Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

Análise multivariada da qualidade química de um Latossolo sob sistemas de manejo do solo

Multivariate analysis of the chemical quality of an Oxisol under soil tillage systems

Kamila Borges Castilho[1], Jorge Wilson Cortez[1], Nelci Olszevski[2], Alessandra Monteiro Salviano[3], Maycon Henrique Trindade[1]

[1] Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD. Rodovia Dourados-Itahum, km 12, Cidade Universitária, CEP: 79.804-970, Caixa-Postal: 533, Dourados, MS. kamila_castilho45@hotmail.com
[2] Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF, Av. Antônio C. Magalhães, 510, Country Club, CEP: 48902-300, Juazeiro, BA.
[3] Embrapa Semiárido, Rodovia BR-428, Km 152, s/n - Zona Rural, CEP: 56302-970, Petrolina, PE.

Recebido em: 22/06/2015 Aceito em:09/04/2017

Resumo. Os sistemas de manejo podem influenciar atributos químicos do solo, sendo importante a busca de aplicação de novas técnicas para a compreensão dos efeitos ocasionados. Objetivou-se avaliar atributos químicos de um Latossolo Vermelho distroférrico sob sistemas de manejo por meio da estatística multivariada. Os tratamentos consistiram dos seguintes sistemas de manejo do solo: plantio direto, plantio direto escarificado, plantio direto escarificado cruzado, preparo convencional, preparo reduzido e preparo conservacionista. O trabalho foi conduzido com delineamento em blocos ao acaso com quatro repetições, sendo as amostras coletadas nas camadas de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m. Os atributos analisados foram: pH em água; matéria orgânica; cálcio, magnésio, potássio e alumínio trocáveis; fósforo e acidez potencial, com posterior cálculo da soma de bases, da capacidade de troca de cátions a pH 7,0 e da saturação por bases. Os dados foram analisados por meio de agrupamentos e componentes principais. Verificou-se que o sistema de preparo convencional e plantio direto na camada de 0,00 - 0,10 m apresentaram similaridade, e que preparo reduzido e plantio direto escarificado cruzado comparado aos demais sistemas, concentraram o maior número de atributos químicos e foram influenciados pelos valores de cálcio, magnésio, soma de base, capacidade de troca de cátions e saturação por base. Na camada de 0,10-0,20 m, os subgrupos plantio direto escarificado cruzado, preparo convencional, preparo reduzido e plantio direito concentraram grande parte dos atributos químicos, sendo influenciado pelos valores de potássio, soma de base, magnésio, capacidade de troca de cátions, saturação por base, matéria orgânica e pH.

Palavras-chave: análise de agrupamento, componentes principais, dendograma

Abstract. Different management systems can influence soil chemical properties, it is important to search for application of new techniques to understand the effects caused. The objective was to evaluate the chemical properties of an Dystroferric Red Latosol (oxisol) under different tillage systems using multivariate statistics. The treatments consisted of the following soil tillage systems direct planting, direct planting scarified, direct planting scarified crossed, conventional tillage, reduced tillage and conservation tillage. The work was conducted with complete block design with four replications, with samples collected in layers of 0,00-0,10 and 0,10-0,20 m. The attributes were analyzed: pH in water; organic matter; calcium, magnesium, potassium and aluminum exchangeable; phosphorus and potential acidity, with subsequent calculation of the sum of bases, the cation exchange capacity at pH 7.0 and saturation. Data were analyzed by principal components and groups. It was found that the conventional tillage and no-tillage in the layer of 0,00 - 0,10 m showed similarity, and that reduced tillage and direct planting scarified crossed compared to other systems, concentrated the highest number of attributes chemical and were influenced by higher values calcium, magnesium, sum of bases, cation exchange capacity and saturation. In the 0,10-0,20 m layer, subgroups tillage chiseled cross, conventional tillage, reduced tillage and direct planting focused much of the chemical, being influenced by potassium, sum basis, magnesium, cation exchange capacity, base saturation, organic matter and pH.
Keywords: cluster analysis, dendrogram, main components

Introdução

A qualidade do solo agrícola é considerada de acordo com seus aspectos físicos, químicos e biológicos, sendo características importantes nas

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

avaliações de ocorrência de degradação ou de melhoria do solo e, da sustentabilidade dos sistemas de manejo (Aratani et al. 2009). As avaliações de alterações nas propriedades do solo, decorrentes de impactos da intervenção antrópica em ecossistemas naturais, constituem um importante instrumento do monitoramento da conservação ambiental, permitindo caracterizar a situação atual, alertar para situações de risco e prever situações futuras (Cardoso et al. 2011).

Ao avaliar as alterações nas propriedades químicas de um Latossolo Vermelho Distrófico, causadas pelo cultivo contínuo de cana-de-açúcar, *Saccharum* spp. (Poaceae), em comparação a vegetação nativa, Côrrea et al. (2001) constataram que o manejo adotado proporcionou aumentos no valor de pH, nos teores de P, Ca, Mg, na soma de bases e saturação por bases, em relação à área sob vegetação nativa. Com o cultivo, houve redução nos teores de MO, na CTC, no Al trocável e saturação por alumínio.

Caires et al. (2000) avaliando os efeitos benéficos da aplicação superficial de doses de calcário em sistema plantio direto para a correção da acidez do solo em Latossolo Vermelho Escuro distrófico, verificaram o aumento dos valores de Ca+Mg e saturação por bases, alterações no pH e diminuição significativa da H+Al.

Analisando as alterações provocadas pelos sistemas de plantio direto (PD), arado de discos (AD), arado de aivecas (AA), grade pesada (GP), grade pesada + arado de discos (GP + AD) e grade pesada + arado de aivecas (GP + AA) sobre algumas propriedades físicas e químicas de Argissolo da Zona da Mata Mineira, Falleiro et al. (2003) constataram o aumento dos valores de MO, pH, CTC efetiva, Ca^{2+}, Mg^{2+}, K e P, na camada superficial do PD, em relação às demais profundidades, e valores de Al^{3+} inferiores aos dos demais tratamentos, na camada de 0-5 cm de profundidade, e superiores aos dos tratamentos AD, GP e GP + AA, na camada de 10-20 cm. Os tratamentos AD, GP, GP + AD e GP + AA apresentaram valores de K superiores aos dos tratamentos PD e AA, na camada de 0-5 cm de profundidade.

O estudo da qualidade química do solo é de grande importância para assegurar sua preservação e o bom desenvolvimento das culturas, contribuindo para a sustentabilidade dos sistemas de produção. Assim, objetivou-se avaliar a qualidade química do solo sob sistemas de manejo, tendo como ferramenta a estatística multivariada.

Material e Métodos

O trabalho foi conduzido na FAECA – Fazenda Experimental de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD no município de Dourados, MS. O local situa-se em latitude de 22º14'S, longitude de 54 º59'W e altitude de 434 m. O clima é do tipo Cwa, segundo a classificação de Köppen. O solo da área é um Latossolo Vermelho distroférrico (Embrapa, 2006), cuja análise granulométrica é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Análise granulométrica do Latossolo Vermelho distroférrico (Dourados, MS, 2013)

Camadas	Argila	Silte	Areia
(m)	----------g kg^{-1}----------		
0,00-0,10	597,8	217,3	184,9
0,10-0,20	592,6	222,4	185,0
0,20-0,30	623,1	197,9	179,1
0,30-0,40	628,3	202,3	169,4
0,40-0,50	643,1	189,0	167,9
0,50-0,60	648,6	197,2	154,2

Fonte: Adaptado de Rodrigues (2014).

Antes da instalação deste experimento, em março 2013, a área foi preparada com arado de discos (0,30 m de profundidade), seguido de gradagem destorroadora-niveladora (0,15 m de profundidade), subsolagem com equipamento de 5 hastes (0,50 m de profundidade) e nova gradagem destorroadora - niveladora (0,15 m de profundidade) para nivelar o terreno. Para estabelecer uma cultura de cobertura foi semeada aveia preta (*Avena strigosa)* com 60 sementes por

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

metro a 0,04 m de profundidade e espaçamento de 0,20 m entre linhas no dia 21 de maio de 2013, sendo posteriormente dessecada e manejada com triturador de palhas. No verão da safra 2013/2014, foi semeada a cultura da soja e, posteriormente na safrinha de 2014 à semeadura do milho, nesta época foi coletado as amostras de solo para este experimento.

Os tratamentos foram distribuídos em delineamento em blocos ao acaso com quatro repetições, foram compostos por seis sistemas de manejo: plantio direto (PD), plantio direto escarificado (PDE), plantio direto escarificado cruzado (PDEC), preparo convencional (PC), preparo reduzido (PR) e preparo conservacionista (PCS) (Tabela 2).

Tabela 2. Sistemas de preparo do solo com as operações e profundidades de mecanização

Tratamentos	Número de operações	Profundidade (m)
PD	Sem preparo	---
PDE	Uma escarificação	0,40 m
PDEC	Duas escarificações e uma gradagem	0,40 e 0,15 m
PC	Uma aração e quatro gradagens	0,40 e 0,15 m
PR	Uma gradagem	0,15 m
PCS	Uma escarificação e uma gradagem	0,40 e 0,15 m

Plantio direto (PD); plantio direto escarificado (PDE); plantio direto escarificado cruzado (PDEC); preparo convencional (PC); preparo reduzido (PR) e preparo conservacionista (PCS).

Para avaliação da qualidade química do solo, foram coletadas amostras nas camadas de 0,00-0,10 m e 0,10-0,20 m para determinação dos atributos químicos: pH em água; teor de matéria orgânica (MO); teores de cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K) e alumínio (Al) trocáveis; fósforo (P) disponível (Mehlich^{-1}) e acidez potencial (H+Al) (Donagema et al. 2011). A partir destas determinações, foram calculados a soma de bases (SB), a capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (CTC), e a saturação por bases (V%) (Donagema et al. 2011).

Os resultados dos atributos químicos foram submetidos à análise descritiva para visualização do comportamento geral dos dados. Na análise estatística multivariada, os dados foram padronizados e, em seguida, foram processados, de modo que, cada variável ficou com média nula e variância unitária. Assim, procedeu-se a análise de agrupamento (hierárquica), conforme a metodologia proposta por Sneath e Sokal (1973), utilizando, como coeficiente de semelhança entre pares de locais, a Distância Euclidiana. Este é um coeficiente de dissimilaridade, pois, quanto menor a distância entre dois locais, mais similares são, segundo as características consideradas.

O dendograma foi montado a partir dos pares de objetos mais similares (os de menor distância) e, em seguida, os objetos ou grupos já formados foram reunidos em função das similaridades decrescentes (ou de distâncias crescentes) (Valentin 1995). A estratégia de agrupamento adotada foi o método de Ward, em que a distância entre dois grupos é definida como a soma de quadrados entre os dois grupos feitos sobre todas as variáveis.

Na análise de componentes principais, a variância contida em cada componente principal (CP) foi expressa pelos autovalores da matriz padronizada. O maior autovalor é associado ao primeiro componente principal, o segundo maior autovalor ao segundo componente principal, até que o menor autovalor esteja associado ao último componente principal, o que coloca os primeiros como os mais importantes. Sendo assim, os primeiros componentes principais explicam, geralmente, grande parte da variância das variáveis originais. Por fim, foi construído um gráfico bidimensional que possibilita verificar os prováveis agrupamentos resultantes.

Resultado e Discussão

Pela análise descritiva dos dados, os teores dos elementos P, K, Ca e Mg foram altos (Tabela 3), médio para Al e baixo para a matéria orgânica (MO) (Embrapa 2010). Ronquim (2010) considera que a maioria das culturas apresenta produtividade média quando o solo está com valor de V% entre

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

50 e 80% e valor de pH entre 6,0 e 6,5. Diante disso, pode-se afirmar que os valores de V% encontrados estão dentro do ideal e os valores de pH podem ser considerados baixos, indicando necessidade de uso de corretivos de acidez.

Tabela 3. Análise descritiva dos atributos químicos do solo para as camadas avaliadas (Dourados, MS, safra 2013/2014)

Var	M	DP	CV	Min	Max	As	C	Normalidade
				0,0-0,10 m				
pH	5,36	0,27	5,10	4,53	5,82	-1,40	2,71	<0,01 A
P	12,43	4,06	32,70	7,39	22,54	0,66	-0,05	>0,10 S
K	0,56	0,15	27,72	0,36	0,94	0,78	0,26	>0,10 S
Al	0,20	0,17	83,64	0,00	0,72	2,42	5,92	<0,01 A
H+Al	4,08	0,84	20,78	3,06	6,93	1,87	4,85	<0,01 A
Ca	6,13	1,09	17,72	4,33	8,34	-0,00	-0,63	>0,10 S
Mg	1,82	0,47	25,78	0,05	2,49	-2,29	8,41	<0,01 A
SB	8,51	1,29	15,21	6,20	11,13	-0,16	-0,49	>0,10 S
CTC	12,59	1,14	9,06	10,51	14,19	-0,49	-1,17	0,05 S
V%	67,44	6,70	9,94	47,20	78,44	-1,47	3,28	<0,01 A
MO	2,47	0,86	34,71	0,83	3,99	-0,24	-0,96	>0,10 S
				0,10-0,20 m				
pH	5,36	0,28	5,30	4,82	6,04	0,16	0,29	>0,10 S
P	10,60	4,09	38,57	5,16	23,55	1,39	3,41	0,02 A
K	0,47	0,13	29,10	0,26	0,75	0,38	-0,33	>0,10 S
Al	0,20	0,13	65,68	0,12	0,72	2,65	8,97	<0,01 A
H+Al	3,91	0,84	21,47	2,81	5,97	0,69	0,39	>0,10 S
Ca	5,60	1,27	22,77	3,09	8,06	0,00	-0,02	>0,10 S
Mg	2,08	0,55	26,69	0,90	3,07	-0,46	0,36	>0,10 S
SB	8,14	1,79	21,93	4,66	11,37	-0,13	-0,18	>0,10 S
CTC	12,06	1,99	16,56	7,70	15,40	-0,36	0,02	>0,10 S
V%	67,15	6,68	9,94	54,71	75,97	-0,39	-1,02	>0,10 S
MO	2,49	0,75	30,14	1,25	3,66	-0,35	-1,20	>0,10 S

pH em água; P: Fósforo (mg dm^3); K: Potássio ($cmol_c$ dm^3); Al: Alumínio ($cmol_c$ dm^3); H+Al: Acidez potencial ($cmol_c$ dm^3); Ca: cálcio ($cmol_c$ dm^3); Mg: Magnésio ($cmol_c$ dm^3); SB: Soma de bases trocáveis ($cmol_c$ dm^3); CTC: Capacidade de troca de cátions ($cmol_c$ dm^3); V%: Saturação por bases; MO: Matéria orgânica (g kg^{-1}). S: simetria (normal pelo teste de Ryan Joner); A: assimetria (não normal pelo teste de Ryan Joner). Plantio direto (PD); plantio direto escarificado (PDE); plantio direto escarificado cruzado (PDEC); preparo convencional (PC); preparo reduzido (PR) e preparo conservacionista (PCS).

Nas duas camadas amostradas (0,00-0,10 e 0,10-0,20 m), todos os atributos químicos apresentam desvio padrão (DP) baixo, que pode ser confirmado com os valores mínimos (Min) e máximos (Max) observados (Tabela 3). Isto indica que não houveram valores discrepantes e, também, que houve pouca variação entre os dados.

Em relação à dispersão dos dados avaliada pelo coeficiente de variação (CV), segundo a classificação de Nogueira (2007), na camada de 0,00-0,10 m os valores de pH, P, K, H+Al, Ca, Mg, SB, CTC, V% e MO apresentam homogeneidade dos dados e a média pode ser utilizada como representativa da série de dados de onde esta foi obtida (CV<35%).

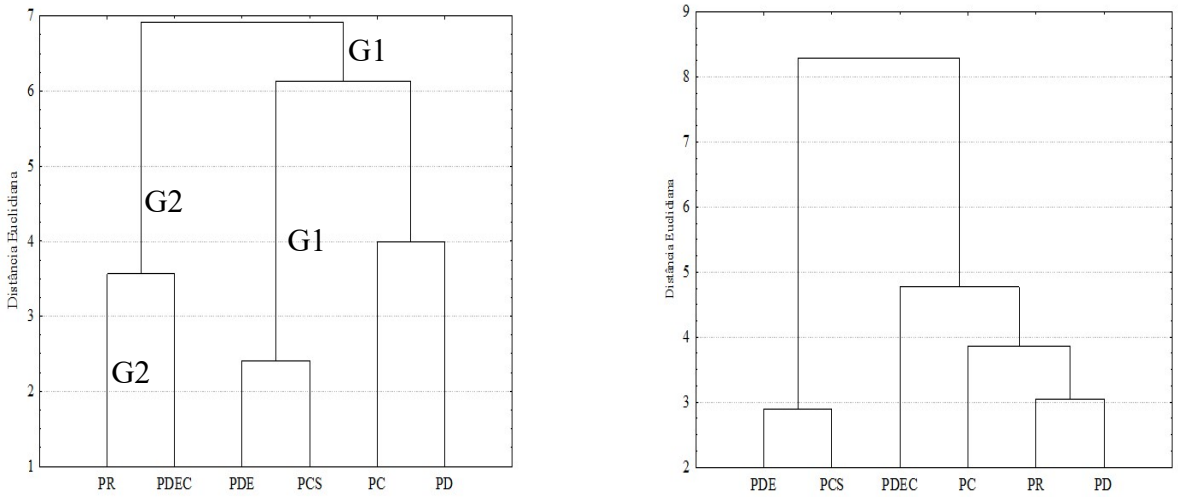
Para o elemento fósforo (P), na camada de 0,10-0,20 m (Tabela 3), os dados apresentam média variabilidade, sendo considerados heterogêneos com média pouco significativa (CV>35%). Nessa mesma camada de solos, os demais atributos apresentam série homogênea e a média pode ser utilizada como representativa da série de onde foi obtida (CV<35%). Para o Al, nas duas camadas avaliadas, a série é muito heterogênea (alta variabilidade) e a média não representa a poulação (CV>65%) (Tabela 3).

Os dados de assimetria (As) e curtose (C) para a camada de 0,00-0,10 m, apresentam tendência a normalidade nos atributos P, K, Ca, SB, CTC e MO, pois seus valores estão próximos de zero, sendo confirmado pelo teste Ryan Joner

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

(Tabela 3). Já os atributos pH, Al, H+Al, Mg e V% apresentaram valores de p<0,05 para o teste Ryan Joner, apresentando distribuição assimétrica, ratificando a tendência mostrada pelos coeficientes de As e C. Na camada de 0,10-0,20 m, somente os atributos P e Al não apresentaram distribuição normal, conforme resultados do teste de normalidade

Para a camada de 0,00-0,10 m (A), foi possível verificar, no dendograma (Figura 1), a formação de dois grandes grupos (G1 e G2). O primeiro grupo (G1) se divide formando dois subgrupos: o primeiro formado pelos sistemas PC e PD e, o segundo formado por PDE e PCS. O segundo grupo (G2) foi formado por PR e PDEC. Os sistemas PDE e PCS apresentaram maior semelhança no dendograma, apresentando a menor distância euclidiana, sendo possível afirmar que este foi o primeiro grupo a ter sido formado. Este grupo apresentou similaridade por meio do atributo H+Al para esta camada.



0,00-0,10 m (A) 0,10-0,20 m (B)

Figura 1. Resultado da análise de agrupamento para sistemas de manejo em função das camadas avaliadas: 0,00-0,10 m (A) e 0,10-0,20 m (B). Plantio direto (PD); plantio direto escarificado (PDE); plantio direto escarificado cruzado (PDEC); preparo convencional (PC); preparo reduzido (PR) e preparo conservacionista (PCS). (Dourados, MS, safra 2013/2014).

Os sistemas PC e PD apresentaram distância euclidiana maior entre si, porém ainda semelhantes e com características próximas do grupo PDE e PCS (Figura 1). Além de apresentaram similaridade por meio dos valores pH, este foi o primeiro ano de utilização do sistema PD o que não permitiu ainda as alterações esperadas no solo. Em experimento avaliando atributos químicos do solo em sistemas de manejo Cunha et al. (2012) verificaram que o uso do dendograma foi capaz de separar o PC de PD, o que não foi observado neste experimento devido ao tempo de implantação do sistema.

No segundo grupo formado por PR e PDEC (Figura 1), estes sistemas de preparo apresentaram semelhanças entre si, porém com distância euclidiana maior em relação aos demais, formando assim grupo distinto. Neste grupo foi possível verificar semelhança em relação aos atributos químicos Ca, Mg, SB e CTC.

Na camada de 0,10-0,20 m (B) (Figura 1) também houve a formação de dois grandes grupos. O primeiro constituído pelos sistemas PDEC, PC, PR e PD e o segundo por PDE e PCS. No primeiro subgrupo desta camada, verificou-se que o sistema PDEC apresentou a maior distância euclidiana, seguido por PC, PR e PD. O sistema PDEC e PC formaram subgrupos distintos, ou seja, não apresentaram características suficientes para formarem grupos similares, porém possuem alguma similaridade com PR e PD. Os sistemas PR e PD apresentaram-se semelhantes, por meio dos atributos K, SB e V%. O segundo grupo, formado pelos sistemas PDE e PCS apresentaram a menor distância euclidiana. Neste grupo foi encontrado similaridade por meio do Al.

Na análise de componentes principais, os atributos químicos das duas camadas avaliadas

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

(0,0-0,10 e 0,10-0,20 m) apresentaram dois componentes principais, retendo mais de 70% da informação (Artes 1998). Os dois componentes principais reuniram, aproximadamente, 80% da variação total dos dados, compostos por 11 variáveis (atributos químicos do solo) nos seis sistemas de manejo (Tabela 4).

Tabela 4. Autovalores e estatística dos componentes principais (CP) (Dourados, MS, safra 2013/2014)

CP	Autovalores	% Total	Acumulativo	Acumulado (%)
		----------0,00-0,10 m ----------		
1	4,97	45,17	4,97	45,17
2	3,75	34,09	8,72	79,25
3	1,45	13,22	10,17	92,47
4	0,70	6,40	10,88	98,88
5	0,12	1,12	11,00	100,00
		----------0,10-0,20 m ----------		
1	6,11	55,57	6,11	55,57
2	2,53	22,94	8,64	78,51
3	1,43	13,01	10,07	91,53
4	0,81	7,41	10,88	98,94
5	0,12	1,06	11,00	100,00

Na camada de 0,00-0,10 m, os sistemas PR, PD, PDE e PDEC tiveram maior contribuição para formar o primeiro componente (CP1), sendo que o sistema PD foi o que mais contribuiu (Tabela 5). Na camada de 0,10-0,20 m, PC, PD, PDEC e PCS foram os sistemas de manejo que mais contribuíram para a composição desse componente (CP1), sendo o maior valor encontrado no sistema PC. Quanto ao segundo componente (CP2) na camada de 0,00-0,10 m, os tratamentos PC, PDE e PCS contribuíram mais para sua composição, com o sistema PC apresentando maior contribuição. Na camada de 0,10-0,20 m, os sistemas PR, PDE e PDEC apresentaram maior contribuição para composição da CP2, sendo que PR foi o mais importante para esse componente (Tabela 5).

Tabela 5. Contribuição de cada sistema de manejo nos componentes principais (CP) (Dourados, MS, safra 2013/2014)

Tratamentos	CP1	CP2
	----------0,00-0,10 m----------	
PC	2,57	36,91
PR	22,84	5,26
PD	28,13	0,68
PDE	18,53	19,80
PDEC	18,25	2,18
PCS	9,67	35,17
	----------0,10-0,20 m----------	
PC	20,21	0,06
PR	1,70	62,69
PD	16,76	5,48
PDE	0,92	13,52
PDEC	20,89	13,90
PCS	39,50	4,34

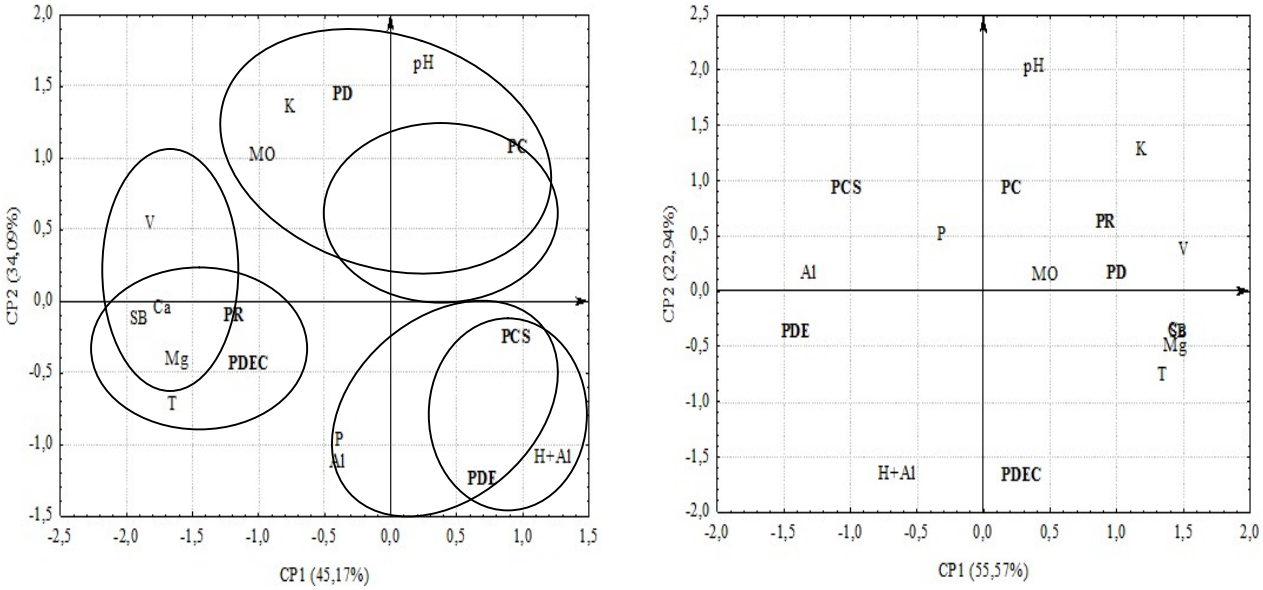
Plantio direto (PD); plantio direto escarificado (PDE); plantio direto escarificado cruzado (PDEC); preparo convencional (PC); preparo reduzido (PR) e preparo conservacionista (PCS).

Na camada de 0,0-0,10 m (A), o sistema PD se aproxima de PC mesmo não estando no mesmo quadrante e, o atributo químico que mais aproxima esses sistemas é o pH, provavelmente, por estes apresentarem os maiores valores para esta camada e também por seus valores serem muito próximos (Figura 2). Porém os valores de K, MO e V% entre esses sistemas foi distante, evidenciando que o preparo desses sistemas pode ser também o provável fator de similaridade entre

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

os mesmos. O maior valor de MO, próximo a PD, também foi observado por Cunha et al. (2012) que concluíram que os cultivos com plantas de cobertura aumentam os teores de MO do solo.

Nos sistemas PR e PDEC verificou-se que os atributos Ca, SB, Mg e CTC exerceram maior influência para a similaridade, e os atributos P e Al pouco influenciaram, provavelmente por apresentarem valores mais distantes (Figura 2). Entre os sistemas PCS e PDE, foi o atributo H+Al que mais influenciou a similaridade entre ambos, pois estes dois sistemas apresentaram os maiores valores para este atributo.



0,00-0,10 m (A) 0,10-0,20 m (B)

Figura 2. Gráfico biplot dos componentes principais em função dos sistemas de manejo e dos atributos químicos das camadas avaliadas: 0,00-0,10 m (A) e 0,10-0,20 m (B) (Dourados, MS, safra 2013/2014). pH em água; P: Fósforo (mg dm^{-3}); K: Potássio ($cmol_c$ dm^3); Al: Alumínio ($cmol_c$ dm^3); H+Al: Acidez potencial ($cmol_c$ dm^3); Ca: cálcio ($cmol_c$ dm^3); Mg: Magnésio ($cmol_c$ dm^3); SB: Soma de bases trocáveis ($cmol_c$ dm^3); CTC: Capacidade de troca de cátions ($cmol_c$ dm^3); V%: Saturação por bases; MO: Matéria orgânica (g kg^{-1}). Plantio direto (PD); plantio direto escarificado (PDE); plantio direto escarificado cruzado (PDEC); preparo convencional (PC); preparo reduzido (PR) e preparo conservacionista (PCS).

Na camada de 0,10-0,20 m (B), os sistemas PCS e PDE apresentaram valores de Al muito próximos, justificando a proximidade desses sistemas mesmo em quadrantes diferentes (Figura 2b). Os teores de P e H+Al exerceram pouca influência entre os sistemas. Os sistemas PR e PD sofreram influência dos atributos K, V% e MO, formando um grupo distinto no dendograma, e PC divide o mesmo quadrante com PR e PD, provavelmente por PC e PR apresentarem valores iguais de pH.

No PDEC os valores de Ca variaram muito próximos aos observados em PR e PD e os valores de SB também ficaram altos entre esses três sistemas. Entre os sistemas PR, PD, PC e PDEC, os valores de Mg tiveram pouca variação. Os valores de CTC foram maiores no sistema PDEC, porém variou próximo dos valores encontrados para PR e PD.

Conclusões

O manejo do solo influenciou a similaridade entre os sistemas de preparo convencional e de plantio direto na camada de 0,00-0,10 m e, que o grupo formado pelos sistemas de preparo reduzido e de plantio direto escarificado cruzado foi influenciado pelos maiores valores de Ca, Mg, SB, CTC e V%.

Na camada de 0,10-0,20 m, os subgrupos plantio direto escarificado cruzado, preparo reduzido, preparo convencional e plantio direto

foram influenciados pelos valores elevados dos atributos K, SB, Mg, CTC, V%, MO e pH.

Agradecimentos

A CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela concessão da bolsa de mestrado do primeiro autor. Ao CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela bolsa de produtividade do segundo autor (Processo: 301428/2012-3). À UFGD – Universidade Federal da Grande Dourados.

Referências

ARATANI, R. G.; FREDDI, O. da S.; CENTURION, J. F.; ANDRIOLI, I. Qualidade física de um Latossolo Vermelho acriférrico sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, p.677-687, 2009.

CAIRES, E. F.; BANZATTO, D. A.; FONSECA, A. F. Calagem na superfície em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 161-169, 2000.

CARDOSO, E. L.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; FERREIRA, M. M.; de FREITAS; D. A. F. Qualidade química e física do solo sob vegetação arbórea nativa e pastagens no Pantanal Sul-Mato-Grossense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, p.613-622, 2011.

CÔRREA, M. C. de M.; CONSOLINI, F.; CENTURION, J. F. Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho Distrófico sob cultivo contínuo de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 23, n. 5, p. 1159-1163, 2001.

CUNHA, E. DE Q.; STONE, L. F.; FERREIRA, E. P. DE B.; DIDONET, A. D.; MOREIRA, J. A. A. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo sob produção orgânica impactados por sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n.1, p56-63, (2012).

DONAGEMA, G.K.; CAMPOS, D. V. B. DE; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M. **Manual de métodos de análise de solo**. 2ª Ed. Revista. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Centro Nacional de Pesquisas de Solos, 2006. 370p.

FALLEIRO, R. M.; SOUZA, C. M.; SILVA, C. S. W.; SEDIYAMA, C. S.; SILVA, A. A.; FAGUNDES. J. L. influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 1097-1104, 2003.

NOGUEIRA, M. C. S. **Experimentação agronômica I**. Piracicaba: Universidade de São Paulo, 2007. 463p.

RODRIGUES, F. S. **Variabilidade espacial da resistência mecânica do solo à penetração em área sob sistema plantio direto**. 47f. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados-MS.

RONQUIM, C.; C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. Embrapa Monitoramento por Satélite. Campinas: n. 8, 2010. 26 p.

SNEATH, P.H.A.; SOKAL, R.R. **Numeral taxonomy. San Francisco**: W.H. Freeman. 1973, 573p.

TECNOLOGIAS DE PRODUÇÃO DE SOJA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL 2011. **Embrapa Soja:** Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste. Londrina: 10 ed., n. 14. 2010. 255p.

VALENTIN, J. L. **Agrupamento e ordenação.** Oecologia Brasiliensis, Rio de Janeiro, v. 2, p. 27-55, 1995.