



Atributos físicos de solo cultivado com pinhão manso e coberturas verdes associadas

doi: 10.4136/ambi-agua.1367

Received: 16 Aug. 2013; Accepted: 10 Dec. 2013

Willian José Ferreira^{1,2*}; Getulio Teixeira Batista¹; Marcelo dos Santos Targa¹; Cristina Maria de Castro³; Antonio Carlos Pires Devide³

¹Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais

Universidade de Taubaté (UNITAU), Taubaté, SP, Brasil

²Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, SP, Brasil

³Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), Pindamonhangaba, SP, Brasil

*Autor correspondente: e-mail: will.ferreira@hotmail.com,

gtbatista@gmail.com, targa.marcelo@gmail.com, cristinacastro@apta.sp.gov.br, antoniodevide@apta.sp.gov.br

RESUMO

O cultivo do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) é uma opção sustentável ao biodiesel pela adaptação às diferentes condições agroecológicas e pelo alto teor de óleo não comestível nos grãos. A possibilidade de plantio em solos degradados e de baixa fertilidade natural torna-o atrativo à região do vale do Paraíba do Sul. Neste trabalho avaliaram-se atributos físicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo convertido de pecuária em lavoura experimental de pinhão manso consorciado com leguminosas herbáceas perenes (*Arachis pintoii* e *Calopogonio muconoides*) em comparação à braquiária (*Brachiaria brizantha*), largamente cultivada na região. Foram realizadas a caracterização e a análise de textura do solo, e determinaram-se os índices de saturação e retenção de água, a resistência do solo à penetração de raízes (RSP) e a taxa de infiltração básica de água no solo (VIB). A resistência do solo à penetração das raízes na *B. brizantha* variou de alta a moderada, a partir de 30 cm de profundidade, e a adição das leguminosas herbáceas perenes (LHP) como culturas de cobertura em consórcio com o pinhão manso reduziu essa resistência e elevou a VIB média do solo, de 4 mm h⁻¹ (*B. brizantha*), para 33 mm h⁻¹. Conclui-se que a associação de leguminosas herbáceas com o pinhão manso contribuiu para o melhoramento das características físicas e hídricas do solo.

Palavras-chave: *Jatropha curcas*, biodiesel, adubação verde, conservação do solo, sustentabilidade.

Physical properties of soil cultivated with *Jatropha curcas* and associated green vegetation covers

ABSTRACT

The cultivation of physic nut (*Jatropha curcas* L.) is a sustainable option for biodiesel production due to its adaptation to different agro-ecological conditions and its high content of non-edible oil grains. The possibility of its cultivation in degraded low fertility soils makes the physic nut attractive to the Paraíba do Sul Valley region. This study evaluated physical attributes and water processes of an Oxisol which had been previously used for livestock and later converted to experimental farming. The soil was intercropped with perennial herbaceous

legumes (*Arachis pintoii* and *Calopogonio muconoides*) in place of the original cover of *Brachiaria brizantha*, largely cultivated in the region. We determined the soil texture, the levels of saturation and water retention, soil resistance to root penetration and the basic infiltration rate of water into the soil (VIB). The soil resistance to root penetration in *B. brizantha* ranged from high to moderate at 30 cm depth, while the addition of perennial herbaceous legumes as cover crops intercropped with *Jatropha* reduced this resistance and increased the average soil VIB from 4 mm h⁻¹ (*B. brizantha*) to 33 mm h⁻¹. We conclude that the association of herbaceous legumes with *Jatropha* contributed to the improvement of the soil's physical properties.

Keywords: Physic nut, biodiesel, green manure, soil conservation, sustainability.

1. INTRODUÇÃO

A produção sustentável de combustíveis alternativos desafia o atual modelo de gestão energética global, assentado em padrões de produção e consumo constituídos por fontes fósseis, que promovem a emissão de poluentes e colocam em risco o suprimento de energia do planeta no longo prazo (Goldemberg e Lucon, 2007).

Compatível com o perfil da agricultura familiar o pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) é opção para o ciclo produtivo do biodiesel nos trópicos, supostamente por adaptar-se aos ambientes restritos a outras espécies bioenergéticas por não se tratar de fonte alimentar (Peixoto, 1973; Arruda et al., 2004).

Pesquisas em melhoramento genético no Brasil tentam compensar o baixo rendimento do pinhão manso observado em solos de baixa fertilidade natural (Abreu et al., 2009; Juhász et al., 2010) ao mesmo tempo em que outros projetos experimentam sistemas agroecológicos que possam ser mais sustentáveis para regenerar áreas degradadas e trazer benefícios socioambientais (Castro et al., 2008).

Solos degradados do vale do Paraíba do Sul podem ser beneficiados com a introdução comercial dessa euforbiácea, perene e caducifólia que, por meio da ação do sistema radicular e da serapilheira, pode contribuir para a redução da erosão e perda de água por evaporação, restituindo, gradualmente, a qualidade dos solos e, tornando-os mais férteis ao longo do tempo.

Na região, o desflorestamento da Mata Atlântica para o cultivo do café trouxe a hidroerosão, que rebaixou o relevo e assoreou os corpos d'água, situação agravada pela conversão do solo em pastagens com técnicas inadequadas de manejo, que abrangeram inclusive áreas inaptas. Desde o ano 2007 o cultivo agroecológico de pinhão manso é pesquisado integrado às pastagens, uma vez que a conversão para o biodiesel não demandaria novas áreas e poderia restaurar as condições dos solos, gerando renda ao produtor e empregos no campo.

Assim, neste trabalho o objetivo foi avaliar a contribuição do cultivo do pinhão manso no vale do Paraíba, SP como uma alternativa de recuperação de áreas degradadas na região, em comparação com a pastagem de *Brachiaria brizantha*.

Para essa comparação foram avaliados os atributos do solo de duas áreas cultivadas com pinhão manso: uma com pastagem e outra convertida de pastagem em lavoura de pinhão manso consorciado com leguminosas herbáceas perenes como culturas de coberturas. Utilizou-se como indicadores a resistência à penetração de raízes (RSP) e a velocidade de infiltração básica (VIB), parâmetros físicos amplamente adotados na estimativa do grau de degradação dos solos e de grande relevância ao estudo do desenvolvimento fisiológico e da produtividade das culturas, que atuam ainda na disponibilidade de água no solo e até mesmo na recomposição hídrica de bacias hidrográficas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Situado em região de mares de morros no eixo Rio-São Paulo, o vale do Paraíba do Sul apresenta clima mesotérmico, com temperatura variando de 6°C a 37°C, e invernos frios e secos contrapondo verões brandos e chuvosos. A precipitação acumulada anual média é de 1.346 mm (Horikoshi e Fisch, 2007).

Em Taubaté, SP (23°08'S, 45°28'W, 685 m), em novembro de 2006, instalou-se, em uma propriedade rural, 2,0 ha de pinhão manso em plantio direto na pastagem, em um Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA), com 14° de declividade, em covas abertas no espaçamento 4x3m (Figura 1).

A Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA) iniciou a pesquisa no mês de agosto de 2007, na propriedade rural, com a finalidade de verificar o balanço energético mais positivo, por meio da reciclagem de nutrientes e do aporte de nitrogênio, via fixação biológica das leguminosas. Assim, foi feita a caracterização do solo e aplicação de calcário a lanço na área total seguido da passagem de riscador a 5 cm de profundidade nas parcelas, que receberam o plantio de leguminosas herbáceas perenes (LHP) como culturas de coberturas (amendoim - *Arachis pintoi* e calopogônio - *Calopogonium mucunoides*) nas entrelinhas do pinhão manso (Devide et al., 2010). Na instalação do experimento em 2006, toda a área foi isolada por cerca, não se permitindo, assim, que o solo fosse pisoteado por animais durante o período de observações experimentais.

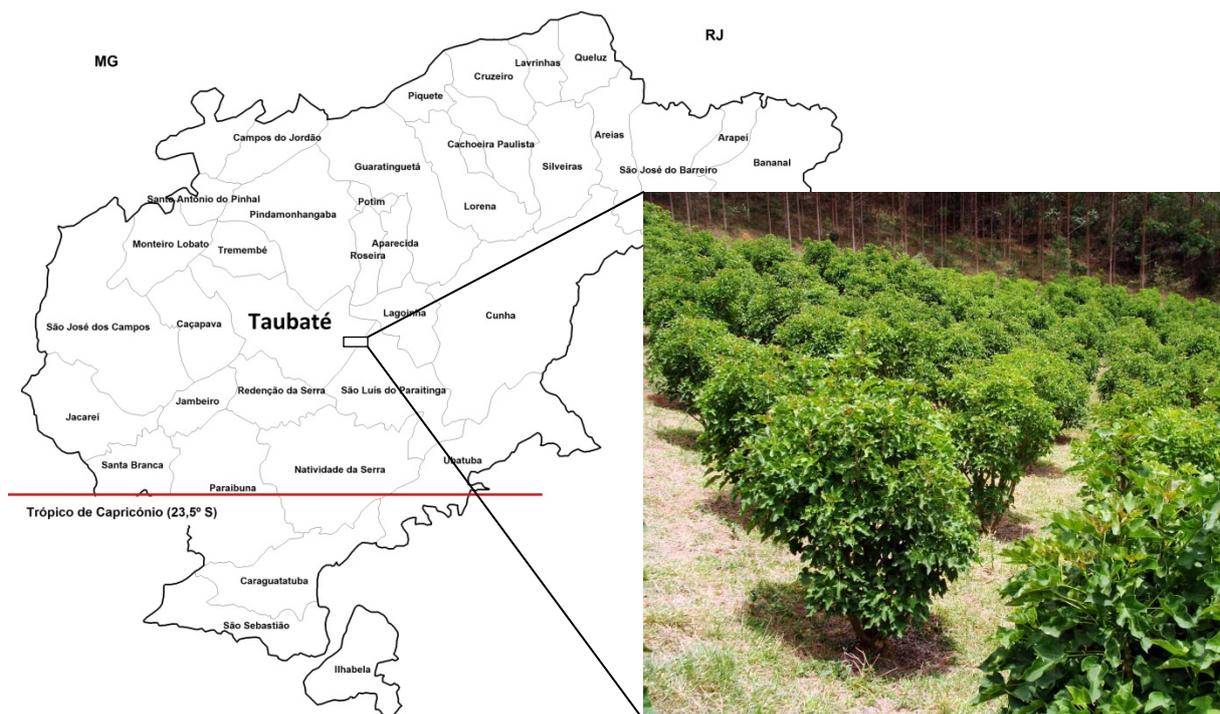


Figura 1. Área de estudo: pinhão manso com 3,8 anos e 2,5 metros de altura em Taubaté, SP (2011).

No mês de julho de 2011, na área experimental (Figura 1) foram selecionadas ao acaso seis parcelas daquelas cultivadas com o pinhão manso consorciado com LHP que estavam distribuídas no eixo central da área, desprezando-se, assim, as bordas da área experimental. Utilizou-se como área controle (AC) a área com pinhão manso estabelecido em plantio direto na pastagem de braquiária (*Brachiaria brizantha*), nativa do local, representando a vegetação espontânea da região.

Todas as avaliações e coletas de solo utilizadas nessa pesquisa situaram-se a uma distância padrão de 40 cm de raio, a contar da base do tronco do pinhão manso.

As propriedades físicas e hidráulicas do solo foram caracterizadas a partir da coleta de 18 amostras com anéis volumétricos (400 cm³) de solo indeformado das camadas de 0 a 10 cm e de 30 a 40 cm de profundidade de nove parcelas experimentais (6 com pinhão manso e LHP e 3 na AC).

As amostras foram analisadas no Laboratório de Solos do Viveiro Florestal de Taubaté, SP por meio da técnica de sucção matricial em placa de pressão, com o uso do equipamento multi-fold pF meter *Daiki* DIK-3483 (Figura 2), em que, a diferença entre os valores de pressão no ar e da água dos poros do solo corresponde à sucção matricial, podendo-se assim definir os índices de saturação e retenção de água no solo (Hilf, 1956). A Figura 2 (direita) ilustra o sistema de drenagem do equipamento.

Moncada (2008) descreve o equipamento como constituído por três partes: a tampa, que possui válvula para pressurização do ar dentro da câmara; o corpo da câmara, robusto o suficiente para suportar pressões de 1000 kPa, provido de “O’ring” para garantir a estanqueidade do conjunto; e base, intercambiável, que permite a utilização de discos cerâmicos com diferentes capacidades de entrada de ar. A entrada de água encontra-se conectada a um sistema de medição de vazão acoplado ao mecanismo de drenagem da base, que aplica uma pressão negativa ao sistema e permite quantificar o volume de água que entra e que sai do corpo de prova.



Figura 2. Multi-Fold pF Meter (*Daiki* DIK-3483) utilizado nas análises de solo.

Após as amostras coletadas em campo nos anéis volumétricos, terem sido pesadas (peso *in natura*), os anéis com solo foram dispostos em uma bandeja contendo 1 cm de lâmina de água para que fosse determinado o peso úmido. Passadas 24 horas, esses anéis foram acoplados a um conjunto com filtro de papel e submetidos a um fluxo de água, lento e constante (Figura 3). Após se observar a percolação de água, eles foram pesados, definindo-se assim o peso saturado das amostras.

Os anéis foram colocados no equipamento multi-fold e submetidos à pressão de 20 kPa durante 48 horas, quando então o sistema entrou em equilíbrio. Em seguida, as amostras foram levadas para a estufa a 65°C e, após 24 horas foi feita a determinação de seu peso seco (Carvalho, 2008). Assim, durante as etapas realizadas nesse procedimento foi possível determinar a porosidade, a capacidade de campo e o grau de saturação das amostras coletadas.



Figura 3. Anel volumétrico e dispositivo porta-filtro conectados ao sistema de drenagem do equipamento Multi-Fold pF Meter.

Em função do grau de saturação das amostras, determinado por meio do equipamento multi-fold, e da densidade de partículas, obtida indiretamente na determinação da porosidade, calcularam-se os valores percentuais da distribuição das fases sólida, líquida e gasosa que compõem o solo, conforme demonstrado nas Equações 1, 2 e 3 (Kiehl, 1979).

$$S = \frac{P_s}{V * dp} * 100 \quad (1)$$

$$L = \frac{P_n - P_s}{V} * 100 \quad (2)$$

$$G = 100 - (S - L) \quad (3)$$

em que: S = % sólidos da amostra de solo; L = % líquidos da amostra de solo; G = % gases da amostra de solo; dp = densidade de partículas, em g cm⁻³.

A resistência mecânica à penetração (RSP) do solo foi determinada por meio de um penetrógrafo *Soil Control SC-60* (ASABE, 2006), com base em leituras grafadas em intervalos regulares de 5 cm até 60 cm de profundidade com quatro repetições em cada parcela, incluindo a área controle (AC), que expressou a situação do solo sem a adição do pinhão manso.

A velocidade de infiltração básica de água no solo (VIB) foi determinada pelo método do infiltrômetro de anéis concêntricos (Bernardo, 1987), com tempo de duração do teste padronizado em 70 minutos e três repetições em cada parcela. Nesse processo, a infiltração de água ocorre até que a taxa determinada pela VIB seja alcançada, ou seja, até o valor máximo que o solo consegue infiltrar quando saturado.

Assim, por meio dos indicadores ambientais, teor de água no solo, resistência do solo à penetração e velocidade de infiltração básica, foi verificada a influência do pinhão manso cultivado em consórcio com culturas leguminosas em cobertura na estrutura física do solo. Em todas as avaliações foram utilizados o teste t de Student ($p \leq 0,05$) e o coeficiente de determinação entre as medidas pareadas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA) cultivado com pinhão manso apresentou textura arenoargilosa, com densidade média de $1,39 \pm 0,06$ g cm⁻³, nas 6 parcelas experimentais avaliadas com leguminosas herbáceas perenes (LHP) e nas 3 da pastagem isolada (AC), tanto na camada 0-10 cm quanto na camada 30-40 cm de profundidade.

A caracterização físico-hídrica do solo em função da profundidade das camadas e dos diferentes tratamentos, que inclui a determinação da textura e da densidade do solo, bem

como dos parâmetros porosidade, capacidade de retenção e grau de saturação, cujas médias não diferiram entre si ($p \leq 0,05$), é apresentada na Tabela 1.

Conforme se observa na Tabela 1, a retenção e o consequente grau de saturação hídrica foram influenciados pela proporção de poros do solo, no entanto, sem diferenças significativas entre as parcelas avaliadas.

Verificou-se a inversão do percentual de macro e micro poros entre as amostras analisadas das camadas de 0-10 cm e de 30-40 cm de profundidade na cobertura com LHP. Especificamente, o depósito de matéria orgânica originado na serapilheira das plantas de cobertura e do pinhão manso, que possui hábito caducifólio no inverno, favoreceu a formação de estruturas granulares na superfície do solo e o aumento da macroporosidade, cuja correlação com a capacidade de retenção nessas camadas se mostrou linear e significativa ($r^2 = 0,86$).

Ao mesmo tempo, se observou o favorecimento de acúmulo de água na camada de 30-40 cm em relação à camada superficial do solo cultivado com LHP, verificado por meio do incremento percentual de micro poros nessa região, o mesmo não ocorrendo para a área controle (AC).

Tabela 1. Caracterização físico-hídrica do solo em lavoura experimental de pinhão manso consorciado com leguminosas herbáceas perenes (LHP) e área controle (AC).

Cobertura e Prof. (cm)	Amostra <i>n</i>	Densidade <i>G cm⁻³</i>	Areia	Silte	Argila	Porosidade (%)		Cap. Retenção %	Saturação
						Macro	Micro		
LHP (0-10)	1	1,39	582	159	259	54,8	45,2	54,3	75,8
	2	1,43	583	151	266	54,4	45,6	55,8	80,3
	3	1,41	582	157	261	53,1	46,9	56,1	75,5
	4	1,43	580	157	263	53,8	46,2	55,3	77,4
	5	1,40	574	157	269	53,7	46,3	51,3	77,3
	6	1,43	588	150	262	53,2	46,8	54,2	76,3
	Média	1,42	582	155	263	53,8	46,2	54,5	77,1
LHP (30-40)	1	1,35	561	184	255	47,4	52,6	49,5	87,5
	2	1,40	590	143	267	49,3	50,7	52,2	83,3
	3	1,41	572	167	261	50,8	49,2	51,6	86,1
	4	1,33	559	178	263	51,8	48,2	52,5	87,4
	5	1,37	571	172	257	49,2	50,8	51,3	87,4
	6	1,37	572	169	259	50,1	49,9	49,4	84,8
	Média	1,37	571	169	260	49,8	50,2	51,1	86,1
AC (0-10)	1	1,47	580	150	270	29,1	70,9	35,5	92,7
	2	1,44	582	149	269	31,8	68,2	38,9	94,1
	3	1,46	576	155	269	29,5	70,5	39,1	90,1
	Média	1,46	579	151	269	30,1	69,9	37,8	92,3
AC (30-40)	1	1,29	561	160	279	35,7	64,3	19,4	85,5
	2	1,40	564	154	282	33,3	66,7	23,2	83,6
	3	1,34	565	154	281	27,3	72,7	23,4	85,6
	Média	1,34	563	156	281	32,1	67,9	22,0	84,9

Se por um lado, o percentual de sólidos nas amostras de ambas as camadas foram equivalentes (Tabela 2), por outro, a distribuição líquido-gasosa (poros) no solo cultivado com pinhão manso mostrou-se significativamente diferente em relação à AC ($p=1,00$), associada às contribuições do consórcio com as leguminosas herbáceas perenes utilizadas como culturas de cobertura.

A ampla diferença percentual de 91% entre a fase gasosa da camada 0-10 cm, em relação à encontrada na camada 30-40 cm para o pinhão manso cultivado com coberturas verdes, a diferença entre a fase gasosa das mesmas camadas observada para a área controle com braquiária nativa (14%), observadas na Tabela 2, reforçam os resultados obtidos para os valores de porosidade da Tabela 1.

Tabela 2. Distribuição percentual entre as fases sólida, líquida e gasosa em solos cultivados com pinhão manso consorciado com leguminosas herbáceas perenes (LHP) e área controle (AC).

Cobertura e Prof. (cm)	Amostra <i>n</i>	Sólido	Líquido	Gasoso	Cobertura e Prof. (cm)	Amostra <i>n</i>	Sólido	Líquido	Gasoso
		%	%	%			%	%	
LHP (0-10)	1	49,3	38,0	12,7	LHP (30-40)	1	49,1	48,7	2,2
	2	50,1	37,6	12,3		2	49,4	47,6	3,0
	3	49,3	37,2	13,5		3	49,3	46,5	4,2
	4	49,4	37,6	13,0		4	49,1	49,1	1,8
	5	49,4	39,0	11,6		5	48,9	48,3	2,8
	6	49,5	38,7	11,8		6	49,0	48,7	2,3
	Média	49,5	38,0	12,5		Média	49,1	48,2	2,7
AC (0-10)	1	49,0	38,0	13,0	AC (30-40)	1	47,8	41,1	11,1
	2	49,6	38,2	12,2		2	48,4	40,9	10,7
	3	48,5	37,7	13,8		3	48,3	41,6	10,1
	Média	49,0	38,0	13,0		Média	48,2	41,2	10,6

Duas hipóteses devem ser consideradas. A primeira delas, a de que a utilização de adubos verdes simultaneamente ao cultivo do pinhão manso, além de disponibilizar nutrientes e fixar biologicamente o nitrogênio, promove a conservação do solo (Castro et al., 2008), favorece a microporosidade e a retenção de água nas camadas subsuperficiais do solo. A segunda refere-se à escarificação na implantação do experimento, que desagregou o solo adensado subsuperficialmente, devido ao peso do trator e implementos utilizados no preparo do solo, e também porque o período chuvoso, propiciou a percolação de partículas finas, que entupiram os macroporos. Há de se considerar, nesta análise, que o sistema radicular das gramíneas é fasciculado e se concentra nos primeiros centímetros do solo, enquanto o das leguminosas é pivotante, alcançando, com isso, maiores profundidades do solo (Devide et al., 2010).

Em relação à compactação do solo, a Figura 4 ilustra a distribuição média da resistência do solo à penetração (RSP) em profundidade para uma série de quatro repetições realizadas a 40 cm de distância do tronco principal das árvores, com nível mínimo de significância de 5% em cada tratamento.

Conforme a classificação da Soil Survey Staff (1993), observa-se, na Figura 4, que a RSP aderiu à classe moderada, entre 1-2 Mpa, com valores superiores a 2 Mpa somente no entorno de 30 cm de profundidade na área controle com pastagem.

Somente a introdução do calopogônio (*Calopogonium muconoides*), fabácea rasteira que se torna perene em condições favoráveis, manteve o solo protegido por mais tempo e com grande densidade de folhas em decomposição na área cultivada, proporcionando uma redução do limite de criticidade da RSP, situado entre 1,5 e 3,0 Mpa, taxado como prejudicial ao

desenvolvimento radicular das plantas em períodos de menor disponibilidade hídrica (Iaia et al., 2006; Grant e Lanfond, 1993).

Ainda que os testes tenham revelado valores médios de resistência à penetração acima de 1,5 Mpa em todos os tratamentos, o cultivo consorciado de leguminosas em cobertura reduziu o adensamento do solo na área de cultivo de pinhão manso em relação à pastagem. A comparação estatística entre a RSP em solo cultivado com LHP e AC apresentou t de 2,2 e p-valor calculado de 0,043 a um nível de significância de 5%.

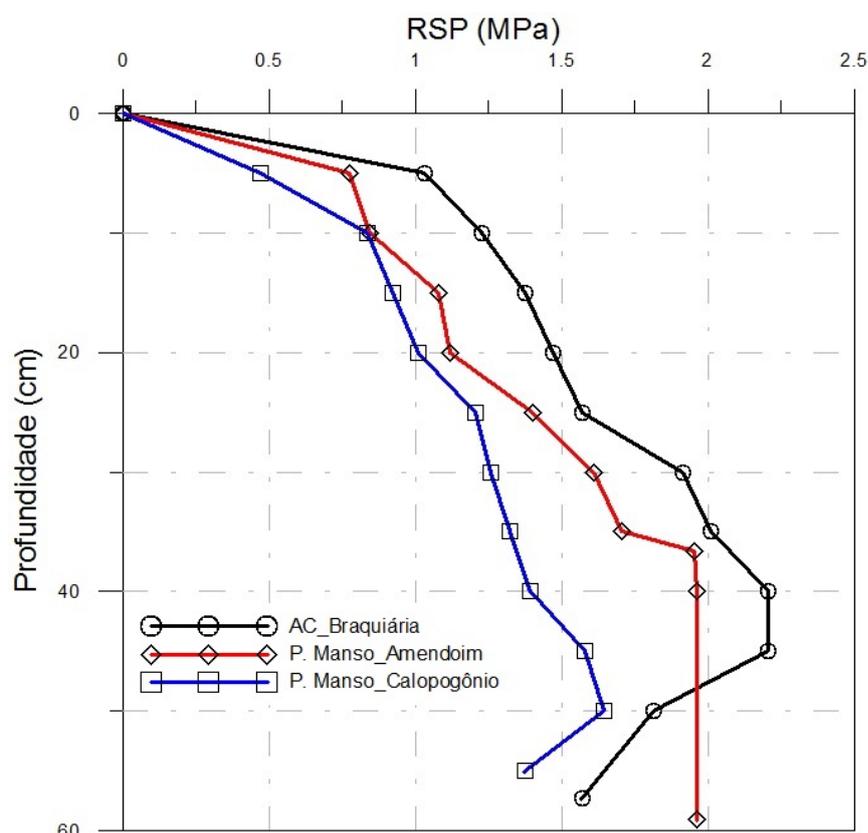


Figura 4. Distribuição em profundidade da resistência do solo à penetração radicular do pinhão manso consorciado com leguminosas herbáceas perenes (LHP) e área controle (AC).

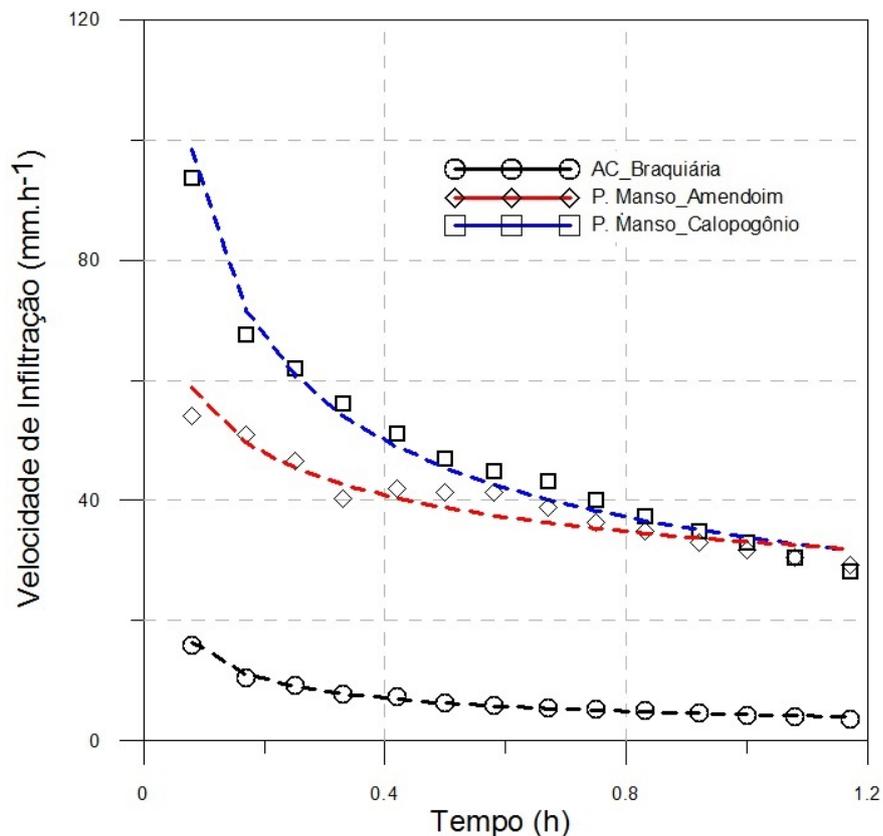
Lopes (1989), ao refletir sobre como a estrutura do solo pode influenciar na capacidade de infiltração e retenção da água, afirma que em solo arenosos há tendência de predomínio de macroporos, que privilegiam a ocorrência da infiltração por meio da drenagem livre da água do solo. Logo, a hipótese inicial de que melhorias nos processos relacionados à infiltração de água no solo ocorreriam com maior quantidade de macroporos na camada superficial da área é reforçada, diante dos resultados para a cobertura solo com pinhão manso consorciado com LHP, que apresentou 20% a mais de macroporos em relação à braquiária nativa.

A variabilidade da velocidade de infiltração básica do solo (VIB) entre os sistemas estudados estão representadas na Figura 5.

Segundo a classificação do Soil Survey Staff (1993), o solo cultivado com pinhão manso consorciado com LHP apresentou classe de permeabilidade de água entre lenta e moderada e velocidade de infiltração básica de 33 mm h^{-1} , enquanto na AC, com braquiária, a infiltração básica foi reduzida, com VIB de 4 mm h^{-1} , enquadrada como de permeabilidade lenta.

Para Dalla Rosa (1981), a redução na infiltração de água surge como a propriedade que melhor reflete o nível de degradação do sistema poroso do solo. As diferenças de taxas de infiltração de água no solo entre as áreas cultivadas com leguminosas em cobertura e a área

controle com braquiária foi de 90%, o que denota a importância das LHP como culturas de cobertura para a sustentabilidade do cultivo do pinhão manso recompondo a estrutura hídrica dos solos e melhorando a disponibilidade de água para a euforbiácea.



Figuras 5. Velocidade de infiltração de água no solo em cultivo de pinhão manso consorciado com leguminosas herbáceas perenes (LHP) e área controle (AC).

Embora a utilização do riscador na implantação do pinhão manso na área experimental possa ter contribuído e elevado a capacidade de infiltração de água no solo, os valores mais altos da infiltração na área com LHP foram associados à influência que elas exerceram sobre as propriedades físicas do solo, manifestada, essencialmente, por meio da proteção de sua parte aérea contra o impacto das gotas de chuva e do efeito cimentante e estabilizador de substâncias orgânicas excretadas pelas raízes, principalmente aquelas sintetizadas pelos microrganismos do solo no processo de decomposição (Souza et al., 2001).

4. CONCLUSÃO

As leguminosas herbáceas utilizadas como culturas de cobertura com o pinhão manso, principalmente o calopogônio, melhoraram as características do solo, visto que, por meio da permeabilidade e redução do adensamento subsuperficial houve favorecimento da infiltração e do estoque de água disponível para as plantas em relação à pastagem.

5. AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo apoio financeiro - Projeto 480990/2007-2, - “Pinhão Manso (*Jatropha curcas* L.): alternativa econômica, social e ambiental para a produção de biodiesel no Vale do

Paraíba (SP)” e ao Instituto Florestal, pela cessão de equipamentos de campo e análises de laboratório.

6. REFERÊNCIAS

- ABREU, F. B.; RESENDE, M. D. V.; ANSELMO, J. L.; SATURNINO, H. M.; BRENHA, J. A. M.; FREITAS, F. B. Variabilidade genética entre acessos de pinhão-mansão na fase juvenil. **Magistra**, v. 21, p. 36-40, 2009.
- ARRUDA, F. P. de; BELTRÃO, N. M.; ANDRADE, A. P. de; PEREIRA, W. E.; SEVERINO, L. S. Cultivo do pinhão manso (*Jatropha curcas L.*) como alternativa para o semi-árido Nordeste. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 8, n. 1, p. 789-799, 2004.
- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS - ASABE. **Procedures for using and reporting data obtained with the soil cone penetrometer**. St. Joseph: ASABE, 2006. p.1053-1055.
- BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 4. ed. Viçosa, MG: Imprensa Universitária – UFV, 1987. 488p.
- CARVALHO, J. L. **Hidrologia florestal**: física do solo e capacidade de armazenamento de água: manual de laboratório. São Paulo: Instituto Florestal, 2008. 13p.
- CASTRO, C. M.; DEVIDE, A. C. P.; ANACLETO, A. H. Avaliação de acessos de Pinhão Manso em sistema de Agricultura Familiar. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária**, p. 41-49, dez. 2008. Disponível em: http://www.dge.apta.sp.gov.br/publicacoes/t&ia2/T&IAv1n2/Artigo_Pinhão_Manso_4.pdf. Acesso em: 2 fev. 2014.
- DEVIDE, A. C. P.; CASTRO, C. M.; RODRIGUES JUNIOR, C. Efeito de culturas de cobertura e da poda na produtividade do pinhão manso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 4.; SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE OLEAGINOSAS ENERGÉTICAS, 1., 2010, Campina Grande. Inclusão social e energia. **Anais..** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2010. v. 4, p. 1326-1332
- DALLA ROSA, A. **Práticas mecânicas e culturais na recuperação de características físicas de solos degradados pelo cultivo no solo Santo Ângelo (Latossolo Roxo Distrófico)**. 1981. 138f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1981.
- GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. Energia e meio ambiente no Brasil. **Estudos Avançados**, v. 21, n. 59, p. 7-20, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142007000100003>
- GRANT, C. A.; LAFOND, G. P. The effects of tillage systems and crop sequences on soil bulk density and penetration resistance on a clay soil in southern. **Journal Soil Science**, v. 73, p. 223-232, 1993.
- HILF, J. W. An investigation of pore water pressure in compacted cohesive soils. In: TRANSPORTATION RESEARCH BOARD. **Technical Memorandum**, 654, 1956.
- HORIKOSHI, A. S.; FISCH, G. Balanço Hídrico atual e simulações para cenários climáticos futuros no município de Taubaté, SP, Brasil. **Revista Ambiente e Água**, v. 2, p. 33-46, 2007. <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.25>

- IAIA, A. M.; MAIA, J. C. S.; KIM, M. E. Uso do penetrômetro eletrônico na avaliação da resistência do solo cultivado com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, p. 523-530, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662006000200038>
- JUHÁSZ, A. C. P.; MORAIS, D. L. B.; SOARES, B. O.; PIMENTA, S.; RABELLO, H. O.; RESENDE, M. D. V. Parâmetros genéticos e ganho de seleção para populações de pinhão manso (*Jatropha curcas*). **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 30, p.25-35, 2010.
- KIEHL, E. J. **Manual de edafologia**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 262 p.
- LOPES, A. S. **Manual de fertilidade do solo**. São Paulo: Singer, 1989. 153 p.
- MONCADA, M. P. H. **Avaliação das propriedades hidráulicas em solos não saturados**. 2008. 324f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio, Rio de Janeiro 2008. Disponível em: http://www.maxwell.lambda.ele.puc-rio.br/12304/12304_1.PDF. Acesso em: 02 fev. 2014.
- PEIXOTO, A. R. **Plantas oleaginosas arbóreas**. São Paulo: Nobel, 1973. 284 p.
- SOIL SURVEY DIVISION STAFF. **Soil survey manual**. Washington, DC: US Department of Agriculture, 1993. 437 p. (Handbook, 1).
- SOUZA, Z. M.; SILVA, M. L. S.; GUIMARÃES, G. L.; CAMPOS, D. T. S.; CARVALHO, M. P.; PEREIRA, G. T. Variabilidade espacial de atributos físicos em um Latossolo Vermelho distrófico sob semeadura direta em Selvíria (MS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 25, p. 699-707, 2001. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832004000600001>