

ALTERAÇÕES QUÍMICAS EM TRÊS SOLOS DECORRENTES DA APLICAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DA LAVAGEM E DESPOLPA DE FRUTOS DO CAFEEIRO CONILON

Giovanni de Oliveira Garcia¹, Paulo Afonso Ferreira², Antonio Teixeira de Matos³, Hugo Alberto Ruiz⁴, Sebastião Martins Filho⁵

RESUMO

Neste trabalho, objetivou-se avaliar as alterações nas propriedades químicas de três solos, amostrados nas faixas de profundidade de 0-0,40 e 0,40-1,00 m, em consequência à aplicação de águas residuárias da lavagem e despulpa de frutos do cafeeiro conilon. As amostras dos solos foram preparadas e, em seguida, saturadas com cinco diferentes diluições da água residuária, durante um período de 20 dias. Após a incubação, amostras foram retiradas de cada recipiente, para as análises químicas. Os teores de potássio, o pH, saturação por bases, capacidade de troca de cátions efetiva e a soma de bases aumentaram com a diluição da água residuária aplicada. Por outro lado, os valores de alumínio trocável, saturação por alumínio e acidez potencial (H+Al) diminuíram. A água residuária da lavagem e despulpa dos frutos do cafeeiro conilon apresentou reais possibilidades de uso como fertilizante agrícola, desde que sejam aplicadas doses adequadas ao tipo de solo, e sejam respeitadas as diretrizes técnicas fundamentadas nas exigências nutricionais da cultura instalada.

Palavras-chave: Efluente, *Coffea canephora* Pierre, Aproveitamento agrícola.

ABSTRACT

Chemical Changes In Three Soils Caused By The Application Of Wastewater From The Washing And Pulping Of The Conilon Coffee Cherries

This study was done to evaluate changes in the chemical properties incited by applying wastewater from the washing and depulping process of conilon coffee cherries in three soil types. The samples were withdrawn from 0-40 and 40-100 cm. The prepared soil samples were saturated with five different dilution of the wastewater during for 20 days, incubated and then subjected to chemical analysis. The potassium content, pH, base saturation, effective cation exchange capacity and total bases increased while the exchangeable aluminum, aluminum saturation, and potential acidity (H+Al) decreased depending upon the concentration of the wastewater. This wastewater showed the possibility of use as agricultural fertilizer, if applied at appropriate rate for each soil type, following the technical guidelines based on the nutritional demands of the installed crop.

Keywords: Waste, *Coffea canephora* Pierre, Agricultural utilization .

Recebido para publicação em 20.10.2006

¹ D.S., Depto de Ciências da Saúde, Biológicas e Agrárias, CEUNES, São Mateus, ES, e-mail: giovannigarcia@ceunes.ufes.br

² Ph.D., Departamento de Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa, MG.

³ D.S., Departamento de Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa, MG.

⁴ D.S. Departamento de Solos, UFV, Viçosa, MG

⁵ D.S., Departamento de Informática, UFV, Viçosa, MG

INTRODUÇÃO

O mercado de grãos de café, notadamente o externo, tornou-se bastante exigente nos últimos anos, no que se refere à qualidade do produto. Grãos que proporcionam bebida de má qualidade têm mercado restrito, enquanto os de boa bebida têm grande mercado (Vegro e Carvalho, 1994).

Conforme Pinto (2001), no Brasil, a maior parte da produção de frutos é ainda preparada por via seca, sendo a qualidade do produto final dependente da umidade e da temperatura durante a fase de produção, das condições climáticas durante o período de colheita (pluviosidade e umidade do ar) e dos cuidados na colheita e no preparo. A preparação por via úmida, dando origem ao café despulpado, é realizada a partir de frutos maduros, o que facilita a eliminação da polpa, fonte de fermentação, resultando em grãos de café de boa qualidade, independentemente da zona de produção.

Matos et al. (2001) afirmam que, para o processamento do fruto por via seca, a água é utilizada apenas nos lavadores para separação de impurezas, resultando a geração de pequeno volume de água residuária potencialmente poluente. Por outro lado, o processamento por via úmida constitui forte fonte poluidora, pois, além da água de lavagem, gera três a quatro litros de água residuária por quilograma de fruto processado.

No Brasil, conforme relatado por Soccol et al. (2000), o maior problema no processamento por via úmida dos frutos do cafeeiro é a destinação dos resíduos líquidos e sólidos gerados.

Segundo Souza et al. (1996), em decorrência da forte seletividade comercial, cria-se ambiente de crescente competitividade e de exigências com preservação do meio ambiente, passando as empresas a se preocuparem com o aproveitamento de resíduos e subprodutos gerados na atividade de transformação. Atualmente, a preocupação por parte de vários segmentos da sociedade em conter os desequilíbrios ecológicos, provocados pelo descarte de resíduos urbanos e agroindustriais, tem motivado o desenvolvimento de pesquisas no sentido de buscar soluções para a utilização econômica desses resíduos. No contexto agrônomo,

tem-se procurado utilizá-los como material condicionador do solo e como fertilizantes.

Costa et al. (1999) afirmam que, na agricultura moderna, grande quantidade de adubos químicos, adubos orgânicos, águas residuárias e, até mesmo resíduos diversos de substâncias químicas são adicionados ao solo, na forma de fertilizantes. Quando aplicados acima da capacidade de suporte do solo, esses insumos podem liberar íons e compostos, tóxicos ou não, que poderão poluir o solo e as águas subterrâneas. Os íons disponibilizados na solução do solo podem ser adsorvidos ao solo, absorvidos pelas plantas ou lixiviados das camadas superficiais do solo.

Matos et al. (2005), avaliando os efeitos da aplicação de água residuária da lavagem e despulpa dos frutos do cafeeiro (ARC), em alguns atributos químicos de um solo cultivado com três espécies forrageiras (azevém, aveia preta e milheto), observaram que os nutrientes aplicados no solo por meio da ARC, à exceção do potássio, não foram suficientes para proporcionar acúmulo na camada superficial do solo que, ao contrário, apresentou redução nas diluições de P disponível, Ca e Mg trocáveis. Nas parcelas que receberam ARC, as maiores diluições de nitrato foram observadas na camada superficial do solo (0 a 0,10 m), independentemente da espécie vegetal cultivada. Menores diluições em subsuperfície (0,30-0,50 m) foram encontradas nas parcelas cultivadas com milheto e azevém, quando fertirrigados com ARC.

A agricultura é a atividade que utiliza maior quantidade de água e pode tolerar águas de qualidade inferior, impróprias para indústria e uso doméstico. É inevitável, portanto, que exista uma crescente tendência para se encontrar, na agricultura, a solução para os problemas relacionados à destinação de efluentes. O uso agrícola dessas águas residuárias deve ser, cuidadosamente, planejado no sentido de controlar, em longo prazo, os efeitos de salinidade, sodicidade, toxidez de nutrientes e oligoelementos sobre o solo e culturas.

Neste contexto, objetivou-se neste trabalho avaliar as alterações nas propriedades químicas de três solos, decorrentes da aplicação da água residuária da lavagem e despulpa de frutos do cafeeiro conilon.

MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras de água residuária da lavagem e despolpa de frutos do cafeeiro conilon (ARC) foram coletadas, durante o período de colheita e processamento dos frutos do cafeeiro conilon, no período compreendido entre os meses de julho e agosto de 2002, na Fazenda Experimental de Marilândia, pertencente ao Instituto Capixaba de Pesquisa e Extensão Rural (Incaper), município de Marilândia – ES e armazenadas em recipientes plásticos de 60 litros.

Foram retiradas amostras de três solos, classificados como Neossolo Eutrófico, Argissolo Vermelho Amarelo e Latossolo Vermelho Amarelo, cultivados com cafeeiro nas faixas de profundidades de 0 a 0,40 e de 0,40 e 1,00 m. Após secagem ao ar, as amostras foram destorroadas e passadas em peneira de 0,004 m, sendo, em seguida, retiradas subamostras, as quais foram levadas ao laboratório, a fim de proceder às caracterizações físico-hídricas.

Na análise física dos solos, foram determinadas as seguintes variáveis: massa específica do solo, pelo método da proveta; massa específica das partículas, pelo método do balão volumétrico; análise

granulométrica, pelo método da pipeta; e equivalente de umidade, pelo método da centrífuga (Ruiz, 2003). Os resultados das análises físico-hídricas e químicas dos solos são apresentados no Quadro 1.

Para determinar as alterações químicas nas amostras de solo, proporcionadas pela aplicação da água residuária, foi efetuada a incubação com cinco diluições de água residuária, em vasos com capacidade de quatro litros.

O volume de solo em cada vaso correspondeu a 75% do volume total de cada vaso, enquanto a quantidade de água residuária, aplicada em cada vaso, correspondeu a 50% do volume de poros (porosidade). A quantidade de água residuária aplicada foi definida quando o teor de água no solo, depois de transcorrido o processo de redistribuição, atingia o valor próximo ao determinado para o equivalente de umidade, o qual é apresentado no Quadro 1.

O experimento foi montado em delineamento inteiramente casualizado e conduzido no esquema fatorial $3 \times 2 \times 5$, correspondendo a três solos, duas profundidades amostradas e cinco diluições de água residuária (0; 25; 50; 75 e 100% ARC) com três repetições.

Quadro 1. Resultados das análises físico-hídricas para a caracterização dos solos coletados na Fazenda Experimental de Marilândia - ES

Atributos dos solos	Neossolo		Argissolo		Latossolo	
	Profundidades (m)					
	0-0,40	0,40-1,0	0-0,40	0,40-1,0	0-0,40	0,40-1,0
Areia grossa (kg kg ⁻¹)	0,60	0,60	0,44	0,26	0,12	0,40
Areia fina (kg kg ⁻¹)	0,21	0,18	0,12	0,70	0,60	0,60
Silte (kg kg ⁻¹)	0,60	0,80	0,50	0,60	0,28	0,25
Argila (kg kg ⁻¹)	0,13	0,14	0,39	0,61	0,54	0,65
Massa específica do solo (kg dm ⁻³)	1,30	1,24	1,15	1,14	1,12	1,08
Massa específica de partículas (kg dm ⁻³)	2,56	2,55	2,53	2,53	2,51	2,51
Porosidade (m ³ m ⁻³)	0,55	0,56	0,60	0,61	0,61	0,62
Equivalente de umidade (kg kg ⁻¹)	0,12	0,13	0,18	0,23	0,36	0,38

As diluições foram calculadas, conforme a metodologia citada por Ferreira (2001), a qual se fundamenta na mistura de duas águas, sendo uma de qualidade marginal e outra de boa qualidade, para a irrigação de culturas visando à ampliação de áreas para cultivo agrícola, em locais onde a disponibilidade de água de boa qualidade é fator limitante. Segundo o autor, esta metodologia baseia-se na combinação entre a condutividade elétrica das duas águas em questão, sendo que a água resultante deve apresentar condutividade elétrica, que permita seu uso em cultivos agrícolas. A mistura foi feita, empregando-se a expressão

$$C_{mt} = \frac{C_{ab} \times Q_{ab} + C_{am} \times Q_{am}}{Q_{ab} + Q_{am}} \quad (1)$$

em que,

C_{mt} = condutividade elétrica da mistura das águas, $dS\ m^{-1}$;

C_{ab} = condutividade elétrica da água de boa qualidade, $dS\ m^{-1}$;

C_{am} = condutividade elétrica da água marginal, $dS\ m^{-1}$;

Q_{ab} = lâmina de água de boa qualidade, cm; e

Q_{am} = lâmina de água marginal, cm.

Subamostras de dois litros da água residuária foram acondicionadas em

recipientes plásticos e conservadas em caixas de isopor, contendo gelo, sendo levadas para o Laboratório da Qualidade da Água do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, onde foram efetuadas as seguintes análises: pH, por potenciometria; condutividade elétrica (CE), medida com o auxílio de condutivímetro; fósforo, por colorimetria; cálcio e magnésio por titulometria; e potássio e sódio, por fotometria de chama (Rump e Krist, 1992). Foram também calculadas a relação de adsorção de sódio e de potássio. No Quadro 2, apresenta-se a caracterização química da água de diluição e amostras das ARCs diluídas, utilizadas nos experimentos.

Durante o período de incubação, os vasos foram cobertos com sacos plásticos para evitar perdas de água por evaporação. Assim, o solo foi mantido úmido, durante o período de 20 dias, quando amostras de cada recipiente foram coletadas para realização das análises químicas, bem como da concentração de potássio, conforme anteriormente descritas.

Os resultados foram analisados, estatisticamente, em nível de significância de 5%. A comparação entre os solos foi realizada por teste de média (Tukey) e para as doses, quando apresentaram valores significativos, aplicou-se análise de regressão.

Quadro 2. Valores médios das características químicas das cinco águas preparadas com diferentes diluições da água residuária, utilizadas nos experimentos de incubação dos solos

Características	Diluições da ARC				
	0%	25%	50%	75%	100%
pH	6,39	7,18	7,39	7,44	7,51
CE _{ai} ($dS\ m^{-1}$)	$2,50 \times 10^{-2}$	1,11	1,62	2,04	2,74
P ($mg\ L^{-1}$)	0,0	1,9	4,4	7,0	10,2
K ($mg\ L^{-1}$)	2,5	60,8	123,4	185,7	253,8
Na ($mg\ L^{-1}$)	1,0	17,4	38,9	55,9	80,4
Ca + Mg ($cmol_c\ L^{-1}$)	2,0	4,5	5,5	6,6	7,1
RAS ($cmol_c\ L^{-1})^{1/2}$	0,04	0,51	1,01	1,34	1,86
RAP ($cmol_c\ L^{-1})^{1/2}$	0,06	1,04	1,91	2,69	3,46

CE_{ai} - Condutividade elétrica da água de irrigação; RAS – Relação de adsorção de sódio e RAP – Relação de adsorção de potássio.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado da análise de variância em função dos solos, das profundidades amostradas, das diluições da ARC e de suas interações mostrou que a ARC, em suas cinco diluições, afetou significativamente os valores do pH, acidez potencial (H+Al), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions efetiva (CTC_e), saturação por bases (V), cálcio (Ca), potássio (K), condutividade elétrica do extrato

da pasta saturada do solo (CEes), alumínio trocável (Al³⁺) e a saturação por alumínio (m). Por outro lado, os valores de magnésio (Mg), fósforo (P) e a capacidade de troca de cátions total (CTC_{7,0}), não foram afetados.

De acordo com os resultados, a aplicação das diluições da ARC, proporcionou aumento linear nos valores do pH, SB, CTC_e e V, mas decréscimo quadrático nos valores de H+Al (Figura 1). As equações ajustadas estão apresentadas no Quadro 3.

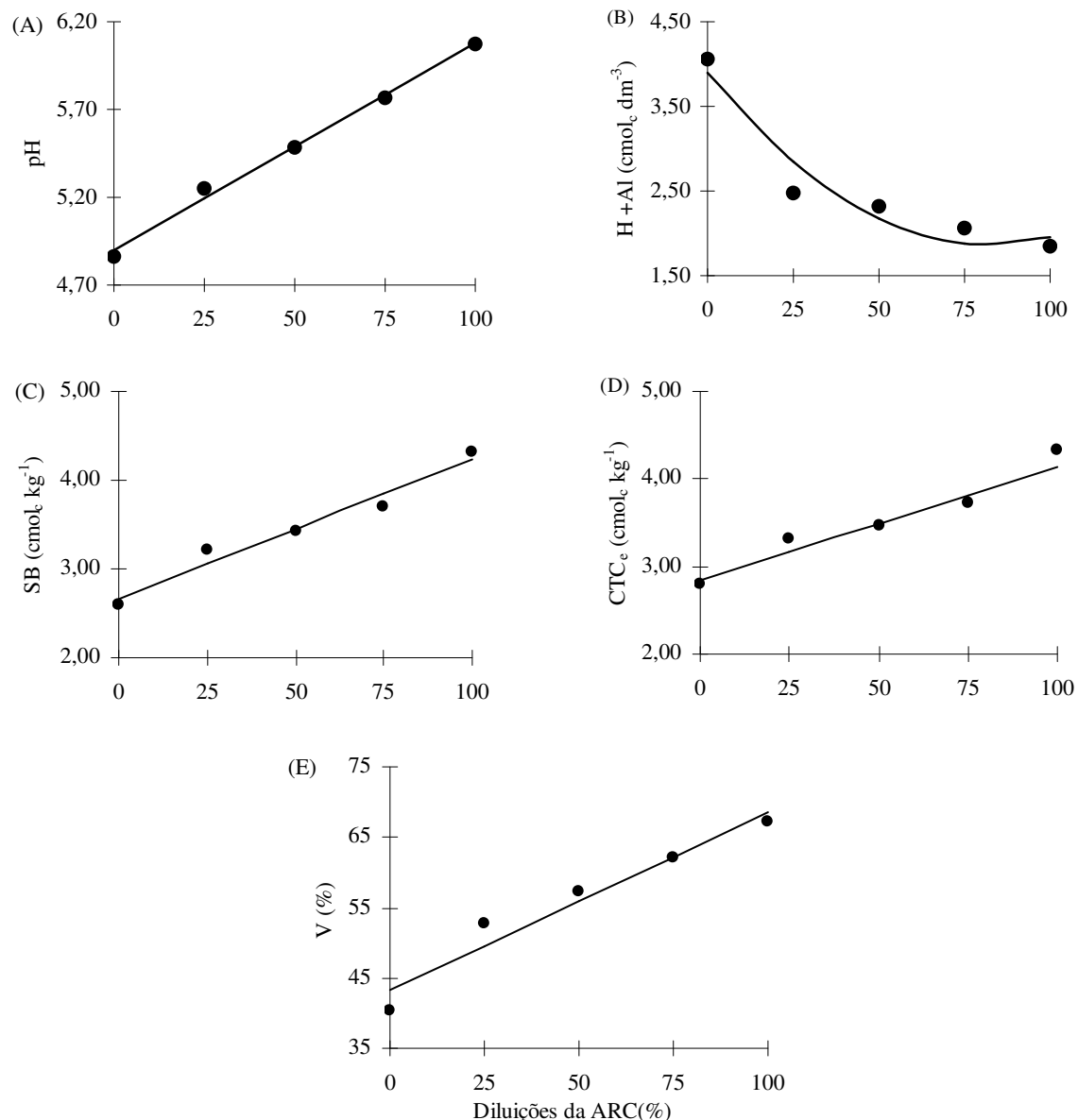


Figura 1. Valor de pH, acidez potencial (H + Al), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions efetiva (CTC_e) e saturação por bases (V) para todos os solos estudados, em função das cinco diluições da ARC após o período de incubação.

Quadro 3. Equações ajustadas, relacionando os valores do pH, da acidez potencial, da soma de bases, da capacidade de troca de cátions efetiva e da saturação por bases com as diluições da ARC para todos os solos estudados após o período de incubação

Característica	Curva de Resposta	R ²
pH	$\hat{y} = 4,8989 + 0,0118^* \text{ARC}$	0,99
Acidez potencial	$\hat{y} = 3,8947 - 0,0494^* \text{ARC} + 0,0003^* \text{ARC}^2$	0,85
Soma de bases	$\hat{y} = 2,6656 + 0,0157^* \text{ARC}$	0,99
CTC efetiva	$\hat{y} = 2,8361 + 0,0131^* \text{ARC}$	0,92
Saturação por bases	$\hat{y} = 43,3201 + 0,2519^* \text{ARC}$	0,93

*: Significativos a 5%

Conforme Figura 1A, o pH em todos os solos aumentou com a aplicação das cinco diluições da ARC, passando de 4,89 (0% ARC) para 6,07 (100% ARC), indicando que a sua aplicação nos solos provocou a conversão de íons de H⁺ em água e dióxido de carbono (CO₂), elevando os valores do pH nesses solos. Com a elevação do pH nos solos, a adsorção de cátions, retratados nos aumentos dos valores da soma de bases, da CTC efetiva e da saturação por bases, aumentou linearmente, conforme as Figura 1C, 1D e 1E, respectivamente.

Diversos autores, dentre eles Oliveira (2001) e Marques (1997), observaram também aumentos nos valores do pH e decréscimos nos valores de H+Al, em geral, com a aplicação de lodo de esgoto no solo. Silva et al. (1998) observaram elevação nos valores de pH e diminuição nos valores de H+Al de uma terra roxa estruturada, cultivada com cana-de-açúcar, aos 114 dias após a aplicação de doses crescentes de lodo de esgoto. Do mesmo modo, Ferreira et al. (2003) observaram elevação no pH de um Argissolo Vermelho distrófico típico, ao aplicar de resíduos de curtume e rejeito carbonífero.

Nascimento et al. (2004) observaram comportamento crescente da CTC efetiva em dois solos, contendo diferentes teores de argila, ao aplicarem diferentes doses de lodo de esgoto. Resultados semelhantes também foram obtidos por Carvalho et al. (1993).

Oliveira et al. (2002) concluíram que as alterações na CTC podem ser melhor explicadas, observando-se variação no pH. De qualquer modo, de acordo com os resultados obtidos, o aumento na retenção de cátions decorrentes da aplicação da ARC torna-se extremamente importante para solos com baixa CTC, condição esta prevalecente nas regiões de clima tropical.

De acordo com os resultados obtidos, a concentração de cálcio trocável nos solos foi afetada pela aplicação das cinco diluições da ARC. Entretanto, os valores médios deste nutriente permaneceram, praticamente, constantes em 2,02 cmol_c dm⁻³ com a aplicação da ARC. Isso se explica, em razão da baixa concentração deste nutriente na ARC, o que evidencia não ser esta uma boa fonte de Ca.

Ferreira et al. (2003) observaram que a concentração de Ca²⁺ em um solo, aumentou com a aplicação de lodo de curtume e resíduo carbonífero. Segundo os autores, o aumento da concentração de Ca²⁺ no solo foi devido à alta concentração deste elemento nas fontes de resíduo utilizadas.

A concentração de potássio trocável e os valores da CEes foram afetados, significativamente, pela aplicação das diluições da ARC, ocorrendo um aumento nos solos e em suas profundidades respectivamente, conforme se observa na Figura 2 (A, 2B, 2C, 2D e 2E), respectivamente. As equações ajustadas estão apresentadas nos Quadros 4 e 5.

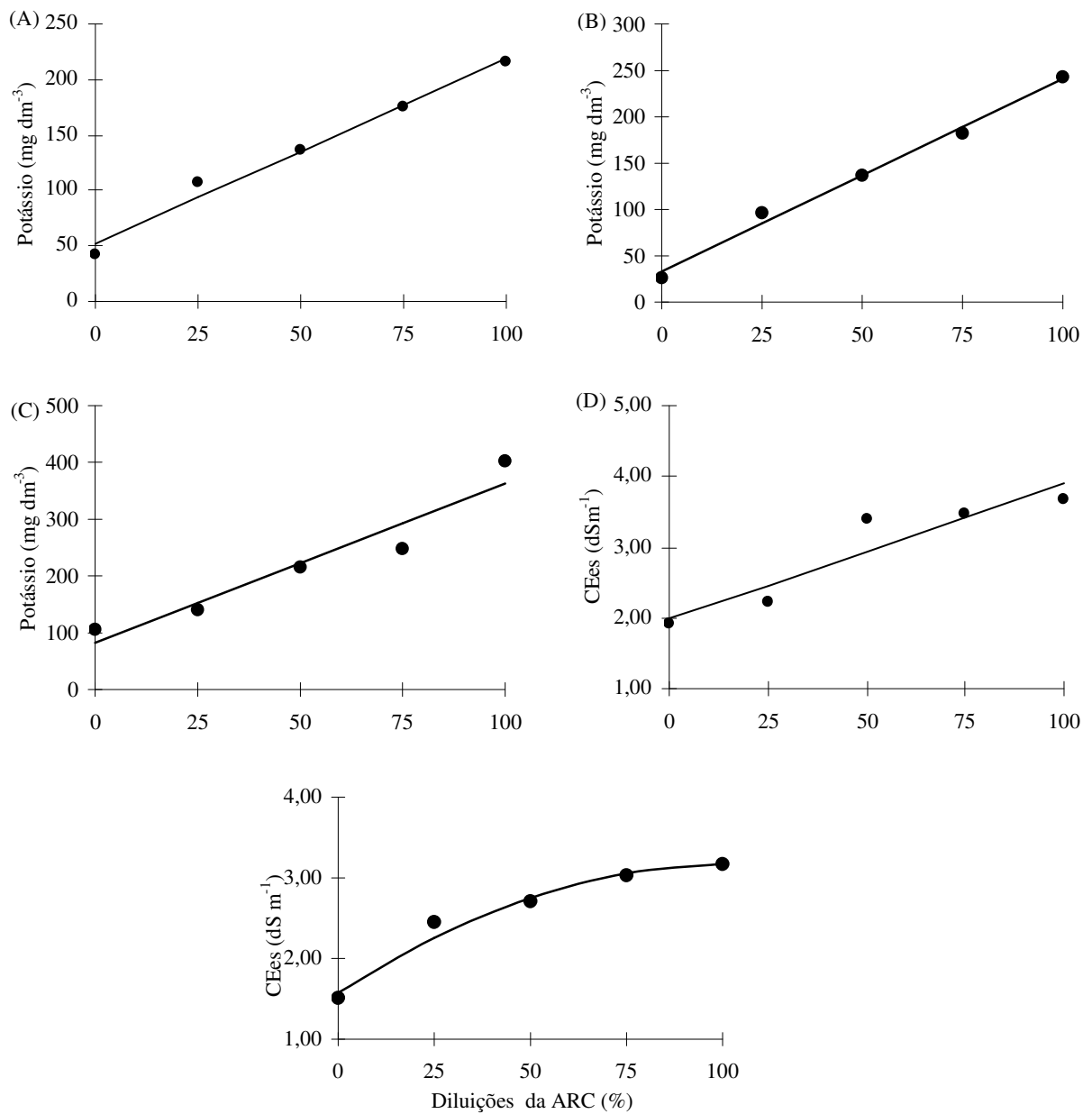


Figura 2. Concentração de potássio nos solos Neossolo (A), Argissolo (B), Latossolo (C) e condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CEes) de todos os solos nas profundidades de 0-40 (D) e 40-100 cm (E) em função das diluições da ARC, após o período de incubação.

Quadro 4. Equações ajustadas, relacionando-se as diluições de potássio nos solos Neossolo, Argissolo, Latossolo e os valores da condutividade elétrica do estrato de saturação do solo (CEes) de todos os solos nas profundidades de 0-40 e 40-100 cm e as diluições aplicadas de ARC nos solos após o período de incubação

Característica	Curva de resposta	R ²
Potássio (Neossolo)	$\hat{y} = 52,0001 + 1,6661 * ARC$	0,97
Potássio (Argissolo)	$\hat{y} = 32,9333 + 2,0781 * ARC$	0,98
Potássio (Latosolo)	$\hat{y} = 82,1701 + 2,8025 * ARC$	0,91
CEes (0-40 cm)	$\hat{y} = 1,9841 + 0,0191 * ARC$	0,87
CEes (40-100 cm)	$\hat{y} = 1,5751 + 0,03111 * ARC - 0,0002 * ARC^2$	0,96

*: Significativos a 5%

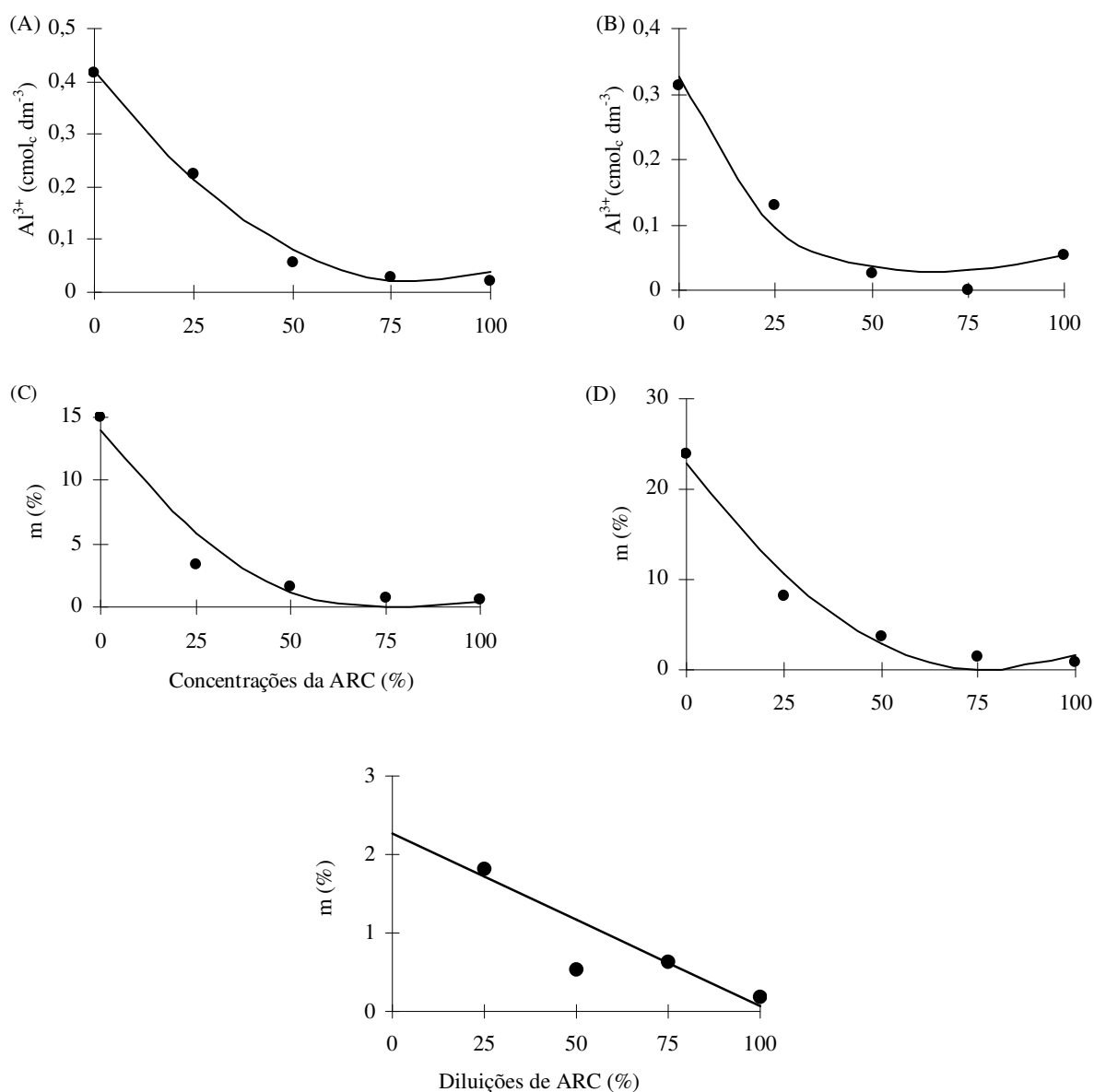


Figura 3. Alumínio trocável em todos os solos nas profundidades de 0-40 (A), 40-100 cm (B) e saturação por alumínio nos solos Neossolo (C), Argissolo (D) e Latossolo (E) em função das cinco diluições da ARC, após o período de incubação.

Quadro 5. Equações ajustadas relacionando-se os valores de alumínio trocável em todos os solos nas profundidades de 0-40, 40-100 cm e da saturação por alumínio nos solos Neossolo, Argissolo e Latossolo com a aplicação das diluições da ARC, após o período de incubação

Característica	Curva de resposta	R ²
Alumínio trocável (0-40 cm)	$\hat{y} = 0,4201 - 0,0098* \text{ARC} + 0,0005* \text{ARC}^2$	0,95
Alumínio trocável (40-100 cm)	$\hat{y} = 0,3121 - 0,0089* \text{ARC} + 0,0006* \text{ARC}^2$	0,93
Sat. por alumínio (Neossolo)	$\hat{y} = 13,9581 - 0,3975* \text{ARC} + 0,0027* \text{ARC}^2$	0,91
Sat. por alumínio (Argissolo)	$\hat{y} = 22,7576 - 0,5815* \text{ARC} + 0,0037* \text{ARC}^2$	0,95
Sat. por alumínio (Latosolo)	$\hat{y} = 2,2681 - 0,271* \text{ARC}$	0,81

*: Significativo a 5%

O aumento na concentração de potássio trocável na solução do solo é creditado a elevada concentração deste nutriente nas diluições da ARC, conforme apresentado no Quadro 2. Pinto (2001) também observou aumento no teor de potássio no solo, que passou de 151,58 mg dm⁻³ para 376,75 mg dm⁻³, decorrente da aplicação de água residuária da lavagem e despolpa dos frutos do cafeeiro arábica.

Nas figuras 2A, 2B e 2C, respectivamente, nota-se a adsorção de potássio trocável no Latossolo seguido do Argissolo e depois o Neossolo, para as mesmas diluições da ARC. Tal fato alerta para os riscos, ocasionados pela aplicação descontrolada da ARC no solo, pois, os íons de potássio podem substituir os íons de cálcio, ocorrendo risco de dispersão das argilas, notadamente durante a estação chuvosa, em consequência da lixiviação dos solutos do perfil do solo. Além disso, o acúmulo de potássio no solo pode causar dano salino às plantas, na estação seca.

Com o aumento da concentração dos sais na solução do solo, principalmente com íons de K, nota-se que os valores médios da CEes, nas profundidades estudadas (Figuras 2D e 2E), aumentaram com a aplicação das diluições da ARC. Isto evidencia um risco de salinização desses solos devido à utilização inadequada dessas águas, principalmente em regiões com alta evapotranspiração, resultando elevação na pressão osmótica da solução do solo, acarretando queda na disponibilidade de água para as culturas. Os valores de alumínio trocável (Figuras 3A e 3C) nas profundidades amostradas, obtidos após o período de incubação, mostraram que a aplicação da ARC apresentou relação quadrática, cujos valores

decreceram com o aumento na proporção de ARC na diluição aplicada.

A saturação por alumínio decresceu nos três solos, com o aumento na diluição da ARC aplicada (Figura 3).

De acordo com Tomé júnior (1997), quando os valores de saturação de Al estão abaixo de 15%, o desenvolvimento das plantas não será prejudicado. Os resultados apresentados na Figura 3 indicam, portanto, o efeito benéfico da aplicação das diluições da ARC conilon nos solos, pois, a competição nos sítios de troca dos solos resultou diminuição na porcentagem de saturação de alumínio.

O decréscimo nos valores de Al³⁺ às profundidades amostradas e na saturação de alumínio dos diferentes solos (Figura 3) está relacionado à elevação nos valores de pH dos solos. Em pH acima de 5,5, o alumínio trocável é convertido em hidróxido de alumínio [Al(OH₃)], o qual precipita-se, enquanto a CTC efetiva do solo aumenta consideravelmente.

No Quadro 6, observa-se que o Latossolo apresentou os maiores valores de soma de bases, enquanto o Argissolo e o Neossolo não diferiram, estatisticamente, entre si. Em relação à variação com a profundidade, apenas o Latossolo apresentou valores estatisticamente diferentes, sendo que o menor valor foi encontrado à profundidade de 40-100 cm.

No Quadro 6, nota-se que a variação, com a profundidade, dos valores médios da CTCe e de K ocorreu apenas no Latossolo, sendo o menor valor encontrado na profundidade de 40-100cm. No entanto, o Latossolo apresentou os maiores valores desta característica em ambas as profundidades, enquanto o Argissolo e o Neossolo não diferiram, estatisticamente, entre si.

A saturação por bases (Quadro 6) apresentou maiores valores no Latossolo, seguido pelo Neossolo e o Argissolo. A variação com a profundidade ocorreu apenas no Latossolo, sendo encontrado o menor valor na profundidade de 40-100 cm. Por outro lado, o Latossolo apresentou maior concentração de cálcio à profundidade de 0-40 cm, seguindo-se o Argissolo e o Neossolo, que não diferiram estatisticamente entre si. Entretanto, a concentração de cálcio à profundidade de 40-100

cm não diferiu entre os solos. A variação na concentração de cálcio com a profundidade ocorreu apenas no Latossolo, sendo o menor valor encontrado à profundidade de 40-100 cm.

Os valores médios da CEEs, nas profundidades estudadas, variaram apenas no solo Neossolo, sendo o menor valor encontrado na profundidade de 40-100 cm. Todavia, em ambas as profundidades, o Latossolo apresentou maiores valores desta característica, enquanto o Argissolo e o Neossolo não diferiram entre si.

Quadro 6. Valores médios¹ dos teores de cálcio, magnésio, fósforo, soma de bases, saturação por bases e capacidade de troca de cátions em pH 7,0 nos solos, após o período de incubação com as cinco diluições da ARC

Profundidades (m)	Solos		
	Neossolo	Argissolo	Latossolo
	Soma de bases (cmol _c dm ⁻³)		
0-0,40	2,24 a A	2,24 a A	7,58 a A
0,40-1,00	2,26 a B	2,29 a B	4,07 b A
	Capacidade de troca de cátions efetiva (cmol _c dm ⁻³)		
0-0,40	2,26 a B	2,39 a B	7,61 a A
0,40-1,00	2,33 a B	2,44 a B	4,14 b A
	Saturação por bases (%)		
0-0,40	53,93 a A	48,26 a A	70,34 a A
0,40-1,00	56,32 a B	45,85 a B	60,76 b A
	Cálcio trocável (cmol _c dm ⁻³)		
0-0,40	1,81 a B	2,45 a B	4,51 a A
0,40-1,00	1,08 a B	1,45 a B	1,83 b A
	Potássio trocável (mg dm ⁻³)		
0-0,40	136,80 a B	131,80 a B	256,06 a A
0,40-1,00	133,80 a B	141,86 a B	179,50 b A
	Condutividade elétrica do estrato de saturação do solo (dS m ⁻¹)		
0-0,40	2,32 a B	2,79 a B	4,11 a A
0,40-1,00	1,81 b B	2,39 a B	3,13 a A
	Alumínio trocável (cmol _c dm ⁻³)		
0-0,40	0,09 a B	0,15 a A	0,20 a A
0,40-1,00	0,07 a B	0,16 a A	0,09 b B
	Magnésio trocável (cmol _c dm ⁻³)		
0-0,40	0,63 a B	0,41 a B	2,30 a A
0,40-1,00	0,75 a B	0,43 a B	1,68 b A
	Fósforo disponível (mg dm ⁻³)		
0-0,40	4,21 a A	2,63 a B	0,98 a B
0,40-1,00	3,29 b A	1,01 b B	0,96 a B
	Capacidade de troca de cátions _{7,0} (cmol _c dm ⁻³)		
0-0,40	4,14 a A	4,61 a A	10,32 a A
0,40-1,00	4,00 a B	5,05 a B	6,63 b A

¹ Médias seguidas pela mesma letra minúsculas em colunas e maiúsculas em linhas, não diferem entre si, em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

No Quadro 6 observa-se que os valores médios de Al^{3+} variaram com a profundidade apenas no Latossolo, sendo o menor valor encontrado na profundidade de 40-100cm. No entanto, o Latossolo apresentou os maiores valores desta característica em ambas as profundidades, enquanto o Argissolo e o Neossolo não diferiram estatisticamente entre si.

Observando o Quadro 6, verifica-se que o Latossolo apresentou maior concentração de magnésio às profundidades de 0-0,40 e 0,40-1,00 m. O Argissolo e o Neossolo não diferiram, estatisticamente, entre si na profundidade de 0-0,40 m e na profundidade de 0,40 – 1,00 m. Por outro lado, a variação com a profundidade ocorreu apenas no Latossolo, sendo o menor valor encontrado à profundidade de 0,40 – 1,00 m.

O Neossolo apresentou maior concentração de fósforo disponível, em ambas as profundidades, seguido pelo Argissolo e Latossolo, que não diferiram entre si. A variação na concentração de fósforo disponível com a profundidade ocorreu, somente, no Neossolo e Argissolo, sendo o menor valor encontrado à profundidade de 0,40 – 1,00 m.

A disponibilidade de fósforo disponível no solo varia com o pH do solo. Sabe-se que o pH do solo, que proporciona maior disponibilidade de fósforo, está entre 6,0 e 6,5. Mesmo com o aumento no valor do pH dos solos (Figura 1), a disponibilidade deste nutriente apresentou-se baixa, principalmente no Latossolo, em razão de sua insolubilidade, ou seja, de sua fixação pelo solo.

A CTC total não foi afetada pela aplicação da ARC. Entretanto, conforme se observa no Quadro 5, o Latossolo apresentou maiores valores seguindo-se o Argissolo e o Neossolo. Por outro lado, a variação da CTC total com a profundidade, nos materiais de solo, somente ocorreu no Latossolo, sendo o maior valor encontrado na profundidade de 0 – 0,40 m.

CONCLUSÕES

- Os valores do pH, potássio, soma de bases, CTC efetiva e saturação por bases aumentaram linearmente, juntamente com

decréscimos de ordem quadrática nos valores de (H+Al), alumínio trocável e saturação de alumínio, enquanto a concentração de cálcio trocável permaneceu, praticamente, constante com a aplicação de diluições da água residuária da lavagem e despolpa dos frutos do cafeeiro conilon.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COSTA, S.N.; MARTINEZ, M.A.; MATOS, A.T.; RAMOS, V.B.N. Mobilidade de nitrato em coluna de solo sob condições de escoamento não permanente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.3, n.2, p. 190-194, 1999.

FERREIRA, A.S.; CAMARGO, F.A.O.; TEDESCO, M.J.; BISSANI, C.A. Alterações de atributos químicos e biológicos de solo e rendimento de milho e soja pela utilização de resíduos de curtume e carbonífero. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p. 755-763, 2003.

FERREIRA, P.A. **Manejo de água planta em solos salinos**. 2001, 152 f. Apostila Acadêmica (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

MARQUES, M.O. Incorporação de lodo de esgoto em solo cultivados com cana de açúcar. Jaboticabal: UNESP, 1997, 123 p. (Tese de Doutorado).

MATOS A. T.; LO MONACO, P. A.; PINTO, A.B.; FIA, R.; FUKUNAGA, D.C.. Pollutant potential of wastewater from the coffee fruits processing. In: SOARES, A.A. E SATURNINO H.M. **Competitive use and conservation strategies for water and natural resources**. Fortaleza:ABID, 2001, p.158-165.

MATOS A. T.; PINTO, A.B.; PEREIRA, O.G.; BARROS, F.M. Alteração de atributos químicos no solo de rampas utilizadas no tratamento de águas residuárias. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.9, n.3, p.406-412, 2005.

NASCIMENTO, C.W.A.; BARROS, D.A.S.; MELO, E.E.C.; OLIVEIRA, A.B.. Alterações químicas em solos e crescimento de milho e feijoeiro após aplicação de lodo esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p. 385-392, 2004.

OLIVEIRA, F.C. **Metais pesados e formas nitrogenadas em solos tratados com lodo de esgoto**. Piracicaba:ESALQ/USP, 2001, 112p – (Dissertação de Mestrado).

OLIVEIRA, F.C.; MATIAZZO, M.E.; MARCIANO, C.R.; ROSSETO, R. Efeitos de aplicações sucessivas de lodo de esgoto em Latossolo Amarelo distrófico cultivado com cana de açúcar: carbono orgânico, condutividade elétrica, pH e CTC. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p. 505-519, 2002.

PINTO, A.B. **Avaliação de gramíneas forrageiras com o uso de águas residuárias da lavagem e despolpa dos frutos do cafeeiro em rampas de tratamento**. Viçosa:UFV, 2001, 110p – (Dissertação de Mestrado).

RUIZ, H.A. **Métodos de análises físicas do solo**. Apostila Acadêmica, 23 p.. Programa de Pós-Graduação em solos e nutrição de plantas, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

RUMP, H.H.; KRIST, H. **Laboratory manual for the examination of water, waste water, and soil**. Weinheim: VCH, 1992. 345 p.

SOCCOL, C.R.; LEIFA, F.; WOICIECHOWSKI, A.L.; BRAND, D.; MACHADO, C.M.M.; SOARES, M.; CHRISTEN, P.; PNADEY, A. Experiência brasileira na valorização biotecnológica de subprodutos da agroindústria do café. In: International seminar on biotechnology in the coffee agroindustry, Londrina, 2000. **Proceedings...** Londrina, PR: UFPR, IAPAR, IRD, 2000.

SOUZA, C.M.; FIGUEIREDO, M.S.; COSTA, L.M.; GALVÃO, J.C.C.. Uso do lodo primário da indústria de celulose e papel em povoamentos de eucalipto. In: XXII REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, Manaus, 1996. **Resumos**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. P.537-538.

VEGRO, C.L.R.; CARVALHO, F.C. de. Disponibilidade e utilização de resíduos gerados no processamento agroindustrial do café. **Informações Econômicas**, v.24, n.1, p.9-16. 1994.