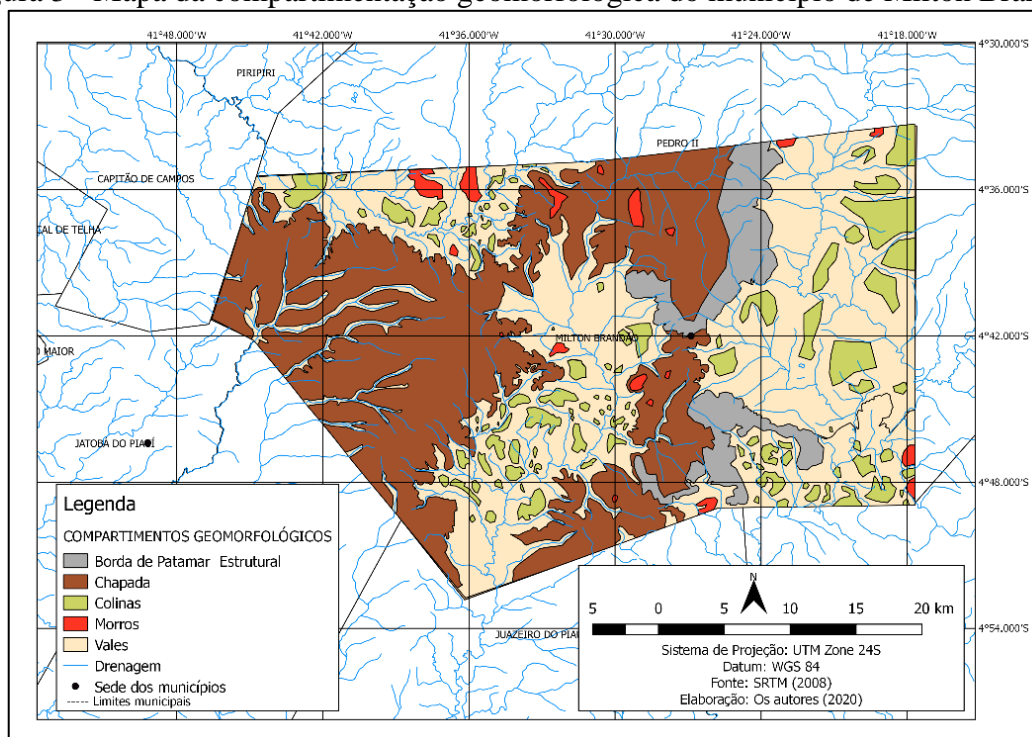
Ocorre predominantemente em bacias sedimentares ou nos limites destas com outras estruturas discordantes, em contatos de camadas de rochas de litologias distintas. Essa feição corresponde a aproximadamente 7% da área total do município, o que em valores absolutos equivale a aproximadamente 90 km<sup>2</sup>.

As colinas, que são pequenas elevações com declividade suave e em geral constituem uma forma de relevo resultante do processo de erosão (IBGE, 2009). Em Milton Brandão essas feições apresentam cotas altimétricas que variaram de 230 a 380 metros, possuindo um nível médio de dissecação do relevo e ocupando uma área de aproximadamente 119 km<sup>2</sup>.

Quanto as chapadas, são as feições de relevo que possuem a segunda maior abrangência no município, ocupando uma área de aproximadamente 525 km<sup>2</sup>, o que corresponde a quase 40% de toda extensão territorial do município. São caracterizadas por constituírem-se em um conjunto de formas de relevo de topo plano, elaboradas em rochas sedimentares. No contexto específico do estado do Piauí de acordo com Lima (1987), as

chapadas tratam-se de um acamamento estratificado que em certos pontos está na mesma cota da superfície de erosão, estando contida nos planaltos conservados em estruturas monoclinais.

Figura 3 - Mapa da compartimentação geomorfológica do município de Milton Brandão.



Fonte: SRTM (2008).

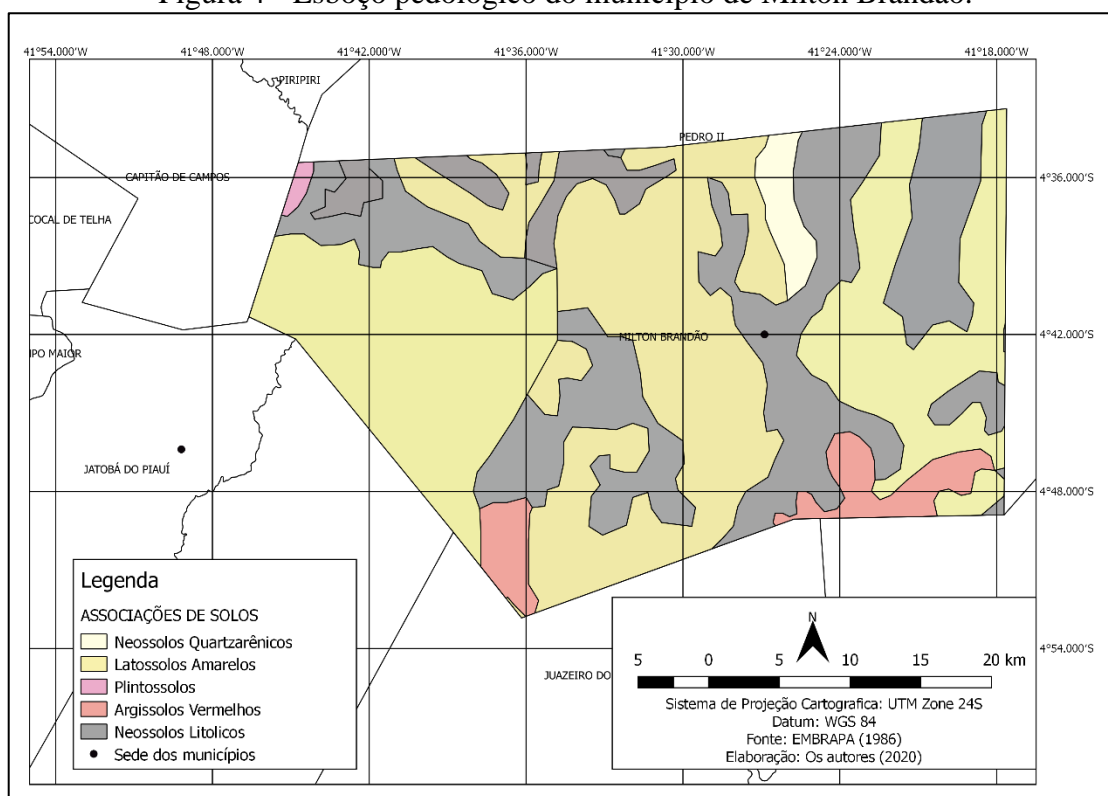
Registrou-se também a presença de morros, que na área de estudo corresponde a elevações com altitude em torno de 100 a 200 metros, onde alguns correspondem a morros testemunho. Os morros testemunho foram genericamente definidos por Guerra (1993) como sendo colinas de topo mais ou menos planas situadas adiante de uma escarpa de cuesta, e que se preservaram devido a sua composição ser mais resistente ao processo erosivo atuante naquela área. Essa feição abrange aproximadamente 18 km<sup>2</sup>.

Por fim, há também os vales que cobrem a maior parte do município algo em torno de aproximadamente 621 km<sup>2</sup> e que se caracterizam por serem superfícies mais abertas, pouco entalhadas, com fundos planos, constituídas geralmente por sedimentos inconsolidados e que estão situadas em Milton Brandão em áreas com cotas altimétricas que variam de 180 a 380 metros.

### 3.2 Aspectos climáticos, pedológicos e vegetacionais

Considerando o balanço hídrico climatológico de Thornthwaite e Mather (1955), pode-se constatar que na área em estudo ocorre o clima tropical semiárido do tipo seco e subúmido seco, com valores de precipitação variando de 900 a 1200 mm/ano. Ressalta-se que ocorre aumento das precipitações de Leste para Oeste, provavelmente tal fato se dá por conta do município encontrar-se em uma área de transição climática, onde a região Leste do município é marcada por mais aridez e uma vegetação de caatinga e carrasco e a região Oeste marcada por ser uma área mais úmida com a presença da vegetação de Carrasco e Cerrado. Por sua vez, a interação do clima com o substrato geológico/geomorfológico culminou na formação de distintas tipologias de solos, especializadas na Figura 4.

Figura 4 - Esboço pedológico do município de Milton Brandão.



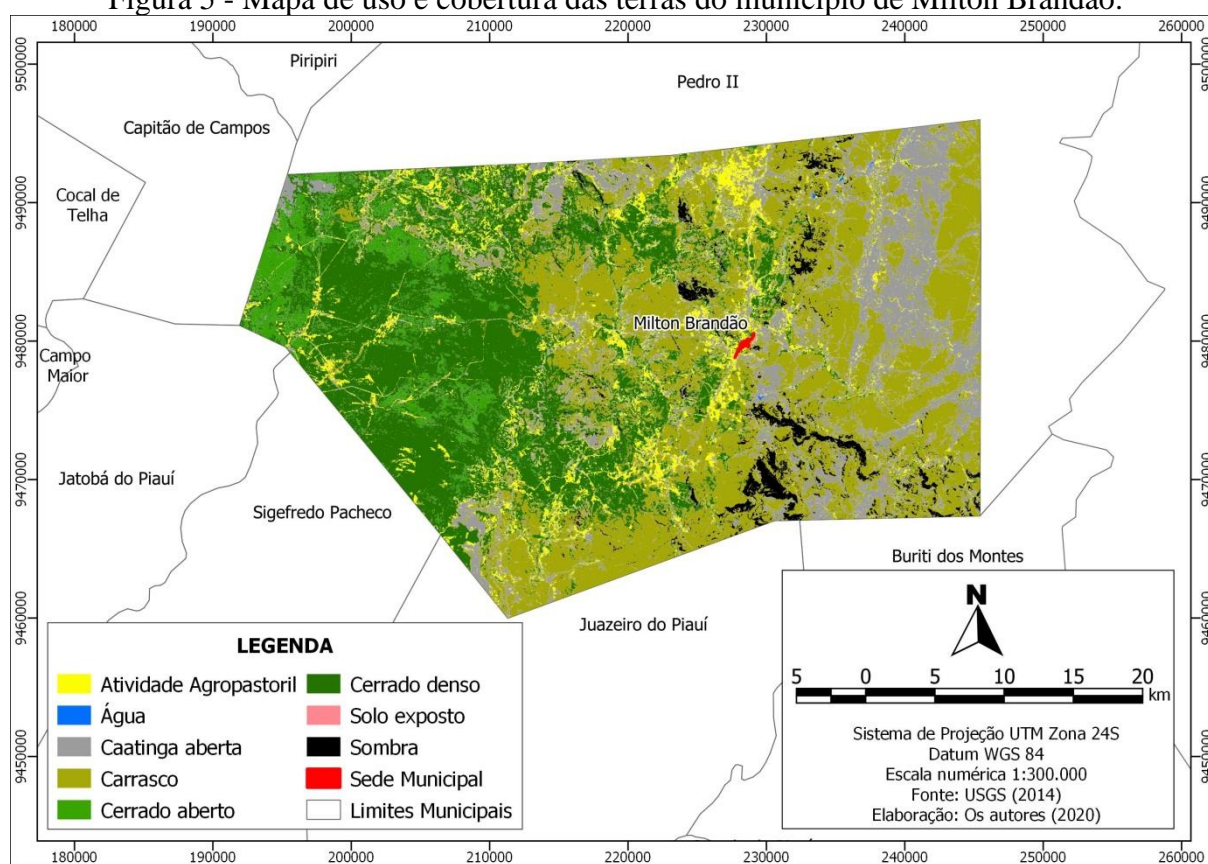
Fonte: EMBRAPA (1986).

Por meio da figura supracitada pode-se observar a predominância de Latossolos e Neossolos Litólicos. Já no que diz respeito ao uso e cobertura das terras (Figura 5), observava-se na área estudada que os Cerrados em sua maioria localizam-se nas chapadas onde há a predominância de associações de Latossolos.



O carrasco é uma vegetação precedente da degradação parcial do cerrado, assumindo o aspecto de uma capoeira densa. Assim o carrasco é uma vegetação original do semiárido, pelo seu acentuado grau de equilíbrio ecológico e que este extrato vegetacional é um tipo próprio de vegetação independente da caatinga, apresentando uma flora de estrutura morfológica heterogênea, com representantes escleromorfos e mesomorfos sobre influência de solos sedimentares (FERANADES, 1981).

Figura 5 - Mapa de uso e cobertura das terras do município de Milton Brandão.



Fonte: Soares (2016).

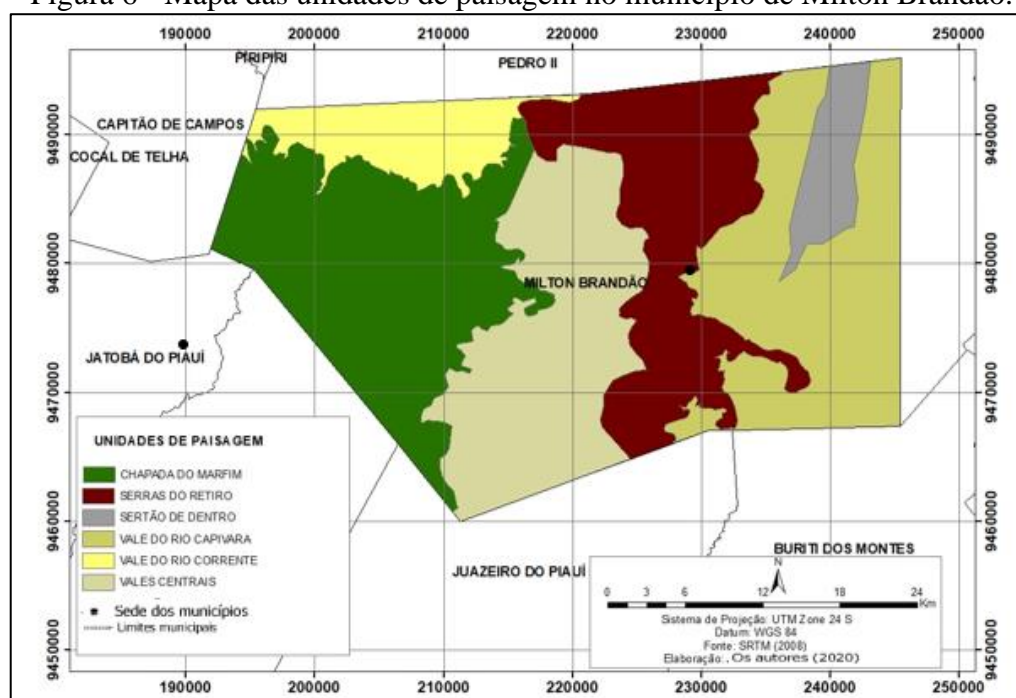
Tal complexo vegetacional recobre grande parte da área pesquisada desde a borda das Chapadas aos Vales e Bordas de Patamares Estruturais. Ressalta-se que nos Vales a Leste das Bordas de Patamares Estruturais ocorre Caatinga aberta que recobre as áreas onde ocorre Neossolos Litólicos.

### 3.3 Unidades de paisagem mapeadas



Diante das informações levantadas procedeu-se a identificação das unidades de paisagem (Figura 6), ressalta-se que foi empregada a toponímia na denominação das unidades, ao passo que no caso dos vales centrais a denominação resulta do posicionamento geográfico.

Figura 6 - Mapa das unidades de paisagem no município de Milton Brandão.



Fonte: SRTM (2008).

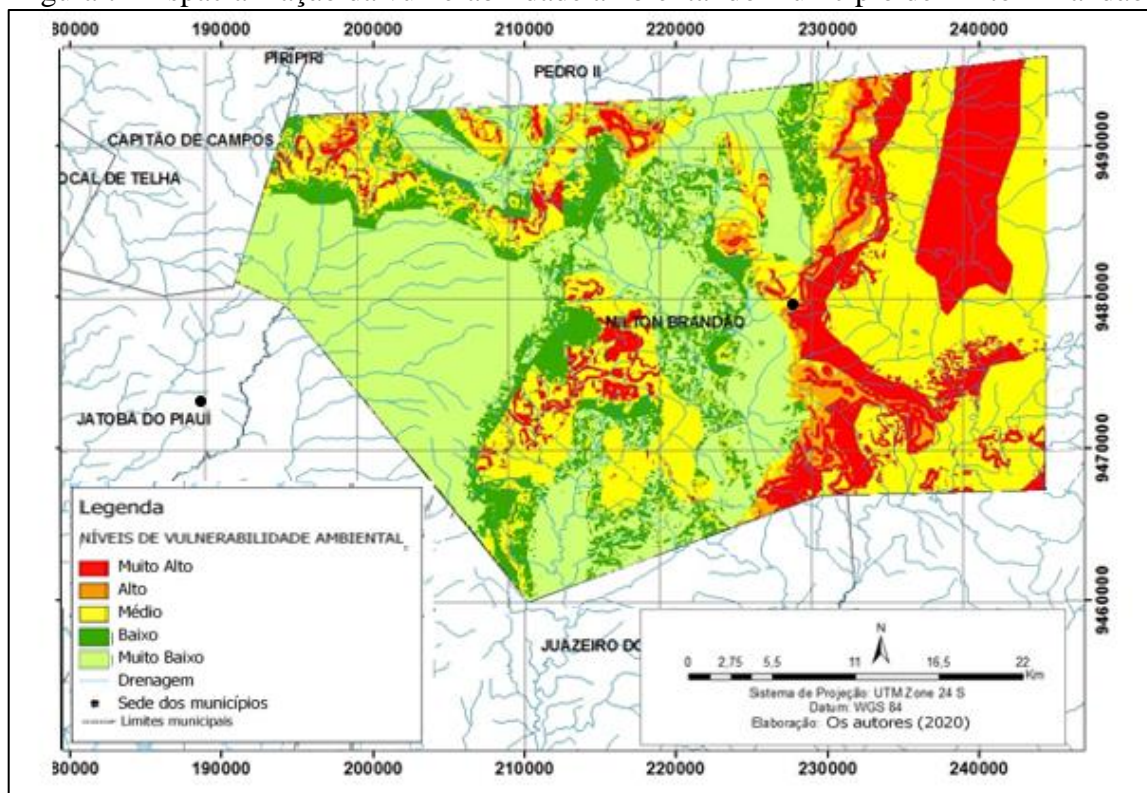
### 3.3 Vulnerabilidade ambiental

A análise dos níveis de vulnerabilidade ambiental baseou-se em proposta de Crepani *et al.* (2001), para tanto, procedeu-se ao cruzamento dos dados de litológicos/geologia, declividade da área, dissecação do relevo, tipologias de solos e, ainda, o uso e cobertura das terras. Desse modo, na Figura 7 é apresentada a espacialização dos níveis de vulnerabilidade ambiental do município de Milton Brandão, onde se constatou que em 44,1% do município há predomínio de muito baixa a baixa vulnerabilidade ambiental, ao passo que 30,4% a vulnerabilidade é média, enquanto em 25,5% a vulnerabilidade varia de alta a muito alta.

A partir do cruzamento dos dados constatou-se que a unidade de paisagem Chapada do Marfim apresentou 63% da sua área incluída no nível de muito baixa vulnerabilidade, 20% no nível de baixa vulnerabilidade, 12% no nível de média vulnerabilidade e as áreas de alta a muito alta vulnerabilidade ambiental, que somadas chegaram a 5% da área total da referida

unidade de paisagem. Vale ressaltar que nessa unidade de paisagem as áreas mais vulneráveis são aquelas que se encontram em regiões de encostas com elevada declividade associada com a presença de neossolos litólicos.

Figura 7 - Espacialização da vulnerabilidade ambiental do município de Milton Brandão.



Fonte: Soares (2016).

Na unidade Serras do Retiro houve predominância de áreas com vulnerabilidade muito baixa, algo em torno de 39%, e as áreas com vulnerabilidade baixa, que representaram 9% da unidade de paisagem. As áreas de média vulnerabilidade representaram 21% da unidade de paisagem e aquelas com alta vulnerabilidade corresponderam a 18% e de vulnerabilidade muito alto representaram 13% da referida unidade. Essa unidade de paisagem é que apresenta o segundo maior nível de vulnerabilidade pois somadas as classes de alta e muito alta vulnerabilidade tem-se algo em torno de 31% da área total da unidade de paisagem, em grande parte isso deve a presença nessas áreas de neossolos litólicos e neossolos quartzarênicos, associados a presença de solo exposto em algumas áreas aliado com elevados níveis de declividade, o que torna tais áreas facilmente susceptíveis ao processo erosivo.

A unidade de paisagem Sertão de Dentro apresentou em sua totalidade vulnerabilidade ambiental alta a muito alta. Isto em grande parte se deve a presença marcante de neossolos litólicos sem cobertura vegetal, além disso essa unidade de paisagem encontrar-se em um dos ambientes mais áridos do município o que faz com que lá haja a predominância da vegetação de caatinga, sobretudo uma caatinga esparsa com a presença de campos abertos.

Já a unidade de paisagem Vale do rio Capivara apresentou 74% da sua área classificada como de vulnerabilidade ambiental média e 26% com vulnerabilidade ambiental alta a muito alta. O fator determinante no nível de vulnerabilidade nessa unidade de paisagem foi a declividade e a presença de solo exposto associado com neossolos litólicos, em grande parte da unidade de paisagem há a presença de latossolos que recobrem as colinas, sendo que nessas áreas o nível de vulnerabilidade é médio em grande parte devido a grande presença da vegetação de carrasco. Já nas áreas onde há a presença de neossolos litólicos e maiores níveis de declividade o nível de vulnerabilidade tende a aumentar de forma significativa

Na unidade Vale do rio Corrente verificou-se que 34% da sua área apresentou muito baixa vulnerabilidade, 17% desta unidade apresentou baixo nível de vulnerabilidade, 33% foi classificada como áreas de média vulnerabilidade, enquanto 10% como de alta vulnerabilidade e 6% de muito alta vulnerabilidade ambiental.

Por sua vez, a unidade Vales Centrais apresentou vulnerabilidade ambiental muito baixa a baixa em quase toda sua extensão, algo em torno de aproximadamente 70%, 25% foram classificados em níveis médios de vulnerabilidade e apenas 5% foi classificado como de nível alto a muito alto de vulnerabilidade ambiental.

Nas duas últimas unidades supracitadas verificou-se que os fatores determinantes para o aumento do índice de vulnerabilidade foi a presença de neossolos litólicos, associados com maior nível de declividade e de dissecação do relevo.

#### **4 Considerações finais**

- Ao analisar a paisagem do município de Milton Brandão, por meio dos seus atributos físicos, biológicos e antrópicos, foi possível constatar que a mesma pode ser segmentada em seis unidades, a saber: Serras do Retiro, Vales Centrais, Sertão de Dentro, Chapada do Marfim, Vale do Rio Capivara, Vale do Rio Corrente.
- Constatou-se que grande parte do município apresenta de muito baixa a baixa vulnerabilidade ambiental, principalmente, nas áreas de chapadas onde há um

predomínio da vegetação de Cerrado e do Carrasco, além dos solos em sua maioria serem classificados como Latossolos.

- Destaca-se que as áreas de maior vulnerabilidade ambiental dizem respeito às unidades ambientais Sertão de Dentro, Serra do Retiro e Vale do Rio Capivara, onde ocorre relevo com maior declividade. Associado a essas áreas tem-se, ainda, os solos expostos com afloramento de rocha ou as áreas de Neossolos Litólicos e com a presença de vegetação esparsa, geralmente, pertencente ao bioma caatinga ou ao complexo vegetacional carrasco.
- Reitera-se que os resultados obtidos devem constituir ponto de partida para estudos posteriores, bem como subsidiar ao ordenamento territorial do município de Milton Brandão, de modo a orientar ações e intervenções por parte do poder público com vistas ao desenvolvimento sustentável.

## 5 Referências

- AGUIAR, R. B; GOMES, J. R. C. (Org.). *Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea, estado do Piauí: diagnóstico do município de Milton Brandão*. Fortaleza: CPRM, 2004.
- BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. *Cadernos de Ciências da Terra*, São Paulo, v.13, p.1-27, 1972.
- CAMARGO, L. H. R. *A Geoestratégia da Natureza: a Geografia da Complexidade e a Resistência à possível Mudança do Padrão Ambiental Planetário*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012. 240p.
- CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Ministério de Minas e Energia. *Mapa Geológico do Estado do Piauí*. 2. ed. Teresina, 2006.
- CARRIJO, M. G. G. *Vulnerabilidade ambiental: o caso do Parque Estadual das Nascentes do Rio Taquari*. 2005. Dissertação (Mestrado em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos) – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul. Campo Grande, 2005.
- CREPANI, E; MEDEIROS, J. S; HERNANDEZ FILHO, P; FLORENZANO, T. G. DUARTE, V; BARBOSA, C. C. F. (2001). *Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial*. São José dos Campos: INPE, jun. 113 p. (INPE-8454-RPQ/722).



FERNANDES, A. *Vegetação do Piauí (Conferência)*. In: XXXII CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA. 1981. Teresina, PI– Brasil. Anais.

GRIGIO, A. M. *Evolução da paisagem do baixo curso do Rio Piranhas-Assu (1988-2024): Uso de autômatos celulares em modelo dinâmico espacial para simulação de cenários futuros*. 2008. 205f. Tese (Doutorado em Geodinâmica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2008.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. *Manual Técnico de Geomorfologia*. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009.

\_\_\_\_\_. *CENSO DEMOGRÁFICO 2010*. Características da população e dos domicílios: resultados do universo. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

\_\_\_\_\_. *Malha municipal digital do Brasil: situação em 2018*. Rio de Janeiro: IBGE, 2018. Disponível em: <[http://downloads.ibge.gov.br/downloads\\_geociencias.htm](http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm)>. Acesso em: 10 jun. 2019.

\_\_\_\_\_. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. *Cidades: Milton Brandão*. 2019. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br>>. Acesso em: 24 nov. 2019.

LIMA, I. M. M. F. *Relevo Piauiense: uma proposta de classificação*. Teresina, 1987.

KLAIS, T. B. A.; DALMAS, F. B.; MORAIS, R. P.; ATIQUÊ, G.; LASTORIA, G.; PARANHOS FILHO, A.C. Vulnerabilidade natural e ambiental do município de Ponta Porã, Mato Grosso do Sul, Brasil. *Ambi-Agua*, Taubaté, v. 7, n. 2, p. 277-290, 2012. (<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.786>).

ROSS, J. L. S. *Ecogeografia do Brasil: subsídios para planejamento ambiental*. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 208p.

SOARES, J. P. R. *Vulnerabilidade das unidades de paisagem do município de Milton Brandão-PI: Subsídio ao ordenamento territorial*. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Piauí. Teresina, 2016.

SAMPAIO, T. V. M; AUGUSTIN. C. H. R. R. Índice de concentração da rugosidade: uma nova proposta metodológica para o mapeamento e quantificação da dissecação do relevo como subsídio a cartografia geomorfológica. *Revista Brasileira de Geomorfologia*. v. 15, nº 1 (2014). (DOI: <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v15i1.376>).

SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE. *Dados Pluviométricos Mensais do Nordeste*: Estado do Piauí. 1990.

\_\_\_\_\_. *Dados Pluviométricos Mensais do Nordeste*: Estado do Ceará. 1990.

TAGLIANI, C. R. A. 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, 2003.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The Water Balance. *Climatology. N. Jersey: Centerton*, v. 8, n. 1, 1955.