

PROPRIEDADES QUÍMICAS DE UM LATOSSOLO VERMELHO (VE) SOB MATA NATIVA E SISTEMAS DE PRODUÇÃO ORGÂNICO, EM CONVERSÃO E CONVENCIONAL DO CAFEIEIRO (*Coffea arabica* L.) NA REGIÃO SUL DE MINAS GERAIS

THEODORO, V.C.A.¹; ALVARENGA, M.I.N.²; GUIMARÃES, R.J.³ e MOURÃO JÚNIOR, M.⁴

¹ Agrônoma, Ms Fitotecnia, Cx. P. 37 CEP37200-000 Lavras-MG, <theodoro@lavras.br>; ² Pesquisadora da EPAMIG/CTSM - Lavras-MG; ³ Professor do DAG/UFLA-Lavras-MG; ⁴ Biólogo, Ms Estatística.

RESUMO: Com o objetivo de caracterizar sistemas de produção de café orgânico {O}, em conversão {E} e convencional {CV}, foram avaliadas características químicas de um Latossolo Vermelho-Escuro (LE), em relação a um fragmento de mata nativa {MN}. Em duas fazendas sob influência de condições similares de solo, clima e relevo apresentando a mesma cultivar (Acaia IAC-474-19) e idade da lavoura (5 anos), foi realizado um levantamento de dados por um período de um ano, sendo a amostragem realizada em julho/99. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições. O solo foi amostrado em duas profundidades (0-20 e 20-40 cm), para determinação da fertilidade. Constatou-se que os sistemas {O}, {E} e {CV} melhoraram a fertilidade do solo, em comparação ao solo sob fragmento de mata nativa. Os manejos adotados nos diferentes sistemas de produção estudados provocaram, na camada superficial da região da projeção da copa dos cafeeiros, incrementos no pH e nos valores de Ca, Mg, K, P, S, Zn, B, CTC do solo, SB, V% e diminuição do Al trocável. Esses efeitos foram mais pronunciados no café orgânico, seguido pelo café em conversão.

Palavras-chave: café, solo, sistema de produção, café orgânico.

ABSTRACT: The chemical properties of Dark-Red Latosol (LE) under coffee trees in systems of organic {O}, in conversion {E} and conventional {CV} production, were studied relative to a patch of native wood {NW} on two neighboring farms situated in the town of Santo Antonio do Amparo/MG. The farmings presented the same cultivar (Acaia IAC-474-19) and age (five years). The samplings of the soil were performed in July/99. The soil was sampled in two depths (0-20 and 20-40 cm) for determination of fertility. It was found that the managements adopted in the systems {O}, {E} and {CV} provoked on the soil surface layer, increases in pH and in the values of Ca, Mg, K, P, S, Zn, B, soil CEC, SB, V% and

decreased exchangeable aluminum, these effects being more marked in the system {O} followed by the system {E}.

Key words: coffee, soil, production system, organic coffee.

INTRODUÇÃO

O amplo desenvolvimento científico e tecnológico da cafeicultura convencional do século XX vem assegurando alta produtividade e lucratividade. No entanto, a difusão de pacotes tecnológicos que preconizam a utilização de altas dosagens de adubos químicos e o controle de pragas e doenças como métodos para resguardar o potencial produtivo das lavouras obrigam o produtor a utilizar aplicações sistemáticas de agrotóxicos, o que vem elevando o custo de produção e inviabilizando a sustentabilidade do agroecossistema cafeeiro, gerando total dependência de insumos industrializados.

A produção de café legitimamente orgânico é um sistema alternativo que se fundamenta em três princípios básicos da agricultura orgânica: a não-utilização de agrotóxicos, a busca do equilíbrio solo/planta através do manejo racional do solo e a valorização social do trabalhador rural. O conceito de "orgânico" baseia-se no manejo de sistemas agropecuários de modo similar à vida de um organismo, respeitando o potencial produtivo da propriedade agrícola. Nesses sistemas ou "organismos agrícolas", a produção vegetal e animal, a exploração dos recursos naturais e principalmente o homem evoluem de forma totalmente integrada.

Objetivou-se neste trabalho caracterizar as alterações dos parâmetros químicos de LE sob sistemas de produção do cafeeiro (*C. arabica* L) orgânico, em conversão e convencional, em comparação ao ecossistema natural (fragmento de mata nativa).

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo constou de um levantamento de dados por um período de um ano, sendo as amostragens realizadas em julho/99. Foi utilizado LE sob sistemas orgânico {O}, em conversão {E} e convencional {CV}, adotando-se como testemunha o solo de um fragmento de mata nativa {MN}, compondo os quatro ambientes de estudo ou tratamentos. A demarcação de talhões foi feita com um número médio de 2.500 covas. Cada talhão apresentou quatro parcelas experimentais, cada uma contendo

40 plantas, com 16 plantas úteis e 24 plantas na bordadura. As duas linhas laterais foram também consideradas como bordadura.

O solo foi amostrado em duas profundidades (0-20 e 20-40 cm). As amostragens foram feitas com trado holandês na projeção da copa do cafeeiro (local de adubação), a uma profundidade de 0-20 e 20-40 cm, nas quatro repetições/talhão já demarcadas (na área central das 16 plantas úteis), para cada profundidade e para cada um dos três sistemas de produção do cafeeiro estudados. No fragmento de mata nativa, foram estabelecidos quatro pontos de amostragem com 12 pontos de coleta, formando a amostra composta, procedimento adotado para os talhões de café orgânico, em conversão e convencional. As amostras simples desses 12 pontos (separados por profundidade) foram homogeneizadas, sendo retirada uma amostra para cada profundidade, com cerca de 1,0 kg de material de solo, que foi acondicionada em saco plástico devidamente etiquetado.

As amostras de material de solo foram analisadas no Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Ciência do Solo da UFLA, conforme metodologia descrita a seguir: pH em H₂O na relação 1:2,5 (solo:água), de acordo com o método proposto por McLean (1982). O alumínio trocável foi extraído com KCl 1N e analisado por titulometria com NaOH 0,025N (Barnhisel e Bertsch, 1982). As bases trocáveis foram extraídas com KCl 1N e determinadas por titulometria com EDTA 0,025 N (Lanyon e Heald, 1982). O fósforo e o potássio disponíveis foram obtidos com a solução extratora Mehlich I (HCl 0,05N + H₂SO₄ 0,025 N) e analisados por colorimetria e fotometria de chama, respectivamente (EMBRAPA, 1979). O enxofre foi determinado por turbidimetria (Blanchar et al., 1965). O teor de carbono do solo foi determinado segundo metodologia descrita por Defelipo e Ribeiro (1981). O teor de boro disponível foi determinado por extração com água quente e analisado por fotolorimetria (Reisenauer et al., 1973). Os demais micronutrientes foram extraídos através de solução de agentes complexantes, DTPA (ácido dietilenotriaminopentacético) (Raij et al., 1987). Os valores de CTC efetiva e CTC a pH 7,0 foram obtidos de maneira indireta através dos valores de acidez potencial, bases trocáveis e alumínio trocável (Vettori, 1969). Os demais índices, soma de bases (S), saturação de bases (V) e saturação de alumínio (m) foram determinados segundo a Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (1999).

Os efeitos dos diferentes sistemas de produção do cafeeiro sobre as propriedades químicas do LE estudado foram verificados a partir da análise de variância, segundo delineamento inteiramente casualizado, com três sistemas de produção: café convencional {CV}, café orgânico {O}, café em conversão {E} e fragmento de mata nativa {MN} e as quatro repetições. A diferença entre as médias foi avaliada através do teste de Duncan a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos parâmetros químicos do solo demonstrou, em geral, que, após cinco anos de implantação do cafezal, os sistemas de produção orgânica, em conversão e convencional aumentaram a fertilidade do solo em comparação ao solo sob o fragmento de mata nativa.

As variáveis da acidez do solo apresentaram diferenças entre {MN}, sistemas de produção do cafeeiro e profundidade de amostragem (0-20 e 20-40 cm); exceto para as variáveis Al (alumínio) e m% (saturação por alumínio), não foi detectado o efeito da interação sistemas e profundidade de amostragem. Notou-se que os valores de pH são mais elevados na camada superficial do solo, principalmente nos sistemas {E} e {O} (Tabela 1), que recebem aportes de matéria orgânica anualmente. É interessante ressaltar que a prática da aplicação superficial de casca de café, única forma de adubação orgânica realizada com periodicidade bianual no cafezal convencional, e as adições de calcário e superfosfato simples influenciaram a obtenção de valores de pH maiores neste sistema em relação aos encontrados na {MN}. O aumento do pH nos sistemas {O} e {E} está diretamente relacionado com a prática da adubação orgânica e cobertura vegetal permanente do solo, pois Pavan et al. (1997) observaram, em cafeeiro adensado, que o acúmulo de matéria orgânica no solo significa redução de perdas de ânions orgânicos do sistema e aumento do consumo de H^+ . A alcalinização dos solos através de técnicas de cobertura morta com resíduos vegetais foi observada em lavouras cafeeiras por Medcalf (1956), Pavan et al. (1986), Pavan et al. (1986) e Paes et al. (1996).

Em relação à acidez potencial ($H + Al$) e ao alumínio trocável (Al^{+3}), os sistemas {MN} e {CV} registraram os maiores valores nas duas camadas estudadas (Tabela 1). Entretanto, os teores de Al^{+3} encontrados no sistema {CV}, tanto em superfície quanto em subsuperfície, foram muito baixos ($\leq 0,20$ $cmolc.dm^{-3}$), e o valor de $H+Al$ foi médio (2,51 a 5,0 $cmolc.dm^{-3}$), de acordo com a CFSEMG (1999). Na {MN}, observaram-se teores médios para Al^{+3} (0,51 a 1,0 $cmolc.dm^{-3}$) e valores altos para $H+Al$ (5,01 a 9,0 $cmolc.dm^{-3}$), nas duas camadas estudadas. Nos sistemas {O} e {E}, verificou-se, nas duas camadas (0-20 e 20-40 cm), teor nulo a muito baixo de Al^{+3} ($\leq 0,20$ $cmolc.dm^{-3}$); na camada superficial observou-se valor baixo de $H+Al$ (1,01 a 2,50 $cmolc.dm^{-3}$); e na camada subsuperficial, valor médio (2,51 a 5,00 $cmolc.dm^{-3}$). Ressalta-se que o sistema {E} apresentou uma tendência de maior valor de Al^{+3} na camada de 20-40 cm, em relação ao sistema {O}, o que demonstra claramente a transição desse sistema. De acordo com Tomé Júnior (1997), os valores de pH nos quais se espera a ocorrência de Al^{+3} em níveis tóxicos são menores que 5,5 (em água), o que foi encontrado apenas na {MN}.

Tabela 1 - Valores de SB: soma de bases (mg.dm^{-3}), m.o.: matéria orgânica (%), pH (H_2O), Al: alumínio (cmolc.dm^{-3}), H+Al: acidez potencial (cmolc.dm^{-3}) e m% (saturação por alumínio) em função dos tratamentos e das profundidade de amostragem

Sistemas	[SB]			[pH]			[Al]		
	0-20cm	20-40cm	Média	0-20cm	20-40cm	Média	0-20cm	20-40cm	Média
{CV}	3,95 c1	2,83 a2	3,39 bc	5,40 b1	5,25 b1	5,33 bc	0,08 a1	0,13 a1	0,11 b
{E}	5,78 b1	3,23 a2	4,50 ac	6,08 a1	5,23 b2	5,65 b	0,00 b2	0,13 a1	0,07 b
{O}	7,10 a1	3,35 a2	5,23 a	6,78 a1	6,23 a2	6,50 a	0,00 b1	0,00 b1	0,00 bc
{MN}	0,98 d1	0,65 b1	0,81 b	5,15 b1	5,00 b1	5,18 bc	0,58 a1	0,58 a1	0,58 a
Média	4,45 1	2,51 2	3,48	5,85 1	5,43 2	5,64	0,17 1	0,21 2	0,19

Sistemas	[m.o.]			[H+Al]			[m%]		
	0-20cm	20-40cm	Média	0-20cm	20-40cm	Média	0-20cm	20-40cm	Média
{CV}	3,9 a1	3,28 a1	3,59 a	4,10 a1	4,65 a1	4,38 b	1,80 b1	3,75 a1	2,78 b
{E}	3,23 b1	2,45 bc2	2,84 b	2,33 b2	3,45 b1	2,89 c	0,00 b1	3,88 a1	1,94 b
{O}	3,10 b1	2,50 b2	2,80 b	1,50 b2	2,75 b1	2,13 d	0,00 b1	0,00 b1	0,00 b
{MN}	3,08 b1	2,10 bc2	2,59 b	5,78 a1	5,55 a1	5,67 a	37,45 a1	47,80 a1	42,63 a
Média	3,33 1	2,58 2	2,95	3,43 1	4,10 2	3,77	9,81 1	13,86 2	11,84

Valores precedidos de mesma letra, na vertical, e mesmo número, na horizontal, não diferem significativamente a 5%, segundo o teste de Duncan. Letras- referentes aos sistemas avaliados. Números: referentes a profundidade de amostragem (0-20cm e 20-40 cm). Tratamentos: {CV} sistema convencional, {E} sistema em conversão, {O} sistema orgânico e {MN} mata nativa.

Os resultados indicaram a ocorrência de acidificação do solo na área sob a projeção da copa das plantas no sistema {CV}, em comparação ao sistema {O} (Tabela 1). Sanches (1998) observou resultados similares em pomar de laranja, após dezoito anos da sua implantação e retirada da vegetação nativa. Esse abaixamento do pH pode ser decorrente do uso de fertilizantes nitrogenados no sistema {CV}, principalmente aqueles contendo N na forma amoniacal ou amídica (sulfato de amônio, nitrato de amônio e/ou uréia), que geram H^+ ao serem nitrificados no solo. A acidificação do solo gerada pela utilização de fertilizantes minerais em cobertura foi detectada por vários trabalhos (Moraes et al., 1979; Pavan et al., 1986; Hiroce et al., 1976; Pavan, 1992). Além disso, a utilização do cloreto de potássio, principal fonte de adubação potássica para lavouras convencionais, interfere na qualidade de bebida (Silva, 1999) e aumenta no solo o teor de dois componentes da acidez, o Al e o Mn.

Foi notada diminuição do teor de m.o. com o aumento da profundidade (Tabela 1), evidenciando inicialmente diferenças entre o solo sob cultivo do cafeeiro e sob mata nas duas profundidades estudadas. Segundo a CFSEMG (1999), o teor de m.o. é classificado como médio (2,01 a 4,0%) em todos os tratamentos nas duas camadas. Esse resultado pode estar associado à proteção oferecida pelos diferentes tipos de manejo do cafeeiro e pela {MN}, favorecendo a não-ocorrência de perdas por erosão e

manutenção da fertilidade do solo. Um ponto interessante que caracteriza o manejo adotado nos sistemas {O} e {E} é a busca do equilíbrio nutricional das plantas através da capacidade natural de suprimento, principalmente de N do solo, pela manutenção da cobertura vegetal permanente do solo através da roçada do mato, pela aplicação de casca de café e pela adubação verde. Em termos práticos e respeitando os fatores que afetam a mineralização, Vale et al. (1997) afirmam que 1 a 4% do nitrogênio orgânico são mineralizados durante o período normal de cultivo de culturas anuais. Portanto, para cada 1% de m.o. no solo, a sua capacidade natural de suprimento de N varia de 10 a 40 kg N.ha⁻¹.cultivo.

Nos teores encontrados para o P no solo, nas duas profundidades amostradas (Tabela 2), verificou-se influência dos tratamentos, refletindo diferença acentuada entre os valores encontrados na {MN} e nos talhões de café, principalmente levando-se em consideração a fonte de adubação fosfatada utilizada nos sistemas {O}, {E} e {CV}. No plantio e período de formação do cafezal, é freqüente a aplicação de formulações relativamente ricas em P₂O₅. Os valores elevados de P no solo, encontrados nos sistemas {O} e {E}, podem estar relacionados às quantidades deste nutriente adicionadas anualmente, via adubação, cuja fonte utilizada é o termofosfato, que possui solubilidade média.

Tabela 2 - Teores de CTC efetiva: t (cmolc.dm⁻³), fósforo: P (mg.dm⁻³), potássio: K (mg.dm⁻³), magnésio: Mg (cmolc.dm⁻³), boro: B (mg.dm⁻³) e zinco: Zn (mg.dm⁻³) em função dos tratamentos e da profundidade de amostragem

Sistemas	[t]			[P]			[K]		
	0-20 cm	20-40 cm	Média	0-20 cm	20-40 cm	Média	0-20 cm	20-40 cm	Média
{CV}	4,03 c1	2,93 a2	3,48 bc	6,25 b1	2,50 b2	4,38 b	105,50 bcd1	58,0 bc2	81,75 b
{E}	5,78 b1	3,33 a2	4,55 ac	61,75 a1	11,0 a2	36,38 a	142,50 bc1	111,0 b1	126,75 a
{O}	7,10 a1	3,35 a2	5,23 a	61,50 a1	5,0 b2	33,25 a	367,75 a1	258,50 a2	313,13 a
{MN}	1,55 d1	1,23 b2	1,39 b	1,0 b1	1,0 bc1	1,0 b	66,75 bd1	39,50 bc1	53,13 b
Média	4,61 1	2,71 2	3,66	32,63 1	4,88 2	18,75	170,63 1	116,75 2	143,69

Sistemas	[Mg]			[B]			[Zn]		
	0-20 cm	20-40 cm	Média	0-20 cm	20-40 cm	Média	0-20 cm	20-40 cm	Média
{CV}	0,90 b1	3,28 a1	3,59 a	0,43 b1	0,53 a1	0,48 ac	0,98 b1	0,28 a2	0,63 ac
{E}	1,85 b1	2,45 bc2	2,84 b	0,55 b1	0,40 a2	0,48 ac	2,18 a1	0,95 a1	1,56 a
{O}	3,10 b1	2,50 b2	2,80 b	0,80 a1	0,40 a2	0,60 a	2,83 a1	0,55 a2	1,69 a
{MN}	3,08 b1	2,10 bc2	2,59 b	0,48 b1	0,25 b2	0,36 bc	0,23 b1	0,10 b1	0,16 bc
Média	3,33 1	2,58 2	2,95	0,56 1	0,39 2	0,48	1,55 1	0,47 2	1,01

Valores precedidos de mesma letra, na vertical, e mesmo número, na horizontal, não diferem significativamente a 5%, segundo o teste de Duncan. Letras - referentes aos sistemas avaliados. Números - referentes à profundidade de amostragem. Tratamentos: {CV} sistema convencional, {E} sistema em conversão, {O} sistema orgânico e {MN} mata nativa.

Os sistemas de produção do cafeeiro e a {MN} afetaram os teores de K (Tabela 2), bem como a profundidade de amostragem, pois verificou-se que a sua disponibilidade diminuiu em profundidade tanto na {MN} como nos sistemas {O}, {E} e {CV}. Os teores de K obtidos nos sistemas {O}, {E} e {CV}, nas duas camadas amostradas, podem estar relacionados ao teor de matéria orgânica do solo, CTC do solo, tipo de ânions presentes na solução, cobertura vegetal e fonte de K utilizada. A verificação de teores médios (60 a 120 mg.dm^{-3}) a muito bons ($>200 \text{ mg.dm}^{-3}$) de K na camada de $0-20 \text{ cm}$, nos diferentes sistemas de produção, indica que adubações são práticas constantes no cafezal. No sistema {CV}, a fonte de K utilizada foi o cloreto de potássio, principal fertilizante potássico aplicado em lavouras comerciais. No sistema {E} foi utilizado o KCl até o início do período de conversão, quando se passou a utilizar as fontes de K recomendadas para o sistema {O}, como a palha de café, composto, esterco curtido de vaca, esterco de galinha e cinza vegetal.

As médias obtidas para a soma de bases (SB) dos tratamentos nas camadas de $0-20$ e $20-40 \text{ cm}$ refletiram o comportamento das bases (Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^{+}) no solo, em resposta aos manejos adotados (Tabela 1). Foram detectadas diferenças na camada superficial entre o sistema {O} com o maior valor de SB, classificado pela CFSEMG (1999) como muito alto ($> 6,0 \text{ cmolc.dm}^{-3}$), e os sistemas {CV} e {E}, que apresentaram valor alto ($3,61$ a $6,0 \text{ cmolc.dm}^{-3}$). A maior SB detectada no sistema {O}, que apresenta consequentemente alta CTC efetiva, está relacionada ao aumento do pH e dos teores de Ca^{+2} , Mg^{+2} e K^{+} , além da redução do Al^{+3} na camada superficial do solo, gerados provavelmente pela aplicação de matéria orgânica na forma de: composto, esterco de galinha, húmus e chorume de porco. Na camada subsuperficial, não foram detectadas diferenças entre os sistemas {CV}, {O} e {E}, que registraram valores médios ($1,81$ a $3,60 \text{ cmolc.dm}^{-3}$) para a SB, enquanto a {MN} apresentou valores baixos ($0,61$ a $1,80 \text{ cmolc.dm}^{-3}$) nas duas camadas estudadas.

A Figura 1 apresenta a ordenação proposta pelo dendrograma de dissimilaridade em função das variáveis de fertilidade do solo. Nota-se nítida tendência de formação de quatro grupos com comportamentos similares, partindo-se do primeiro grupo (de baixo para cima), formado pela {MN} nas duas camadas ($0-20$ e $20-40 \text{ cm}$), que representa a condição natural do solo sem interferência antrópica, caracterizada pela pobreza em bases e os altos valores para a acidez e seus componentes (pH, $\text{H}+\text{Al}$, Al e $\text{m}\%$), refletindo a baixa fertilidade natural do solo.

Os sistemas {O} e {E} na camada subsuperficial do solo formam o segundo grupo, registrando grande similaridade no comportamento das variáveis químicas do solo. Os resultados de alguns parâmetros refletiram o processo de transição do sistema {E} para a agricultura orgânica, como: a) acidez média no sistema {E} e acidez fraca no sistema {O} - o teor de alumínio trocável (Al^{+3}) foi nulo a muito

baixo e a acidez potencial (H+Al) foi média nos dois sistemas; b) altos teores de sulfato e teores médios de B nos dois sistemas; c) teor médio de Zn no sistema {E} e teor baixo no sistema {O}; e d) teor médio de Mn no sistema {E} e teor baixo no sistema {O}.

O terceiro grupamento é constituído pelos sistemas {O} e {E} na camada superficial, apresentando homogeneidade de resultados em resposta ao manejo orgânico do solo. Algumas variáveis apresentaram o mesmo comportamento nos dois sistemas: teores nulos a muito baixos de Al^{+3} , valor baixo para acidez potencial, altos teores de P, Zn, Ca, Cu e CTC efetiva, teor muito alto de Mg, teor médio de Mn e m.o. e uma CTC a pH 7,0 média. O sistema {O} apresentou efeitos mais pronunciados na melhoria da fertilidade do solo, devido a algumas características, como: acidez fraca, teores muito altos de K, SB e V%, teor alto de B, enquanto o sistema {E} apresentou acidez média e teores altos de K, SB e V%.

O sistema de produção de café convencional nas camadas 0-20 e 20-40 cm apresentou-se como o quarto grupo, evidenciando as diferenças do manejo adotado neste sistema, caracterizado na camada superficial por acidez média, teores de Al^{+3} muito baixos, acidez potencial média, teor médio de P, K e m.o., teor alto de Ca, Cu, Mn e soma de bases, teor médio de Mg, Zn e CTC efetiva, teor bom de B, V% de 49,45 e CTC a pH 7,0 média. A camada subsuperficial apresentou teor bom de B, teor baixo de Zn, teor alto de Cu e Mn e teores médios de m.o. e SB.

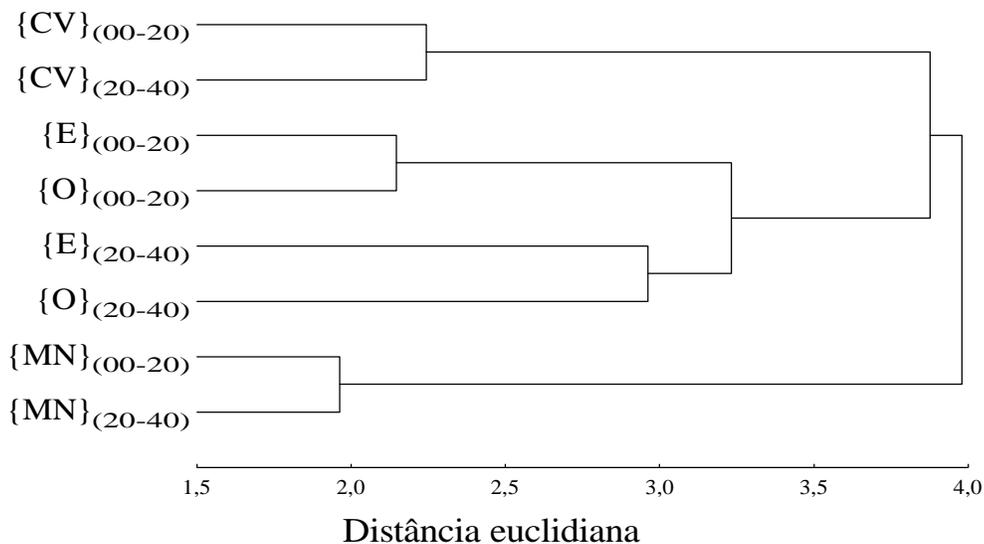


Figura 1 - Dendrograma de dissimilaridade entre o fragmento de mata nativa {MN} e os sistemas de produção do cafeeiro: convencional {CV}, em conversão {E} e orgânico {O}, em função das variáveis de fertilidade do solo nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARENGA, M.I.N. **Propriedades físicas, químicas e biológicas de um Latossolo Vermelho-Escuro em diferentes ecossistemas**. Lavras:UFLA, 1996. 211p. (Tese-Doutorado em Fitotecnia).
- BARNHISEL, R.; BERTSCH, P. M. Aluminium In: PAGE, A. L.; MILLER, R. H.; KEENEY, D. R. **Methods of soil analysis: chemical and microbiological properties**. 2. ed. Madison:ASA, 1982. pt.2. p.275-296.
- BLANCHARD, R.W.; REHM, G.; CALDWELL, A.C. Sulfur in plant material digestion with nitric and perchloric acid. **Soil Science Society Proceedings**, Madison, v.29, n.1, p.71-71, Jan.1965.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, 5ª aproximação**. Lavras, 1999. 359p.
- DEFELIPO, B.V.; RIBEIRO, A.C. **Análise química do solo**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1981. 17p. (Boletim de Extensão, 29).
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro:SNLCS, 1979. n.p.
- HIROCE, R.; BATAGLIA, O.C.; SOARES, E.; FURLANI, A.M.C.; MORAES, F.R.P. Efeito residual da adubação mineral e orgânica na composição química do solo e na composição de folhas de café cultivado em Mococa. **Bragantia**, v.35, p.169-175, 1976.
- LANYON, L.E.; HEALD, W.R. Magnesium, calcium and barium. In: PAGE, A. L.; MILLER, R.H.; KEENEY, D.R. **Methods of soil analysis: chemical and microbiological properties**. 2.ed. Madison:ASA, 1982. pt.2, p.247-260.
- McLEAN, E. O. Soil pH and lime requirement. In: PAGE, A.L.; MILLER, R. H.; KEENEY, D. R. **Methods of soil analysis: chemical and microbiological properties**. 2.ed. Madison:ASA, 1982. pt.2, p.199-223.
- MEDCALF, J.C. **Estudos preliminares sobre aplicação de cobertura morta em cafeeiros novos do Brasil**. São Paulo:International Basic Economic Cooperation/International Research Institute, 1956. 59p. (IRI. Boletim, 12).
- MORAES, F.R.P.; GALLO, J.R.; IGUE, T.; FIGUEIREDO, J.J. de. Efeito de três fertilizantes acidificantes sobre a concentração de alumínio e de manganês em folhas e raízes de cafeeiros. **Bragantia**, Campinas, v.38,n.2,p.7-17, 1979.

- PAES, J.M.V.; ANDREOLA, F.; BRITO, C.H.; LOURES, E.G. Decomposição da palha de café em três tipos de solo e sua influência sobre a CTC e o pH. **Revista Ceres**, v.43, n.249, p.674-683, 1996.
- PAVAN, M.A. Estratificação da acidez do solo devido a adubação nitrogenada em pomares estabelecidos de macieira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v.14, n.2, p.135-138, 1992.
- PAVAN, M.A.; CARAMORI, P.H.; ANDROCIOLI FILHO, A.; SCHOLZ, M.F. Manejo da cobertura do solo para formação e produção de uma lavoura cafeeira. I. Influência na fertilidade do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.21, p.187-192, 1986.
- PAVAN, M.A.; CHAVES, J.C.D.; MESQUITA FILHO, L. Manejo da adubação para formação de lavouras cafeeiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.21, n.1, p.33-42, jan. 1986.
- PAVAN, M.A.; CHAVES, J.C.D.; SIQUEIRA, R. ANDROCIOLI FILHO, A. **O sistema de plantio adensado e a melhoria da fertilidade do solo**. Piracicaba:Potafós, 1997. p.1-7. (Informações Agronômicas, 80).
- RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M.E.; LOPES, A.S.; BATAGLIA, O.C. **Análise química do solo para fins de fertilidade**. Campinas:Fundação Cargill, 1987. 170p.
- REISENAUER, H.M.; WALSH, L.M.; HOEFT, R.G. Testing soils for sulfur, boron, molibdenum and chlorine. In: WALSH, L.M.; BEATON, J.D. (ed.). **Soil Testing and plant analysis**. Madison:SSSA, 1973. p.418-425.
- SANCHES, A.C. **Alterações nas propriedades de um Podzólico Vermelho-Amarelo resultantes da substituição da mata natural pela cultura da laranja**. Piracicaba:ESALQ,1998. 49p. (Dissertação-Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- SILVA, E. de B. **Fontes e doses de potássio na produção e qualidade do café proveniente de plantas cultivadas em duas condições edafoclimáticas**. Lavras:UFLA, 1999. 105p. (Tese-Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).
- TOMÉ JR., J.B. **Manual para interpretação de análise de solo**. Guaíba: Agropecuária, 1997. 247p.
- THEODORO, V. C. de A. **Caracterização de sistemas de produção de café orgânico, em conversão e convencional**. Lavras: UFLA, 2001. 214p. (Dissertação - Mestrado em Agronomia/Fitotecnia).
- THEODORO, V.C. de. A.; CAIXETA, I.F. **Bases para a produção de café orgânico**. Lavras:UFLA, 1999. 68p. (Boletim Técnico de Extensão, 38).

VALE, F.R. do; GUILHERME, L.R.G.; GUEDES, G.A. de A.; FURTINI NETO, A.E. **Fertilidade do solo:** dinâmica e disponibilidade de nutrientes. Lavras:ESAL/FAEPE, 1997. 171p. (Curso-Especialização por Tutoria à Distância em Solos e Meio Ambiente).

VETTORI, L. **Métodos de análise de solo.** Rio de Janeiro:EPFS, 1969. 34p. (Boletim Técnico, 7).