

GEORGE BRITO SILVA

**EFEITO DA APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE CAFÉ SOBRE AS
PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO E DO EFLUENTE**

Recife, Fevereiro de 2008

GEORGE BRITO SILVA

**EFEITO DA APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE CAFÉ SOBRE AS
PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO E DO EFLUENTE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, UFRPE, como parte das exigências para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Agrícola, Área de Concentração: Engenharia de Água e Solo.

Orientador: Prof. Dr. Mário Monteiro Rolim

Recife, Fevereiro de 2008

“Pois a sabedoria entrará no teu coração, e o conhecimento será aprazível à tua alma”.

Provérbios 2:10

A Deus,
A minha noiva Felizarda Viana
Bebé, pelo amor e carinho.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo na minha vida, e pelos sonhos alcançados.

Aos meus pais, pela alegria e acompanhamento desta jornada nos momentos difíceis, por tudo!

À Universidade Federal Rural de Pernambuco, especialmente ao Departamento de Tecnologia Rural, pela oportunidade de realização do mestrado.

Ao meu orientador professor Mário Rolim, pela oportunidade de trabalhar com aproveitamento de resíduos, principalmente água de café, pelos conhecimentos, sugestões e amizade.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-Capes pela bolsa concedida.

À professora Elvira, pela orientação na análise estatística, pela atenção, amizade e sugestões na realização deste trabalho.

A todos os professores do programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, principalmente a professora Maria de Fátima Cavalcante Barros pelos conhecimentos transmitidos .

Ao professor Marcelo Metri pela colaboração na descrição dos perfis de solo.

Aos funcionários do IPA pela realização de algumas análises químicas, principalmente Carlos e Jairo.

A amiga Thaís Emanuelle Monteiro dos Santos.

As amigas, Patrícia Ribeiro dos Santos, Priscila, Leandra, Carol.

Aos colegas de mestrado em Engenharia Agrícola da UFRPE: Lígia, Aérica, Jussálvia, Pedro, Júlio, Graciliano, Adriana, Michelle, Manoel, Sérgio, Daniela, Albert e Márcio pelo convívio e momentos de descontração.

Aos estagiários: Uilka, Romário e Rafael

Aos funcionários do DTR, Lulinha e Bartô ela ajuda sempre que precisava.

E a todos e todas que direto ou indiretamente contribuíram para realização deste trabalho.

SUMÁRIO

Resumo.....	vi
Abstrac.....	vii
CAPÍTULO I – Introdução Geral.....	1
CAPÍTULO II - Alterações nas características físico-químicas de lixiviados de solos tratados com água residuária de café em diferentes tempos de incubação.....	9
Introdução.....	11
Material e Métodos	13
Resultados e Discussão.....	15
Conclusões.....	22
Literatura Citada.....	22
CAPÍTULO III - Efeito da aplicação de água residuária da lavagem e despolpa dos frutos de café arábica sobre as propriedades químicas de dois solos.....	25
Introdução.....	27
Material e Métodos.....	28
Resultados e Discussão.....	30
Conclusões.....	38
Literatura Citada.....	38
CONCLUSÕES GERAIS	41

RESUMO

A competitividade e a exigência do mercado internacional por produtos de melhor qualidade despertou os produtores brasileiros a busca de alternativas para obtenção de cafés de melhor qualidade. No entanto, a alternativa encontrada gera grandes volumes de água residuária com elevado potencial poluidor devido a carga orgânica e a concentração de nutrientes. A elevada concentração de nutrientes e principalmente potássio na água residuária de café tornou uma alternativa para aproveitamento na agricultura. Entretanto, pouco se conhece sobre as alterações que podem ocorrer no ambiente com o uso dessas águas residuárias. Dessa forma, objetivou avaliar as características químicas de solos tratados com água residuária da lavagem e despulpa de frutos de cafeeiros e a qualidade do efluente. O experimento foi constituído de quatro doses de ARC, duas amostras de solo e dois períodos de incubação, arranjos em esquema fatorial, com três repetições, totalizando 48 colunas de PVC com 20 cm de diâmetro e 1 m de altura. As doses de ARC aplicadas foram: Dose 1= testemunha (2,70 L de água deionizada), Dose 2 = 0,54 L, Dose 3 =1,62 L e Dose 4 = 2,70 L de ARC por coluna de solo, baseadas na recomendação de Potássio para o cafeeiro (80 g K₂O por planta) e na concentração de K na ARC. Após a aplicação da ARC e decorridos os períodos de incubação, aplicou-se uma lâmina de 120 mm e logo coletou-se todo o lixiviado para as análises de pH, Ca, Mg, Na, K, condutividade elétrica (CE), sólidos dissolvidos totais (SDT), demanda química de oxigênio (DQO). Para avaliar as alterações químicas nos solos após aplicação da água residuária de café foram coletadas amostras em cada coluna para análise de: cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K) e sódio (Na) trocáveis, pH; condutividade elétrica. De modo geral foi verificado que as doses de ARC aumentaram as concentrações de Ca e K nos dois tempos para os dois solos, concentrando mais K na profundidade de 0 a 20 cm. No lixiviado, as doses crescentes de ARC promoveram aumento de concentração de Ca, Mg, Na e K, mas com valores inferiores ao da ARC aplicada.

Palavras-chave: lixiviação de íons, poluição ambiental.

ABSTRACT

The competitiveness and the requirement of the international market, for products have motivated the Brazilian producers the search of alternatives for better quality attainment of better quality coffee. However, the selected alternative generates high volumes of waste water with high pollutant potential due to organic load and the nutrient concentrations. The high nutrient concentrations, mainly potassium, in the wastewater from coffee processing become an alternative for exploration in agriculture. However, little is known about the alterations that can happen in atmosphere with the use of such wastewater. Hence it has been aimed to evaluate the chemical characteristics of soils treated with wastewater of washing and husking of the coffee cherries (WCC) and the effluent quality. The experiment was constituted of four doses of ARC, two samples of soil and two incubation periods, arrangement in factorial design, with three repetitions, comprising 48 PVC columns with 20 cm of diameter and 1 m of height. The applied WCC were doses of ARC had been: Dose 1 = control (2.70 water L), Dose 2 = 0.54 L, Dose 3 = 1.62 L and 2.70 L Dose 4 = L of ARC for column based on the recommendation of soil potassium for the coffee plant (80 g K₂O for plant) and on the concentration of K in the WCC. After the WCC application and elapsed the incubation periods, an irrigation of 120 mm WAS applied, and it WAS collected. The leached was analysed pH, Ca, Mg, K, Na, electrical conductivity (EC), dissolved solids total (TDS), chemical demand of oxygen (COD). In order to evaluate the chemical alterations after wastewater application, coffee samples have been collected in each column for analysing calcium (Ca), magnesium (Mg), potassium (K) and sodium (Na) exchangeable, pH, electrical conductivity. In general, it has been verified that the doses of WCC increased the concentrations of Ca and K in the two time treatment, for the two soils, concentrating more K in the depth from 0 to 20 cm. In the leached, the growing doses of WCC promoted increases of concentration of Ca, Mg, Na and K, but with values lower than the applied WCC.

Key-words: ions leaching, environmental pollution.

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO GERAL

INTRODUÇÃO

O cafeeiro é originário do continente Africano, das regiões altas da Etiópia, onde ocorre espontaneamente como planta de sub-bosque. A região de Cafa pode ser a responsável pelo nome café, dado à planta, ao fruto, à semente, à bebida e aos estabelecimentos que a comercializam. Da Etiópia, o café foi levado para a Arábia, Egito bem como vários países da Europa e depois para as colônias ibéricas nas Américas (TAVARES, 2002).

Em 2007, as exportações do agronegócio totalizaram US\$ 58,415 bilhões, com crescimento de 18,2% em relação a 2006. O setor cafeeiro participa com 6,7%, ficando atrás, apenas, do complexo soja, carnes, produtos florestais e complexo sucroalcooleiro. Contribuindo com 4,5% das exportações brasileiras do agronegócio para a União Européia (MAPA, 2008). De acordo com estimativa da Conab (2008), a produção brasileira deverá ficar entre 41 e 44 mil sacas de café beneficiado em 2008, demonstrando um crescimento entre 22,4 e 30,9%

O Brasil ocupa a posição de maior produtor e exportador mundial de café. As exportações brasileiras representaram cerca de 18,5% do total mundial em 2000. Apesar do declínio de sua participação na composição da balança comercial brasileira, o café ainda é um importante produto agrícola de exportação e representou aproximadamente 5% do total de exportações em 1998. Ao longo da década de 90, o número de empresas exportadoras variou em torno de 200 empresas e dentre elas as cinco maiores participaram com 36 % do total de café verde exportado em 2001 (BRAGANÇA, 2004).

Entretanto, a abertura de novos mercados e a participação competitiva dos produtos agrícolas em uma economia globalizada exige melhor qualidade dos produtos. Dessa forma, a recente estratégia do setor cafeeiro para recuperar as vendas no Brasil e no exterior

é garantir e divulgar a qualidade do café brasileiro. Nesse sentido, tornou-se necessário a busca por alternativas para maior produção e principalmente a melhoria da qualidade no grão (TAVARES, 2002; AFONSO JÚNIOR, 2004).

O produtor brasileiro tem que encontrar alternativas para escoar a sua produção, buscando uma melhor qualidade no grão verde. Caso contrário podemos perder mercado para nossos concorrentes (TAVARES, 2002).

O mercado mundial de café tem como grandes compradores e consumidores os países desenvolvidos, formando um cartel da importação de café, pois apenas sete empresas dominam cerca de 80% do mercado mundial, fazendo com que a lei de mercado funcione simplesmente no sentido de favorecer ao comprador. Articulações são necessárias entre os países produtores para contrabalançar o quase monopólio dos poderosos grupos importadores.

Alemanha, sem plantar um pé de café, consegue reexportar o produto em proporções próximas a todo o negócio exportador brasileiro. Em 2004, os empresários desse país importaram US\$ 1,22 bilhão em café verde e reexportaram US\$ 1,19 bilhão em produtos remanufaturados; ou seja, déficit de US\$ 29 milhões com os quais se pagou todo o abastecimento do mercado interno, impostos, folha de pagamento, energia e embalagens. Por outro lado, apesar do Brasil ser o maior produtor de café do mundo precisa agregar valor ao produto e tornar o produtor mais competitivo no mercado internacional sendo necessário melhorar a qualidade da bebida a partir do adequado processamento dos frutos.

Uma alternativa, para melhoria da qualidade do café é o processamento via úmida, onde o fruto de café é descascado ou despolpado de forma rápida antes da secagem, favorecendo a redução nos gastos de energia com secagem, além de obter cafés com melhor qualidade para o mercado externo que é mais exigente quanto à qualidade de bebida (MATOS et al., 2005). Este sistema é bastante utilizado na Colômbia e em outros países produtores de café arábica suave com boas cotações no mercado (GARCIA, 2003 ; LEITE, 1998).

Neste sistema é utilizada bastante água para retirar impurezas e separar os grãos mais leves (bóia) dos pesados (verdes e cerejas). Após a despolpa, os grãos de café devem ter sua mucilagem eliminada, o que é geralmente feito através da fermentação em tanques

de alvenaria, estreitos e compridos. A mucilagem é removida através da degomagem bioquímica que são fermentações provocadas por leveduras e bactérias que rompem a mucilagem do fruto despolpado. Para realizar esta etapa, os grãos ficam encubados nos tanque por um período que varia de 18 a 24 horas dependendo das condições climáticas de cada região (MATIELLO et al., 2002).

Se por um lado o processamento via úmida melhora a qualidade de bebida, por outro, gera grandes quantidades de águas residuárias (ARC) que pode ocasionar uma elevada contaminação dos corpos receptores devido a alta carga de matéria orgânica e nutrientes, principalmente o potássio (PÉREZ et al., 2000). Assim, quando aplicada de forma inadequada, constitui grande fonte de poluentes ao solo e as águas, podendo ocasionar sérios problemas ambientais (MATOS et al., 1998).

Uma das alternativas para minimizar os problemas ambientais ocasionados pela ARC é a disposição no solo ou tratamento prévio antes de sua disposição em corpos d'água. A disposição de ARC no solo é uma prática de baixo custo e fácil operação, que apresenta vantagens como aumento da fertilidade do solo e conseqüentemente, aumento da produtividade, devido ao incremento de bases trocáveis, principalmente nos teores de potássio, proporcionando economia de fertilizantes, melhoria de algumas propriedades físicas do solo, além de reduzir o impacto ambiental (MATOS et al., 2005).

A utilização de efluentes na agricultura cresceu consideravelmente nos últimos anos em muitos países, inclusive no Brasil; no entanto, ainda não foram suficientemente estudados todos os aspectos positivos e negativos dessa técnica, especialmente sobre as propriedades físicas e químicas do solo, absorção de nutrientes pelas plantas ou sua toxidez (SANDRI, 2003).

No Brasil, a promulgação da Lei Federal nº 9.433, de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Recursos Hídricos, foi um grande avanço no sentido de disciplinar o uso das águas. As emissões de efluentes líquidos e seus padrões de qualidade são estabelecidos pelos órgãos ambientais que atuam através da legislação pertinente. No âmbito Federal, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), dita as diretrizes básicas para as questões relacionadas ao meio ambiente (LYRA, 2002).

O componente ambiental é muito importante e a tendência atual é que a cultura do desperdício seja substituída pela reciclagem, mas essa transição está em processo, enquanto, o consumidor brasileiro está começando a preocupar com a consciência ambiental das empresas mercados como o europeu fiscaliza os produtos que consomem e até oferecem preços maiores a empresas que preocupam como o social e o ambiental. Sendo assim as empresas tem de se adequar a esses mecanismos, pois corre o risco de ficar fora do mercado (LAYRARGUES, 2000).

Existem vários parâmetros para avaliar o potencial poluidor das águas residuárias. Dentre eles, a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) que é a quantidade de oxigênio molecular necessário à estabilização da matéria orgânica decomposta aerobicamente por via biológica (MOTA, 1995) é uma das mais importantes. É utilizada para exprimir o valor da poluição produzida por matéria orgânica oxidável biologicamente, que corresponde à quantidade de oxigênio que é consumida pelos microorganismos da ARC ou águas poluídas, na oxidação biológica, quando mantida a uma dada temperatura por um espaço de tempo convencional. Em águas residuárias de café a demanda bioquímica de oxigênio é bastante elevada devido aos grandes volumes de polpas úmidas e cascas apresentando um alto índice de carbono orgânico total (MATIELLO et al., 2002).

Em estudos realizados por MATOS et al., (2001) em rampas de tratamento, utilizando águas residuárias da lavagem e despolpa de frutos do cafeeiro, houve maior eficiência na remoção de DBO do que DQO.

A fertirrigação com água residuária prioriza-se o aproveitamento dos nutrientes presentes na água para substituição de parte da adubação química em áreas agrícolas cultivadas, razão suficiente para que este método seja altamente recomendável para a disposição/tratamento dessas águas. Nutrientes como nitrogênio, potássio e, principalmente fósforo são fundamentais no cultivo em solos pobres, como os que ocorrem em grande parte do território brasileiro.

O nitrogênio e o potássio são os nutrientes mais exigidos pelas culturas, necessitando de doses elevadas nas adubações e isso, particularmente com relação ao nitrogênio, tem trazido preocupação sob dois aspectos: o primeiro, pela contaminação de

águas subterrâneas e dos mananciais, e o segundo, pela lixiviação de nitrato (NO_3^-) no perfil do solo (FAQUIN, 2004).

LO MÔNACO (2005), aplicando doses crescentes de água residuária do descascamento/despolpa dos frutos do cafeeiro (ARC), referentes à adição de 66,4; 99,6; 132,8; 166,0 e 199,2g de potássio por cova em cafeeiro com 4 anos de idade, observou aumentos significativos nos valores da condutividade elétrica em função da profundidade de solo e das doses de ARC aplicadas.

O aumento da condutividade elétrica no solo deve ser atribuído, principalmente, à grande quantidade de potássio incorporada ao solo com a aplicação da ARC. A aplicação da dose cinco vezes maiores da recomendada proporcionou a adição de quantidade de íons suficiente para causar significativa lixiviação, predominantemente de K^+ , Na^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} , no perfil do solo (LO MÔNACO, 2005).

Dessa forma, objetivou avaliar as características químicas de solos tratados com água residuária da lavagem e despolpa de frutos de cafeeiros e a qualidade do efluente.

LITERATURA CITADA

Afonso Júnior, P. C. Contribuição das etapas do pré-processamento para a qualidade do café. Revista Brasileira de Armazenamento, Viçosa -MG, n. 8, p. 46-53, 2004.

Bragança, G.G.F. Poder de mercado do café brasileiro nos eua abordagem via demanda residual. EPGE - FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS, 2004, 40p. Dissertação Mestrado.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira. Brasília. Café – Safra 2008. Disponível em: <www.conab.gov.br> Acesso: 08 de Fev. 2008.

Faquin, V. Nutrição mineral e diagnose do estado nutricional de hortaliças. Lavras: Universidade Federal de Lavras, FAEPE, 2004. 88 p.

Garcia, G. O. Alterações químicas, físicas e mobilidade de íons no solo decorrentes da aplicação de água residuária da lavagem e despolpa de frutos do cafeeiro conilon. Viçosa: UFV, 2003, 112p. Dissertação Mestrado.

Layrargues, P.P. Sistemas de gerenciamento ambiental, tecnologia limpa e consumidor

verde: a delicada relação empresa–meio ambiente no ecocapitalismo. *Revista de Administração de Empresas*, v. 40, n. 2, p. 80-88, 2000.

Leite, C.A.M. Desafios da cafeicultura no final do século XX. IN: AGUIAR, D. D.R.; Pinho, J.B. O agronegócio brasileiro: desafios e perspectivas. Brasília: Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural, 1998. 186p.

Lo Monaco, P.A. Fertirrigação do cafeeiro com águas residuárias da lavagem e descascamento de seus frutos. Universidade Federal de Viçosa, 2005, 96p. Tese doutorado.

Lyra, M.R.C.C. Qualidade de águas subterrâneas em solos fertirrigados com vinhaça. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2002. Dissertação Mestrado.

MAPA- Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. Secretaria de relações internacionais do agronegócio: Balança comercial do agronegócio, 21 p. 2007.

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 Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 9, n.3. p. 406-412, 2005.

Matos, A.T.; Fukunaga, Costa, D.P., Bachetti, A.; Russo, J.R. Remoção de DBO e DQO em sistemas de tratamento de águas residuárias da lavagem e despolpa do fruto do cafeeiro com rampas cultivadas com aveia preta. In: II Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 2001, Vitória. CD do II Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 2001.

Matos, A.T.; Vidigal, S.M.; Sedyama, M.A.N.; Garcia, N.P.; Ribeiro, M.F. Compostagem de alguns resíduos orgânicos utilizando-se águas residuárias da suinocultura como fonte de nitrogênio. *Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, PB, v.2, n.2, p.119-246, 1998.

Matiello, J.B., Santinato, R., Garcia, A.W.R., Almeida, S.R., Fernandes, D.R. Cultura de café no Brasil – novo manual de recomendações. Ministério da Agricultura, da pecuária e do Abastecimento - SARC/PROCAFÉ – SPC/DECAF. Fundação PROCAFÉ, 2002, 387p.

Mota, S. Preservação e conservação e Recursos hídricos 2 ed. Rio de Janeiro:ABES, 1995. 200p.

Pérez, S.R.; Silva, R.M.; Boizán, M.F. Estudio de la biogradabilidad anaerobia de las aguas residuales del beneficio húmedo del café. *Interciência*, v.25, n. 8, p. 386-390, 2000.

Sandri, D. Irrigação da cultura da alface com água residuária tratada com leitos cultivados com macrófita. Campinas, 2003, 186 p. Tese Doutorado.

Tavares, E. L. A.; A Questão do Café Commodity e sua Precificação: o “C Market” e a Classificação, Remuneração e Qualidade do Café. UEC: Campinas, 2002. Tese Doutorado.

CAPÍTULO II

ALTERAÇÕES NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LIXIVIADOS DE SOLOS TRATADOS COM ÁGUA RESIDUÁRIA DE CAFÉ EM DIFERENTES TEMPOS DE INCUBAÇÃO

Alterações nas características físico-químicas de lixiviados de solos tratados com água residuária de café em diferentes tempos de incubação

Resumo: A água residuária da lavagem e despulpa de frutos de café (ARC) apresenta alta carga orgânica e elevada concentração de nutrientes. Dessa forma, se aplicada em altas doses no solo, pode contaminar o lençol freático trazendo sérios riscos ao ambiente. Assim, objetivou-se avaliar as características físico-químicas de lixiviados de solos tratados com ARC em dois tempos de incubação. Para isto, foi conduzido um experimento, em delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial, constituído de 4 doses de ARC, dois solos e dois tempos de incubação, com três repetições. As doses foram: Dose 1= testemunha (2,70 L de água), Dose 2 = 0,54 L, Dose 3 =1,62 L e Dose 4 = 2,70 L de ARC por coluna de solo, baseadas na recomendação de Potássio para o cafeeiro (80 g K₂O por planta) e na concentração de K na ARC. As amostras de solo foram secas ao ar, destorroadas e peneiradas (4,76 mm) para o preenchimento de colunas com 0,20 m de diâmetro e 1,00 m de altura. Após a aplicação das doses de ARC, mantiveram-se os solos em incubação por 30 e 60 dias. Decorridos os períodos, foi aplicada uma lâmina de 120 mm correspondente a 0,36 do volume de poros e posteriormente coletou-se o lixiviado e realizou as seguintes análises: Ca, Mg, K, Na, pH, condutividade elétrica (CE), sólidos dissolvidos totais (SDT) e demanda química de oxigênio (DQO). Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância com desdobramento das interações, regressão linear e polinomial. De modo geral, as doses crescentes de ARC, independente dos tempos e dos solos, aumentaram de forma linear e quadrática todas as variáveis avaliadas evidenciando a lixiviação dos íons e as interações entre a ARC aplicada e os colóides do solo.

Palavras-chave: aproveitamento de resíduos, qualidade ambiental, cafeeiro

Alterations in the physiochemical characteristics of leached of soils treated with water waste of coffee in different times of incubation

Abstract: The wastewater of washing and husking of coffee cherries (WCC) has a high organic matter and nutrient concentration. If disposed in excessive amounts in the soil, the WCC can contaminate the groundwater, causing serious environmental issues. This

investigation aims at evaluating the physicochemical characteristics of soil leachates treated with WCC in a double incubation period. An experimental investigation was carried out as part of this research in a completely randomized assemblage, with a factorial scheme including 4 doses of WCC, two soils and two incubation periods with three repetitions. The following doses were used in the tests: Dose 1 = baseline (2.70 L of water), Dose 2 = 0.54 L of WCC per soil column, Dose 3 = 1.62 L of WCC per soil column, and Dose 4 = 2.70 L of WCC per soil column. All doses were chosen based on the use of 80 g of K_2O for the coffee plant. The soil samples were air-dried, drizzled, sieved (4.76 mm) and placed in PVC cylindrical columns with 0.20 m in diameter and 1 m in height. After the application of the WCC doses, the soils were incubated for a period of 30 to 60 days. After the incubation period, a water head of 120 mm in height was applied at the top of the soil columns and the leachate was collected at the bottom of the soil columns. The volume of water applied to the soil corresponded to 0.36 of the volume of the soil pores. The following analyses were carried out with the collected leachate: Ca, Mg, K, and Na concentrations, pH level, electric conductivity (EC), total dissolved solids (TDS) and chemical demand of oxygen (CDO). Analyses including variance, linear regressions and polynomial regressions were conducted with the obtained results. In general, increasing doses of ARC resulted in linear and quadratic increases of all investigated variables. This behavior was observed to be independent of the used incubation periods and soil types. An increase in the concentration of ions was observed in the leachate.

Key words: reuse, environmental quality, coffee.

INTRODUÇÃO

A cultura do café é uma das mais importantes, devido a sua representatividade na economia nacional, estando o Brasil como maior produtor e exportador mundial. No entanto, o mercado internacional encontra-se bastante exigente, principalmente com a qualidade da bebida.

Dentre os fatores que interferem na qualidade da bebida, o manejo pós-colheita é um dos mais relevantes. No Brasil, mais de 90% dos produtores utilizam o processamento por via seca que consiste na secagem dos frutos expostos ao sol e, em seguida, realizam o descascamento. Entretanto, este procedimento vem aos poucos sendo substituído pelo

processamento via úmida que possibilita a obtenção de café de melhor qualidade e redução nos custos de energia, favorecendo maior aceitação mundial e melhores preços de mercado (Matos et al., 2005a).

Por outro lado, o processamento do café por via úmida pode causar impactos ambientais significativos, caso seja despejada nos rios a água residuária, devido a decomposição da matéria orgânica que utiliza do oxigênio disponível, e os baixos níveis do oxigênio na água conduzem a uma alta mortalidade dos peixes.

No processo via úmida, as máquinas são usadas para remover a casca e a maioria da polpa, podendo passar ou não por um tanque de degomagem, por algumas horas até que possa ser facilmente removida. Posteriormente os grãos serão secos parcialmente no terreiro e em seguida nos secadores. Na Costa Rica, o sistema por via úmida requer 3000 a 4000 litros de água para processar 240 Kg do café. Em El Salvador, onde a água é mais escassa, somente um décimo de tanta água é usada para o processamento (Clay, 2004).

Entretanto, a crescente demanda por águas de boa qualidade para fins domésticos e industriais, nos países desenvolvidos, tem criado a necessidade de se reutilizar estas águas residuárias; dessa forma, países em desenvolvimento vêm enfrentando problemas semelhantes, principalmente nas regiões áridas e semi-áridas, onde a escassez de água constitui obstáculo relevante para seu crescimento (Ayers & Westcot, 1999).

Para a utilização das águas residuárias, dentre elas a ARC, torna necessário o tratamento prévio para remoção dos sólidos e redução da carga orgânica para posteriormente retornarem aos recursos hídricos (Lo Monaco, 2005). Com isso, a demanda química de oxigênio (DQO) é um parâmetro global utilizado como indicador do conteúdo orgânico de águas residuárias e superficiais, e bastante utilizado no monitoramento de estações de tratamento de efluentes líquidos.

Embora a resolução CONAMA 357/05 não faça referência ao parâmetro DQO na classificação dos corpos d'água e nos padrões de lançamento de efluentes líquidos, algumas legislações ambientais estaduais estabelecem limites máximos para este parâmetro em seus padrões de lançamento (Aquino et al., 2006). Brasil et al. (2003) verificaram aumento da demanda química de oxigênio em poço de observação localizado a jusante de áreas alagadas utilizadas para tratamento de ARC, indicando o risco de contaminação das águas subterrâneas mais rasas.

Entretanto, uma das formas de tratamento e evitar a contaminação ambiental dos recursos hídricos é a disposição no solo. A água ao se movimentar no solo, leva consigo os solutos que podem ser adsorvidos aos colóides do solo, absorvidos pelas plantas e ou precipitados

(Ferreira et al., 2006). Por outro lado, a variabilidade na composição química (Garcia, 2006) e a elevada concentração de alguns íons na ARC, podem ocasionar desbalanço químico, além de aumentar a concentração na solução do solo e conseqüentemente no complexo sortivo. No entanto, a mobilidade dos íons no solo depende de vários fatores, como as propriedades químicas e físicas, além do tipo da fração coloidal existente (Ferreira et al., 2006). De modo geral, dependendo dos fatores citados e do volume aplicado, pode ocorrer a lixiviação dos íons no perfil do solo e assim, contaminar as águas subterrâneas.

Em estudos desenvolvidos por Ferreira et al. (2006), constataram os perigos de contaminação do lençol freático devido o incremento de sais quando da aplicação de elevadas doses de ARC, principalmente em solos de baixa capacidade de adsorção como os aluviais.

Existem pouquíssimas informações na literatura sobre a qualidade das águas residuárias provenientes do processamento do fruto do cafeeiro e as alterações que estas podem ocasionar nas águas subterrâneas.

Diante do exposto, o objetivo do presente estudo foi avaliar as alterações nas características físico-químicas de lixiviados de solos tratados com ARC em dois tempos de incubação.

MATERIAL E MÉTODOS

A ARC foi coletada na saída da lavadora/despolpadora de frutos de cafeeiro arábica, numa propriedade particular no município de Barra do Choça, sudoeste da Bahia. A mesma foi caracterizada no laboratório de Mecânica dos Solos e Aproveitamento de Resíduos da UFRPE, em Recife, PE. As análises químicas da ARC encontram-se descritas na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas da amostra de ARC aplicada no solo.

Características	Valor
DBO mg L ⁻¹ ⁽¹⁾	6.840
DQO mg L ⁻¹ ⁽²⁾	15.286,62
CE dS m ⁻¹ ⁽³⁾	4,68
SDT mg L ⁻¹	2.034
Potássio mg L ⁻¹	1551,38
Cálcio mg L ⁻¹	27,66
Magnésio mg L ⁻¹	8,20
Sódio mg L ⁻¹	104,90

⁽¹⁾Demanda química de oxigênio; ⁽²⁾ demanda química de oxigênio; ⁽³⁾ condutividade elétrica

Na Estação Experimental de Brejão, situada na Fazenda Vista Alegre - PE 218, km 08, Brejão, PE foram selecionadas duas áreas distintas para abertura de trincheiras com profundidade de 1,50 m para coleta das amostras para classificação do solo segundo Embrapa (2006). Posteriormente, foram retiradas amostras de cada horizonte, secas ao ar e passadas em peneira com malha de 2 mm (TFSA) para caracterização física e química (Tabela 2) de acordo metodologia descrita pela Embrapa (1997). Os solos foram classificados como ARGISSOLO AMARELO Distrófico úmbrico (Solo 1) e ARGISSOLO AMARELO Distrófico abruptico (Solo 2).

Tabela 2. Características físicas e químicas das amostras de solo utilizadas no experimento.

Prof. ⁽¹⁾ cm	Ds ⁽²⁾ g dm ⁻³	Dp ⁽³⁾ g dm ⁻³	Pt ⁽⁴⁾ %	Areia	Silte	Argila	pH	Na	K	Ca	Mg	CE _{es} dS m ⁻¹
				cmol _c dm ⁻³								
Solo 1												
0-20	1,42	2,55	44,41	69,93	7,17	22,91	4,20	4,2	0,18	0,34	3,28	0,99
20-40	1,45	2,54	42,72	58,19	6,00	35,81	3,40	3,40	0,22	0,35	1,15	0,08
40-60	1,44	2,56	43,75	48,52	11,67	39,81	4,50	4,50	0,18	0,28	2,23	0,18
60-80	1,59	2,50	36,52	39,52	15,00	45,48	4,00	4,00	0,24	0,27	1,09	0,03
Solo 2												
0-20	1,49	2,55	41,37	66,52	5,33	28,15	4,50	4,50	0,31	0,41	1,59	0,36
20-40	1,45	2,50	41,88	47,85	24,00	28,15	4,60	4,60	0,20	0,23	1,04	0,05
40-60	1,40	2,53	44,62	41,85	12,00	46,15	3,90	3,90	0,24	0,22	0,99	0,02
60-80	1,37	2,54	45,90	38,85	9,00	52,15	4,20	4,20	0,26	0,21	1,06	0,03

⁽¹⁾ Profundidade; ⁽²⁾ densidade do solo; ⁽³⁾ densidade de partícula; ⁽⁴⁾ porosidade total

O acondicionamento das amostras dos solos nas colunas de PVC, com 0,20 m de diâmetro e 1,00 m de altura, foi realizado de forma a proporcionar a estabilidade estrutural do solo, adicionando-se o solo em camadas de aproximadamente 2 cm de espessura; cada camada sobreposta foi compactada por leve pressão com um disco de madeira de diâmetro pouco inferior ao interno do cilindro (coluna). Após o acondicionamento, o solo foi saturado por capilaridade com a finalidade de expulsar o ar e evitar caminhos preferenciais.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial, 4 x 2 x 2, com três repetições, constituído de quatro doses de ARC, dois solos (Solo 1 e Solo 2) e dois tempos de incubação (Tempo 1 e Tempo 2). As doses de ARC aplicadas foram: Dose 1= testemunha (2,70 L de água deionizada), Dose 2 = 0,54 L, Dose 3 =1,62 L e Dose 4 = 2,70 L por coluna de solo, baseadas na recomendação de Potássio para o cafeeiro (80 g K₂O por planta) e na concentração de K na ARC. As Doses 2, 3 e 4 representam 172, 516 e 860 m³ ha⁻¹

¹ de ARC respectivamente. Após a aplicação das doses, o solo foi mantido por um período de incubação de 30 e 60 dias. Ao final de cada tempo, aplicou-se uma lâmina de lixiviação de 120 mm (3,77 L por coluna) e posteriormente coletou-se todo o lixiviado das colunas de solo, homogeneizou e retirou uma alíquota para as seguintes análises físico-químicas das variáveis: cálcio (Ca) e magnésio (Mg) solúveis, determinados em espectrômetro de absorção atômica; potássio (K) e sódio (Na) solúveis em fotômetro de chama, e todos de acordo com Embrapa (1997); pH, condutividade elétrica (CE), sólidos dissolvidos totais (SDT) em condutivímetro, demanda química de oxigênio (DQO) pelo método da APHA (1995).

Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e análise de regressão para as doses e os desdobramentos das interações doses x solos, doses x tempo que apresentaram os coeficientes das equações significativos a 5%, a partir do programa SISVAR (Ferreira, 2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em se tratando dos teores de cálcio no lixiviado de solos após a aplicação de ARC, a análise de variância indicou que houve diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade para a Dose e para as interações Tempo x Dose e Solo x Tempo x Dose. Especificamente em relação ao tempo de incubação, ocorreu aumento dos teores de Ca no lixiviado com as doses de ARC aplicadas somente para o Tempo 2, diferentemente para o Tempo 1, foi verificado redução na concentração (Figura 1).

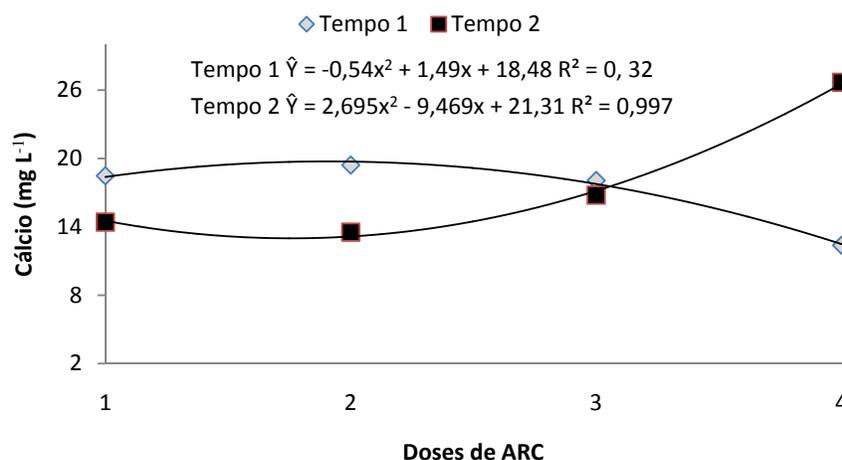


Figura 1. Concentrações de Cálcio no lixiviado de solos em função das Doses 1, 2, 3 e 4 de ARC para o desdobramento de doses dentro do Tempo 1 e do Tempo 2.

A variabilidade do Ca verificada pode estar ligada a processos de precipitação com outros cátions e com a matéria orgânica. No Tempo 2 provavelmente ocorreu maior equilíbrio entre a ARC e a fase sólida ocasionando o deslocamento dos íons existentes no complexo sortivo e assim contribuindo para maior teor de Ca no lixiviado dos solos com a aplicação da Dose 4 no Tempo 2.

De acordo com a classificação de Feigin et al. (1991), a ARC utilizada apresentou baixa concentração de Ca, que conseqüentemente resultou em baixas concentrações do íon no lixiviado. Os valores médios de Ca no lixiviado foram de 12,38 a 19,42 mg L⁻¹ para o Tempo 1 e 13,53 a 26,68 para o Tempo 2, diferentes dos encontrados por Bebé (2007) quando aplicou 300 m³ ha⁻¹ de água residuária proveniente da fabricação do álcool, com uma concentração de 613 mg L⁻¹ de Ca. Corroborando com os resultados, Ferreira et al. (2006), encontraram teor de Ca semelhante com 30,50 mg L⁻¹ de Ca em água residuária da lavagem e despolpa de frutos de café conilon.

Em relação a concentração de Mg, apresentou diferença significativa para o Solo, Dose e suas interações. Quanto ao solo, a aplicação das doses crescentes de ARC promoveu incremento significativo nos Solo 1 e Solo 2, sendo os maiores valores obtidos para o Solo 1, ajustando-se o modelo quadrático para o Tempo 1 e para o Solo 1, e modelo linear para o Tempo 2 e para o Solo 2 (Figura 2 e 3). Apesar do aumento de Mg em função das doses ter sido significativo, pode-se verificar que a concentração no lixiviado para Dose 4 foi semelhante ao da ARC aplicada (8,20 mg L⁻¹).

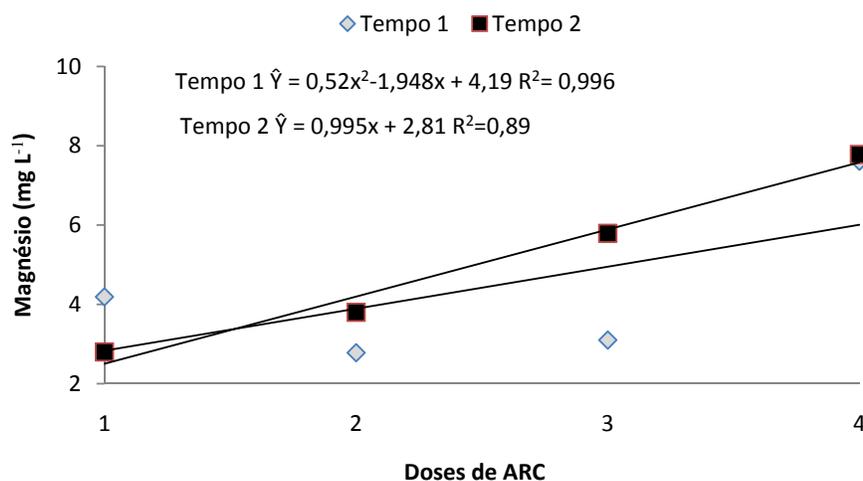


Figura 2. Concentrações médias de magnésio no lixiviado em função das Doses 1, 2, 3 e 4 de ARC para o desdobramento de doses dentro do Tempo 1 e Tempo 2.

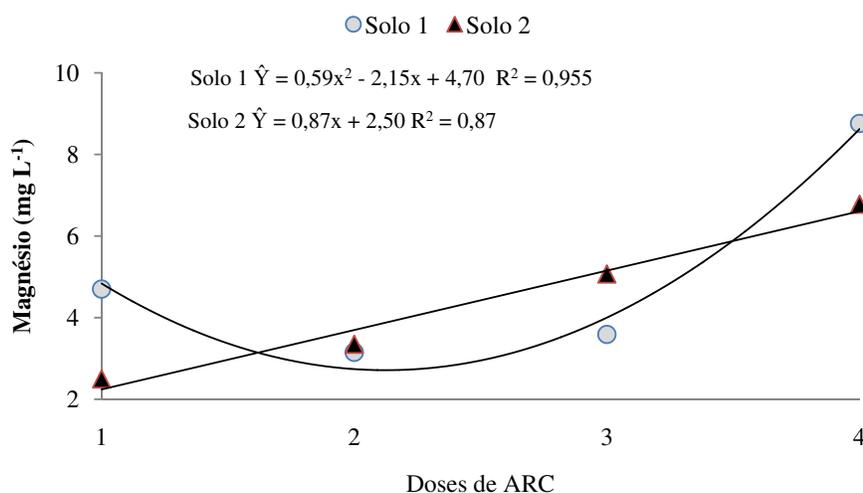


Figura 3. Concentrações médias de Magnésio no lixiviado em função das doses 1, 2, 3 e 4 de ARC para o desdobramento de doses dentro do Solo 1 e Solo 2.

Provavelmente, o Mg que tinha no solo antes da aplicação da ARC, foi trocado pelos íons de K como pode ter ocorrido para os íons Ca. A ARC utilizada apresentou baixa concentração de Mg quando comparada com a ARC em estudos desenvolvidos por Garcia (2006) e Lo Monaco (2005). Em poços de observação, localizados em áreas de aplicação de vinhaça, Lyra (2002) verificou concentração média de Mg de aproximadamente 3 e 18 mg L⁻¹ para solos argilosos e arenosos respectivamente.

Para o K, a análise de variância apresentou diferença apenas para o Tempo e para Dose sendo os maiores valores obtidos aos 30 dias. Com relação às doses aplicadas, os maiores teores foram obtidos para o lixiviado da Dose 4, seguida da Dose 1, que foi igual as demais. Para a concentração de K, verificou-se incremento de forma linear e quadrática para o Solo 1 e Solo 2, respectivamente. Apesar da elevada concentração de K na ARC aplicada, foram verificados valores médios da concentração de K no lixiviado bastante inferiores, evidenciando o poder de adsorção de cátions do solo estudado e ao incremento gradual de argila com a profundidade que pode ter impedido a lixiviação de K, mesmo com aplicação da maior dose (860 m³ ha⁻¹). Paglia et al. (2007) verificaram aumento de K em lixiviado, com o incremento de doses de lodo de esgoto no solo.

Por outro lado, Matos et al. (2005) não identificaram diferenças na concentração de K em líquido coletado em calhas provenientes de rampas de tratamento, situadas a 0,20 m de profundidade, em Latossolo Vermelho-Amarelo de textura argilosa, evidenciando que a concentração de K no lixiviado foi igual a da ARC aplicada nas rampas de escoamento, onde

houve remoção pelo solo no início do escoamento e em seguida saturação dos colóides do solo devido a aplicação contínua.

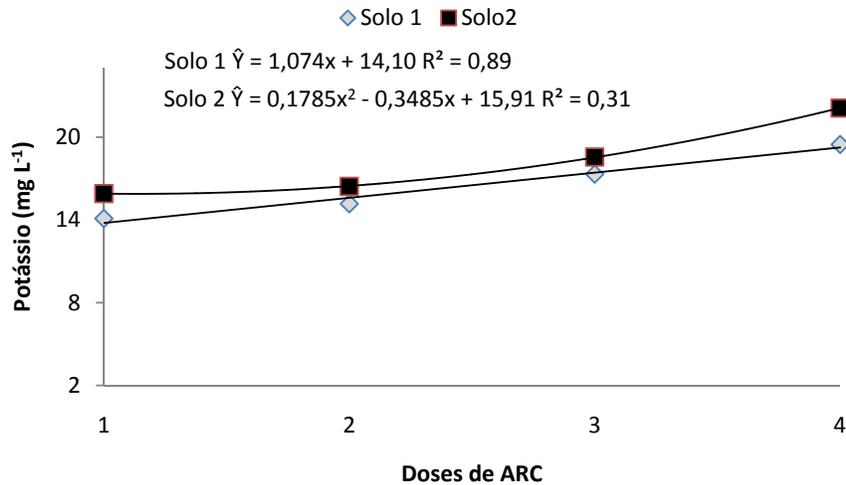


Figura 4. Concentrações médias de Potássio em função das Doses 1, 2, 3 e 4 de ARC para o desdobramento de doses dentro do Solo 1 e Solo 2.

Com o incremento das doses de ARC pode-se verificar incremento de Na no lixiviado para os Tempos 1 e 2, e para os Solos 1 e 2, semelhante aos resultados observados para K (Figuras 5 e 6). Outra evidência de que o Tempo 1 não foi suficiente para haver equilíbrio entre a ARC e os colóides do solo pode ser verificado pelos menores valores encontrados para o Tempo 2 em relação ao Tempo 1.

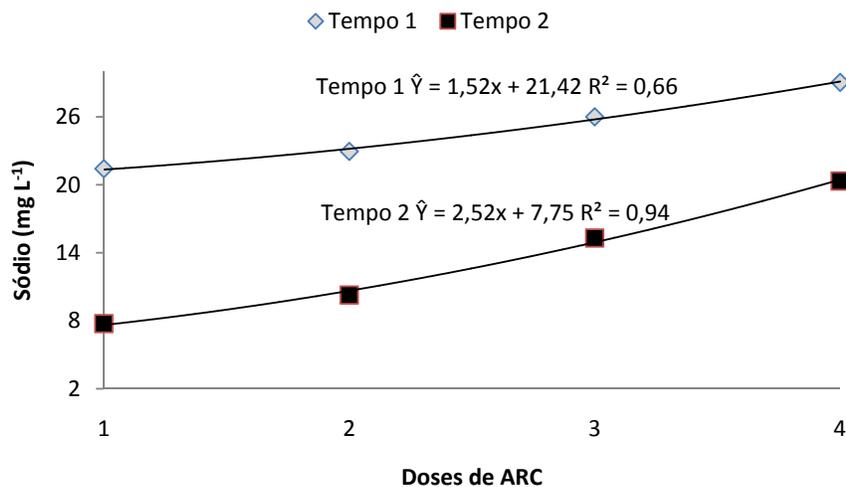


Figura 5. Concentrações médias de sódio em função das Doses 1, 2, 3 e 4 de ARC para o desdobramento de doses dentro do Tempo 1 e do Tempo 2.

A concentração de K na ARC (1551 mg L^{-1}) foi aproximadamente 15 vezes superior a de Na e, no entanto, os valores médios da concentração de Na foram semelhantes aos de K no lixiviado (Figura 6). Tal comportamento pode ser atribuído ao maior raio hidratado do Na, que se encontra fracamente adsorvido aos colóides, contribuindo para maior lixiviação. Brito et al. (2005), observaram 45 mg L^{-1} para 30 dias e 25 mg L^{-1} de Na para 60 dias, em lixiviado de Argissolo com a aplicação de $350 \text{ m}^3 \text{ ha}$ de água residuária da fabricação do álcool.

No presente estudo, a ARC apresentou concentração de Na de $104,38 \text{ mg L}^{-1}$ e a concentração no lixiviado foi de 26 mg L^{-1} e 18 mg L^{-1} para o Tempo 1 e 2 respectivamente para a dose de $860 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (Dose 4) que apesar da alta mobilidade deste íon, houve adsorção de Na pelos colóides. Um dos grandes problemas do uso de águas residuárias em solos é a concentração de Na que pode elevar a sodicidade e afetar as propriedades físicas do solo (Ayers & Westcot, 1999).

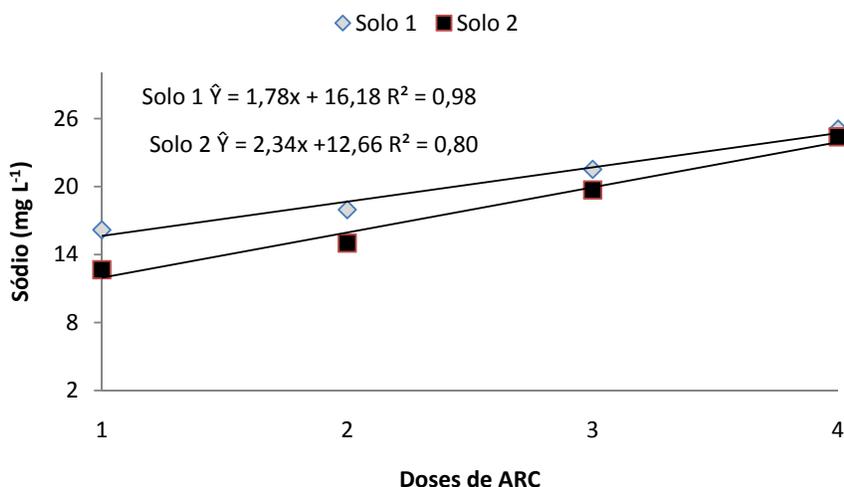


Figura 6. Concentrações médias de Sódio em função das doses 1, 2, 3 e 4 de ARC para o desdobramento de doses dentro do Solo 1 e do Solo 2.

Em relação ao pH pode-se verificar um decréscimo com o aumento das doses somente para o solo 1 (Figura 7) e para o solo 2 não foi constatada nenhuma alteração. No entanto, conforme diretrizes descritas por Ayers e Westcot (1999), os valores de pH estão dentro da faixa considerada normal para água de irrigação, que é de 6,5 a 8,4.

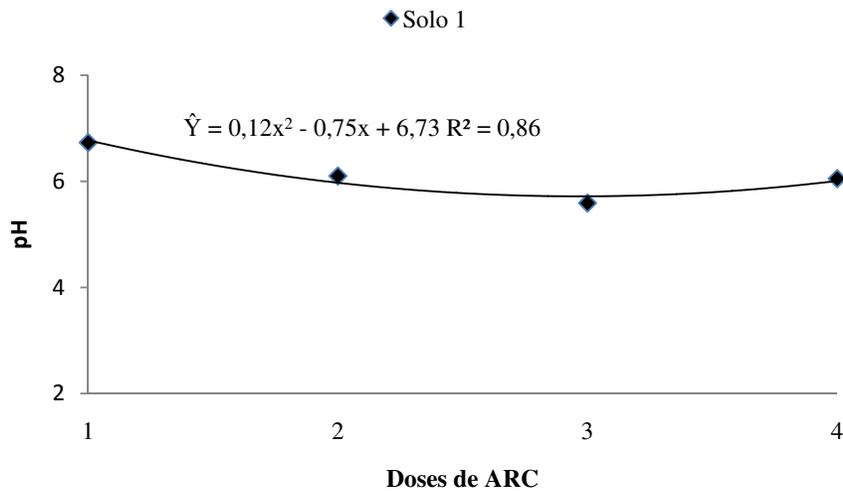


Figura 7. Valores médios de pH do lixiviado em função das doses 1, 2, 3 e 4 de ARC para o desdobramento de doses dentro do Solo 1.

A CE aumentou de forma quadrática para o Tempo 1 e linear para o Tempo 2 com aplicação das doses (Figura 8) devido ao aporte dos nutrientes Ca, Mg e principalmente K e Na presentes na ARC. Conforme classificação do EPA (1991) para águas residuárias destinadas a irrigação, a ARC aplicada, que apresentou CE de $4,68 \text{ dS m}^{-1}$, se enquadra na classe muito alta salinidade.

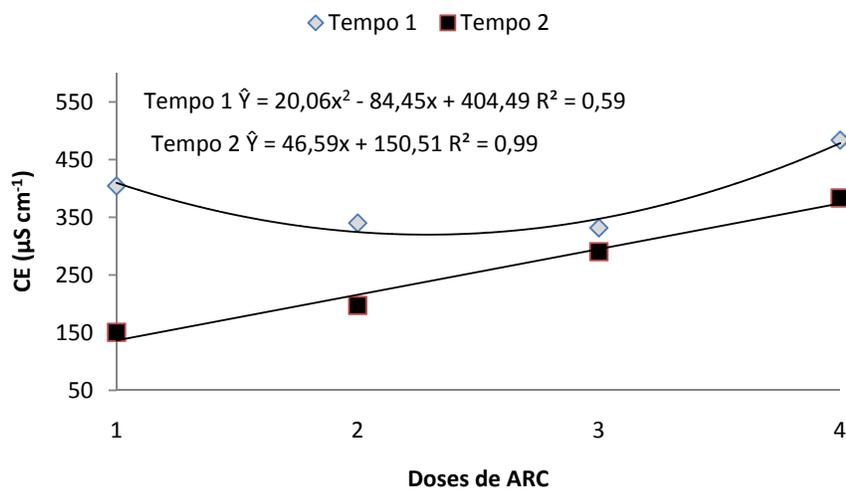


Figura 8. Valores médios de condutividade elétrica (CE) do lixiviado em função das doses 1, 2, 3 e 4 de ARC para o desdobramento de doses dentro do Tempo 1 e do Tempo 2.

No entanto, quando aplicada no solo resultou em valores baixos no lixiviado indicando a interação que ocorreu entre os sais presentes na ARC e os colóides do solo. Por isso, a salinidade (CE) não deve ser considerada isoladamente, mas juntamente com outros fatores como as propriedades físicas e químicas do solo (Ferreira et al., 2006). Lyra et al., (2003) verificaram valores médios de 1 dS m^{-1} em lixiviado de poços de observação de 2 m de profundidade, localizados em áreas fertirrigadas com água residuária com uma CE de $13,94 \text{ dS m}^{-1}$. O mesmo autor alerta para o risco de salinização do solo com a aplicação de águas residuárias por longo período de tempo.

Em relação à variável SDT pode-se constatar aumento significativo de forma quadrática com as doses somente para o Tempo 1, mas com baixo coeficiente de determinação (Figura 9), indicando a elevada retenção de sólidos pelos solos estudados mesmo aplicando doses elevadas de ARC (516 e $860 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, dose 3 e 4 respectivamente). Valores semelhantes foram verificados por Bebé (2007), com 300 a 420 mg L^{-1} de SDT em lixiviado de colunas de solos argiloso e arenoso respectivamente.

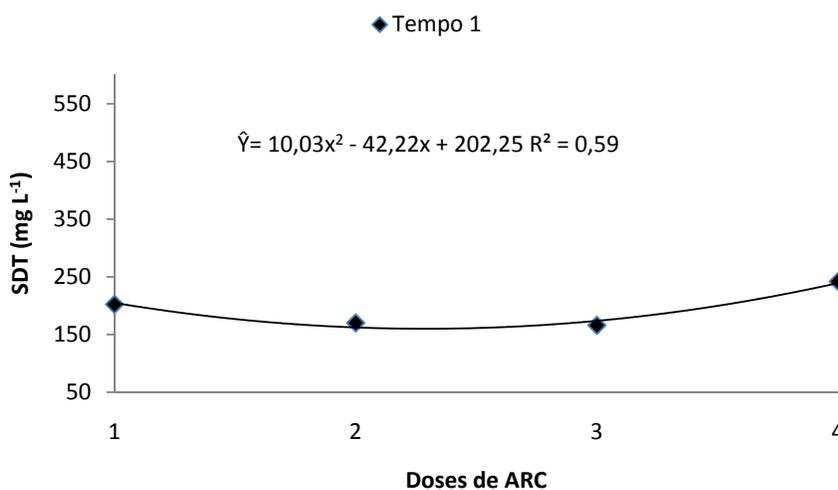


Figura 9. Valores médios de sólidos dissolvidos totais (SDT) em função das doses 1, 2, 3 e 4 de ARC para o desdobramento de doses dentro do tempo 1.

Quanto a DQO, variável que representa a quantidade de oxigênio é necessária para oxidar a matéria orgânica e inorgânica, foi verificada diminuição com doses de forma quadrática (Figura 10). Este resultado pode ser explicado pela capacidade de adsorção do solo pela matéria orgânica e sólidos, presentes na ARC, resultando em lixiviado de baixa DQO, com valores bastante inferiores ($85,99 \text{ mg L}^{-1}$) ao da ARC aplicada ($15.286,62 \text{ mg L}^{-1}$). Brasil et al. (2003) verificaram redução de 82 e 87% em águas superficiais provenientes de áreas

alagadas utilizadas para tratamento de ARC. Brito et al. (2007) verificaram valores de DQO de 16 mg L^{-1} para lixiviado de colunas de solos com aplicação de vinhaça, evidenciando o poder de remoção da matéria orgânica pelo solo. No entanto, no presente estudo, os valores de DQO foram, aproximadamente, cinco vezes superiores aos dos referidos autores devido a presença de compostos de difícil degradação contidos na ARC.

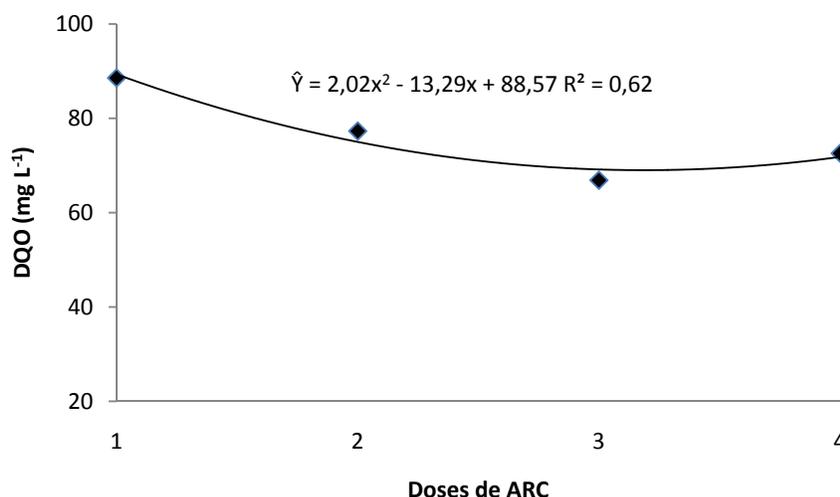


Figura 10. Valores médios de demanda química de oxigênio (DQO) em função das doses 1, 2, 3 e 4 de ARC.

CONCLUSÕES

As doses crescentes de ARC promoveram acréscimo nas concentrações de Ca, Mg, Na e K no lixiviado, mas com valores bastante inferiores ao da ARC aplicada.

Os solos apresentaram alto poder de remoção dos sólidos e da matéria orgânica contida na ARC.

Quanto a salinidade pode-se concluir que para o período de tempo estudado não foi verificada nenhum indício de restrição para uso de ARC nos solos do presente trabalho.

LITERATURA CITADA

Aquino, S.F.; Silva, S.Q.; Chernicharo, C.A.L. Considerações práticas sobre o teste de demanda química de oxigênio (DQO) aplicado a análise de efluentes anaeróbios. Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v.11, n.4, 2006.

- APHA – American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater. 19. ed. Washington: APHA, 1995. 874p.
- Ayers, R.S.; Westcot, D.W.A. A qualidade da água na agricultura. Campina Grande: UFPB. 1991. 218p. Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29.
- Bebé, F.V. Avaliação de solos sob diferentes períodos de fertirrigação com vinhaça e alterações na qualidade do efluente. Recife: UFRPE, 2007. 37p. Dissertação Mestrado.
- Brasil, M.S.; Matos, A.T.; Fia, R. Eficiência e impactos ambientais do tratamento de águas residuárias da lavagem e despolpa de frutos do cafeeiro em áreas alagadas naturais. Engenharia na Agricultura, Viçosa, v.11, n.1-4, 2003.
- Brito, F.L.; Rolim, M.M.; Silva, J.A.A.; Pedrosa, E.M.R. Qualidade do percolado de solos que receberam vinhaça em diferentes doses e tempo de incubação. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.11, n.3, p.318–323, 2007.
- Clay, J.W. World Agriculture and the Environment: A commodity by commodity guide two impacts and practices. ISLANDPRESS: Washington, 2004. 282 p.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de análises de solo. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212p.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: EMBRAPA, 2006. 370p.
- ENVIRONMENT PROTECTION AUTHORITY OF VICTORIA. Guidelines for wastewater irrigation. Melbourne, Austrália, 1991. (Publication, 168).
- Ferreira, P.A.; Garcia, G.P.; Matos, A.T.; Ruiz, H.A.; Borges Junior, J.C.F. Transporte de solutos presentes na água de café conilon. Acta Scientiarum Agronomic, Maringá, v.28, n.1, p. 29-35, 2006.
- Ferreira, D.F. Sisvar: sistema de análise de variância para dados balanceados, versão 4.3. Lavras: DEX/UFLA, 2003. (Software estatístico).
- Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução CONAMA 357, de 18/03/2005. Dispõe sobre a classificação das águas. Disponível em:
< <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res2086.html> > Acesso em 30/01/2008.
- Feigin, A.; Ravina, I.; Shalhevet, J. Irrigation with treated sewage effluent: management for environmental protection. Berlim: Springer-Verlag, 1991, 234p.
- Lyra, M.R.C.C.; Rolim, M.M.; Silva, J.A.A. Toposseqüência de solos fertigados com vinhaça: contribuição para a qualidade das águas do lençol freático. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.7, n.3, p.523-532, 2003.

- Matos, A.T.; Ememerich, I.N.; Brasil, M.S. Tratamento por escoamento superficial de águas residuárias da lavagem e despolpa de frutos do cafeeiro em rampas cultivadas com Azevém. *Engenharia na Agricultura*, Viçosa, v.1, n.4, p. 240-246, 2005a.
- Matos, A.T.; Pinto, A.B.; Pereira, O.G.; Barros, F.M. Alterações de atributos químicos no solo de rampas utilizadas no tratamento de águas residuárias. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.9, n.3, p. 406-412, 2005b.
- Paglia, E.C.; Serrat, B.M.; Freire, C.A.L.; Veiga, A.M.; Borsatto, R.S. Doses de potássio na lixiviação do solo com lodo de esgoto. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.11, n.1, p.94–100, 2007.

CAPÍTULO III

**EFEITO DA APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DA LAVAGEM E DESPOLPA
DOS FRUTOS DE CAFÉ ARÁBICA SOBRE AS PROPRIEDADES QUÍMICAS DE
DOIS SOLOS**

Efeito da aplicação de água residuária da lavagem e despolpa dos frutos de café arábica sobre as propriedades químicas de dois solos

Resumo: O uso inadequado de águas residuárias na agricultura e a crescente escassez de água de boa qualidade podem ocasionar problemas irreparáveis ao meio ambiente. Assim, o objetivo do presente estudo foi avaliar as alterações químicas de solos tratados com água residuária de café (ARC). Desta forma, estudou-se em delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial, a aplicação de quatro doses de água de café em dois solos a quatro profundidades, em dois períodos de incubação, 30 e 60 dias. As doses aplicadas foram: Dose 1= testemunha (2,70 L de água), Dose 2 = 0,54 L, Dose 3 =1,62 L e Dose 4 = 2,70 L de ARC, conforme necessidade de potássio da cultura do cafeeiro (80g de K_2O /planta). As variáveis analisadas foram cálcio, magnésio, potássio, sódio, pH e condutividade elétrica do extrato da pasta saturada (CE_{es}). Todas as variáveis com exceção do magnésio foram alteradas pela aplicação de ARC para os solos e tempos de incubação, indicando um grande potencial do uso da água residuária como fornecedora de nutrientes. De modo geral, as modificações químicas que ocorreram nos solos tratados com águas residuárias dependem da composição, do volume aplicado e do poder tampão do solo.

Palavras-chave: Aproveitamento de resíduos, qualidade ambiental, cafeeiro

Effect of the application of water waste of the wash and despolpa of the Arabic fruits of coffee on the chemical properties of two soils

Abstract: Tends in view the magnitude of the environmental problems that you/they can be caused with the inadequate use of wastewater and to growing shortage of water of good quality for the agriculture, becomes necessary to evaluate the chemical alterations of soils treated with wastewater of coffee (ARC). This way, it was studied in design randomized, in factorial scheme, the application of four doses of water of coffee in two soils and four depths during two incubation periods, 30 and 60 days. The doses were: Dose 1 = control (2.70 L of water), Dose 2 = 0.54 L, Dose 3 =1.62 L and Dose 4 = 2.70 L of ARC, made calculations according to need of potassium of the culture of the coffee plant (80g of K_2O /plants). The analyzed variables were calcium, magnesium, potassium, sodium, pH and electric

conductivity of the extract of the saturated paste (CEes). All the variables except for the magnesium were altered by the application of ARC for the the soils and times of incubation, indicating a great potential of the use of the wastewater as supplier of nutrients. In general, the chemical modifications that happen in the soils treated with wastewater depend on the composition of the same, of the applied volume and of the buffer of the soil.

Key words: reuse, environmental quality, coffee tree

INTRODUÇÃO

O Brasil ocupa a posição de maior produtor e exportador mundial de café. As exportações brasileiras representaram cerca de 29,15% do total mundial em 2007 (CONAB, 2008). Apesar do declínio de sua participação na composição da balança comercial brasileira, o café ainda é um importante produto agrícola de exportação e já representou aproximadamente 5% do total das exportações em 1998. Ao longo da década de 90, o número de empresas exportadoras variou em torno de 200 empresas, dentre elas as cinco maiores participaram com 36% do total de café verde exportado em 2001 (Bragança, 2004).

Apesar da safra nacional 2007 ter sido de 33.740.000 sacas beneficiadas (IBGE, 2008), a abertura de novos mercados e a participação competitiva dos produtos agrícolas em uma economia globalizada exigem melhor qualidade dos produtos. Dessa forma, a estratégia do setor cafeeiro para recuperar as vendas no Brasil e no exterior é garantir e divulgar a qualidade do café brasileiro. Nesse sentido, tornou-se necessário a busca por alternativas para maior produção e principalmente a melhoria da qualidade no grão (Tavares, 2002; Afonso Júnior, 2004).

Uma tecnologia adequada para obter cafés de qualidade é a preparação por via úmida que consiste na despolpa de frutos maduros. Este sistema é bastante utilizado na Colômbia e em outros países produtores de cafés arábicas suaves com boas cotações no mercado (Garcia, 2003; Leite, 1998). Por outro lado, a tecnologia é geradora de grandes volumes de águas residuárias. No entanto, mesmo pela elevada concentração de íons, principalmente o potássio, a ARC apresenta potencial fertilizante. Além disso, a matéria orgânica contida na ARC pode alterar positivamente as características químicas do solo pelo aumento de cargas negativas, e físicas, podendo aumentar a retenção de umidade.

De acordo com Lo Mônaco (2005), o volume de águas residuárias agroindustriais deve-se basear na dose de nutrientes recomendada para as culturas agrícolas e não na

necessidade hídrica. Ainda, se os teores dos nutrientes atingirem valores elevados podem ocasionar poluição do solo e das águas superficiais e subterrâneas.

Por sua vez, Garcia (2003) verificou aumento de cálcio e potássio e redução do alumínio trocável em diferentes tipos de solo, destacando a presença destes na ARC. Apesar do potencial fertilizante da ARC, Lo Mônaco (2005), aplicando doses crescentes de água residuária do descascamento/despolpa do fruto do cafeeiro, referentes a adição de 66,4; 99,6; 132,8; 166,0 e 199,2g de potássio por cova em cafeeiro com 4 anos de idade, observou aumentos significativos nos valores da condutividade elétrica em função da doses de ARC aplicadas e da profundidade do solo.

Com isso, torna-se bastante importante o estudo das propriedades químicas dos solos que recebem águas residuárias aliado a variabilidade da concentração de íons e dos diferentes tipos de solos. Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de água residuária da lavagem e despolpa de frutos de café arábica sobre as propriedades químicas de dois solos durante dois tempos de incubação.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no laboratório de Mecânica dos Solos e Aproveitamento de Resíduos da Universidade Federal Rural de Pernambuco. As amostras de solo utilizadas foram coletadas em distintos locais da Estação Experimental de Brejão, situadas na Fazenda Vista Alegre, PE-218, km 08, Brejão, PE, enquanto a água residuária de lavagem e despolpa de frutos de café arábica (ARC) foi adquirida numa propriedade particular do município de Barra do Choça, sudoeste da Bahia a sua caracterização encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas da amostra de ARC aplicada nos solos

Características	Valor
DBO (mg L ⁻¹) ¹	6.840
DQO (mg L ⁻¹) ²	15.286,62
CE dS m ⁻¹ (3)	4,68
Potássio (mg L ⁻¹)	1551,38
Cálcio (mg L ⁻¹)	27,66
Magnésio (mg L ⁻¹)	8,20
Sódio (mg L ⁻¹)	104,90

⁽¹⁾Demanda química de Oxigênio; ⁽²⁾ Demanda Química de Oxigênio;
⁽³⁾ Condutividade Elétrica; ⁽⁴⁾ Relação de Adsorção de Sódio

As amostras dos solos foram coletadas nas profundidades 0-20; 20-40; 40-60 e 60-80

cm e, posteriormente, secas ao ar, destorroadas e peneiradas (2 mm) para análises físicas e químicas (Tabelas 2) e posteriormente classificados como ARGISSOLO AMARELO Distrófico úmbrico (Solo 1) e ARGISSOLO AMARELO Distrófico abrupto (Solo 2).

Tabela 2. Características físicas e químicas das amostras dos solos utilizadas no experimento.

Prof ⁽¹⁾ cm	Ds ⁽²⁾ g dm ⁻³	Dp ⁽³⁾ g dm ⁻³	Pt ⁽⁴⁾ %	Areia %	Argila %	Silte %	pH	Na	K	Ca	Mg	Al	Al + H	T	CE _{es} dSm ⁻¹
Solo 1															
0-20	1,42	2,55	44,41	69,93	22,91	7,17	4,20	0,18	0,34	3,28	0,99	0,41	6,93	11,7	0,46
20-40	1,45	2,54	42,72	58,19	35,81	6,00	3,40	0,22	0,35	1,15	0,08	1,22	5,61	7,4	0,28
40-60	1,44	2,56	43,75	48,52	39,81	11,67	4,50	0,18	0,28	2,23	0,18	1,50	7,76	10,6	0,18
60-80	1,59	2,50	36,52	39,52	45,48	15,00	4,00	0,24	0,27	1,09	0,03	1,80	8,42	10,1	0,23
Solo 2															
0-20	1,49	2,55	41,37	66,52	28,15	5,33	4,50	0,31	0,41	1,59	0,36	0,40	6,44	9,1	0,84
20-40	1,45	2,50	41,88	47,85	28,15	24,00	4,60	0,20	0,23	1,04	0,05	1,70	10,9	12,4	0,14
40-60	1,40	2,53	44,62	41,85	46,15	12,00	3,90	0,24	0,22	0,99	0,02	2,00	8,91	10,4	0,14
60-80	1,37	2,54	45,90	38,85	52,15	9,00	4,20	0,26	0,21	1,06	0,03	1,95	7,10	8,7	0,26

⁽¹⁾ Profundidade; ⁽²⁾ densidade do solo; ⁽³⁾ densidade de partícula; ⁽⁴⁾ porosidade total

As unidades experimentais foram dispostas em delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial, sendo dois solos, (Solo 1 e 2), quatro profundidades, (0-20, 20-40, 40-60 cm), quatro doses de ARC (Dose 1, 2, 3 e 4) e dois tempos de incubação (Tempo 1 e 2), conduzidas com três repetições. Cada unidade experimental foi constituída de uma coluna de PVC com 0,20 m de diâmetro e 1,00 m de altura preenchida com solo em camadas semelhantes aos horizontes até 0,80 m reproduzindo a densidade e a espessura dos horizontes do solo em campo (Tabela 2), e preenchidas em camadas de 0,02 m, utilizando um compactador de madeira, quando necessário, com diâmetro inferior ao da coluna. Após o acondicionamento do solo, procedeu-se a saturação por capilaridade para expulsar o ar presente nos poros e evitar caminhos preferenciais.

Com base na recomendação de K para a cultura do café (80 g planta⁻¹) e de acordo a concentração de K na ARC (1.551 mg L⁻¹) foi definida as seguintes doses: Dose 1 = 2,70 L testemunha, Dose 2 = 0,54 L (uma vez), Dose 3 = 1,62 L (três vezes) e Dose 4 = 2,70 L (cinco vezes da necessidade do cafeeiro). A aplicação da ARC foi realizada de modo a impedir qualquer dano no solo. Após a aplicação manteve-se os solos incubados por 30 (Tempo 1) e 60 dias (Tempo 2); e o final de cada período, aplicou-se uma lâmina de 120 mm baseada nas máximas precipitações registradas durante de 39 anos no município de Garanhuns (Lira et al., 2006).

Após sete dias, as amostra de solo nos diversos horizontes de cada coluna, foram secas ao ar, destorroadas e peneiradas (2 mm) para análises químicas de: cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K) e sódio (Na) trocáveis extraídos em acetato de amônio 1mol L⁻¹ e

posteriormente determinados através do espectrômetro de absorção atômica e fotômetro de chama; pH em água (1:2,5) e todas, conforme metodologia da Embrapa (1997); e condutividade elétrica do extrato da pasta saturada (CE_{es}) mediante metodologia descrita por Richards (1954).

Os resultados foram submetidos a análise de variância com desdobramento das interações significativas e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade utilizando-se do programa Sisvar (Ferreira, 2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Figuras 1A e B, pode-se verificar que as doses crescentes de ARC alteraram os teores de Ca trocável para os Solos 1 e 2. De modo geral, as doses de ARC aumentaram significativamente os teores de Ca nos solos em relação a testemunha (Dose 1). Para o Tempo 1, não foi observado diferença entre as doses, ao passo que no Tempo 2, constatou-se menor concentração de Ca quando aplicou a Dose 4 em relação a Dose 2 (Figura 2). O comportamento pode ser explicado pela elevada concentração de K na ARC que, possivelmente, substituiu os íons de Ca no complexo de troca corroborando com Lo Monaco (2005).

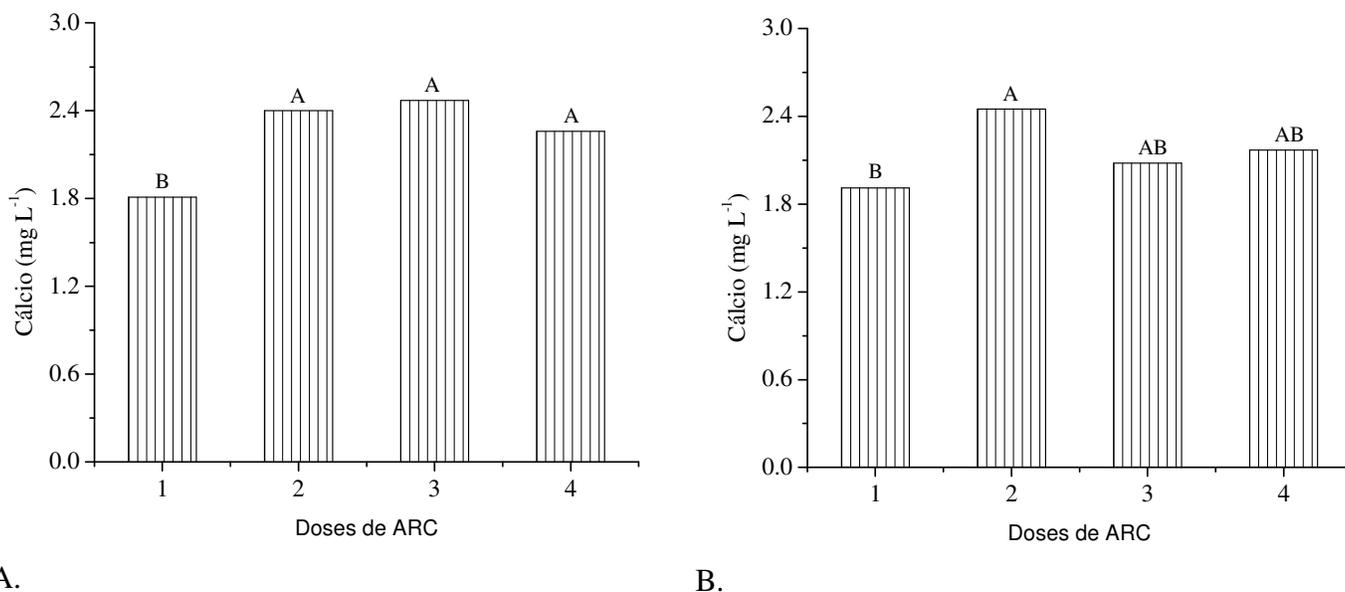


Figura 1. Valores médios de cálcio trocável em função das doses de água residuária de café (ARC) para o Solo 1 (A) e para o solo 2 (B).

Na Figura 3 pode-se observar que não houve diferença entre as profundidades para o Tempo 1, enquanto, no Tempo 2 observou-se maior concentração de Ca trocável na camada

de 0-20 cm (Profundidade 1). Provavelmente, independente dos solos e das doses, quando foi aplicada a lâmina de lixiviação, aos 30 dias, o Ca foi sendo solubilizado e distribuiu ao longo do perfil não evidenciando diferença entre as profundidades.

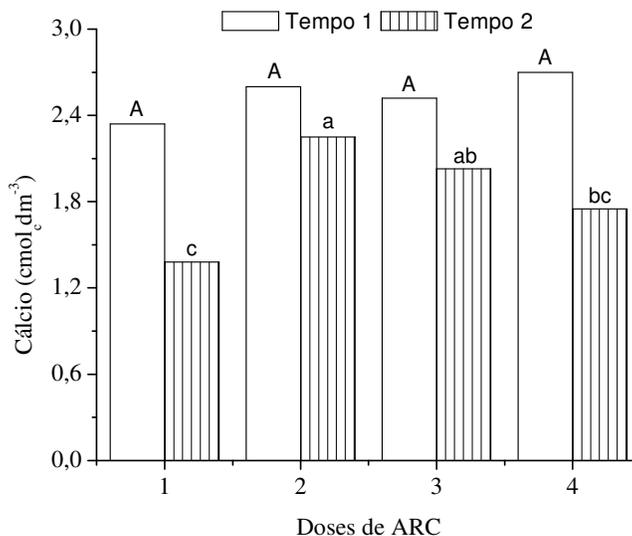


Figura 2. Valores médios de cálcio trocável em função das doses de ARC para os Tempos 1 e 2 (colunas seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si entre doses para o Tempo 1 e minúsculas para o Tempo 2).

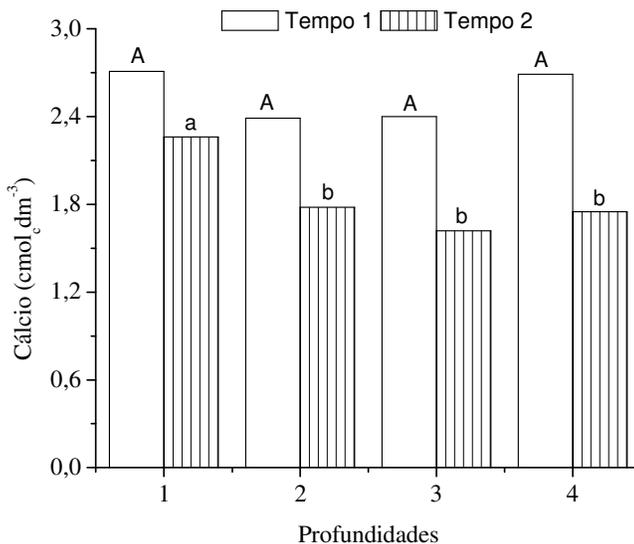


Figura 3. Valores médios de cálcio trocável em função das profundidades: 1=0-20; 2=20-40; 3=40-60; 4=60-80 cm (colunas seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si entre profundidades para o Tempo 1 e minúsculas para Tempo 2).

As doses de ARC não alteraram os teores de Mg nos tempos, devido a baixa

concentração do íon na ARC ($8,2 \text{ mg L}^{-1}$ de Mg). Entretanto, Medeiros et al. (2005) verificaram acréscimo de Mg trocável, evidenciando que água residuária de origem doméstica pode ser uma alternativa de aporte de Mg ao solo. Quanto a profundidade, as maiores concentrações de Mg no solo foram verificadas na camada superficial (0-20 cm) para o Tempo 1 e 2 (Figura 4). Esse resultado pode estar associado ao maior teor de Mg na primeira profundidade na testemunha (Tabela 3), sem aplicação de ARC. Entretanto, Garcia (2003) verificou maior aporte de Mg na camada superficial devido a aplicação de ARC.

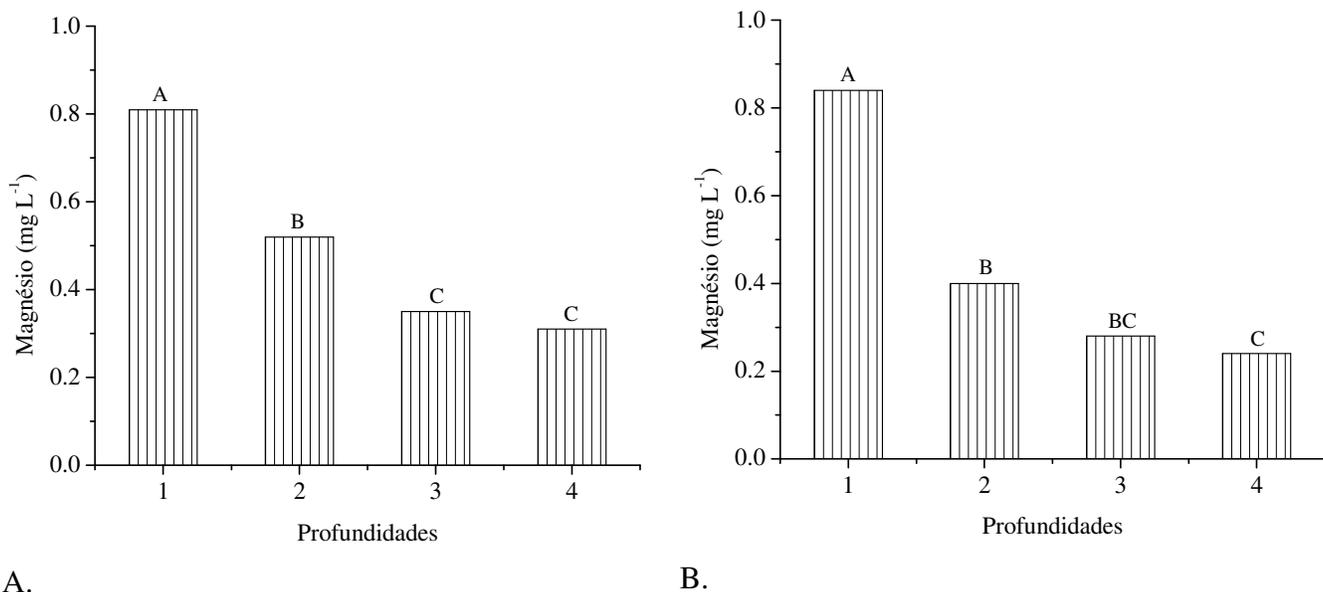
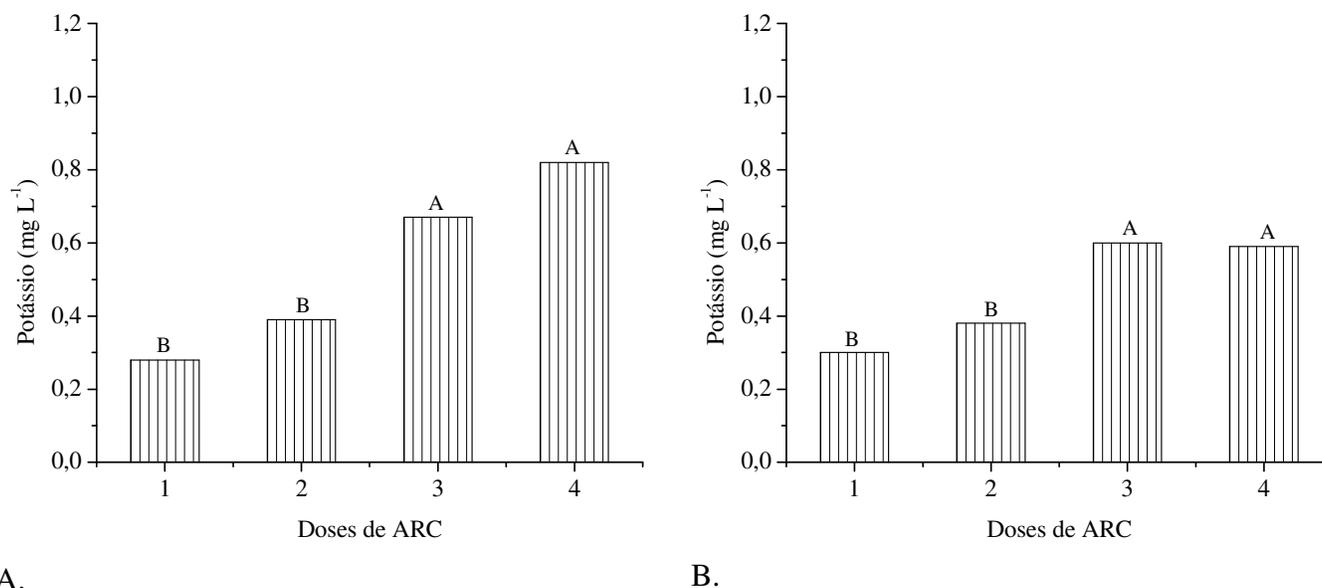


Figura 4. Valores médios de magnésio trocável em função das profundidades para os Tempos 1 (A) e Tempo 2 (B), 1= 0-20; 2=20-40; 3=40-60; 4=60-80 cm (colunas seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si entre profundidades para o Tempo 1 e Tempo 2).

O teor de K trocável aumentou com as doses de ARC aplicadas nos solos independentemente dos tempos de incubação. No Solo 1 e 2 pode-se verificar diferença entre as maiores doses (Dose 3 e 4) em relação as Dose 2 e a Testemunha, evidenciando o incremento de K trocável pela adição de ARC, (Figura 5A e B). Com relação ao tempo, (Figura 6) observou-se comportamento crescente, com aumento de K aos 30 (Tempo 1) e 60 (Tempo 2) dias de incubação. Os teores de K trocáveis, independentes das doses aplicadas, foram superiores na profundidade 0-20 cm, para os dois solos, em relação às demais profundidades devido ao maior contato entre a ARC aplicada e os colóides do solo (Figura 7A e B). Em solos sob aplicação de vinhaça, Bebé (2007) encontrou o incremento de K disponível na camada 0-10 e 10-20 cm. Vários autores (Matos et al., 2005; Garcia, 2003; Medeiros et al., 2005) evidenciaram incremento de K trocável no solo destacando o potencial de uso das águas residuárias como fornecedoras de nutrientes ao solo. Em estudo com

aplicação de manipueira contendo 583 mg L^{-1} de K, Mélo et al. (2005) também verificaram aumento de K trocável em diferentes solos em função das doses de 200, 400 e $600 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$.



A.

B.

Figura 5 Valores médios de potássio trocável em função das doses de ARC para os Solo 1 (A) e Solo 2 (B).

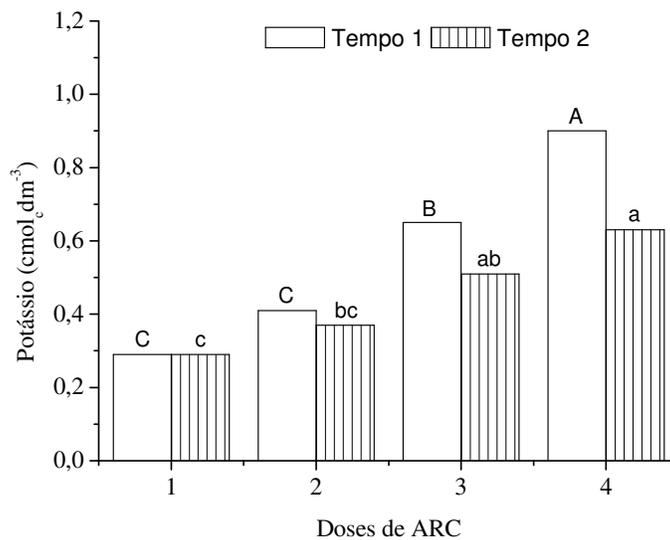


Figura 6. Valores médios de potássio trocável em função das doses de ARC para os Tempos 1 e 2 (colunas seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si entre Doses para o Solo 1 e Tempo 1 e minúsculas para o Solo 2 e Tempo 2).

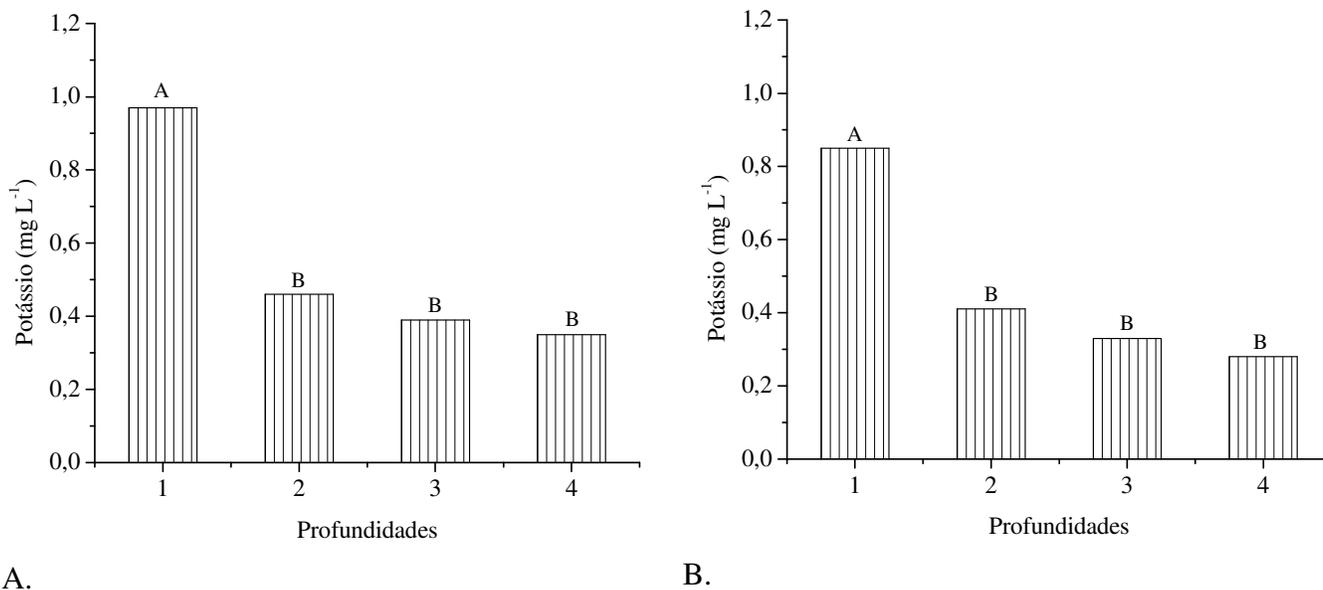


Figura 7. Valores médios de potássio trocável em função das profundidades para os Solos 1 e 2 (colunas seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si entre profundidades para o Solo 1 e Solo 2).

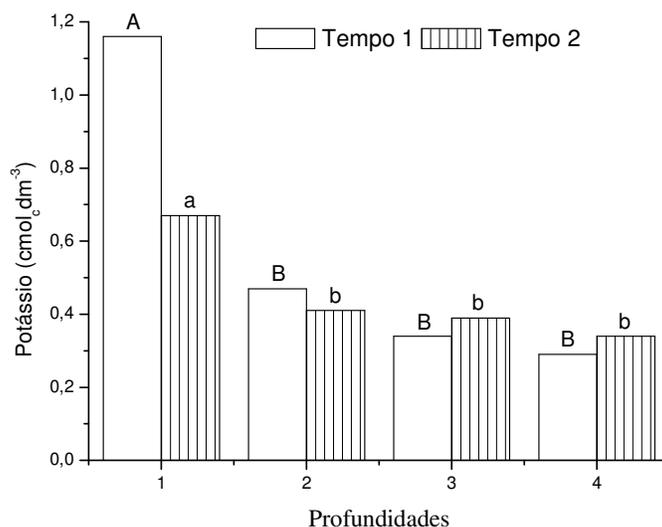


Figura 8. Valores médios de potássio trocável em função das profundidades para os Tempos 1 e 2 (colunas seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si).

Em relação ao teor de Na trocável, pode-se verificar maiores teores com aplicações da Dose 4 em relação a Dose 1 e 2 no Solo 1 (Figura 9). Entretanto, no Solo 2, não houve diferença em função das Doses aplicadas. No Tempo 1, independente dos solos, observou maior teor de Na trocável para a Dose 4 em relação a Dose 1 (Figura 10) e, no Tempo 2, não houve diferença entre as doses. Quanto as profundidades, observou-se maior concentração de Na trocável na Profundidade 1 para o Solo 1 (Figura 11A). No Tempo 1 e no Solo 2 (Figura 10

e 11 A), o teor de Na na Profundidade 1 foi maior do que na Profundidade 3 e 4 e não diferiu da Profundidade 2 (Figura 11B e 12A).

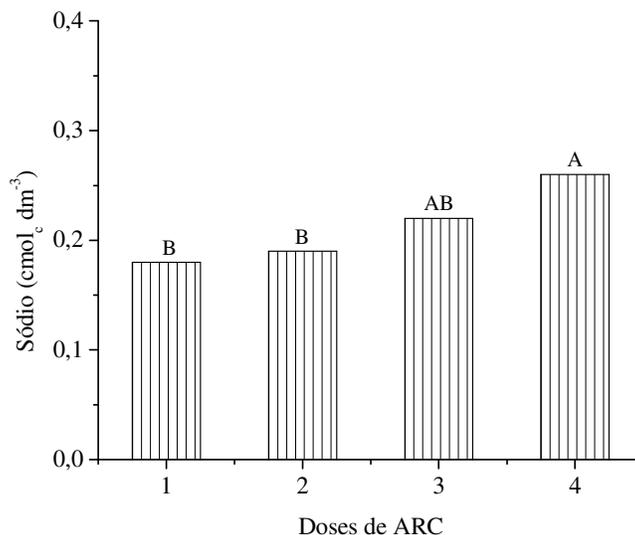


Figura 9. Valores médios de sódio trocável em função das doses de ARC para os Solos 1 (colunas seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si entre doses).

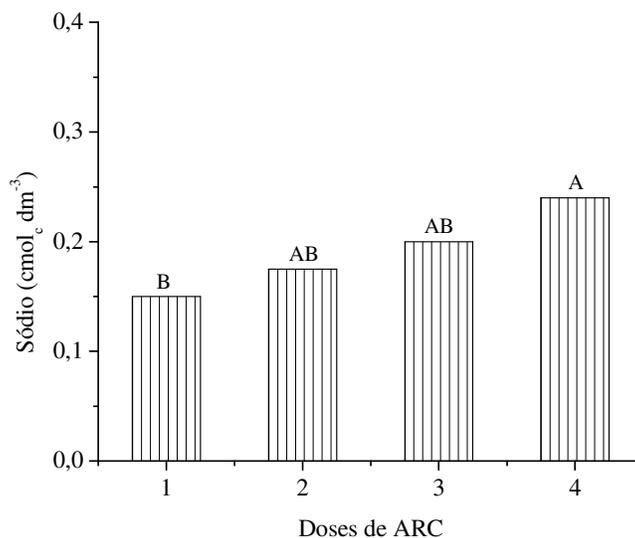
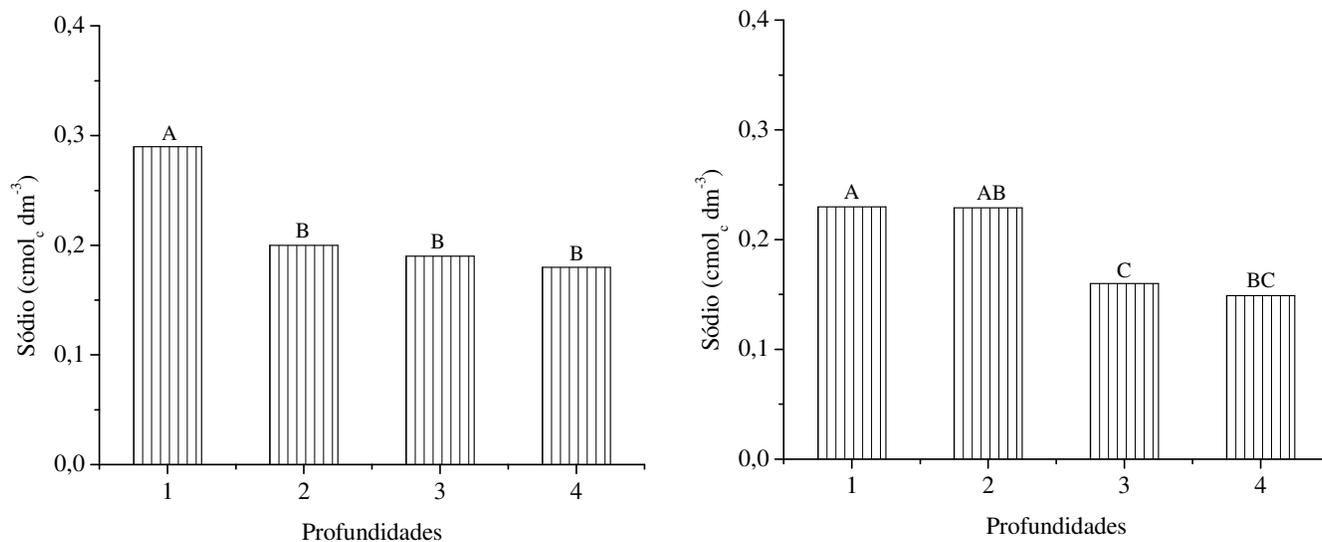


Figura 10. Valores médios de sódio trocável em função das doses de ARC para os Tempos 1 (colunas seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si entre doses).



A.

B.

Figura 11. Valores médios de sódio trocável em função das profundidades para os Solos 1 (A) e 2 (B) (colunas seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si entre profundidades para o Solo 1 e Solo 2).

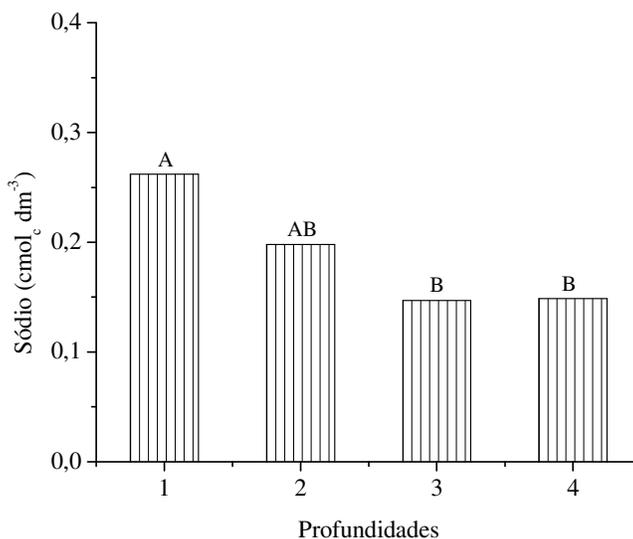


Figura 12. Valores médios de sódio trocável em função das profundidades para os Tempos 1 (colunas seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si entre profundidades).

Em relação ao índice pH, não foi verificada diferença entre os solos com as doses crescentes de ARC (Figura 13). Entretanto, Garcia (2003) encontrou aumento do pH em função das doses de ARC, com acréscimo de quase duas unidades no valor de pH da testemunha em relação à maior concentração de ARC aplicada. Vários estudos com aplicação de vinhaça em diferentes solos evidenciaram o aumento de pH do solo devido o incremento de bases trocáveis. No entanto, no presente trabalho, a ARC aplicada apresentou baixo teor de

Ca e Mg não resultando assim em elevação do pH.

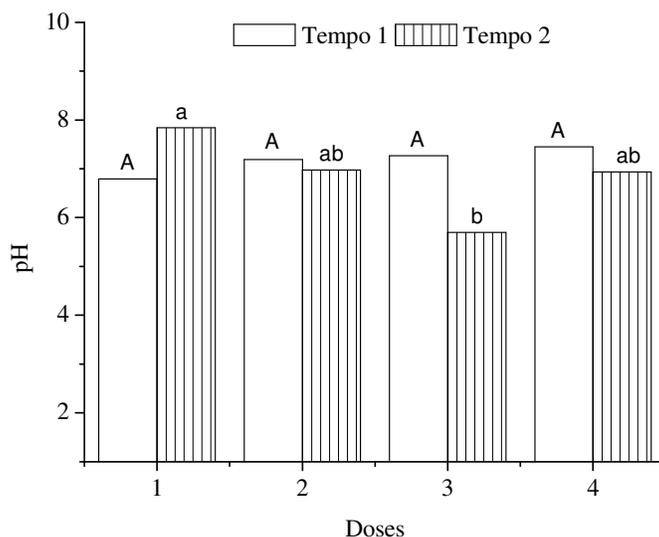


Figura 13. Valores médios de pH em função das doses de ARC para os Solos 1 e 2 (colunas seguidas de mesma letra não diferem entre si entre Doses para o Solo 1 e o Solo 2).

As doses de ARC não afetaram significativamente a CE_{es} nos Solos 1 e 2. A Dose 4 apresentou maior CE em relação a Testemunha, somente para o Tempo 2 (Figura 14). Independente da dose aplicada, observou-se maiores valores de CE para os solos e para os tempos na profundidade 1, evidenciando a baixa lixiviação de sais nos solos estudados (Figura 15).

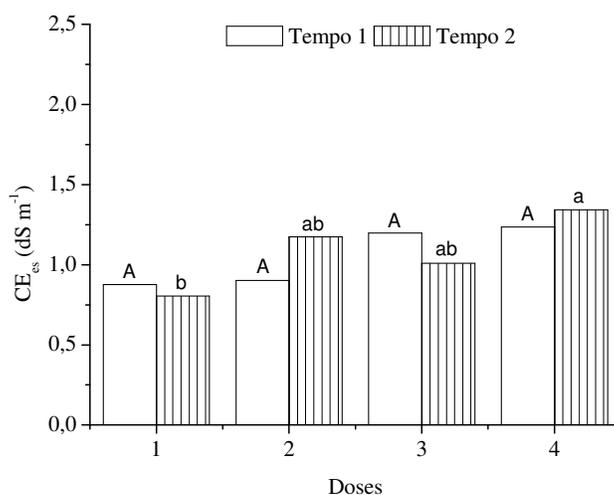
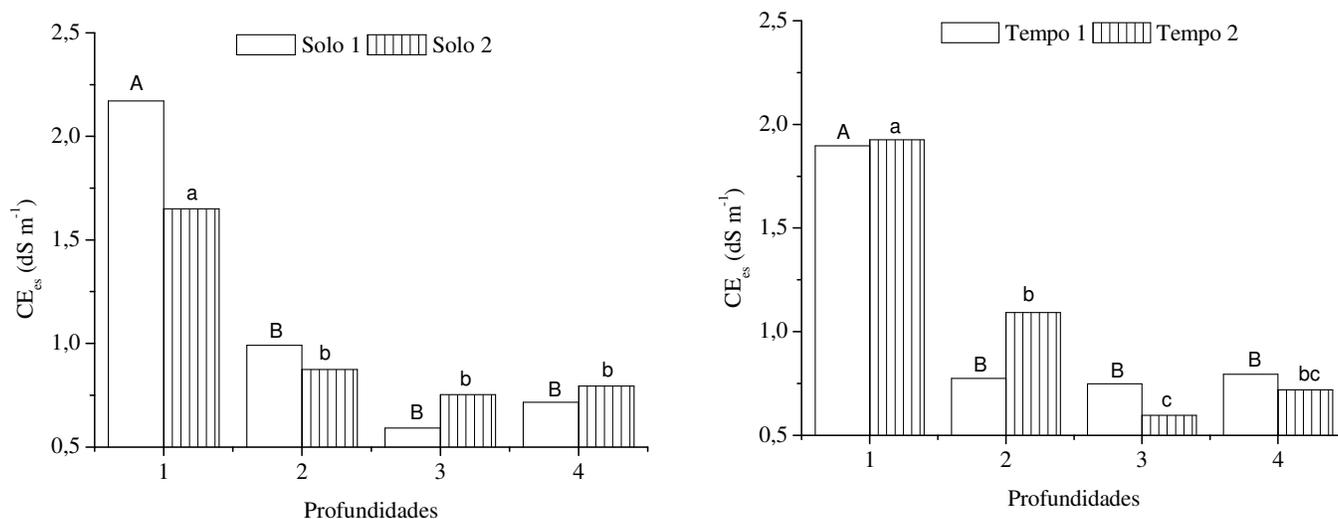


Figura 14. Valores médios de CE_{es} em função doses de ARC para os Tempos 1 e 2 (colunas seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si entre Doses para o Tempo 1 e minúsculas para o Tempo 2).

Provavelmente a grande quantidade de K aplicada resultou em maiores valores de CE concordando com Lo Monaco (2005). Apesar da elevada CE da ARC aplicada ($4,68 \text{ dS m}^{-1}$) e RAS de $4,5 (\text{mmol}_c \text{ L}^{-1})^{1/2}$, de acordo com as diretrizes propostas por Ayers & Westcot (1999), não apresenta nenhum grau de restrição para uso contínuo na irrigação.



A.

B.

Figura 15. Valores médios de CE_{es} em função das profundidades para os Solos 1 e 2 (a) e para os Tempos 1 e 2 (b) (colunas seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si entre profundidades para o Solo 1 e Tempo 1 e minúsculas para o Solo 2 e Tempo 2).

CONCLUSÕES

As doses de ARC alteraram as propriedades químicas dos solos nos dois tempos aumentando os teores de Ca, Na e principalmente K nos dois solos.

A Profundidade 1 apresentou maior concentração de K, Na e conseqüentemente maior CE_{es} .

A aplicação de ARC com até 5 vezes a necessidade de K pela cultura do café não evidenciou riscos ambientais devido ao poder tampão dos solos estudados. No entanto, outros trabalhos podem ser feitos para verificar os possíveis riscos com aplicação contínua de ARC em solos de textura arenosa e argilosa.

LITERATURA CITADA

Afonso Júnior, P. C. Contribuição das etapas do pré-processamento para a qualidade do café
Revista Brasileira de Armazenamento, Viçosa - Especial Café, MG, n. 8, p. 46-53, 2004.

- Ayers, R. S.; Westcot, D. W. A qualidade da água na agricultura. Campina Grande, PB: UFPB, 153 p. 1999. (Estudos FAO irrigação e drenagem – Boletim 29).
- Bebé, F.V. Avaliação de solos sob diferentes períodos de fertirrigação com vinhaça e alterações na qualidade do efluente. Recife: UFRPE, 2007. 37p. Dissertação Mestrado.
- Bragança, G.G.F. Poder de mercado do café brasileiro nos EUA: Abordagem via demanda residual EPGE - FGV, 2004, 40p. Dissertação Mestrado.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira. Brasília. Café – Safra 2008. Disponível em: <www.conab.gov.br> Acesso: 08 de Fev. 2008.
- Empresa Brasileira de pesquisa agropecuária. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: Embrapa Produção de Informação. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p
- Empresa brasileira de pesquisa agropecuária. Manual de análises de solo. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997. 212p.
- Ferreira, D. F. SISVAR: sistema de análise de variância para dados balanceados, versão 4.3. Lavras: DEX/UFLA, 2003 (Software estatístico).
- Garcia, G.O. Alterações químicas, físicas e mobilidade de íons do solo decorrentes da aplicação de águas residuárias da lavagem e despolpa dos furtos do cafeeiro conilon. Viçosa: UFV, 2003. 101p. Dissertação Mestrado.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Brasília. 2007. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em 08 Fev 2008.
- Leite, C.A.M. Desafios da cafeicultura no final do século XX. In: Aguiar, D.D.R.; Pinho, J.B. O agronegócio brasileiro: desafios e perspectivas. Brasília: sociedade brasileira de economia e sociologia rural, 1998. 186p.
- Lira, V.M.; Oliveira, F.M.; Dantas, R.T.; Souza, W.M. Alterações da precipitação em municípios do estado de Pernambuco. Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Pinhal, v.3, n.1, p.052-061, 2006.
- Lo Monaco, P.A. Fertirrigação do cafeeiro com águas residuárias da lavagem e descascamento de seus frutos. Tese de doutorado - Universidade Federal de Viçosa, 2005, 96p.
- 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. R. Bras. Eng. Agric. Ambiental, Campina Grande, v. 9, n.3. p.406-412, 2005.
- Medeiros, S.S.; Soares, A.A.; Ferreira, P.A.; Neves, J.C.L.; Matos, A.T.; Souza, J.A.A. Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: Estudo das alterações

químicas do solo. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.9, n.4, p.603-612, 2005.

Mélo, R.F.; Ferreira, P.A.; Ruiz, H.A.; Matos, A.T.; Oliveira, L.B. Alterações físicas e químicas em três solos tratados com água residuária de mandioca. Irriga, Botucatu, v.10, n.4, p.383-392, 2005.

Richards, L.A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington: United States Salinity Laboratory, 1954, 160p. Agriculture Handbook, 60.

Tavares, E.L.A. A Questão do Café Commodity e sua Precificação: o “C Market” e a Classificação, Remuneração e Qualidade do Café Campinas dezembro de 2002 tese.

CONCLUSÕES GERAIS

CONCLUSÕES

1. As alterações que ocorrem em solos tratados com águas residuárias de café dependem da concentração de nutrientes, do volume aplicado e das características do solo;
2. As maiores doses, 3 e 4 promoveram maior incremento de potássio e sódio, independente do tempo e do solo;
3. O teor de alumínio trocável decresceu com as doses aplicadas nos dois solos e com os dois tempos de incubação;
4. O teores dos íons Ca, Mg, Na e K no lixiviado aumentaram com as doses, mas com valores bastante inferiores ao da ARC que foi aplicada.
5. A demanda química de oxigênio do lixiviado foi aproximadamente 191 vezes menor que a da água residuária de café aplicada no solo;
6. Os colóides dos solos adsorveram os cátions e a matéria orgânica contida na água residuária de café aplicada.