



Mapeamento dos fatores restritivos das terras da bacia hidrográfica do médio curso do rio Paraíba

Paulo Roberto Megna Francisco¹, Viviane Farias Silva², Djail Santos³, George do Nascimento Ribeiro⁴, Gypson Dutra Junqueira Ayres⁵

¹ Universidade Federal de Campina Grande, Doutorado em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais, paulomegna@gmail.com

² Universidade Federal de Campina Grande, campus Patos, Docente Associada, viviane.farias@professor.ufcg.edu.br

³ Universidade Federal da Paraíba, campus Areia, Docente, santosdjail@gmail.com

⁴ Universidade Federal de Campina Grande, Campus Sumé, Docente Associado, george.nascimento@professor.ufcg.edu.br

⁵ Universidade Federal de Campina Grande, Doutorado em Engenharia Agrícola, Campus Campina Grande, gypsond@gmail.com

Recebido em: 01/02/2022

Aceito em: 01/09/2022

Resumo

Este trabalho foi desenvolvido com os objetivos de identificar e mapear as restrições pedológicas das terras da região do médio curso do rio Paraíba. Para isso, foi utilizado o SIG SPRING, mapa digital de solos e o Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba, de onde foram extraídas informações pedológicas para classificação dos mapas de salinidade/sodicidade, profundidade efetiva, pedregosidade, fertilidade, erosão, drenabilidade e textura. Os dados foram interpretados e classificados de acordo com os fatores restritivos dos solos (nula, ligeira, moderada, forte, muito forte e extremamente forte). Observou-se que os fatores de restrição ao uso das terras com maior ocorrência na classe forte foram a textura, profundidade efetiva e pedregosidade; na classe moderada, a erodibilidade, declividade e a fertilidade; na classe ligeira, a declividade; e na classe nula, salinidade e drenagem.

Palavras-chave: Geotecnologias. Solos. Restrição de uso.

Introdução

Devido à crescente necessidade de um planejamento adequado e sustentável das atividades humanas, o entendimento dos ecossistemas e, principalmente, da prestação de serviços ambientais tornou-se imperativo (SANCHEZ *et al.*, 2009).

O conhecimento dos recursos naturais (solos, clima, vegetação e relevo) constitui parte do embasamento indispensável para a avaliação do potencial de uso das terras. Essas informações, combinadas com os contextos sociais, econômicos e culturais, levam à possibilidade de análise das oportunidades, restrições e impactos ligados ao uso da terra. Desse modo, é possível identificar áreas com maior ou menor aptidão para as mais diversas atividades, sejam agrícolas ou não, considerando aspectos de equidade, justiça social e responsabilidade no uso dos

recursos naturais, visando benefícios coletivos (BENEDETTI *et al.*, 2008).

A agricultura é uma atividade econômica dependente, em grande parte, do meio físico. Em uma região há várias sub-regiões com distintas condições de solo e clima, portanto, com diferentes aptidões para produzir bens agrícolas diversos (GLERIANI, 2000). O uso adequado do solo é o primeiro passo em direção a uma agricultura sustentável. Para isso, os solos devem ser manejados de acordo com a sua capacidade de sustentação e produtividade econômica (HUDSON, 1971).

O conhecimento da aptidão de terras é fator de grande importância para propiciar o uso adequado da oferta ambiental e, sobretudo, evitar a possível sobreutilização dos recursos naturais (EMBRAPA, 2006). Tais interpretações pressupõem a disponibilidade de certo número de informações preexistentes, que têm de ser

fornecidas por levantamentos apropriados da área de trabalho ou por estudos pedológicos preexistentes. Para que as informações contidas nos levantamentos sejam melhor utilizadas, é necessário que a partir desses dados sejam compostos mapas temáticos interpretativos, baseados nos critérios da classificação técnica utilizada (RAMALHO FILHO; BEEK, 1995).

Mapas pedológicos em escalas generalizadas, englobando certa porção significativa de território, permitem a visualização de grandes áreas, abrangendo a distribuição espacial e a variação existente nos solos, constituindo documentos importantes na caracterização dos recursos e na orientação de planejamentos regionais do uso da terra (ROSSI; OLIVEIRA, 2000). Os mapas são suportes indispensáveis para o planejamento, ordenamento e uso eficaz dos recursos da terra, sendo um instrumento visual da percepção humana e meio para obter o registro e a análise da paisagem (LIMA *et al.*, 2007).

As classificações técnicas, também chamadas de interpretativas, são caracterizadas por utilizarem pequeno número de atributos para separar os indivíduos em classes e atenderem a determinado objetivo. A classificação técnica ou interpretativa para o uso e manejo das terras consiste na previsão da resposta dos solos, sob manejos específicos e sob certas condições ambientais (PEREIRA; LOMBARDI NETO, 2004). É, normalmente, baseada em interpretação de estudos básicos (levantamentos taxonômicos) de solos (CAMARGO *et al.*, 1987; EMBRAPA, 1999).

No Brasil, os sistemas de classificações técnicas para fins de levantamento do potencial de uso do solo mais conhecidos e utilizados são de aptidão agrícola (RAMALHO FILHO; BEEK, 1995) e o de capacidade de uso, originalmente desenvolvido nos Estados Unidos e adaptado às condições brasileiras (LEPSCH *et al.*, 1991). Em termos agrônômicos, os critérios interpretativos para agrupamentos de terras são em função da

aptidão agrícola para determinadas culturas; de acordo com risco de erosão; por necessidade de calagem; com finalidades de irrigação ou drenagem; e em função da capacidade máxima de uso. Para outros fins, as referidas classificações também são de grande utilidade, tais como: geotecnia, construção de aeroportos, engenharia sanitária, taxaço de impostos, engenharia rodoviária e ferroviária (RAMALHO FILHO; BEEK, 1995; LEPSCH *et al.*, 1991; FREIRE, 1984).

De acordo com Cobra *et al.* (2019), um grande número de informações georreferenciadas qualificadas permitem que os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) espacializem esses dados e gerem produtos que subsidiem o planejamento e a tomada de decisão (VALLE JUNIOR *et al.*, 2013; ZANELLA *et al.*, 2013; CESSA *et al.*, 2014; ANGELO; MORAIS, 2017; MACHADO *et al.*, 2017). Com o SIG é possível realizar análises complexas, integrar dados de diversas fontes, criar banco de dados georreferenciados e automatizar a produção de mapas (ELSHEIKH *et al.*, 2013; LEITE; FERREIRA, 2013; SILVEIRA *et al.*, 2013; NUNES; ROIG, 2015; POELKING *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2015; SILVEIRA *et al.*, 2015; SOUZA, 2015; SOUZA; SILVA, 2016).

O uso de SIG e informações georreferenciadas são fundamentais para avaliação de terras para fins agrícolas, em que o levantamento pedológico se torna base para essa análise. Dessa forma, o SIG concede avaliação mais rápida e menos subjetiva, possibilitando o cruzamento de diferentes planos de informações para geração de mapas valiosos na avaliação de terras (ARAÚJO FILHO *et al.*, 2013; FRANCISCO *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2015; ROCHA FILHO *et al.*, 2016; SILVA, 2016).

Andrade e Ogliari (2013) afirmam que qualquer trabalho de análise estatística se inicia com a análise descritiva de dados. A estatística descritiva compreende técnicas usadas para

resumir e descrever dados (KAZMIER, 1998). Segundo Silvestre (2007), ela é constituída pelo conjunto de métodos destinados à organização e descrição dos dados por meio de indicadores sintéticos ou sumários. Conforme Fonseca e Martins (1996), a estatística descritiva é um conjunto de técnicas utilizadas para descrever, analisar e interpretar os dados numéricos de uma amostra. Montgomery e Runger (2013) argumentam que ela serve para organizar e resumir os dados de maneira que facilite sua interpretação e análise subsequente.

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de identificar, classificar e mapear fatores restritivos das terras da região do médio curso do rio Paraíba, utilizando sistema de informação geográfica.

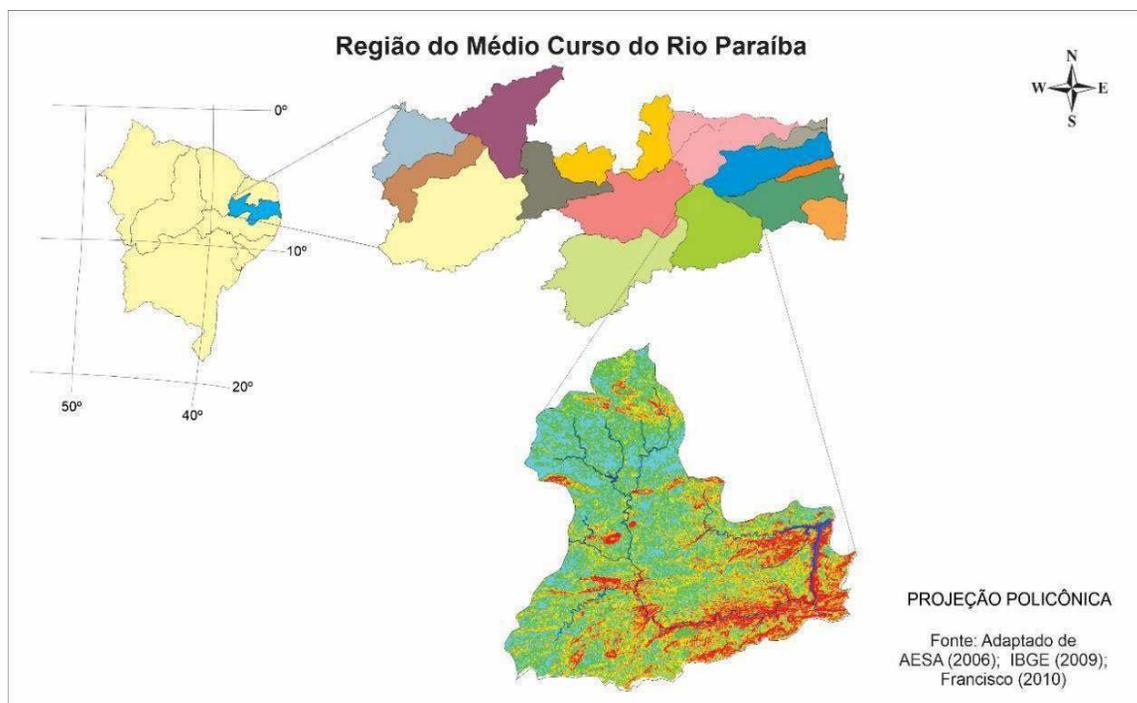
Material e métodos

A área de estudo compreende a região do médio curso do rio Paraíba, com área de 379.406,37 ha localizada no estado da

Paraíba, composta total e/ou parcialmente pelos municípios de Aroeiras, Alcantil, Barra de Santana, Boa Vista, Boqueirão, Barra de São Miguel, Caturité, Campina Grande, Fagundes, Gado Bravo, Itatuba, Natuba, Pocinhos, Puxinanã, Queimadas, Riacho de Santo Antônio, Santa Cecília e Umbuzeiro (Figura 1).

Conforme Francisco *et al.* (2012), a área de estudo engloba a encosta oriental do Planalto da Borborema, porção leste da bacia, com o clima, segundo a classificação de Köppen, do tipo As' – Tropical Quente e Úmido com chuvas de outono-inverno. Nessa região, as chuvas são formadas pelas massas atlânticas trazidas pelos ventos alísios de sudeste e a altitude é de 600 m nos pontos mais elevados dos contrafortes do Planalto. A precipitação decresce do litoral para o interior da região (600 mm.ano⁻¹) devido, principalmente, à depressão do relevo. Na porção oeste da bacia, o clima é do tipo Bsh – semiárido quente, com precipitação predominantemente abaixo de 600 mm.ano⁻¹ e temperatura mais baixa devido ao efeito da altitude (400 a 700 m).

Figura 1. Localização da área de estudo e declividade.



Fonte: Adaptado de Francisco *et al.* (2012); PARAÍBA (2006); IBGE (2009).

De acordo com Francisco *et al.* (2012), a vegetação representativa da área de estudo é do tipo caatinga hiperxerófila. Os solos predominantes na área de estudo, conforme Paraíba (1978), são os Brunos Não Cálcicos e os Litólicos Eutróficos, distribuídos por toda a área da bacia, assim como os Vertisols, com maior ocorrência no centro da bacia, mais próximos ao Açude Epitácio Pessoa e os Solonetz Solodizado na região de Campina Grande. De acordo com o novo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, por Campos e Queiroz (2006), os referidos tipos de solo foram reclassificados, respectivamente, como Luvisolos Crômicos órtico típico, Neossolos Litólicos Eutróficos típico, Vertissolo Cromado Órtico típico e Planossolo Nátrico Órtico típico (Figura 2).

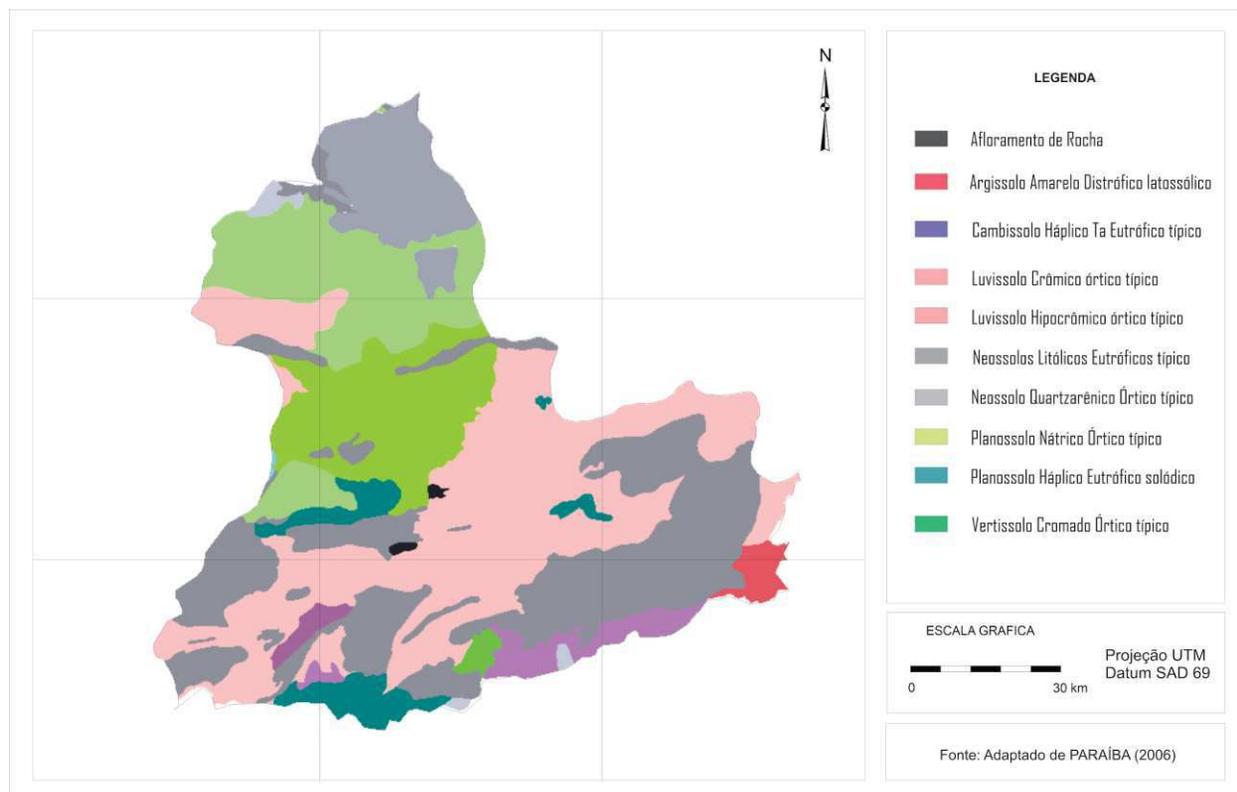
Francisco *et al.* (2015) afirmam que os tipos diferem pela diversidade geológica, pedológica e geomorfológica, atendendo também a uma diversidade de características de solo relacionadas

à morfologia, cor, textura, estrutura, declividade, pedregosidade e outras características. A diferenciação é justificada pelo fato de que, no semiárido, o tipo de solo determina a dinâmica da água quanto à drenagem, retenção ou disponibilidade, condicionando, por conseguinte, os sistemas de produção agrícola.

Para o desenvolvimento deste trabalho foi utilizado arquivo digital da região do médio curso do rio Paraíba, fornecido pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AES/A), e importado para o programa SPRING 5.4, em base de dados na projeção UTM/SAD69, onde foram elaborados os mapas e calculadas as suas respectivas áreas.

Neste estudo, a base principal de dados utilizada é o Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba (PARAÍBA, 1978) e o mapa de solos do Plano Estadual de Recursos Hídricos (PARAÍBA, 2006), na escala de 1:200.000,

Figura 2. Mapa de solos da área de estudo.



Fonte: adaptado de Paraíba (2006).

representando a área de estudo e a ocorrência e distribuição das classes de solos predominantes no estado.

Utilizando o Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba (PARAÍBA, 1978), foram extraídas as informações pedológicas dos solos e criada uma tabela para classificação dos mapas de salinidade/sodicidade, profundidade efetiva, pedregosidade, fertilidade, erosão, drenabilidade e textura (Tabela 1), sendo interpretados e classificados de acordo com os fatores restritivos dos solos (nula, ligeira, moderada, forte, muito forte e extremamente forte) e introduzidos manualmente no SPRING, gerando os respectivos mapas temáticos.

A classificação dos polígonos de solos do mapa foi elaborada a partir da chave da fórmula básica da classe de capacidade de uso da terra constante no Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba (PARAÍBA, 1978), onde foram interpretadas as unidades de solos.

O mapa de declividade utilizado foi o da base de dados de Francisco *et al.* (2012) e Francisco *et al.* (2014), gerado a partir do mapa de curvas de nível por processo de modelagem.

Em seguida, foi realizado um refinamento das áreas com objetivo de eliminar as menores de 3 km², devido à escala de trabalho.

Para identificar os fatores restritivos, as áreas foram calculadas utilizando a opção do SIG “medida de classes”, e foi elaborada uma planilha enfatizando as diferenças entre as extensões territoriais.

Resultados e discussão

No mapa de salinidade/sodicidade (Figura 3a), observa-se que a maioria da área possui 71,58% no fator de restrição de classe nula, com 271.583,37 ha (Tabela 2). Essas áreas são constituídas pelo Luvisolo Crômico Órtico típico e pelo Luvisolo Hipocrômico Órtico típico, localizados em sua maioria no interior da bacia, assim como pelo Neossolo Quartzarênico Órtico típico, Argissolo Amarelo Distrófico latossólico e Cambissolo Háptico Ta Eutrófico típico, distribuídos ao norte, sudoeste e sul da área da bacia.

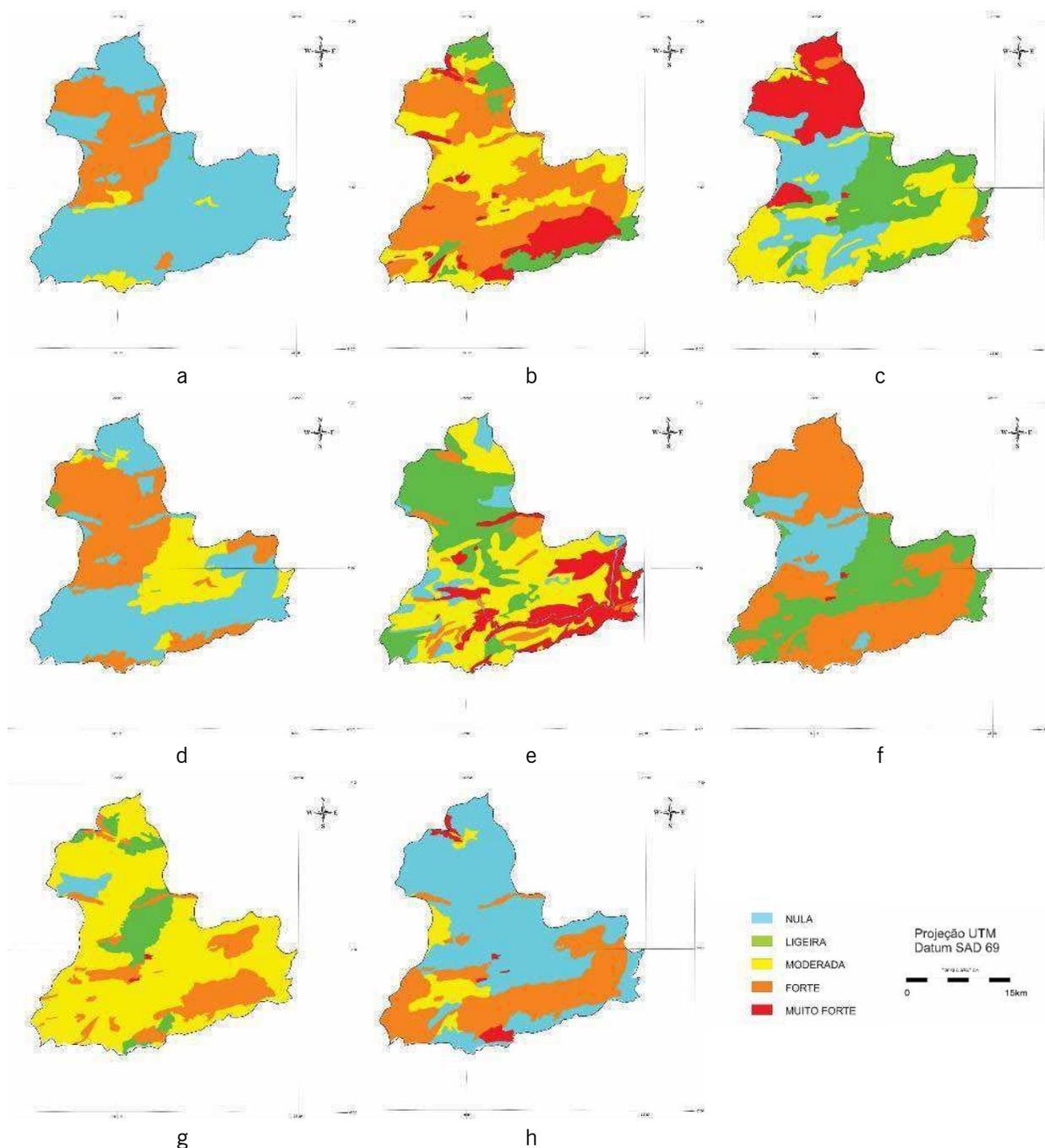
O fator de restrição de classe moderada, com 12.228,00 ha, possui 3,22% da área constituída pelo Planossolo Háptico Eutrófico

Tabela 1. Fatores restritivos dos solos.

Classes	Fator Restritivo							
	Declividade (%)	Pedregosidade (%)	Profundidade Efetiva (m)	Textura	Drenagem	Fertilidade	Salinidade/Sodicidade	Erosão
Nula	0-3	0	>2	Arenosa	Excessiva/ Forte/ Acentuada	Muito Alta	Não Salino/ Não Sódico	Não Aparente
Ligeira	3-6	<1	1 a 2	Média/ Siltosa	Boa	Alta	Não Salino/ Não Sódico	Ligeira
Moderada	6-12	<10	0,5 a 1	Argilosa	Moderada	Média	Ligeiramente Salino/ Ligeiramente Sódico	Moderada
Forte	12-20	<30	0,25 a 0,5	Muito Argilosa/ Indiscriminada	Imperfeita	Baixa	Salino/ Sódico	Severa
Muito Forte	>20	>30	<0,25		Má	Muito Baixa	Muito Salino/ Muito Sódico	Muito Severa/ Extremamente Severa

Fonte: Adaptado de PARAÍBA (1978); Francisco *et al.* (2014).

Figura 3. Mapa de restrição quanto (a) salinidade/sodicidade, (b) profundidade efetiva, (c) fertilidade, (d) drenabilidade, (e) declividade, (f) textura, (g) erosão, (h) pedregosidade.



Fonte: Adaptado de Paraíba (1978; 2006); Francisco *et al.* (2014); AESA (2020).

solódico. Já no fator de restrição de classe forte, conta com 95.595,00 ha (25,20% da área), onde ocorre o Planossolo Nátrico Órtico típico.

Os Planossolos geralmente apresentam alta CTC, elevada saturação por bases e sorção de Sódio (Na), com percentagem de sódio trocável

(PST) comumente entre 8% e 20% nos horizontes B ou C. Muitas vezes ocorrem com componentes secundários em diversas áreas de Luvisolos (EMBRAPA, 2006; CUNHA *et al.*, 2008).

A profundidade efetiva de um solo, na maioria das vezes, pode indicar maior disponibilidade

Tabela 2. Distribuição das classes de restrição.

Classe	Nula		Ligeira		Moderada		Forte		Muito Forte	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Declividade	31.063,00	8,19	108.487,37	28,59	150.412,00	39,64	23.216,00	6,12	66.228,00	17,46
Drenabilidade	178.400,37	47,02	1.735,00	0,46	65.198,00	17,18	134.073,00	35,34	-	-
Erosão	8.718,00	2,30	39.766,00	10,48	264.387,37	69,68	65.827,00	17,35	708,00	0,19
Fertilidade	84.917,00	22,38	86.777,00	22,87	124.346,37	32,77	7.496,00	1,98	75.870,00	20,00
Pedregosidade	224.756,00	59,24	-	0,00	26.753,00	7,05	120.071,37	31,65	7.826,00	2,06
Profundidade	-	-	38.006,00	10,02	115.386,00	30,41	180.376,37	47,54	4.5638,00	12,03
Salinidade	271.583,37	71,58	-	-	12.228,00	3,22	9.5595,00	25,20	-	-
Textura	53.352,00	14,06	105.083,00	27,70	-	-	220.256,37	58,05	715,00	0,19

de calor, nutrientes, ar e água, sendo, portanto, de grande importância para o crescimento e desenvolvimento de plantas.

No mapa de profundidade efetiva (Figura 3b), observa-se que a classe ligeira possui 10,02% no fator de restrição, representando 38.006,00 ha (Tabela 2). Observa-se ainda que 115.386,00 ha (30,41%) da área estão na classe moderada no fator restritivo de profundidade efetiva, com a ocorrência do Vertissolo Cromado Órtico típico.

Para a classe forte, quanto ao fator restritivo da profundidade efetiva dos solos, observa-se que 180.376,37 ha, representando 47,54% da área, são compostos pelo Planossolo Nátrico Órtico típico.

Para a classe de restrição muito forte, com 45.638,00 ha (12,03%), ocorrem os Neossolos Litólicos Eutróficos típicos, que, de acordo com Francisco *et al.* (2012), são solos nos quais acontecem associações complexas com afloramentos de rochas, e que encontram-se normalmente em terrenos de relevo forte, ondulado e montanhoso.

Os Neossolos Litólicos possuem poucas alternativas de uso por serem rasos ou muito rasos e, usualmente, rochosos e pedregosos. Situam-se em áreas acidentadas de serras e encostas íngremes, normalmente com problemas de sulcos e erosão laminar severa ou muito severa (CUNHA *et al.*, 2010).

A fertilidade é considerada um conceito amplo, que representa a capacidade produtiva do solo envolvendo suas propriedades químicas e físicas. No mapa de fertilidade (Figura 3c), observa-se que 22,38% da área está contemplada no fator de restrição de classe nula, com 84.917,00 ha. Nessa classe, ocorrem o Luvisolo Crômico Órtico típico, o Luvisolo Hipocrômico Órtico típico e o Vertissolos, localizados ao centro e ao sul da bacia.

Os Vertissolos, devido aos elevados valores de soma de bases e de capacidade de troca de cátions, associados à presença frequente de grandes quantidades de minerais facilmente intemperizáveis, possuem elevado potencial nutricional para as plantas (CUNHA *et al.*, 2010).

Para a classe de restrição ligeira, observa-se uma área de 86.777,0 ha (22,87%), representada pelos Luvisolo Crômico Órtico típico, Luvisolo Hipocrômico Órtico típico, Planossolo Háptico Eutrófico solódico e Cambissolo Háptico Ta Eutrófico típico.

Os Planossolos na região têm elevados valores de soma de bases e de saturação por bases, além de grandes quantidades de minerais primários facilmente intemperizáveis, o que lhes confere grande capacidade de fornecer nutrientes às plantas (CUNHA *et al.*, 2010).

Na classe de restrição moderada, quanto à fertilidade, observa-se uma porção

de 124.346,37 ha (32,77%), com maior ocorrência de Neossolos Litólicos Eutróficos típicos localizados ao sul da bacia. Esses solos, conforme Francisco *et al.* (2012), são mais rasos, pedregosos e rochosos, predominantes em área de relevo forte, ondulado e montanhoso ao sul, acompanhando a calha do rio Paraíba.

Da classe de restrição forte, quanto à fertilidade, conta com 7.496,00 ha da área (1,98%) relacionada ao Argissolo Amarelo Distrófico latossólico, localizado ao sudeste da bacia. Cunha *et al.* (2020) afirmam que a baixa fertilidade natural do Argissolo constitui fator que limita sua utilização para a agricultura. Nos solos distróficos ocorre baixo potencial nutricional no horizonte B.

A restrição de classe muito forte, que corresponde a uma área de 75.870,00 ha (20,0%), tem a ocorrência do Neossolo Quartzarênico Órtico típico. Cavalcante *et al.* (2005) enfatizam que as principais limitações para sua utilização agrícola são a baixa fertilidade natural e baixa capacidade de retenção de água e nutrientes, determinada pela sua textura arenosa. Segundo Ribeiro *et al.* (2009), apesar da baixa fertilidade natural e da baixa retenção e disponibilidade de água, as altas taxas de infiltração e o relevo suave onde ocorrem tornam esses solos pouco suscetíveis à erosão.

A drenagem é uma propriedade relacionada às condições hidrodinâmicas dos solos, determinante para o desenvolvimento das plantas. Ela pode ser entendida como a retirada do excesso de água do perfil do solo. Essa propriedade está relacionada à porosidade, que por sua vez depende da textura, da estrutura, da natureza e do teor da matéria orgânica e da argila do solo (FRANCISCO *et al.*, 2012).

No mapa de drenabilidade (Figura 3d), observa-se que 178.400,37 ha (47,02% da área) se enquadram no fator de restrição de classe nula. São áreas distribuídas por toda a bacia,

com ocorrência do Neossolo Quartzarênico Órtico típico e do Neossolos Litólicos Eutróficos típicos.

A classe de restrição moderada, quanto à drenabilidade, contempla 65.198,00 ha (17,18% da área) e ocorre na região sudeste da bacia, representada pelo Luvissoles Hipocrômico Órtico típico com caráter planossólico. Também ocorre uma área de Vertissolos ao centro da bacia. Os Vertissolos são pouco permeáveis, o que restringe a sua drenagem. A infiltração, apesar de lenta, é geralmente melhor nos solos com estrutura superficial granular, que pode ser mantida e, inclusive, melhorada por meio de rotação de culturas, emprego de resíduos das colheitas e uso com pastagem (OLIVEIRA *et al.*, 1992).

Para a classe de restrição forte, quanto à drenabilidade, observa-se a ocorrência do Planossolo Nátrico Órtico típico e do Planossolo Háplico Eutrófico solódico em 134.073,00 ha (35,34%), distribuídos ao centro-norte da bacia. Há também a ocorrência de Cambissolo Háplico Ta Eutrófico típico em menores áreas ao sul divisa com Pernambuco. Ao deságue da bacia próximo ao açude de Acauã, onde ocorre o Luvissoles Hipocrômico Órtico típico com caráter planossólico, também se manifesta a classe de restrição forte.

As propriedades físicas dos Planossolos são os maiores empecilhos ao uso agrícola. O horizonte B plânico, quando em solo pouco profundo, por ser extremamente duro, firme e, muitas vezes, plástico e pegajoso, o que dificulta o preparo do solo. O adensamento pode limitar a drenagem interna da água, criando condições de ambiente redutor durante boa parte do ano. Além disso, pode limitar o desenvolvimento do sistema radicular das culturas, dificultando a penetração das raízes no solo (JACOMINE, 1996).

Na Figura 3e, quanto à declividade, observam-se 31.063,00 ha no fator de restrição de classe nula, representando 8,19%

da área. A classe ligeira, com 108.487,37 ha, representa 36,78% da área. Francisco *et al.* (2012) descrevem que a declividade é uma característica marcante da paisagem, pois define níveis de estabilidade dos seus componentes físico-químicos e biodinâmicos, podendo servir de referência para separar ambientes.

Observa-se que 63,22% da área está distribuída entre as classes de restrição mais altas. Esses solos não exibem as melhores condições para um aproveitamento agrícola racional, tendo em vista as restrições fortes existentes, provocadas pelo relevo forte ondulado (CAVALCANTE *et al.*, 2005).

Francisco *et al.* (2012) afirmam que as terras da Paraíba são predominantemente planas a suave onduladas, com declividades inferiores a 6% em mais de 56% do seu território.

Observa-se no mapa de textura (Figura 3f) que 220.256,37 ha se enquadram no fator de restrição de classe forte, representando 58,05% da área. Outros 105.083,00 km² (27,70%) e 53.352,00 km² (14,06%) do território se enquadram, respectivamente, nas classes ligeira e nula.

Na classe forte ocorrem os Planossolo Nátrico Órtico típico, Planossolo Háptico Eutrófico solódico e Cambissolo Háptico Ta Eutrófico. Na classe ligeira, o Luvissole Crômico Órtico típico e o Luvissole Hipocrômico Órtico típico. Na classe nula, o Vertissolo Cromado Órtico típico.

Os Planossolos ocorrem tipicamente em áreas de cotas baixas, planas a suave onduladas. São, geralmente, pouco profundos, com horizonte superficial de cores claras e textura arenosa ou média (leve), seguidos de um horizonte B plânico, de textura média, argilosa ou muito argilosa, adensado, pouco permeável, com cores de redução, decorrente de drenagem imperfeita e responsável pela formação de lençol suspenso temporário (EMBRAPA, 2006).

Durante o período em que há boas condições de umidade, o preparo dos Vertissolos é dificultado devido à textura muito argilosa. A elevada pegajosidade quando molhados e a alta dureza quando secos demandam um esforço de tração grande, limitando a utilização desses solos na exploração agrícola (CUNHA *et al.*, 2010).

A erosão é causada por forças ativas, como as chuvas, a declividade, o comprimento do declive e a capacidade que o solo tem de absorver água. Também pode ser causada por forças passivas, como a resistência que o solo exerce à ação erosiva da água e a densidade da cobertura vegetal (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999). Na Figura 3g, no mapa de fator de restrição quanto à erosão, observa-se que a classe nula contempla uma área de 8.718,00 há (2,30%), composta pelo Luvissole Hipocrômico Órtico típico.

A classe ligeira, quanto ao fator restritivo de erosão, distribuída em 39.766,00 ha (10,48%), é composta pelo Vertissolo Cromado Órtico típico e pelo Neossolo Quartzarênico Órtico típico, localizados ao norte, ao centro e ao sul da bacia. Em consequência do relevo suave ondulado, os problemas com a erosão são menos intensos para esses solos (CAVALCANTE *et al.*, 2005).

Em decorrência de suas características, os Vertissolos são muito suscetíveis à erosão e requerem manejo cuidadoso, com práticas de conservação dos solos. É importante considerar que, se utilizados intensivamente, surgirão problemas de erosão laminar (CUNHA *et al.*, 2010).

O fator restritivo de erosão da classe moderada com 264.387,37 ha (69,68%) é composta pelo Planossolo Nátrico Órtico típico, Planossolo Háptico Eutrófico solódico, e Cambissolo Háptico Ta Eutrófico; o Luvissole Crômico Órtico típico e o Luvissole Hipocrômico Órtico típico; e o Vertissolo Cromado Órtico típico.

De acordo com Cunha *et al.* (2010), os Planossolos são solos, do ponto de vista morfológico, muito propensos aos processos erosivos, particularmente aqueles de ação superficial (erosão laminar, por exemplo.)

Os Luvisolos são solos rasos a pouco profundos, com horizonte B textural de cores vivas e argila de atividade alta, apresentando horizonte A fraco, de cor clara, pouco espesso, maciço ou com estrutura fracamente desenvolvida. São moderadamente ácidos a neutros, com elevada saturação por bases. Possuem, frequentemente, revestimento pedregoso na superfície (pavimento desértico) ou na massa do solo e, normalmente, possuem uma crosta superficial de 5 a 10 mm de espessura, além de altos teores de silte. São altamente suscetíveis aos processos erosivos em virtude da grande diferença textural entre o horizonte A e o horizonte Bt (EMBRAPA, 2006; RIBEIRO *et al.*, 2009), da atividade das argilas, da alta erodibilidade, mesmo quando situados em relevo suave ondulado como consequência da coesão e consistência do horizonte superficial e da expressiva mudança textural para o horizonte Bt (OLIVEIRA *et al.*, 1992).

Na classe de restrição forte quanto à erosão observam-se 65.827,00 ha (17,35%) compostos pelos Neossolos Litólicos Eutróficos típicos em áreas rochosas de maior declividade e pelo Neossolo Quartzarênico Órtico típico próximo à calha do rio Paraíba. Essas áreas representadas por unidades de Neossolos Litólicos são solos com teores elevados de silte e areia fina – frações que, em conjunto, estão associadas a 93% das variações da susceptibilidade dos solos à erosão (FRANCISCO *et al.*, 2012). Cunha *et al.* (2010) afirmam que a susceptibilidade à erosão desses solos é muito alta, determinada basicamente pela ocorrência do substrato rochoso a pequena profundidade, principalmente quando é removida a vegetação original.

A pedregosidade e a rochosidade são fatores limitantes à mecanização de grande

importância, pois restringem as atividades agrícolas. Elas são de grande importância e, juntamente com o relevo, fornecem os principais subsídios para o estabelecimento dos graus de limitações ao emprego de implementos agrícolas (BRASIL, 1972).

Na Figura 3h, mapa de pedregosidade, observa-se que a área em estudo contempla 59,24% no fator de restrição de classe nula com valores de 0 a 1% de pedras no volume de massa do solo, representando 2.24756,00 ha. Ela é composta por Planossolo Nátrico Órtico típico, Planossolo Háplico Eutrófico solódico, Cambissolo Háplico Ta Eutrófico, Luvisolo Crômico Órtico típico, Luvisolo Hipocrômico Órtico típico e Vertissolo Cromado Órtico típico.

Para os Luvisolos, as limitações decorrem da presença frequente de calhaus e até mesmo matacões que se espalham na superfície do solo e na camada superficial; consistência muito dura a extremamente dura, o que dificulta o desenvolvimento do sistema radicular das culturas (OLIVEIRA *et al.*, 1992).

A classe moderada de restrição devido à pedregosidade abrange área de 26.753,00 ha, que corresponde a 7,05%. As áreas de classe forte de restrição com 120.071,37 ha (31,65%) são representadas pelos Neossolos Litólicos Eutrófico, que ocorrem nos contrafortes orientais do Planalto da Borborema, distribuindo-se ao sul, acompanhando a calha do rio Paraíba.

As áreas de classe muito forte de restrição devido à pedregosidade com 7.826,00 ha (2,06%) são compostas por afloramentos rochosos, que, de acordo com Paraíba (1978) e Brasil (1972), essa unidade de mapeamento constitui um tipo de terreno e não propriamente uma classe de solos.

Conforme Carmo *et al.* (2008), as práticas de conservação de solo e água devem ser aplicadas em todas as classes de aptidão, com

menor ou maior intensidade e custo, de acordo com as características naturais de cada área.

A gestão eficiente é um fator básico e fundamental para o planejamento e uso racional dos recursos naturais. A administração desse recurso garantirá a preservação, a conservação ambiental e, conseqüentemente, o desenvolvimento sustentável, criando meios mais eficazes para a tomada de decisão dos gestores (FRANCISCO *et al.*, 2012).

Conclusões

Os fatores de restrição ao uso das terras com maior ocorrência foram a textura, profundidade efetiva e a pedregosidade na classe forte, seguida pela erodibilidade, declividade e a fertilidade na classe moderada. A restrição ao uso das terras da classe ligeira com maior ocorrência foi a declividade, seguida pela classe nula pelos fatores de salinidade e drenagem.

Referências

AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. 2011. Disponível em: <http://geo.aesa.pb.gov.br>. Acesso on: 9 July 2020.

ANDRADE, D. F.; OGLIARI, P. J. **Estatística para as ciências agrárias e biológicas**: com noções de experimentação. 3. ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2013. 475 p.

ANGELO, A. R.; MORAIS, J. L. Geoprocessamento aplicado à determinação da aptidão agrícola de terras: localidade de Serrinha, Paiçandu, Estado do Paraná, Brasil. **Ambiência**, v.13, edição especial, p.158-175, 2017.

ARAÚJO FILHO, J. C.; BARBOSA NETO, M. V.; SILVA, C. B.; ARAÚJO, M. S. B.; MENEZES, J. B. Levantamento semi-detalhado dos solos da bacia hidrográfica do Rio Natuba, Pernambuco.

Revista Brasileira de Geografia Física, v.6, n.3, p.384-397, 2013.

BENEDETTI, M. M.; SPAROVEK, G.; COOPER, M.; CURI, N.; CARVALHO FILHO, A. DE. Representatividade e potencial de utilização de um banco de dados de solos do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.06, p.2591-2600, 2008.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 4. ed. São Paulo: Ícone, 1999. 355 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Levantamento exploratório e de reconhecimento dos solos do Estado da Paraíba**. Rio de Janeiro. Convênio MA/CONTA/USAID/BRASIL, 1972. (Boletins DPFS-EPE-MA, 15 - Pedologia, 8).

CAMPOS, M. C. C.; QUEIROZ, S. B. Reclassificação dos perfis descritos no Levantamento Exploratório - Reconhecimento de solos do estado da Paraíba. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.6, n.1, p.45-50, 2006.

CARMO, L. F. Z. DO; MORAES, R. N. DE S.; SILVA, S. S. DA. **Aptidão dos solos para mecanização agrícola nas áreas desmatadas do município de Rio Branco-AC**. Programa de Zoneamento Econômico, Ambiental, Social e Cultural de Rio Branco-AC. ZEAS. Boletim Técnico, 4. Rio Branco: PMRB, 2008. 50 p.

CAVALCANTE, F. DE S.; DANTAS, J. S.; SANTOS, D.; CAMPOS, M. C. C. Considerações sobre a utilização dos principais solos no Estado da Paraíba. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, v.4, n.8, p.1-10, 2005.

CESSA, R. M. A.; FARIA, G. S. M.; RIBEIRO, A. F. D. N. Uso da terra em uma porção da microbacia do Rio Dourados. **Revista Agrogeoambiental**, v.6, n.1, p.51-58, 2014.

- COBRA, R. L.; SILVA, R. DE C. DA; OLIVEIRA, G. F. A. D. DE; MIRANDA, D. L. DE; LEONARDI, F. A.; SILVA, M. L. DA. Geoprocessamento aplicado ao levantamento e avaliação de solos: Proposta de avaliação de terras para fins agrícolas no município de Inconfidentes-MG. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.12, n.2, p.397-411, 2019.
- CUNHA, T. J. F.; PETRERE, V. G.; SILVA, D. J.; MONTEIRO, A.; MENDES, S.; MELO, R. F. DE; OLIVEIRA NETO, M. B. DE; SILVA, M. S. L. DA; ALVAREZ, I. A. Principais solos do Semiárido tropical brasileiro: caracterização, potencialidades, limitações, fertilidade e manejo. In: SÁ, I. B.; SILVA, P. C. G. DA. (Ed.). **Semiárido Brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. p.49-88.
- CUNHA, T. J. F.; SILVA, F. H. B. B. DA; SILVA, M. S. L. DA; PETRERE, V. G.; SÁ, I. B.; OLIVEIRA NETO, M. B. DE; CAVALCANTI, A. C. **Solos do Submédio do Vale do São Francisco: potencialidades e limitações para uso agrícola**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2008. 60p. (Embrapa SemiÁrido. Documentos, 211).
- ELSHEIKH, R.; MOHAMED SHARIFF, A. R. B.; AMIRI, F.; AHMAD, N. B.; BALASUNDRAM, S. K.; SOOM, M. A. M. Agriculture land suitability evaluator (ALSE): A decision and planning support tool for tropical and subtropical crops. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.93, p.98-110, 2013.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Plintossolos. Definição e características gerais**. ZARONI, M. J.; SANTOS, H. G. DOS (Ed.). Brasília: Agência Embrapa de Informação e Tecnologia, 2006. Available in: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONTAG01_15_2212_200611542.html . Access on: 7 November 2021.
- FONSECA, J. S.; MARTINS, G. A. **Curso de estatística**. 6.ed. São Paulo: Editora Atlas, 1996. 320 p.
- FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. DE B.; LIMA, E. R. V. DE. Mapeamento das terras para mecanização agrícola - Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.5, n.2, p.233-249, 2012.
- FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. DE B.; LIMA, E. R. V. DE; SANTOS, D. Tecnologia da geoinformação aplicada no mapeamento das terras à mecanização agrícola. **Revista Educação Agrícola Superior**, v.29, n.1, p.45-51, 2014.
- FRANCISCO, P. R. M.; PEREIRA, F. C.; BRANDÃO, Z. N. Mapeamento da aptidão edáfica para fruticultura segundo o zoneamento agropecuário do Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.8, n.02, p.377-390, 2015.
- FREIRE, O. **Apontamentos de edafologia**. 2. ed. Piracicaba, 1984. 317 p.
- GLERIANI, J. M. **Concordância da aptidão agrícola das terras do Estado de São Paulo elaborada nos anos setenta com os dados do Censo Agropecuário do IBGE ano 95/96**. INPE. São José dos Campos. 2000.
- HUDSON, N. **Soil Conservation**. New York, Cornell University Press, 1971. 302 p.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2009. Available in: <http://www.ibge.gov.br>. Access on: 12 March 2011.
- JACOMINE, P. K. T. Solos sob Caatinga: características e uso agrícola. In: ALVAREZ, V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. (Ed.). **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa: SBCS; UFV, DPS, 1996. p. 95-133.

KAZMIER, L. J. **Estadística aplicada a la administración y la economía**. 3. ed. Mexico: Mc Graw Hill, 1998. 416 p.

LEITE, M. E.; FERREIRA, M. F. F. Análise espaço-temporal do uso da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Tabuas, Norte de Minas Gerais, com aplicação das geotecnologias. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.6, n.02, p.184-194, 2013.

LEPSCH, I. F.; BELLINAZZI JR., R.; BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, C. R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Campinas: SBCS, 1991. 175 p.

LIMA, D. F. B. DE; REMPEL, C.; ECKHARDT, R. R. Análise ambiental da bacia hidrográfica do rio Taquari - proposta de zoneamento ambiental. **Revista Geografia**, v.16, n.1, p.51-78, 2007.

MACHADO, T. C. E.; CAMPOS, M. C. C.; PAGANINI, C. H. P.; MAURÍCIO, J. C.; SOARES, M. D. R. Avaliação do uso e ocupação das áreas de preservação permanente nos anos de 2008 e 2013 na zona urbana de Humaitá, Amazonas. **Revista Universidade Vale do Rio Verde**, v.15, n.02, p.744-750, 2017.

MONTEGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros**. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2013. 319 p.

NUNES, J. F.; ROIG, H. L. Análise do uso e ocupação do solo da bacia do Alto do Descoberto DF/GO através de uma classificação automática baseada em lógica nebulosa. **Revista Árvore**, v.39, n.1, p.25-36, 2015.

OLIVEIRA, J. B.; JACOMINE, P. K. T.; CAMARGO, M. N. **Classes gerais de solos do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento**. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 201 p.

PARAÍBA. Governo do Estado. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. CEPA-PB. **Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba**. Relatório ZAP-B-D-2146/1. UFPB-Eleto Consult Ltda. 1978. 448 p.

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 e Atlas**. Brasília, 2006. 112 p.

POELKING, E. L.; DALMOLIN, R. S. D.; PEDRON, F. A.; FINK, J. R. Sistemas de Informação Geográfica aplicado ao levantamento de solos e aptidão agrícola das terras como subsídios para o planejamento ambiental do Município de Itaara, RS. **Revista Árvore**, v.39, n.02, p.215-223, 2015.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPQ, 1995. 65 p.

RIBEIRO, M. R.; SAMPAIO, E. V. S. B.; GALINDO, I. C. L. Os solos e o processo de desertificação no Semiárido brasileiro. **Tópicos em Ciência do Solo**, eds. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. v.6. p.413-459.

ROCHA FILHO, G. B.; ARAÚJO, FILHO, J. C.; CARVALHO, R. M. C. M. O.; ARAÚJO, M. S. B.; FRUTUOSO, M. N. M. A.; BRANDÃO, S. S. F. Potencial agroecológico do município de Itacuruba, Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.9, n.01, p.172-184, 2016.

ROSSI, M.; OLIVEIRA, J. B. DE. O mapa pedológico do Estado de São Paulo. **O Agrônomo**, v.52, n.1, p.21-23, 2000.

SANCHEZ, P. A.; AHAMED, S.; CARRE, F.; HARTEMINK, A. E.; HEMPEL, J.; HUISING,

- J.; LAGACHERIE, P.; MCBRATNEY, A. B.; MCKENZIE, N. J.; MENDONCA-SANTOS, M. D.; MINASNY, B.; MONTANARELLA, L.; OKOTH, P.; PALM, C. A.; SACHS, J. D.; SHEPHERD, K. D.; VAGEN, T. G.; VANLAUWE, B.; WALSH, M. G.; WINOWIECKI, L. A.; ZHANG, G. L. Digital soil map of the world. **Science**, v.325, n.5941, p.680-681, 2009.
- SILVA, D. A. N.; SILVA, M. L.; LEONARDI, F. A. Geoprocessamento aplicado ao planejamento urbano: proposta preliminar de expansão urbano no município de Inconfidentes - MG. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.8, n.04, p.1187-1201, 2015.
- SILVA, M. L. Mapeamento de superfícies aplainadas no norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.9, n.02, p.526-545, 2016.
- SILVEIRA, G. R. P.; CAMPOS, S.; GARCIA, Y. M.; SILVA, H. A. S.; CAMPOS, M.; NARDINI, R. C.; FELIPE, A. C. Geoprocessamento aplicado na determinação das subclasses de capacidade de uso do solo para o planejamento conservacionista. **Revista Comunicata Scientiae**, v.4, n. 04, p.330-336, 2013.
- SILVEIRA, G. R. P.; CAMPOS, S.; GONÇALVES, A. K.; BARROS, Z. X.; POLLO, R. A. Geoprocessamento aplicado na espacialização da capacidade de uso do solo em uma área de importância agrícola. **Energia na Agricultura**, v.30, n.04, p.363-371, 2015.
- SILVESTRE, A. L. **Análise de dados e estatística descritiva**. Curitiba: Escolar Editora, 2007. 352 p.
- SOUZA, A. C. C.; SILVA, M. L. Geoprocessamento aplicado ao levantamento de solos no município de Inconfidentes - MG. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.9, n.01, p.200-214, 2016.
- SOUZA, S. O. Geotecnologias aplicadas à análise espaço-temporal do uso e da ocupação da terra na planície costeira de Caravelas (BA). **Boletim Goiano de Geografia**, v.35, n.01, p.71-79, 2015.
- VALLE JUNIOR, R. F. DO; GALBIATTI, J. A.; PISSARRA, T. C. T.; FILHO, M. V. M. Diagnóstico do conflito de uso e ocupação do solo na Bacia do Rio Uberaba. **Global Science and Technology**, v.6, n.01, p.40-52, 2013.
- ZANELLA, M. E., OLÍMPIO, J. L. S.; COSTA, M. C. L.; DANTAS, E. W. C. Vulnerabilidade socioambiental do baixo curso da Bacia Hidrográfica do Rio Cocó, Fortaleza-CE. **Revista Sociedade e Natureza**, v.25, n.2, p.317-332, 2013.