

Alterações nas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Vermelho distrófico por diferentes manejos na entrelinha da cultura da pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth)

Juliano Trintinalio, Cássio Antonio Tormena*, Rubem Silvério de Oliveira Júnior, Jorge Luiz Machado e Jamil Constantin

Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá, Paraná, Brasil.
*Autor para correspondência. e-mail: catormena@uem.br

RESUMO. Estudos de manejo do solo na entrelinha da cultura da pupunha ainda são escassos no Brasil. O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de diferentes manejos nas entrelinhas da cultura da pupunha em algumas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Vermelho distrófico. Os tratamentos utilizados foram os seguintes: controle de plantas daninhas com herbicidas (HB), cobertura morta do solo com bagaço de cana (BC), cultivo alternado de mucuna e de aveia nas entrelinhas da cultura (MA), controle das plantas daninhas com capina manual (CM), controle das plantas daninhas por meio de roçada mecânica (RM) e cultivo de plantas de guandu nas entrelinhas (GD). Foram avaliadas as seguintes propriedades físicas do solo: densidade, porosidade, umidade e resistência do solo à penetração e também as propriedades químicas do solo: pH, Al^{+3} , Ca^{+2} , Mg^{+2} , P, K^{+} , soma de bases, capacidade de troca catiônica e teor de carbono orgânico. As amostras de solo foram coletadas nas camadas de 0-0,05 m, 0,05-0,10 m, 0,10-0,20 m e 0,20-0,40 m. Os resultados indicaram maiores valores de umidade do solo no tratamento BC. Verificaram-se menores valores de resistência do solo à penetração nos tratamentos que proporcionaram maior umidade no solo, especificamente em BC. A densidade, a porosidade do solo, o teor de carbono orgânico, a soma das bases trocáveis e a capacidade de troca catiônica do solo não foram influenciados pelos tratamentos. Os valores de pH, de Al^{+3} , de Ca^{+2} , de Mg^{+2} , de K^{+} e de V% foram positivamente influenciados pelos tratamentos HB e RM, enquanto que, para P, destacaram-se positivamente os tratamentos HB, CM e RM.

Palavras-chave: manejo do solo, resistência do solo à penetração, fertilidade do solo, densidade do solo.

ABSTRACT. Alterations in physical and chemical properties of a dystrophic red latosol under different soil management systems in peach palm (*Bactris gasipaes* Kunth). Studies aiming to evaluate soil management systems in inter-rows of peach palm are still scarce in Brazil. This work was proposed to evaluate the effects of different soil management systems in peach palm inter rows on chemical and physical properties of a dystrophic Red Latosol. Treatments evaluated included weed control with herbicides (HB); soil covered with sugarcane bagasse (SB); alternate green manures with velvet bean and oats cropping as inter-row crops (VA); inter-row manual weed control (MC); inter-row slashing mechanical weed control (slashing) (MWC) and inter-rows cropping of pigeonpea (PG). The following physical properties of the soil were evaluated: bulk density, porosity, soil water content and soil resistance to root penetration and the chemical properties of the soil: pH, Al^{+3} , Ca^{+2} , Mg^{+2} , P, K^{+} , sum of bases, cation exchange capacity (CEC) and organic carbon. The soil samples were collected in the layers of 0-0.05 m, 0.05-0.10 m, 0.10-0.20 m and 0.20-0.40 m. Higher soil water contents were found at SB. For soil resistance to root penetration smaller values were detected in treatments, which accounted for higher soil water content (SB). Soil bulk density, soil porosity, carbon contents, sum of bases and CEC did not differ among treatments. Values of pH, Al^{+3} , Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^{+} and V% were influenced by treatments, with a positive increment in those treatments with specific weed control (HB and MWC), while for P, the treatments HB, MC and MWC stood out positively.

Key words: soil management, soil resistance to root penetration, soil fertility, bulk density.

Introdução

O cultivo da pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth)

para a produção de palmito vem despertando interesse desde a década de 70, sendo uma nova opção em substituição aos tradicionais *Euterpe edulis*

e *Euterpe oleracea* (Bovi, 1997, 2000). Tendo em vista as qualidades agronômicas, ecológicas, industriais e comerciais, a cultura da pupunha destaca-se por ter forte impacto social e ambiental, apresentando-se como mais uma alternativa para os pequenos agricultores.

Por se tratar de um cultivo perene, a pupunheira se torna bastante exigente quanto às propriedades físicas e químicas do solo. Sua exigência em água é elevada, sendo necessária a utilização de irrigação quando cultivada em áreas com déficit hídrico (Bovi, 2000). Porém, Villachica *et al.* (1996) salientam que a cultura não suporta solos mal drenados ou com problemas de anoxia. A cultura também é exigente em relação às propriedades químicas do solo, tanto na fase de crescimento vegetativo quanto na fase reprodutiva, extraindo grande quantidade de nutrientes do solo, sendo necessário o uso de adubações para maximizar a produção (Bovi, 1997, 2000; Falcão *et al.*, 1998).

A região Noroeste do Paraná atende bem às exigências da cultura, com exceção do regime hídrico com uma estação seca no período de junho a agosto (Iapar, 2000). Por outro lado, levando-se em conta a fragilidade do ecossistema dessa região, tem-se constatado a ocorrência de degradação física e química dos solos (Cardoso *et al.*, 1992; Fidalski, 1997). Isso é evidenciado pelos baixos níveis de matéria orgânica e de nutrientes disponíveis nesses solos. A quantificação das mudanças nas propriedades físicas dos solos não tem sido feita sistematicamente, bem como não se conhece o grau dessas mudanças frente aos diferentes sistemas de manejo desses. Algumas avaliações das propriedades físicas e químicas nos solos da região Noroeste são relatadas por Cardoso *et al.* (1992) e por Marun (1996).

O manejo do solo na entrelinha da cultura da pupunha em solos originários da formação geológica do arenito Caiuá exige a manutenção da cobertura do solo, visando amenizar os riscos de erosão e de deficiência hídrica. Além disso, é reconhecido que os sistemas de manejo do solo das entrelinhas podem influenciar a qualidade do solo, com reflexo na sustentabilidade da produção da cultura da pupunha. No momento, são escassas as informações sobre os efeitos dos sistemas de manejo de solo e da vegetação das entrelinhas em variáveis indicadoras da qualidade física e química dos solos nessa região. Essas informações são necessárias para a tomada de decisão técnica sobre o manejo mais apropriado das áreas cultivadas com a cultura da pupunha nos solos arenosos da região Noroeste do Estado do Paraná. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de diferentes sistemas de manejo na entrelinha da cultura da pupunha em algumas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Vermelho

distrófico.

Material e métodos

O experimento foi implantado no ano de 2002, na área experimental do Câmpus Regional do Arenito Caiuá, pertencente à Universidade Estadual de Maringá, localizado em Cidade Gaúcha, Estado do Paraná. O solo da área experimental foi identificado como Latossolo Vermelho distrófico (Embrapa, 1999), que representa a maior área de solos da região Noroeste do Estado do Paraná. Nessa região, o tipo climático dominante é o Cfa, conforme a classificação de Köepen, com uma pequena estação seca. O relevo é praticamente plano ou suave ondulado com altitudes variando de 350-550 m. A caracterização física do solo da área experimental (métodos descritos em Embrapa, 1997) até a profundidade de 1,0 m é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Características granulométricas e densidade de partículas de diferentes camadas do Latossolo Vermelho distrófico da área experimental.

Profundidade (m)	Argila	Silte	Areia	Densidade de Partícula (kg m ⁻³)
	g kg ⁻¹			
0-0,20	137	40	823	2670
0,20-0,40	170	33	797	2660
0,40-0,60	223	30	747	2660
0,60-0,80	220	37	743	2669
0,80-1,00	220	30	750	2682

A área experimental foi utilizada com cultivos anuais de milho e de sorgo nos últimos cinco anos antecedendo a implantação do experimento. Na implantação do experimento, foi realizada a aplicação de 200 g por cova de termofosfato. A adubação da cultura consistiu de três aplicações anuais de 60 g de Sulfato de Amônio + 10 g de Cloreto de Potássio por cova. Os tratamentos de manejo avaliados compõem-se de seis sistemas de manejo do solo e/ou da vegetação na entrelinha da cultura da pupunha: a) manejo das plantas daninhas da entrelinha com herbicidas (HB), b) cobertura morta permanente com bagaço de cana na entrelinha (BC), c) cobertura vegetal da entrelinha com mucuna no verão e com aveia no inverno (MA), d) capina mecânica na entrelinha (CM), e) roçada mecânica na entrelinha (RM) e f) cobertura vegetal da entrelinha com guandu (GD). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados, com três repetições, perfazendo um total de 18 unidades experimentais.

Para a determinação das propriedades físicas do solo, foram retiradas amostras indeformadas em anéis metálicos com volume de 100 cm³ nas camadas de 0-0,05 m, 0,05-0,10 m, 0,10-0,20 m e 0,20-0,40 m, totalizando 72 amostras. Após a coleta, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e mantidas sob temperatura de 5°C até serem processadas. As amostras foram saturadas e, em seguida, drenadas no

potencial de $-0,006$ MPa, utilizando uma mesa de tensão. A partir dos valores de umidade da amostra saturada e dos valores de retenção e drenagem de água, calcularam-se os valores de macro, de micro e de porosidade total do solo, conforme Embrapa (1997). A densidade de solo foi determinada conforme Blake e Hartge (1986).

A medida da resistência do solo à penetração foi realizada em 29/10/2003, conforme Tormena e Roloff (1996), obtendo-se os dados de resistência do solo à penetração a cada 0,05 m até 0,40 m de profundidade, utilizando um penetrômetro com cone metálico cuja área de base é de 1 cm^2 . Em cada parcela experimental, obtiveram-se seis medidas de resistência na entrelinha das plantas e um valor médio de cada profundidade foi utilizado para representar a parcela individualmente.

A umidade do solo foi medida em duas ocasiões: a primeira em 29/10/2003, realizada simultaneamente com a avaliação da resistência do solo à penetração, amostrando-se as camadas de 0-0,10 m, 0,10-0,20 m, 0,20-0,30 m e 0,30-0,40 m; a segunda foi realizada em 30/03/2004, coletando-se amostras das camadas de 0-0,05 m, 0,05-0,10 m, 0,10-0,20 m e 0,20-0,40 m. Cada amostra foi colocada em lata de alumínio e pesada em uma balança de precisão de 0,01 g, obtendo-se a massa de solo úmido. Em seguida, as amostras foram colocadas na estufa a 105°C , por 24 horas, e novamente pesadas, obtendo-se a massa do solo seco.

Para determinação das propriedades químicas do solo, foram retiradas amostras por meio de trado nas camadas de 0-0,05 m, 0,05-0,10 m, 0,10-0,20 m e 0,20-0,40 m, num total de 72 amostras, que foram acondicionadas em sacos plásticos e, posteriormente, secas ao ar. Os parâmetros avaliados foram os seguintes: pH em H_2O , carbono orgânico, alumínio trocável, fósforo disponível, potássio, cálcio e magnésio trocáveis. O pH foi determinado pela leitura da suspensão do solo (Embrapa, 1997). Para a determinação do carbono orgânico do solo, foi usado o método indireto da oxidação do carbono orgânico por via úmida, proposto por Walkley e Black, adaptado por Raij *et al.* (1987). O P e o K^+ foram extraídos por meio da solução Mehlich 1 (HCl 0,05 M + H_2SO_4 0,025 M). O Ca^{2+} , o Mg^{2+} e o Al^{3+} trocáveis foram extraídos por KCl 1M. O Al^{3+} trocável foi determinado por titulação com NaOH 0,025N (Embrapa, 1997).

Todas as variáveis analisadas foram submetidas à análise de variância para o delineamento de blocos completos casualizados, conforme descrito por Banzatto e Kronka (1989). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram conduzidas, utilizando-se o programa estatístico SAS (SAS Institute, 1999).

Resultados e discussão

A análise dos dados de umidade do solo obtidos na amostragem realizada em 29/10/2003 indicou interação significativa entre tratamentos e profundidade, de modo que as comparações entre os tratamentos foram feitas em cada camada amostrada. Para a amostragem realizada em 30/03/2004, constataram-se efeitos dos tratamentos e das profundidades amostradas. Os resultados são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Valores médios da umidade do solo (kg kg^{-1}) nos tratamentos e nas profundidades avaliadas nas amostragens realizadas em 29/10/2003 e em 30/03/2004.

Amostragem realizada em 29/10/2003						
Tratamento	0-0,10 m		0,10-0,20 m		0,30-0,40 m	
HB	0,1006	AB	0,1059	B	0,1090	AB 0,1058
BC	0,1097	A	0,1400	A	0,1244	A 0,1203
MA	0,0791	C	0,0801	C	0,0942	B 0,0999
CM	0,0936	B	0,1008	BC	0,1131	AB 0,1170
RM	0,0945	B	0,1115	B	0,1277	A 0,1250
GD	0,0984	AB	0,1086	B	0,1172	A 0,1286
Amostragem realizada em 30/03/2004						
Tratamento	Profundidade (m)					
HB	0,0664	B	0-0,05	0,0442	C	
BC	0,0963	A	0,05-0,10	0,0484	C	
MA	0,0662	B	0,10-0,20	0,0679	B	
CM	0,0546	BC	0,20-0,40	0,1023	A	
RM	0,0509	C				
GD	0,0598	BC				

Em cada coluna, médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Na amostragem realizada em 29/10/2003, para as camadas de 0-0,10 m e 0,10-0,20 m, o tratamento BC apresentou o maior teor de água no solo, significativamente superior aos tratamentos CM, RM e MA. Esses resultados denotam o efeito positivo da cobertura morta com bagaço de cana reduzindo as perdas de água. O efeito positivo da cobertura na umidade do solo também foi verificado por Bertoni (1959) e por Muzilli (1985). Na camada de 0,20-0,30 m, os tratamentos BC, RM e GD foram superiores ao tratamento MA; na camada de 0,30-0,40 m, apenas constata-se diferença significativa entre os tratamentos GD e MA. A partir dos 0,20 m de profundidade, verifica-se uma maior variação da umidade entre os tratamentos, sendo que o tratamento MA apresentou a menor umidade em relação aos demais. A partir desses resultados, constata-se uma maior reserva de água no perfil de solo nos tratamentos BC, RM e GD, o que é de fundamental importância para a cultura da pupunha, visto sua elevada exigência hídrica. No tratamento GD, nessa fase experimental, observou-se um melhor desenvolvimento das plantas de pupunha, possivelmente associado com a maior disponibilidade de água e de nitrogênio no solo.

Para a amostragem realizada em 30/03/04 (Tabela 2), verificou-se um aumento da umidade em profundidade, independente dos tratamentos. Nessa avaliação, verificou-se que o tratamento BC

apresentou a maior quantidade de água no solo, enquanto a menor umidade foi verificada no tratamento RM. Porém, os tratamentos HB, GD e MA mostraram um efeito intermediário em relação ao BC no extremo úmido e ao CM e RM com menor disponibilidade de água no solo. Esses resultados sugerem que tratamentos que reduzem a cobertura do solo, tais como RM e CM, provavelmente, predispõem a uma maior perda de água por evaporação ou a uma menor entrada de água no perfil por infiltração devido à formação de crostas superficiais. Os valores de umidade foram similares ($p > 0,05$) para as camadas 0-0,05 m e 0,05-0,10 m; para as camadas de 0,10-0,20 m e 0,20-0,40 m, os valores de umidade diferem entre si e das camadas superficiais ($p < 0,05$). Nas camadas de 0,10-0,20 m e 0,20-0,40 m, verifica-se um aumento de umidade de 46% e de 121%, respectivamente, comparados com a camada de 0-0,10 m.

Os resultados de resistência do solo à penetração são apresentados na Figura 1. A análise dos dados de resistência do solo à penetração indicou efeitos dos tratamentos e das profundidades avaliadas ($p < 0,05$). Até 0,20 m de profundidade, todos os tratamentos apresentaram valores similares de resistência do solo à penetração. No entanto, entre 0,25-0,35 m, podemos observar, nos tratamentos MA e HB, valores de resistência do solo à penetração acima do limite crítico de 2,0 MPa considerados como impeditivos para o crescimento das raízes das plantas, conforme indicações de Taylor *et al.* (1966). O tratamento HB apresentou valores de resistência à penetração superior ao do tratamento MA. Já para os demais tratamentos, os valores de resistência foram similares e inferiores ao limite crítico. Nesse sentido, Jorge e Bovi (1994) verificaram que, em áreas com maior resistência à penetração, as plantas apresentaram menor desenvolvimento. Como o crescimento da parte aérea das plantas está diretamente associado ao desenvolvimento das raízes, a excessiva resistência do solo à penetração das raízes torna-se um dos principais fatores responsáveis pelo desenvolvimento e pela produtividade da cultura.

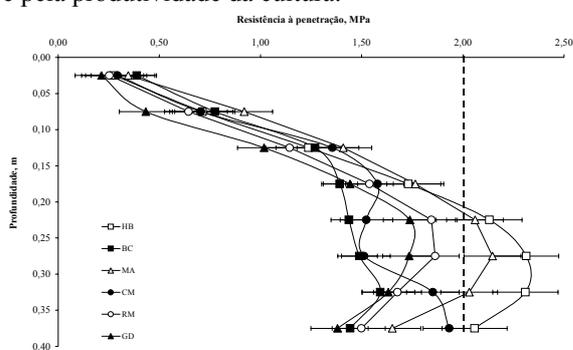


Figura 1. Valores médios de resistência do solo à penetração nas diferentes profundidades de amostragem e de tratamentos

avaliados. As barras referem-se ao erro padrão da média e a sobreposição das mesmas indica não haver diferença entre as médias.

Comparando os dados de resistência do solo à penetração (Figura 1) e à umidade que foram obtidas no mesmo dia (29/10/2003) (Tabela 2), constata-se que os tratamentos que apresentam maior umidade do solo (BC e GD) são os que apresentaram os menores valores de resistência do solo à penetração, corroborando com Tormena *et al.* (2002) e Secco (2003). O aumento da resistência em profundidade está relacionado com o aumento da densidade do solo. Independente da distribuição espacial, o aumento da resistência do solo à penetração cria um ambiente desfavorável para o crescimento das plantas, cujo controle depende da umidade e da densidade do solo, conforme atestam os resultados de Busscher *et al.* (1997) e de Tormena *et al.* (1998).

Na avaliação da densidade do solo e da porosidade total, não foi verificada influência significativa dos tratamentos ($p > 0,05$). Os valores médios de densidade foram 1,65; 1,68; 1,68; 1,67; 1,68 e 1,66 Mgm^{-3} , respectivamente, nos tratamentos HB, BC, MA, CM RM, GD; os valores médios de porosidade total do solo foram 39,90; 37,13; 38,30; 40,13; 39,93 e 39,80 $m^3 m^{-3}$, respectivamente, nos tratamentos HB, BC, MA, CM RM, GD. Os valores médios da densidade e da porosidade do solo, para as profundidades analisadas, estão mostrados na Tabela 3. Observa-se que a densidade do solo aumenta em profundidade, causando uma redução na porosidade total. Esse comportamento deve-se, provavelmente, ao efeito pretérito de preparo de solo com arado de discos e/ou aivecas. Esse efeito de compactação em profundidade também foi observado por Tormena *et al.* (2002).

Tabela 3. Valores médios de densidade do solo e de porosidade total nas diferentes profundidades analisadas.

Profundidade (m)	Densidade do Solo ($Mg m^{-3}$)	Porosidade Total ($m^3 m^{-3}$)
0-0,05	1,554 A	44,38 A
0,05-0,10	1,642 B	40,76 B
0,10-0,20	1,717 C	37,01 C
0,20-0,40	1,777 D	34,72 C

Médias seguidas de letras diferentes diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A microporosidade não apresentou diferenças significativas ($p > 0,05$) tanto em profundidade como entre os tratamentos. Esse comportamento corrobora com as constatações de Silva e Kay (1997) de que a microporosidade é muito pouco influenciada pelo aumento da densidade. Em relação à macroporosidade, constataram-se o efeito dos tratamentos e das profundidades e os valores médios apresentados na Tabela 4. A macroporosidade apresentou maiores valores no tratamento CM, o qual foi diferente estatisticamente apenas do tratamento

BC. Em profundidade, constata-se uma redução dos macroporos, embora não existam diferenças significativas entre as camadas de 0,05-0,10 m e 0,10-0,20 m. Essa redução da macroporosidade com a profundidade está atrelada ao aumento da densidade do solo (Tabela 3).

Tabela 4. Valores médios de macroporosidade nos diferentes tratamentos e nas profundidades de amostragem.

Tratamento	Macroporosidade (%)				
	Profundidade (m)				
HB	14,38	AB	0-0,05	18,57	A
BC	9,48	B	0,05-0,10	13,92	B
MA	13,88	AB	0,10-0,20	13,16	B
CM	16,69	A	0,20-0,40	8,90	C
RM	12,99	AB			
GD	14,41	AB			

Médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A macroporosidade está diretamente relacionada com a difusão de oxigênio no solo para as raízes e determina a capacidade de aeração do solo (Thomasson, 1978; Erickson, 1982). Valores de porosidade de aeração abaixo de 10-15% são, geralmente, adotados como restritivos para o crescimento e a produtividade da maioria das culturas e os resultados indicam boas condições de aeração no solo.

Na análise das variáveis químicas do solo, constatou-se que, para carbono orgânico, para soma de bases trocáveis e para capacidade de troca catiônica (CTC), ocorreram variações somente entre as camadas amostradas. Os valores médios dessas variáveis são apresentados na Tabela 5. Os maiores valores estão presentes na camada de 0-0,05 m, os quais podem estar associados com a reciclagem de nutrientes pelas plantas e com a decomposição dos resíduos vegetais na superfície. A maior CTC da camada superficial está relacionada com o maior teor de carbono orgânico, de acordo com Raji (1991). Sá (1993), Santos *et al.* (1995) e Santos e Tomm (2003) também observaram diferenças no teor de matéria orgânica entre as profundidades e os sistemas de

manejo do solo. Tanto para carbono quanto para CTC não se verificaram diferenças para as camadas compreendidas entre 0,05-0,40 m. Por outro lado, para a soma de bases, observa-se diferença significativa entre as profundidades de 0,05-0,10 m e 0,20-0,40 m.

Tabela 5. Valores médios de carbono orgânico do solo, soma de bases e capacidade de troca catiônica nas camadas amostradas.

Profundidade (m)	Carbono orgânico, g dm ⁻³	Soma de bases, cmol _c dm ⁻³	Capacidade de troca catiônica, cmol _c dm ⁻³			
0-0,05	1,058	A	3,231	A	5,3911	A
0,05-0,10	0,473	B	2,147	B	4,4283	B
0,10-0,20	0,477	B	1,971	BC	4,4800	B
0,20-0,40	0,376	B	1,592	C	4,0528	B

Médias seguidas de mesma letra, na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Na análise das variáveis pH, Al³⁺, Ca⁺²+Mg⁺², K⁺ e saturação por bases (V%), constatou-se efeito dos tratamentos e das profundidades avaliadas. Os valores médios dessas variáveis são apresentados na Tabela 6. Os teores de alumínio foram inversamente proporcionais aos valores de V% e de pH, tanto em profundidade como nos tratamentos, corroborando com Santos e Tomm (2003). O alumínio não apresentou diferença significativa entre os tratamentos e, em relação à profundidade, apresentou diferença apenas para a última camada analisada. De acordo com Salet (1994), a complexação desse elemento químico pelos compostos orgânicos, gerados no processo de decomposição dos resíduos vegetais, provavelmente contribui para o menor valor de Al³⁺ nas camadas mais superficiais do solo. Os tratamentos HB e CM apresentaram valores de pH superiores ao tratamento GD, apenas apresentando diferenças significativas aos tratamentos BC e GD. Esses menores valores de pH para o tratamento GD podem estar relacionados com a fixação de N, em cujo processo ocorre a liberação de prótons, acidificando o meio.

Tabela 6. Valores médios de pH, de Al³⁺, de V%, de Ca⁺²+Mg⁺², de Ca⁺² e de K⁺ nos diferentes tratamentos e nas profundidades de amostragem.

	Tratamento					
	HB	BC	MA	CM	RM	GD
pH	6,21A	5,74BC	5,86ABC	6,21A	6,12AB	5,69C
Al ³⁺ , cmol _c dm ⁻³	0,020A	0,042A	0,037A	0,022A	0,087A	0,063A
V, %	54,92A	46,92AB	44,04B	47,57AB	46,25B	46,29B
Ca ⁺² +Mg ⁺² , cmol _c dm ⁻³	2,35A	2,15AB	1,76B	1,74B	1,84AB	1,95AB
Ca ⁺² , cmol _c dm ⁻³	1,62A	1,49AB	1,22AB	1,13B	1,16AB	1,34AB
K ⁺ , cmol _c dm ⁻³	0,21AB	0,17B	0,25AB	0,35A	0,34A	0,24AB
	Profundidade (m)					
	0-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40		
pH	6,26A	6,21A	5,88B	5,53C		
Al ³⁺ , cmol _c dm ⁻³	0,01B	0,01B	0,04B	0,11A		
V, %	59,75A	48,25B	43,47BC	39,18C		
Ca ⁺² +Mg ⁺² , cmol _c dm ⁻³	2,85A	1,85B	1,73B	1,43B		
Ca ⁺² , cmol _c dm ⁻³	1,94A	1,24B	1,19B	0,92B		
K ⁺ , cmol _c dm ⁻³	0,37A	0,29AB	0,23BC	0,16C		

Médias seguidas de mesma letra, na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

O pH diminui em profundidade, mas os valores se mantêm entre 5,5 e 6,3, uma condição adequada para a maioria das culturas em termos de absorção dos nutrientes essenciais. Os elementos cálcio e magnésio apresentaram maiores valores no tratamento HB, o qual foi diferente estatisticamente apenas do tratamento CM; em profundidade, ocorre a tendência de redução, associada com vários mecanismos relacionados com a extração pelos cultivos e a adição, por meio da decomposição, da matéria orgânica e de fertilizantes. O provável mecanismo responsável pelo aumento dos teores de cálcio e de magnésio no tratamento HB é o contínuo processo de extração e de decomposição associado com o controle das plantas daninhas nesse tratamento. Em relação ao potássio, constatam-se menores teores no solo que recebeu o tratamento BC (Tabela 6), provavelmente devido à pobreza desse material em K. Os maiores teores de K foram constatados nos tratamentos com capina e roçada devido à reciclagem promovida pelo material de plantas presentes na área. O tratamento HB apresentou valores de saturação por bases superiores aos tratamentos MA, RM e GD, os quais estão relacionados com os maiores teores de Ca^{+2} e Mg^{+2} nesse tratamento.

Houve efeito da interação tratamento e profundidade nos teores P disponível, os resultados são apresentados na Tabela 7. Apenas na profundidade 0,05-0,10 m, os teores de P disponível apresentou efeito estatisticamente significativo entre os tratamentos, em que o tratamento HB apresentou valores superiores aos tratamentos MA, RM e GD. O acúmulo do fósforo na camada superficial do solo é resultante de sua liberação em maior quantidade pela decomposição dos resíduos vegetais e da reduzida fixação, em decorrência do menor contato desse elemento com os constituintes do solo.

Tabela 7. Valores médios de P disponível (Mg dm^{-3}) nos diferentes tratamentos e profundidades de amostragem.

Tratamento	Profundidade (m)			
	0-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40
HB	65,00	27,00A	7,00	2,33
BC	26,00	15,33AB	10,33	2,66
MA	35,33	9,33B	4,66	2,00
CM	41,00	14,00AB	10,66	2,00
RM	23,33	6,66B	3,33	2,33
GD	41,33	12,33B	4,00	2,33

Médias seguidas de mesma letra, na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Os resultados obtidos neste estudo mostram que os tratamentos que mantêm a cobertura sobre o solo, como o tratamento BC, melhoraram as propriedades físicas do solo, mantendo maiores teores de água e menor resistência do solo à penetração. Sistemas de manejos que propiciam maiores teores de água no solo e menor resistência do solo à penetração são de fundamental importância para a cultura suportar períodos de déficit hídrico e desenvolver o sistema

radicular em camadas mais profundas. As propriedades densidade e porosidade do solo, não foram influenciadas pelos tratamentos, variando apenas em profundidade. Em relação às propriedades químicas do solo verificou-se que os tratamentos que utilizaram o manejo químico e mecânico das plantas daninhas das entrelinhas propiciaram melhores condições químicas no solo associadas com os maiores valores de pH, de cálcio, de potássio e de saturação por bases do solo. No entanto não foi verificada, nesse período e nas condições experimentais, influência dos tratamentos nos teores de carbono orgânico do solo. Há necessidade de avaliação a médio-longo prazo das mudanças nas propriedades químicas impostas pelos tratamentos no solo estudado.

Referências

- BANZATTO, D.A.; KRONKA, A.N. *Experimentação agrícola*. Jaboticabal: Funep, 1989.
- BERTONI, J. Alguns efeitos de cobertura como prática conservacionista. *São Paulo Agrícola*, São Paulo, 1(5): 64, 1959.
- BLAKE, G.R.; HARTGE, K.H. Bulk density. In: KLUTE, A. (Ed.) *Methods of soil analysis physical and mineralogical methods*. 2. ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986. cap. 13, p.363-275.
- BOVI, M.L.A. O agronegócio palmito de pupunha. *O Agrônomo*, Campinas, 52(1), 2000.
- BOVI, M.L.A. Expansão do cultivo da pupunheira para palmito no Brasil. *Horti. Bras.*, Brasília, 15 (Suplemento): p. 183-185, 1997.
- BUSSCHER, W.J. *et al.* Correction of cone index for soil water content differences in a coastal plain soil. *Soil Tillage Res.*, Amsterdam, v. 43, p. 205-217, 1997.
- CARDOSO, A. *et al.* Estudo comparativo da degradação de solos pelo uso agrícola no Noroeste do Estado do Paraná. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 27, p. 349-353, 1992.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Manual de Métodos de Análises de Solos. Rio de Janeiro, 1997.
- EMBRAPA. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Brasília: Embrapa Produção de informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999.
- ERICKSON, A.E. *Tillage effects on soil aeration*. In: VAN DOREN, D.M. *et al.* (Ed.) *Predicting tillage effects on soil physical properties and processes*. Madison: ASA, cap. 6, p. 91-104, 1982.
- FALCÃO, N.P.S. *et al.* Caracterização de sintomatologia de carências nutricionais em mudas de pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth), cultivada em solução nutritiva. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23, 1998, Caxambu. *Anais...* Caxambu: SBCS, p.11-16. 1998.
- FIDALSKI, J. Diagnóstico de manejo e conservação do solo e da água na região Noroeste do Paraná. *Revista Unimar*, Maringá, 19:845-851, 1997.

- IAPAR-Instituto Agrônômico do Paraná. *Cartas climáticas do Paraná: edição ano 2000, versão 1.0*. Londrina: IAPAR, 2000. 1 CD-ROM.
- JORGE, J.A.; BOVI, L.A. 1994. Influência das propriedades químicas e físicas do solo no crescimento da pupunha. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FURTI-CULTURA, 13, 1994, Salvador. *Resumos...* Salvador: SBF. v. 3, p. 1145-1146, 1994.
- MARUN, F. Propriedades físicas e biológicas de um latossolo vermelho escuro do arenito caiuá sob pastagens e culturas anuais. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 31, p.593-597, 1996.
- MUZILLI, O. O plantio direto no Brasil. In: *Atualização em Plantio direto*. Campinas: Fundação Cargill, 1985, p. 3-16.
- RAIJ, B. V. *Fertilidade do solo e adubação*. Piracicaba: Ceres, Potafos, 1991.
- RAIJ, B.V. *et al.* *Análise química do solo para fins de fertilidade*. Campinas: Fundação Cargill, 1987.
- SÁ, J.C. de M. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. in: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (Passo Fundo, RS). *Plantio direto no Brasil*. Passo Fundo: Embrapa-CNPT/Fundacep-Fecotrigo/Fundação ABC, p. 37-60, 1993.
- SALET, R.L. *Dinâmica de íons na solução de um solo submetido ao sistema plantio direto*. 1994. Dissertação (Mestrado em Solos)-Curso de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1994.
- SANTOS, H.P.dos; TOMM, G.O. Disponibilidade de nutrientes e teor de matéria orgânica em função dos sistemas de cultivo e de manejo do solo. *Cienc. Rural*, Santa Maria, v. 33, n. 3, 2003.
- SANTOS, H.P. dos *et al.* Plantio direto versus convencional: efeito na fertilidade do solo e no rendimento de grãos de culturas em rotação de culturas com cevada. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, v. 19, n. 3, p. 449-454, 1995.
- SAS. STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE. *SAS/STAT Procedure guide for personal computers*. Version 5. Cary: SAS Institute, 1999.
- SECCO, D. *Estados de compactação de dois Latossolos sob plantio direto e suas implicações no comportamento mecânico e na produtividade de culturas*. 2003. Tese (Doutorado)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.
- SILVA, A.P.; KAY, B.D. Estimating the least limiting water range of soils form properties and management. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, v. 61, p. 887-883, 1997.
- TAYLOR, H.M. *et al.* Soil strength-root penetration relations to medium to coarse-textured soil materials. *Soil Sci.*, Baltimore, v. 102, p. 18-22, 1966.
- THOMASSON, A.J. Towards an objective classification of soil structure. *J. Soil Sci.*, Oxford, v. 29, p. 38-46, 1978.
- TORMENA, C.A. *et al.* Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um latossolo roxo sob plantio direto. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 22, p. 573-581, 1998.
- TORMENA, C.A. *et al.* Densidade, porosidade e resistência à penetração em um Latossolo Vermelho distrófico cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo. *Sci. Agric.*, Piracicaba, v. 59, n. 4, out/dez. 2002.
- TORMENA, C.A.; ROLOFF, G. Dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 20, p. 333-339, 1996.
- VILLACHICA, H. *et al.* *Frutales y hortalizas promisorios de la Amazonia*. Lima: Tratado de Cooperación Amazónica, 367 p, 1996.

Received on February 28, 2005.

Accepted on October 21, 2005.