ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe

Mapeamento das Terras para Mecanização Agrícola - Estado da Paraíba¹

Paulo Roberto Megna Francisco²; Iêde de Brito Chaves³; Eduardo Rodrigues Viana de Lima⁴

¹Parte da dissertação do primeiro autor.

²Doutorando em Engenharia Agrícola - Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Email: paulomegna@ig.com.br

^{3,4}Professor – Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Email: iedebchaves@hotmail.com; eduvianalima@gmail.com

Artigo recebido em 15/03/2012 e aceito em 25/07/2012

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo identificar, quantificar e mapear as terras do Estado da Paraíba para mecanização agrícola e apresentar uma análise espacializada dos fatores limitantes em função da aptidão às operações de preparo de solo. O mapa de classes de declividade foi gerado a partir de dados de altimetria do arquivo SRTM, utilizando-se o SPRING. Os mapas dos demais atributos diagnósticos foram obtidos da interpretação dos dados dos solos do Levantamento Exploratório-Reconhecimento de Solos do Estado da Paraíba. O mapa de classes e subclasses de terras para mecanização foi gerado pelo cruzamento do mapa da interpretação parcial dos solos com o mapa de declividade utilizando-se o LEGAL. Os resultados mostram que 82,85% das terras da Paraíba são das classes IV, V e VI de aptidão à mecanização, que apresentam respectivamente, graus de limitação forte, muito forte e extremamente forte, e localizam-se predominantemente, nas regiões interiores de clima semiárido. As terras mais aptas à mecanização localizam-se no Litoral, e em menor proporção, em áreas interiores mais planas, divisores de bacias hidrográficas e em topos aplainados de serras.

Palavras-chave: Impedimentos à Mecanização, Aptidão Agrícola, Capacidade de Uso.

Mapping of Land for Agricultural Mechanization - State of Paraíba

ABSTRACT

This study aimed to identify, quantify and map the lands of the State of Paraíba to agricultural mechanization and present a spatialized analysis of the limiting factors on the basis of suitability to the operations of tillage. The map of slope was generated from altimetry data file SRTM, using SPRING. The maps of the other attributes were diagnostic interpretation of data obtained from soil survey of the Exploratory Soil-Recognition of the State of Paraíba. The map of classes and subclasses of land for mechanization was generated by crossing the map of the partial interpretation map of soil slope using the LEGAL. The results show that 82.85% of land in Paraíba are Class IV, V and VI of suitability to mechanization, which have respectively degree of limitation strong, very strong and extremely strong, and are located predominantly in the inner regions of semi-arid climate. The lands most suitable for mechanization are located on the coast, and to a lesser extent, in areas flatter interior dividers watersheds and flat tops of hills.

Keywords: Mechanization Impediment, Agricultural Aptitude, Capatibility Use.

1. Introdução

Em grande parte do Estado da Paraíba predomina o clima semiárido, onde a ocorrência de chuvas torrenciais é frequente, e o uso irracional de máquinas agrícolas representa um fator de forte impacto

ambiental, contribuindo para acelerar a erosão dos solos. Isso é mais evidente, nas áreas onde os solos são rasos ou apresentam forte gradiente textural, situações em que a drenagem e o armazenamento de água são deficientes, provocando aumento do

* E-mail para correspondência: paulomegna@ig.com.br
(Francisco, P. R. M.).

escoamento superficial, e conseqüentemente, aceleração do processo erosivo. Essas condições de solos são comuns nas regiões semiáridas do Nordeste, particularmente, nas áreas hoje denominadas de núcleo de desertificação (BRASIL, 2005; Ribeiro et al., 2009).

O planejamento do uso e do manejo das terras é uma prática indispensável para a sustentabilidade da agricultura e a conservação da natureza (Pedron et al., 2006). Na atualidade, o avanço da tecnologia da informação, a disponibilização de imagens de satélite em altas resoluções e de programas computacionais para a análise ambiental houve um grande avanço nos estudos relacionados à gestão dos recursos naturais. Neste contexto, o geoprocessamento surge como uma disciplina que utiliza um conjunto de técnicas matemáticas e computacionais, na forma de programas, o sistema de informações geográficas, que possibilita combinações de informações provenientes de diferentes procedimentos tecnológicos, gerando novas informações, que auxiliam a tomada de decisões, em contextos os mais diversos (Duarte & Barbosa, 2009).

Outro passo importante para a análise ambiental foi a disponibilização de dados altimétricos da superfície terrestre, obtidos pela técnica da interferometria a partir da imagem SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) (Bispo et al., 2010).

No Brasil, as classificações técnicas mais conhecidas e utilizadas para fins de planejamento de uso das terras são a de Aptidão Agrícola (Ramalho Filho et al., 1995), a de Capacidade de Uso, (Lepsch et al., 1996). Nestas classificações, os atributos dos solos mais frequentemente considerados, em relação à mecanização, são: a declividade, a pedregosidade, a profundidade efetiva, a drenagem natural, além da constituição do material do solo, como textura, natureza das argilas e teor de matéria orgânica. Nestas classificações, embora sejam consideradas as condições das terras em relação à mecanização, é dada pouca ênfase a relação solo/máquina. Tal fato tem contribuído para que ocorram intervenções inadequadas de máquinas e implementos em áreas agrícolas, transformando a mecanização, em muitos casos, em vilã da erosão dos solos (Silveira & Stone, 2003; Ribeiro et al., 2009).

Neste sentido, este trabalho pretende identificar, quantificar e mapear as terras da Paraíba para mecanização agrícola apresentando uma análise espacializada dos fatores limitantes em função da aptidão às operações de preparo de solo.

2. Material e Métodos

A área de estudo corresponde ao território do Estado da Paraíba, com uma extensão de 56.372 km², equivalente a 0,662% do território nacional, e localiza-se entre os paralelos de

$6^{\circ}02'12''$ e $8^{\circ}19'18''$ de latitude sul e os meridianos de $34^{\circ}45'54''$ e $38^{\circ}45'45''$ de longitude oeste.

Para facilitar a espacialização dos dados deste trabalho, são apresentadas as regiões e

sub-regiões geográficas do Estado (Figura 1) que guardam uma estreita relação com a ocorrência dos solos e a ocupação e uso das terras.

Figura 1. Regiões geográficas da Paraíba segundo os limites naturais.

Fonte: Adaptado de BRASIL (1972).

Os dados da Tabela 1 são uma síntese descritiva dos atributos naturais desses espaços geográficos do Estado, extraída de BRASIL (1972), servindo, desta forma, para fundamentar a apresentação e a discussão deste trabalho.

Tabela 1. Descrição dos atributos das regiões e sub-regiões geográficas do Estado da Paraíba

SERTÃO	<<<<<<<< >>>>>>>>
Alto Sertão (Clima Aw')	Precipitação: 700 a 900 mm; Temperatura: 21 a 32 ^o C; Altitude: 400 a 700 m; Relevo: plano a ondulado e montanhoso; Geologia: pré-cambriano (B) - xistos e filitos e (CD) - gnaisses e migmatitos; Solos: pouco desenvolvido (A/R e A/C) – Neossolo Litólico em relevo ondulado a montanhoso e Vertissolos relevo plano; e solos com B textural - Argissolos e Luvisso Crômico. Em geral, argila de atividade média a alta e eutróficos; Vegetação: caatinga hiper e hipoxerófila
Baixo Sertão de Piranhas (Climas Aw' e Bsh)	Precipitação: 400 a 700 mm; Temperatura: 21 a 32 ^o C; Altitude: 250 a 400 m; Relevo: suave ondulado a ondulado; Geologia: pré-cambriano (CD) gnaisses e migmatitos; pré-cambriano (B) xistos e filitos e plutônicas ácidas - granitos; Solos: pouco desenvolvido (A/R e A/C) – Neossolo Litólico em relevo ondulado; com B textural - Argissolo e Luvisso Crômico; solos pouco desenvolvido (A/R e A/C) – Neossolo Litólico em relevo forte ondulado a montanhoso; Vegetação: caatinga hiperxerófila

	continuação
Sertão do Seridó (Clima Bsh)	Precipitação: 400 a 600 mm; Temperatura: 21 a 32 ^o C; Altitude: 300 a 600 m; Relevo: suave ondulado a montanhoso; Geologia: pré-cambriano (B) – xistos e filitos e quartzitos com muscovita, e plutônicas ácidas - granitos; Solos: pouco desenvolvido (A/R e A/C) – Neossolo Litólico em relevo forte ondulado e montanhoso; com B textural - Bruno Não-Cálcico suave ondulado a ondulado de gnaisses e granito; Vegetação: caatinga hiperxerófila
BORBOREMA	<<<<<<<<<<<<>>>>>>>>>
Cariris de Princesa (Clima Aw')	Precipitação: 600 a 800 mm; Temperatura: 18 a 29 ^o C; Altitude: 500 a 700 m; Relevo: suave ondulado a montanhoso; Geologia: pré-cambriano (CD) e (B) - gnaisses e migmatitos, e xistos e filitos e plutônicas ácidas granitos; Solos: com B textural e latossólico – Argissolos e Latossolos; pouco desenvolvidos (A/R e A/C) – Neossolos Litólico e Regolítico e com B incipiente – Cambissolo; Vegetação: caatinga hipoxerófila, floresta caducifolia e subcaducifolia
Cariris do Paraíba (Clima Bsh)	Precipitação: 300 a 600 mm; Temperatura: 19 a 29 ^o C; Altitude: 300 a 700 m; Relevo: suave ondulado a ondulado (frente do Planalto: solos litólicos relevo forte ondulado a montanhoso); Geologia: pré-cambriano (CD) - gnaisses e migmatitos, e plutônicas ácidas - granitos; Solos: com B textural - Luvisso Crômico Vértico, Planossolo Nátrico e pouco desenvolvidos (A/R e A/C) – Neossolo Litólico em relevo ondulado a forte ondulado. Vegetação: caatinga hiperxerófila
Curimataú (Clima Bs)	Precipitação: 300 a 600 mm; Temperatura: 20 a 30 ^o C; Altitude: 300 a 600 m; Relevo: ondulado e forte ondulado; Geologia: pré-cambriano (B) xisto e filito e (CD) - gnaisses e migmatitos; Solos: pouco desenvolvidos (A/R e A/C) – Neossolo Litólico em relevo ondulado a forte ondulado e com B textural – Luvisso Crômico; Vegetação: caatinga hiper e hipoxerófila
BREJOS SERRANOS	<<<<<<<<<<<<>>>>>>>>>
Serras (Climas Bsh e As')	Precipitação: 600 a 1200 mm; Temperatura: 19 a 29 ^o C; Altitude: 400 a 650 m; Relevo: plano a montanhoso; Geologia: pré-cambriano (CD) - gnaisses e migmatitos e terciário – Série Serra do Martins; Solos: pouco desenvolvidos (A/R e A/C) – Neossolo Litólico em relevo ondulado a forte ondulado e com B latossólico - Latossolo; Vegetação: caatinga hiper e hipoxerófila, e floresta subcaducifolia
Brejo (Clima As')	Precipitação: 1200 a 1500 mm; Temperatura: 18 a 27 ^o C; Altitude: 400 a 650 m; Relevo: ondulado a forte ondulado e montanhoso; Geologia: pré-cambriano (CD) - gnaisses e migmatitos e terciário – Formação Bananeiras; Solos: com B textural e latossólico – Argissolo e Latossolo; pouco desenvolvidos (A/R e A/C) – Neossolo Litólico em relevo forte ondulado; Vegetação: floresta subperenifolia e subcaducifolia
Agreste (Clima As')	Precipitação: 800 a 1200 mm; Temperatura: 18 a 28 ^o C; Altitude: 400 a 650 m; Relevo: suave ondulado a ondulado; Geologia: plutônicas ácidas – granito e pré-cambriano (CD) - gnaisses e migmatitos; Solos: pouco desenvolvidos (A/C) Neossolo Regolítico e com B textural – Luvisso Crômico; Vegetação: floresta subcaducifolia e caducifolia e caatinga hipoxerófila
AGRESTE ACATINGADO	<<<<<<<<<<<<>>>>>>>>>
(Clima As')	Precipitação: 650 a 1000 mm; Temperatura: 21 a 31 ^o C; Altitude: 100 a 350 m; Relevo: suave ondulado a forte ondulado; Geologia: pré-cambriano (CD) - gnaisses e migmatitos; Solos: com B textural – Luvisso Crômico e pouco desenvolvidos (A/R e A/C) – Neossolo Litólico em relevo ondulado e forte ondulado; Vegetação: floresta caducifolia
LITORAL	<<<<<<<<<<<<>>>>>>>>>
Tabuleiros (Clima As')	Precipitação: 1100 a 1600 mm; Temperatura: 21 a 31 ^o C; Altitude: 50 a 250 m; Relevo: plano; Geologia: terciário – formação grupo barreiras e holoceno - sedimentos marinhos; Solos: com B textural – Argissolo e com B latossólico – Latossolo e pouco desenvolvido – Neossolo Quartzarênico e Espodossolo; Vegetação: floresta subperenifolia, perenifolia e subcaducifolia e cerrados
Várzeas (Clima As')	Precipitação: 1100 a 1600 mm; Temperatura: 21 a 31 ^o C; Altitude: 0 – 100 m; Relevo: plano; Geologia: holoceno – sedimento fluvial e marinho; Solos: Neossolos Flúvicos, restingas, dunas e mangues; Vegetação: floresta perenifolia de várzea e de restinga, e mangues e campos de várzea

Fonte: BRASIL (1972).

Na metodologia foi utilizado como base principal de dados o Levantamento Exploratório e de Reconhecimento dos Solos do Estado da Paraíba (BRASIL, 1972) e o seu mapa de solos. Utilizando-se os recursos do SPRING foi criado um banco de dados na projeção UTM/SAD69 e importado o mapa de

solos no formato TIFF e georreferenciado e realizada a vetorização dos polígonos, atualizando os limites e unidades de mapeamento através do arquivo de municípios de IBGE (2009) e da imagem SRTM (NASA, 2002) (Figura 2).

Figura 2. Solos do estado da Paraíba. Fonte: Adaptado de BRASIL (1972).

Da grade de pontos altimétricos, do arquivo SRTM, foi gerado pelo programa SPRING, as curvas de nível com equidistância de 10 metros. Em seguida, por modelagem numérica do terreno, utilizando-se o método de grade triangular, foi gerado o

mapa de declive, com as seguintes classes: plano (0-3%), suave ondulado (3-6%), ondulado (6-12%), forte ondulado (12-20%), montanhoso (20-40%) e escarpado (>40%) (Figura 3).

Figura 3. Declividade do estado da Paraíba. Fonte: Extraído de SRTM (EMBRAPA, 2005).

Para a composição do mapa de impedimento à mecanização foram elaborados sobre a base cartográfica do mapa de solos, os mapas de textura, pedregosidade, profundidade efetiva e drenagem, classificados de acordo com os graus de

limitação: nula, ligeira, moderada, forte e muito forte. A classificação para mecanização foi realizada através de uma chave interpretativa (Tabela 2), a partir dos critérios de enquadramento dos atributos diagnósticos dos solos.

Tabela 2. Chave de interpretação dos graus de impedimento das terras à mecanização agrícola

Graus de impedimento à mecanização agrícola							
Declividade	Pedregosidade		Profundidade Efetiva (m)	Textura	Drenagem	Grau de Impedimento	Classe
0-3%	Ausente	0%	> 0,8	Arenosa	Fortemente/Acentuadamente	Nula	I
3-6%	Poucas	< 10%	0,6 a 0,8	Média/Siltosa	Bem drenada	Ligeira	II
6-12%	Muitas	< 15%	0,4 a 0,6	Argilosa	Moderadamente	Moderada	III
12-20%	Bastante	< 40%	0,2 a 0,4	Argilosa 2:1/ Muito Argilosa	Imperfeitamente	Forte	IV
20-40%	Grande Quant.	> 40%	0 a 0,2	Muito Argilosa 2:1	Mal drenada	Muito forte	V
>40%						Extremament e Forte	VI

Fonte: Adaptado de BRASIL (1972); Ramalho Filho & Beek (1995); Lepsch et al. (1996); EMBRAPA (2006).

O mapa final de classes e subclasses de mecanização foi obtido pelo cruzamento entre o mapa parcial, resultante da interpretação conjunta dos atributos diagnósticos, e o mapa de classes de declive, utilizando-se o subprograma LEGAL (Linguagem Espaço-Geográfica baseada em Álgebra) do SPRING. As classes de mecanização foram definidas pelo mais alto grau de limitação à operação de preparo convencional do solo, sendo representadas por algarismos romanos de I a VI, e a subclasse pela natureza do fator limitante, sendo representada por letras índices, minúsculas, adicionadas ao algarismo representativo da classe (ex: d-declividade; p-profundidade efetiva; s-pedregosidade; t-

textura e a-drenagem). Para classes definidas por mais de um fator limitante, a representação da subclasse se dá pela ordem das letras das características diagnósticas, apresentada acima. No intuito de apresentar graficamente até três dos principais fatores limitantes à mecanização das terras, foi utilizado o artifício da vírgula para separar características diagnósticas de grau de limitação inferiores.

3. Resultados e Discussão

Da análise das características diagnósticas utilizadas para classificação das terras para mecanização pode-se ressaltar os principais resultados, a seguir:

Drenagem - Não foram identificados solos com grau muito forte de impedimento à mecanização devido à drenagem (subclasse V_d). O grau forte, representado por solos com drenagem imperfeita (subclasse IV_d), ocupam uma área de 15.916 km² (28,2%). Estes são solos com características relativas ao caráter raso, vértico, nátrico ou argílico, a exemplo

do Luvissole Crômico Vértico (TPo), que ocorre na região do Cariris do Paraíba, Seridó e Baixo Sertão do Piranhas; do Planossolo Nátrico Órtico típico (SNo) e do Vertissolo (Vco), que ocorrem na região do Cariris do Paraíba e no Alto Sertão como se pode observar na cor laranja (Figura 4).

Figura 4. Drenagem do estado da Paraíba. Fonte: Adaptado de BRASIL (1972).

De acordo com Cavalcante et al. (2005) os Luvissoles Crômicos (TPo) são solos muitos susceptíveis à salinização, facilmente erodíveis e em alguns locais são muito rasos. Em grande parte, estes solos, apesar de apresentarem um horizonte superficial mais arenoso, favorável à mecanização, apresentam um forte gradiente textural, e neste caso, a redistribuição da água no perfil, se dá de forma lenta (Oliveira, 2005; Ribeiro et al., 2009). Neste caso uma condição inadequada

de umidade em área mecanizada pode causar a degradação da estrutura do solo, resultando no aumento da compactação (Mosaddeghi et al., 2007; Michelin, 2009).

A compactação do solo é um dos principais problemas em áreas intensamente mecanizadas (Mosaddeghi et al., 2007), devido ao tráfego e aumento do tamanho dos implementos agrícolas (Lipiec & Hatano, 2003; Yavuzcan et al., 2004), sendo influenciado pelos fatores externos de tipo,

intensidade e frequência de carga aplicada (Alakukku et al., 2003).

Textura – Não foram identificados solos com grau muito forte de impedimento à mecanização devido à textura (subclasse V_t). Este grau de limitação representa solos muito argilosos ($> 60\%$ argila) e com argila de atividade alta. As terras da subclasse IV_t , com grau forte de limitação devido à textura (subclasse IV_t), ocupa uma área de 10.864 km^2 , que equivale a $19,25\%$ da área e está representada pelos Luvisolos Crômicos Órticos (TCo) do Sertão e Cariris de Princesa, Vertissolos Ebânicos (Vco) e Cromados (VCo) do Cariris do Paraíba e Luvisolos Hipocrômico Órtico típico (TPo) do Agreste Acaatingado (Figura 5).

As relações na interface solo-implemento são muito complexas, pois são afetadas pelas propriedades físico-hídrico-mecânicas do solo, expressas pela consistência do solo, que está diretamente relacionada a textura e as características das máquinas agrícolas (Klein & Libardi, 2002). O conteúdo elevado de argila de atividade alta torna os solos muito duros quando seco, e plástico e pegajoso quando molhados, condições que limita o trabalho de máquinas. Os efeitos do tráfego de máquinas são mais pronunciados em solos de textura argilosa do que em solos de textura arenosa (Corrêa et al., 2003; Moreau et al., 2006; Ampoorter et al., 2007) e o teor de umidade para cada solo é

determinante como limite de tolerância as operações mecânicas (Lopes et al., 2005; Gontijo et al., 2008).

Corrêa (2003) em seu trabalho ressalta as dificuldades de se cultivar nas áreas de solos vérticos, citando o exemplo da região de Souza, na Paraíba, onde o alto teor de argila expansiva torna o solo muito plástico e pegajoso quando molhado, com riscos de compactação; e muito duro quando seco, além da formação de fendilhamento e grandes torrões, dificultando os processos de semeio e cultivo da terra.

Os horizontes argílicos de muitos Luvisolos Cromados, quando vérticos, o que é comum no Estado (BRASIL, 1972), por localizarem-se a pouca profundidade da superfície ou apresentarem-se expostos devido a erosão é o fator preponderante da limitação à mecanização. Da mesma forma, horizontes nátricos das regiões mais secas e lateríticos, rico em ferro, comuns nas regiões mais úmidas, manifestam dureza e pegajosidade com a variação da umidade do solo, dificultando as operações com máquinas agrícolas (Pereira et al., 2002; Vasconcelos et al., 2006).

Imhoff et al. (2004) encontraram uma correlação positiva com a densidade do solo e conteúdo de argila, e correlação negativa com umidade do solo. Abu Hamdeh & Reeder (2003) relataram que a compactação é mais expressiva em solo argiloso do que em solo com textura grosseira. Em solos argilosos,

quando não trabalhados em condições ideais de umidade levam a compactação, e o efeito da compactação, conhecida por “pé de grade”

é mais evidenciado em solos argilosos (Pereira et al., 2002).

Figura 5. Textura do estado da Paraíba. Fonte: Adaptado de BRASIL (1972).

Profundidade efetiva – As terras com grau muito forte e forte de impedimento à mecanização, devido à profundidade efetiva, ocupam uma área de 56,02% do Estado. As terras com grau muito forte, que representam a subclasse Vp, abrangem 6,62% da Paraíba, sendo representadas pelos Neossolos Litólicos (RLe) originados de filitos-xisto (BRASIL, 1972) que ocorrem em áreas das encostas e do sopé do Planalto de Princesa, estendendo-se até o Alto Sertão, representadas na cor vermelha (Figura 4). As terras da subclasse IVp de mecanização, com grau forte de limitação devido à profundidade efetiva, abrangem 49,4% da área do Estado e é

representada por diferentes classes de solos que ocorrem, predominantemente, nas regiões sobre o Planalto da Borborema, em parte das regiões do Sertão e em menor proporção, os Neossolos Litólicos (RLe) do Agreste Acaatingado (Figura 6).

Conforme BRASIL (1972) a pequena profundidade do solo tem maior influência nos casos em que o material subjacente é uma rocha consolidada, ou, material não indicado para ser trazido à superfície pela aração. Cavalcante et al. (2005), em suas considerações aos solos da Paraíba, afirmam que estes apresentam limitações para o uso de implementos e para um aproveitamento

agrícola racional, tendo em vista as fortes limitações existentes, provocadas pelo relevo

acentuado, pedregosidade, rochosidade e reduzida profundidade dos solos.

Figura 6. Profundidade efetiva do estado da Paraíba. Fonte: Adaptado de BRASIL (1972).

Pedregosidade – As terras com grau muito forte (Vs) e forte (IVs) de limitação à mecanização devido à pedregosidade abrangem 43,71% do território estadual. As terras com grau forte (6.730 km²) corresponde a 11,93% do estado, em sua maioria formada pelos Neossolos Litólicos fase pedregosa e rochosa em relevo forte ondulado e montanhoso originados de gnaisses e granito (RLe), que ocorrem em linhas de serras na divisa do estado, nas encostas dos planaltos de Princesa e da Borborema nas vertentes para o Sertão, e em serras isoladas no interior do Estado. Faz parte também desta classe de impedimento, o

Neossolo Litólico de biotita-xisto (RLq) que ocorre na região do Curimataú, em relevo suave ondulado e ondulado, e no Seridó, divisa com o Rio Grande do Norte, em relevo forte ondulado a montanhoso. As terras com grau forte (subclasse IVs) ocorrem em 17.930 km² (31,78%) sendo representada pelos solos Luvisolos do Cariris do Paraíba sobre o Planalto da Borborema (TPo, TCo), do Seridó e Baixo Sertão, o Argissolo cascalhento (PVe) da região de Souza a Catolé do Rocha e os Neossolos Litólicos de filito-xisto (RLe) da encosta do Planalto de Princesa, que se prolongam até o extremo sudoeste do Estado (Figura 7).

Figura 7. Pedregosidade do estado da Paraíba. Fonte: Adaptado de BRASIL (1972).

A pedregosidade e a rochosidade são fatores limitantes à mecanização e de grande importância, pois restringe as atividades agrícolas, e podem causar sérios prejuízos às máquinas e implementos (BRASIL, 1972).

Ribeiro et al. (2007) analisando as potencialidade de uma bacia hidrográfica no Agreste Paraibano, ressaltam a pedregosidade superficial dos Neossolos Litólicos, como fator de limitação ao uso de implementos agrícolas. Apesar de quase sempre, serem pedregosos, pouco profundos e declivosos, os Neossolos Litólicos da região semiárida são comumente férteis, possibilitando cultivos anuais com lavouras de subsistência. Por outro lado, sabe-se que a ocorrência de pedras sobre a superfície dos solos, comuns nos Luvisolos do Nordeste, é apontada como um fator de proteção à ação erosiva da chuva

(Albuquerque et al., 2005; Figueiredo et al., 2009).

Declividade – As áreas mais declivosas do estado com graus de impedimento à mecanização extremamente forte (>40% de declividade), representada na Figura 8 pela cor marrom (subclasse VI_d), e muito forte (20 a 40% declividade), subclasse VI_d, pela cor vermelha. Estas subclasses estão relacionadas, principalmente, a solos Neossolos Litólicos (RLe, RLq) e Argissolos (PVe), que se distribuem nos contrafortes orientais e ocidentais do Planalto da Borborema, nos contrafortes do planalto de Princesa, na Serra Grande no Alto Sertão, e em serras isoladas do interior da Depressão Sertaneja, representando respectivamente, 0,6 e 16,4% da área do estado. Pode-se afirmar que as

terras da Paraíba são predominantemente planas à suave onduladas, com declividades inferiores a 6%, apresentando grau de

impedimento nulo a ligeiro à mecanização, em mais de 56% do seu território.

Figura 8. Declividade do estado da Paraíba. Fonte: Adaptado de BRASIL (1972).

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. Para Valladares et al. (2008) a declividade permite um maior detalhamento da aptidão agrícola das terras, pois possibilita a avaliação de fatores limitantes como susceptibilidade à erosão, impedimento à mecanização e indiretamente, a deficiência de fertilidade.

Com grande frequência os solos Neossolos Litólicos ocorrem na Paraíba em área de relevo forte ondulado, o que, independente dos demais atributos do solo, é

uma característica de forte restrição a utilização de máquinas agrícolas (Cavalcante et al., 2005).

Classes e subclasses de terras para mecanização – Como se pode observar na Figura 9, as áreas mais favoráveis à mecanização são representadas pelas classes I, II e III e abrangem 17,47% do território do estado. Estas terras ocorrem em maior proporção na região do Litoral, nos terrenos franco arenosos, planos à suave ondulados e profundos dos Tabuleiros; em platôs interiores divisores de bacias hidrográficas e em topos aplainados de serras.

Figura 9. Classes de limitação das terras à mecanização do estado da Paraíba.

Pode-se observar que, para o grau forte de limitação a mecanização (classe IV), os atributos diagnósticos mais prováveis de serem seus fatores limitantes a mecanização são a profundidade efetiva, que ocorre em 49,4% das terras do estado, seguida da pedregosidade com 31,78%, e da drenagem com 28,2%. Já para o grau muito forte de limitação (classe V), é a declividade o principal fator determinante da classe. Este ocorre em 16,4% das terras do estado seguido da pedregosidade com 11,94%. No geral, integrando-se grau de impedimento e área de abrangência dos fatores limitantes, a profundidade efetiva é o fator limitante de maior preponderância à mecanização no estado, apresentando o maior índice de impedimento.

O grau extremamente forte de impedimento à mecanização, que define a classe VI, representado por terras com mais de 40% de declividade, ocorre em 317 km², que compreende a 0,57% da área do Estado. Confrontando-se sua distribuição geográfica com o mapa de solos, pode-se observar que esta classe ocorre, principalmente, nos contrafortes do Planalto de Princesa, transição para depressão sertaneja, onde ocorrem solos Neossolos Litólicos (RLe) em relevo forte ondulado a montanhoso originado de filito e xisto; nos Neossolos Litólicos originados de quartzito, que ocorrem na linha de serra que se inicia no Alto Sertão e adentra o Baixo Sertão de Piranhas, no sentido oeste-leste do Estado; além dos Neossolos Litólicos (RLe) fase pedregosa rochosa, relevo forte ondulado

a montanhoso, substrato gnaisses e granito, que ocorrem em pontos isolados, no Sertão e nos contrafortes orientais sul do Planalto da Borborema.

4. Conclusões

1. Não foram identificados terras com grau muito forte (subclasse V_d) de impedimento à mecanização devido à drenagem (solos mal drenados). A subclasse IV_d , que é representada por solos com drenagem imperfeita, ocupa uma área de 15.916 km², que corresponde a 28,2% do estado.
2. Não foram identificados solos com grau muito forte de impedimento à mecanização devido à textura (subclasse V_t), ou seja, solos com textura muito argilosa e argila de atividade alta dentro dos 40 cm de profundidade. O grau forte (Classe IV) de impedimento à mecanização devido à textura ocupa uma área de 10.864 km², que corresponde a 19,25% do estado.
3. O grau muito forte (subclasse V_p) e forte (subclasse IV_p) de impedimento à mecanização devem-se à profundidade efetiva que ocupa uma área de 56,02% do estado. A subclasse V_p , com 6,62%, e a subclasse IV_p , apresentam grau forte de impedimento à mecanização.
4. Os graus muito forte (subclasse V_s) e forte (subclasse IV_s) de limitação à mecanização devido à pedregosidade abrangem 43,71% do território. A subclasse V_s , com área corresponde a 11,93% do estado e

compreende solos com ocorrência de mais de 50% de pedras nos primeiros horizontes e sub-horizontes até 40 cm de profundidade. A subclasse IV_s ocorre em 31,78% da área do estado.

5. As áreas mais declivosas, representadas pelas subclasses V_d , com graus de impedimento à mecanização muito forte (20 a 40% de declividade) e extremamente forte, Subclasse VI_d , (>40% de declividade) representam, respectivamente, 0,6 e 16,4% da área do Estado;
6. As terras com graus forte (Classe IV), muito forte (Classe V) e extremamente forte (Classe VI) de impedimento à mecanização abrangem 49,61, 32,35 e 0,57%, respectivamente, totalizando 82,53% da área do Estado.
7. As terras com graus nulo (Classe I), ligeiro (Classe II) e moderado (Classe III) de impedimento à mecanização abrangem 1,72, 3,82, e 11,93% respectivamente.

Em síntese, no estado da Paraíba dominam as classes de limitação forte a muito forte à mecanização das terras.

5. Agradecimentos

Ao Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo do Centro de Ciências Agrárias da UFPB e seus professores.

6. Referências

- Abu-Hamdeh, N. H.; Reeder, R. C. (2003). Measuring and predicting stress distribution

under tractive devices in undisturbed soils. *Biosystems Engineering*, n.85, p.493–502.

Albuquerque, A. W.; Filho, M. G.; Santos, J. R.; Costa, P. V.; Souza, J. L. (2005). Determinação de fatores da equação universal de perda de solo em Sumé, PB. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9, n.2, p.153-160.

Alakukku, L.; Weisskopf, P.; Chamen, W. C. T.; Tijink, F. G. J.; van der Linden, J. P.; Pires, S.; Somer, C.; Spoor, G. (2003). Prevention strategies for field traffic-induced subsoil compaction: a review. Part 1. Machine/soil interactions. *Soil & Tillage Research*, v.73, n.1/2, p.145-160.

Ampoorter, A.; Goris, R.; Cornelis, W. M.; Verheyen, K. (2007). Impact of mechanized logging on compaction status of sandy forest soils. *Forest Ecology and Management*, n.241, p. 162-174.

Bispo, P. da C.; Valeriano, M. de M.; Kuplich, T. P. (2010). Relação entre as variáveis morfometrias extraídas de dados SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) e a vegetação do Parque Nacional de Brasília. *Acta Botânica Brasileira*, v.24, n.1, p.96-103.

Brasil. Ministério da Agricultura. (1972). Levantamento Exploratório e de Reconhecimento dos Solos do Estado da

Paraíba. Rio de Janeiro. (Boletins DPFS-EPE-MA, 15 - Pedologia 8). Convênio MA/CONTA/USAID/BRASIL.

Brasil. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos. (2005). Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca – PAN - Brasil. Brasília-DF, 213p.

Cavalcante, F. de S.; Dantas, J. S.; Santos, D.; Campos, M. C. C. (2005). Considerações sobre a utilização dos principais solos no estado da Paraíba. *Revista Científica Eletrônica de Agronomia*, v.4, n.8, p.1-10.

Corrêa, M. M.; Ker, J. C.; Mendonça, E. S.; Ruiz, H. A.; Bastos, R. S. (2003). Atributos físicos, químicos e mineralógicos de solos da região das várzeas de Sousa (PB). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.27, n.2.

Duarte, S. M. A.; Barbosa, M. P. (2009). Estudo dos recursos naturais e as potencialidades no semiárido, estado da Paraíba. *Engenharia Ambiental*, v.6, n.3, p.168-189.

Embrapa. (2006). CNPS. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 412p.

Embrapa. (2005). Embrapa Monitoramento

por Satélite. Miranda, E. E. de. (Coord.). Brasil em Relevo. Campinas, Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 11 jul. 2008.

Figueiredo, T.; Ferreira, A. G.; Gonçalves, D.; Poesen, J. (2009). Temporal changes on the effect of rock fragments in interrill soil loss: a simulation experiment and a simple descriptive model. *Revista de Ciências Agrárias*, Lisboa, v.32, n.1.

Gontijo, I.; Dias Junior, M. de S.; Guimarães, P. T. G.; Araújo-Junior, C. F. (2008). Atributos físico-hídricos de um latossolo de cerrado em diferentes posições de amostragem na lavoura cafeeira. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, n.32, p.2227-2234.

Imhoff, S.; Silva, A. P. da; Fallow, D. (2004). Susceptibility to compaction, load support capacity, and soil compressibility of hapludox. *Soil Science Society of America Journal*, v. 68, p.17–24.

Klein, V. A.; Libardi, P. L. (2002). Densidade e distribuição do diâmetro dos poros de um latossolo vermelho sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.26, n.4, p.857-67.

Lepsch, I. F.; Bellinazzi Jr., R.; Bertolini, D.; Espíndola, C. R. (1996). Manual para

levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. 4^a Aprox. SBCS, Campinas-SP, 175p.

Lipiece, J.; Hatano, R. (2003). Quantification of compaction effects on soil physical properties and crop growth. *Geoderma*, n.116, p.107-136.

Lopes, A.; Lanças, K. P.; Silva, R. P. da; Furlani, C. E. A.; Nagaoka, A. K.; Reis, G. N. dos. (2005). Desempenho de um trator em função do tipo de pneu, da lastragem e da velocidade de trabalho. *Ciência Rural*, v.35 n.2, p. 366-370.

Michelon, C. J.; Carlesso, R.; Petry, M. T.; Melo, G. L.; Spohr, R. B.; Andrade, J. G. de. (2009). Qualidade física dos solos irrigados de algumas regiões do Brasil Central. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.13, n.1, p.39–45.

Moreau, A. M. S. S.; Costa, L. M.; Ker, J. C.; Gomes, F. H. (2006). Gênese de horizonte coeso, fragipã e duripã em solos do tabuleiro costeiro do sul da Bahia. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.30, p.1021-1030.

Mosaddeghi, M. R.; Koolen, A. J.; Hemmat, A.; Hajabbasi, M. A.; Lerink, P. (2007). Comparisons of different procedures of pre-compaction stress determination on weakly

structured soils. *Journal of Terramechanics*, v.44, p.53-63.

Oliveira, J. B. (2005). *Pedologia aplicada*. Piracicaba: FEALQ, 574p.

Pereira, J. O.; Siqueira, J. A. C.; Uribe-Opazo M. A.; Silva, S. de L. (2002). Resistência do solo à penetração em função do sistema de cultivo e teor de água do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.6, n.1, p.171-174.

Pedron, F. de A.; Poelking, E. L.; Dalmolin, R. S. D.; Azevedo, A. C. de; Klant, E. (2006). A aptidão de uso da terra como base para o planejamento da utilização dos recursos naturais no município de São João do Polêsine – RS. *Ciência Rural*, v.36 n.1, p.105-112.

Ramalho Filho, A.; Beek, K. J. (1995). *Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras*. 3.a ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 65p.

Ribeiro, M. R.; Sampaio, E. V. S. B.; Galindo, I. C. L. (2009). Os solos e o processo

de desertificação no semiárido brasileiro. *Tópicos em ciência do solo*, v.6, p.413-459.

Silveira, P. M. da; Stone, L. F. (2003). Sistemas de preparo do solo e rotação de culturas na produtividade de milho, soja e trigo. *Revista Brasileira de Engenharia Ambiental*, v.7, n.2, p.240-244.

Valladares, G. S; Hott, M. C; Quartaroli, C. F. (2008). Aptidão agrícola das terras do nordeste do estado de São Paulo. *Circular Técnica 15*. Embrapa CNPM.

Vasconcelos, R. F. B. de; Cantalice, J. R. B.; Silva, A. J. N. da; Oliveira, V. S. de; Silva, Y. J. A. B. da. (2010). Limites de consistência e propriedades químicas de um latossolo amarelo distrocoeso sob aplicação de diferentes resíduos da cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, n.34, p.639-648.

Yavuzcan, H. G.; Matthies, D.; Auernhammer, H. (2005). Vulnerability of Bavarian silty loam soil to compaction under heavy wheel traffic: Impacts of tillage method and soil water content. *Soil Till. Res.*, n.84, p.200-215.