

5.0 CAPÍTULO II

EFEITO DOS SISTEMAS DE PREPARO TRADICIONAL, TRADICIONAL MECANIZADO E MECANIZADO ALTERNATIVO NA FORMA DE PLANTIO DIRETO NA CAPOEIRA NOS PARÂMETROS FÍSICO-HÍDRICOS DE DUAS ÁREAS AGRÍCOLAS DE UM LATOSSOLO AMARELO NO NORDESTE PARAENSE.

5.1 RESUMO

Com o intuito de avaliar as alterações, no decorrer do preparo de área sob diferentes sistemas de manejo, nas propriedades físicas do solo, foram realizadas análises em duas áreas de produtores de agricultura familiar no Nordeste Paraense. Uma das áreas foi preparada utilizando-se área de pousio de 10 anos de capoeira, na qual foram realizados 4 tratamentos de 1/3 de ha cada um, a saber: Corte e queima, corte queima destoca e gradagem pesada (CQDG), corte e trituração da biomassa (CT) e uma área de capoeira original. A outra área, preparada com dois sistemas alternativos de trituração, foi utilizada capoeira de 4 anos de idade. Em ambas as áreas foram feitas amostragens para avaliação dos parâmetros físicos densidade do solo, porosidade e curva de retenção de água do solo. Na área de capoeira de 10 anos foi realizada a avaliação da resistência do solo a penetração e a determinação da pressão de pré-consolidação, em 3 épocas, do momento de preparo da área até o 45º dia, coincidindo com o período intenso de chuvas na região da Amazonia Oriental.

Para a área de capoeira de 10 anos observaram-se, alterações nas camadas superficiais (0-0,2 m). Na camada superficial (0-0,1 m) o valor de DMG ficou entre 0,52 e 0,75 mm. Na camada de 0,1-0,2 m houve diferenciação entre tratamentos com valor menor de 0,52 para CQDG e maior de 1,09 mm para capoeira. Da mesma forma, esse tratamento foi o mais susceptível à compactação, observando-se uma camada um pouco mais densa em torno dos 0,2 m, com resistência máxima de 2,08 MPa para capoeira na época 1 e densidade de $1,6 \text{ Mg m}^{-3}$.

A maior disponibilidade de água foi para CQDG e CT ($0,20 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$) e a menor para capoeira ($0,09 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$) na camada de 0-0,1 m e de $0,19 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ (CQDG e CT) e $0,11 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ (capoeira) na camada de 0,1-0,2 m.

5.2 INTRODUÇÃO

Modificações na estrutura física do solo são passíveis de ocorrência dependendo do manejo do solo. Na região da Amazônia Oriental, a mensuração de parâmetros físicos, em geral, é pouco freqüente e deve ser considerado, em especial na utilização de sistemas mecanizados na agricultura familiar.

Solos manejados nesse sistema, em particular no Nordeste Paraense, em sua grande maioria nunca sofreram o processo de tráfego de maquinário pesado. A maior parte das áreas, em especial as manejadas pelo sistema de corte e queima, ainda não foram trabalhadas com maquinário agrícola.

O impacto da utilização de determinado sistema de manejo na estrutura do solo pode ser avaliado através da mensuração de alguns parâmetros relacionados à caracterização do solo em estudo. Logo, mudanças quantitativas nesses parâmetros são um indicativo de melhoria ou degradação da qualidade estrutural do solo.

As características físicas do solo são alteradas de acordo com o tipo de uso e o cultivo a que é submetido. Algumas alterações ocorrem num período curto de tempo ou mesmo em uma simples prática de preparo; outras, apenas com um manejo contínuo serão visíveis ou mensuráveis (Carvalho et al. 1999b).

Nessas avaliações são utilizados parâmetros indicadores das condições atuais do solo. Conforme Imhoff (2002) e Schoenholtz et al. (2000), a porosidade total, a distribuição do tamanho de poros, a distribuição do tamanho das partículas, a resistência do solo à penetração e o índice de compressão são os atributos mais utilizados como indicadores da qualidade física do solo.

A porosidade do solo (distribuição em macroporos e microporos) é um parâmetro importante a ser considerado, já que tem influência direta na capacidade de retenção de água dos solos. Conforme descrito por Klein (2002), porosidade é o volume da estrutura do solo que pode ser ocupado por ar ou por água. O ar ocupa o espaço do solo não ocupado por água. No caso de solo seco, todo espaço é ocupado por ar (porosidade total). Os microporos são os poros responsáveis pelo armazenamento da água às plantas. Quando essa água estiver retida a uma energia muito alta, torna-se indisponível às plantas, o que ocorre quando o potencial mátrico estiver abaixo do ponto de murcha permanente.

A resistência à penetração, determinada pela utilização de penetrômetro, segundo Reichert et al. (2003), é um dos parâmetros mais sensíveis à mensuração

da compactação do solo, pois se encontra estreitamente relacionado com a densidade do solo, sendo a resistência à penetração tanto maior, quanto maior a densidade.

O estudo da compressibilidade do solo é de fundamental importância para o conhecimento de duas características do solo: a capacidade de suportar cargas sem que ocorra compactação adicional ou deformações permanentes e a suscetibilidade à compactação (Reinert, 1990). A diferenciação de solos em suportar cargas se deve ao estado de agregação, à textura, ao teor de água, à matéria orgânica e as tensões que o solo recebeu no passado (Horn & Lebert, 1994; Streck, 2003).

O valor de pré-consolidação é obtido através da curva de compressão (Dias Junior & Pierce, 1996). A curva nos fornece a máxima pressão que o solo esteve submetido no passado, logo efeitos não prejudiciais ao solo são aplicações de pressões menores do que as máximas já atingidas.

Quanto à agregação do solo, Corrêa (2002) afirma que o efeito mais nocivo ao solo atribui-se aos sistemas de manejo que adotam revolvimento intenso do solo, o que afeta os teores de matéria orgânica, um dos agentes responsáveis pela estabilização dos agregados. Sob a ótica agrícola, é um dos atributos mais importantes, pois está relacionado com a disponibilidade de ar e de água às raízes das plantas, com o suprimento de nutrientes e com a resistência mecânica à penetração.

Em função da existência de poucos trabalhos referentes à caracterização físico-hídrica para solos da região Amazônica, e por serem os sistemas utilizados sistemas mecanizados de revolvimento do solo e, portanto, excededores de carregamentos sobre a estrutura do solo em função do tráfego, torna-se necessária uma quantificação dos parâmetros físico-hídricos de modo a permitir o entendimento do comportamento do solo na execução do preparo do solo.

Este trabalho teve como objetivo, determinar o efeito de métodos de preparo de área alternativos, tradicional e de revolvimento do solo, nas características mecânicas e físico-hídricas em Latossolo Amarelo, localizado na Região Nordeste Paraense.

5.3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em duas áreas no município de Igarapé-Açu, Nordeste do estado do Pará, coordenadas 01°11'37,1"S 47°35'43,5"W (Área 1) e 01°00'411"S 47°25'908"W (Área 2). Em ambas as áreas o solo é classificado como latossolo amarelo. O perfil da área 2 encontra-se descrito no Anexo 7. Na região, o clima é classificado segundo Köppen como "Am", com precipitação anual entre 2000 e 3000 mm e temperatura média anual em torno de 24,9°C.

As avaliações na área do produtor 2 (área 2) foram conduzidas, em experimento montado com três métodos de preparo de solo em área de vegetação secundária com capoeira de 10 anos de idade, com uma área de testemunha de vegetação original.

Os métodos de preparo utilizados foram: (i) Preparo tradicional de corte-queima, efetuado no final de dezembro de 2003 (CQ); (ii) área preparada seguindo o modelo de corte-queima, com posterior destoca manual e gradagem pesada (discos 28") pós destoca, efetuado em janeiro de 2004 (CQDG); (iii) área preparada utilizando-se conjunto mecanizado de trator com frezador universal, efetuado em janeiro de 2004 (CT), (iv) capoeira original (Cap). Cada tratamento correspondeu a uma área de 1 tarefa⁶, com 4 repetições.

Amostragens para distribuição de tamanho de agregados a seco foram coletadas no dia 30 de janeiro de 2004, em 5 camadas (0-0,1, 0,1-0,2, 0,2-0,3, 0,3-0,4 e 0,4-0,5 m). Amostras para compressibilidade foram coletadas em duas épocas: época 1, coincidindo com a amostragem de agregados e época 2, aos 45 dias, sendo realizadas 3 repetições por tratamento, nas profundidades de 0-0,1 e 0,1-0,2 m.

Para o preparo foi utilizado um trator de 120 kW, com pneus traseiros modelo Nokia 20.8-38, altura e largura real tomados em loco, massa de 7,5 Mg acoplado a um triturador horizontal (2,7 Mg), descrito no Estudo 1 (Figura 8), sistema alternativo de trituração. No processo de gradagem utilizou-se um trator 4x2, com potência de 73,5 kW com pneus traseiros modelo TM 95 18.4-30, altura e largura tomados em loco, massa de 4 Mg, tracionando uma grade aradora modelo Baldan com 12 laminas de 28" , com massa de 0,9 Mg.

⁶ Tarefa – Medida de área utilizada na região. Corresponde a 1/3 de ha.

A determinação da pressão exercida sobre o solo junto a superfície obteve-se utilizando a equação abaixo, descrita por Wästerlund, (1994), a qual segundo o autor, é mundialmente utilizada.

$$\text{Pressão} = \frac{W}{r \times b} \quad [5]$$

Onde :

Pressão = $\text{kg.cm}^{-2} \times 100 = \text{kPa}$

W = carga total (kg)

r = raio do pneu (cm)

b = largura do pneu (cm)

A determinação da densidade de partícula foi determinada para todas as profundidades de 0-0,1 a 0,4-0,5 m através do método do método do balão volumétrico (Embrapa, 1997).

A determinação de agregados foi realizada pelo método de distribuição de agregados a seco, no qual o solo após seco ao ar em casa de vegetação foi homogeneizado através de uma peneira de 8 mm, sendo posteriormente submetido ao peneiramento a seco em conjunto de peneiras de 4,76; 2,00; 1,00 e 0,21 mm. O peneiramento foi efetuado pelo método a seco no Laboratório de Física do solo da Embrapa Amazonia Oriental, utilizando-se de um agitador da THOMAS SCIENTIFIC, com regulagem de freqüência de 80Hz com agitação durante 1 minuto. As amostras foram analisadas utilizando-se de repetição laboratorial. Para determinação do diâmetro médio geométrico das partículas foi utilizada a seguinte equação, descrita por Evans (1965):

$$Pa_i = \frac{Ma_i}{MAT} \times 100 \quad [6]$$

Onde :

Pa_i = percentagem de agregados da classe i;

Ma_i = massa de agregados;

MAT = massa total de agregados descontado o peso das areias.

$$DMG = e^{\frac{\sum Ma_i \times \ln(d_i)}{MAT}} \quad [7]$$

Onde :

d_i = diâmetro médio da classe i ;

\ln = logaritmo neperiano da massa de agregados.

Para as determinações de densidade, macroporosidade e microporosidade do solo, foram coletadas amostras com estrutura preservada. As avaliações foram feitas em intervalos quinzenais, em três épocas, sendo a primeira em 24 de janeiro de 2004, em duas profundidades (0-0,1 e 0,1-0,2 m). Para a determinação da curva de retenção de água no solo, foram utilizadas 5 profundidades, além das duas profundidades anteriores adicionaram-se a essas mais 3 (0,2-0,3; 0,3-0,4; 0,4-0,5 m). As amostras foram coletadas com duas repetições por profundidade e 4 repetições por tratamento. Determinou-se a retenção de água no solo para as pressões de 6, 10, 30, 100 e 1500 kPa, utilizando-se de câmaras extratoras de Richards do Laboratório de Física de solos da Embrapa Amazonia Oriental.

A resistência à penetração foi determinada utilizando-se de um penetrógrafo modelo Eijkamp 06.02, nas mesmas épocas das demais determinações, com haste de 0,5 m e capacidade de leitura máxima de 5000 kPa. A determinação granulométrica (textura) foi realizada pelo método da pipeta, utilizando como dispersante NaOH em repouso por 12 horas, com posterior agitação mecânica por 15 minutos.

Para a Área 1, sistemas alternativos de preparo com trituração da biomassa foram determinados apenas a textura, densidade do solo, macro e microporosidade e a curva de retenção de água do solo, nas profundidades de 0-0,5; 0,5-0,1; 0,1-0,2; 0,2-0,3 e 0,3-0,5 m. As determinações foram feitas no Laboratório de Física de Solos do Departamento de Solos da UFSM.

A curva de retenção foi determinada com a mesa de tensão, para pontos de 1 e 6 kPa, câmaras extratoras de Richards, para os pontos de 10, 30 e 100 kPa, e WP4 (Dewpoint potentialMeter) para o ajuste dos pontos de 500, 1000 e 1500 kPa. Os pontos de umidade obtidos no aparelho foram transformados da forma gravimétrica para volumétrica através da respectiva densidade para cada profundidade. No ajuste da curva de retenção de água do solo, foi utilizado o modelo de van Genuchten, conforme equação:

$$\theta = \theta_r + \left(\frac{\theta_s - \theta_r}{\left[1 + (\alpha \cdot |\psi_m|)^n \right]^m} \right) \quad [8]$$

Onde :

θ = Umidade volumétrica do solo ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$);

θ_r = Umidade residual do solo ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$);

θ_s = Umidade de saturação do solo ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$);

ψ_m = Potencial matricial da água no solo (kPa);

α, n, m = parâmetros de ajuste da equação.

Para o ajuste das curvas de retenção utilizou-se o software Soil Water Retention Curve, desenvolvido por Dourado Neto et al. (1990).

Os dados obtidos para curva de retenção de água do solo foram ainda utilizados, no caso da Área 1, para cálculo da distribuição do tamanho de poros, pela equação da capilaridade, conforme a equação:

$$r = \frac{2 \times \sigma \times \cos \alpha}{(\delta \times g \times h)} \quad [9]$$

Onde :

r = raio do poro (cm);

σ = tensão superficial da água (dina cm^{-1});

α = ângulo de contato da água no poro (0°);

ρ = densidade do líquido (g cm^{-3});

g = força da gravidade (dina g^{-1});

h = tensão da água no solo (cm).

Para determinação da pressão de pré-consolidação (σ_p) e coeficiente de compressão (C_c) foi utilizado o software Compress desenvolvido por Reinert et al. (2003). As amostras preservadas utilizadas para esse fim foram equilibradas em mesa de tensão com sucção de 6 kPa, e posteriormente submetidas a 8 carregamentos 12,5; 25,50; 100; 200; 400; 800; 1600 kPa em prensa uniaxial. As leituras e a troca das cargas foram feitos em intervalos de 5 minutos.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância de médias através do teste de Tukey a 1% de probabilidade para o DMG, e teste de DMS (5%), para as demais análises, utilizando-se do software Statistical Analysis System (SAS).

5.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.4.1 ÁREA DO ESTUDO 1

5.4.1.1 TEXTURA DO SOLO

A granulometria para a área 1, apresentou uma quantidade muito baixa de argila e silte para a camada superficial do solo. No caso do silte variações de 20 a 30 g kg^{-1} entre os tratamentos na camada superficial.

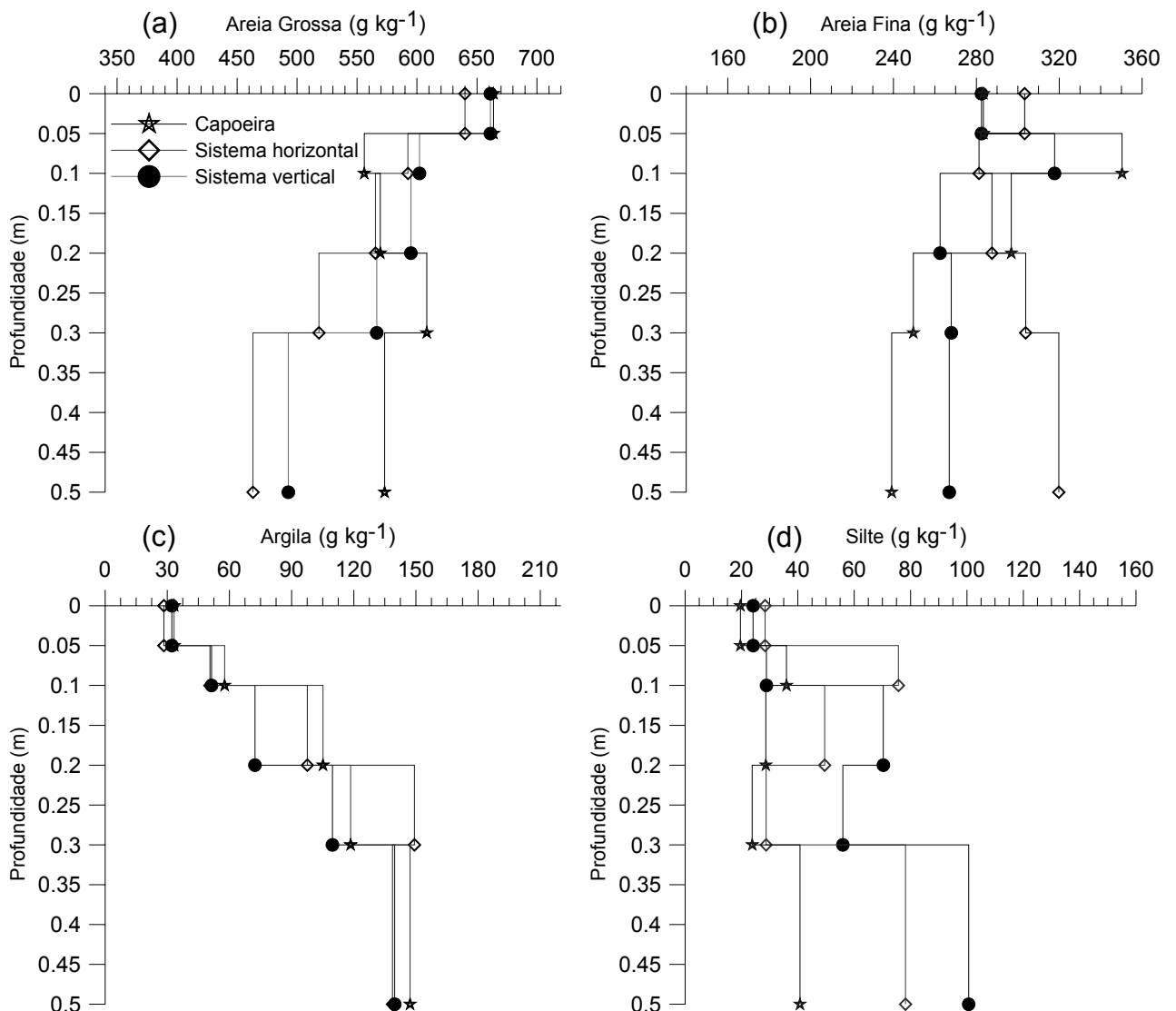


Figura 21 – Análise granulométrica para os quatro métodos de preparo de área.

Capoeira - capoeira de 4 anos, Sistema vertical - sistema alternativo de corte e trituração com rotor vertical duplo, Sistema horizontal - sistema alternativo de corte e trituração com rotor horizontal.

Quanto ao teor de argila que ficou em torno de 30 g kg^{-1} (3%) nos 0,05 m superficiais, aumenta para em torno de 60 g kg^{-1} (6%) na camada de 0,05-0,1 m. Da mesma forma ocorre o aumento para a camada subsequente (0,1-0,2 m), variando esse teor entre $72,31 \text{ g kg}^{-1}$ entre a área manejada com o sistema de trituração vertical e $105,15 \text{ g kg}^{-1}$ na área de capoeira. O teor de argila aumenta com o aprofundamento do perfil, o que é característico dos solos classificados como latossolos chegando num valor máximo de $147,18 \text{ g kg}^{-1}$ na camada de 0,3-0,5 m. A porção areia é a predominante em todo o perfil variando de 943 a 947 g kg^{-1} na camada superficial (0-0,05 m), tendendo a diminuir com o aprofundamento do perfil. Para a profundidade de 0,05 a 0,1; a porção areia variou entre 873,24 e $919,82 \text{ g kg}^{-1}$, diminuindo para valores entre 812,36 a 866,24 para a camada de 0,1-0,2 m.

O latossolo desse estudo, classificado como latossolo amarelo, enquadrou-se até os 0,2 m na classe textural areia, passando as maiores profundidades à textura areia franca.

Uma dos motivos do baixo teor de argila deve-se a intensa utilização da área no sistema de produção de corte e queima, em que sucessivos cultivos com intervalos curtos de pousio e exposição do solo às chuvas intensas pela falta de uma camada superficial protetora.

5.4.1.2 DENSIDADE E POROSIDADE DO SOLO

Os dois métodos de preparo e a capoeira não apresentaram diferenciações entre si para os parâmetros porosidade total, microporosidade e macroporosidade (Tabela 5), até a profundidade de 0,30 m. Diferenças ocorreram para esses parâmetros na profundidade de 0,30-0,50 m, onde foi obtido o menor valor de microporosidade no tratamento capoeira.

Observou-se, que até a profundidade de 0,20 m, a proporção de macroporos é superior à de microporos, invertendo-se essa proporção nas duas profundidades subsequentes. A maior densidade para esse solo foi observada na camada de 0,2-0,3 m para os três tratamentos. A constatação dessa maior densidade deve-se segundo estudos de Rodrigues et al. (1991) em estudos na região Bragantina ao adensamento natural, característico da utilização intensa desses solos na atividade agrícola.

A densidade do solo não apresentou diferença entre os tratamentos na camada superficial, no entanto apresentou diferença para as profundidades de 0,05 a 0,1 m e 0,10 a 0,20 m. Entre os sistemas de preparo alternativo, sistema de trituração horizontal e sistema de trituração vertical não houve diferença estatística, no entanto o sistema de preparo com o triturador vertical diferiu da área de capoeira. Abaixo dos 0,2 m, os dois sistemas alternativos não diferiram entre si, porém ambos diferiram da área de capoeira. A menor densidade foi observada para todas as profundidades para capoeira e a maior para o preparo com sistema vertical duplo.

Tabela 5 – Densidade e porosidades do solo submetido a dois processos de trituração, cultivado com mandioca, ao sexto mês de cultivo, e capoeira de 4 anos de idade.

Tratamentos	Profundidade (m)				
	0-0,05	0,05-0,1	0,1-0,2	0,2-0,3	0,3-0,5
Microporosidade (%)					
Capoeira	13,08 a	16,22 a	16,46 a	18,68 a	17,93 a
Rotor horizontal	13,13 a	13,94 a	16,27 a	25,50 a	20,89 b
Rotor vertical duplo	14,42 a	14,99 a	17,86 a	19,43 a	19,55 b
Macroporosidade (%)					
Capoeira	28,61 a	21,53 a	19,31 a	13,36 a	17,61 c
Rotor horizontal	29,91 a	25,64 a	20,34 a	12,71 a	10,59 a
Rotor vertical duplo	28,92 a	21,53 a	16,49 a	13,74 a	12,80 b
Porosidade total (%)					
Capoeira	41,69 a	37,75 a	35,77 a	32,04 a	35,54 a
Rotor horizontal	43,04 a	36,61 a	38,21 a	31,48 a	39,57 b
Rotor vertical duplo	43,34 a	34,35 a	33,17 a	32,35 a	36,52 ab
Densidade do solo (Mg m⁻³)					
Capoeira	1,24 a	1,41 b	1,44 b	1,46 b	1,40 b
Rotor horizontal	1,27 a	1,42 ab	1,49 ab	1,55 a	1,55 a
Rotor vertical duplo	1,31 a	1,50 a	1,55 a	1,57 a	1,54 a

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de DMS a 5% de significância.

5.4.1.3 CURVA DE RETENÇÃO DE ÁGUA DO SOLO E DISTRIBUIÇÃO DO TAMANHO DE POROS

Os resultados para a curva de retenção de água são apresentados na Figura 22 para a área do Estudo 1, sistemas alternativos de preparo com trituração da biomassa. Os valores para parâmetros da equação de Van Genuchten (α , m , n , θ_r e θ_s) encontram-se especificados no Anexo 9, Tabela 10 para o referido estudo.

Na camada superficial (0-0,05 m) do solo não foram observadas diferenças no armazenamento de água nos três tratamentos, apresentando-se similarmente desde o ponto de saturação até o ponto de -1500 kPa. O mesmo também pode ser verificado para as profundidades de 0,05 a 0,10 m e 0,10 a 0,20 m. Apenas ocorreram algumas variações na capacidade de armazenamento de água nas profundidades de 0,20 a 0,30 e 0,30 a 0,50 m.

Observa-se uma grande perda de água do ponto de máximo armazenamento (saturação) até o ponto de 6 kPa. Isto pode ser compreendido com o auxílio da Figura 23, a qual apresenta a distribuição do tamanho de poros. Conforme demonstrado a grande porcentagem de poros encontra-se entre 0,3 a 0,05 mm, poros grandes, para todas as profundidades, o que acarreta uma rápida perda de água nas tensões de 1 e 6 kPa. Porém, as diferenças estatísticas ocasionadas entre capoeira e os dois sistemas de preparo devem-se aos poros maiores que 0,3 mm e os situados entre 0,05-0,03 mm.

Essa rápida perda de água até a capacidade de campo, chamada de porosidade drenável, ocorreu devido à alta macroporosidade nas três camadas superficiais acarretando baixa disponibilidade de água nesse solo. Mesmo observando-se maior macroporosidade, portanto mais água adsorvida no ponto de saturação nas duas profundidades superiores, a água disponível variou entre 0,11 e 0,13 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ entre os três tratamentos até a profundidade de 0,2 m. Valores condizentes com os encontrados por autores como Silva et al. (1997) e Carvalho et al. (1999a) em estudos com latossolo amarelo na região Bragantina.

O volume de água drenável na camada superficial variou entre 0,300 e 0,268 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ tendendo a diminuir com o aprofundamento do perfil. Para a camada de 0,1-0,2 m o volume de água drenável diminuiu, variando entre 0,164 (sistema vertical) e 0,202 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ (sistema horizontal).

Para as profundidades maiores, 0,2-0,3 e 0,3-0,5 m, a perda de água até a capacidade de campo não foi acentuada variando entre 0,128 e 0,134 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ (0,2-0,3 m), confirmando o apresentado pela maior uniformidade na distribuição do tamanho de poros (Figura 23).

Em percentagem a água disponível na profundidade de 0-0,05 m variou entre 23,98 e 30,05 %, ficando entre 28,72 e 34,39% na camada de 0,05-0,1 m e entre 28,95 e 35,95% na camada de 0,1-0,2 m. Ocorreram variações nas três camadas superficiais entre capoeira e sistema vertical, quanto a maior disponibilidade de água, porém a água disponível no preparo com o sistema vertical foi superior em todos os momentos.

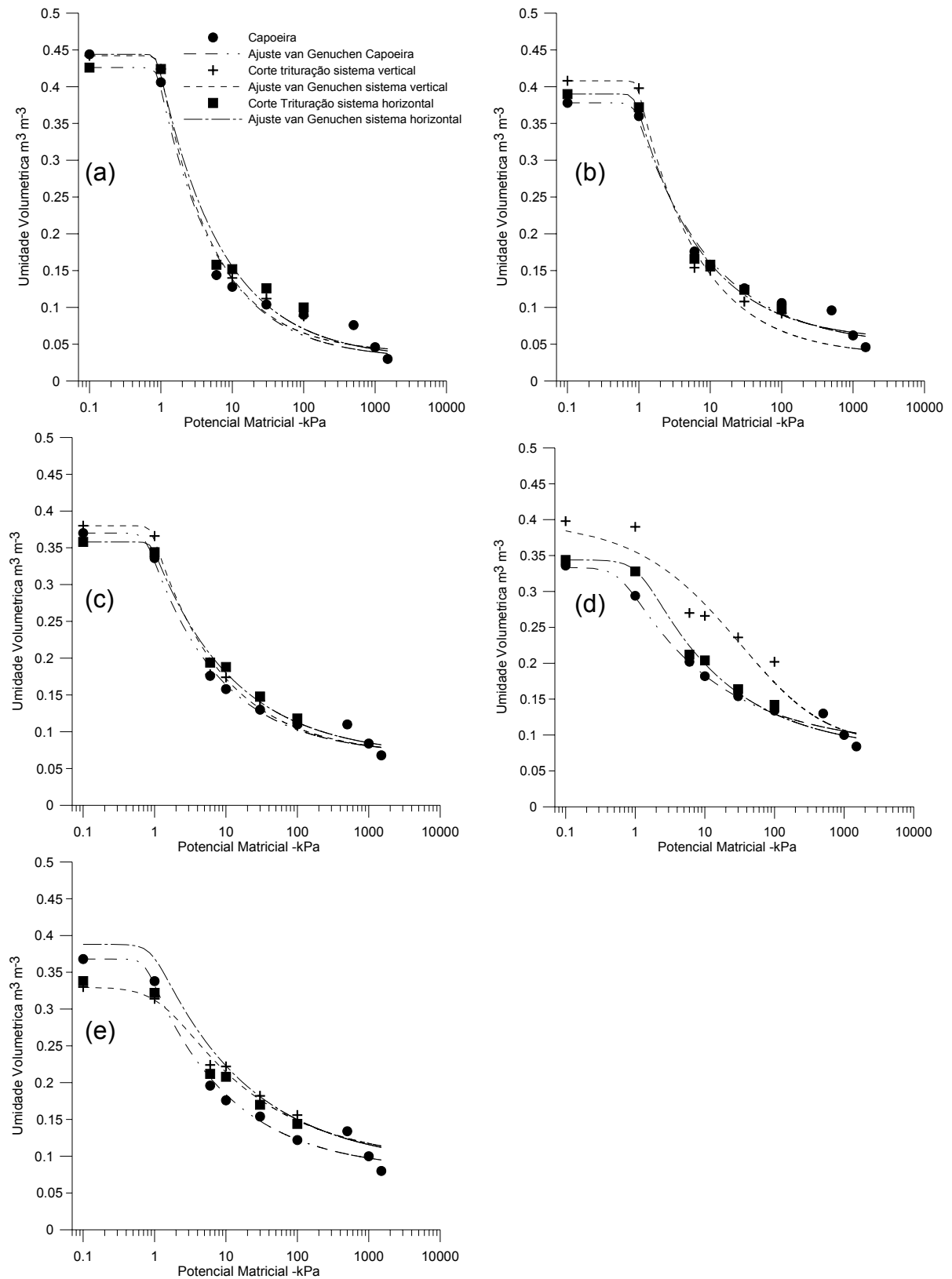


Figura 22 – Curvas de retenção de água no solo para os diferentes tratamentos nas profundidades de (a) 0-0,05; (b) 0,05-0,1; (c) 0,1-0,2; (d) 0,2-0,3 e (e) 0,3-0,5 m em lavoura de mandioca no sexto mês de cultivo.

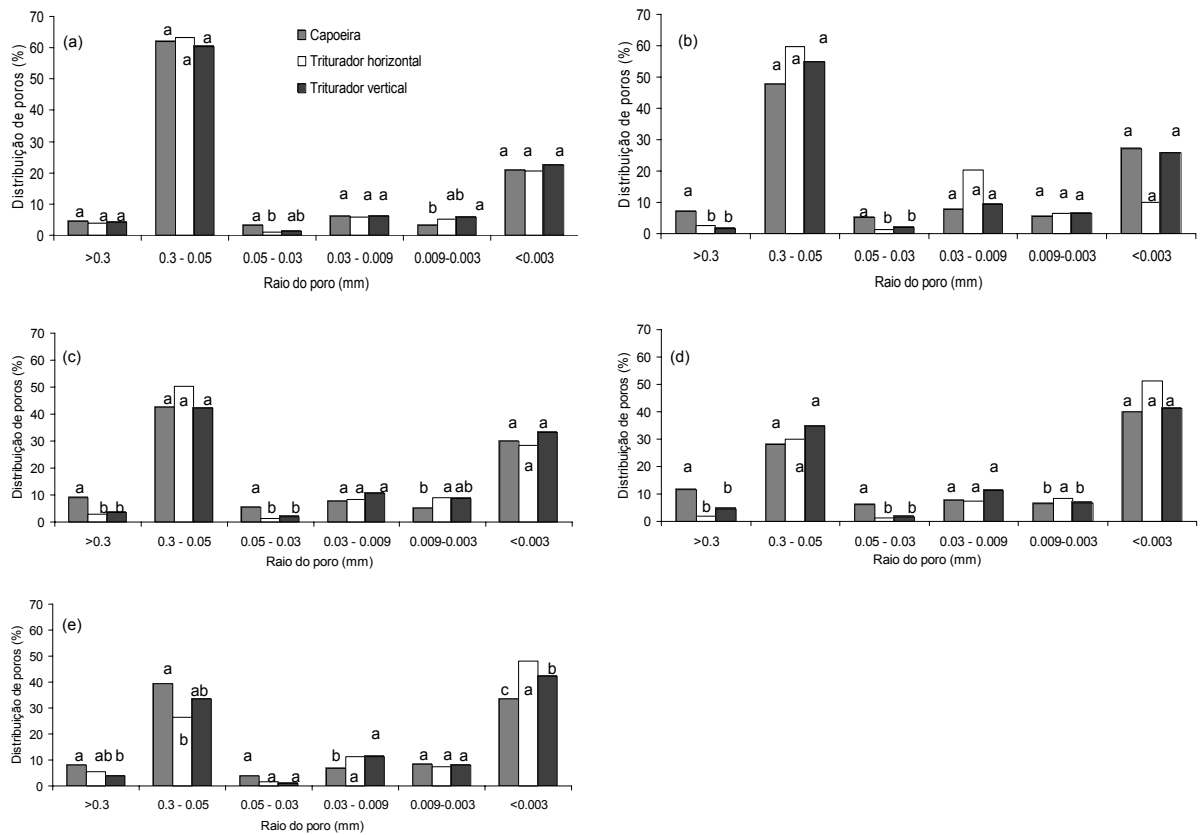


Figura 23 – Distribuição do tamanho de poros para área de estudo 1, dois sistemas alternativos de preparo e capoeira original, para as profundidades de (a) 0-0,05 m; (b) 0,05-0,1 m; (c) 0,1-0,2 m; (d) 0,2-0,3 m e (e) 0,3-0,5 m, em lavoura de mandioca no sexto mês de cultivo. Letras diferentes para cada classe de poros indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de DMS a 5 % de probabilidade.

5.4.2 ÁREA DO ESTUDO 2

5.4.2.1 TEXTURA DO SOLO

A granulometria para o solo da área 2 é apresentada na Figura 24. O tratamento da área de capoeira apresentou o menor valor para areia fina em todo o perfil. Observou-se uma alteração no valor de areia grossa para o tratamento CQDG, que foi bem superior aos demais nos 0,2 m superficiais. Os valores foram 710 g kg^{-1} (0-0,1 m) e 610 g kg^{-1} (0,1-0,2 m). Essas alterações foram ocasionadas pela utilização da grade aradora na mobilização do solo.

O tratamento CQDG apresentou os menores valores de areia fina e argila nas profundidades superficiais 0-0,1 e 0,1-0,2 m, com valores respectivamente de $142,5$ e $247,5 \text{ g kg}^{-1}$ para areia fina e 70 g kg^{-1} e 85 g kg^{-1} para argila. O maior teor de argila para todo o perfil foi observado para a área de capoeira original, variando de 105 g kg^{-1} (0-0,1 m) a 210 g kg^{-1} (0,4-0,5 m). Em todos os tratamentos os teores de argila foram aumentando com o aprofundamento do perfil, explicado pela descida da argila para camadas inferiores pela exposição direta às chuvas.

Esse solo, classificado com latossolo amarelo enquadrou-se na camada superficial na classe textural areia para CQDG, CQ e CT (0-0,1 m) e como areia franca para a área de capoeira. Para a camada de 0,1 a 0,2 m, CQDG e CQ enquadraram-se como areia e CT e capoeira como areia franca. Na camada de 0,2 a 0,3 m CQ foi classificado como areia com os demais tratamentos classificados como areia franca. Para as demais camadas (0,3-0,4 e 0,4-0,5 m), o solo foi classificado como areia franca para todos os tratamentos.

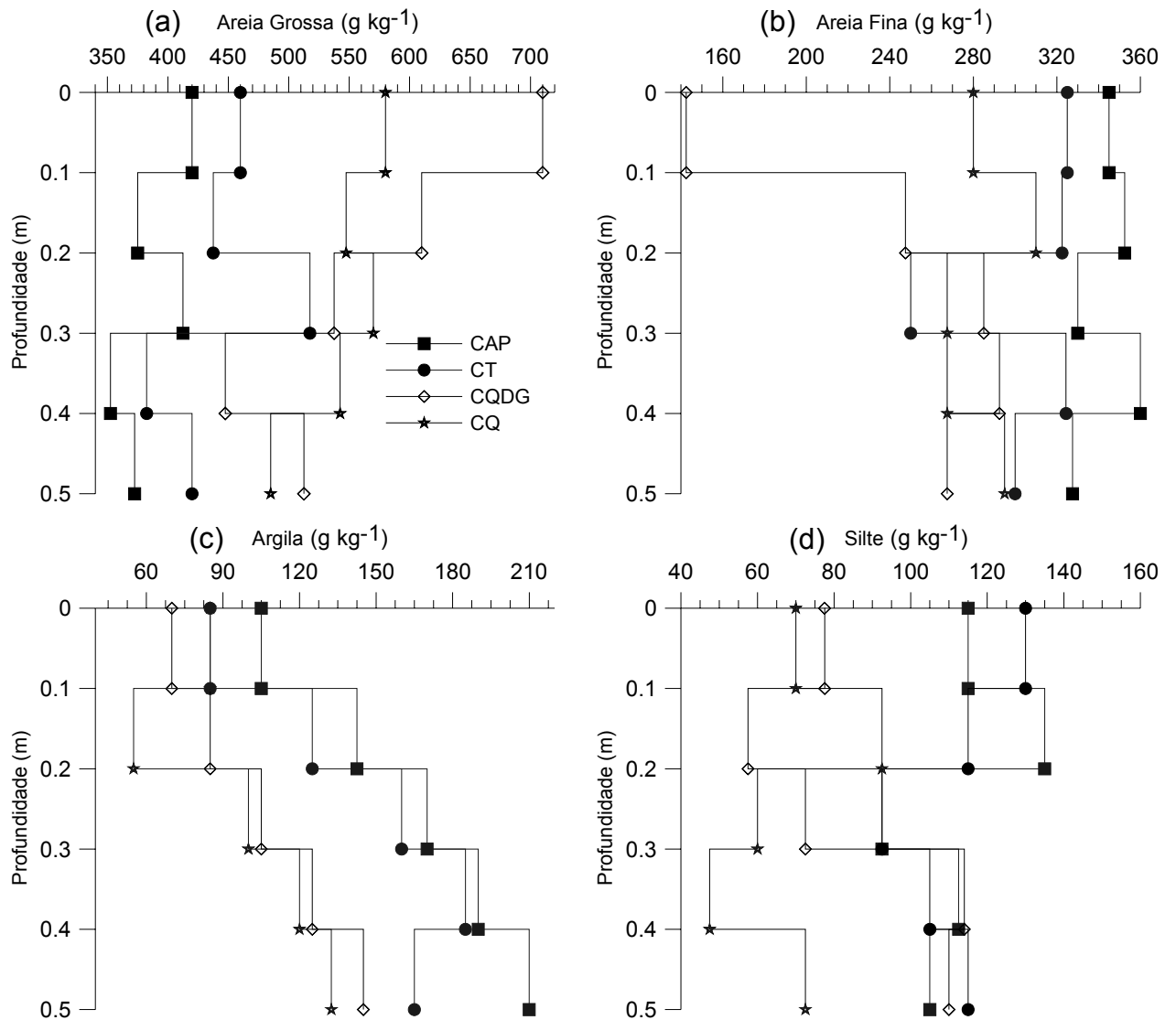


Figura 24 – Análise granulométrica para os quatro métodos de preparo de área.

CAP -capoeira de 10 anos; CQDG- corte, queima, destoca e duas gradagens; CQ- corte e queima; CT- sistema alternativo de corte e trituração.

5.4.2.2 ANÁLISE DE AGREGADOS A SECO

A análise do diâmetro médio geométrico (DMG) de agregados a seco encontra-se especificado na Tabela 6. Na camada superficial, todos os tratamentos tiveram comportamento semelhante não diferindo entre si. Comportamento diferenciado apenas foi observado na profundidade de 0,1-0,2 m, na qual o CQDG diferiu dos demais tratamentos. A diferenciação desse tratamento dos demais se deve ao sistema de preparo mecanizado de mobilização do solo.

Efeitos nocivos são atribuídos aos sistemas de manejo que adotam revolvimento intensivo de solos, pois afeta diretamente o teor de matéria orgânica, um dos principais agentes de formação e estabilização dos agregados (Corrêa, 2002). O autor estudando 9 áreas desmatadas em 5 anos subseqüentes com utilização de correntão queimada destoca mecânica e gradagem dupla com grade aradora em solo latossolo vermelho-amarelo textura média em região de transição entre cerrado e mata amazônica, onde no primeiro ano foi plantado arroz e nos anos seguintes foram feitas variações entre soja e arroz sob dois sistemas de manejo, plantio convencional e plantio direto, concluiu que o primeiro cultivo reduziu o tamanho médio de agregados com diâmetro maior que 2 mm na camada superficial do solo.

Tabela 6 – Diâmetro médio geométrico (DMG), de um latossolo amarelo textura média, submetido a 3 métodos de preparo, e vegetação secundária original.

Profundidade (m)	Tratamentos			
	Cap	CQ	CT	CQDG
DMG (mm)				
0-0,1	0,75 Ba	0,56 Ba	0,67 Ba	0,52 Ba
0,1-0,2	1,09 Aa	0,82 Ab	0,96 Aa	0,53 Bb
0,2-0,3	1,04 Aa	0,86 Aa	1,03 Aa	0,74 Aa
0,3-0,4	1,08 Aa	0,93 Aa	1,13 Aa	0,93 Aa
0,4-0,5	1,04 Aa	0,94 Aa	1,13 Aa	1,21 Aa

C: capoeira; CQ: corte queima; CT: corte trituração; CQDG: corte queima destoca e gradagem. Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna (diferentes preparos) e nas linhas (profundidades) não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

5.4.2.3 PRESSÃO DE CONTATO EXERCIDO PELAS MÁQUINAS, PRESSÃO DE PRÉ CONSOLIDAÇÃO E ÍNCIDE DE COMPRESSÃO.

A pressão de contato é a carga distribuída sobre a área de contato pneu-solo e foi obtida através dos dados informativos dos catálogos de máquinas e da área de contato em função das dimensões do rodado. O respectivo peso dos sistemas mecanizados e pressão exercida encontram-se especificados na Tabela 7. Os valores do peso das máquinas foram também obtidos dos catálogos de fabricantes, e os valores de raio e largura do pneu defletido obtiveram-se no local. Observou-se que a maior pressão de contato foi exercida pelo conjunto trator + triturador horizontal (FM 600), sendo de 60 kPa.

Tabela 7 – Pressão de contato exercida pelos conjuntos mecanizados do estudo.

Trator	Máquina	Peso	Peso Total	Pressão exercida
		(kg)	(Mg)	(kPa)
Valmet 785	Grade aradora	4000+900	4,90	40 kPa
JD 7710	Tritucap II	7500+2000	9,50	56 kPa
JD 7710	FM 600	7500+2700	10,20	60 kPa

Na Tabela 8 encontram-se os valores para pressão de pré-consolidação e coeficiente de compressão (C_c). Na profundidade 0-0,1 m, o tratamento CQDG apresentou o maior índice de compressão (C_c) para a época 1, o que se explica pelo aumento do espaço poroso ocasionado pela mobilização do solo, aumentando a suscetibilidade à compactação. Para σ_p na época 1 nessa profundidade, o tratamento CQDG apresentou o menor valor. O tratamento CQDG não diferiu de CT, diferindo dos demais.

Para a época 2 na profundidade de 0-0,1 m, o menor valor para σ_p resultou do tratamento CQDG, diferindo da capoeira, que resultou no maior valor de σ_p . Na profundidade de 0,1-0,2 m, não houve diferença significativa para σ_p entre os tratamentos. Em relação ao C_c , para as duas profundidades na época 2, não houve diferença significativa entre os tratamentos.

As pressões de pré-consolidação para este solo na camada superior (0-0,1 m), para ambas as épocas, com exceção da capoeira e de CQ na época 1, resultaram em valores inferiores à pressão exercida pelos rodados sobre a superfície deste solo, mostrando que a capacidade de suporte desse solo foi excedida, o que

tende a proporcionar uma diminuição de porosidade e aumento da densidade com as sucessivas repetições dos processos de preparo ao longo do tempo.

Tabela 8 – Pressão de pré-consolidação (σ_p) e índice de compressão (C_c), para um latossolo amarelo textura média, submetido a 3 métodos de preparo, e vegetação secundária original, em duas épocas.

Tratamento	Época de Coleta	
	Época 1	Época 2
	profundidade 0-0,1 m	
	σ_p (kPa)	
Capoeira original (Cap)	58,53 a	71,43 a
Corte queima destoca e gradagem (CQDG)	29,60 b	38,13 b
Corte e queima (CQ)	63,67 a	55,93 ab
Triturado (CT)	47,77 ab	52,93 ab
	C_c	
Capoeira original (Cap)	0,15 b	0,21 a
Corte queima destoca e gradagem (CQDG)	0,30 a	0,16 a
Corte e queima (CQ)	0,18 b	0,16 a
Triturado (CT)	0,17 b	0,14 a
	profundidade 0,1-0,2 m	
	σ_p (kPa)	
Capoeira original (Cap)	73,67 a	52,57 a
Corte queima destoca e gradagem (CQDG)	59,40 a	65,40 a
Corte e queima (CQ)	86,10 a	73,87 a
Triturado (CT)	67,23 a	79,07 a
	C_c	
Capoeira Original (Cap)	0,13 b	0,14 a
Corte queima destoca e gradagem (CQDG)	0,22 ab	0,13 a
Corte e queima (CQ)	0,29 a	0,12 a
Triturado (CT)	0,15 ab	0,12 a

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste DMS a 5% de probabilidade.

5.4.2.4 DENSIDADE E POROSIDADE DO SOLO

Para a época 1, a porosidade total do solo (Tabela 9), na profundidade de 0-0,1 m, resultou em maior valor para CQDG, o qual diferiu dos demais tratamentos. O menor valor foi obtido para a capoeira, que diferiu de CQ e CQDG. A menor densidade do solo foi obtida para CQDG, tratamento que diferiu dos demais.

Para a época 2, na mesma profundidade CQDG foi o tratamento que resultou na maior porosidade total diferindo de todos os demais. A densidade para CQDG foi a menor diferindo dos demais tratamentos. Para a época 3, a menor porosidade foi da capoeira, não diferindo de CT e CQDG, mas diferindo de CQ. A maior densidade foi da capoeira, que diferiu de CQ.

Para a profundidade de 0,1-0,2 m, na época 1 a porosidade total foi maior no tratamento CQDG, diferindo dos demais tratamentos.

Relacionado ao comportamento físico do solo, os dados concordam com as conclusões de Alegre & Cassel (1996), em estudo na Amazônia Peruana onde os autores afirmaram que a remoção do material superficial do solo, e o seu revolvimento provocam o decréscimo da macroporosidade.

Na época 2, para a profundidade de 0,1-0,2 m, a maior porosidade total observada foi para o tratamento CQDG e a menor para CT, de modo que CT e capoeira não diferiram entre si, assim como CQDG e CQ, não diferiram. A maior densidade encontrada foi para CT e a menor para CQDG, existindo diferença significativa entre eles. Na época 3, não foi observada diferença significativa para a porosidade total. Para a densidade do solo, CT foi o de maior valor diferindo significativamente de CQ. Os valores observados para densidade nessa época foram na profundidade de 0,1-0,2 m de 1,49 para CQ, 1,55 para CQDG e de 1,55 Mg m^{-3} para capoeira.

Carvalho et al. (1997) num estudo entre sistema manual de preparo, sistema mecanizado com dupla gradagem e capoeira encontraram valores de densidade respectivos de 1,46 1,45 e 1,41 Mg m^{-3} para a profundidade de 0,1-0,2 m.

Ao longo das épocas, nota-se um aumento da densidade do solo para ambas as profundidades estudadas para o tratamento CQDG. Martins et al. (1991), que estudaram o comportamento da porosidade e densidade em latossolo amarelo na Amazonia Oriental utilizando revolvimento e destoca da capoeira, afirmaram que o decréscimo da matéria orgânica no horizonte A ocasiona a destruição das transformações químicas entre argila e matéria orgânica, provocando a dispersão das partículas finas, obstruindo os poros aumentando a densidade.

Tabela 9 – Microporosidade, macroporosidade porosidade total e densidade, de um latossolo amarelo textura média, submetido a 3 métodos de preparo, e vegetação secundária original.

Profundidade (m)	Tratamento			
	Cap	CQ	CT	CQDG
Época 1				
Microporosidade (%)				
0-1	21,11 c	31,48 ab	28,26 b	36,91 a
0,1-0,2	21,73 c	30,46 ab	24,29 bc	35,40 a
Macroporosidade (%)				
0-1	7,03 a	7,22 a	5,59 a	11,40 a
0,1-0,2	6,68 a	6,15 a	8,50 a	7,95 a
Porosidade total (%)				
0-1	28,15 c	38,70 b	33,85 bc	48,32 a
0,1-0,2	28,40 c	36,61 b	32,80 bc	43,94 a
Densidade do solo (Mg m⁻³)				
0-1	1,61 a	1,45 b	1,54 ab	1,22 c
0,1-0,2	1,60 a	1,47 b	1,56 ab	1,31 c
Época 2				
Microporosidade (%)				
0-1	25,82 b	20,99 c	22,39 bc	26,97 a
0,1-0,2	24,18 b	21,26 b	21,92 b	26,62 a
Macroporosidade (%)				
0-1	8,61 b	16,51 a	11,54 ab	14,76 ab
0,1-0,2	11,01 b	19,43 a	12,25 b	8,51 b
Porosidade total (%)				
0-1	34,44 b	37,50 b	33,93 b	41,74 a
0,1-0,2	35,20 b	40,70 a	34,18 b	35,13 a
Densidade do solo (Mg m⁻³)				
0-1	1,48 a	1,47 a	1,49 a	1,41 b
0,1-0,2	1,47 ab	1,40 bc	1,53 a	1,55 c
Época 3				
Microporosidade (%)				
0-1	25,59 a	8,68 b	19,89 a	21,87 a
0,1-0,2	27,23 a	11,58 b	22,40 a	29,30 a
Macroporosidade (%)				
0-1	1,80 c	25,71 a	12,56 b	9,44 b
0,1-0,2	3,83 b	21,08 a	7,07 b	3,30 b
Porosidade total (%)				
0-1	27,38 b	34,40 a	32,46 ab	31,32 ab
0,1-0,2	31,06 a	32,66 a	30,07 a	32,59 a
Densidade do solo (Mg m⁻³)				
0-1	1,58 a	1,48 b	1,53 ab	1,54 ab
0,1-0,2	1,55 ab	1,49 b	1,60 a	1,55 ab

C: capoeira; CQ: corte queima; CT: corte trituração; CQDG: corte queima destoca e gradagem. Médias seguidas de mesma letra nas linhas não diferem entre si pelo teste de DMS a 5% de probabilidade.

As alterações devido à mobilização do solo concordam com o estudo realizado por Silva et al. (2003). Os autores, estudando solo do Cerrado brasileiro, manejado anteriormente durante 5 anos sob o sistema plantio direto, submetido a preparos com arado de aivecas, arado de discos, grade aradora e semeadura direta, analisou a pressão de pré-consolidação, densidade do solo e porosidade do solo constataram que a ação do rodado traseiro e a ação da soleira dos implementos alteraram a compressibilidade, a densidade e a porosidade do solo na superfície, na profundidade média de trabalho e na profundidade de operação dos implementos.

No entanto apesar das alterações, e do aumento da densidade com o tempo nesse estudo, Reichert et al. (2003), propuseram um valor crítico para solo franco arenoso situando entre 1,6 e 1,8 Mg m³, os quais não foram alcançados nesse estudo.

5.4.2.5 RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO

Ocorreu uma menor resistência à penetração na profundidade de 0,2 m na época 1 (Figura 26) para o sistema de preparo CQDG, comprovado pela maior porosidade total para o tratamento, em consequência da menor densidade do solo. Ao longo do tempo, ocorreu um aumento na resistência à penetração e porosidade total, porém existiu uma tendência de comportamento similar aos tratamentos sem revolvimento para a época 3, ocasionado pelo rearranjo das partículas de similaridade à vegetação original.

Através da utilização de um modelo não linear (PROC NLIN SAS), ajustou-se uma equação usando os dados de RP, Ds e Uv, separando o perfil em 5 profundidades de 0 a 0,5 m. Com o aprofundamento do perfil, o coeficiente de determinação r^2 foi diminuindo. Os maiores valores para esse coeficiente foram obtidos nas duas camadas superficiais, (0-0,1 e 0,1-0,2 m) com respectivos valores de r^2 de 0,230 e 0,336 (Figura 25 b), expressado pelos modelos a seguir:

$$RP = 0,9859 Uv^{0,3220} Ds^{1,3536}, \quad r^2 = 0,230 (P < 0,0001), \quad 0-0,1 \text{ m}$$

$$RP = 0,2355 Uv^{0,5288} Ds^{0,6944}, \quad r^2 = 0,336 (P < 0,0001), \quad 0,1-0,2 \text{ m}$$

Onde: RP= resistência a penetração (MPa); Uv= umidade volumétrica (m³ m⁻³) e Ds= densidade do solo (Mg m⁻³)

Os coeficientes de determinação são considerados baixos, significando que para a profundidade de 0-0,1 m apenas 23 % da variação de Ds e Uv podem ser explicados pela RP e que para a profundidade de 0,1-0,2 m a RP explica 35% da variação.

Em estudo com feijoeiro, conduzido em Argissolo vermelho-amarelo distrófico arênico, sob escarificação, plantio convencional e plantio direto, Riquelme (2004) obteve um coeficiente de determinação de 0,234 para RP em função de Uv e Ds, porém Silva (2003), para o mesmo solo, encontrou um coeficiente de determinação de $r^2=0,71$.

A resistência à penetração variou com a umidade do solo; no entanto, a variação no experimento para a época 2 foi pequena. O valor de RP crítico de 2 MPa, praticamente não foi alcançado, observando-se, no entanto, um aumento da RP em relação à profundidade nas primeiras duas camadas 0-0,1 m e 0,1-0,2 m (Figura 25).

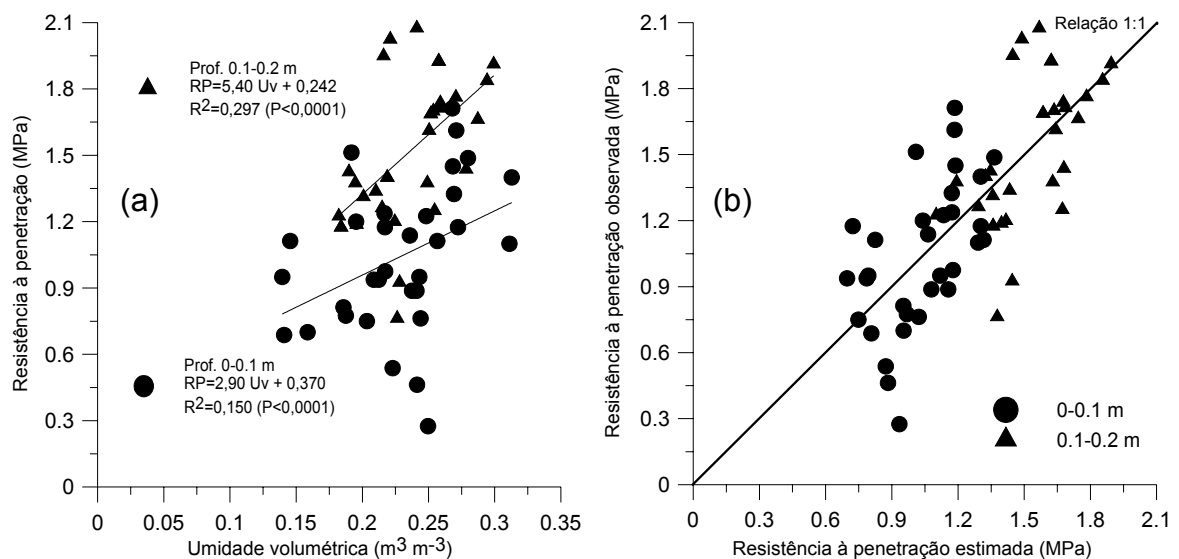


Figura 25 – Valores de resistência a penetração em função da umidade do solo para duas profundidades. (a) e (b) relação 1:1 da resistência à penetração observada versus a estimada com modelo não linear.

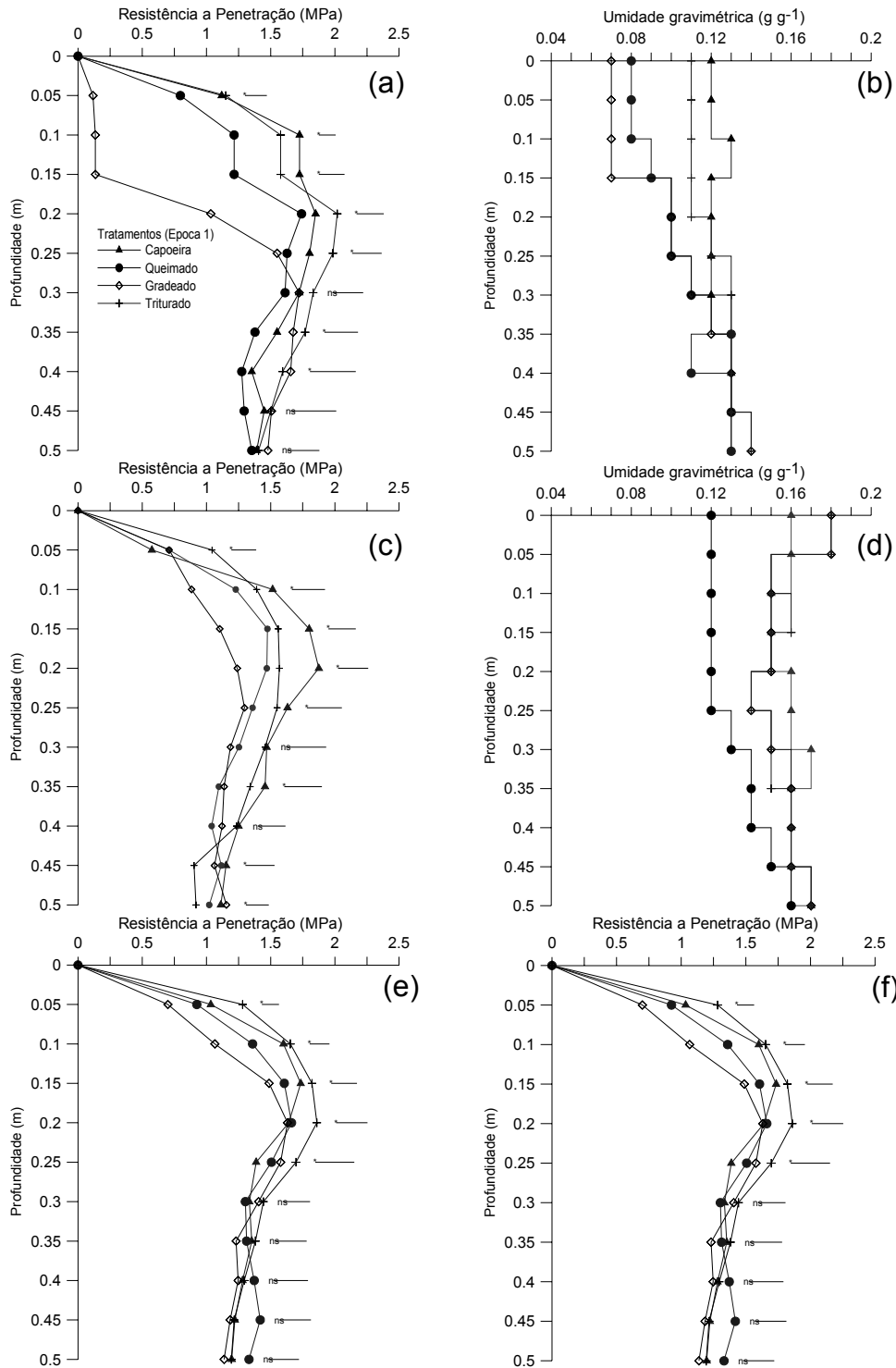


Figura 26 – Resistência à penetração para três métodos de preparo e vegetação secundária em três épocas (a) resistência a penetração para época 1, (b) umidade do solo para época 1, (c) resistência a penetração para época 2, (d) umidade do solo para época 2, (e) resistência a penetração para época 3 e (f) umidade do solo para época 3.

As barras horizontais indicam o valor de DMS a 5% de significância ($P < 5\%$).

5.4.2.6 CURVA DE RETENÇÃO DE ÁGUA DO SOLO

As curvas de retenção de água no solo são apresentadas na Figura 27.

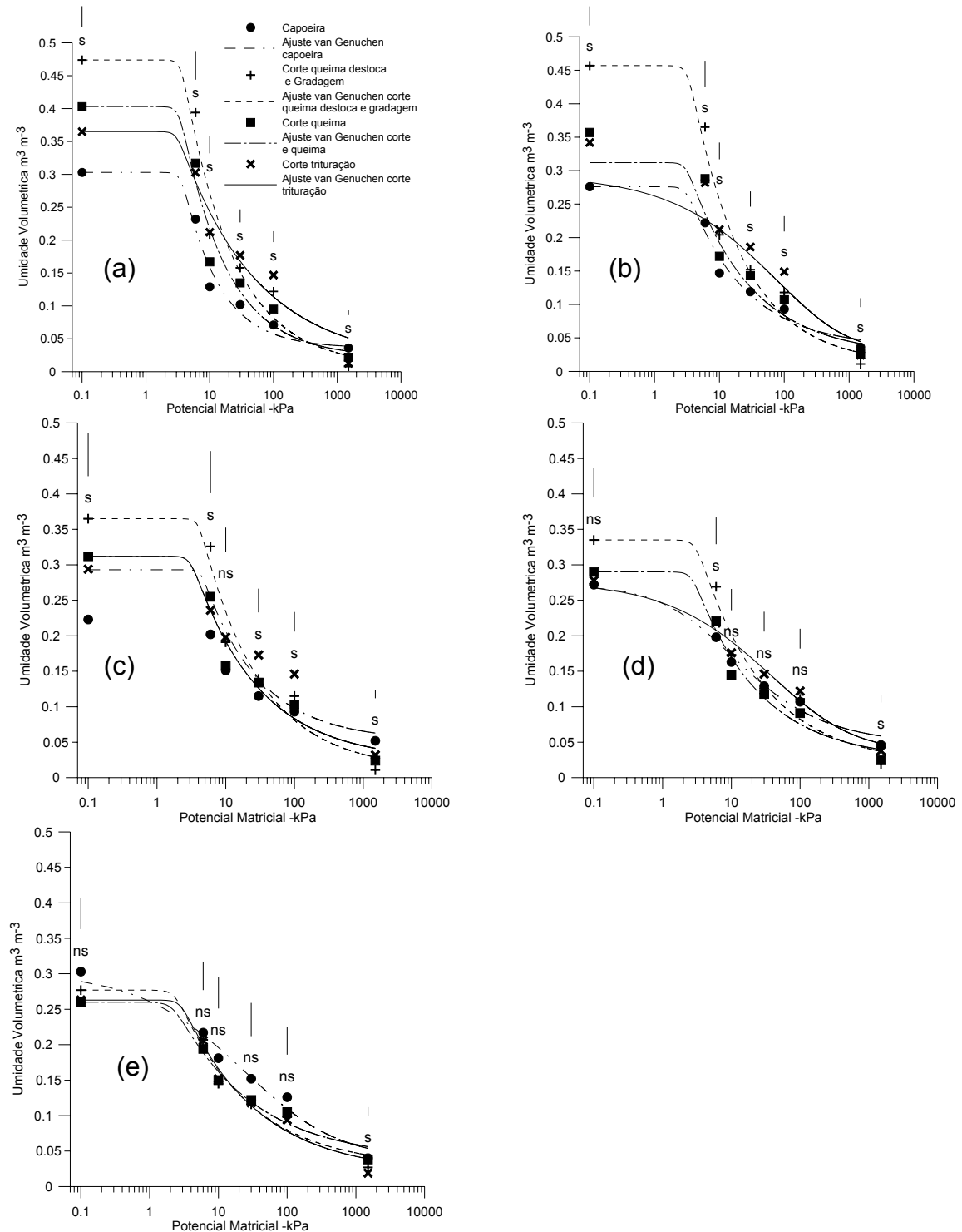


Figura 27 – Curvas de retenção de água no solo para os diferentes tratamentos nas profundidades de (a) 0-0,1 m, (b) 0,1-0,2 m, (c) 0,2-0,3 m, (d) 0,3-0,4 m e (e) 0,4-0,5 m 2 semanas após preparo. As barras verticais indicam o valor de DMS a 5% de significância.

Os valores de ajuste pela equação de Van Genuchten para o Estudo 2 são apresentadas no Anexo 10.

A capacidade hídrica desse solo para fins agrícolas apresentou diferenças entre os sistemas de manejo utilizados. O potencial matricial que fixa a capacidade de campo para solos característicos de regiões tropicais úmidas segundo Reichardt (1988), deve ser alterado para -10 a -6 kPa de potencial matricial. Neste trabalho o ponto de capacidade de campo foi fixado como -10 kPa. Observou-se que, para todas as tensões, ocorreram diferenças entre os tratamentos para as duas primeiras camadas (0-0,1 e 0,1-0,2 m) de solo.

Na capacidade de campo, CQDG e CQ foram os tratamentos com maior volume de água, respectivamente $0,394 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ e $0,317 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ com capoeira retendo o menor volume de água, $0,232 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$. O maior volume de água retido em função da capacidade de armazenamento foi para o tratamento CT, $0,30 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$. Para o ponto de murcha permanente (PMP), observou-se um comportamento contrário com capoeira retendo um volume maior de água ($0,036 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$), e CQDG retendo o menor volume $0,008 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$. O tratamento CT apresentou um valor intermediário de $0,013 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ para PMP.

Para água disponível, o maior volume de água disponível foi observado para CQDG, $0,20 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ e CT o menor para capoeira $0,100 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$. O valor de água disponível para CQ foi de $0,15 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$.

Para a camada de 0,1-0,2 m o tratamento CQDG foi o que reteve maior volume de água $0,365 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$, com CT armazenando apenas $0,288 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$; no entanto, quanto à capacidade de armazenar água para CT. O maior volume de água disponível foi para CQDG e CT de $0,19 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ correspondendo respectivamente a 52,88% e 66,67%. O menor volume foi da capoeira de $0,11 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$. A camada de 0-0,2 m são a camada onde as culturas como milho caupi e mandioca desenvolve a maior parte de suas raízes; logo, o baixo valor de PMP para o tratamento CQDG indica que, em momentos de indisponibilidade de água, esse tratamento será o primeiro a refletir essa falta.

A camada de 0,2-0,3 m de CQDG foi a que resultou em maior volume de água na CC com $0,365 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$, seguido de capoeira com volume de $0,223 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$. O tratamento que menos água reteve na CC foi o CT. Referindo-se, à água disponível, os tratamentos CT e CQDG, foram os que corresponderam ao maior

volume de água armazenado dentro da faixa de disponibilidade, correspondendo a $0,18 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ para CQDG e $0,17$ para CT $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ de água.

Os valores obtidos no estudo para água disponível concordam com os encontrados por Carvalho et al. (1999a) para o tratamento capoeira. Os autores, em estudo comparativo em área de capoeira cultivada com citrus e feijão nas entrelinhas com três anos de idade no Nordeste Paraense, obtiveram valores de água disponível respectivos de $0,13 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ e $0,152 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$, na profundidade de 0-0,1 m, e valores de água disponível de $0,137 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ e $0,119 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$, na profundidade de 0,1-0,2 m.

Para os valores dos demais tratamentos (CQDG, CT e CQ), os valores de água disponível foram bem superiores aos observados pelos referidos autores. Uma explicação está na maior porosidade total ocasionada pela mobilização do solo, principalmente no tratamento CQDG, onde num primeiro momento aumenta a porosidade total, com proporções superiores de microporos em relação a macroporos (Tabela 9). Provavelmente, o volume de água a ser armazenado para CQDG tenderá a diminuir à medida que as partículas do solo venham a se rearranjar, pois conforme verifica-se na Tabela 9 a tendência é de aproximação com CT e CQ com o passar do tempo.

Os valores encontrados para água disponível para o tratamento capoeira, também condizem com os observados por Ottoni Filho (2003) para solo classificado como latossolo. O autor, em estudo de método para classificação físico-hídrica de 10 classes de solos dentre eles um latossolo de Petrolina com 8% de argila, identificou valores de água disponível de $0,125 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ para a camada de 0-0,3 m. Para um solo classificado como Neossolo quartzarênico com alto teor de areia (958 g Kg^{-1} de areia) do Rio Grande do Sul, Peraza (2003) obteve valores para água disponível de $0,136 \text{ g g}^{-1}$ para o horizonte A e $0,088 \text{ g g}^{-1}$ para o horizonte B.

A retenção de água para o latossolo amarelo é baixa, concordando com a afirmação de Reichardt (1990), na qual o referido autor menciona que dentre vários fatores que afetam a retenção de água no solo, o principal é a textura, pois determina o arranjo das partículas e a distribuição de poros.

O que pode ser observado para todas as profundidades é uma grande perda inicial de água pelo solo, do ponto de saturação até a capacidade de campo. Essa perda chamada de porosidade drenável é muito elevada para o latossolo amarelo

disponibilizando, produzindo baixos valores de água, na maioria das vezes, para as plantas.

5.5 CONCLUSÕES

- 1- Verificou-se uma camada mais adensada entre os 0,2 e 0,3 m no estudo com sistemas alternativos de trituração.
- 2- A resistência à penetração máxima foi de 2,08 kPa para corte e trituração na profundidade de 0,2 m, quando o solo tinha umidade de 0,16 g g⁻¹.
- 3- A resistência à penetração em função de densidade e umidade explicou 23% da variação para a profundidade 0-0,1 m e 33,6% para a profundidade de 0,1-0,2 m.
- 4- Com o tráfego de máquinas nas operações de preparo, a capacidade de suporte desse solo foi excedida apenas na camada superficial (0-0,1 m) nos manejos de corte queima destoca e gradagem e corte e trituração.
- 5- As áreas manejadas sob o sistema de corte e trituração e corte queima trituração e gradagem foram as que resultaram maior disponibilidade de água, 0,20 cm cm⁻³, na camada de 0-0,1 m, e 0,19 cm cm⁻³, na camada de 0,1-0,2 m.

6.0 CONCLUSÃO GERAL

A maior parte dos nutrientes foram liberados até o 10^o mês, proporcionando uma baixa quantidade de nutrientes remanescentes para o segundo ciclo de cultivo.

Os materiais triturados, pelo sistema vertical foram os que liberaram as maiores quantidades de nutrientes para N, P, K, Ca e Mg, o que proporcionou o aumento da disponibilidade de P e K no solo para as plantas e aumentou o teor de MO no solo nas camadas superficiais. Contudo, esses incrementos não foram suficientes para aumentar a produtividade de mandioca.

Os parâmetros físicos do solo não atingiram os limites críticos, com exceção da pressão de pré-consolidação, que foi excedida na camada de 0,1-0,2 m.

7.0 RECOMENDAÇÕES

- Repetição das análises físicas ao final do cultivo de mandioca e milho e ao final dos ciclos de cultivo em pousio do estudo 2, para monitoramento do comportamento do solo ao longo do tempo.
- Avaliação das perdas iniciais, lixiviação de nutrientes ocasionados pelo processo de trituração, principalmente no sistema horizontal de preparo. A falta de controle total da operação leva a mobilização mínima do solo o que pode acarretar uma lixiviação intensa do solo na fase inicial do preparo.
- Comparação de estudos físico-químicos em nível de bacia hidrográficas, entre sistemas plantio direto, utilizando capoeira com utilização de plantas de cobertura no Nordeste Paraense.

8.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alegre, J. C., Cassel, D. K. Dynamics of soil physical properties under alternative systems to slash-and-burn. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. 58:39-48, 1996.
- Alexander, M. **Introduction to soil microbiology**. 2 ed. México: John Wiley and Sons. 1980. 487p.
- Arima, E.; Veríssimo, A. Brasil em Ação: Ameaças e oportunidades econômicas na fronteira Amazônica. Série Amazônia Nº 19. Belém: Imazon, 2002. 22p.
- Baena, A. R. C.; Dutra, S. **Densidade aparente e porosidade do solo no desenvolvimento do milho**. Belém: Embrapa Cpatu, 1979. 13p. (Comunicado técnico, 19).
- Bandy, D. E., Garrity, D. P., Sanchez, P. A. The worldwide problem of slash-and-burn agriculture. **Agroforestry Today**. 3:18-22, 1993.
- Barichello, L. R. **Inventário de biomassa e nutrientes na vegetação, solo e serrapilheira de diferentes estágios sucessionais em um sistema de agricultura migratória**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria. Engenharia Florestal UFSM, 2000. 33p. (Relatório de Estágio).
- Block, A. **Entwicklung und Erprobung eines Doppelrotor hackslers als Alternative zur Brandrodungswirtschaft in Nord-Ost Amazonien**. 1999. 86f. (Diplomarbeit im wissenschaftlichen Studiengang Agrarwissenschaften an der Universität Göttingen, Fachbereich Agrarwissenschaften). Georg August Universität Göttingen, Göttingen, Deutschland.
- Block, A. Mulchtechnik statt Brandrodung. **Landtechnik**. 58:96-97,2003.
- Block, A., Behn, W., Lücke, W., Denich, M. Buschhäckslereinsatz zur Sekundärwaldnutzung in Tropischen Brachesystemen. **Landtechnik**. 55:214-215,2000.
- Bundy, D. E.; Garrity, D. P.; Sanches, P. A. The worldwide problem of slash-and-burn agriculture. **Agroforestry Today**. Nairobi: ICRAF, v.5, n.3, July/sept. 1993.
- Carvalho, E. J. M., Costa, M. P da., Veloso, C. A. C. **Caracterização físico hídrica de um podzólico vermelho amarelo textura arenosa/média sob diferentes usos, em Igarapé-Açu, Pará**. Belém: Embrapa Cpatu, 1997. 23p. (Boletim de Pesquisa, 174).

- Carvalho, E. J. M., Galvão, E. U., Veloso, C. A. C., Möller, M. R. F., Matos., A. O. Efeito do preparo mecanizado do solo sobre alguns parâmetros físico-hídricos do solo no nordeste paraense. **Revista Ciência Agrária**. Belém. 31:37-48, 1999a.
- Carvalho, E. J. M., Figueiredo, M. S., Costa, L. M. da. Comportamento físico-hídrico de um podzólico vermelho-amarelo câmbico fase terraço sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa agropecuária brasileira**. Brasília. 34:257-265, 1999b.
- Conto, A. J. de., Galvão, E. U. P., Homma, A. K. O., Carvalho, R. A., Ferreira, C. A. P., Oliveira, R. F., Menezes, A. E. A de. Mudanças tecnológicas em pequenas propriedades que utilizam sistemas de regeneração de capoeira: Microrregião Bragantina – PA. **Embrapa Florestas** 58:49-60, 1996.
- Corrêa, J.C. Efeito de sistemas de cultivo na estabilidade de agregados de um latossolo Vermelho-Amarelo em Querência, MT. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 37: 203-219, 2002.
- Craswell, E. T., Lefroy, R. D. B. The role and function of organic matter in tropical soils. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, 61:7–18, 2001.
- Denich, M. Kanashiro, M., Vlek, P.L.G., Fölster, H. Importance, Use and Management of secondary vegetation in the Eastern Amazon region. In: II WORKSHOP SHIFT, Cuiabá, 1995. Summaries of lectures and posters. Cuiabá, 1995. p.205- 207.
- Denich, M. Rettet den Regenwald! Neuer Buschhäcksler erzetzt die Brandrodung in Ostamazonien. Disponível em: <http://webdoc.sub.gwdg.de/edoc/a/spektrum/98_2/30_32.pdf>. Acesso em: 23 jun.2003.
- Denich, M., Vielhauer, K., Kato, M.S. de A., Block, A. Kato, O. R., Sá, T. D. A de., Lücke, W., Vlek, P. L. G. Mechanized land preparation in forest-based fallow systems: The experience from Eastern Amazonia. **Agroforestry Systems**, 61: 91-106, 2004.
- Denich, M; Sommer, R.; Vlek, P. L. G. Soil carbon stocks in small-holder land-use systems of the Northeast of Pará state, Brazil. In: PROCEEDINGS OF THE THIRD SHIFT-WORKSHOP, Manaus, 1998. **Anais**. Manaus, 1998. p.137-140.
- Denich, M. **Estudo da Importância de uma Vegetação secundária Nova para o incremento da Produtividade do Sistema de Produção na Amazônia Oriental Brasileira**. 1991. 283f. (Tese de doutorado apresentada ao Departamento de Ciências Agrárias. Faculdade de Agronomia). Universidade Georg August de Göttingen, Göttingen, Alemanha.

- Dias Junior, M. de S., Pierce, F. J. O processo de compactação do solo e sua modelagem. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, 20:175-182,1996.
- Diekmann, U. **Biologische und chemische Bodencharakteristika zur Beurteilung der nachhaltigen Produktivität von Landnutzungssystemen in der Zona Bragantina Ost-Amazonien**. 1997. 189f. (Doktorgrades der Fakultät für Agrarwissenschaften). Georg August Universität Göttingen, Göttingen, Deutschland.
- Diniz, T. D., de A. S. Climatic characteristics of the eastern Amazon region. In: STUDIES ON THE UTILIZATION AND CONSERVATION OF SOIL IN THE EASTERN AMAZON REGION. Belém,1991. **EMBRAPA-CPATU-GTZ**. Belém:1991 p.3-13. (Documentos, 40).
- Dourado Neto, D., Jong van Lier, Q. de., Botrel, T. A., Libardi, P. L. Programa para confecção da água no solo utilizando o modelo de Genuchten. **Engenharia Rural**, 1:92-102, 1990.
- Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise do solo**. 2 ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.
- Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Brasília, 1999. **Manual de Análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, 1999. 212 p.
- Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 1999. 169 p.
- Evans, D. D. & White, J.L. **Methods of soil analysis**. Madison, American Society of Agronomy. 770p. 1965.
- Ezcurra, E., Becerra, J. Decomposition of litter from the Tamaulipan cloud forest – A comparison of 4 simple-models. **Biotropica**, 19:290-296,1987.
- Falesi, I. C.; Vieira, L. S.; Santos, W. H. P. dos; Oliveira Filho, J. P. S. Levantamento de reconhecimento de solos da região Bragantina, Estado do Pará. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 2: 1-63, 1967.
- Fassbender, H. W. **Modelos edafológicos de los sistemas de producción agroforestales**. 2 ed. Costa Rica: CATIE & Sociedad Alemana de Cooperación Técnica. 1993. 530p.
- Ferreira, M do. S. G., Oliveira, L. C. **Potencial produtivo e implicações para o manejo de capoeiras em áreas de agricultura tradicional no Nordeste paraense**. Belém: Embrapa Cpatu, 2001. 6p. (Comunicado Técnico, 56).

- Gama, M. A. P. **Dinâmica do fósforo em solo submetido a sistemas de preparo alternativos ao de corte e queima no Nordeste Paraense**. 2002, 83f. Tese de doutorado (Doutorado em solos e nutrição de plantas). Escola Superior de agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.
- Giacomini, S.J. **Consociação de plantas de cobertura no outono/inverno e fornecimento de nitrogênio ao milho em sistema plantio direto**. 2001, 124f. Dissertação de mestrado (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.
- Goedert, J. W., Schermack, J., Freitas, F. C. de. Estado da compactação do solo em áreas cultivadas no sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 2: 223-227, 1967.
- Hölscher, D., Möller, R. F., Denich, M., Fölster, H. Nutrient input-output budget of shifting agriculture in Eastern Amazonia. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, 47:49-57, 1997.
- Horn, R., Lebert, M. Soil compactability and compressibility. In: Soane, B. D. & Ouwerkerk, C van. (Edj.) **Soil compaction in crop production**. Amsterdam, Elsevier. 1994. 662p.
- Hughes, R. F., Kauffman, J. B., Cummings, D. L. Fire in the Brazilian Amazon. Dynamics of biomass, C, and nutrient pools in regenerating forests. **Oecologia**, 124:574-588, 2000.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2001): Censo Demográfico 2000. Rio de Janeiro: IBGE.
- IBGE, 1994. Anuário estatístico do Brasil. Rio de Janeiro. v. 54. P.4-8-32.
- IBGE. 1996. Censo Agropecuário 1995-1996. Rio de Janeiro. <http://www.mec.gov.br/semtec/proep/paer/estmerc/pa/srural_pa.html.
- Imhoff, S. D. C. **Indicadores de qualidade estrutural e trafegabilidade de latossolos e argissolos vermelhos**. 2002, 103f. Tese de Doutorado (Doutorado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.
- Juo, A. S. R.; Manu, A. Chemical dynamics in slash-and-burn agriculture. **Agriculture Ecosystems & Environment**, 58:49-60, 1996.
- Kanashiro, M.; Denich, M. Possibilidades de Utilização e Manejo adequado de áreas alteradas e Abandonadas na Amazonia brasileira. Brasília, MCT/CNPq, 1998 (Studies of Human Impact on Forests and Floodplains in the Tropics – SHIFT). 1998. 157p.

- Kato, M. S. A. & Kato, O. K. Preparo de área sem queima, uma alternativa para agricultura de derruba e queima da Amazônia Oriental; Aspectos agroecológicos. In: SEMINÁRIO SOBRE MANEJO DA VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA PARA A SUSTENTABILIDADE DA AGRICULTURA FAMILIAR DA AMAZONIA ORIENTAL, Belém, 1999. **Anais**. Belém:1999a. p.35-37..
- Kato, M. S. A., Kato, O. R., Denich, M., Vlek, P. L. G. Fire free alternatives to slash and burn for shifting cultivation in the Eastern Amazon region. The role of fertilizers. **Field Crops Research**, 62:225-237,1999.
- Kato, M. S. A., Kato, O. R., Denich, M., Vlek, P. L. G. Disponibilidades de fósforo em sistemas de mulch, no Nordeste Paraense. In: SEMINÁRIO SOBRE MANEJO DA VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA PARA A SUSTENTABILIDADE DA AGRICULTURA FAMILIAR DA AMAZONIA ORIENTAL, Belém, 1999. **Anais**. Belém: 1999. p.116-119.
- Kato, O. R., Vielhauer, K., Denich, M., Lücke, W. Preparo de área sem queima: aspectos agrotécnicos para produção de mulch a partir da trituração de capoeira. In: SEMINÁRIO SOBRE MANEJO DA VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA PARA A SUSTENTABILIDADE DA AGRICULTURA FAMILIAR DA AMAZONIA ORIENTAL, Belém, 1999. **Anais**. Belém: 1999b. p.38-41.
- Klein, Densidade e distribuição do diâmetro dos poros de um latossolo vermelho, sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, 26:857-867,2002.
- Lamprecht, H., Parey, H. **Waldbau in den Tropen**. Hamburg: Westholsteinische Verlagsdruckerei Boyens & Co., 1986. Cap 2, p. 19-30.
- Lenthe, H. R. Methods for monitoring organic matter in soil. In: STUDIES ON THE UTILIZATION AND CONSERVATION OF SOIL IN THE EASTERN AMAZON REGION. Belém,1991. **EMBRAPA-CPATU-GTZ**. Belém:1991 p.119-129. (Documentos, 40).
- Lopes, O. M. N., Rodrigues, T. E. R., Junior, R. C de. **Determinação de perdas de solo, água e nutrientes em Latossolo amarelo, textura argilosa do Nordeste paraense**. Belém: Embrapa Cpatu, 1999. 36p. (Boletim de Pesquisa, 19).
- Mackensen, J. Hölscher, D. Klinge, R. Fölster, H. Nutrient transfer to the atmosphere by burning of debris in eastern Amazonia. **Forest Ecology and Management**, 86:121-128, 1996.

- Martins, P. F. da S., Cerri, C. C., Volkoff, B., Andreux, F., Chauvel, A. Consequences of clearing and tillage on the soil of a natural Amazonian ecosystem. **Forest Ecology and Management.**, 38:273-282,1991.
- McGrath, D. A., Smith, C. K. Gholz, H. L., Oliveira, F. A. de. Effects of Land-Use Change on Soil Nutrient Dynamics in Amazônia. **Ecosystems.** 4:625-645, 2001.
- Müller, M. M. L., Guimarães, M. F., Desjardins, T., Mitja, D. The relationship between pasture degradation and soil properties in the Brazilian amazon: a case study. **Agriculture Ecosystems & Environment**, 103:279-288, 2004.
- Oliveira Jr., E. D. de. **Compactação do solo devido ao tráfego de carretas florestais com dois tipos de pneus inflados a duas pressões diferentes.** 1998, 68f. Dissertação de mestrado (Máquinas Agrícolas). Escola Superior de Agricultura Luís de Queiroz, Piracicaba, SP.
- Oliveira, G. C., Dias Junior, M. S., Curi, N. et al. Compressibilidade de um Latossolo Vermelho argiloso de acordo com a tensão de água no solo, uso e manejo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, 27:773-781, 2003.
- Otoni Filho, T. B. Uma classificação físico-hídrica dos solos. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, 27:211-222, 2003.
- Palm, A. C., Giller, E. K., Manfongoya, P. L., Swift, M. J. Management of organic matter in the tropics: translating theory into practice. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, 61: 63–75, 2001.
- Paul, E. A. & Clark, F. E. **Soil microbiology and biochemistry.** 2. ed. Califórnia: Academic press, 1996. Cap 7, p.158-179.
- Peraza, J. E. S. **Retenção de água e pedofunções para solos do Rio Grande do Sul.** 2003, 117f. Dissertação de mestrado (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.
- Pereira, C. A., Vieira, I. C.G. A importância das florestas secundárias e os impactos de sua substituição por plantios mecanizados de grãos na Amazônia. *Interciência.* v 26, n.8, ag. 2001.
- Prado, R. N. **Papel da agricultura na diminuição do efeito estufa.** Disponível em: < http://www.cienciaonline.org/revista/02_07/meteorologia/>. Acesso em: 20 out.2004.
- Projeto Radam Brasil. 1973-1978. **Levantamento de Recursos Naturais.** Ministério das Minas de Energia. Departamento Nacional de produção Mineral.

- Reichardt, K. Capacidade de campo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**,12:211-216, 1988.
- Reichardt, K. **A água em sistemas agrícolas**. Editora Manole LTDA. São Paulo, Brasil. 188 p. 1990.
- Reichert, J. M., Reinert, D. J., Braidá, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência e Ambiente**, 27:29-48, 2003.
- Reinert, D. J. Soil structural form and stability induced by tillage in a Typic Hapludalf. Michigan State University. 129p. 1990 (Ph.D. in Agronomy).
- Reinert, D.J.; Robaina, A.; Reichert, J.M. Compress – software e proposta de modelo para descrever a compressibilidade dos solos e seus parâmetros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., Ribeirão Preto, 2003. Anais. Ribeirão Preto, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. cd-rom.
- Reyes, J. I., Silva, P., Acevedo, E. **Efecto de cuatro temporadas de cero labranza y manejo de rastrojo em lãs condiciones físicas y químicas de un suelo aluvial de la zona central de Chile**. 2002, 155f. (Laboratorio Relación Suelo-Agua-Planta). Facultad de Ciencias Agronomicas, Universidad de Chile. Chile.
- Riquelme, U. F. B. **Propriedades físicas e hídricas do solo em sistemas de manejo do feijoeiro**. 2004, 78f. Dissertação de mestrado (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.
- Rodrigues, T. E., Oliveira Junior, R. C. de., Silva, J. M. L. da., Valente, M. A., Capeche, C. L. **Caracterização físico-hídrica dos principais solos da Amazônia Legal. (Estado do Pará)**: Belém: Embrapa SNLCS, 1991. 228p. (Relatório técnico).
- Salati, E., Schubart, H. O. R., Junk, W., Oliveira, A. E. de. **Amazônia: desenvolvimento, integração e ecologia**. São Paulo: Brasiliense; Brasília. CNPq, 1983.
- Sanchez, P. A. Improved fallows come of age in the tropics. **Agroforestry systems**, 47:3-122,1999.
- Sanchez, P. A. Suelos del Trópico: Características y Manejo. San Jose: II CA, 1981. 633p.
- Santos, M. T. P. dos., Parry, M. M., Möller, M. R. F. Atributos da matéria orgânica em área preparada sem o uso do fogo. In: SEMINÁRIO SOBRE MANEJO DA VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA PARA A SUSTENTABILIDADE DA AGRICULTURA

- FAMILIAR DA AMAZONIA ORIENTAL, Belém, 1999. **Anais**. Belém:1999. p.128-131.
- Sarruge, J. R., Haag, H. P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: Departamento de Química. ESALQ. 1974. 56 p.
- Schneider, R. R.; Arima, E.; Veríssimo, A.; Barreto, P.; Júnior, C. A. Amazônia Sustentável: limites e oportunidades para o desenvolvimento rural. [tradução: Tatiana Corrêa]. Brasília: Banco Mundial; Belém: Imazon, 2000. 58p.
- Schoenholtz, S. H., Van Miegroet, H., Burger, J. A. A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: hallenges and opportunities. **Forest Ecology and Management.**, 138:335-356,2000.
- Schumacher, M. V., Hoppe, J. V., Witschoreck, R. **Quantificação do carbono e dos nutrientes em florestas de eucalipto de diferentes idades**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria. Laboratório de Ecologia Florestal. UFSM, 2003. 112p. (Relatório de Pesquisa).
- Secco, N. B., Kato, M. S. A. Efeito do método de preparo de área e da intensificação do cultivo na produção das culturas anuais. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFRA, I SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA-CPATU, VII. Belém, 2003. Anais. Belém: UFRA-EMBRAPA/CNPq, 2003. cd-rom.
- Silva, B. N. R. da.; Carvalho, J. S. dos. S. Os solos da Amazônia oriental. In: EMBRAPA/CPATU/GTZ. Belém, 1986, Belém: 1986 p.15-42.
- Silva, B. N. R., Carvalho, J. D. S. Soils of the eastern Amazon region. In: Studies on the utilization and conservation of soil in the Eastern Amazon Region. Eschborn. **GTZ**. Eschborn:1991. p. 3-14.
- Silva, V. R. **Propriedades físicas e hídricas em solos sob diferentes estados de compactação**. 2003, 171f. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.
- Silva, R. B., Dias Junior, M. S., Santos, F. L. et al. Influência do preparo inicial sobre a estrutura do solo quando da adoção do sistema plantio direto, avaliada por meio da pressão de preconsolidação. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, 27:961-971, 2003.

- Silva, B. N. R., Carvalho, J. D. S. **Os solos da Amazônia Oriental**. Belém: Embrapa-CPATU. GTZ, 1986. 42p. (Documento)
- Silva, R. B., Dias Junior, M. S., Silva, F. A. M., Fole, S. M. O tráfego de máquinas agrícolas e as propriedades físicas, hídricas e mecânicas de um latossolo dos cerrados. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, 27:973-983, 2003.
- Smith, J. **Cobertura florestal secundária em pequenas propriedades rurais na Amazonia: implicações para a agricultura de corte e queima**. Belém: Embrapa, 2000. 43p. (Documento, 51).
- Smith, J. Kop, P. V. De., Reategui, K., Lombardi, C. S., Diaz, A. Dynamics of secondary forests in slash-and-burn farming: interactions among land use types in the Peruvian Amazon. **Agriculture Ecosystems & Environment**, 76:85-98, 1999.
- Sorrensen, C. L. Linking smallholder land use and fire activity: examining biomass burning in the Brazilian Lower Amazon. **Forest Ecology and Management**. 128:11-25, 2000.
- Souza Filho, F. R. de. **Histórico da Bragantina**. Disponível em: <http://www.zef.de/research_activities/shift/download/Hist%F3rico_da_Bragantina.PDF>. Acesso em: 23 jun.2003.
- Streck, C.A. **Compactação do solo e seus efeitos no desenvolvimento radicular e produtividade da cultura do feijoeiro e da soja**. 2003, 83f. Dissertação de mestrado (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.
- Szott, L. T., Palm, C. A., Buresh, J. Ecosystem fertility and fallow function in the humid and subhumid tropics. **Agroforestry Systems**, 47:163-196, 1999.
- Tedesco, M. J.; Gianello, C.; Bissani, C. A.; Bohnen, H. & Volkweiss, S. J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre, Departamento de Solos, UFRGS, 174p., 1995.
- Tiessen, H., Salcedo, I. H., Sampaio, E. V. S. B. Nutrient and soil organic matter dynamics under shifting cultivation in semi-arid NE Brazil. **Agriculture Ecosystems & Environment**, 39:139-151, 1992.
- Valois, A. C. C. **Benefícios e estratégias de utilização sustentável da Amazônia**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 73p. (Texto para discussão, 18).
- Vielhauer, K.; Kanashiro, M.; Sá, T. D. A.; Dencich, M. Technology development of slash-and-mulch and fallow enrichment in shifting systems of the Eastern Amazon.

In: In: PROCEEDINGS OF THE THIRD SHIFT-WORKSHOP, Manaus, 1998.
Anais. Manaus:1998. p.49-59.

Wästerlund, I. Environmentally soft machines. **Small Scale Forestry**, 1:13-15, 1994.

Wieder, R. K., Lang, G. E. A critique of the analytical methods used in examining decomposition data obtained from litter bags. **Ecological Society of America**, 63:1636-1642, 1982.

Wiesenmüller, J. D. **Einfluß landwirtschaftlicher Flächenvorbereitung auf die Dynamik des Wurzelsystems und die oberirdische Regeneration der Sekundärvegetation Ostamazoniens, Pará, Brasilien.** 1999. Georg-August Universität Göttingen, Deutschland.

Wiesenmüller, J. **Sistemas de produção e manejo dos recursos naturais da agricultura familiar no nordeste paraense – o caso de Capitão Poço.** 2004, 35f. Convênio Núcleo de Altos Estudos Amazônicos & Deutscher Entwicklungsdienst. Universidade Federal do Pará, Belém, PA.

9.0 ANEXOS

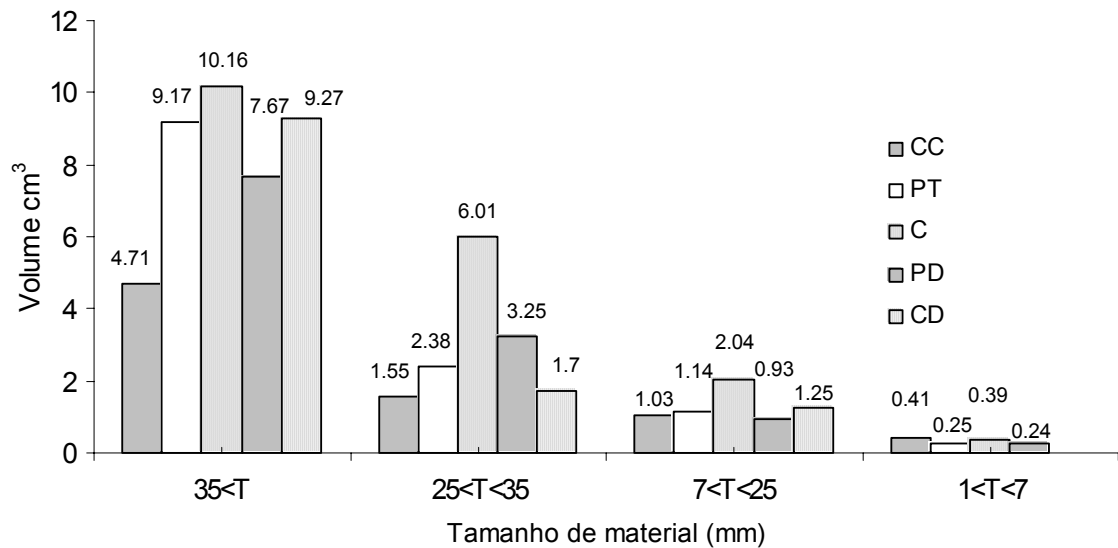


Figura 28 – Volume médio dos fragmentos de material triturado, utilizando rotor vertical duplo (Tritucap II). Qualidade de trituração.

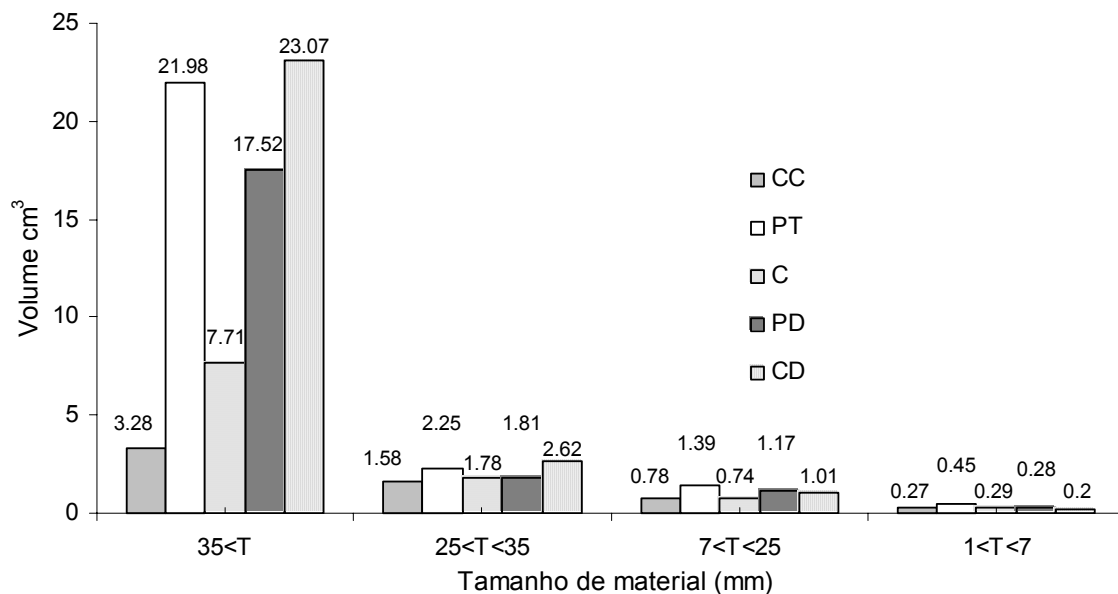
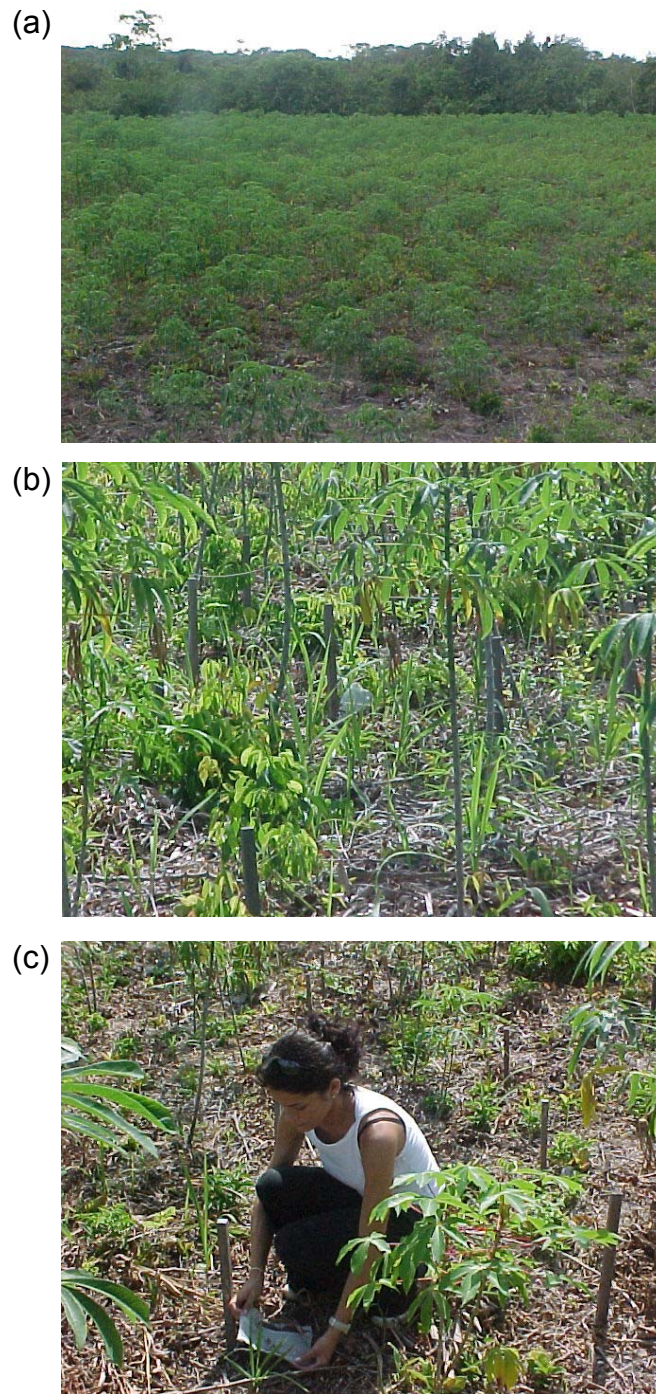


Figura 29 – Volume médio dos fragmentos de material triturado, utilizando sistema horizontal (1000 rpm no rotor). Qualidade de trituração.

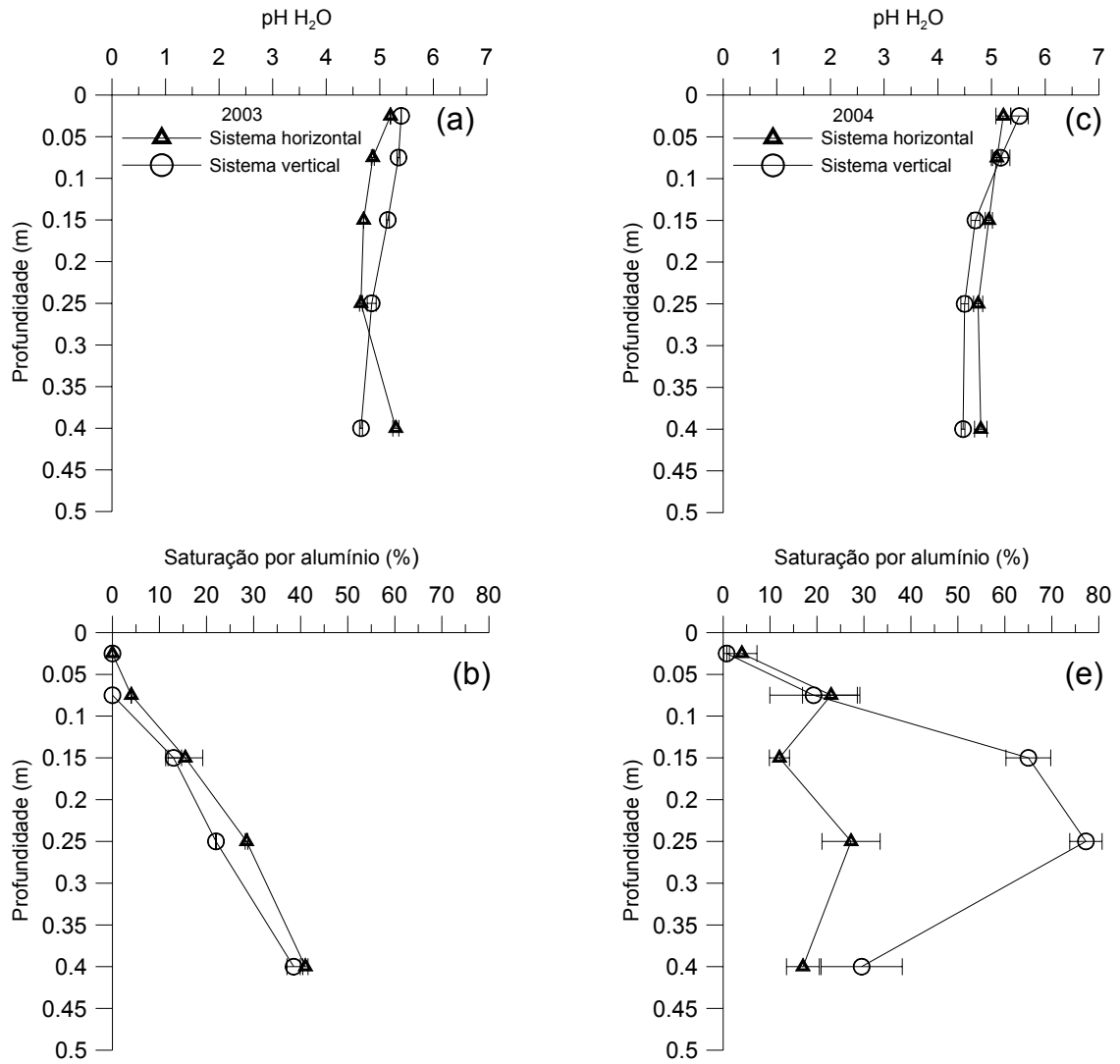
Anexo 1 – Volume médio do material triturado, classificado em 4 classes quantitativas e 5 classes qualitativas, obtido através de dois sistemas trituradores.



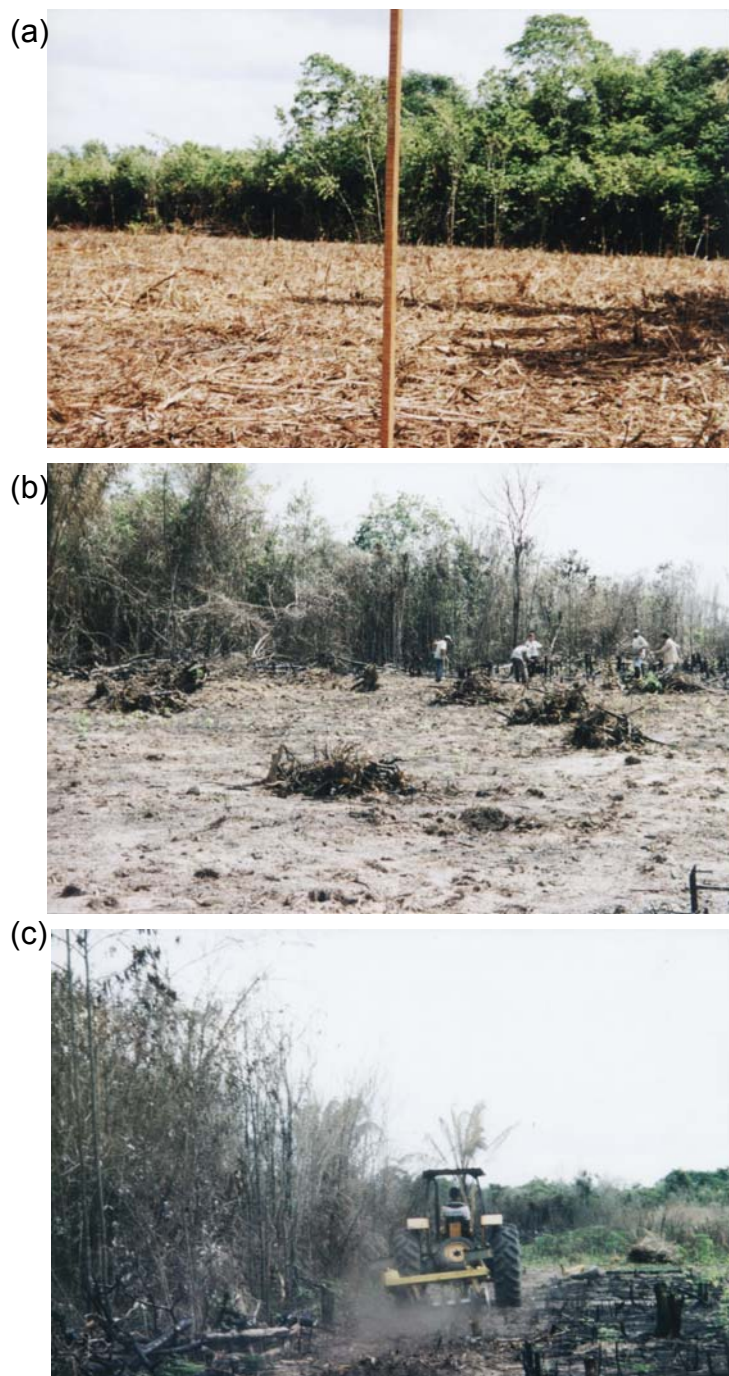
Anexo 2 – Detalhe da área de mandioca (a), preparada pelos dois sistemas alternativos de trituração (Estudo 1) e respectivos sacos de decomposição (Bags), sob o mulch resultante da trituração (b, c).



Anexo 3 – Mensuração da espessura de deposição do material pós-trituração (a). Detalhe do preparo das amostras em laboratório: Moagem (b) e determinação de carbono (c).



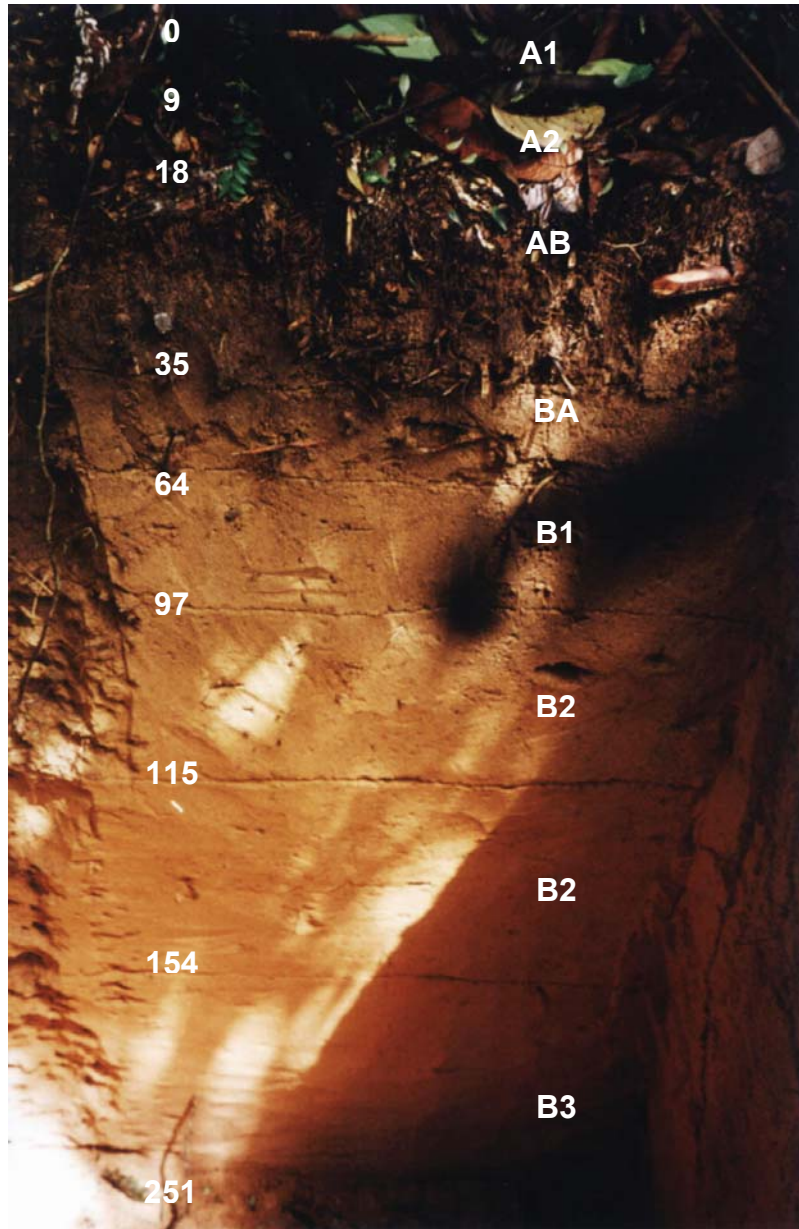
Anexo 4 – Características químicas do solo, analisados em duas etapas: trituração (abril 2003) e décimo mês de cultivo (fevereiro de 2004), pH_(H₂O) (a, b) e saturação por alumínio (c, d).



Anexo 5 – Detalhe do preparo de área do Estudo 2. Capoeira triturada e capoeira original de 10 anos de idade ao fundo (a); queima, destoca e posterior gradagem pesada (b) e trator com grade pesada com discos de 28" (c).



Anexo 6 – Detalhe da coleta de amostras nos tratamentos e determinação da resistência à penetração a campo (a, e) (Estudo 2). Aparelho de peneiramento a seco para determinação do DMG (b), determinação da densidade de partícula (c), Extratores de Richards para amostras preservadas submetidas a baixas pressões e amostras desestruturadas à pressão de 1500 kPa (Laboratório de Física do solo. Embrapa Amazônia Oriental) (d).



Anexo 7 – Perfil de solo do Estudo 2, localizado no município de Igarapé Açu, região Bragantina, Nordeste do estado do Pará.

Localização: 01°00'411"S 47°25'908"W.

Descrição do perfil efetuada por Tarcísio Ewerton Leal e Clotilde L. Costa Filho, pertencente ao Projeto Zoneamento Agroambiental do município de Igarapé-Açu.

Perfil de trincheira, em tabuleiro com declive de 3 a 4% sob vegetação de capoeira fina com Inajá e Tucumã.

Relevo local suave ondulado, não pedregoso, com ligeira erosão laminar, bem drenado, com vegetação de floresta equatorial sub-perinifolia, clima Aw, atualmente recoberto de mandioca, pastagem e capoeira.

Descrição Morfológica:

A1 0-9cm	Fraca e pequena e média granular; friável. Transição plana e difusa.
A2 9-18cm	Fraca pequena e média granular; friável. Transição plana e gradual.
AB 18-35cm	Fraca pequena e média granular e bloco sub-angular; friável. Transição plana e gradual.
BA 35-64cm	Fraca pequena e média bloco sub-angular; friável. Transição plana e gradual.
B1 64-97cm	Fraca pequena e média bloco sub-angular; friável. Transição plana e difusa.
B2 97-15cm	Fraca pequena e média bloco sub-angular; friável. Transição plana e difusa.
B3 154-251cm	Fraca pequena e média bloco sub-angular, friável.

Raízes: finas e muito finas; muitas no A1 e A2, comuns no AB e BA; pouca no B1, B2 e raras no B3

Observações:

Poros e canais: muitos em todo o perfil.

Atividade de organismo: muito em A1, A1, AB, BA, B1, B2 e comum no B3.

Presença de carvão vegetal no A2, AB, BA, B1, B2. Ocorrência de canais resultante da atividade de organismos.

Presença de fendas: pouca até BA. Não observada a presença de mosqueados no perfil.

Anexo 8 – Descrição morfológica do perfil do solo do Estudo 2, localizado no município de Igarapé Açu, região Bragantina, Nordeste do estado do Pará.

Tabela 10 – Parâmetros referentes a equação de Van Genuchten (1980), para os sistemas de preparo mecanizados sob forma de plantio direto, cultivado com mandioca, ao sexto mês de cultivo, e capoeira de 4 anos de idade.

Tratamentos	Prof. (m)	Parâmetros da equação de Van Genuchten				
		α (1/kPa)	m	n	θ_r	θ_s
CAP	0-0,05	1,1447	0,0357	14,8954	0,030	0,426
RH	0-0,05	1,1075	0,0344	16,6493	0,038	0,442
RVD	0-0,05	1,1523	0,0330	14,7668	0,030	0,444
CAP	0,05-0,1	1,1964	0,0345	12,0479	0,046	0,378
RH	0,05-0,1	1,0758	0,0294	17,4093	0,034	0,408
RVD	0,05-0,1	1,1685	0,0360	13,0756	0,054	0,390
CAP	0,1-0,2	1,3596	0,0492	8,9374	0,068	0,370
RH	0,1-0,2	1,1452	0,0338	13,3003	0,068	0,380
RVD	0,1-0,2	1,1221	0,0317	12,2509	0,066	0,358
CAP	0,2-0,3	1,6440	0,1010	3,2737	0,084	0,336
RH	0,2-0,3	0,0068	2,1985	0,5317	0,090	0,398
RVD	0,2-0,3	0,85924	0,1174	3,0781	0,076	0,344
CAP	0,3-0,5	1,3931	0,0480	8,0606	0,080	0,368
RH	0,3-0,5	0,7314	0,1748	1,8806	0,090	0,330
RVD	0,3-0,5	1,0926	0,0716	4,6230	0,086	0,338

Valores de umidade: $\theta_s = \theta_{m\acute{a}x}$ e $\theta_r = \theta_{m\acute{i}n}$ com n dependente de m.

RVD -capoeira triturada por sistema vertical duplo; RH -capoeira triturada por sistema triturador horizontal; CAP -capoeira original de 4 anos de idade.

Anexo 9 – Parâmetros de ajuste da curva de retenção de água para área cultivada com mandioca (Estudo 1).

Tratamentos	Prof. (m)	Parâmetros da equação de Van Genuchten				
		α (1/kPa)	m	n	θ_r	θ_s
CAP	0-0,1	0,2783	0,0855	8,8706	0,036	0,303
CQDG	0-0,1	0,2809	0,0584	9,4592	0,008	0,474
CQ	0-0,1	0,2984	0,0716	8,5266	0,022	0,403
CT	0-0,1	0,3283	0,0429	8,3427	0,013	0,365
CAP	0,1-0,2	0,3244	0,0666	7,4059	0,036	0,276
CQDG	0,1-0,2	0,3050	0,0638	8,3832	0,011	0,457
CQ	0,1-0,2	0,3219	0,0667	7,4005	0,026	0,357
CT	0,1-0,2	0,0010	3,8913	0,4994	0,024	0,342
CAP	0,2-0,3	0,2310	0,0464	11,3992	0,052	0,293
CQDG	0,2-0,3	0,1850	0,0720	22,9112	0,107	0,365
CQ	0,2-0,3	0,3284	0,0547	8,2732	0,024	0,312
CT	0,2-0,3	0,0003	5,8141	0,4669	0,032	0,294
CAP	0,3-0,4	0,1739	0,6086	0,8485	0,046	0,272
CQDG	0,3-0,4	0,3263	0,0637	7,2468	0,019	0,335
CQ	0,3-0,4	0,3776	0,0594	7,6879	0,025	0,290
CT	0,3-0,4	0,0051	2,3127	0,5224	0,038	0,278
CAP	0,4-0,5	0,0173	1,5656	0,5273	0,040	0,303
CQDG	0,4-0,5	0,4266	0,0627	6,5979	0,027	0,277
CQ	0,4-0,5	0,4594	0,0683	5,5991	0,038	0,260
CT	0,4-0,5	0,3553	0,0547	7,2868	0,019	0,263

Valores de umidade: $\theta_s = \theta_{\text{máx}}$ e $\theta_r = \theta_{\text{mín}}$ com n dependente de m.

CAP- capoeira de 10 anos; CQDG- corte, queima, destoca e gradagem pesada; CQ- corte e queima; CT- corte e trituração (sistema alternativo).

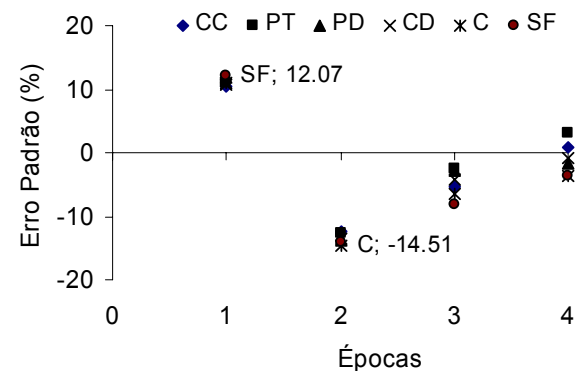
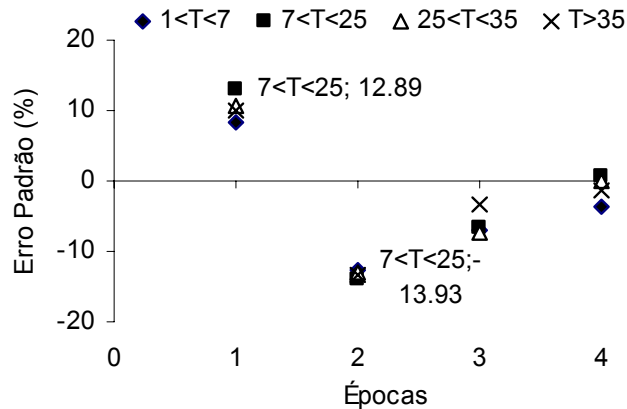
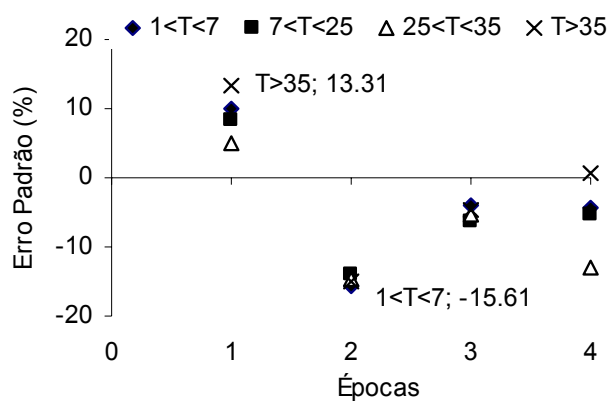
Anexo 10 – Parâmetros referentes a equação de van Genuchten (1980) de ajuste da curva de retenção de água para a área manejada utilizando-se três sistemas de preparo de área e capoeira de 10 anos de idade (Estudo 2).

Tratamentos	Capacidade hídrica do solo					
	Prof.	θ_s	CC	PMP	AD	
	m		$\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$		%	
CAP	0-0,1	0,303	0,129	0,036	0,09	40,09
CQDG	0-0,1	0,474	0,209	0,008	0,20	51,02
CQ	0-0,1	0,403	0,167	0,022	0,15	45,74
CT	0-0,1	0,365	0,212	0,013	0,20	65,68
CAP	0,1-0,2	0,276	0,147	0,036	0,11	50
CQDG	0,1-0,2	0,457	0,204	0,011	0,19	52,88
CQ	0,1-0,2	0,357	0,172	0,026	0,15	50,69
CT	0,1-0,2	0,342	0,212	0,024	0,19	66,67
CAP	0,2-0,3	0,293	0,151	0,052	0,10	49,01
CQDG	0,2-0,3	0,365	0,191	0,107	0,18	55,31
CQ	0,2-0,3	0,312	0,158	0,024	0,13	52,55
CT	0,2-0,3	0,294	0,198	0,032	0,17	70,34
CAP	0,3-0,4	0,272	0,163	0,046	0,12	59,09
CQDG	0,3-0,4	0,335	0,173	0,019	0,15	57,25
CQ	0,3-0,4	0,290	0,145	0,025	0,12	54,30
CT	0,3-0,4	0,278	0,176	0,038	0,14	63,30
CAP	0,4-0,5	0,303	0,181	0,040	0,14	64,98
CQDG	0,4-0,5	0,277	0,145	0,027	0,12	57,00
CQ	0,4-0,5	0,260	0,150	0,038	0,11	57,73
CT	0,4-0,5	0,263	0,152	0,019	0,13	64,56

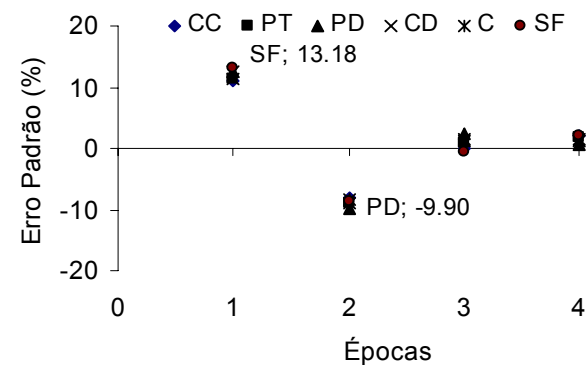
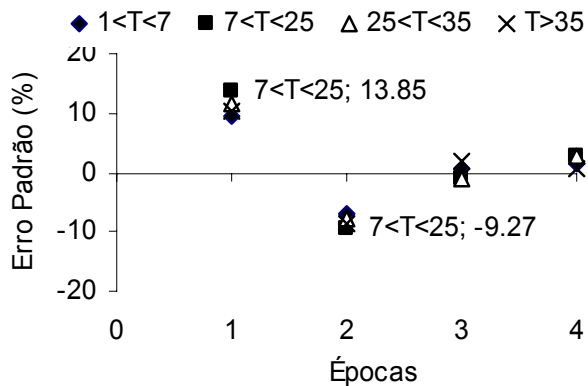
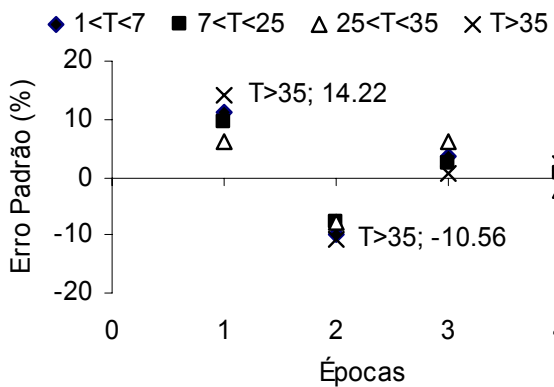
Valores de umidade: $\theta_s = \theta_{\text{máx}}$ e $\theta_r = \theta_{\text{mín}}$ com n dependente de m.

CAP- capoeira de 10 anos; CQDG- corte, queima, destoca e gradagem pesada; CQ- corte e queima; CT- corte e trituração (sistema alternativo). CC: capacidade de campo, PMP: ponto de murcha permanente, AD: água disponível.

Anexo 11 – Capacidade hídrica do solo, para a área manejada utilizando-se três sistemas de preparo de área e capoeira de 10 anos de idade (Estudo 2).



Modelo de Ezcurra e Becerra (1987)



Modelo de Wieder & Lang (1982)

Triturador com dois rotores verticais

Triturador com rotor horizontal

Qualidade do material triturado

Observação: As épocas 1, 2, 3 e 4, correspondem respectivamente ao tempo, 0, 1, 3, 6 e 10 meses.

Anexo 12 – Erro padrão para escolha da equação de melhor ajuste, para os dados observados, no decorrer do período de 10 meses, em material triturado de capoeira.