



## POTENCIALIDADES E LIMITAÇÕES AGRÍCOLAS DE SOLOS EM ASSENTAMENTO DE REFORMA AGRÁRIA NO MUNICÍPIO DE CHAPADINHA-MA

*Capabilities and limitations of agricultural soils in settlement of land reform in the municipality of Chapadinha-MA*

James Ribeiro de Azevedo<sup>1\*</sup>; Célia Regina Paes Bueno<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Professor; Coordenação do curso de Agronomia; Universidade Federal do Maranhão - UFMA; jamesazevedo@hotmail.com.

<sup>2</sup> Professora; Departamento de Solos; Universidade Estadual Paulista - UNESP, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária - FCAV; crbueno@fcav.unesp.br.

Artigo enviado em 20/05/2016, aceito em 23/01/2017 e publicado em 03/03/2017.

**Resumo** – Pela importância que a reforma agrária representa para o Brasil, as áreas onde são assentadas as famílias deveriam ter solos com boas potencialidades agrícolas. Objetivou-se neste trabalho classificar os solos e avaliar as suas potencialidades e as limitações agrícolas no assentamento de reforma agrária Malhada do Meio, localizado no município de Chapadinha-MA. Foram abertos quatro perfis em pontos representativos das diferentes paisagens. Amostras de solos foram coletadas para a realização das análises de caracterizações químicas e granulométricas. Os solos estudados foram classificados como Neossolo Flúvico, Gleissolo Háptico Tb Distrófico cambissólico, Plintossolo Argilúvico Distrófico abruptico e Plintossolo Pétrico Concrecionário êndico. Concluiu-se que se deve fazer um estudo prévio das potencialidades e limitações agrícolas dos solos para definir áreas para projetos de reforma agrária.

**Palavras-Chave** – plintita, solos do Maranhão, Neossolo, Gleissolo, Plintossolo.

**Abstract** – The importance of land reform is to Brazil, the areas where they are resettled families should have soils with good agricultural potential. The objective of this study was to classify soils and evaluate their strengths and limitations in agricultural land reform settlement Malhada do Meio, located in the municipality of Chapadinha, MA. Four profiles were opened at representative points of different landscapes. Soil samples were collected for analyzes of chemical and textural characteristics. The soils were classified as Neossolo Flúvico, Gleissolo Háptico Tb Distrófico cambissólico, Plintossolo Argilúvico Distrófico abruptico and Plintossolo Pétrico Concrecionário êndico. In conclusion, it should make a preliminary study of agricultural potentialities and limitations of the soil to define areas for agrarian reform projects.

**Keywords** – plinthite, soils of Maranhão, Entisol, Gleysol, Plinthosol.

## INTRODUÇÃO

Os assentamentos rurais no Brasil passaram a existir oficialmente a partir da década de 1980 e foram criados para responder às pressões localizadas, como forma de mitigar conflitos relacionados à posse da terra (SILVA et al., 2010). Na implantação dos projetos de reforma agrária no Brasil, não há uma priorização de áreas de maior aptidão edáfica e a inclusão de áreas de baixa aptidão edáfica pode

retardar ou inviabilizar o seu desenvolvimento (SPAROVEK; MAULE, 2003).

Nas áreas de reforma agrária no Maranhão, de acordo com a disponibilidade de nutrientes, capacidade de retenção de água, capacidade de enraizamento e risco de erosão, os solos, em sua maioria, são restritos ou moderadamente restritos, e raros são aqueles com pouca ou nenhuma restrição (STEEG et al., 2003).

Malhada do Meio, localizado no município de Chapadinha, é um dos diversos projetos de

reforma agrária implantados no Estado do Maranhão. Foi criado em 2006, em uma área de 630,86 hectares, e nele vivem 38 famílias.

O sistema de cultivo utilizado no local é denominado de sistema de corte e queima ou agricultura itinerante. Essa prática que consiste no pousio, corte e queima da vegetação não é adequada em pequenas áreas para a recuperação ou a recomposição dos seus nutrientes, e os agricultores devem procurar manejos adequados de forma a utilizar a mesma área sem que perca sua capacidade produtiva (FREITAS et al., 2012), que pode ser mantida desde que a utilize de modo sustentável, baseando-se em princípios conservacionistas (GUIMARÃES; SANTOS, 2012). Para se ter o uso mais adequado e racional do solo, é necessário

conhecer bem seus atributos químicos, físicos e morfológicos, e a partir disso propor técnicas de manejo mais adequadas para as condições locais (QUEIROZ et al., 2012).

Nesse contexto, levantamento e classificação dos solos podem contribuir na escolha de técnicas de uso e manejo sustentável do solo e propiciar o desenvolvimento de projetos de assentamento. Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo classificar os solos do assentamento de reforma agrária Malhada do Meio, no município de Chapadinha, Estado do Maranhão, e avaliar suas potencialidades e limitações agrícolas.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no assentamento de reforma agrária Malhada do Meio, localizado no município de Chapadinha – MA, com coordenadas centrais (UTM) 9585546 W e 661510 S, com altitude média de 67 m e área de 630,86 ha. O substrato geológico é constituído de arenitos, siltitos e cangas ferruginosas da Formação Itapecuru (Cretáceo Superior) e de areias colúvies fluviais dos Depósitos Aluvionares e Coluvionares (Cenozoico-Quaternário-Holoceno) (VASCONCELOS et al., 2004). O relevo é de colinas de topos arredondados de baixas altitudes (Figura 1), frequentemente recobertos por cangas ferruginosas de dimensões variadas. A vegetação, de acordo com a classificação de Veloso et al. (1991), é de Floresta Estacional Decidual Submontana (maior área) com ocorrência de babaçu (*Orbignya sp.*), Savana Estépica Parque com ocorrência de carnaúba (*Copernicia prunifera*) e Savana Estépica Arborizada.

O clima da região de acordo com a classificação de Thornthwaite (1948) é do tipo C<sub>2</sub>WA'a', com precipitação pluviométrica anual entre 1600 a 2000 mm e temperatura média anual variando de 26° a 27° C (MARANHÃO, 2002).

Para definir a localização dos perfis, percorreu-se no centro da área de uma extremidade a outra, no sentido do seu comprimento, identificando-se os diferentes tipos de vegetação e as variações de relevo. Quatro perfis representativos da paisagem foram amostrados e georreferenciados. O primeiro perfil foi amostrado em um vale (coordenadas 662181 S e 9586184 W, com 41 m de altitude, sob vegetação antropizada contendo *Mimosa caesalpinjifolia*.) o segundo

próximo ao córrego situado na extremidade leste da área (coordenadas 662893 S e 9586290 W, com 29 m de altitude, sob Savana Estépica Arborizada), o terceiro entre a colina e o córrego (coordenadas 662646 S e 9586219 W, com 33 m de altitude, sob Savana Estépica Parque) e o quarto no topo da colina (coordenadas 661996 S e 9585644 W, com 86 m de altitude, sob Floresta Estacional Decidual Submontana) (Figura 1). Os perfis foram abertos e descritos, e amostras foram coletadas (conforme SANTOS et al., 2013) secas e peneiradas (2 mm), constituindo a terra fina seca ao ar (TFSA).

Os valores de pH (KCl 1 mol L<sup>-1</sup> e H<sub>2</sub>O), C orgânico, P (resina), K, Ca, Mg, H+Al e Al foram determinados pelos métodos de Raij et al. (1987), e os teores de SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pela metodologia da Embrapa (1997).

Realizou-se a determinação granulométrica do solo pelo método da pipeta, utilizando-se de uma solução de NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup> como dispersante químico e agitação mecânica em baixa rotação, por 16 h (EMBRAPA, 1997). A fração argila foi separada por sedimentação, a areia grossa e fina por tamisação, e o silte foi calculado por diferença.

Os solos foram classificados conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) (EMBRAPA, 2013).

As potencialidades e limitações dos solos foram avaliadas quanto à fertilidade natural: valores de P, C orgânico, soma de bases (SB) e capacidade de troca de cátions (T), aproveitando-se dos dados disponíveis das análises química das amostras, e quanto à drenagem observadas nos perfis.

Foram também avaliadas, em toda a área do assentamento, barreiras físicas ao desenvolvimento das raízes e à mecanização, para tanto georreferenciou-se 116 locais na superfície dos solos em malha irregular com pontos distanciados de 300 m e perfurados até o máximo de 100 cm de profundidade, com trado tipo holandês (Figura 2). Essa avaliação foi realizada em razão da presença marcante de afloramentos de petroplintitas em vários locais da superfície da terra.

A variabilidade dos dados foi analisada pela estatística descritiva (média, mediana, máximo, mínimo, desvio padrão, assimetria, curtose e coeficiente de variação). A hipótese de normalidade dos dados foi verificada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. A dependência espacial foi modelada com ajustes de modelos matemáticos teóricos permissíveis ao semivariograma experimental. A escolha do modelo foi baseada na menor SQR (Soma de Quadrados do Resíduo) e no maior coeficiente de determinação ( $R^2$ ).

Definido o modelo, fez-se a interpolação de dados (krigagem ordinária) para a elaboração do mapa de padrão espacial. Foram utilizados os seguintes programas: Minitab, GS+ versão 9 (ROBERTSON, 1998) e o programa Surfer versão 9 (GOLDEN SOFTWARE INC., 1999).

O grau de dependência espacial (GDE) foi calculado pela fórmula  $[GDE = (C_0/C_0+C_1) \times 100]$  desenvolvida por Cambardella et al. (1994), com a seguinte classificação: forte, se  $GDE < 25\%$ ; moderada, se  $26\% < GDE < 75\%$ , e fraca, se  $GDE > 75\%$ .

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Classificação dos solos

Os solos foram classificados como: Perfil 1 - Neossolo Flúvico, Perfil 2 - Gleissolo Háptico Tb Distrófico cambissólico, Perfil 3 - Plintossolo Argilúvico Distrófico abruptico e Perfil 4 - Plintossolo Pétrico Concrecionário êndico. O Neossolo Flúvico foi classificado até o segundo nível em razão do horizonte C1, que corresponde à seção de controle para a identificação da sua atividade da argila, apresentar textura areia-franca. Segundo o SiBCS (EMBRAPA, 2013) o critério da atividade da argila não se aplica a materiais de solo dessa classe textural, fato que o torna sem enquadramento taxonômico a partir do segundo nível categórico.

### Atributos morfológicos

Foram identificados no perfil P1 quatro horizontes, todos com matiz 2,5Y (Tabela 1). A classe textural dos horizontes do solo varia de areia-franca a franco-arenosa. A estrutura é moderada a forte com blocos subangulares.

No perfil P2, identificaram-se seis horizontes, todos com matiz 2,5Y (Tabela 1). A classe textural dos horizontes varia de arenosa a franco-argilosa. A estrutura é fraca a forte predominando blocos subangulares.

Foram identificados quatro horizontes no perfil P3, todos com matiz 2,5Y (Tabela 1). Observou-se no horizonte Btgf, a presença de mosqueados vermelhos (7,5YR), indicando a presença de plintitas. A classe textural dos horizontes varia de franco-arenosa (predomina) a franco-argilo-arenosa. A estrutura do solo é forte com blocos angulares em todos os horizontes.

Nos horizontes subsuperficiais dos perfis P1, P2 e P3, a coloração acinzentada (2,5Y com croma variando de 1 a 3) pode ser resultante da redução dos compostos de ferro em presença de matéria orgânica, com alternância de oxidação, por efeito de flutuação do nível do lençol freático, em condições de regime de excesso de umidade periódica (CORINGA et al., 2012).

Mosqueados de oxidação foram encontrados nos perfis P1, P2 e P3 (Tabela 1), localizados em áreas baixas, sujeitas a inundações em alguns meses do ano.

No perfil P4, o horizonte Bwc1 possui coloração mais escura que os demais horizontes subsuperficiais dos outros perfis em função de apresentar maior valor de C orgânico (Tabela 1). No horizonte Bwc2, a cor é mais amarelada, com matiz 10YR (presença de goethita) estando no topo da encosta, sem ocorrer inundação. No horizonte Bwc1, observa-se petroplintita, com dimensões de cascalho, ocupando mais de 50 % do volume do solo, caracterizando o horizonte concrecionário (EMBRAPA, 2013). No horizonte Bwc2 do P4, encontra-se petroplintita, com dimensões de calhaus. A petroplintita é resultante do processo de endurecimento da plintita de forma irreversível, após ciclos sucessivos e alternados de umedecimento e secagem (ANJOS et al., 2007).

### Atributos granulométricos

No perfil P1, predomina a fração areia em todos os horizontes, com maiores quantidades de areia fina (AF) nos horizontes A, AC e C2 (Tabela 2). O grau de floculação (GF) observado é  $< 50\%$  em todos

os horizontes e pode ser atribuído à sazonalidade das chuvas (ANJOS et al., 2007) e/ou à oscilação do lençol freático (ZAPAROLI; GASPARETTO, 2010), pois ambos enfraquecem a estabilidade dos agregados do solo, e/ou aos baixos valores dos óxidos de alumínio e de ferro (classes definidas por EMBRAPA, 2013) segundo Vilarinho et al. (2013), e/ou a baixos e médios teores de H+Al (classes estabelecidas por TOMÉ JÚNIOR, 1997) conforme Morelli e Ferreira (1987) que são agregantes do solo.

A falta de uniformidade (aumento ou decréscimo) das quantidades de areia, silte e argila ao longo do perfil (Tabela 2) pode ser atribuída à deposição de sedimentos transportados pelo processo aluvionar e/ou coluvionar, visto que esse perfil foi aberto em um vale que é banhado por um pequeno córrego. Os maiores teores de areia presentes nos horizontes C1 e C2 talvez possam ser atribuídos a depósitos flúvio-coluvionares dos Depósitos Aluvionares e Coluvionares.

No P2, as maiores quantidades de areia nos horizontes 3Cg1 e 4Cg2 (Tabela 2) podem ser de sedimentos depositados pelo processo aluvionar dos Depósitos Aluvionares e Coluvionares, pois esse perfil foi descrito na parte mais baixo do relevo, próximo ao córrego. Esses processos de alúvio e colúvio também podem ser responsáveis pela descontinuidade litológica entre os horizontes. Os valores do GF são < 50%, em razão das mesmas causas relatadas no P1, com exceção de altos teores de H+Al (Tabela 3) e quantidades médias de óxido de alumínio nos horizontes A, AB e Big1 (Tabela 4).

As maiores quantidades de areia presentes no P3 (Tabela 2) podem estar relacionadas aos arenitos da Formação Itapecuru. Os horizontes Btg e Btgf apresentam o dobro da quantidade de argila em relação ao horizonte E, com mudança textural abrupta entre os horizontes (EMBRAPA, 2013). O GF apresenta valores inferiores a 50 %. Trabalhando com Plintossolos Argilúvicos no Maranhão, Anjos et al. (2007) encontraram também grau de floculação menor que 50 % e atribuíram a isso à forte alternância sazonal de períodos chuvosos, favorecendo a destruição dos agregados do solo. Outros fatores, também, podem ter contribuído para explicar valores de GF < 50%, como os citados no P1.

No P4, as quantidades de argila aumentam em profundidade (Tabela 2), resultado também observado por Guimarães e Santos (2012) em Plintossolo Pétrico Concrecionário êutrico. Os horizontes A e o Bwc1 apresentam GF > 50 % e as maiores quantidades de argila (Tabela 2) e C orgânico (Tabela 3), estando de acordo com Metzner et al. (2003), segundo os quais, as

partículas de argila e matéria orgânica participam como agregantes na floculação; observa-se, também, muito alto e altos teores de H+Al (Tabela 3) corroborando Morelli e Ferreira (1987), que citam o  $Al^{3+}$  e o  $H^+$  como os principais agentes floculantes em solos ácidos; e quantidades média e alta de óxido de alumínio e maior quantidade de óxido de ferro no horizonte A, que as encontradas nos perfis P1, P2 e P3 (Tabela 4). Óxido de alumínio e óxido de ferro são agregantes do solo, de acordo com Vilarinho et al. (2013).

### Atributos químicos

No P1, e demais horizontes dos outros perfis, excetuando-se no Bwc1 do P4, os valores de  $\Delta pH$  são negativos em todos os horizontes (Tabela 3), indicando a presença de cargas negativas. Isso indica que a capacidade de troca catiônica é maior que a aniônica. Na capacidade de troca de cátions (T) há domínio de H+Al no complexo de troca, assim como nos horizontes dos demais perfis. Quanto ao valor saturação por bases (V), todos os horizontes, inclusive dos outros perfis, apresentam V < 50 %, caracterizando solos distróficos, ou seja, de baixa fertilidade natural. A baixa fertilidade desse solo deve-se possivelmente à pobreza química dos sedimentos transportados pelo processo aluvionar e coluvionar e/ou pelo intemperismo do solo.

Os valores de soma de bases (SB), Al, H+Al, T, V e saturação por alumínio (m) nos horizontes do P2 são erráticos (Tabela 3). Esta desuniformidade química, presente nos horizontes, pode ser causada por sedimentos transportados pelo processo aluvionar, influenciando o conteúdo dos horizontes superficiais. Os valores de V inferiores a 50 % em todos os horizontes são provavelmente causados pela pobreza química dos sedimentos depositados e/ou pelo intemperismo do solo.

No P3, o pH em água tem variação de muito alto a médio (classes estabelecidas por TOMÉ JÚNIOR, 1997), e o pH em KCl, em todos os horizontes, apresenta acidez muito alta (Tabela 3). A acidez aumenta em profundidade, aliada ao aumento da saturação por alumínio (m). Esse comportamento, provavelmente, seja devido ao processo de ferrólise, geralmente observada em solos que sofrem encharcamentos periódicos (BRINKMAN, 1970). Os valores de V inferiores a 50 % em todos os horizontes podem ser ocasionados, neste perfil e no P4, provavelmente pela pobreza química dos sedimentos poucos consolidados da Formação Itapecuru e/ou pelo intemperismo do solo.

O P4 apresenta valores de pH em água com variação de muito alto a médio, e pH em KCl muito alto em todos os horizontes, com valores diminuindo em profundidade (Tabela 3). Acidez muito alta em horizonte superficial encontra-se também no estudo de Benedetti et al. (2011) com Plintossolo Pétrico. O valor de C orgânico é mais elevado no horizonte superficial desse perfil em comparação com os demais, pois está sob floresta, mais preservada e adensada. Os valores de T variam de 7,7 a 13,28 27 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>, sendo valores maiores quando comparado com os horizontes dos demais perfis, ocasionados por maiores valores de argila e C orgânico.

As menores quantidades de C orgânico nos horizontes superficiais de P2 e P3 comparando-se aos horizontes superficiais dos demais perfis (Tabela 3) devem-se, possivelmente, à vegetação de Savana Estépica, que se caracteriza por árvores espaçadas (carnaúbas - *Copernicia prunifera*) com presença de gramíneas rasteiras.

A baixa saturação por bases, associada ao material de origem de baixa qualidade química e a médios valores de saturação por alumínio (classificação estabelecidas por TOMÉ JÚNIOR, 1997), contribui para a manutenção de valores de pH próximos a 4,0 (Tabela 3) devido à alta intemperização dos minerais primários, condicionada pela elevada concentração de chuvas em alguns meses do ano.

A composição química da TFSA, determinada pelo ataque sulfúrico, encontra-se na Tabela 4. No P1, as quantidades de óxidos de ferro são menores entre os demais óxidos nesse perfil. (Tabela 4). Esse perfil é moderadamente drenado, com mosqueados de oxidação. Essas características semelhantes também são observadas em P2 e P3. Por essas condições, os baixos valores de ferro apresentados nesses três perfis podem ser devido à pobreza de minerais com Fe dos sedimentos, e/ou à proximidade do lençol freático e à drenagem deficiente, que promovem maior redução do Fe e sua remoção gradativa do sistema (CORINGA et al., 2012).

No P2, os valores de SiO<sub>2</sub> e Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> aumentam do horizonte A para o AB e diminuíram em profundidade (Tabela 4). Os valores de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> apresentam resultados semelhantes, sendo este comportamento também verificado em Gleissolo Háplico no trabalho de Sousa e Souza (2013).

O P3 apresenta maiores valores de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nos horizontes mais profundos (Tabela 4). Isto pode ser devido à maior redução e migração do ferro dos horizontes superficiais e posterior precipitação e segregação no horizonte mais profundo, formando a plintita (LIMA et al., 2006). Baixos teores de óxido de

ferro em Plintossolo Argilúvico Distrófico petroplíntico no Maranhão foram também encontrados por Anjos et al. (2007).

Entre os perfis, o P4 apresenta os maiores valores de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Tabela 4), estando em uma posição mais elevada do relevo, sendo um perfil moderadamente drenado e desta forma não ocorre à redução do ferro e sua migração. As maiores quantidades de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> foram encontradas nesse perfil e podem estar relacionadas às maiores quantidades de argila.

### Potencialidades e limitações dos solos a partir dos perfis

As quatro classes de solos são de baixa fertilidade natural, dentre eles o Neossolo Flúvico é o que apresenta melhor fertilidade, considerando os maiores valores de V nos horizontes superficiais em relação aos outros perfis (Tabela 3).

Em relação à drenagem, o Gleissolo Háplico Tb Distrófico cambissólico (altitude 29 m) e o Plintossolo Argilúvico Distrófico abruptico (altitude 34 m) apresentam drenagem deficiente, com inundações sazonais, devido à elevação do lençol freático, ficando a alguns centímetros da superfície do solo, dificultando o seu manejo. Essa limitação de uso e manejo foi também relatada por Martins et al. (2006) em Plintossolos e por Guimarães et al. (2013) em Gleissolos. O Neossolo Flúvico (altitude 41 m) apresenta drenagem moderada, contendo mosqueados apenas a partir de 1,20 m de profundidade. O Plintossolo Pétrico Concrecionário êndico (altitude 86 m) é bem drenado, está em uma posição mais elevada do relevo e não apresenta nenhuma restrição relativa à drenagem.

O Plintossolo Pétrico Concrecionário êndico apresentou maior quantidade de argila no horizonte A entre os perfis. Nesse perfil, observou-se uma barreira física para o crescimento das raízes nos horizontes Bwc1 e Bcw2, devido à presença do horizonte concrecionário.

Em alguns meses do ano, o Gleissolo Háplico Tb Distrófico cambissólico e o Plintossolo Argilúvico Distrófico abruptico apresentam limitações à mecanização, devido à elevação do lençol freático.

### Potencialidades e limitações dos solos em toda a área

O resultado referente ao teste Kolmogorov-Smirnov indicou anormalidade. Na geoestatística a

normalidade dos dados não é uma exigência, embora variáveis com uma assimetria muito acentuada possam comprometer as análises (CRESSIE, 1991). Portanto, utilizou-se a transformação radicial (WEBSTER; OLIVER, 1990).

O coeficiente de variação (CV) classificado de acordo com Warrick e Nielsen (1980) é alto (Tabela 5), devido aos diferentes tipos de solos identificados. No Plintossolo Pétrico, com presença de horizonte concrecionário, os valores são menores e no Neossolo Flúvico, Gleissolo Háptico e Plintossolo Plíntico foram perfurados até 100 cm e não foi encontrado obstáculo.

O modelo ajustado foi o exponencial (Tabela 6), o qual descreve fenômenos mais erráticos em pequena escala (ISAAKS; SRIVASTAVA, 1989), estando de acordo com Mcbratney e Webster (1986), os quais observaram que os modelos matemáticos que mais se ajustam aos atributos do solo são os modelos esférico e exponencial. O GDE é forte, indicando uma ótima relação entre os pontos amostrados. O valor do alcance elevado revela que existe uma dependência espacial em grande escala.

Ao sudoeste e a parte central da área, nas maiores altitudes com relevo ondulado, a profundidade superficial do solo varia entre 0 a 60 cm (Figura 3) devido à presença de horizonte concrecionário. Nessa área, com ocorrência de Plintossolo Pétrico, há impedimento à mecanização e dificuldade ao desenvolvimento das raízes. Ao nordeste, com menores cotas e ocorrência de Neossolo Flúvico, Plintossolo Plíntico e Gleissolo Háptico a profundidade superficial do solo é superior a 60 cm, sendo permitido o uso de

mecanização. No Gleissolo e Plintossolo em alguns meses do ano a mecanização não é possível devido há elevação do lençol freático e este também prejudica o desenvolvimento das raízes.

A maior restrição agrícola quanto ao uso dos solos relativos às variáveis estudadas é o impedimento à mecanização e ao desenvolvimento das raízes, devido à presença de horizonte concrecionário, o qual na profundidade entre 0 a 60 cm da superfície do solo ocupa 84 % da área.

Diante do exposto, o solo mais indicado para o cultivo agrícola é o Neossolo Flúvico, pois não ocorre risco de inundação, não apresentou restrição à mecanização e ao desenvolvimento das raízes.

## CONCLUSÕES

O Neossolo Flúvico é o solo com melhores condições para o uso agrícola. O Plintossolo Pétrico Concrecionário êndico pode ser utilizado para manutenção do babaçu que serve de extrativismo para as famílias, aliado a implantação de sistemas agroflorestais. O Gleissolo Háptico Tb Distrófico cambissólico é indicado para preservação das matas ciliares e o Plintossolo Argilúvico Distrófico abruptico poderia ser estudado com mais precisão para o cultivo de arroz com variedades adaptadas à várzea.

Deve-se fazer um estudo prévio das potencialidades e limitações agrícolas dos solos para definir áreas para projetos de reforma agrária.

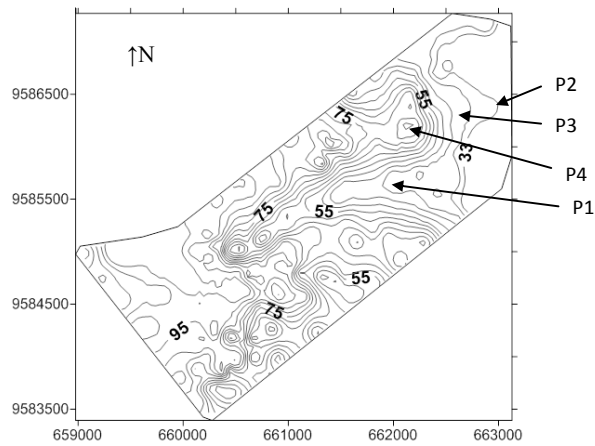


Figura 1 - Localização dos perfis de solo, no assentamento Malhada do Meio, Chapadinha, MA

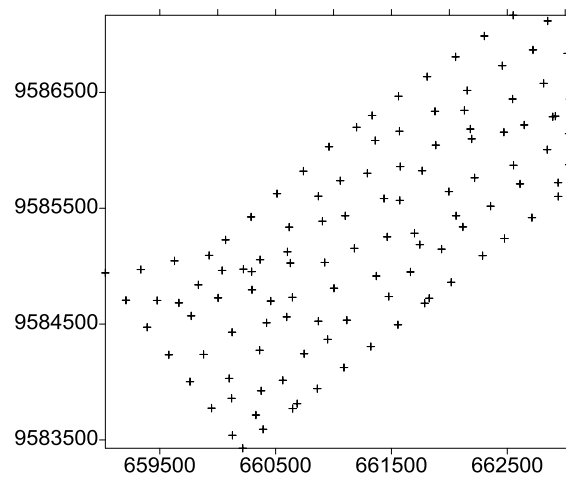


Figura 2 - Malha com localização das perfurações no solo, no assentamento Malhada do Meio, Chapadinha, MA

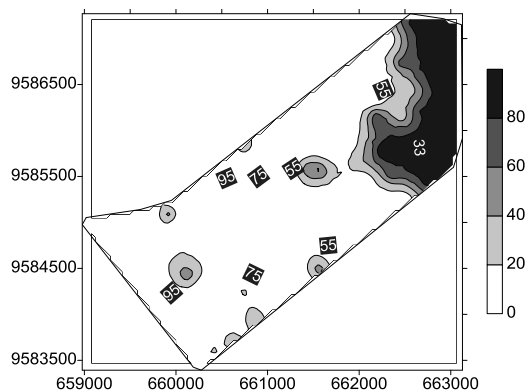


Figura 3 - Mapa de padrão espacial da profundidade superficial do solo, no assentamento Malhada do Meio, Chapadinha, MA

Tabela 1 - Descrição morfológica dos perfis dos solos, no assentamento Malhada do Meio, Chapadinha, MA

Horizonte	Profundidade cm	Cor Munsell (úmida)		Classe Textural	Estrutura
		Matriz	Mosqueado		
P1 - Neossolo Flúvico					
A	0 - 11	2,5Y 3/1		Franca	for. méd. bl. sub.
AC	nov/56	2,5Y 4/2		Franco-arenosa	for. méd. bl. sub.
C1	56 - 120	2,5Y 5/2		Areia-franca	mod. peq. bl. sub.
C2	120 - 200	2,5Y 5/3	10YR com.	Franco-arenosa	mod. peq. bl. sub.
P2 - Gleissolo Háptico Tb Distrófico cambissólico					
A	0 - 19	2,5Y 3/2		Franca	for. méd. bl. sub.
AB	19 - 35	2,5Y 4/3		Franco-argilosa	for. méd. bl. sub.
Big1	35 - 67	2,5Y 5/3	10YR com.	Franco-argilo-arenosa	for. méd. bl. sub.
2Big2	67 - 160	2,5Y 7/1	10YR 5/6 com.	Franco-arenosa	mod. méd. prism.
3Cg1	160 - 190	2,5Y 5/6	10YR 5/6 pou.	Arenosa	fr. muito peq. gra.
4Cg2	190 - 200	2,5Y 5/6		Arenosa	fr. muito peq. gra.
P3 - Plintossolo Argilúvico Distrófico abruptico					
A	0 - 18	2,5Y 3/1		Franco-arenosa	for. méd. bl. ang.
E	18 - 43	2,5Y 4/2		Franco-arenosa	for. méd. bl. ang.
Btg	43 - 87	2,5Y 5/2	7,5YR 4/6 com.	Franco-arenosa	for. méd. bl. ang.
Btgf	87 - 200	2,5Y 5/2	10R ab.	Franco-argilo-arenosa	for. méd. bl. ang.
P4 - Plintossolo Pétrico Concrecionário êndico					
A	0 - 48	2,5Y 3/1		Franco-argilo-arenosa	for. peq. bl. ang.
Bwc1	48 - 100	2,5Y 3/3		Argilo-arenosa muito cascalhenta	mod. muito peq. gra.
Bwc2	100 - 200	10YR 6/8		Argilosa com calhaus	fr. muito peq. gra.

Com.: comum; pou: pouco; ab: abundante; for: forte; bl: bloco; sub.: subangular; ang.: angular; mod: moderada; méd: média; prism: prismática; fr: fraca; gra.: granular; peq.: pequena.



Tabela 2 - Granulometria dos solos, no assentamento Malhada do Meio, Chapadinha, MA

Horizonte	AG	AF	Silte	Argila	Silte/Argila	ADA	GF
			g kg <sup>-1</sup> TFSA				%
P1 - Neossolo Flúvico							
A	105,00	400,00	369,00	126,00	2,93	64,0	49,21
AC	111,00	416,00	326,00	147,00	2,22	107,0	27,21
C1	440,00	375,00	82,50	102,50	0,80	81,5	20,49
C2	148,00	589,00	158,50	104,50	1,52	88,0	15,79
P2 - Gleissolo Háptico Tb Distrófico cambissólico							
A	29,80	415,20	324,00	231,00	1,40	133,00	42,42
AB	39,00	399,00	276,50	285,50	0,97	187,00	34,5
Big1	45,00	452,00	254,00	249,00	1,02	142,00	42,97
2Big2	20,00	598,00	265,00	117,00	2,26	66,80	42,91
3Cg1	261,00	631,00	87,00	21,00	4,14	12,00	42,86
4Cg2	566,00	384,00	28,50	21,50	1,33	12,20	43,26
P3 - Plintossolo Argilúvico Distrófico abrupto							
A	81,00	582,00	240,00	97,00	2,47	71,00	26,8
E	83,00	575,00	267,00	75,00	3,56	54,00	28
Btg	89,00	504,00	243,00	164,00	1,48	117,50	28,35
Btgf	65,00	436,00	232,50	266,50	0,87	187,00	31,63
P4 - Plintossolo Pétrico Concrecionário êndico							
A	109,00	445,00	164,50	281,50	0,58	113,00	59,86
Bwc1	117,00	397,00	124,50	361,50	0,34	151,00	57,12
Bwc2	90,00	287,00	158,00	465,00	0,34	239,50	48,49

ADA = argila dispersa em água; GF = grau de floculação.

Tabela 3 - Atributos químicos dos solos, no assentamento Malhada do Meio, Chapadinha, MA

Horizonte	pH		$\Delta$ pH	C org. g kg <sup>-1</sup>	P mg kg <sup>-1</sup>	K	Ca	Mg	SB cmolc kg <sup>-1</sup>	Al	H+Al	T	V %	m
	H <sub>2</sub> O	KCl												
P1 - Neossolo Flúvico														
A	5,40	4,40	-1,00	15,70	4,51	0,07	1,80	0,72	1,96	0,27	3,79	5,75	34,00	4,70
AC	4,80	4,60	-0,20	6,30	2,33	0,05	0,80	0,78	1,61	0,23	2,95	4,56	35,00	5,04
C1	5,40	4,30	-1,10	2,90	2,02	2,79	0,30	0,56	3,63	0,21	1,74	5,37	34,00	3,91
C2	4,70	4,30	-0,40	1,63	0,03	0,03	0,20	0,41	0,69	0,33	1,31	2,00	34,00	16,50
P2 - Gleissolo Háplico Tb Distrófico cambissólico														
A	5,00	3,80	-1,20	9,41	3,82	0,08	0,70	0,76	1,51	1,34	5,53	7,04	21,00	19,03
AB	4,50	4,10	-0,40	5,74	2,70	0,07	0,50	0,72	1,33	1,35	4,68	6,01	22,00	22,46
Big1	5,30	3,60	-1,70	2,49	1,72	0,05	0,30	0,69	1,00	2,58	6,87	7,87	13,00	32,78
2Big2	5,40	4,90	-0,50	2,65	1,52	0,04	0,40	0,61	1,03	0,00	1,22	2,25	46,00	0,00
3Cg1	6,20	4,20	-2,00	0,75	1,30	0,01	0,10	0,06	0,21	0,13	0,84	1,05	20,00	12,38
4Cg2	6,10	5,10	-1,00	0,78	2,01	0,02	0,10	0,07	0,22	0,07	0,74	0,96	23,00	7,29
P3 - Plintossolo Argilúvico Distrófico abruptico														
A	5,30	4,20	-1,10	8,67	3,32	0,07	0,90	0,25	1,23	0,17	2,82	4,05	30,00	4,20
E	4,80	4,40	-0,40	4,02	2,31	0,05	0,50	0,15	0,67	0,23	1,69	2,36	28,00	9,75
Btg	4,90	3,80	-1,10	3,30	2,44	0,08	0,30	0,65	1,06	0,73	3,08	4,14	25,00	17,63
Btgf	4,30	4,10	-0,20	2,42	2,51	0,08	0,30	0,84	1,25	1,00	3,18	4,42	28,00	22,62
P4 - Plintossolo Pétrico Concrecionário êndico														
A	5,20	4,20	-1,00	22,07	3,62	0,05	1,70	1,63	3,41	0,54	9,87	13,30	26,00	4,07
Bwc1	4,10	4,10	0,00	9,34	2,54	0,02	0,20	0,34	0,53	2,37	7,46	7,98	7,00	29,70
Bwc2	4,40	3,80	-0,60	4,14	2,68	0,02	0,20	0,36	0,55	1,61	7,14	7,70	7,00	20,90

C org. = C orgânico; SB = soma de bases; T = capacidade de troca de cátions.

Tabela 4 - Atributos químicos da argila dos solos, no assentamento Malhada do Meio, Chapadinha, MA

Horizonte	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
	g kg <sup>-1</sup>		
P1 - Neossolo Flúvico			
A	70,00	60,00	14,11
AC	66,00	50,00	16,12
C1	40,00	25,00	9,47
C2	36,00	70,00	8,67
P2 - Gleissolo Háptico Tb Distrófico cambissólico			
A	106,50	145,00	19,95
AB	125,00	165,00	26,20
Big1	108,00	130,00	24,19
2Big2	42,00	75,00	11,69
3Cg1	31,00	40,00	3,02
4Cg2	3,50	25,00	5,85
P3 - Plintossolo Argilúvico Distrófico abruptico			
A	43,50	65,00	6,25
E	68,50	60,00	6,25
Btg	27,50	115,00	9,27
Btgf	14,50	160,00	21,16
P4 - Plintossolo Pétrico Concrecionário êndico			
A	68,00	150,00	42,12
Bwc1	51,00	255,00	20,36
Bwc2	22,00	310,00	57,64

## REFERÊNCIAS

- ANJOS, L. H. C. dos; PEREIRA, M. G.; PÉREZ, D. V.; RAMOS, D. P. Caracterização e classificação de Plintossolos no município de Pinheiro-MA. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, n. 31, p. 1035-1044, 2007.
- BENEDETTI, U. G.; VALE JÚNIOR, J. F. do; SCHAEFER, C. E. G. R.; MELO, V. F.; UCHÔA, S. C. P. Gênese, química e mineralogia de solos derivados de sedimentos plioleustocênicos e de rochas vulcânicas básicas em Roraima, norte amazônico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, n. 35, p. 299-312, 2011.
- BRINKMAN, R. Ferrollysis, a hydromorphic soil forming process. *Geoderma*, n. 3, p. 199-206, 1970.
- CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVAK, J. M.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D. L.; TURCO, R. F.; KONOPKA, A. E. Fieldscale variability of soil properties in central Iowa soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, n. 58, p. 1501-1511, 1994.
- CORINGA, E. A. O.; COUTO, E. G.; PEREZ, X. L. O.; TORRADO, P. V. Atributos de solos hidromórficos no Pantanal Norte Matogrossense. *Acta Amazonica*, n. 42, p. 19-28, 2012.
- CRESSIE, N. *Statistics for spatial data*. New York: John Wiley, 1991. 900 p.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Manual de métodos de análise de solo*. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPQ, 1997. 212p.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Solos. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 3. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2013. 353 p.
- FREITAS, J. P. de; SILVA NETO, M. F. da; FREITAS, F. E. de; LINHARES, E. J.; MEDEIROS, M. C. S. Análise do uso e ocupação do solo no assentamento Santo Antônio no município de Cajazeiras-PB. *Geoambiente*, n. 18, p. 100-117, 2012. Disponível em: <<http://revistas.jatai.ufg.br/index.php/geoambiente/issue/view/63#.UknVQdJ6bfU>>. Acesso em: 30 set. 2013.
- GOLDEN SOFTWARE INC. *Surfer for windows: Realize 7,0: contouring and 3D surface mapping for scientist's engineers user's guide*. New York: 1999. 619 p.
- GUIMARÃES, H. M. A.; SANTOS, M. Z. F. dos. Caracterização dos atributos morfológicos, físicos e químicos do solo em uma propriedade no município de Silvanópolis, TO. *Revista Interface*, n. 5, p. 55-65, 2012.
- GUIMARÃES, S. T.; LIMA, H. N.; TEIXEIRA, W. G.; NEVES JUNIOR, A. F.; SILVA, F. W. R.; MACEDO, R. S.; SOUZA, K. W. de. Caracterização e classificação de Gleissolos da várzea do rio Solimões (Manacapuru e Iranduba), Amazonas, Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, n. 37, p. 317-326, 2013.
- ISAAKS, E. H.; SRIVASTAVA, R. M. *Applied geostatistics*. New York: Oxford University Press, 1989. 561 p.
- LIMA, H. N.; MELLO, J. W. V. de; SCHAEFER, C. E. G. R.; KER, J. C.; LIMA, A. M. N. Mineralogia e química de três solos de uma toposeqüência da bacia sedimentar do alto Solimões, Amazônia Ocidental. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, n. 30, p. 59-68, 2006.
- MARANHÃO (Estado). Gerência de Planejamento e Desenvolvimento Econômico. Laboratório de Geoprocessamento-UEMA. *Atlas do Maranhão*. São Luís: GEPLAN, 2002. 44p.
- MARTINS, A. K. E.; SCHAEFER, C.E.G.R.; SILVA, E.; SOARES, V. P.; CORRÊA, G. R.; MENDONÇA, B. A. F. de. Relações solo-geoambiente em áreas de ocorrência de ipucas na planície do médio Araguaia – Estado de Tocantins. *Revista Árvore*, n. 30, p. 297-310, 2006.
- McBRATNEY, A. B.; WEBSTER, R. Choosing functions for semivariograms of soil properties and fitting them to sampling estimates. *Journal of Soil Science*, n. 37, p. 617-639, 1986.
- METZNER, A. F.; CENTURION, J. F.; MARCHIORI JÚNIOR, M. Relação entre grau de floculação e atributo do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., Ribeirão Preto, 2003. *Anais...* Botucatu, UNESP, 2003. CD-ROM.
- MORELLI, M.; FERREIRA, F. B. Efeito do carbonato de cálcio e do fosfato diamônico em

propriedades eletroquímicas de um Latossolo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, n. 11, p. 1-6, 1987.

QUEIROZ, A. F. de; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA NETO, M. B. de; MENDES, A. M. S. Potencialidades e limitações para o uso agrícola de solos localizados no entorno do lago de Sobradinho em Remanso – BA. In: FERTIBIO, 2012., Maceió, 2012. *Anais...* Maceió, SBCS, 2012. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/946672/1/FERTIBIO1722.pdf>>. Acesso em: 22 maio 2013.

RAIJ, B. van.; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M. E.; LOPES, A. S.; BATAGLIA, O. C. *Análise química do solo para fins de fertilidade*. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 170 p.

ROBERTSON, G. P. *GS + geostatistics for the environmental sciences: GS+ user's guide*. Plainwell: Gamma Design Software, 1998.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C.; SHIMIZU, S. H. *Manual de descrição e coleta de solos no campo*. 6. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013. 100 p.

SILVA, E. B. da; NOGUEIRA, R. E.; UBERTI, A. A. Avaliação da aptidão agrícola das terras como subsídio ao assentamento de famílias rurais, utilizando sistemas de informações geográficas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, n. 34, p. 1977-1990, 2010.

SOUSA, J. B. de.; SOUZA, C. A. de. Caracterização morfológica e mineralógica de solos em ambientes de cordilheira e campo de inundação no pantanal de Poconé, Mato Grosso. *Boletim de Geografia*, n. 31, p. 53-66, 2013.

SPAROVEK, G.; MAULE, R. F. Recomendação para a melhoria da qualidade dos assentamentos. In: SPAROVEK, G., Org. *A qualidade dos assentamentos da reforma agrária brasileira*. São Paulo: Páginas & letras Editora e Gráfica, 2003. p. 89-135.

STEEG, J.; COOPER, M.; DOURADO NETO, D.; SPAROVEK, G.; MAULE, R. F.; STEEG, J. V. de. Os assentamentos inseridos no contexto nacional. In:

SPAROVEK, G., Org. *A qualidade dos assentamentos da reforma agrária brasileira*. São Paulo: Páginas & letras Editora e Gráfica, 2003. p. 141-157.

THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Review*, n. 38, p. 55-94, 1948.

TOMÉ JÚNIOR, J. B. *Manual para interpretação de análise de solo*. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 1997. 246 p.

VASCONCELOS, A. M.; VEIGA JÚNIOR, J.; COLARES, J. Q. S.; RIBEIRO, J. A. P.; GOMES, I. P.; MEDEIROS, M. F.; FORGIARINI, L. L. Folha SA.23-São Luís. In: SCHOBENHAUS, C.; GONÇALVES, J. H.; SANTOS, J. O. S.; ABRAM, M. B.; LEÃO NETO, R.; MATOS, G. M. M.; VIDOTTI, R. M.; RAMOS, M. A. B.; JESUS, J. D. A de., Eds. *Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo*, Sistema de Informações Geográficas. Programa Geologia do Brasil. Brasília, CPRM, 2004. CD-ROM.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, L. R.; LIMA, J. C. *Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal*. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. 124 p.

VILARINHO, M. K. C.; KOETZ, M.; SCHLICHTING, A. F.; SILVA, M. C.; BONFIM-SILVA, E. M. Determinação da taxa de infiltração estável de água em solo de cerrado nativo. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, n. 7, p. 17-26, 2013.

WARRICK, A. W.; NIELSEN, D. R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D., ed. *Applications of soil physics*. New York: Academic, 1980. p.319-344.

WEBSTER, R.; OLIVER, M. A. *Statistical methods in soil and land resource survey*. Oxford: Oxford University Press, 1990. 316 p.

ZAPAROLI, F. C. M.; GASPARETTO, N. V. L. Distribuição de solos e sua relação com o relevo em uma vertente no município de Florai-PR. *Boletim de Geografia*, n. 28, p. 49-63, 2010.