

MAPEAMENTO E ANÁLISE DA FRAGILIDADE PEDOLÓGICA DAS UNIDADES GEOAMBIENTAIS, EM CASTELO DO PIAUÍ E JUAZEIRO DO PIAUÍ, NORDESTE, BRASIL

MAPPING AND ANALYSIS OF WEAKNESS PEDOLOGIC OF UNITS GEOENVIRONMENTAL, IN CASTELO DO PIAUÍ AND JUAZEIRO DO PIAUÍ, NORTHEAST, BRAZIL

MAPEO Y ANÁLISIS DE DEBILIDAD PEDOLÓGICO DE UNIDADES GEOAMBIENTAL EN EL CASTELO DO PIAUÍ Y JUAZEIRO DO PIAUÍ, NORDESTE, BRASIL

Francílio de Amorim dos Santos
Instituto Federal do Piauí / *Campus* Piripiri
francilio.amorim@ifpi.edu.br

Cláudia Maria Sabóia de Aquino
Departamento de Geografia e História / Universidade Federal do Piauí
cmsaboia@gmail.com

Resumo

A identificação de unidades ambientais de paisagem, suas potencialidades e vulnerabilidades, são importantes para fins de planejamento ambiental, principalmente em áreas com suscetibilidade à desertificação. Nesse contexto, os objetivos desse estudo foram mapear as unidades geoambientais dos municípios de Castelo do Piauí e Juazeiro do Piauí, considerando os Modelos Digitais de Elevação (MDE's) aliados às características geoambientais – geologia, geomorfologia, clima, solos e cobertura vegetal e; analisar a fragilidade pedológica nas unidades mapeadas, considerando o parâmetro erodibilidade dos solos (K). Considerou-se o Modelo Digital de Elevação (MDE) para mapeamento das unidades geoambientais e classificação do relevo e o método de mensuração indireta proposto por Römken *et al.* (1987), para estimar as classes de erodibilidade dos solos (K). Foram identificadas as seguintes unidades geoambientais: Superfície Pedimentada Dissecada em Morros/Colinas e Formas Tabulares de Juazeiro do Piauí, Patamares Estruturais da Bacia do rio Poti, Vale da Bacia do rio Poti, Superfície Pedimentada Dissecada em Morros/Colinas e Formas Tabulares de Castelo do Piauí e Rebordos Cuestiformes Conservados do Interior da Bacia Sedimentar do Maranhão/Piauí. Essa última unidade apresentou a menor fragilidade pedológica, pois 90,3% das associações de solos possuem baixos valores de erodibilidade dos solos, constituindo muito baixa a baixa fragilidade pedológica, enquanto o Vale da Bacia do rio Poti constitui a unidade com mais alta a muito alta fragilidade pedológica, com 12,2%. O planejamento ambiental para prática das atividades antrópicas deve considerar os dados aqui apresentados, integrando-os às informações referentes à dinâmica climática, bem como as formas de uso e cobertura das terras.

Palavras-chaves: Desertificação, Abordagem Integrada, Erodibilidade dos solos (K).

Abstract

The identification of environmental units of landscape, their potential and vulnerability, are important for environmental planning, especially in areas susceptible to desertification. In this context, the objectives of this study were to map the geo-environmental units in the municipalities of Castelo do Piauí and Juazeiro do Piauí, considering the Digital Elevation Models (DEM's) coupled with geo-environmental characteristics - geology, geomorphology, climate, soils and vegetation cover - and analyze the pedological weakness in mapped drives, considering the erodibility of the soil parameter (K). Considered the Digital Elevation Model (DEM), for mapping of geo-environmental units and relief classification, and the indirect measurement method proposed by Römken *et al.* (1987), to estimate soil erodibility classes (K). The following geoenvironmental units were identified: Pedimentada Dissected Surface in Hills/Hills and Tabular Forms of

Juazeiro do Piauí, Patamares Structural river Basin Poti, Valley River Basin Poti, Pedimentada Dissected Surface in Hills/Hills and Tabular Forms of Castelo do Piauí, Edges Cuestiformes Preserved interior of the Sedimentary Basin of Maranhão/Piauí. The latter unit had the lowest pedologically fragile because 90.3% of soil associations have low erodibility values of the soil, being very low to low pedological weakness, while the Basin Valley River Poti is the unit with high to very high fragility pedological, with 12.2%. Environmental planning that practice of human activities should consider the data presented here, integrating them into information relating to climate dynamics and forms of use and coverage of land.

Keywords: Desertification, Integrated Approach, Soil Erodibility (K).

Resumen

La identificación de las unidades de paisaje del medio ambiente, sus puntos fuertes y débiles son importantes para los propósitos de la planificación ambiental, especialmente en las zonas susceptibles a la desertificación. En este contexto, los objetivos de este estudio fueron para mapear las unidades geo-ambientales en los municipios de Castelo do Piauí y Juazeiro do Piauí, teniendo en cuenta los modelos de elevación digital (DEM), junto con las características geo-ambientales - geología, geomorfología, clima, suelo y vegetación - y analizar la debilidad pedológico en unidades asignadas, teniendo en cuenta el parámetro de erosionabilidad del suelo (K). Se considerará que el modelo de elevación digital (DEM) para la asignación de unidades de geo-ambientales y clasificación de socorro, y el método de medición indirecta propuesto por Römken et al. (1987), para estimar las clases de erosionabilidad del suelo (K). Se identificaron las siguientes unidades geo-ambientales: superficie Pedimentada disecado en Morros/Colinas y tabulares las formas de Piauí Juazeiro, cuenca del río desembarques estructural Poti, valle del río Cuenca Poti, Superficie Pedimentada disecado en Morros/Hills y el castillo forma tabular Piauí, cantos Cuestiformes interior de la cuenca sedimentaria de Maranhão/Piauí en conserva. Esta última unidad tenía la pedologically frágil como un 90,3% más bajo de las asociaciones de suelos tienen valores bajos de erosionabilidad del suelo, siendo muy bajo a bajo pedologically frágil como el valle de la cuenca del río Poti es la unidad con el lote más alto pedológico alta fragilidad, con un 12,2%. La planificación ambiental para la práctica de actividades humanas debe tener en cuenta los datos presentados aquí, integrándolos en la información relacionada con la dinámica del clima y las formas de uso y cobertura de la tierra.

Palabras clave: Desertificación, Enfoque Integrado, Erosionabilidad del suelo (K).

INTRODUÇÃO

Os estudos da dinâmica da paisagem apresentam-se embasados na ótica da abordagem sistêmica, primando pelo conhecimento e integração dos diversos elementos geoambientais. O conhecimento das potencialidades e das fragilidades naturais possibilita elaborar ações de planejamento e ordenamento físico territorial.

As atividades humanas praticadas de forma inadequada, sem conhecimento da dinâmica ambiental e sem planejamento geram modificações nas paisagens terrestres. Essas transformações resultam, dentre outros, da concentração industrial nas cidades, da mecanização agrícola em sistemas de produção baseado na monocultura, supressão da vegetação nativa para implantação de pastagens, extração dos recursos energéticos e matérias-primas.

As ações que comprometem o ambiente demandam planejamento físico territorial na perspectiva ambiental e socioeconômica, baseados nas potencialidades dos recursos naturais e humanos e ainda nas fragilidades ambientais (ROSS, 1993). O planejamento ambiental torna-se, ainda mais essencial em regiões áridas, semiáridas e subúmidas secas, pois a dinâmica geoambiental natural aponta suscetibilidade à desertificação.

Deve-se ressaltar que a suscetibilidade dos solos à erosão, ou seja, seu potencial de erodibilidade está associado a algumas de suas propriedades. Para Pinheiro (2011), os fatores que mais influem na erodibilidade são: a textura do solo, a densidade real e aparente, a porosidade, o teor dos agregados, o teor de matéria orgânica e a estabilidade dos agregados. Dessa forma, a erodibilidade dos solos (K) é a suscetibilidade dos solos à erosão em diferentes taxas, a partir das diferenças em suas propriedades e seus vários usos (BELTRAME, 1994).

De acordo com Lal e Elliot (1994), através do fator K é possível mensurar a suscetibilidade dos solos ao desprendimento e transporte pelos agentes de erosão. Crepani *et al.* (2001) aponta que a maturidade dos solos tem interferência sobre sua vulnerabilidade e é produto do balanço morfogênese/pedogênese. O referido autor afirma que em solos jovens e pouco desenvolvidos predomina morfogênese, em solos maduros, lixiviados e bem desenvolvidos predomina a pedogênese.

Os processos de erosão dos solos ocorrem de forma integrada e sofrem influência de múltiplos fatores, sendo que as condições físicas e químicas de cada tipo de solo determinam maior ou menor resistência aos processos erosivos advindo da ação das águas, da topografia, do tipo de cobertura vegetal, etc.

Os experimentos para avaliações do valor de K, de modo direto, demandam grandes gastos e longo período de tempo em suas determinações, pois trabalham com o processo da causa e efeito da erosão do solo. Por outro lado, é possível estimar valores para K através de métodos indiretos (MANNIGEL *et al.*, 2002), que serão utilizados no presente estudo.

Araújo *et al.* (2011) também afirmam que os testes de campo são onerosos e demandam longas séries temporais para avaliação, além da instalação de parcelas de perda de solo no campo, sob chuva forte ou simulada. Porém, existem outras metodologias disponíveis para avaliação da erosão hídrica do solo, tais como os modelos de predição que são fundamentais, visto que possuem comprovada adequação e confiabilidade e permitem avaliar diversos cenários de manejo do solo sem necessidade de testes de campo.

Os comprometimentos ao ambiente oriundos da erosão dos solos em áreas suscetíveis a desertificação, a exemplo dos municípios de Castelo do Piauí e Juazeiro do Piauí, bem como a carência de estudos considerando a temática, justifica o presente estudo, que tem como objetivos: i) mapear as unidades geoambientais dos municípios de Castelo do Piauí e Juazeiro do Piauí, considerando os Modelos Digitais de Elevação (MDE's) aliados às características geoambientais – geologia, geomorfologia, clima, solos e cobertura vegetal e; ii) analisar a fragilidade pedológica nas unidades mapeadas, considerando o parâmetro erodibilidade dos solos (K).

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

As imagens da Missão *SRTM (Shuttle Radar Topography Mission)* foram utilizadas para o mapeamento das unidades geoambientais. As referidas imagens foram adquiridas junto ao *site* do Serviço Geológico dos Estados Unidos (*USGS - United States Geological Service*). O mapeamento constou do uso

das citadas imagens aliadas ao critério topo-morfológico e integração das características geológicas, geomorfológicas, climáticas, pedológicas e cobertura vegetal.

Para estimar as classes de erodibilidade dos solos (K) de Castelo do Piauí e Juazeiro do Piauí foi utilizado o método de mensuração indireta a partir da equação de Römken *et al.* (1987). A referida equação adequa-se a solos de quaisquer texturas ou grau de agregação e aqueles que possuem dados limitados e/ou conteúdo de matéria orgânica e permeabilidade desconhecidas, a exemplo dos solos piauienses. A equação 1 baseia-se na média geométrica do diâmetro das partículas primárias do solo, a saber:

$$K = 7,594 (0,0034 + 0,0405 \exp ((-1/2) ((\log (Dg) + 1,659) / 0,7101)) ^2) \quad (1)$$

Onde:

Log = logaritmo decimal;

Dg = média geométrica do diâmetro das partículas primárias, em mm.

A média geométrica (Dg) foi calculada através da equação 2, conforme proposto por Shirazi e Boersma (1984):

$$Dg = \exp (0.01 \sum_{i=1}^3 f_i \times \ln \times M_i) \quad (2)$$

Onde:

f_i = percentagem das frações granulométricas das partículas de areia, silte e argila;

ln = logaritmo natural;

M_i = média aritmética dos dois limites do diâmetro de partículas.

Posteriormente, considerando os limites das partículas segundo classificação da *United States Department of Agriculture* (USDA) utilizada por Shirazi e Boersma (1984), tem a delimitação dos seguintes valores de M_i:

$$M_{\text{areia}} = (2 + 0,05) / 2 = 1,025 \text{ mm};$$

$$M_{\text{silte}} = (0,05 + 0,002) / 2 = 0,026 \text{ mm};$$

$$M_{\text{argila}} = (0,002 + 0) / 2 = 1,001 \text{ mm}.$$

As classes dos valores do fator K elaboradas para as 17 associações de solos encontrados em Castelo do Piauí e Juazeiro do Piauí é resultado da média ponderada das associações de solos identificadas em Jacomine (1983). Dessa forma, foi realizada a subtração da associação de solo de maior valor pela de menor valor, o resultado foi dividido pelo número de classes pretendidas, gerando cinco classes, conforme trabalho realizado por Mannigel *et al.* (2002).

Tabela 1 - Intervalos de Erodibilidade dos solos (K), com respectivas denominações das classes correspondentes a cada intervalo.

Amplitude de K (ton.ha.h/ ha.MJ.mm)	Classe atribuída	Peso
0,019 a 0,024	Muito Baixa	1
0,025 a 0,030	Baixa	2
0,031 a 0,036	Moderada	3
0,037 a 0,042	Alta	4
> 0,042	Muito Alta	5

Fonte: Adaptado de Mannigel *et al.* (2002).

LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO

O estudo foi realizado nos municípios de Castelo do Piauí e Juazeiro do Piauí, situados na Macrorregião do Meio-Norte e Território do Desenvolvimento dos Carnaubais (PIAÚI, 2006), conforme Figura 1. Castelo do Piauí possui uma área de 2.035,2 km² e sua sede municipal localiza-se às Coordenadas Geográficas 05°19'19"S e 41°33'10" O (AGUIAR e GOMES, 2004a; IBGE, 2015). Por sua vez, Juazeiro do Piauí possui área de 827,2 km² e sua sede municipal situa-se às Coordenadas Geográficas de 05°10'19"S e 41°42'10" O (AGUIAR e GOMES, 2004b; IBGE, 2015).

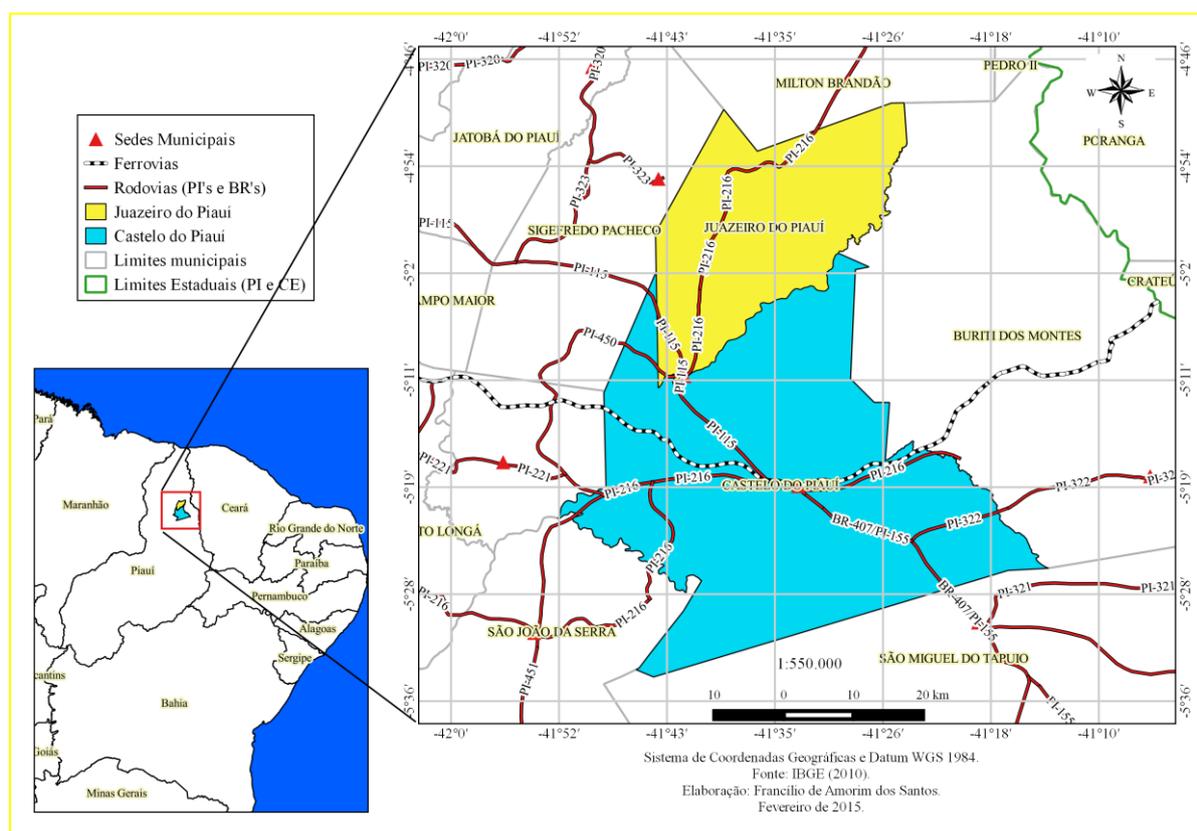


Figura 1 - Mapa da localização dos municípios de Castelo do Piauí e Juazeiro do Piauí. Fonte: IBGE (2010).

Os municípios em estudo alicerçam-se sobre as seguintes formações geológicas: Longá (ocupa 0,3% da área), Cabeças (ocupa 71,7% da área), Pimenteiras (ocupa 17,2% da área), Serra Grande (ocupa 0,8% da área) e os Depósitos Colúvio-Eluviais (ocupam 10% da área). Em 70,4% da área os níveis altimétricos variam de 180 a 300 m, correspondendo, principalmente, às superfícies planas dos patamares estruturais e

vale do rio Poti. Por outro lado, 3,8% da área apresentam altitudes que variam de 420 a 580 m e são representadas pelas Formações Serra Grande, Pimenteiras e Cabeças.

O rio Poti é o principal curso hídrico que drena os municípios. Destaque-se que Castelo do Piauí é drenado, também, pelos rios do Cais e riachos Sambaíba, São Francisco e São Miguel. Juazeiro, por sua vez, ainda é drenado pelos rios Parafuso e riacho Vertente (BAPTISTA, 1981; AGUIAR e GOMES, 2004a; 2004b).

Quanto ao clima, os referidos municípios apresentam 51,1% de suas áreas com índices pluviométricos que variam de 1.100 a 1.200 mm, que corresponde à parte centro-norte e está sob influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Ambos os municípios apresentam distribuição temporal das chuvas concentradas entre 5 e 6 meses do ano em 33,5% da área, enquanto que 30,2% da área apresenta menos de 5 meses secos. O Índice Efetivo de Umidade (IM) aponta que 64,7% da área possui clima subúmido seco, 28,6% clima subúmido úmido e 6,7% clima semiárido (SANTOS, 2015). Conforme os dados, 35,3% da área enquadra-se segundo Brasil (2004) em áreas suscetíveis a desertificação.

Foram identificadas 17 associações de solos nos municípios em estudo (Figura 2), conforme Jacomine (1983). Estas foram agrupadas em 6 ordens, conforme EMBRAPA (2009), a saber: Areias Quartzosas (Neossolos Quartzarênicos, 12,8% da área), Bruno Não-Cálcico (Luvisolos Crômicos, 0,6%), Latossolos Amarelos (40,5% da área), Plintossolos (0,2%), Podzólicos Vermelho-Amarelo (Argissolos, 12,7%) e Solos Litólicos (Neossolos Litólicos, 33,2%).

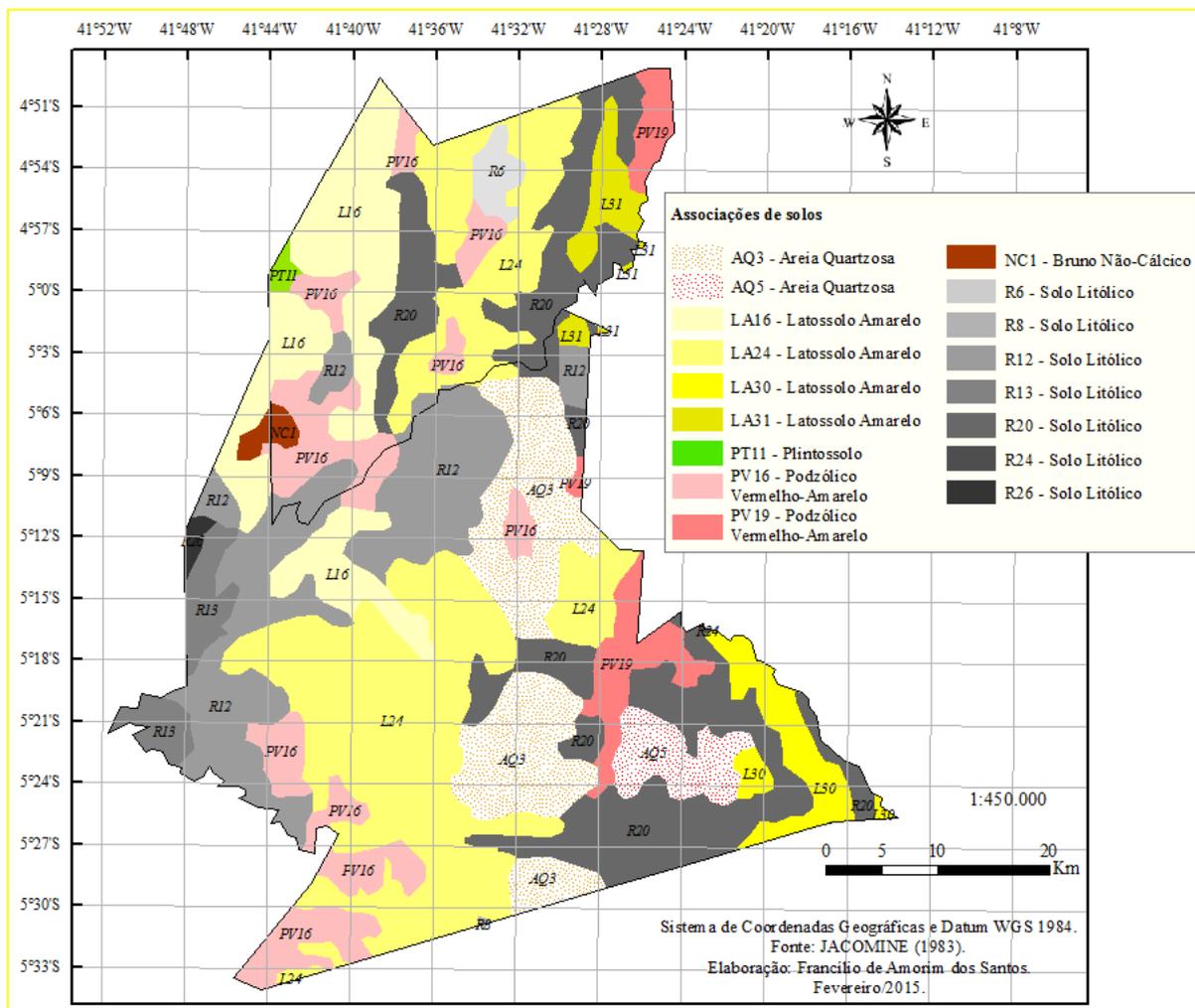


Figura 2 - Esboço pedológico dos municípios de Castelo do Piauí e Juazeiro do Piauí.
 Fonte: Jacomine (1983).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

UNIDADES GEOAMBIENTAIS DE CASTELO DO PIAUÍ E JUAZEIRO DO PIAUÍ

Para identificação das unidades geoambientais foram utilizadas imagens da Missão *SRTM* (*Shuttle Radar Topography Mission*) aliadas ao critério topo-morfológico. As unidades compartimentadas a partir das cotas altimétricas e das classes de relevo foram as seguintes, conforme exposto na Figura 3: Superfície Pedimentada Dissecada em Morros/Colinas e Formas Tabulares de Juazeiro do Piauí as quais abrangem 500,9 km² (ocupa 17,5%) da área em estudo; Patamares Estruturais da Bacia do rio Poti, 744,2 km² (ocupam 26%) da área; Vale da Bacia do rio Poti, corresponde a 246,2 km² (ocupa 8,6%); Superfície Pedimentada Dissecada em Morros/Colinas e Formas Tabulares de Castelo do Piauí, 964,6 km² (ocupa 33,7%) dos municípios; e Rebordos Cuestiformes Conservados do Interior da Bacia Sedimentar do Maranhão/Piauí, que abrange 406,5 km² (ocupam 14,2%) da área em estudo.

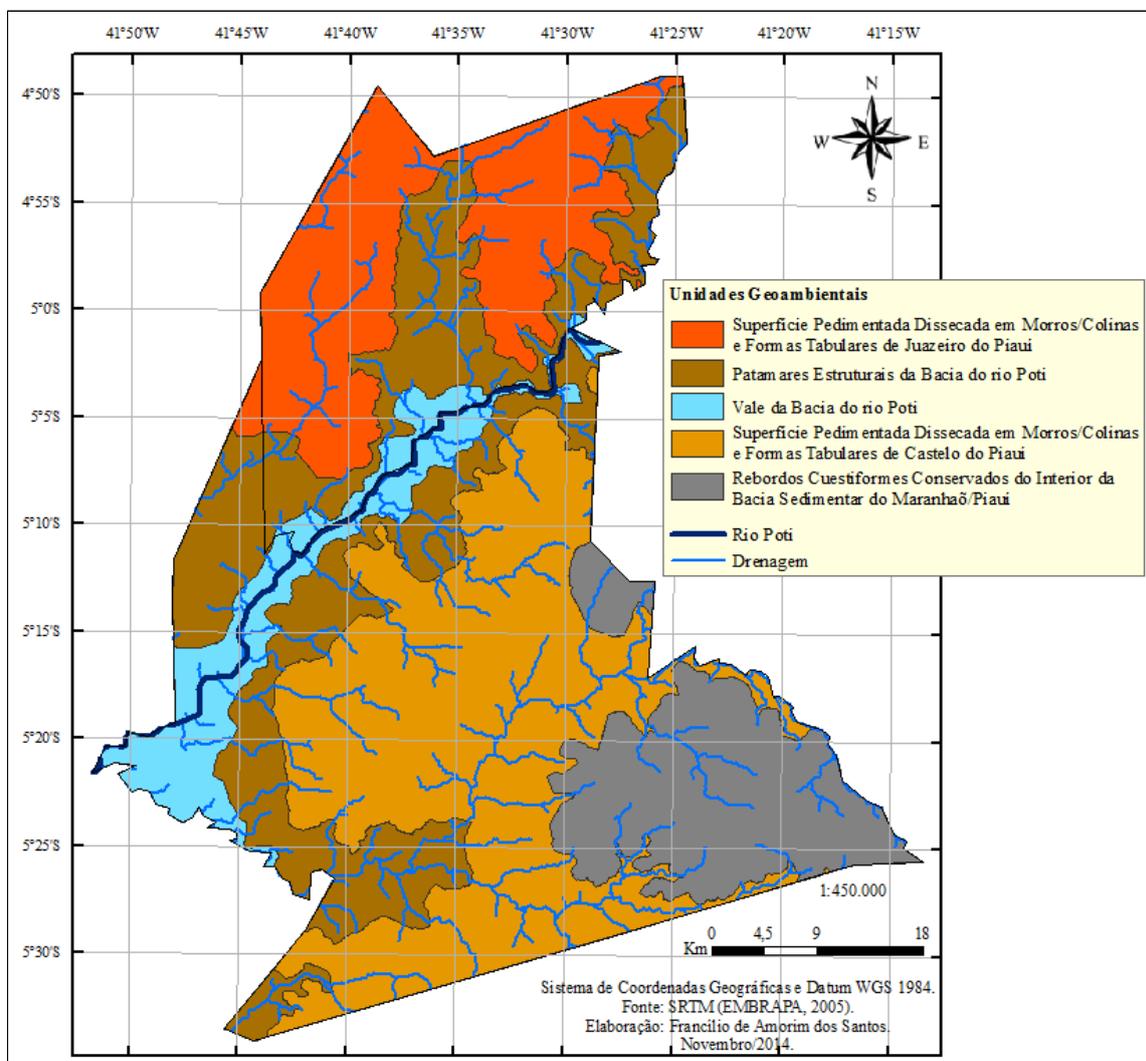


Figura 3 - Unidades Geoambientais dos municípios de Castelo do Piauí e Juazeiro do Piauí.
Fonte: Santos (2015).

FRAGILIDADE PEDOLÓGICA NAS UNIDADES GEOAMBIENTAIS

Tomando como base as 17 associações de solos identificadas em Jacomine (1983) e o método de mensuração indireta proposto por Römken *et al.* (1987), constatou-se que as associações AQ5, AQ3, LA24, LA30 e R20 podem ser classificadas como de muito baixa erodibilidade (0,019 a 0,024 ton.ha.h/ha.MJ.mm); as associações LA31 e R13 foram as únicas associações consideradas como de baixa erodibilidade (0,025 a 0,030 ton.ha.h/ha.MJ.mm); as associações R12, LA16, PT11, PV19 e R6 apresentaram valores que permitiram enquadrá-las na classe de moderada erodibilidade (0,031 a 0,036 ton.ha.h/ha.MJ.mm); as associações R26 e PV16 apresentaram alta erodibilidade (0,037 a 0,042 ton.ha.h/ha.MJ.mm); já as associações R24, NC1 e R8, por sua vez, constituem associações de solos de erodibilidade muito alta (> 0,042 ton.ha.h/ha.MJ.mm), conforme representado na Figura 4.

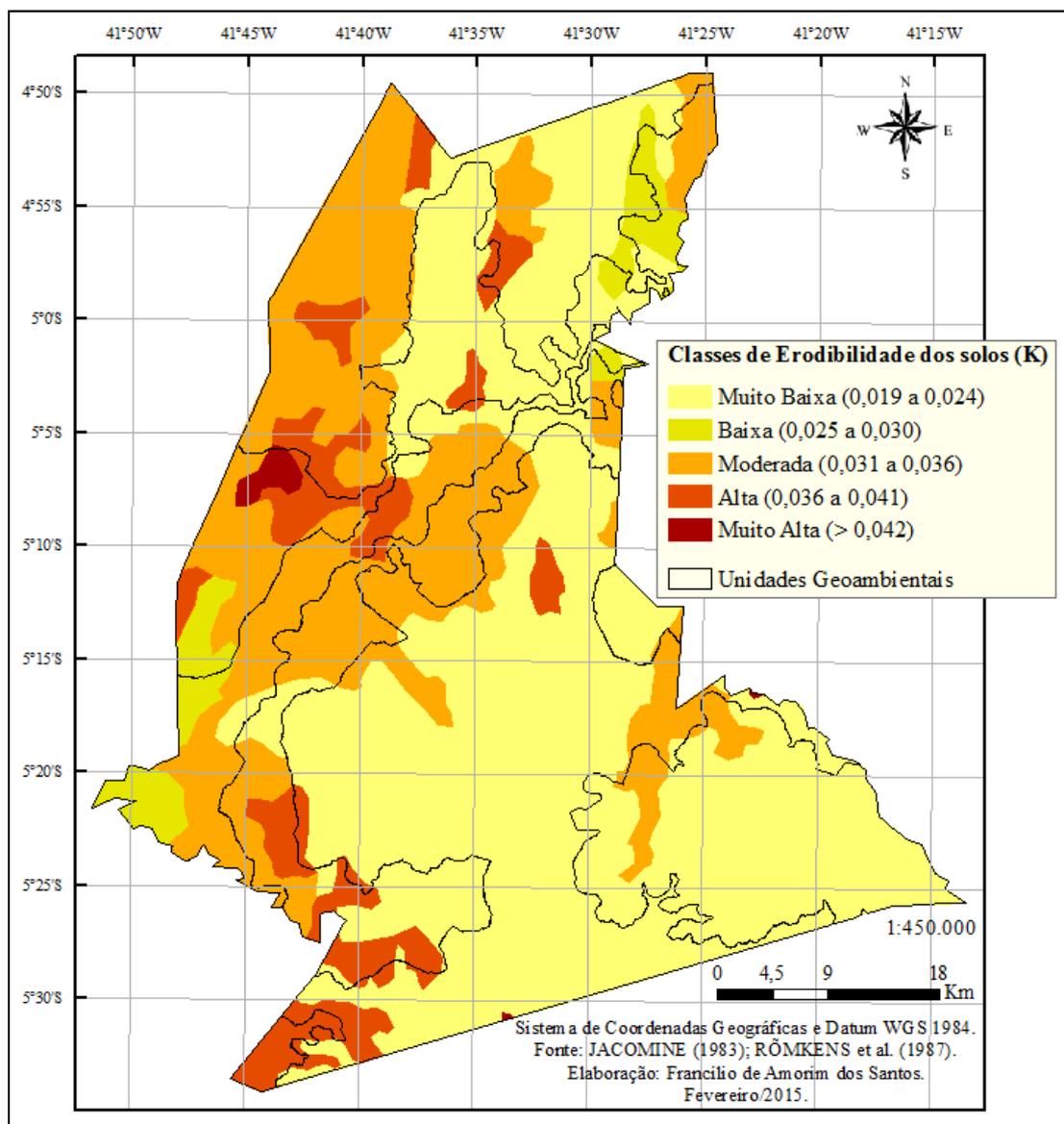


Figura 4 - Erodibilidade dos solos (K) dos municípios de Castelo do Piauí e Juazeiro do Piauí. Fonte: Jacomine (1983); Römken *et al.* (1987).

Na Tabela 2 estão dispostos os dados referentes à fragilidade pedológica das unidades geoambientais dos municípios de Castelo do Piauí e Juazeiro do Piauí. Pode-se inferir que a unidade com menor potencial de erodibilidade dos solos (K), conforme metodologia de Römken *et al.* (1987), são os Rebordos Cuestiformes Conservados do Interior da Bacia Sedimentar do Maranhão/Piauí, os quais apresentaram 90,3% de sua área com muito baixa fragilidade pedológica, devido aos baixos valores encontrados para as associações de solos identificados nessa unidade a saber: AQ5, AQ3, LA24, LA30 e R20.

Tabela 2 - Fragilidade pedológica nas unidades geoambientais dos municípios de Castelo do Piauí e Juazeiro do Piauí.

Classe	Peso	Área (km ²)					%				
		SJP ²	PE ²	VBP ²	SCP ²	RCC ²	SJP ²	PE ²	VBP ²	SCP ²	RCC ²
MB ¹	1	339,6	539,5	174,5	777,5	367,1	67,8	72,5	70,9	80,4	90,3
B ¹	2	30,5	18,6	7,6	3,8	-	6,1	2,5	3,1	0,4	-
M ¹	3	89,7	142,1	51,9	137,9	39,4	17,9	19,1	21,1	14,3	9,7
A ¹	4	35,6	41,7	12,2	44,4	-	7,1	5,6	12,2	4,6	-
MA ¹	5	5,5	2,3	-	1	-	1,1	0,3	-	0,1	-
Total		500,9	744,2	246,2	964,6	406,5	100	100	100	100	100

¹MB = Muito Baixa; B = Baixa; M = Moderada; A = Alta; MA = Muito Alta.

²SJP - Superfície Pedimentada Dissecada em Morros/Colinas e Formas Tabulares de Juazeiro do Piauí; PE - Patamares Estruturais da Bacia do rio Poti; VBP - Vale da Bacia do rio Poti; SCP - Superfície Pedimentada Dissecada em Morros/Colinas e Formas Tabulares de Castelo do Piauí; RCC - Rebordos Cuestiformes Conservados do Interior da Bacia Sedimentar do Maranhão/Piauí.

Fonte: Pesquisa direta. Santos (Org.), 2015.

As unidades Superfície Pedimentada Dissecada em Morros/Colinas e Formas Tabulares de Castelo do Piauí, Patamares Estruturais da Bacia do rio Poti, Vale da Bacia do rio Poti e Superfície Pedimentada Dissecada em Morros/Colinas e Formas Tabulares de Juazeiro do Piauí apresentaram, respectivamente, 80,8%, 75%, 74% e 73,9% de suas áreas classificadas como de muito baixo a baixa fragilidade pedológica, a saber: AQ5, AQ3, LA24, LA30, R20, LA31 e R13.

Ressalta-se, também, que a unidade Vale da Bacia do rio Poti e Superfície Pedimentada Dissecada em Morros/Colinas e Formas Tabulares de Juazeiro do Piauí apresentaram, respectivamente, 12,2% e 8,2% de suas áreas classificadas com alta a muito alta erodibilidade, a saber: R26, PV16, R24, NC1 e R8. Tal fato deve-se aos altos valores de K encontrados para as associações de solos predominantes, conforme proposto por Römken *et al.* (1987).

De modo geral, pode-se afirmar que as unidades geoambientais identificadas em Castelo do Piauí e Juazeiro do Piauí apresentam áreas com muito baixa a baixa fragilidade pedológica a erosão, a exemplo dos Latossolos, isso devido ao fato de serem solos maduros, profundos, arenosos, portanto, permeáveis e de ocorrência em área de relevo plano a suave ondulado.

CONCLUSÕES

O estudo utilizando os Modelos Digitais de Elevação (MDE's) e o critério topo-morfológico permitiu identificar as seguintes unidades geoambientais nos municípios de Castelo do Piauí e Juazeiro do Piauí: Superfície Pedimentada Dissecada em Morros/Colinas e Formas Tabulares de Juazeiro do Piauí, Patamares Estruturais da Bacia do rio Poti, Vale da Bacia do rio Poti, Superfície Pedimentada Dissecada em Morros/Colinas e Formas Tabulares de Castelo do Piauí, Rebordos Cuestiformes Conservados do Interior da Bacia Sedimentar do Maranhão/Piauí.

O emprego dos MDE's e o método de mensuração indireta proposto por Römken *et al.* (1987) para estimar a erodibilidade das associações de solos da área de estudo mostraram-se satisfatórios, no sentido de apontar quais das unidades geoambientais supracitadas apresentam maior ou menor fragilidade pedológica. Nesse contexto, é possível apontar que os Rebordos Cuestiformes Conservados do Interior da Bacia Sedimentar do Maranhão/Piauí é a unidade com menor fragilidade pedológica.

Em suma, o método proposto nesse estudo possibilita inferir que, de modo geral, as unidades geoambientais identificadas em Castelo do Piauí e Juazeiro do Piauí considerando as associações de solos apresentam de muito baixa a baixa fragilidade pedológica.

Os dados aqui apresentados devem orientar o planejamento ambiental dos referidos municípios, considerando a vulnerabilidade, em especial, aquelas ligadas aos solos, de modo a equacionar o desenvolvimento das atividades de maneira condizente com a capacidade de suporte da área.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, R.B.; GOMES, J.R.C. (Org.). **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea, estado do Piauí**: diagnóstico do município de Castelo do Piauí. – Fortaleza: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2004a.
- _____. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea, estado do Piauí**: diagnóstico do município de Juazeiro do Piauí. – Fortaleza: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2004b.
- ARAÚJO, F.S.; SALVIANO, A.A.C.; HOLANDA NETO, M.R. Estimativa da Erodibilidade de Latossolos do Piauí. **Scientia Plena**, vol. 7. Num. 10. 2011.
- AQUINO, C.M.S. **Suscetibilidade Geoambiental das Terras Secas do Estado do Piauí à Desertificação**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2002.
- BAPTISTA, João Gabriel. **Geografia Física do Piauí**. 2ª edição. Teresina: COMEPI, 1981.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. **Programa de Ação Nacional Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca PAN-Brasil**. Brasília: MMA. 2004.
- BELTRAME, A.V. **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas**: modelo e aplicação. – Florianópolis: Ed. da UFSC, 1994.
- CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S.; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T.G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C.C.F. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial**. São José dos Campos: INPE, 2001. 124p.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. – Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI. 2009.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. 2013. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br>. Acesso em fevereiro de 2015.
- JACOMINE, P.K.T. **Mapa exploratório-reconhecimento de solos do estado do Piauí**. Convênio EMBRAPA/SNLCS-SUDENE-DRN. 1983.
- LAL, R.; ELLIOT, W. Erodibility and erosivity. In: LAL, R. **Soil Erosion: research methods**. Second Edition. Ankeny: Soil and Water Conservation Society, 1994. p.180-208.
- MANNIGEL, A.R.; CARVALHO, M.P.; MORETI, D.; MEDEIROS, L.R. Fator erodibilidade e tolerância de perda dos solos do Estado de São Paulo. **Acta Scientiarum**, Maringá, V. 24, n. 5, p. 1335-1340, 2002.
- PIAUI. Gabinete do Governador. Palácio de Karnak. **Projeto de Lei Complementar nº 004, de 14 de fevereiro de 2006**. Estabelece o Planejamento Participativo Territorial para o Desenvolvimento Sustentável do estado do Piauí e dá outras providências.
- PINHEIRO, R.A.B. **Análise do processo de degradação/desertificação na bacia do Riacho Feiticeiro, com base no DFC, município de Jaguaribe-Ceará**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA). Fortaleza - CE, 2011.
- RÖMKENS, M.J.M.; PRASAD, S.N.; POESEN, J.W. Soil Erodibility and Properties. In: **Annals of the CONGRESS of the ISSS**, Hamburg, p.492-503, out. 1987.

ROSS, J.L.S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**. São Paulo: FFLCH/USP, n. 8, p.63-74, 1993.

SANTOS, F.A. **Mapeamento das unidades geoambientais e estudo do risco de degradação/desertificação nos municípios de Castelo do Piauí e Juazeiro do Piauí**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGGEO) / Universidade Federal do Piauí. 2015.

SHIRAZI, M.A.; BOERSMA, L. A Unifying Quantitative Analysis of Soil Texture. **Soil Science Society of America Proceedings**, Las Vegas, v. 48, n°1, p. 142-147. 1984.

USGS - *United States Geological Service* (Serviço Geológico dos Estados Unidos). **Earth Explorer** - Digital Elevation - *SRTM 1 Arc-Second Global*. 2015. Disponível em <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em 23 de novembro de 2015.