

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

PRISCILA ANDRADE SILVA FARIA

**EFEITOS NO SOLO E NAS PLANTAS DE CAFEIRO CONILON DECORRENTES
DA FERTIRRIGAÇÃO COM ÁGUA RESIDUÁRIA DA LAVAGEM E DESPOLPA DE
SEUS FRUTOS**

**Alegre
2008**

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Central da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

F224e Faria, Priscila Andrade Silva, 1982-
Efeitos no solo e nas plantas de cafeeiro conilon decorrentes da fertirrigação com água residuária da lavagem e despolpa de seus frutos / Priscila Andrade Silva Faria. – 2008.
107 f. : il

Orientador: Edvaldo Fialho dos Reis.

Co-Orientadores: Giovanni de Oliveira Garcia, José Francisco Teixeira do Amaral.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias.

1. Cafeeiro. 2. Fertirrigação. 3. Águas residuais no solo. 4. Resíduos – Eliminação no solo. 5. Plantas - Nutrição. I. Reis, Edvaldo Fialho dos. II. Garcia, Giovanni de Oliveira. III. Amaral, José Francisco Teixeira do. IV. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias. V. Título.

CDU: 63

PRISCILA ANDRADE SILVA FARIA

**EFEITOS NO SOLO E NAS PLANTAS DE CAFEIEIRO CONILON DECORRENTES
DA FERTIRRIGAÇÃO COM ÁGUA RESIDUÁRIA DA LAVAGEM E DESPOLPA DE
SEUS FRUTOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Edvaldo Fialho dos Reis

Alegre

2008

PRISCILA ANDRADE SILVA FARIA

**EFEITOS NO SOLO E NAS PLANTAS DE CAFEIEIRO CONILON DECORRENTES
DA FERTIRRIGAÇÃO COM ÁGUA RESIDUÁRIA DA LAVAGEM E DESPOLPA DE
SEUS FRUTOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Aprovado em 21 de maio de 2008.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Edvaldo Fialho dos Reis
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador

Prof. Dr. Giovanni de Oliveira Garcia
Universidade Federal do Espírito Santo

Prof. Dr. José Francisco Teixeira do Amaral
Universidade Federal do Espírito Santo

Prof. Dr. Renato Ribeiro Passos
Universidade Federal do Espírito Santo

Dr. Luiz Carlos Prezotti
INCAPER

A Deus.

Aos meus pais Eloisio e Dulciléa.

Ao meu Marido Rodrigo.

À minha futura filha ou filho (Rebeca ou Davi).

Aos meus amigos e colegas.

AGRADECIMENTO

A Deus, pela minha existência.

Aos meus pais Eloisio e Lea, pelo apoio, compreensão, sabedoria e ensinamento transmitido ao longo da vida.

Ao meu marido Rodrigo, pela paciência, entusiasmo, constante incentivo e por sempre acreditar em mim.

Ao professor Edvaldo Fialho dos Reis, pela orientação e conhecimentos transmitidos, responsabilidades concedidas, sugestões e incentivos, amizade e conselhos essenciais para a boa condução deste trabalho, o meu muito obrigado.

Ao meu co-orientador Giovanni de Oliveira Garcia, pelo apoio, orientação na condução do experimento e sugestões apresentadas na dissertação.

Ao meu co-orientador José Francisco Teixeira do Amaral, pelas valiosas contribuições, incentivo e sugestões apresentadas na dissertação.

À Fundação de apoio à Pesquisa do Espírito Santo (FAPES), pela concessão de bolsa e financiamento do projeto de pesquisa.

À coordenação do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal (PPGPV) do CCA-UFES, pela oportunidade concedida.

Aos colegas do mestrado, pela convivência agradável e apoio durante a realização do curso e dos experimentos, em especial a Hugo Roldi, Fabíola Lacerda, Lilian Maia, Izaías Bregonci, Vitor Brum e aos estagiários Stefania, Stenio, Aristeu, Ivo, João e Hanne, pela fundamental ajuda prestada que garantiram a execução dos experimentos.

Aos funcionários, estagiários e alunos do PIBIC-JR do LAFARSOI, em especial ao Alessandro, pelo apoio e finais de semana, que possibilitaram a conclusão deste trabalho.

Às amigas Terezinha e Alessandra, que foram verdadeiras amigas nos momentos de contentamentos, incertezas e necessidade.

Enfim, a todos que, de alguma forma, contribuíram para realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

Priscila Andrade Silva Faria, filha de Eloisio Geraldo da Silva e Dulciléa de Andrade Dutra silva, nasceu em Coronel Fabriciano, MG, em 23 de fevereiro de 1982.

Em fevereiro de 2001, ingressou na Universidade federal do Espírito Santo (UFES), curso de agronomia, diplomando-se em fevereiro de 2006.

Em Março de 2006, ingressou no programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal , no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES), tendo sido concluída em 21 de maio de 2008, conferindo-lhe o título de Mestre em Produção Vegetal.

RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido na área experimental do Núcleo de Estudos de Difusão de Tecnologia em Floresta, Recursos Hídricos e Agricultura Sustentável (NEDTEC), localizado no município de Jerônimo Monteiro, ES, com plantas na fase de desenvolvimento inicial, e na Escola Agrotécnica Federal de Alegre (EAFA), localizada no distrito de Rive, no município de Alegre, ES, com plantas em fase de produção. O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos decorrentes da fertirrigação com água residuária da lavagem e despolpa dos frutos de cafeeiro sobre os atributos químicos do solo, desenvolvimento e nutrição mineral do cafeeiro conilon. A água residuária proveniente da lavagem e despolpa do cafeeiro conilon (ARC) foi obtida na Fazenda Experimental de Marilândia de propriedade do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), caracterizada no Laboratório de Análise de Fertilizantes, Águas, Minérios, Resíduos Sólidos e Plantas (LAFARSOL) e aplicadas em doses estimadas em função da capacidade de armazenamento de água no solo. No NEDTEC, o experimento foi desenvolvido em esquema de parcelas subdivididas (7 x 5), tendo nas parcelas sete doses de ARC (0, 19, 38, 57 e 76 mm, aplicadas em uma única vez, representadas por testemunha (T), D11, D21, D31 e D41, respectivamente; 38 mm, parcelada em duas aplicações, representadas por D22; e 57 mm, parcelada em três aplicações, representadas por D33) e as subparcelas constituídas pelas cinco épocas de avaliação (30, 60, 90, 120 e 150 dias após aplicação da água residuária), montado em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. Na EAFA, o experimento foi desenvolvido em esquema de parcelas subdivididas (6 x 2 x 5), tendo nas parcelas um esquema fatorial (6 x 2) com seis doses de ARC (0, 62 e 93 mm, aplicadas em uma única vez, representadas por Testemunha, D11 e D21, respectivamente; 62 mm, parcelada em duas aplicações, representadas por D22; e 93 mm, parcelada em três aplicações, representadas por D33) e duas profundidades (0 – 0,20 e 0,20 – 0,40 m) e as subparcelas constituídas pelas cinco épocas de avaliação (30, 60, 90, 120 e 150 dias após aplicação da água residuária), montado em delineamento em blocos casualizado, com três repetições. Os dados obtidos em ambos os experimentos foram submetidos à análise de variância em nível de 5% pelo teste F. Quando significativo para o fator qualitativo, foram comparados pelo teste de Tukey

a 5% e, para o fator qualitativo, foi feita regressão e os modelos foram escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão, utilizando o teste t de Student, adotando-se o nível de 5% de probabilidade e também pelo maior coeficiente de determinação (R^2). As análises foram realizadas utilizando-se o software SAEG 8.0 e os gráficos confeccionados no Excel. Analisando os resultados obtidos, conclui-se que a água residuária do café pode ser utilizada na fertirrigação, como destino final, desde que seja aplicada em doses segundo a capacidade de armazenamento de água no solo, como proposto neste trabalho.

Palavras chaves: conilon, fertirrigação, água residuária, nutrição.

ABSTRACT

This work was developed in the experimental area of the Núcleo de Estudos de Difusão de Tecnologia em Floresta, Recursos Hídricos e Agricultura Sustentável (NEDTEC), located in the municipal district of Jerônimo Monteiro, ES, with plants in the phase of initial development, and in the Escola Agrotécnica Federal de Alegre (EAFA), located in the district of Rive, in the municipal district of Alegre, ES, with plants in production phase. The objective of this work was to evaluate the effects current of the fertigation with wastewater from washing and pulping of the conilon coffee cherries on the chemical attributes of the soil, development and mineral nutrition of the coffee plant conilon. The wastewater from washing and pulping of the conilon coffee cherries (ARC) were obtained in the Fazenda Experimental de Marilândia of property of the Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), characterized in the Laboratório de Análise de Fertilizantes, Águas, Minérios, Resíduos Sólidos e Plantas (LAFARSOL) and applied in doses estimated in function of the storage capacity of water in the soil. In NEDTEC, the experiment was developed in split-plots arrangement (7 x 5), having in the plots seven doses of ARC (0, 19, 38, 57 and 76 mm, applied in a single time, represented by witness, D11, D21, D31 and D41, respectively; 38 mm, parceled in two applications, represented by D22; and 57 mm, parceled in three applications, represented by D33) and the subplots constituted by the five evaluation epoch (30, 60, 90, 120 and 150 days after application of the wastewater), mounted in a completely randomized design, with three repetitions. In EAFA, the experiment was developed in split-plots arrangement (6 x 2 x 5), having in the plots a factorial scheme (6 x 2) with six doses of ARC (0, 62 and 93 mm applied in a single time, represented by witness (T), D11 and D21, respectively; 62 mm, parceled in two applications, represented by D22; and 93 mm, parceled in three applications, represented by D33) and two depths (0 - 0,20 and 0,20 - 0,40 m) and the subplots constituted by the five evaluation epoch (30, 60, 90, 120 and 150 days after application of the wastewater), mounted in randomized blocks design, with three repetitions. The data obtained in both experiments were submitted to the variance analysis in level of 5% by test F. When significant for the qualitative factor, they were compared by the test of Tukey to 5% and, for the qualitative factor, it was made

regression and the models were chosen with base in the significance of the coefficients regression, using the test t of Student, being adopted the level of 5% of probability and also by the largest determination coefficient (r^2). The analyses were accomplished using the software SAEG 8.0 and the graphs made in Excel. Analyzing the results, concluded that the wastewater of the coffee can be used in the fertigation, as final destiny, since that applied in doses according with the water stock capacity in the soil, as proposed in this work.

Key words: conilon, fertigation, wastewater, nutrition.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 –** Valores médios dos componentes de natureza química e física presentes na água residuária obtidas durante o período de processamento da despolpa dos frutos do cafeeiro conilon
- Tabela 2 –** Caracterização física e físico-hídrica do solo (LV) utilizado no experimento desenvolvido no NEDTEC, com plantas na fase de desenvolvimento inicial, no período de janeiro a dezembro de 2007
- Tabela 3 –** Caracterização física e físico-hídrica do solo (LV) utilizado no experimento desenvolvido na EAFA, com plantas na fase de produção, no período de janeiro a dezembro de 2007
- Tabela 4 –** Caracterização química do solo utilizado no experimento desenvolvido no NEDTEC, com plantas na fase de desenvolvimento inicial, no período de janeiro a dezembro de 2007
- Tabela 5 –** Caracterização química do solo utilizado no experimento desenvolvido na EAFA, com plantas na fase de produção, no período de janeiro a dezembro de 2007
- Tabela 6 –** Quantidade de ARC aplicada no experimento montado no NEDTEC, com plantas na fase de desenvolvimento inicial, no período de janeiro a dezembro de 2007
- Tabela 7–** Quantidade de ARC aplicada no experimento montado na EAFA, com plantas na fase de produção, no período de janeiro a dezembro de 2007
- Tabela 8 –** Equações de regressão da altura das plantas do cafeeiro conilon, variedade Robusta Tropical, em função do número de dias após a aplicação (DAA) para cada dose de ARC (D11, D21, D31, D41, D22, D33 e T)
- Tabela 9 –** Equações de regressão do diâmetro das plantas do cafeeiro conilon, variedade Robusta Tropical, em função do número de dias após a aplicação (DAA) para cada dose de ARC (D11, D21, D31, D41, D22, D33 e T)

Tabela 10– Equações de regressão da área foliar das plantas do cafeeiro conilon, variedade Robusta Tropical, em função do número de dias após a aplicação (DAA) para cada dose de ARC (D11, D21, D31, D41, D22, D33 e T)

Tabela 11– Equações de regressão da massa seca total das plantas do cafeeiro conilon, variedade Robusta Tropical, em função do número de dias após a aplicação (DAA) para cada dose de ARC (D11, D21, D31, D41, D22, D33 e T)

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 –** Desenho esquemático com a disposição das plantas úteis em função das doses de ARC, experimento montado na EAFA, no período de janeiro a dezembro de 2007.
- Figura 2 –** Altura das plantas de café Robusta Tropical em função das doses de ARC, para cada época de avaliação.
- Figura 3 –** Altura das plantas do cafeeiro conilon, variedade Robusta Tropical, em função do número de dias após aplicação (DAA) para cada dose de ARC (D11, D21, D31, D41, D22, D33 e T).
- Figura 4 –** Diâmetro das plantas de café Robusta Tropical em função das doses de ARC e para cada período de avaliação.
- Figura 5 –** Diâmetro das plantas do cafeeiro conilon, variedade Robusta Tropical, em função do número de dias após aplicação (DAA) para cada dose de ARC (D11, D21, D31, D41, D22, D33 e T).
- Figura 6 –** Área foliar das plantas de café Robusta Tropical em função das doses de ARC para cada época de avaliação.
- Figura 7 –** Área foliar das plantas do cafeeiro conilon, variedade Robusta Tropical, em função do número de dias após aplicação (DAA) para cada dose de ARC (D11, D21, D31, D41, D22, D33 e T).
- Figura 8 –** Massa seca total das plantas de café Robusta Tropical em função das doses de ARC para cada época de avaliação.
- Figura 9 –** Massa seca total das plantas do cafeeiro conilon, variedade Robusta Tropical, em função do número de dias após aplicação (DAA) para cada dose de ARC (D11, D21, D31, D41, D22, D33 e T).
- Figura 10 –** Valores de pH em água do solo em função das doses de ARC, para cada época de avaliação.
- Figura 11 –** Valores do pH do solo em água em função do número de dias após aplicação (DAA) para cada dose de ARC (D11, D21, D31, D41, D22, D33 e T).

- Figura 12 –** Teor de cálcio ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) do solo em função das doses de ARC para cada época de avaliação.
- Figura 13 –** Comportamento do teor de cálcio ($\text{cmol}.\text{dm}^{-3}$) no solo em função dos dias após aplicação (DAA) da ARC para as doses 0, 11, 21, 31, 41, 22 e 33.
- Figura 14 –** Valores de pH em água (pH) do solo, nas profundidades de 0 – 0,20 (A) e 0,20 – 0,40 m (B), em função das doses de água residuária aplicadas (T, D 11, D 21, D 31, D 22 e D 33) para as diferentes épocas de avaliação (30, 60, 90, 120 e 150 dias após aplicação – DAA).
- Figura 15 –** Valores do pH em água (pH) em função das profundidades (0 – 0,20 e 0,20 – 0,40 m) para cada época de avaliação e doses – T(A), 11(B), 21(C), 31(D), 22(E) e 33 (F).
- Figura 16–** Valores de pH em água, nas profundidades de 0 – 0,20 m (A) e 0,20 – 0,40 m (B) do solo, em função do número de dias após a aplicação (DAA) para cada dose de ARC (T, D 11, D 21, D 31, D 22 e D33).
- Figura 17 –** Valores do pH em água (pH), nas profundidades de 0 – 0,20 e 0,20 – 0,40 m, em função dos dias após aplicação, nas doses T(A), 11(B), 21(C), 31(D), 22(E) e 33(F).
- Figura 18 –** Valores de fósforo no solo, nas profundidades de 0 – 0,20 (A) e 0,20 – 0,40 m (B), em função das doses de água residuária aplicadas (T, D 11, D 21, D 31, D 22 e D 33) para as diferentes épocas de avaliação (30, 60, 90, 120 e 150 dias após aplicação – DAA).
- Figura 19 –** Valores de fósforo no solo em função das profundidades (0 – 0,20 e 0,20 – 0,40 m) para cada época de avaliação e doses – T(A), 11(B), 21(C), 31(D), 22(E) e 33 (F).
- Figura 20 –** Valores de potássio no solo, nas profundidades de 0 – 0,20 (A) e 0,20 – 0,40 m (B), em função das doses de água residuária aplicadas (T, D 11, D 21, D 31, D 22 e D 33) para as diferentes épocas de avaliação (30, 60, 90, 120 e 150 dias após aplicação – DAA).

- Figura 21 –** Valores de potássio no solo em função das profundidades (0 – 0,20 e 0,20 – 0,40 m) para cada época de avaliação e doses – T(A), 11(B), 21(C), 31(D), 22(E) e 33 (F).
- Figura 22 –** Valores de cálcio no solo, nas profundidades de 0 – 0,20 (A) e 0,20 – 0,40 m (B), em função das doses de água residuária aplicadas (T, D 11, D 21, D 31, D 22 e D 33) para as diferentes épocas de avaliação (30, 60, 90, 120 e 150 dias após aplicação – DAA).
- Figura 23 –** Valores de cálcio no solo em função das profundidades (0 – 0,20 e 0,20 – 0,40 m) para cada época de avaliação e doses – T(A), 11(B), 21(C), 31(D), 22(E) e 33 (F).
- Figura 24 –** Valores de magnésio no solo, nas profundidades de 0 – 0,20 (A) e 0,20 – 0,40 m (B), em função das doses de água residuária aplicadas (T, D 11, D 21, D 31, D 22 e D 33) para as diferentes épocas de avaliação (30, 60, 90, 120 e 150 dias após aplicação – DAA).
- Figura 25 –** Valores de magnésio no solo em função das profundidades (0 – 0,20 e 0,20 – 0,40 m) para cada época de avaliação e doses – T(A), 11(B), 21(C), 31(D), 22(E) e 33 (F).
- Figura 26 –** Valores de matéria orgânica no solo, nas profundidades de 0 – 0,20 (A) e 0,20 – 0,40 m (B), em função das doses de água residuária aplicadas (T, D 11, D 21, D 31, D 22 e D 33) para as diferentes épocas de avaliação (30, 60, 90, 120 e 150 dias após aplicação – DAA).
- Figura 27 –** Valores de matéria orgânica no solo em função das profundidades (0 – 0,20 e 0,20 – 0,40 m) para cada época de avaliação e doses – T(A), 11(B), 21(C), 31(D), 22(E) e 33 (F).
- Figura 28 –** Valores de matéria orgânica no solo, nas profundidades de 0 – 0,20 (A) e 0,20 – 0,40 m (B), em função das doses de água residuária aplicadas (T, D 11, D 21, D 31, D 22 e D 33) para as diferentes épocas de avaliação (30, 60, 90, 120 e 150 dias após aplicação – DAA).

- Figura 29 –** Valores de sódio no solo em função das profundidades (0 – 0,20 e 0,20 – 0,40 m) para cada época de avaliação e doses – T(A), 11(B), 21(C), 31(D), 22(E) e 33 (F).
- Figura 30 –** Valores de acidez potencial (H+Al) no solo, nas profundidades de 0 – 0,20 (A) e 0,20 – 0,40 m (B), em função das doses de água residuária aplicadas (T, D 11, D 21, D 31, D 22 e D 33) para as diferentes épocas de avaliação (30, 60, 90, 120 e 150 dias após aplicação – DAA).
- Figura 31 –** Valores de acidez potencial (H+Al) no solo em função das profundidades (0 – 0,20 e 0,20 – 0,40 m) para cada época de avaliação e doses – T(A), 11(B), 21(C), 31(D), 22(E) e 33 (F).
- Figura 32 –** Valores de soma de bases (SB) no solo, nas profundidades de 0 – 0,20 (A) e 0,20 – 0,40 m (B), em função das doses de água residuária aplicadas (T, D 11, D 21, D 31, D 22 e D 33) para as diferentes épocas de avaliação (30, 60, 90, 120 e 150 dias após aplicação – DAA).
- Figura 33 –** Valores da soma de bases (SB) no solo em função das profundidades (0 – 0,20 e 0,20 – 0,40 m) para cada época de avaliação e doses – T(A), 11(B), 21(C), 31(D), 22(E) e 33 (F).
- Figura 34 –** Teores de nitrogênio (dag kg^{-1}) nas folhas do cafeeiro em função das doses de ARC (T, D11, D21, D31, D41, D22 e D33) para cada época de avaliação.
- Figura 35 –** Teores de nitrogênio (dag kg^{-1}) nas folhas do cafeeiro em função do número de dias após a aplicação (DAA) para cada dose de ARC (T, D11, D21, D31, D41, D22 e D33).
- Figura 36 –** Teores de cálcio (dag kg^{-1}) nas folhas do cafeeiro em função das doses de ARC (T, D11, D21, D31, D41, D22 e D33) para cada época de avaliação.
- Figura 37 –** Teores de magnésio (dag kg^{-1}) nas folhas do cafeeiro em função das doses de ARC (T, D11, D21, D31, D41, D22 e D33) para cada época de avaliação.

- Figura 38** – Teores de manganês (mg kg^{-1}) nas folhas do cafeeiro em função das doses de ARC (T, D11, D21, D31, D41, D22 e D33) para cada época de avaliação.
- Figura 39** – Teores de boro (mg kg^{-1}) nas folhas do cafeeiro em função das doses de ARC (T, D11, D21, D31, D41, D22 e D33) para cada época de avaliação.
- Figura 40** – Teores de nitrogênio (dag kg^{-1}) nas folhas do cafeeiro em função das doses de ARC (T, D11, D21, D31, D41, D22 e D33) para cada época de avaliação (30, 60, 90, 120 e 150).
- Figura 41** – Teores de nitrogênio (dag kg^{-1}) nas folhas do cafeeiro em função do número de dias após a aplicação (DAA) para cada dose de ARC (T, D11, D21, D31, D41, D22 e D33).
- Figura 42** – Teores de fósforo (dag kg^{-1}) nas folhas do cafeeiro em função das doses de ARC (T, D11, D21, D31, D41, D22 e D33) para cada época de avaliação (30, 60, 90, 120 e 150).
- Figura 43** – Teores de cálcio (dag kg^{-1}) nas folhas do cafeeiro em função das doses de ARC (T, D11, D21, D31, D41, D22 e D33) para cada época de avaliação (30, 60, 90, 120 e 150).
- Figura 44** – Teores de magnésio (dag kg^{-1}) nas folhas do cafeeiro em função das doses de ARC (T, D11, D21, D31, D41, D22 e D33) para cada época de avaliação (30, 60, 90, 120 e 150).
- Figura 45** – Teores de boro (dag kg^{-1}) nas folhas do cafeeiro em função das doses de ARC (T, D11, D21, D31, D41, D22 e D33) para cada época de avaliação (30, 60, 90, 120 e 150).

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	20
2. REVISÃO DE LITERATURA	22
2.1. A CULTURA DO CAFÉ	22
2.2. PROCESSAMENTO DOS FRUTOS DO CAFÉ CONILON.....	23
2.2.1. PROCESSAMENTO VIA ÚMIDO.....	24
2.2.2. RESÍDUOS GERADOS	25
2.3. LEGISLAÇÃO PARA LANÇAMENTO DE EFLUENTE EM CORPOS HÍDRICOS	26
2.4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA RESIDUÁRIA DO CAFÉ	27
2.5. DISPOSIÇÃO DA ÁGUA RESIDUÁRIA DO CAFÉ NO SOLO.....	28
2.5.1. FERTIRRIGAÇÃO COM ÁGUA RESIDUÁRIA DO CAFÉ	30
3. MATERIAL E MÉTODOS	32
3.1. CARACTERIZAÇÃO DOS LOCAIS.....	32
3.2. INSTALAÇÃO DOS EXPERIMENTOS.....	32
3.3. ÁGUA UTILIZADA	35
3.4. CONDUÇÃO, AVALIAÇÃO E TRATOS CULTURAIS DOS EXPERIMENTOS .	37
3.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA	41
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
4.1. ANÁLISE DE CRESCIMENTO DAS PLANTAS DE CAFEIEIRO NA FASE DE DESENVOLVIMENTO INICIAL	43

4.2. AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO COM PLANTAS DE CAFEEIRO NA FASE DE DESENVOLVIMENTO INICIAL.....	52
4.3. AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO COM PLANTAS DE CAFEEIRO NA FASE DE PRODUÇÃO	56
4.4. AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL DO CAFEEIRO COM PLANTAS NA FASE DE DESENVOLVIMENTO INICIAL.....	82
4.5. AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL DO CAFEEIRO COM PLANTAS NA FASE DE PRODUÇÃO.....	88
5. CONCLUSÃO	94
6. REFERÊNCIAS	95
APÊNDICE	104

1. INTRODUÇÃO

A safra de grãos de café conilon no Espírito Santo bateu recorde em 2007 com 7,5 milhões de sacas, sendo a produção nacional de 10 milhões de sacas. O Estado é o maior produtor nacional com 75% da colheita, resultado da evolução tecnológica desenvolvida pelo INCAPER (Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural) que há vários anos vem sendo aplicada pelos cafeicultores do Estado. Essa evolução foi feita com novas variedades da cultura, podas, irrigação dentre outros fatores. Um dos maiores avanços da cultura no Espírito Santo ocorreu entre 2000 e 2005 onde a área de produção de conilon cresceu apenas 6% enquanto que a produtividade cresceu 107%.

O café conilon ganha cada vez mais espaço no mercado. Há alguns anos, café de qualidade era sinônimo de café arábica, hoje, o arábica continua tendo seu valor em qualidade, mas o conilon vem conquistando espaço na galeria dos cafés especiais. Dos 21 milhões de sacas que a ABIC (Associação Brasileira da Indústria de Café) estima que sejam consumidas em 2010, o conilon representa 40%.

Há dez anos, o Espírito Santo era conhecido no mercado nacional e mundial como produtor de cafés de baixa qualidade. Hoje, é referência nacional em cafés especiais. O conilon de qualidade é excelente para misturas tendo uma participação de até 20%, porém se o café for de baixa qualidade a participação do conilon fica abaixo de 10% (FASSIO & SILVA., 2007).

No processamento de frutos de cafeeiro, utiliza-se água para a lavagem, descascamento, despulpamento e desmucilagem, que geram de 3 a 5 litros de água residuária para cada litro de fruto processado (MATOS et al., 2003). A água residuária é rica em material orgânico em suspensão e constituintes orgânicos e inorgânicos em solução, por isso não pode ser lançada, sem tratamentos, em corpos hídricos receptores (MATOS et al., 2005).

A reutilização da água residuária do café é uma estratégia eficaz para a conservação dos recursos hídricos primários em seus aspectos qualitativos e quantitativos. Segundo Van Der Hoek et al., (2002), as maiores vantagens do aproveitamento de águas residuárias para fins agrícolas residem na conservação da água disponível e na possibilidade de aporte e reciclagem de nutrientes (reduzindo a

necessidade de fertilizantes químicos), colaborando para a preservação do meio ambiente.

A disposição no solo da água residuária do café é considerada uma alternativa viável de tratamento. Taylor & Neal (apud PINTO et al., 2000), destacam algumas das diversas vantagens desse processo: o benefício agrícola, o baixo investimento do tratamento convencional (custo oscila entre 30% a 50% do custo), pequeno custo de operação, baixo consumo de energia, etc. Pode-se ainda proporcionar aumento da produtividade, melhorar a qualidade dos produtos colhidos e reduzir a poluição ambiental, além de promover melhorias em algumas propriedades físicas dos solos.

O aproveitamento dos nutrientes da água residuária do café em substituição à adubação química pode ser promovido com a técnica da fertirrigação. Entre as vantagens oferecidas, destacamos: a redução da poluição ambiental; a melhoria nas características físicas, químicas e biológicas do solo; e o aumento da produtividade e qualidade dos produtos (MATOS, 2003b). Recomenda-se utilizar espécies vegetais de crescimento durante todo o ano, com sistema radicular profundo por serem capazes de retirar grande quantidade de macro e micronutrientes do solo, diminuindo os riscos de contaminação de rios, lagos e águas subterrâneas.

Com objetivo de reduzir os impactos causados pela água residuária do café, este trabalho propôs avaliar os efeitos decorrentes da fertirrigação com água residuária da lavagem e despolpa dos frutos do cafeeiro sobre os atributos químicos do solo, desenvolvimento e nutrição mineral de plantas do cafeeiro conilon.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A CULTURA DO CAFÉ

O Espírito Santo é o maior produtor brasileiro de café conilon (*Coffea canephora*), detendo cerca de 70% da produção nacional (CONAB, 2007), e é responsável por situar o Brasil na condição de segundo maior produtor mundial da espécie.

O café conilon trata-se de uma espécie rústica, tolerante a doenças e adaptadas a uma ampla faixa de condições edafoclimáticas, de baixas altitudes e temperaturas elevadas. Para o Espírito Santo, cinco variedades adaptadas às condições edafoclimáticas predominantes foram recomendadas, sendo quatro variedades clonais (EMCAPA 8111, EMCAPA 8121, EMCAPA 8131 e EMCAPA 8141) e uma de propagação sexuada (EMCAPER 8151 – Robusta Tropical).

A EMCAPER 8151, Robusta tropical, é oriunda da recombinação de 53 clones elites do programa de melhoramento de café do INCAPER. Tais clones são provenientes de plantas matrizes superiores selecionadas a partir do ano de 1986 em várias regiões do estado. A nova cultivar apresenta alta produtividade, ampla base genética, alto vigor vegetativo, arquitetura adequada para o adensamento e adaptação às regiões aptas ao cultivo do Conilon no Estado (FERRÃO et al., 2007).

Para obtenção de produto de boa qualidade, são necessários, além do cultivo de forma adequada, cuidados na colheita e no processamento dos frutos, já que o grão de café é um dos produtos agrícolas cujo valor é crescente com a melhoria da qualidade, pois quando o produto é de qualidade inferior pode sofrer significativa redução no valor de comercialização (SILVA et al., 2001).

O processamento pós colheita tem influência direta sobre a qualidade final dos grãos de café e tem sido aceito que o despulpamento dos frutos, melhora a qualidade da bebida do café (FONSECA et al., 2007). Na busca pela melhoria da qualidade da bebida, produtores têm procurado utilizar a tecnologia de processamento do fruto seguida do descascamento ou despolpa sendo uma prática cada vez mais freqüente.

O café conilon produzido no Brasil tem três usos ou mercados diferenciados: a exportação em grãos; a industrialização como café solúvel, em sua maioria

exportada; e a industrialização como torrado e moído, em ligas ou “blends” com cafés arábica, para o consumo interno no país (MATIELLO, 1998). Recentemente teve início o descascamento do café conilon, denominado conilon descascado (CD), com objetivo de buscar abertura em mercados diferenciados para o conilon capixaba, bem como sua melhor utilização nos “blends” das indústrias do café solúvel e do torrado e moído (SEAG, 2007).

2.2. PROCESSAMENTO DOS FRUTOS DO CAFÉ CONILON

A cultura do cafeeiro no Brasil é importante e expressiva para a economia do país, porém o mercado mundial se encontra bastante exigente em termos de qualidade da bebida que os grãos de café podem proporcionar. Com objetivo de obter melhorias na qualidade de bebida, os frutos devem ser adequadamente processados. A qualidade do grão e a aceitação do produto no comércio internacional estão relacionadas a características como: cor, aspecto, número de defeitos, aroma e gosto da bebida que, por sua vez, dependem de fatores, tais como: composição química do grão, processamento pós-colheita, secagem e armazenagem, além da torração e preparo da bebida (SILVA, 2000)

O processamento dos frutos de café, de uma maneira geral, tanto arábica quanto conilon, podem ser feitos de duas maneiras: por via seca, gerando os “cafés de terreiro” ou “cafés naturais”, ou por via úmida, dando os “cafés despulpados” ou os cafés cerejas e descascados (CD). Ambos exigem várias operações que visam transformar os frutos colhidos em grãos secos e beneficiados (MATIELLO, 1998).

No processamento por via seca, a qualidade do café vai depender das condições ecológicas da zona de produção (umidade e temperatura, por exemplo), especialmente das condições climáticas durante o período de colheita (chuva e umidade do ar) e dos cuidados adotados na colheita durante o preparo dos cafés colhidos, para evitar fermentações indesejáveis, que ocorrem na mucilagem açucarada dos frutos. O preparo não dispensa, totalmente, o uso de água, pois é indicado usar o lavador/separador, seguindo-se a secagem, o armazenamento e o beneficiamento.

O processamento dos frutos do cafeeiro por via úmida proporciona, de forma geral, a produção de grãos de bebidas suave, com boas cotações no mercado, mas é responsável pela geração de grandes volumes de águas residuárias, ricas em materiais orgânicos altamente poluentes (MATOS et al., 2005).

Em algumas fazendas do norte do Espírito Santo, já se produz o café conilon CD como se faz com o arábica, apesar de ainda não existir uma classificação conforme a qualidade da bebida, como ocorre com o arábica (GARCIA, 2003).

2.2.1. PROCESSAMENTO VIA ÚMIDO

O processamento via úmida do café é bastante comum entre os produtores da América Central e África, alcançando boas cotações no mercado por proporcionarem, de modo geral, a produção de bebida suave. Embora o Brasil seja conhecido como produtor de grãos de café obtidos por via seca (90% de sua produção total) é notório que há uma tendência dos produtores optarem por esse método, que agrega valor ao produto em função da qualidade obtida da bebida (ALMEIDA & SILVA, 2005).

O processamento dos frutos do cafeeiro por via úmida consiste na retirada da casca do fruto maduro, utilizando um descascador mecânico e caso haja interesse, um desmucilador (LO MÔNACO, 2005). O processo é constituído pelas seguintes etapas: lavagem/separação, despulpamento/descascamento, secagem e beneficiamento.

A lavagem é a primeira etapa do processo, que consiste na eliminação de impurezas, como folhas, galhos, torrões, terra e pedra que vem do campo junto com os frutos de café, e separação dos cafés leves (bóias e secos) dos pesados (frutos cerejas e verdes). Contudo o gasto de água é elevado, tendo um gasto aproximado de 5 a 10 litros de água por litro de café lavado. Em seguida, o despulpamento/descascamento que possibilita a melhoria de qualidade e reduz o trabalho de secagem do café. A permanência da mucilagem permite a manutenção da característica de corpo acentuado, típica dos cafés de terreiro.

Os frutos maduros (cerejas), com pequena porcentagem de verdes, assim colhidos ou, então, obtidos por separação nos lavadores, entram no despulpador pela moega, juntamente com a água. Nos despulpadores que possuem separadores de verde, os frutos passam da moega para um cilindro janelado, tipo gaiola, onde, por pressão, os verdes são separados e saem lateralmente. Estes frutos verdes passam pela lateral do cilindro, já os maduros se rompem e as cascas, com as sementes, passam pela abertura da parede do cilindro indo para o elemento despulpador, onde a polpa sai de um lado e os grãos envolvidos pelo pergaminho do outro. Os grãos despulpados passam por uma peneira cilíndrica, que acaba de separá-los dos restos de cascas e dos frutos, que não foram despulpados, constituindo o “farelão”.

O grande vilão do processamento “via úmida” é a enorme quantidade de efluente gerado, já que para cada litro de fruto processado tem-se de 3 a 5 L de água residuária do café (ARC) com elevada carga orgânica, que podem trazer sérios problemas para corpos hídricos receptores se forem lançadas sem tratamento prévio (MATOS et al., 2003).

2.2.2. RESÍDUOS GERADOS

O resíduo do processamento via úmida dos frutos do cafeeiro podem ser divididos em: resíduo sólido, como casca, folha, polpa pergaminho, etc., e resíduo líquido que são as águas residuárias ou os efluentes gerados na lavagem, nos tanques de fermentação, nos despulpadores e desmuciladores (PINTO, 2001).

O resíduo sólido pode ser utilizado como filtro orgânico e para produção de compostagem, pois é rico em nutrientes (fósforo, potássio e nitrogênio) e é considerado excelente adubo orgânico.

2.3. LEGISLAÇÃO PARA LANÇAMENTO DE EFLUENTE EM CORPOS HÍDRICOS

Embora a água seja um recurso natural renovável, a consciência de sua escassez como fonte de manutenção da vida, seja nas atividades produtivas, agropastoris e até mesmo para o abastecimento público das populações, tem levado países a tratarem os seus recursos hídricos como se não fossem renováveis, institucionalizando e sistematizando políticas para sua utilização e descarte.

A ênfase legislativa, portanto, incide na racionalização do uso primário da água, estabelecendo princípios e instrumentos para sua utilização. Pouco ou quase nada houve de preocupação legislativa no Brasil para fixação de princípios e critérios para reutilização da água (SETTI, 1995).

O lançamento direto de efluentes em corpos d'água receptores do Estado do Espírito Santo deve atender padrões estabelecidos tanto pela legislação federal, lei 6.938/81 (Política Nacional de Meio Ambiente), Resolução CONAMA 20/86 e CONAMA 357/05, quanto pela estadual, DECRETO nº 2.299 de 09 de junho de 1986.

A política das águas no Brasil é regida pela Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que indica princípios e parâmetros, cujos fundamentos se baseiam em: “Á água é um bem de domínio público”; “ A água é recurso natural limitado, dotado de valor econômico”; “ Em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais”; “ A gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas”; e a “ A bacia hidrográfica é a unidade territorial básica” (FINK & SANTOS, 2005).

Segundo Baracho Júnior (1995), a Lei 6.938/81, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, em seu artigo 3º, inciso I, definindo o meio ambiente como o conjunto de condições, leis, influência e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas. O autor esclarece que um dos instrumentos básicos de gestão, empregados pelas normas jurídicas de caráter ambiental, consiste no controle da poluição-degradação ambiental.

O sistema de licenciamento no Espírito Santo é concedido pelo Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo (IDAF) e Instituto Estadual de Meio ambiente e Recursos Hídricos (IEMA, 2007), onde procede a uma avaliação ambiental com intuito de caracterizar e diagnosticar os impactos ambientais e se possível indicar o melhor tratamento a ser utilizado.

As águas do território nacional são divididas em nove classes de água doce, de acordo com a resolução CONAMA20/86, em que cada uma dessas corresponde à determinada qualidade a ser mantida no corpo d'água, expressa na forma de padrões especificados na referida resolução (VON SPERLING, 1997).

Segundo a legislação do Espírito Santo, o lançamento de efluente em corpos d'água, requer concessão e outorga junto aos órgãos competentes, no caso o IEMA. A outorga é um instrumento necessário para o gerenciamento dos recursos hídricos, pois permite o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água, possibilitando uma distribuição mais justa e equilibrada desse recurso.

Para garantir o licenciamento, o produtor, em primeiro, deve apontar a classe a qual se encontra em função das sacas de café despulpado e o volume de efluente gerado, em litros por dia ($L \text{ dia}^{-1}$), segundo critérios do IEMA (IEMA, 2007). De acordo com a classe, é determinado o tipo de licenciamento, e, conseqüentemente, as obrigações e adequação ao melhor tratamento para essa água residuária. É válido lembrar que a legislação atual do Espírito Santo não é capaz de indicar para um produtor qual o melhor tratamento, nem a carga orgânica máxima permitida para lançamento de um efluente em corpo d'água, como acontece no Estado de Minas Gerais, por exemplo.

2.4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA RESIDUÁRIA DO CAFÉ

A ARC caracteriza-se pelos elevados valores de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO), que são indicativos de que essas águas apresentam elevada carga orgânica e, por isso, podem trazer muitos problemas para corpos hídricos receptores se forem lançadas sem tratamento prévio

(MATOS et al., 2006). A DBO e DQO podem chegar a 5.000 e 14.000 mg L⁻¹, respectivamente.

Além dos elevados teores de DBO e DQO, observa-se também elevada concentração de sólidos totais (4.000 mg L⁻¹), dos quais a maior parte é composta por sólidos voláteis totais que podem ser removidos, em grande parte, por tratamento biológico (LO MÔNACO et al., 2004).

Observa-se também que a ARC apresenta altas concentrações de nutrientes como nitrogênio (105,5 mg L⁻¹ para café conilon e 250 mg L⁻¹ para café arábica) e potássio (115 mg L⁻¹ para café conilon e 460 mg L⁻¹ para café arábica mg L⁻¹), caracterizando assim seu valor como fertilizante para o sistema solo-planta.

Porém se houver recirculação, a utilização da água residuária da cafeicultura várias vezes no processo da despulpa com objetivo de reduzir a quantidade de água residuária gerada, a DBO, DQO, sólidos, nitrogênio e potássio podem chegar a 29.500 mg L⁻¹, 14.400 mg L⁻¹, 14.000 mg L⁻¹, 400 mg L⁻¹ e 1.140 mg L⁻¹, respectivamente (MATOS, 2007). Além disso, a água residuária apresenta, em sua constituição: cafeína, taninos e polifenóis compostos, possivelmente, tóxicos às plantas (SOCCOL et al., 1999).

O principal efeito da poluição orgânica em um corpo d'água receptor é a diminuição da concentração de oxigênio dissolvido, uma vez que bactérias aeróbias consomem o oxigênio dissolvido no meio para efetuar seus processos metabólicos, tornando possível a degradação do material orgânico lançado no meio. O decréscimo da concentração de oxigênio dissolvido na água pode ser fatal para peixes e outros animais (BOAVIDA, 2007).

2.5. DISPOSIÇÃO DA ÁGUA RESIDUÁRIA DO CAFÉ NO SOLO

A aplicação da água residuária da cafeicultura no solo constitui uma forma de disposição final, de tratamento ou ambos, devido à atuação de mecanismos biológicos e à elevada eficiência na remoção de poluentes, considerados como tratamento de nível secundário (Von Sperling, 1996).

A disposição da água residuária da cafeicultura no solo é considerada uma alternativa viável de tratamento, pois o solo, sendo um sistema vivo e dinâmico, pode reagir, interagir ou adsorver constituintes da água residuária da cafeicultura, pela superfície química e física.

Por meio biológico, os compostos orgânicos devem ser decompostos em CO₂, H₂O e compostos inorgânicos. Os íons são adsorvidos pelas plantas e, conseqüentemente, removidos da solução do solo. Assim, o solo e as plantas atuam como filtros vivos, absorvendo e retendo poluentes e organismos patogênicos presentes nos resíduos e nos efluentes (FEIGIN et al., 1991).

Segundo Fonseca (2003), a aplicação da água residuária da cafeicultura no solo de forma controlada possibilita a remoção de poluentes de ordem: física (sedimentação, filtração, volatilização e desidratação), química (oxidações e reações químicas, precipitação, adsorção e troca iônica) e biológica (adsorção, biodegradação e predação).

Taylor & Neal (apud PINTO et al., 2000), destacam algumas das diversas vantagens desse processo: o benefício agrícola, o baixo investimento do tratamento convencional (custo oscila entre 30% a 50% do custo), o pequeno custo de operação e o baixo consumo de energia.

O efeito da água residuária da cafeicultura para as plantas se dá com o aproveitamento dos nutrientes contidos na água e atendimento à necessidade hídrica das plantas, podendo proporcionar aumento da produtividade, melhorar a qualidade dos produtos colhidos e reduzir a poluição ambiental (SCHERER & BALDISSERA, 1994). No solo, a água residuária da cafeicultura pode promover: melhorias em algumas propriedades físicas dos solos, aumentando o teor de matéria orgânica e da atividade biológica; redução do alumínio trocável; e aumento da capacidade de retenção de água no solo.

Entretanto a disposição da água residuária da cafeicultura no solo deve ser feita de tal forma que não venha a contribuir para o aumento dos problemas de qualidade ambiental, tais como: contaminação de águas subterrâneas e superficiais, contaminação de plantas por metais pesados e influências negativas sobre as características físicas e químicas do solo (MATOS, 2002).

A disposição da água residuária da cafeicultura no solo pode ser realizada por meio de vários métodos de aplicação: infiltração/percolação, escoamento superficial, fertirrigação e lançamento em sistemas alagados.

2.5.1.FERTIRRIGAÇÃO COM ÁGUA RESIDUÁRIA DO CAFÉ

Fertirrigação com água residuária da cafeicultura é a técnica que consiste no aproveitamento de nutrientes dessa em substituição à adubação química (reciclagem de nutrientes). Entre as vantagens oferecidas, destacamos: redução da poluição ambiental; melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo; e aumento da produtividade e qualidade dos produtos (MATOS, 2003b).

A fertirrigação possui alta eficiência, quanto à remoção de nutrientes, pois as plantas são responsáveis pela remoção do fósforo e nitrogênio dos dejetos, cabendo aos microorganismos do solo a remoção das substâncias orgânicas. Estima-se que a queda na DBO seja de 90 a 99%, a remoção de nitrogênio seja maior que 90% e a remoção de fósforo atinjam 99%.

A escolha do método de aplicação da água residuária da cafeicultura pode ser por sulco, aspersão convencional ou gotejamento. Essa escolha deve ser feita em função da cultura e da capacidade de infiltração de água no solo (CALHEIROS, 2006).

A irrigação por aspersão possui a desvantagem de proporcionar condições para o desenvolvimento de pragas e doenças nas folhas, devido aos açúcares presente na água residuária da cafeicultura, exigindo a lavagem posterior das folhas. Já a irrigação por gotejamento exige remoção prévia dos sólidos em suspensão ($< 50 \text{ mg L}^{-1}$), que deve ser realizada pelo uso de filtros orgânicos.

A filtração é uma das formas de tratamento primário para remoção de poluentes da água residuária da cafeicultura. Além da remoção de sólidos em suspensão, o processo de filtração pode remover alguns sólidos solúveis.

A utilização de materiais orgânicos, como filtros, é capaz de absorver solutos e reter sólidos em suspensão, que sejam subprodutos de atividades agropecuárias e

industriais, sendo opção interessante, devido à sua disponibilidade e baixo custo para aquisição.

Resíduos sólidos, como por exemplo, pergaminho ou casca de café pode ser utilizado como material filtrante, pois além de proporcionar a depuração das águas residuárias da cafeicultura, o material passa a adquirir valor econômico, uma vez que ao ser retirado do filtro, poderá ser compostado e transformado em adubo orgânico de considerável valor fertilizante.

De acordo com Brandão et al. (2003), a utilização de materiais alternativos à areia, que sejam subprodutos de atividades agropecuárias ou industriais torna-se interessante no tratamento de águas residuárias ricas em material orgânico.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL

Este trabalho foi constituído por dois experimentos, sendo um com plantas na fase de desenvolvimento inicial e outro com plantas na fase de produção.

O experimento com plantas na fase inicial foi conduzido na área experimental do Núcleo de Estudos de Difusão de Tecnologia em Floresta, Recurso Hídrico e Agricultura Sustentável (NEDTEC), no município de Jerônimo Monteiro (ES), localizado nas coordenadas 20^o 47' 25" S e 41^o 23' 48" W a 120 m de altitude, vinculado ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES).

O experimento com plantas na fase de produção foi conduzido na área experimental da Escola Agrotécnica de Alegre (EAFA), no distrito de Rive, município de Alegre (ES), localizado na latitude 20^o 42' 51,61" S e 41^o 27' 24,51" W a 136,82 m de altitude.

3.2. INSTALAÇÃO DOS EXPERIMENTOS

Mudas de *Coffea canephora* Pierre, variedade Robusta Tropical (EMCAPAER 8151), com 6 a 7 pares de folhas, adquiridas no viveiro de mudas da prefeitura Municipal de Jerônimo Monteiro-ES, foram utilizadas no experimento instalado no NEDTEC.

As mudas foram transplantadas no dia 15 de fevereiro de 2007 em vasos de 12 litros para plantas que permaneceram por 60 dias e vasos de 50 litros para plantas que permaneceram por 150 dias. Para efetivação do pegamento das mudas, as mesmas foram irrigadas diariamente com água proveniente do sistema de abastecimento interno do NEDTEC, durante 15 dias (15/02/2007 a 01/03/2007).

Para preenchimento dos vasos utilizou-se um latossolo vermelho amarelo (LV), coletado na área experimental da EAFA.

O experimento instalado na EAFA foi realizado numa lavoura, constituída de 1495 plantas de *Coffea canephora* Pierre, variedade EMCAPER 8111 (maturação precoce), EMCAPER 8121 (maturação média) e EMCAPER 8131 (maturação tardia), implantada em abril de 2000 a partir de mudas, cujo espaçamento é de 3,0 m x 1,1 m. Para o experimento foram utilizadas 140 plantas em uma área útil de 462 m².

Foram utilizadas três linhas de plantio localizadas no centro da área nas quais foram distribuídos os tratamentos. Entre essas linhas foram intercaladas uma linha de bordadura. Em cada linha, a água residuária do café (ARC) foi aplicada, de forma manual, em três plantas com duas plantas laterais de bordadura, sendo que destas três apenas a planta central foi considerada para análise química do solo e análise foliar (Figura 1).

O solo da área é classificado como latossolo vermelho amarelo (LV), em que para caracterizá-lo física e quimicamente, realizou-se uma amostragem, com o uso de trado tipo holandês, coletando-se amostras em 18 pontos, onde foram determinados os tratamentos, e em duas camadas do solo 0 – 0,20 e 0,20 – 0,40 m.

3.3. ÁGUA UTILIZADA

As amostras de ARC conilon foram coletadas na unidade beneficiadora de frutos do cafeeiro na fazenda experimental de Marilândia de propriedade do Instituto Capixaba de pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER) e caracterizada no Laboratório de Análise de Fertilizantes, Águas, Minérios, Resíduos, Solos e Plantas (LAFARSOL).

À água utilizada foi oriunda da primeira lavagem, sem recirculação, gerando cerca de 4,16 litros de ARC por litro de café beneficiado. Os parâmetros avaliados foram: o pH, por potenciometria; a demanda química de oxigênio (DQO), por método de refluxo aberto; a demanda bioquímica de oxigênio (DBO), por determinação de oxigênio dissolvido nas amostras (Método Winkler), segundo APHA(1995); as concentrações de N e P, determinadas por colorimetria; as concentrações de K e Na, determinadas por fotometria de chama (RUMP & KRIST, 1992); os sólidos sedimentáveis (SP), em cone de Imhoff; os sólidos totais (ST), após secagem em estufa a 110⁰C, por 24 horas; os sólidos fixos totais (SFT), por combustão em mufla a 550⁰C; os sólidos voláteis totais (SVT), por diferença entre sólidos totais e fixos; os sólidos em suspensão (SS), em filtro de acetato de celulose de 0,45 mm; e a condutividade elétrica (CE), com auxílio de condutivímetro (MATOS, 2004).

Os valores das características físico-químicas da ARC, utilizado sob forma de fertirrigação em plantas de café conilon são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Valores médios dos componentes de natureza química e física presentes na água residuária obtidas durante o período de processamento da despolpa dos frutos do cafeeiro conilon

Características	Unidades	Valores encontrados
DBO – demanda bioquímica de oxigênio	mg L ⁻¹	894,79
DQO – demanda química de oxigênio	mg L ⁻¹	7.740,0
N _T – Nitrogênio total	mg L ⁻¹	74,20
K – Potássio	mg L ⁻¹	193,50
P – Fósforo	mg L ⁻¹	11,54
Na – sódio	mg L ⁻¹	11,27
Ph		4,2
Ce – Condutividade elétrica	ds m ⁻¹	0,048
SP – Sólidos sedimentáveis	mg L ⁻¹	74,0
ST – Sólidos totais	mg L ⁻¹	2.337,33
SF – sólidos fixos	mg L ⁻¹	430,67
SV – sólidos voláteis	mg L ⁻¹	1.906,67
SST – sólidos suspensos totais	mg L ⁻¹	1.088,00
SDT – Sólidos dissolvidos totais	mg L ⁻¹	1.249,33
SSF – sólidos solúveis fixos	mg L ⁻¹	313,33
SSV – sólidos suspensos voláteis	mg L ⁻¹	774,67

A qualidade agronômica da água que se destina a irrigação deve se avaliada, principalmente, sob quatro aspectos: salinidade, sodicidade, toxicidade de íons e propriedades de natureza física, química e biológica.

Quanto aos aspectos citados anteriormente, a ARC apresenta a seguinte classificação, segundo Ayers & Westcot (1985): baixo risco de salinização do solo; para o sódio não apresentar risco de toxicidade as plantas, já para o nitrogênio o risco de desequilíbrio nutricional e severo; as propriedades físicas apresentam restrição severa quanto ao uso da água, pois pode causar risco ao sistema de irrigação com entupimentos dos emissores e danos aos equipamentos de bombeamento e quanto ao pH não apresenta restrição quanto ao uso.

3.4. CONDUÇÃO, AVALIAÇÃO E TRATOS CULTURAIS DOS EXPERIMENTOS

A caracterização física e físico-hídrica do solo foi realizada em ambos os experimentos inicialmente. Foram determinadas granulometria (fração areia silte e Argila), densidade do solo, densidade de partícula, capacidade de campo e ponto de murcha permanente, conforme Tabelas 2 e 3.

Tabela 2 – Caracterização física e físico-hídrica do solo (LV) utilizado no experimento desenvolvido no NEDTEC, com plantas na fase de desenvolvimento inicial, no período de janeiro a dezembro de 2007

Ds	Dp	CC	PMP	AF	AG	Silte	Argila
kg dm ⁻³		m m ⁻³		g kg ⁻¹			
0,93	2,83	0,376	0,153	97,6	141,0	141,7	491,7

Ds – densidade do solo; Dp – densidade de partícula; CC – capacidade de campo; PMP – ponto de murcha permanente; AF – areia fina; e AG – areia grossa.

Tabela 3 – Caracterização física e físico-hídrica do solo (LV) utilizado no experimento desenvolvido na EAFA, com plantas na fase de produção, no período de janeiro a dezembro de 2007

Profundidade	Ds	Dp	CC	PMP	AF	AG	Argila	Silte
m	kg dm ⁻³		m ³ m ⁻³		g kg ⁻¹			
0 – 0,2	1,34	2,73	0,189	0,096	197,9	437,7	268,3	250,0
0,2 – 0,4	1,35	2,89	0,275	0,275	193,3	576,1	133,3	667,0

Ds – densidade do solo; Dp – densidade de partícula; CC – capacidade de campo; PMP – ponto de murcha permanente; AF – areia fina; e AG – areia grossa.

No experimento instalado no NEDTEC, a calagem e a adubação fosfatada foram realizadas em função da análise química do solo (Tabela 4), considerando a cultura do café, conforme manual de recomendação de calagem para o Espírito Santo - 5^a aproximação. Foram utilizados 7,1 Kg de calcário dolomítico (PRNT de 98%) para 5,6 m³ de solo (76 vasos de 12 litros e 99 vasos de 50 litros) para elevar a saturação

por bases para 70% e 40,75 kg de super simples (18% P₂O₅). Apenas a testemunha (T) recebeu adubação potássica conforme recomendação.

Tabela 4 – Caracterização química do solo utilizado no experimento desenvolvido no NEDTEC, com plantas na fase de desenvolvimento inicial, no período de janeiro a dezembro de 2007

pH	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	T	MO	V	m
	mg dm ⁻³			cmol _c dm ⁻³						g kg ⁻¹	%	
4,8	2,0	17	10	0,8	0,8	0,4	4,3	1,8	6,1	17,7	29,2	16,4

pH em água; P-fósforo (Mehlich 1); K – potássio (Mehlich 1); Na – sódio (Mehlich 1); Ca – cálcio (KCl 1 mol L⁻¹); Mg – magnésio (KCl 1 mol L⁻¹); Al – alumínio (KCl 1 mol L⁻¹); H+Al – acidez potencial (acetato de cálcio); SB – soma de bases; T – CTC potencial; MO – matéria orgânica (dicromato de potássio); V – Saturação de bases; e m – saturação por alumínio.

No experimento instalado na EAFA, apenas a testemunha (T) recebeu adubação em função da análise química do solo (Tabela 5), considerando a cultura do café, conforme manual de recomendação de calagem e adubação para o Espírito Santo – 5^a aproximação.

Tabela 5 – Caracterização química do solo utilizado no experimento desenvolvido na EAFA, com plantas na fase de produção, no período de janeiro a dezembro de 2007

Prof	pH	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	T	MO	V	m
m		mg dm ⁻³			cmol _c dm ⁻³						g kg ⁻¹	%	
0-0,2	6,0	33	76	3	2,1	1,1	0	2,2	3,4	5,5	6,8	61	0
0,2-0,4	5,9	16	69	3	2,0	0,7	0	2,3	2,8	5,2	3,1	55	0

pH em água; P-fósforo (Mehlich 1); K – potássio (Mehlich 1); Na – sódio (Mehlich 1); Ca – cálcio (KCl 1 mol L⁻¹); Mg – magnésio (KCl 1 mol L⁻¹); Al – alumínio (KCl 1 mol L⁻¹); H+Al – acidez potencial (acetato de cálcio); SB – soma de bases; T – CTC potencial; MO – matéria orgânica (dicromato de potássio); V – Saturação de bases; e m – saturação por alumínio.

Para determinação da lâmina de ARC, em ambos os experimentos, utilizou-se a curva de retenção de água no solo, determinada a partir de amostras deformadas, previamente peneiradas (EMBRAPA, 1997). Depois de saturadas por no mínimo 12 horas, foram levadas à câmara de pressão de Richards com placa porosa para estabilização, adotando-se um tempo não inferior a três dias e posterior determinação da umidade gravimétrica (U), correspondente às tensões de 0,006; 0,010; 0,033; 0,08; 0,10; 0,30; 0,80; e 1,5 MPa, com três repetições. A umidade em base volumétrica (θ) para cada uma das tensões foi ajustada, utilizando-se o modelo matemático proposto por Van Genuchten (DOURADO NETO et al., 1990). Os parâmetros empíricos foram determinados pelo Software Soil Water Retention Curves (SWRC), versão 2.0.

A dose de ARC foi calculada em função da capacidade de armazenamento de água no solo (CAD). No experimento instalado no NEDTEC, para o cálculo da CAD, considerou-se fator disponibilidade de 50% e profundidade efetiva do sistema radicular de 0,25 m. As doses de ARC aplicada foi 1, 2, 3 e 4 vezes a CAD, aplicada em uma única vez; e 2 e 3 vezes a CAD parceladas em 2 e 3 vezes, respectivamente (Tabela 6).

Tabela 6 – Quantidade de ARC aplicada no experimento montado no NEDTEC, com plantas na fase de desenvolvimento inicial, no período de janeiro a dezembro de 2007

Dose (mm)	Parcelamento/época	Denominação
19	1/junho	D11
38	1/junho	D21
57	1/junho	D31
76	1/junho	D41
38	2/junho/julho	D22
57	3/junho/julho/agosto	D33

No experimento instalado na EAFA, considerou-se fator disponibilidade de 50%, profundidade efetiva de 0 – 0,40 m e bulbo molhado de 20%. As doses de ARC

aplicadas foram 1, 2 e 3 vezes a CAD, aplicadas em uma única vez; e 2 e 3 vezes a CAD parceladas em 2 e 3 vezes, respectivamente (Tabela 7).

Tabela 7– Quantidade de ARC aplicada no experimento montado na EAFA, com plantas na fase de produção, no período de janeiro a dezembro de 2007

Dose (mm)	Parcelamento/época	Denominação
31	1/junho	D11
62	1/junho	D21
93	1/junho	D31
62	2/junho/julho	D22
93	3/junho/julho/agosto	D33

As determinações foram realizadas segundo EMBRAPA (1997): pH em água, com uso de potenciometria; H+Al por titulometria; P disponível por colorimetria; K trocável por fotometria de chamas; Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica; CTC, SB, V e m foram obtidos por cálculo; e matéria orgânica pelo método Walkley-Black.

A análise foliar, no experimento montado na EAFA, para cada planta central dentro de cada tratamento foram recolhidos 4 pares de folhas, sendo 1 par de cada quadrante (norte, sul, leste e oeste) do terço médio das plantas. No experimento montado no NEDTEC, as folhas do cafeeiro foram retiradas, e, em ambos os casos, lavadas com água destilada e colocadas para secar em estufa de circulação forçada, a 75⁰C, até peso constante, por 72 horas.

Posteriormente, o material foi processado em moinho tipo Welly, com peneira de 60 mesh, para se proceder as digestões sulfúrica (quantificação de N), nitro-perclórica (quantificação de P, K, Ca, Mg, Mn, Fé, Cu e Zn) e seco (quantificação de B). O conteúdo de K foi estimado em fotômetro de chamas. As concentrações de Ca, Mg, Mn, Fe, Cu e Zn foram avaliadas por meio de espectrofotômetro de absorção atômica (EMBRAPA, 1999).

Na análise de crescimento da planta, as características avaliadas foram: massa seca total, diâmetro do caule, altura das plantas e área foliar. Para obtenção da matéria seca total, as plantas foram secas em estufa a 75⁰C, até atingirem peso constante (72 horas). A altura foi determinada considerando-se a região compreendida entre o coleto e a gema apical. O diâmetro do caule foi medido a 2 cm do solo utilizando-se paquímetro digital. A área foliar foi medida a partir de integrador de área foliar.

3.5. ANÁLISE ESTÁTISTICA

O experimento montado, no NEDTEC, foi no esquema de parcela subdividida (7 x 5), tendo nas parcelas sete doses (19, 38, 57 e 76 mm, aplicadas uma única vez, representadas por D11, D21, D31 e D41, respectivamente; 38 mm, parcelada em 2 aplicações representadas por D22; 57 mm, parcelada em três aplicações representadas por D33; e testemunha que foi adubada conforme recomendação, representada por T) e as subparcelas constituídas pelos períodos de amostragem correspondentes a 30, 60, 90, 120 e 150 dias após aplicação da ARC, num delineamento inteiramente casualizado, com três repetições.

O experimento montado na EAFA, também foi no esquema de parcela subdividida (6 x 2 x 5), sendo as parcelas em esquema fatorial (6 x 2) com seis doses (31, 62 e 93 mm, aplicadas em uma única vez, representadas por D11, D21 e D33, respectivamente; 62 mm, parcelada em duas aplicações, representadas por D22; 93 mm, parcelada em três aplicações, representadas por D33; e testemunha que foi adubada conforme recomendação, representada por T) e duas profundidades (0 – 0,20 e 0,20 – 0,40 m) e as subparcelas constituídas pelos períodos de amostragem correspondentes a 30, 60, 90, 120 e 150 dias após aplicação da ARC, num delineamento em blocos casualizados, com três repetições.

Os dados obtidos no experimento instalado na EAFA (análise química do solo e foliar) e no NEDTEC (análises de crescimento das plantas, química do solo e das folhas) foram submetidos à análise de variância em nível de 5% pelo teste F. Quando significativo para o fator qualitativo, foram comparados pelo teste de Tukey a 5% e para o fator quantitativo foi feita regressão e os modelos foram escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão, utilizando o teste t de Student,

adotando-se o nível de 5% de probabilidade e também pelo maior coeficiente de determinação (R^2).

As análises foram realizadas utilizando-se o software SAEG 8.0 e os gráficos confeccionados no Excel.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. ANÁLISE DE CRESCIMENTO DAS PLANTAS DE CAFEIEIRO NA FASE DE DESENVOLVIMENTO INICIAL

A altura das plantas do cafeeiro, visualizada na Figura 2, mostra que aos 30 dias após aplicação, a D33 mostrou-se superior às demais e aos 150 dias a D41, maior dose aplicada, não difere estatisticamente da T(testemunha), D11 e D33.

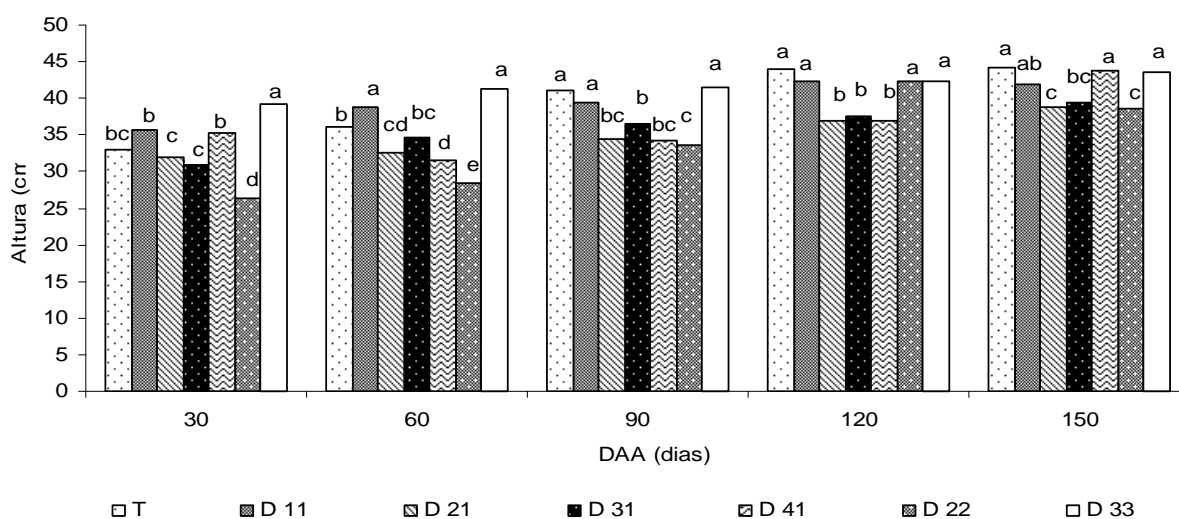


Figura 2 – Altura das plantas de café Robusta Tropical em função das doses de ARC, para cada época de avaliação.

A altura da planta é um importante parâmetro de análise, pois plantas com deficiência de nutrientes apresentam desenvolvimento insatisfatório, afetando diretamente o seu crescimento.

Augusto et al. (2003), avaliando o aproveitamento da água residuária proveniente de um sistema biológico de tratamento de esgotos domésticos como alternativa à fertirrigação convencional em viveiros florestais, concluíram que água residuária

pode ser utilizada na fertirrigação de viveiros para produção das espécies estudadas, pois todas as plantas se mostraram vigorosas, com bom desenvolvimento, sem mortalidade, deficiência ou toxidez.

Quanto ao comportamento da altura, nas doses de água residuária em função dos dias após aplicação da ARC, observam-se, na Tabela 8, as equações de regressão e seus respectivos coeficientes de determinação e sua representação na Figura 3. Na D11, D31, D41, D22, D33 e T, as equações de regressão apresentam modelo quadrático, e na D21 modelo linear, havendo diferença de desempenho entre elas.

Tabela 8 – Equações de regressão da altura das plantas do cafeeiro conilon, variedade Robusta Tropical, em função do número de dias após a aplicação (DAA) para cada dose de ARC (D11, D21, D31, D41, D22, D33 e T)

Equação de regressão	R ²
$\hat{t} = 33,71 + 0,1534.DAA - 0,0006.DAA^2$	0,92
$\hat{d} 11 = 35,06 + 0,1558.DAA - 0,0005.DAA^2$	0,98
$\hat{d} 21 = 28,82 + 0,0665.DAA$	0,97
$\hat{d} 31 = 32,60 + 0,0835.DAA - 0,0001.DAA^2$	0,97
$\hat{d} 41 = 33,46 + 0,1679.DAA - 0,0003.DAA^2$	0,98
$\hat{d} 22 = 24,45 + 0,0963.DAA - 0,0001.DAA^2$	0,83
$\hat{d} 33 = 30,45 + 0,0465.DAA - 0,0002.DAA^2$	0,79

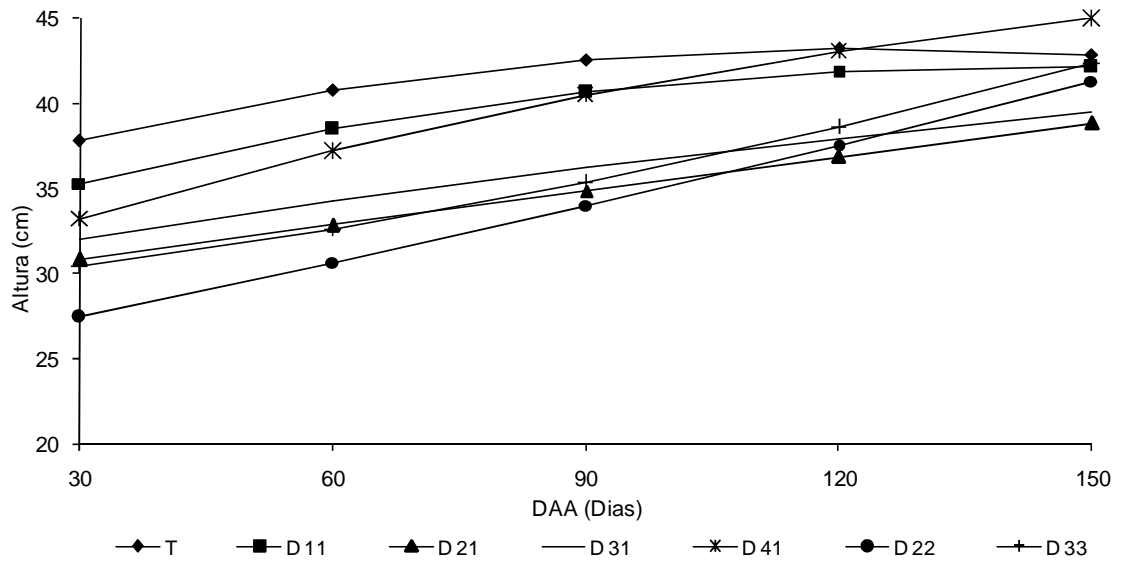


Figura 3 – Altura das plantas do cafeeiro conilon, variedade Robusta Tropical, em função do número de dias após aplicação (DAA) para cada dose de ARC (D11, D21, D31, D41, D22, D33 e T).

O diâmetro das plantas em função das doses de ARC aplicadas para cada época de avaliação é observado na Figura 4. Verifica-se que não houve diferença significativa entre as diferentes doses aplicadas, independentemente da época de avaliação.

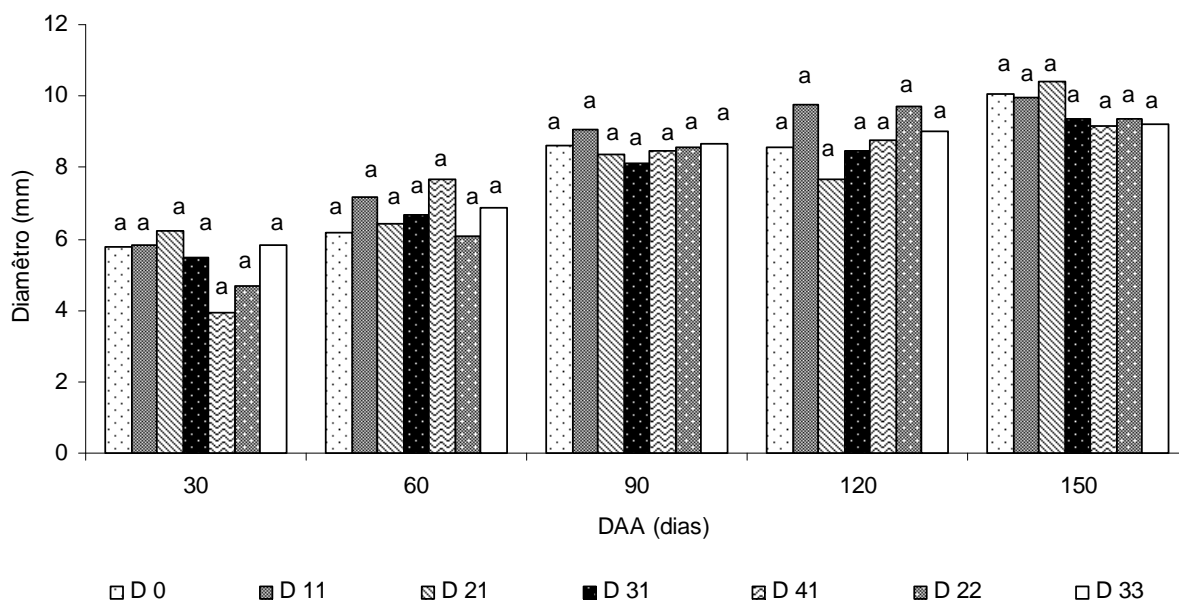


Figura 4 – Diâmetro das plantas de café Robusta Tropical em função das doses de ARC e para cada período de avaliação.

O comportamento do diâmetro, nas doses de água residuária em função dos dias após aplicação da ARC, observa-se, na Tabela 9, as equações de regressão e seus respectivos coeficientes de determinação e sua representação na Figura 3. Na T, D11, D31, D41 e D22, as equações de regressão apresentam modelo linear, na D21, comportamento quadrático e D33, comportamento cúbico, havendo diferença de desempenho entre as mesmas para o diâmetro das plantas de café.

Lopes et al. (2004), estudando o desenvolvimento de mudas de cubiu (*Solanum sessiliflorum*) sob diferentes doses de água residuária do café, concluíram que o aumento nas doses proporcionou um aumento contínuo do diâmetro das mudas.

Segundo Nascimento et al. (2003), mudas de mamona atingiram melhor desempenho quando irrigadas com água residuária tratada, em comparação com as mesmas cultivadas sob adubação química convencional.

Tabela 9 – Equações de regressão do diâmetro das plantas do cafeeiro conilon, variedade Robusta Tropical, em função do número de dias após a aplicação (DAA) para cada dose de ARC (D11, D21, D31, D41, D22, D33 e T)

Equação de regressão	R ²
$\hat{t} = 5,49 + 0,0273.DAA$	0,91
$\hat{d} 11 = 7,37 + 0,0336.DAA$	0,93
$\hat{d} 21 = 7,66 - 0,0098.DAA + 0,0002.DAA^2$	0,85
$\hat{d} 31 = 6,72 + 0,0278.DAA$	0,94
$\hat{d} 41 = 6,87 + 0,0299.DAA$	0,87
$\hat{d} 22 = 5,44 + 0,0463.DAA$	0,92
$\hat{d} 33 = 6,762 - 0,0633.DAA + 0,0017.DAA^2 - 0,000007.DAA^3$	0,80

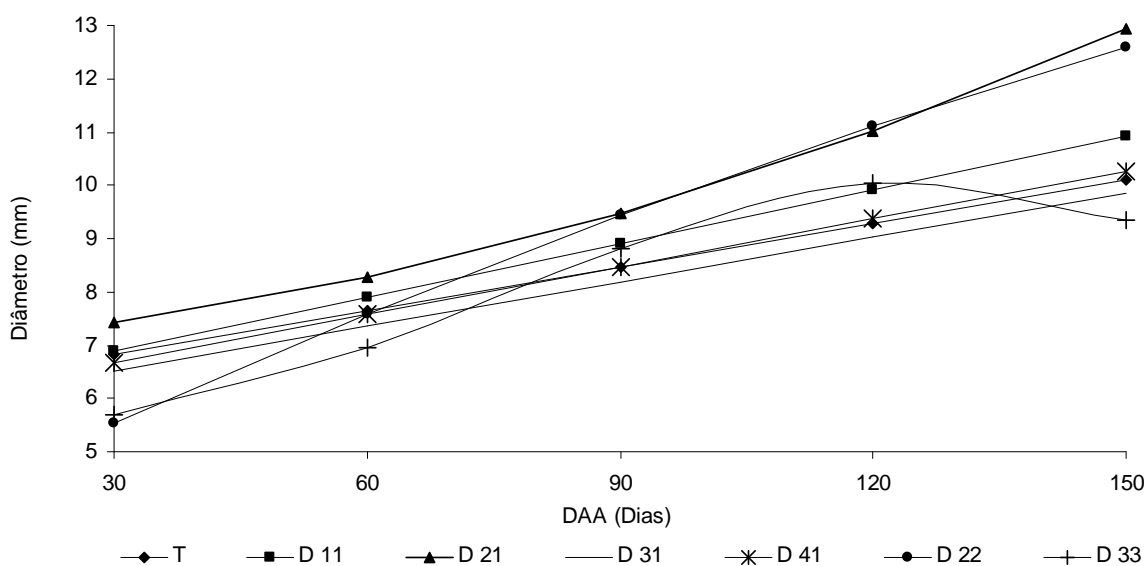


Figura 5 – Diâmetro das plantas do cafeeiro conilon, variedade Robusta Tropical, em função do número de dias após aplicação (DAA) para cada dose de ARC (D11, D21, D31, D41, D22, D33 e T).

Para a área foliar do cafeeiro, as diferenças entre as doses de ARC se manifestam já na primeira avaliação, ou seja, aos 30 dias após aplicação da água residuária (Figura 6).

A D41 apresenta bom desempenho, desde o início da avaliação (30 DAA), e aos 150 dias não difere estatisticamente da T (testemunha) e D11. Considerando a área foliar de uma planta, a superfície das folhas capazes de realizar fotossíntese, pode-se afirmar que a produtividade de uma cultura está diretamente ligada à sua área foliar: quanto maior a capacidade de captação de luz, maior será a produtividade, pois o seu desenvolvimento será também maior (BENICASA,1988).

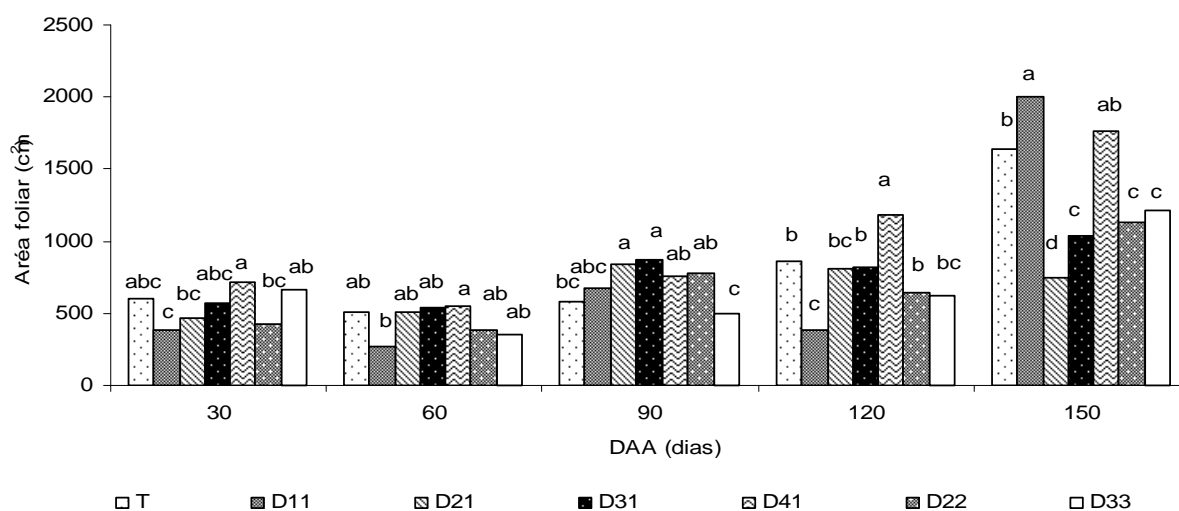


Figura 6 – Área foliar das plantas de café Robusta Tropical em função das doses de ARC para cada época de avaliação.

As equações de regressão para cada uma das doses de ARC em função do número de dias após a aplicação, bem como seus respectivos coeficientes de determinação, são apresentadas na Tabela 10.

Na Figura 7, são representadas essas equações, sendo o modelo quadrático o que apresenta melhor ajuste para a D11, D31, D41, D22, D33 e T (testemunha). O modelo cúbico apresenta o melhor ajuste para a D21.

Tabela 10– Equações de regressão da área foliar das plantas do cafeeiro conilon, variedade Robusta Tropical, em função do número de dias após a aplicação (DAA) para cada dose de ARC (D11, D21, D31, D41, D22, D33 e T)

Equação de regressão	R ²
$\hat{t} = 677,99 + 9,5174.DAA - 0,0838.DAA^2$	0,83
$\hat{d} 11 = 521,86 + 5,76.DAA + 0,2622.DAA^2$	0,86
$\hat{d} 21 = 495,625 + 7,69.DAA + 0,1951.DAA^2 - 0,0008.DAA^3$	0,90
$\hat{d} 31 = 555,16 + 0,1178.DAA + 0,0205.DAA^2$	0,84
$\hat{d} 41 = 495,533 - 9,654.DAA + 0,1035.DAA^2$	0,93
$\hat{d} 22 = 532,83 + 4,7573.DAA + 0,0558.DAA^2$	0,80
$\hat{d} 33 = 658,25 + 6,4730.DAA - 0,0911.DAA^2$	0,96

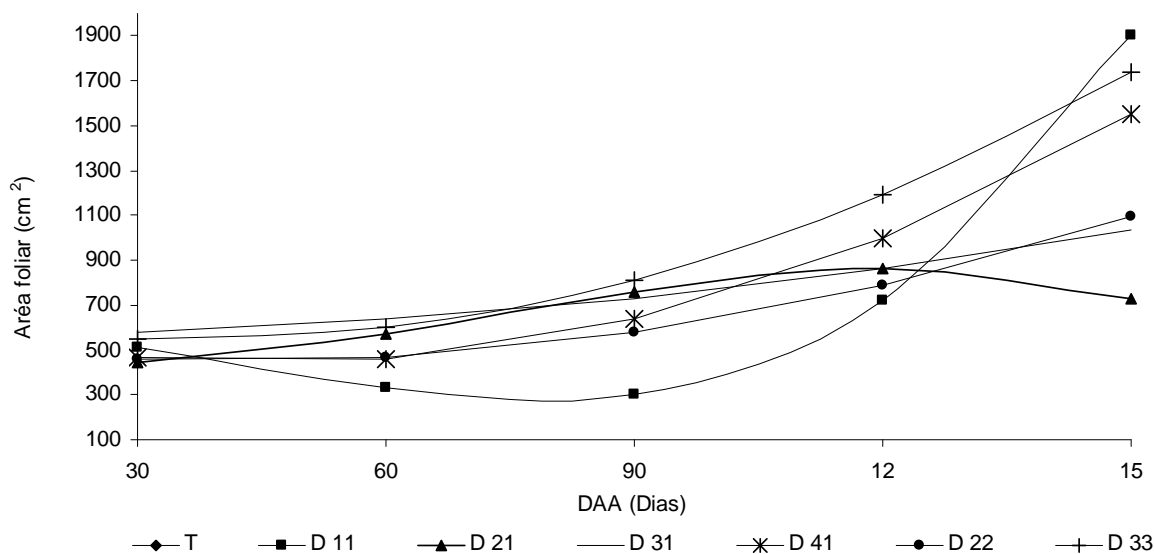


Figura 7 – Área foliar das plantas do cafeeiro conilon, variedade Robusta Tropical, em função do número de dias após aplicação (DAA) para cada dose de ARC (D11, D21, D31, D41, D22, D33 e T).

Comparando a testemunha (T) e D41, verifica-se que a partir dos 90 dias após aplicação a D41 proporciona menor área foliar em relação a T (testemunha).

Bezerra et al. (2005), avaliando o comportamento de algodão colorido sob a aplicação de água residuária, concluíram que a área foliar por planta aumentou, significativamente, em todos os períodos mensurados. Os autores atribuíram tal fato

à presença da elevada carga orgânica e de nutrientes prontamente disponíveis na água residuária.

A massa seca total das mudas de café Robusta Tropical para cada época de avaliação em função das doses de água residuária aplicada é apresentada na Figura 8. Observa-se que as diferenças começam a aparecer já aos 30 dias após aplicação. A D41 apresenta bom desempenho, mostrando-se superior na avaliação final com relação à produção final de massa seca total em relação às demais doses, inclusive da testemunha (T).

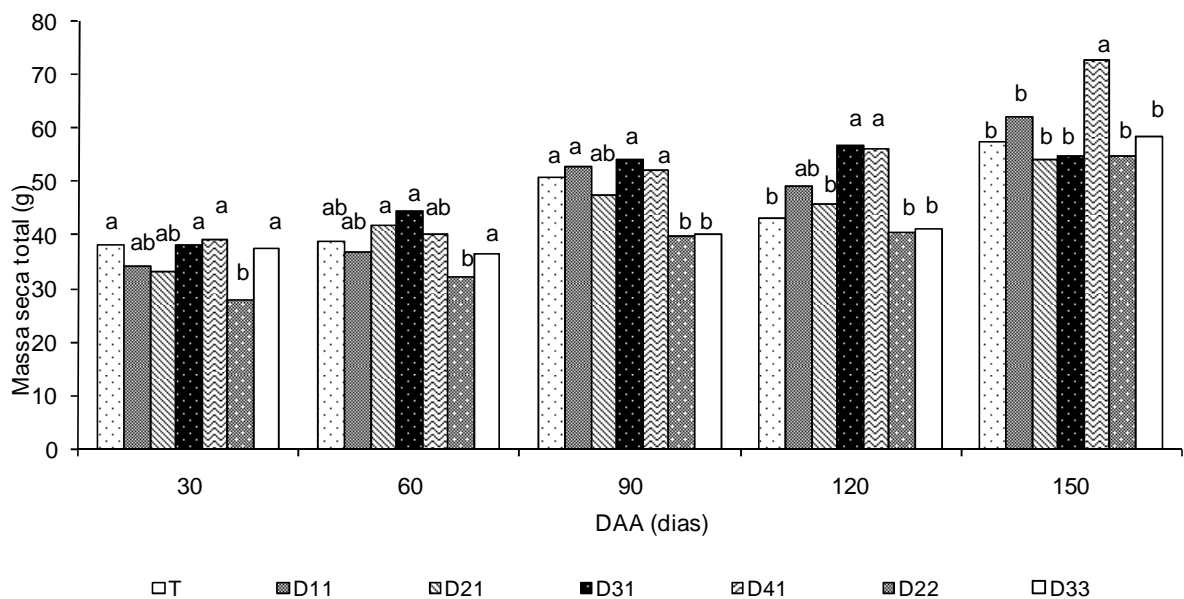


Figura 8 – Massa seca total das plantas de café Robusta Tropical em função das doses de ARC para cada época de avaliação.

Na Tabela 11, são representadas as equações de regressão para cada uma das doses de ARC, bem como seus respectivos coeficientes de determinação. Na Figura 9, são representadas essas equações, sendo o modelo quadrático o que apresenta melhor ajuste para as doses D31, D22, D33 e T (testemunha) e o modelo linear para as doses D11 e D21 e D41.

Os resultados encontrados são similares aos encontrados por Santos et al.(2006), que analisaram o crescimento de plantas de quiabo irrigado com água residuária.

Tabela 11– Equações de regressão da massa seca total das plantas do cafeeiro conilon, variedade Robusta Tropical, em função do número de dias após a aplicação (DAA) para cada dose de ARC (D11, D21, D31, D41, D22, D33 e T)

Equação de regressão	R ²
$\hat{t} = 31,97 - 0,0009.DAA - 0,0010.DAA^2$	0,85
$\hat{D} 11 = 28,10 - 0,2116.DAA$	0,91
$\hat{D} 21 = 29,97 - 0,1581.DAA$	0,93
$\hat{D} 31 = 28,30 + 0,3852.DAA - 0,0013.DAA^2$	0,97
$\hat{D} 41 = 30,77 + 0,1594.DAA$	0,80
$\hat{D} 22 = 29,00 - 0,0334.DAA - 0,0013.DAA^2$	0,95
$\hat{D} 33 = 30,76 + 0,1329.DAA - 0,0008.DAA^2$	0,97

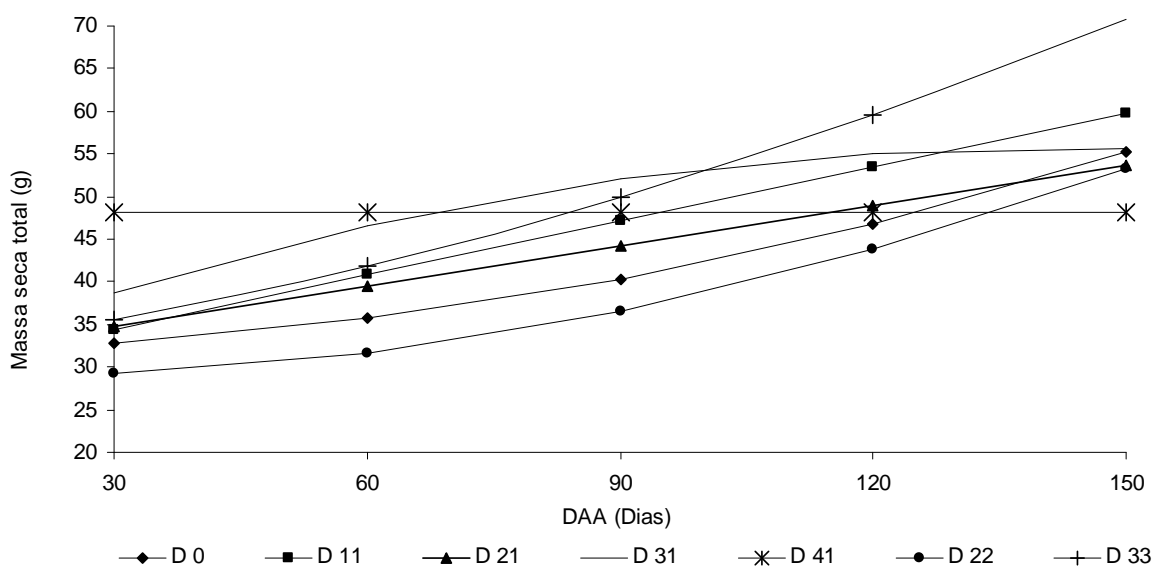


Figura 9 – Massa seca total das plantas do cafeeiro conilon, variedade Robusta Tropical, em função do número de dias após aplicação (DAA) para cada dose de ARC (D11, D21, D31, D41, D22, D33 e T).

4.2. AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO COM PLANTAS DE CAFEIEIRO NA FASE DE DESENVOLVIMENTO INICIAL

A análise de variância para os atributos do solo: matéria orgânica, fósforo, potássio, magnésio, acidez potencial, sódio, alumínio, CTC, soma de bases, CTC total, saturação de bases e saturação de alumínio, representados no apêndice 2A e 3A, mostra que a interação entre dose e tempo apresenta-se não significativa pelo teste F, em nível de 5%. Apenas para o pH do solo e o teor de cálcio no solo, a interação apresenta-se significativa.

O pH do solo para cada época de avaliação em função das doses de ARC aplicadas é apresentado na Figura 10. Percebe-se que há diferença significativa entre as doses apenas aos 150 dias após aplicação, sendo que a D41 difere estatisticamente da D33.

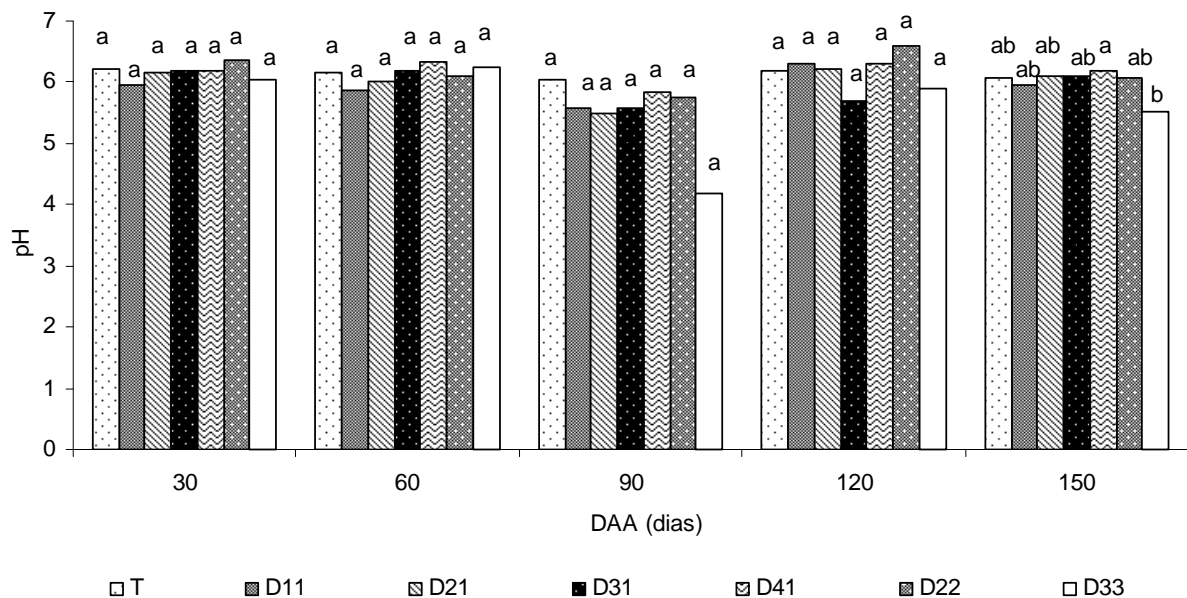


Figura 10 – Valores de pH em água do solo em função das doses de ARC, para cada época de avaliação.

Lo Mônaco (2005), trabalhando com água residuária de café arábica, encontrou um maior valor de pH nos solos onde as doses de água residuária foram maiores. Contudo as doses aplicadas foram calculadas em função da necessidade nutricional do café, e neste trabalho em função da capacidade de armazenamento de água no solo.

Azevedo & Oliveira (2005) não constataram mudanças significativas no pH do solo, após quatro ciclos de cultivo do pepino ao avaliar o efeito da aplicação de água na fertilidade do solo.

Segundo Bragança et al. (2001), o café conilon se desenvolve bem em solo com pH entre 5,4 – 6,5. Quando o pH atinge valores acima de 5,5, todo o alumínio contido no solo fica precipitado não oferecendo toxidez às plantas.

Na Figura 11, percebe-se que, para todas as doses aplicadas, o pH do solo não sofre alteração no tempo, não sendo possível obter ajustes de modelos satisfatórios.

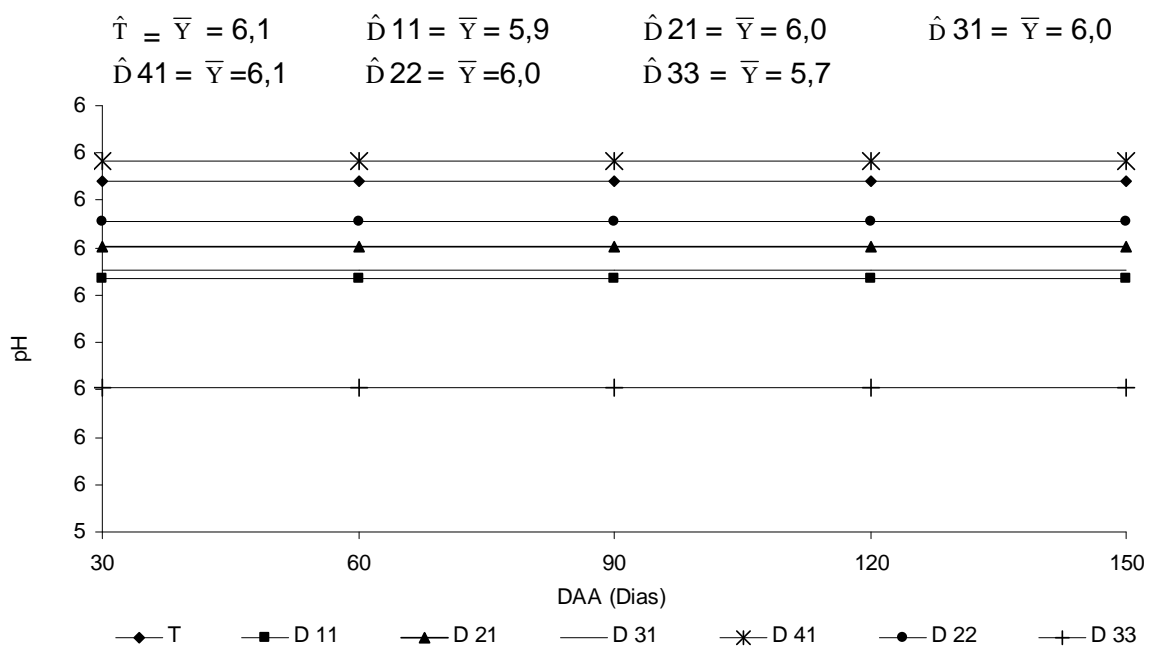


Figura 11 – Valores do pH do solo em água em função do número de dias após aplicação (DAA) para cada dose de ARC (D11, D21, D31, D41, D22, D33 e T).

A concentração do teor de cálcio no solo para cada época de avaliação em função das doses de ARC, visualizada na Figura 12, somente aos 150 dias após aplicação apresenta diferença entre os tratamentos, sendo que as T (testemunha), D21, D31, D41, D22 e D33 não diferem entre si, em nível de 5% pelo teste de Tukey.

Azevedo & Oliveira (2005), aplicando efluente de uma estação de tratamento de esgotos domésticos na cultura do pepino (*Cucumis salivus* L), concluíram que a irrigação com água residuária contribuiu significativamente para o aumento do teor de cálcio retido na solução do solo.

Observa-se, na Figura 13, que o teor de cálcio no solo não sofre alteração no tempo para as doses aplicadas.

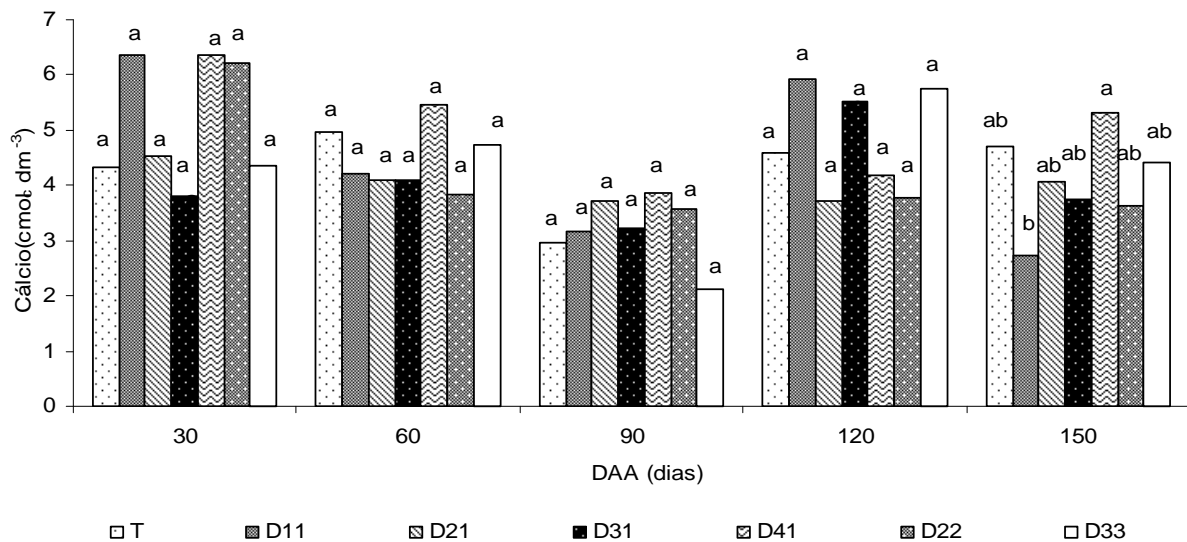


Figura 12 – Teor de cálcio ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) do solo em função das doses de ARC para cada época de avaliação.

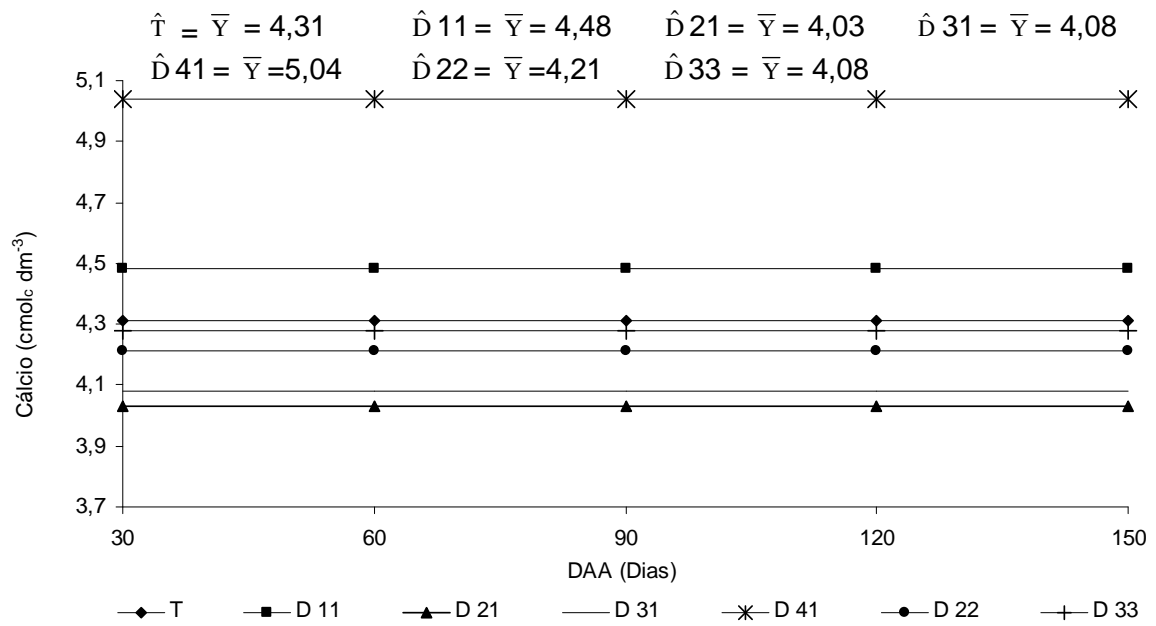


Figura 13 – Comportamento do teor de cálcio (cmol.dm⁻³) no solo em função dos dias após aplicação (DAA) da ARC para as doses 0, 11, 21, 31, 41, 22 e 33.

4.3. AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO COM PLANTAS DE CAFEEIRO NA FASE DE PRODUÇÃO

Análise de variância para os atributos do solo: pH, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, alumínio, acidez potencial (H+Al), sódio, matéria orgânica, CTC, soma de bases, saturação de bases (V) e saturação de alumínio (m), estão representados no apêndice 4A e 5A.

Os resultados de pH do solo, nas profundidades de 0 – 0,20 e 0,20 – 0,40 m, em função das doses de ARC aplicadas para cada época de avaliação é apresentado na Figura 14. Verifica-se que, independentemente da época de avaliação, não há diferença entre as doses de ARC para os valores de pH na profundidade de 0 – 0,20 m do solo.

Diferenças significativas de pH entre as doses de ARC aos 90 dias após a aplicação só foram observadas na profundidade de 0,20 – 0,40 m.

A água residuária é rica em potássio, cátion de reação alcalina no solo. A quebra de uma molécula de água gera KOH e íons H^+ , sendo o KOH uma base forte, dissocia-se facilmente, formando K^+ e OH^- , assim os íons (H^+) ficam retidos no complexo de troca e as hidroxilas (OH^-) na solução, aumentando o pH do solo (Lo Mônaco, 2005).

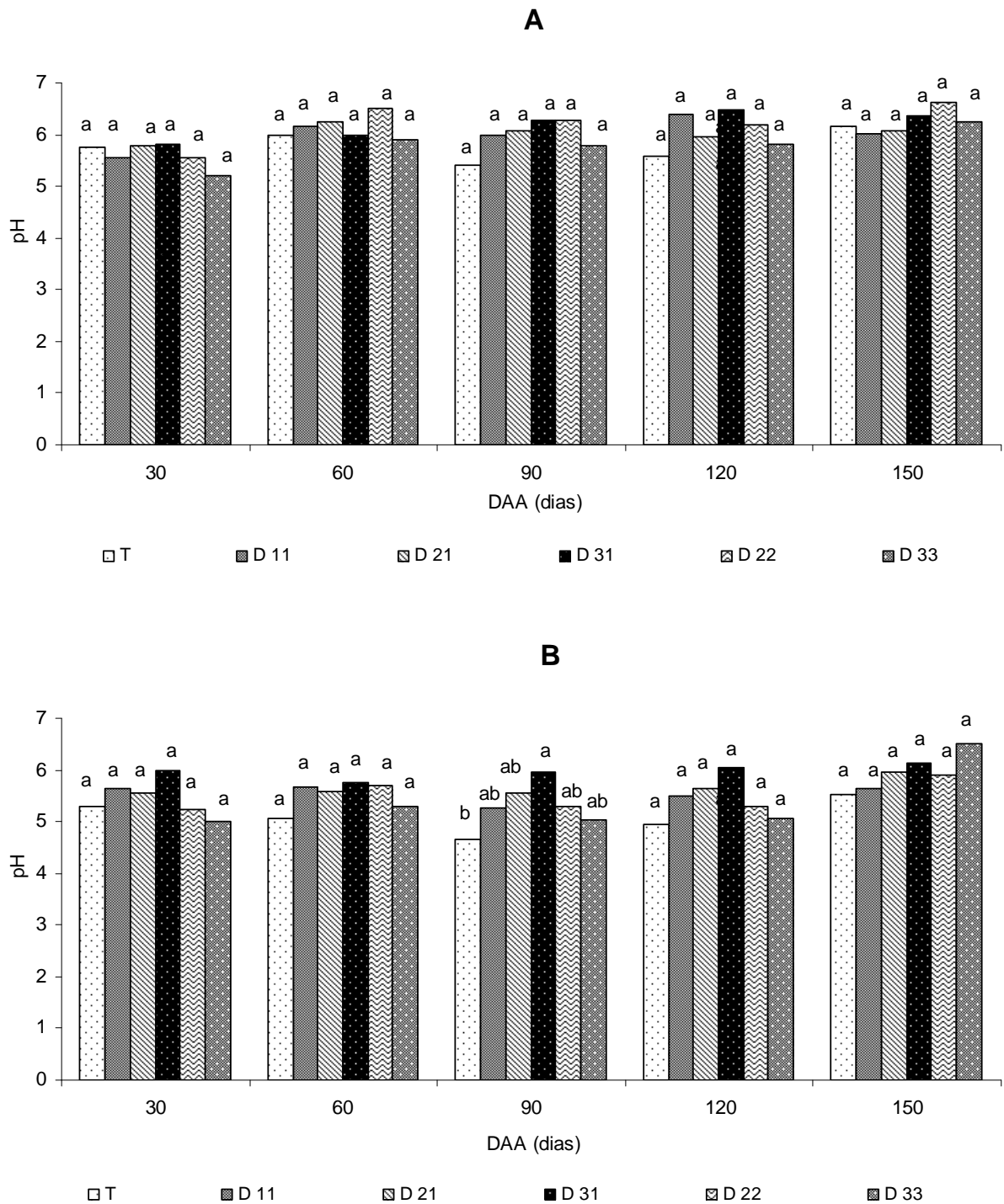


Figura 14 – Valores de pH em água (pH) do solo, nas profundidades de 0 – 0,20 (A) e 0,20 – 0,40 m (B), em função das doses de água residuária aplicadas (T, D 11, D 21, D 31, D 22 e D 33) para as diferentes épocas de avaliação (30, 60, 90, 120 e 150 dias após aplicação – DAA).

Os dados comparativos de pH do solo em função das profundidades (0 – 0,20 e 0,20 – 0,40 m) para cada época de avaliação e para cada dose de ARC aplicada são apresentados na Figura 15. Verifica-se que, independentemente da época de avaliação e da dose aplicada, não há diferença significativa dos valores de pH entre as profundidades.

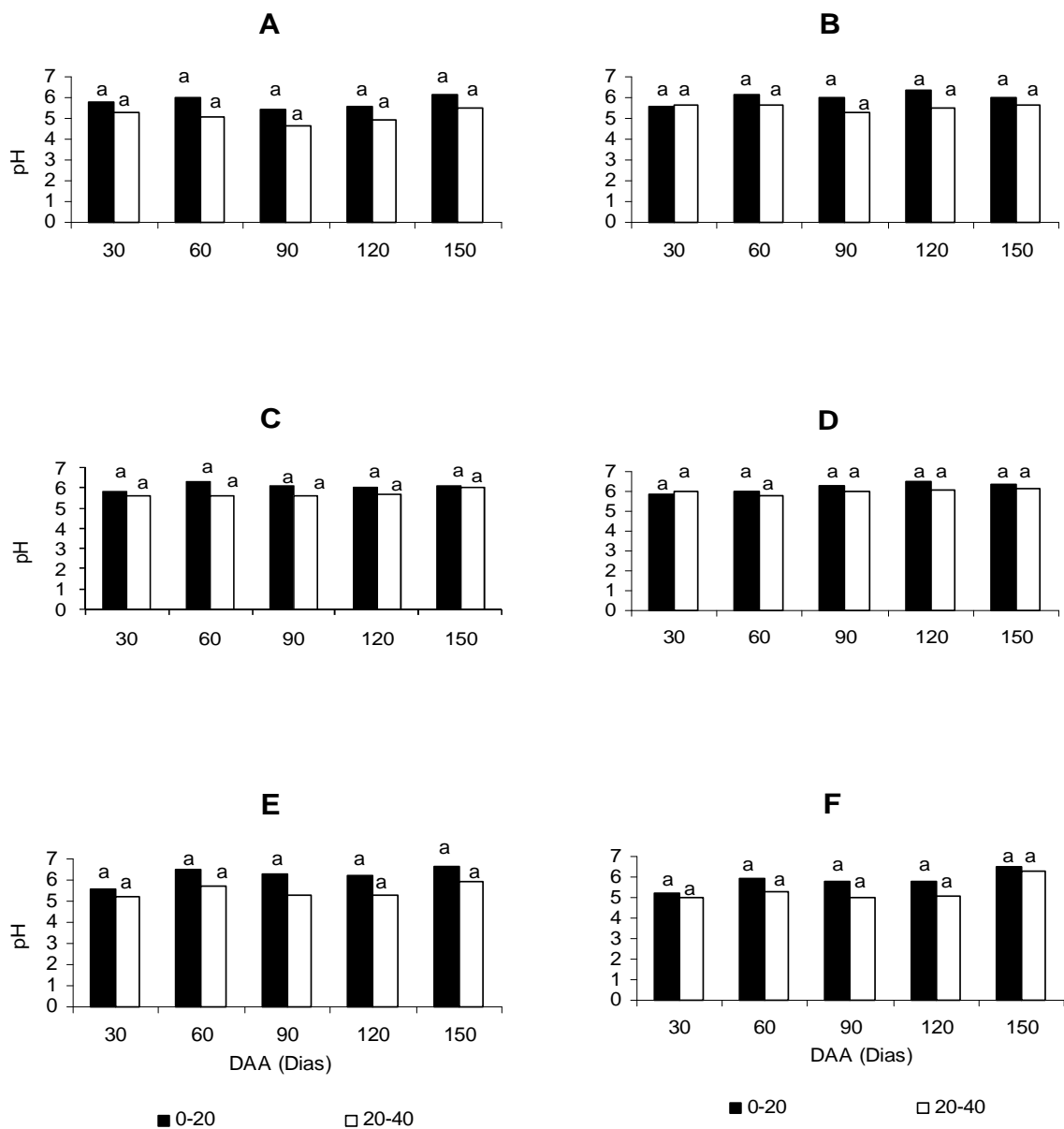


Figura 15 – Valores do pH em água (pH) em função das profundidades (0 – 0,20 e 0,20 – 0,40 m) para cada época de avaliação e doses – T(A), 11(B), 21(C), 31(D), 22(E) e 33 (F).

Pelas Figuras 16 e 17, verifica-se que o pH do solo, independentemente da profundidade e da dose de ARC aplicada, não varia em função dos dias após aplicação.

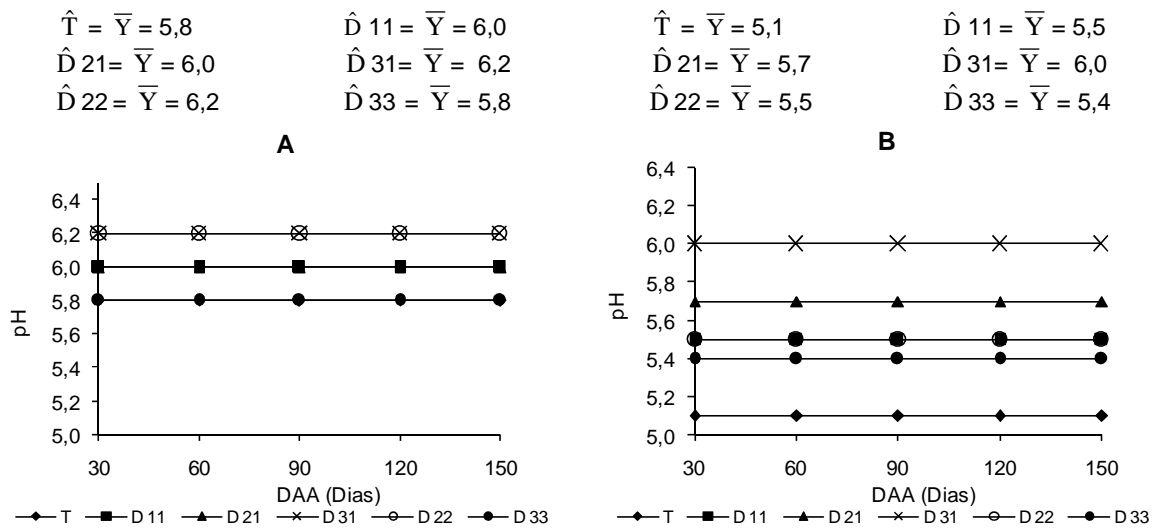


Figura 16– Valores de pH em água, nas profundidades de 0 – 0,20 m (A) e 0,20 – 0,40 m (B) do solo, em função do número de dias após a aplicação (DAA) para cada dose de ARC (T, D 11, D 21, D 31, D 22 e D33).

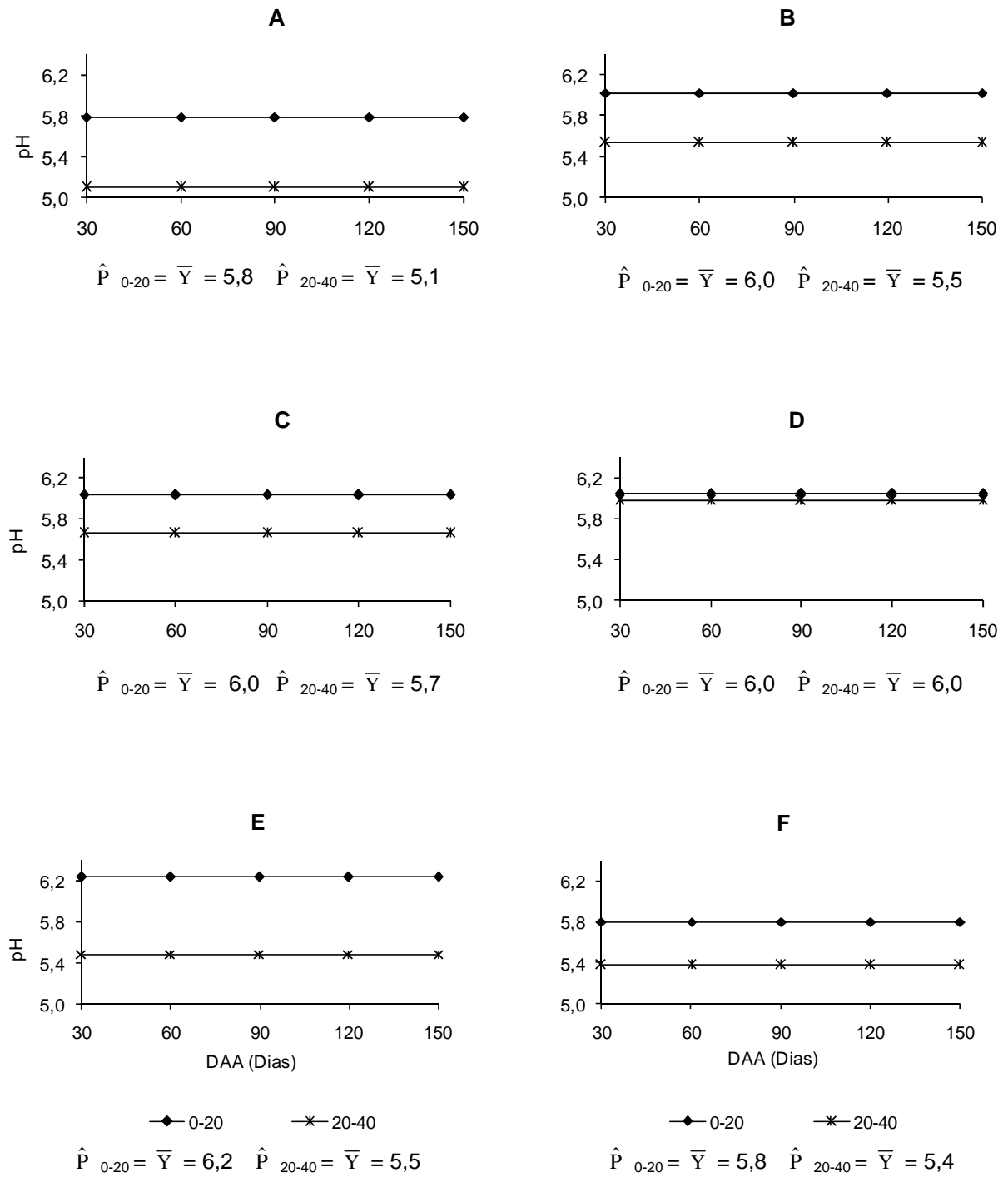


Figura 17 – Valores do pH em água (pH), nas profundidades de 0 – 0,20 e 0,20 – 0,40 m, em função dos dias após aplicação, nas doses T(A), 11(B), 21(C), 31(D), 22(E) e 33(F).

Verifica-se que a partir dos 90 DAA para a profundidade 0 – 0,20 m e a partir dos 60 DAA para as profundidades 0,20 – 0,40 m, os teores de fósforo não diferem entre as doses de água residuária aplicadas (Figura 18).

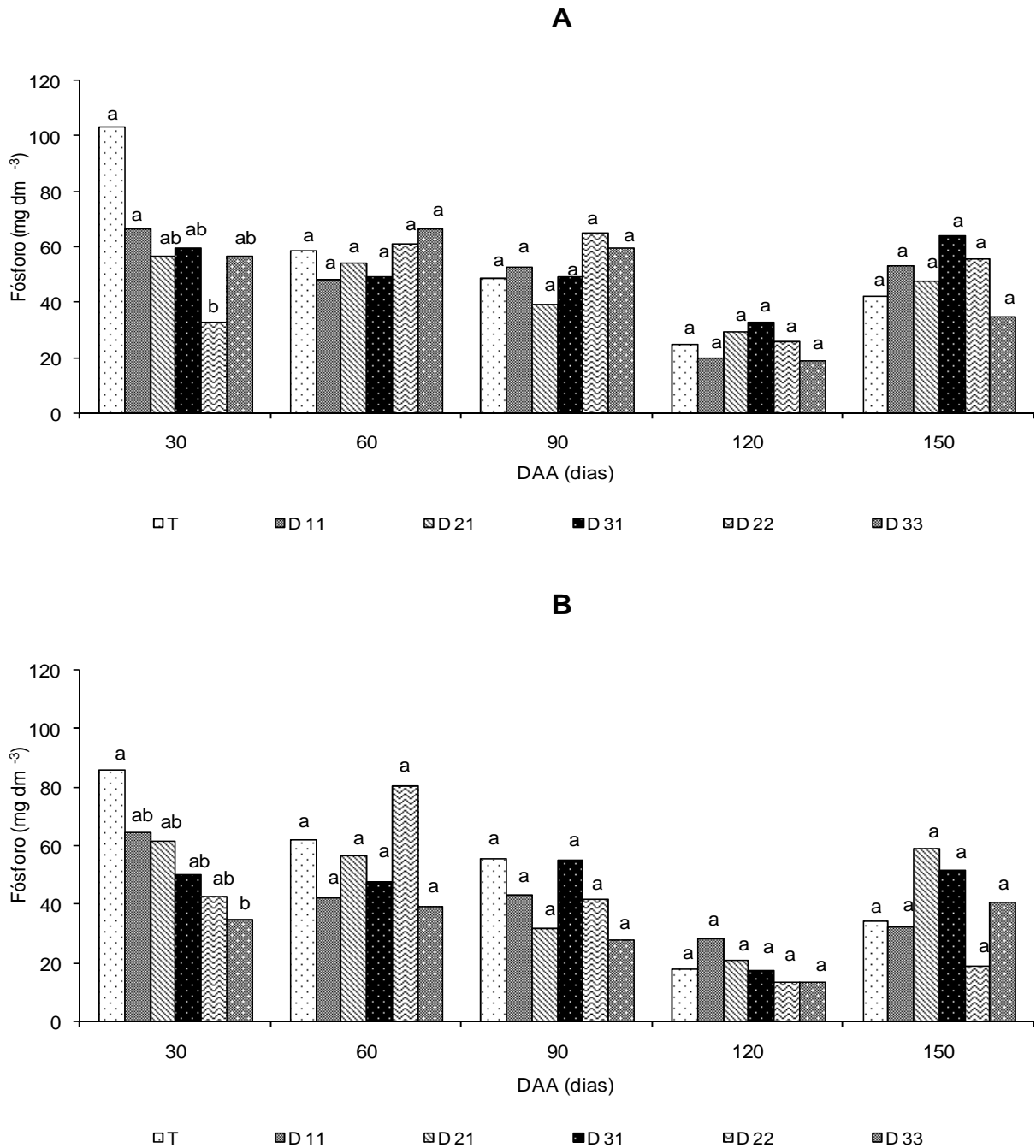


Figura 18 – Valores de fósforo no solo, nas profundidades de 0 – 0,20 (A) e 0,20 – 0,40 m (B), em função das doses de água residuária aplicadas (T, D 11, D 21, D 31, D 22 e D 33) para as diferentes épocas de avaliação (30, 60, 90, 120 e 150 dias após aplicação – DAA).

O teor de fósforo encontrado no solo aos 150 dias encontra-se muito alto, conforme Prezotti et al. (2007). É válido ressaltar que a disponibilidade do fósforo é dependente do pH do solo, pois o pH do solo na faixa de 6,0 a 6,5 favorece para uma maior disponibilidade de fósforo no solo, o que justifica o fato da D31 ter proporcionado maior concentração de P- disponível para as plantas.

Avaliando o comportamento do fósforo no solo em função das profundidades (0 – 0,20 e 0,20 – 0,40 m) para cada época de avaliação e para cada dose, observa-se, pela Figura 19, que para testemunha (T), D21, D31, D41, D22 e D33 não apresenta diferença significativa entre as duas profundidades analisadas, lembrando que as plantas testemunhas (T) foram adubadas conforme recomendação. É válido ressaltar que o fósforo é um elemento praticamente imóvel no solo (LARCHER, 2004).

Berwanger (2006), estudando o comportamento do fósforo no solo, com aplicação de água residuária da suinocultura (ARS) por um intervalo de quatro anos, observou que o fósforo extraído na camada de 0 – 0,10 m foi de 41,3 e 77,0 mg kg⁻¹ para uma aplicação de 480 e 960m³ ha⁻¹, respectivamente, atingiu valores extremamente altos de fósforo disponível no solo.

Considerando que não foi possível o ajuste de modelos de regressão para os valores de fósforo, cálcio, magnésio, sódio, matéria orgânica, H + Al e soma de bases, nas profundidades de 0 – 0,20 e 0,20 – 0,40 m do solo, em função da época de avaliação (30, 60, 90, 120 e 150 DAA) e para cada dose de água residuária de café aplicada (T, D11, D21, D31, D22 e D33), assim como ocorreu com o pH em água (Figuras 16 e 17), não são apresentados os gráficos para esses atributos.

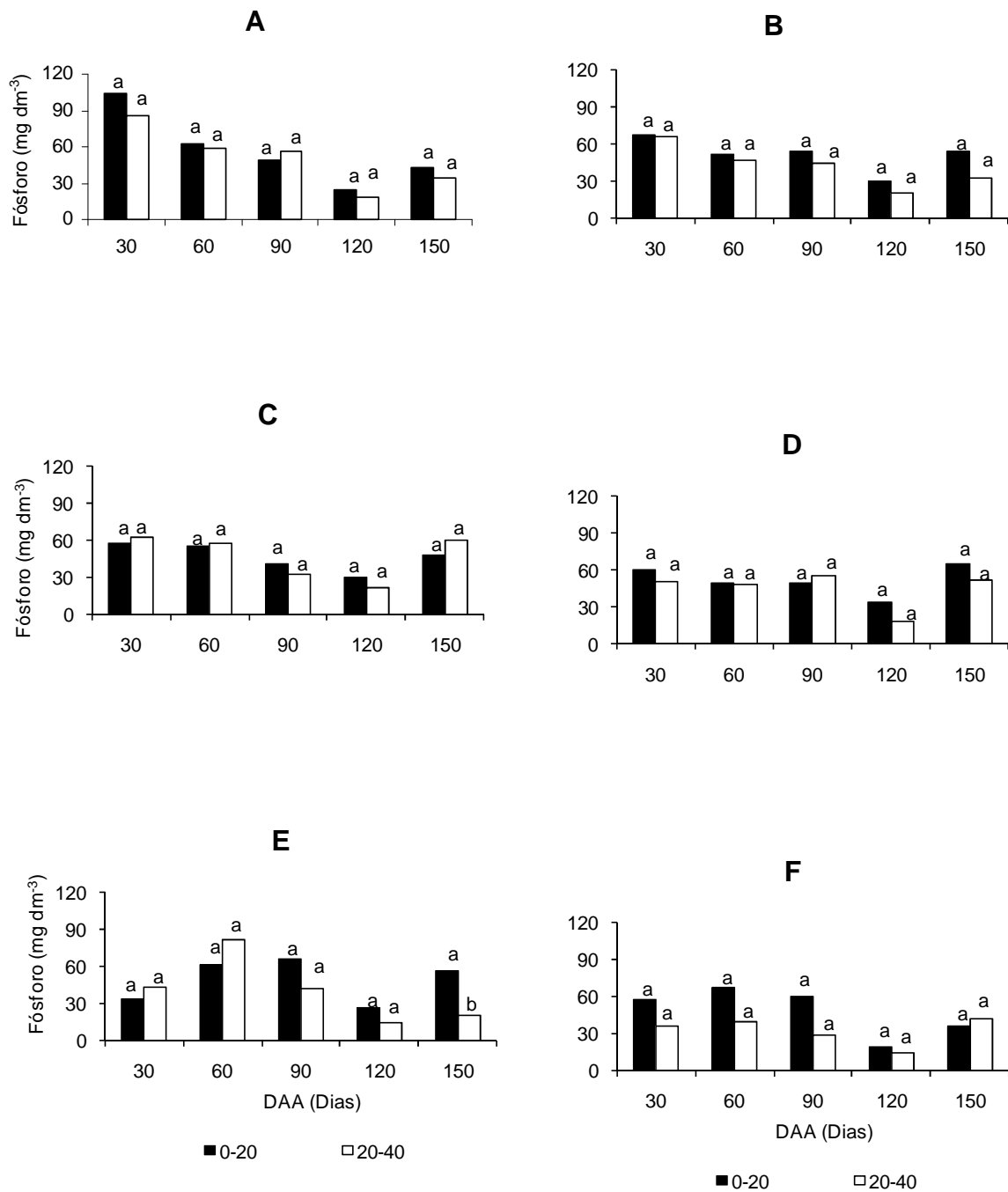


Figura 19 – Valores de fósforo no solo em função das profundidades (0 – 0,20 e 0,20 – 0,40 m) para cada época de avaliação e doses – T(A), 11(B), 21(C), 31(D), 22(E) e 33 (F).

Os resultados de potássio nas profundidades de 0 – 0,20 e 0,20 – 0,40 m do solo em função das doses de ARC aplicadas para cada época de avaliação são

apresentados na Figura 20. Percebe-se, na profundidade de 0 – 0,20 m, que não há diferença significativa entre as doses aos 60, 90 e 120 DAA. Na profundidade de 0,20 – 0,40 m, esse comportamento é observado somente aos 120 e 150 DAA.

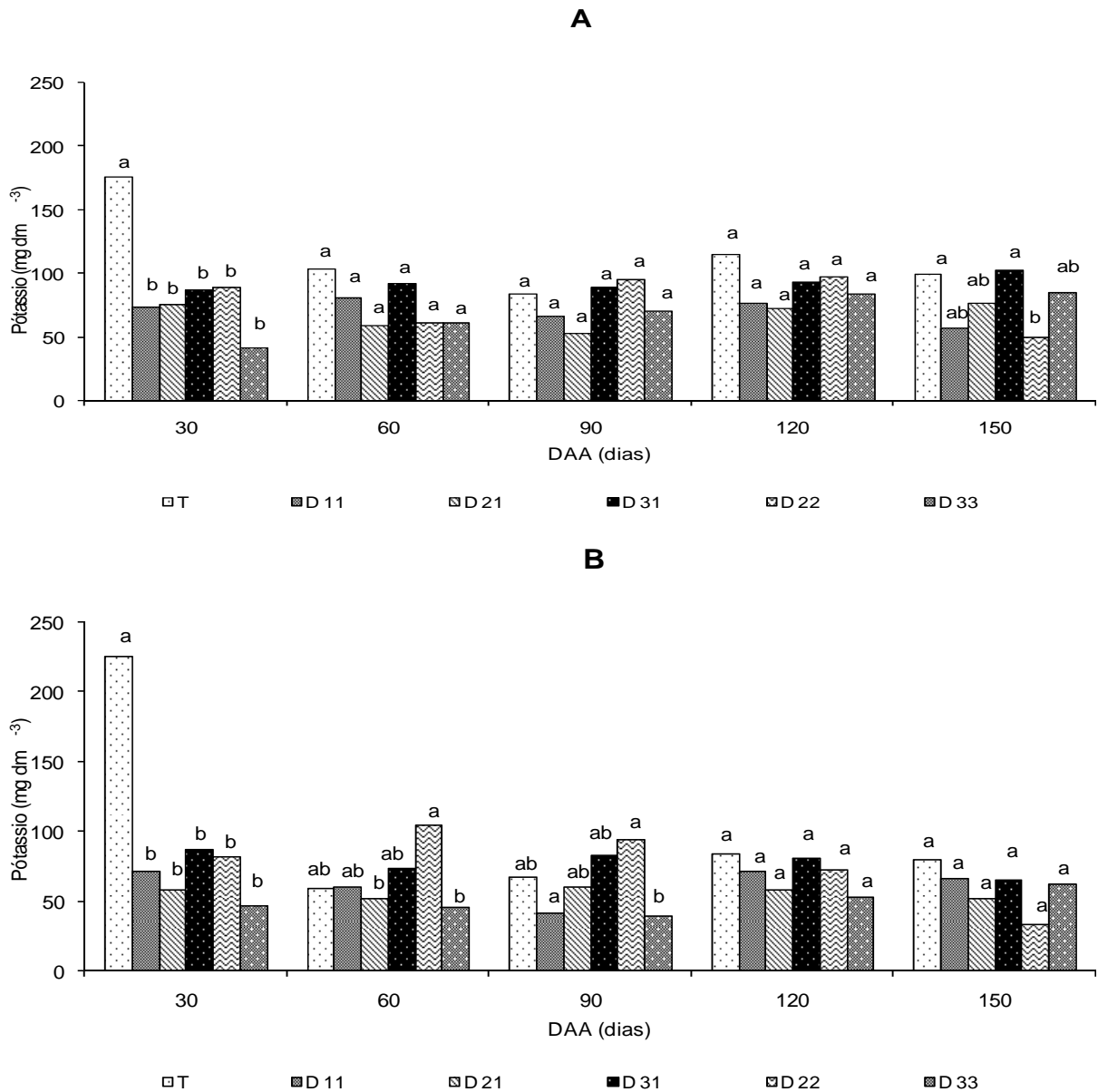


Figura 20 – Valores de potássio no solo, nas profundidades de 0 – 0,20 (A) e 0,20 – 0,40 m (B), em função das doses de água residuária aplicadas (T, D 11, D 21, D 31, D 22 e D 33) para as diferentes épocas de avaliação (30, 60, 90, 120 e 150 dias após aplicação – DAA).

Teores de 100,0 e 103,0 mg dm⁻³ são encontrados para testemunha (T) e D31, respectivamente, na profundidade de 0 – 0,20 m. Porém, os valores encontrados para essas mesmas doses são 79,0 e 65,0 mg dm⁻³ na profundidade de 0,20 – 0,40 m.

De acordo com Prezotti et al. (2007), solos com concentração de potássio trocável superior a 120 mg dm⁻³ são considerados solos de muito boa fertilidade.

Na Figura 21, é feito um comparativo dos teores de potássio em função das profundidades (0 – 0,20 e 0,20 – 0,40 m) para cada época de avaliação e para cada dose. Verifica-se que, à exceção da D31 e D22 aos 150 DAA, onde os teores de potássio na profundidade de 0 – 0,20 m são superiores aos da profundidade de 0,20 – 0,40 m, não são encontradas diferenças estatísticas para as demais doses e épocas de avaliação.

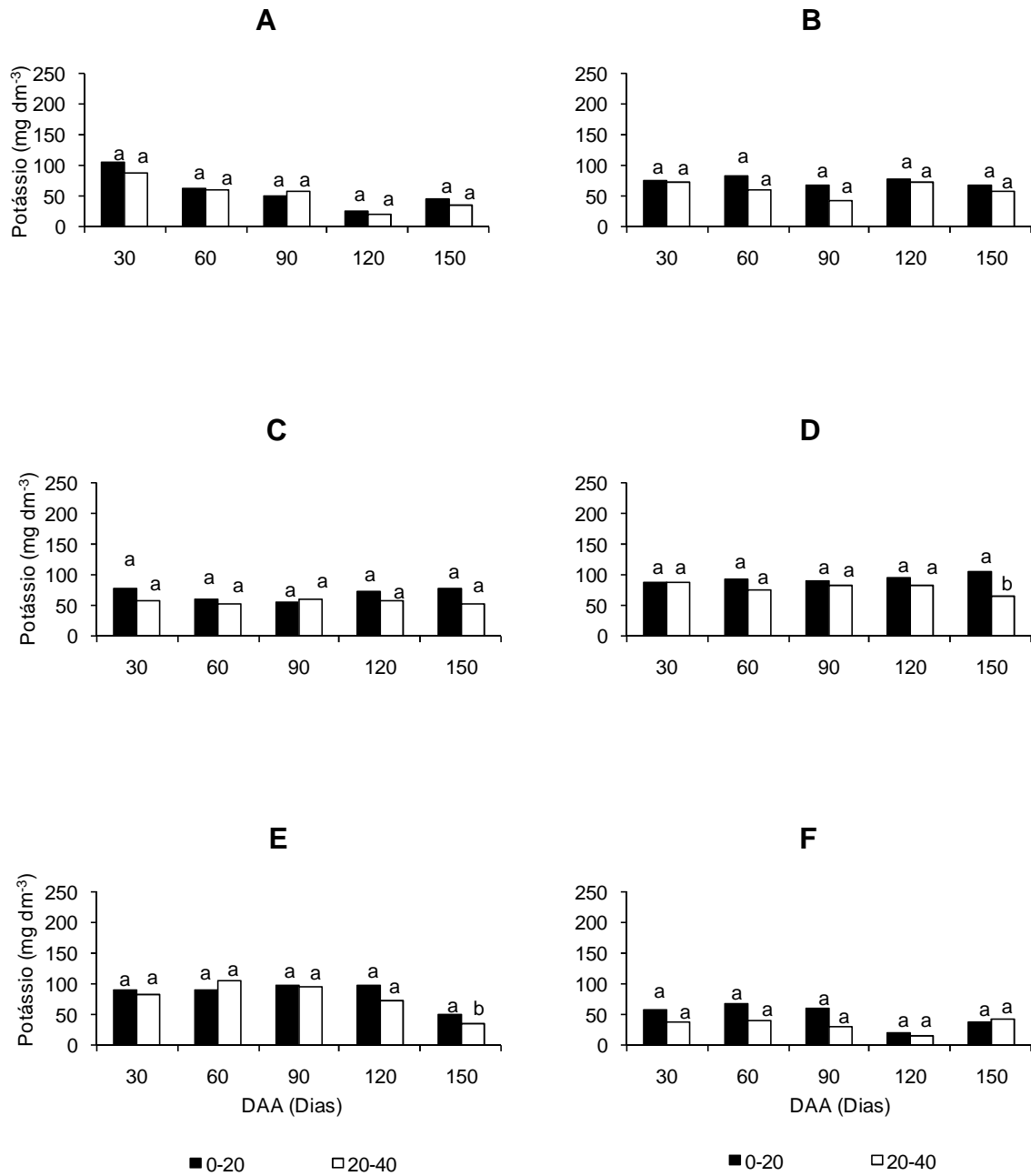


Figura 21 – Valores de potássio no solo em função das profundidades (0 – 0,20 e 0,20 – 0,40 m) para cada época de avaliação e doses – T(A), 11(B), 21(C), 31(D), 22(E) e 33 (F).

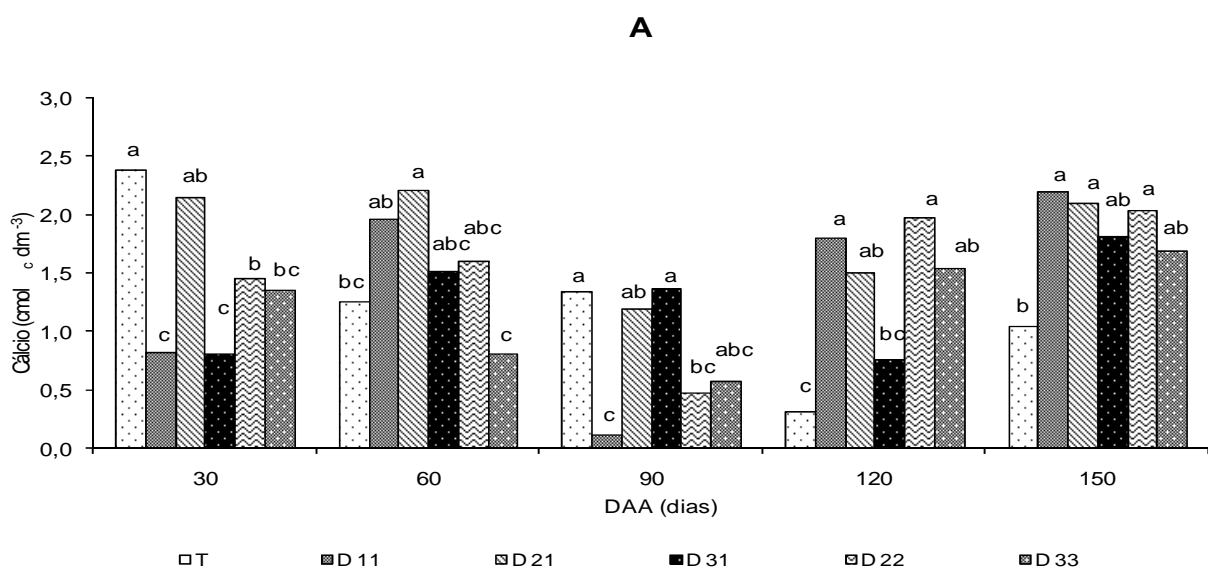
O monitoramento do potássio no solo é importante, pois devido à sua alta mobilidade no perfil do solo, pode proporcionar contaminação das águas do lençol freático.

Van Raij (1981) alerta que o potássio em grandes concentrações no solo sem uma adequada lixiviação, como ocorre em solos de baixa permeabilidade e capacidade de drenagem, pode promover salinização do solo já que os sais de sódio e potássio são considerados os maiores contribuintes para a salinidade do solo.

Segundo Oliveira et al. (1993), o acúmulo de fósforo e potássio pelo uso de grandes quantidades de dejetos de animais, por longos períodos, pode causar desbalanço de nutrientes, como é o caso do sintoma de deficiência de magnésio em plantas, devido ao excesso de potássio no solo. Eles afirmam que tais efeitos só se apresentam após décadas e aplicação contínua de resíduos orgânicos.

Brito & Rolim (2005), estudando o comportamento da vinhaça no solo, encontraram altas concentrações de potássio no solo com o aumento da profundidade.

Os resultados de cálcio nas profundidades de 0 – 0,20 e 0,20 – 0,40 m do solo em função das doses de ARC para cada época de avaliação, são apresentados na Figura 22.



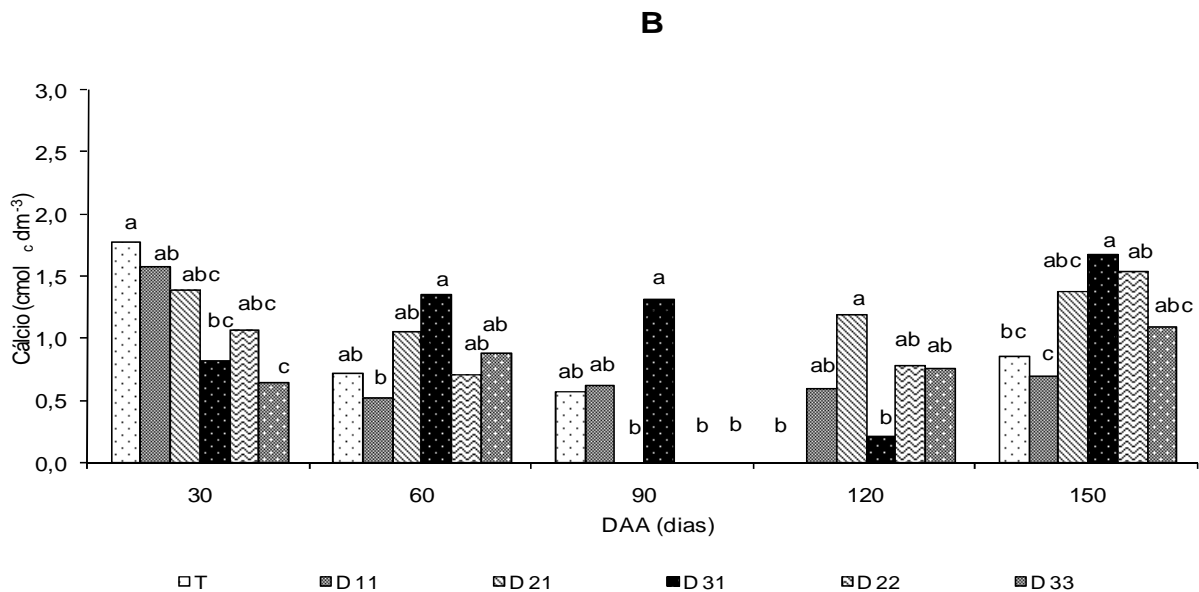


Figura 22 – Valores de cálcio no solo, nas profundidades de 0 – 0,20 (A) e 0,20 – 0,40 m (B), em função das doses de água residuária aplicadas (T, D 11, D 21, D 31, D 22 e D 33) para as diferentes épocas de avaliação (30, 60, 90, 120 e 150 dias após aplicação – DAA).

Aos 120 dias após aplicação, na profundidade de 0 – 0,20 m, a testemunha (T) apresenta desempenho inferior em relação às demais doses aplicadas para o cálcio no solo. Segundo o limite de interpretação do nível de fertilidade adotado pelos laboratórios do Espírito Santo, esses teores de cálcio no solo são classificados como baixos.

Pela Figura 23 é possível avaliar o comportamento do cálcio no solo em função das profundidades (0 – 0,20 e 0,20 – 0,40 m) para cada época de avaliação e para cada dose de ARC aplicada. Aos 150 DAA, há diferença estatística entre as profundidades para as D11, D21 e D33.

Van Raij et al. (1996) afirmam que a redução do cálcio nas camadas mais superficiais deve-se ao fato de que em tais camadas ocorre absorção de nutrientes pelas plantas, bem como lixiviação que tende a carrear cátions, como cálcio, para camadas mais profundas.

Segundo Bragança et al. (2001), baixos teores de cálcio e magnésio no solo podem levar a um decréscimo na produção da lavoura devido o cafeeiro conilon ser extremamente exigente em macronutrientes.

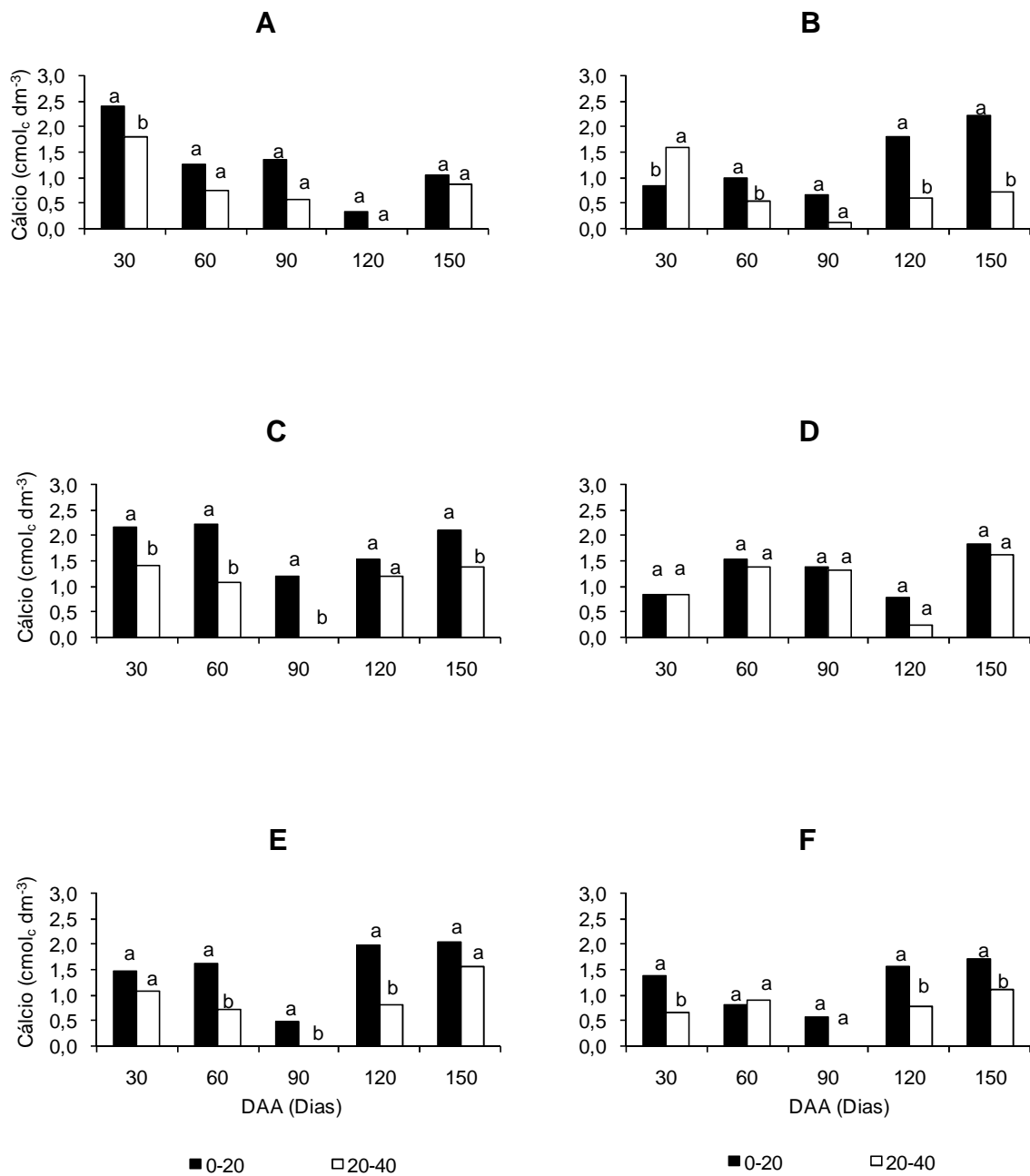


Figura 23 – Valores de cálcio no solo em função das profundidades (0 – 0,20 e 0,20 – 0,40 m) para cada época de avaliação e doses – T(A), 11(B), 21(C), 31(D), 22(E) e 33 (F).

São apresentados, na Figura 24, os resultados e magnésio, nas profundidades (0 – 0,20 e 0,20 – 0,40 m), em função das doses de ARC para cada época de avaliação. Percebe-se que em ambas as profundidades, 0 – 0,20 e 0,20 – 0,40 m, não há diferença significativa entre as doses aos 30, 60, 90, 120 e 150 DAA.

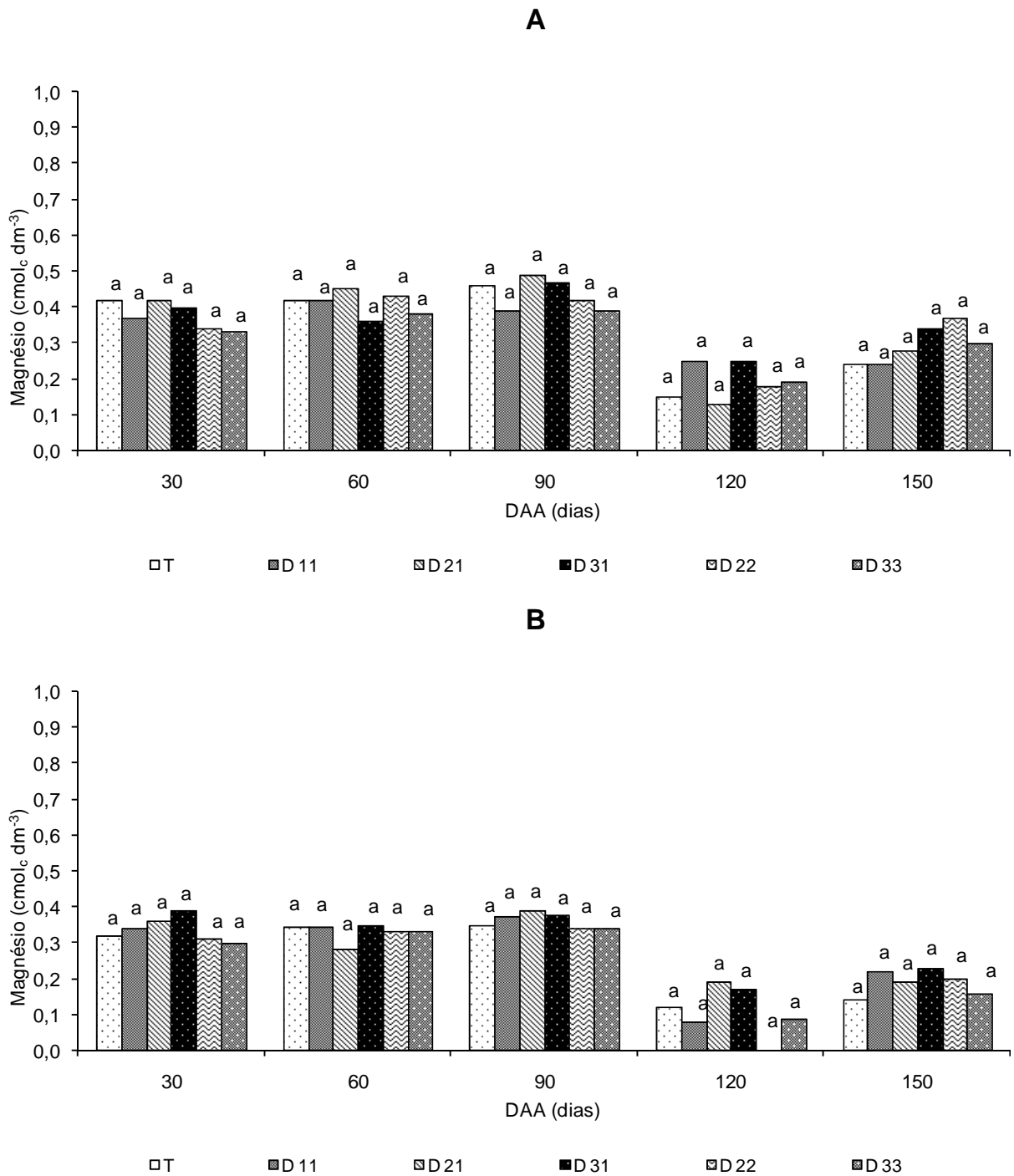


Figura 24 – Valores de magnésio no solo, nas profundidades de 0 – 0,20 (A) e 0,20 – 0,40 m (B), em função das doses de água residuária aplicadas (T, D 11, D 21, D 31, D 22 e D 33) para as diferentes épocas de avaliação (30, 60, 90, 120 e 150 dias após aplicação – DAA).

A Figura 25 compara os teores de magnésio no solo em função das profundidades (0 – 0,20 e 0,20 – 0,40 m), para cada dose e para cada época de avaliação. Observa-se que não há diferença significativa entre as profundidades para testemunha (T), D11, D31, D22 e D33.

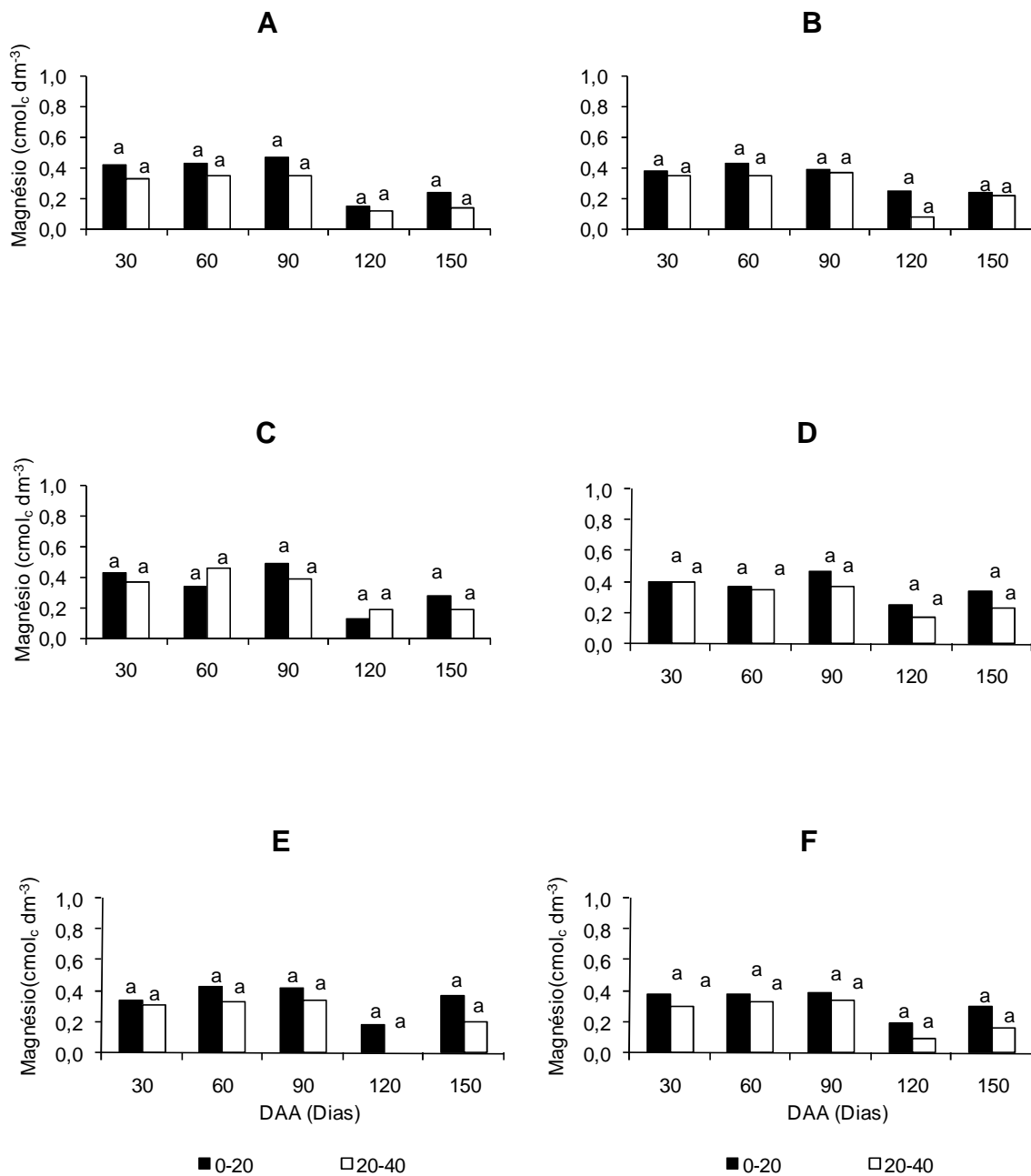


Figura 25 – Valores de magnésio no solo em função das profundidades (0 – 0,20 e 0,20 – 0,40 m) para cada época de avaliação e doses – T(A), 11(B), 21(C), 31(D), 22(E) e 33 (F).

Os resultados de matéria orgânica, nas profundidades 0 – 0,20 e 0,20 – 0,40 m do solo, em função das doses de ARC para cada época de avaliação, são apresentados na Figura 26. Percebe-se que, na profundidade 0 – 0,20 m, não há diferença significativa entre as doses aos 60, 90, 120 e 150 DAA. Na profundidade 0,20 – 0,40 m, esse comportamento é observado em todas as épocas de avaliação.

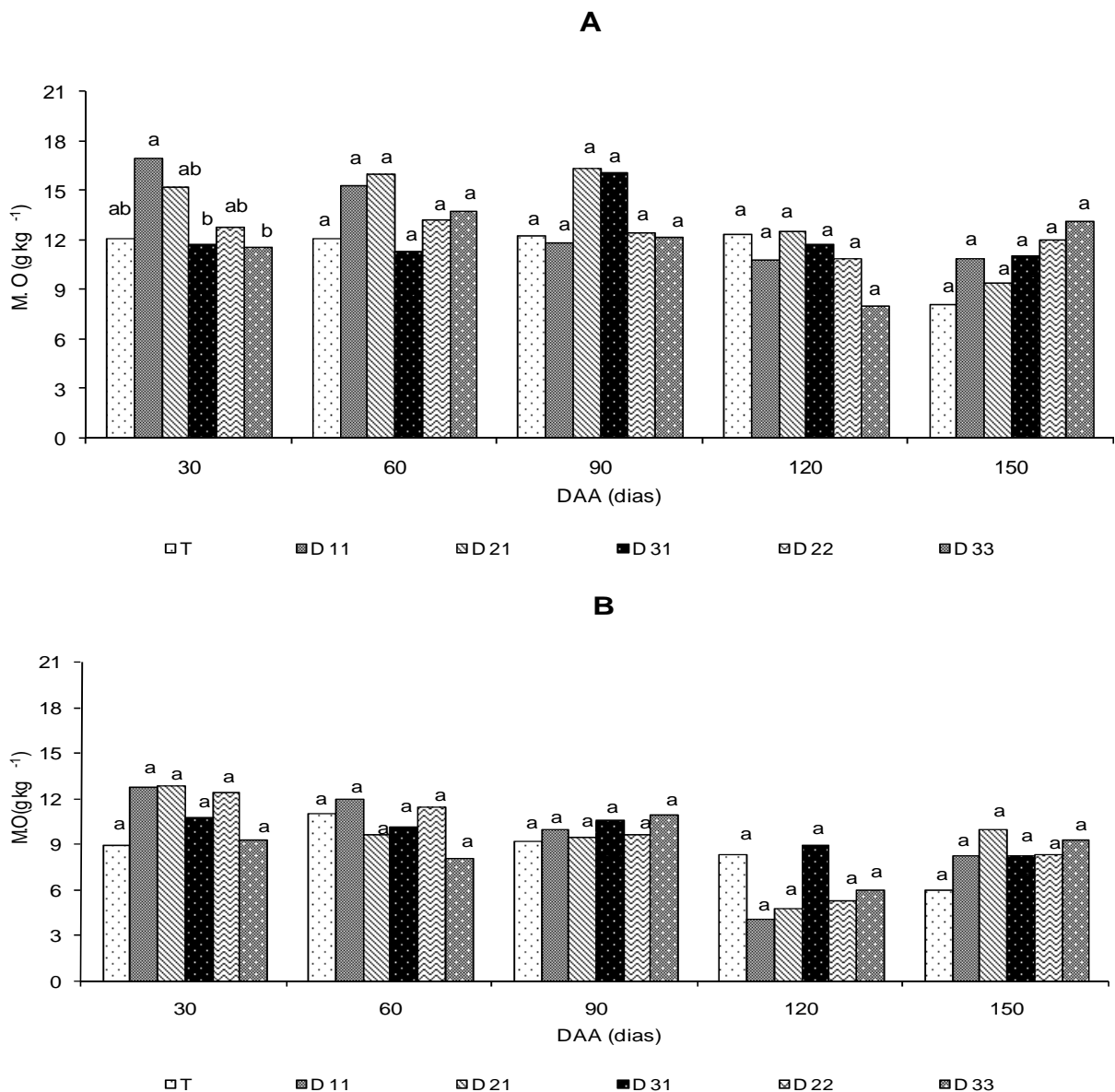


Figura 26 – Valores de matéria orgânica no solo, nas profundidades de 0 – 0,20 (A) e 0,20 – 0,40 m (B), em função das doses de água residuária aplicadas (T, D 11, D 21, D 31, D 22 e D 33) para as diferentes épocas de avaliação (30, 60, 90, 120 e 150 dias após aplicação – DAA).

Na Figura 27, é possível avaliar o comportamento da matéria orgânica no solo em função das profundidades (0 – 0,20 e 0,20 e 0,40 m) para cada dose de ARC e para cada época de avaliação. É possível perceber que não há diferença significativa entre as profundidades para testemunha (T), D11, D21 e D31 aos 150 DAA. Segundo Prezotti et al. (2007), teores menores que 15 g kg^{-1} são considerados baixos, tal fato nos leva a concluir que a água residuária não favorece ao aumento do teor de matéria orgânica do solo.

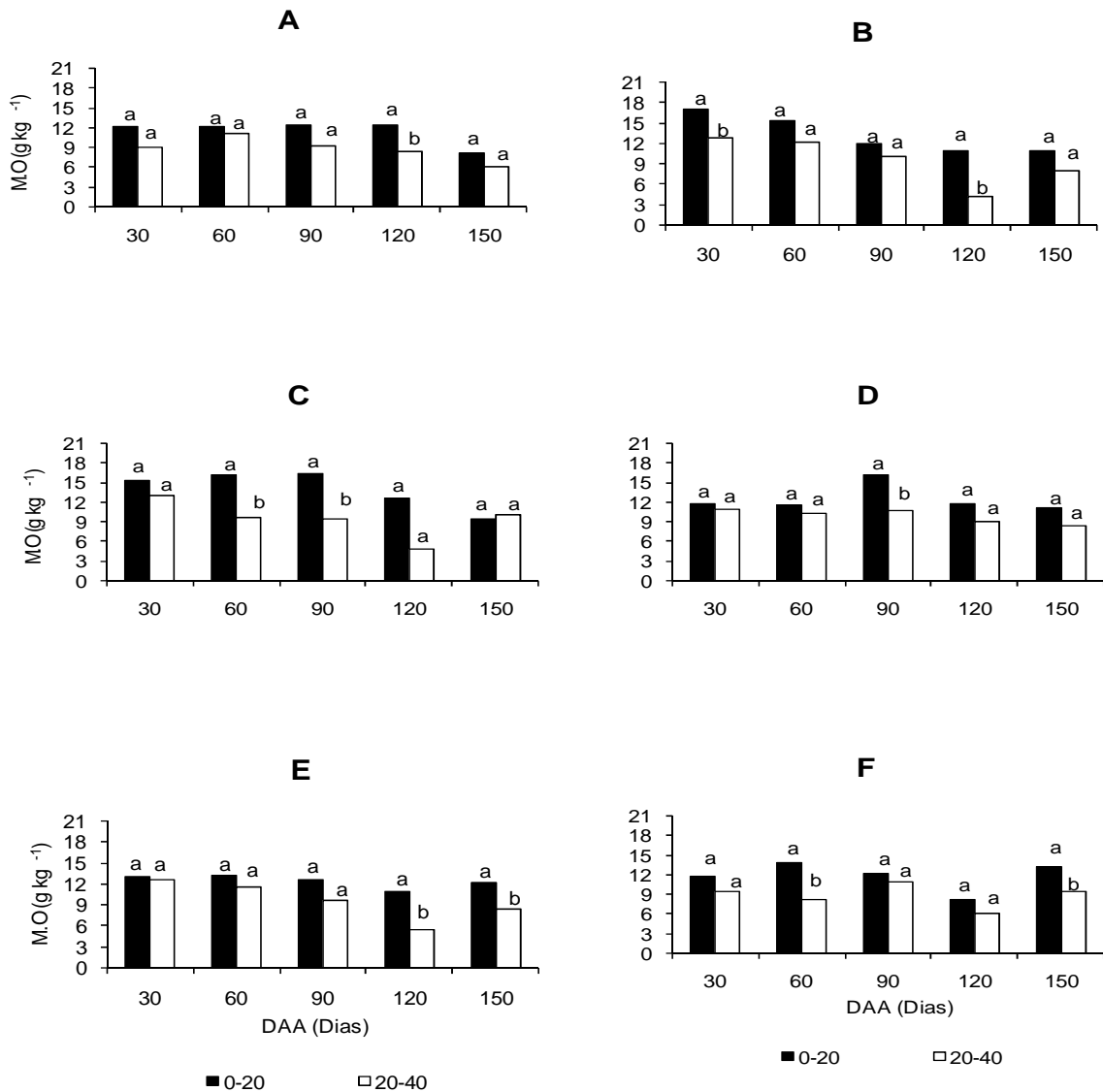


Figura 27 – Valores de matéria orgânica no solo em função das profundidades (0 – 0,20 e 0,20 – 0,40 m) para cada época de avaliação e doses – T(A), 11(B), 21(C), 31(D), 22(E) e 33 (F).

O teor de sódio no solo em função das doses de ARC para cada profundidade e para época de avaliação é apresentado na Figura 28. Aos 150 dos dias após aplicação, observa-se que, tanto para a profundidade de 0-20 quanto 20-40 cm, não há diferença significativa entre testemunha (T), D11, D21, D31 e D33.

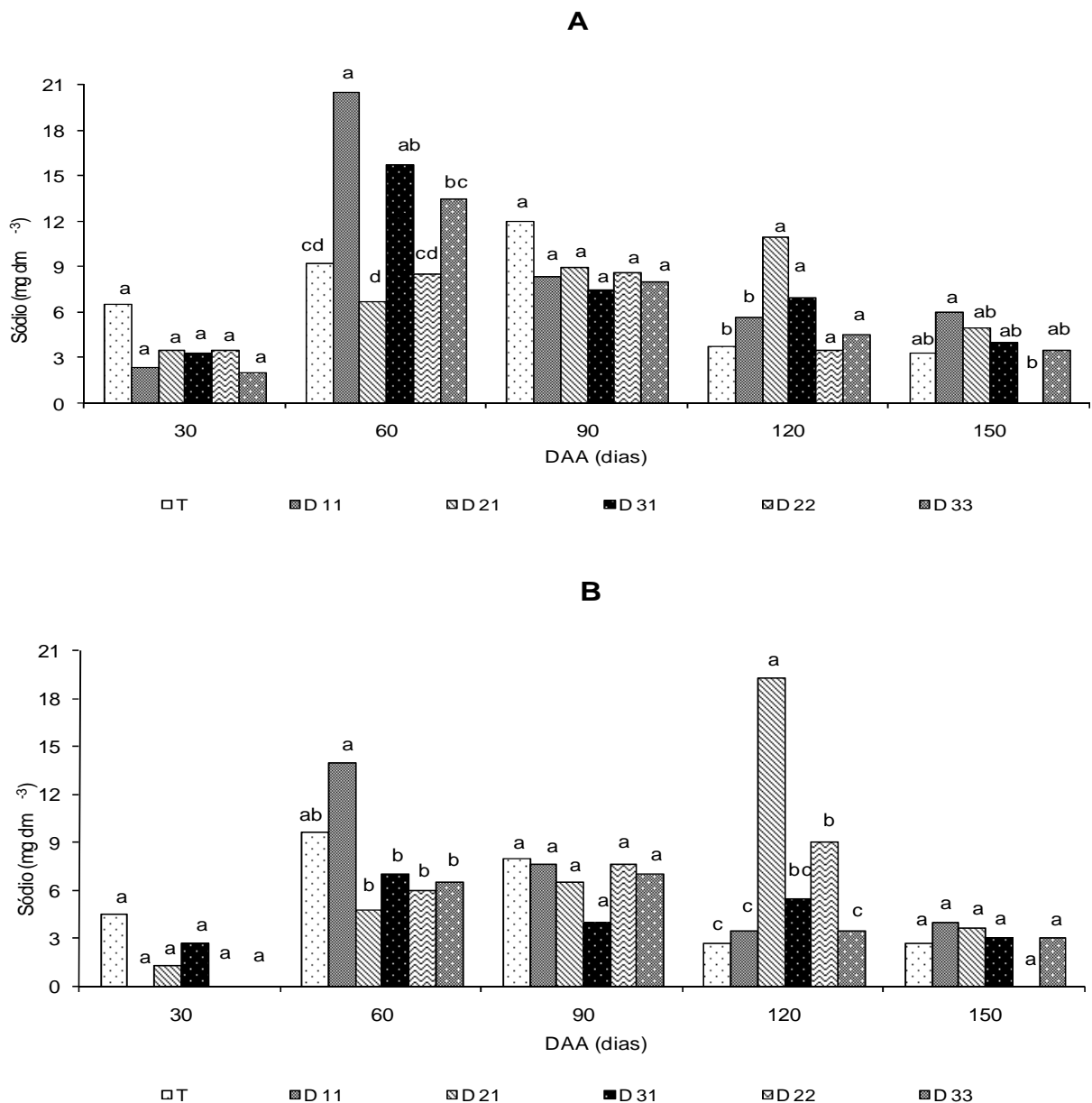


Figura 28 – Valores de matéria orgânica no solo, nas profundidades de 0 – 0,20 (A) e 0,20 – 0,40 m (B), em função das doses de água residuária aplicadas (T, D 11, D 21, D 31, D 22 e D 33) para as diferentes épocas de avaliação (30, 60, 90, 120 e 150 dias após aplicação – DAA).

Na Figura 29, é possível avaliar o comportamento do sódio no solo em função das profundidades (0 – 0,20 e 0,20 – 0,40 m), para cada dose de ARC e para cada época de avaliação. É possível perceber que não há diferença entre as profundidades para testemunha (T), D11, D31, D22 e D33, aos 150 DAA (Figura 29).

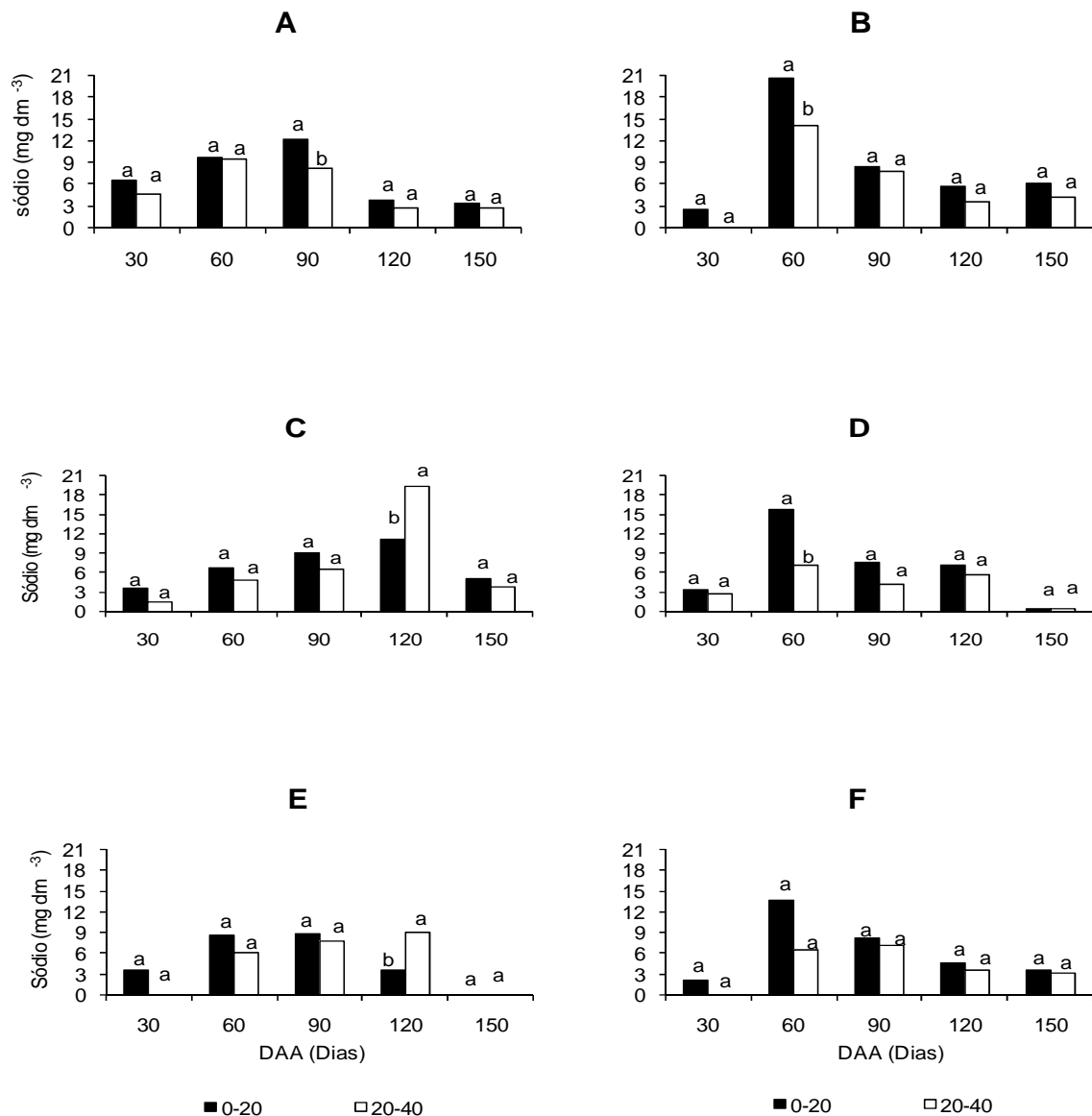
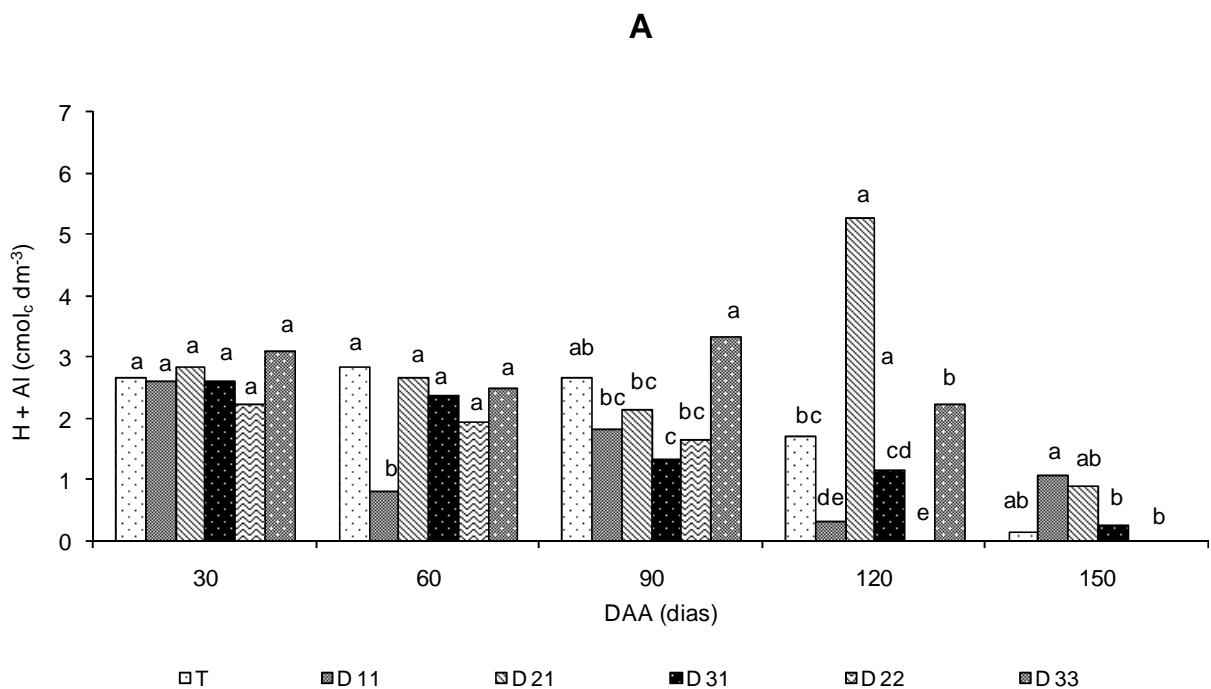


Figura 29 – Valores de sódio no solo em função das profundidades (0 – 0,20 e 0,20 – 0,40 m) para cada época de avaliação e doses – T(A), 11(B), 21(C), 31(D), 22(E) e 33 (F).

Santos (2004), estudando o efeito do teor de sódio ao aplicar efluentes de esgoto tratado no solo, evidenciou que apenas nas camadas de 0 – 0,10 e 0,20 – 0,40 m havia sódio no solo.

Embora devida importância deva ser dada à presença de sódio no efluente e ao conseqüente aporte desse elemento no solo, os riscos de alterações das estruturas dos solos, propriamente ditos, são atribuídos às fontes de água para irrigação (água ou efluente) de acordo com os valores de RAS (razão de adsorção de sódio) e CE (condutividade elétrica) que apresentam (AYERS & WESTCOT, 1985).

Os resultados da acidez potencial, nas profundidades 0 – 0,20 e 0,20 – 0,40 m, em função das doses de ARC para época de avaliação são apresentados na Figura 30. Observa-se que aos 90, 120 e 150 DAA a testemunha (T) e D33 não diferem entre si.



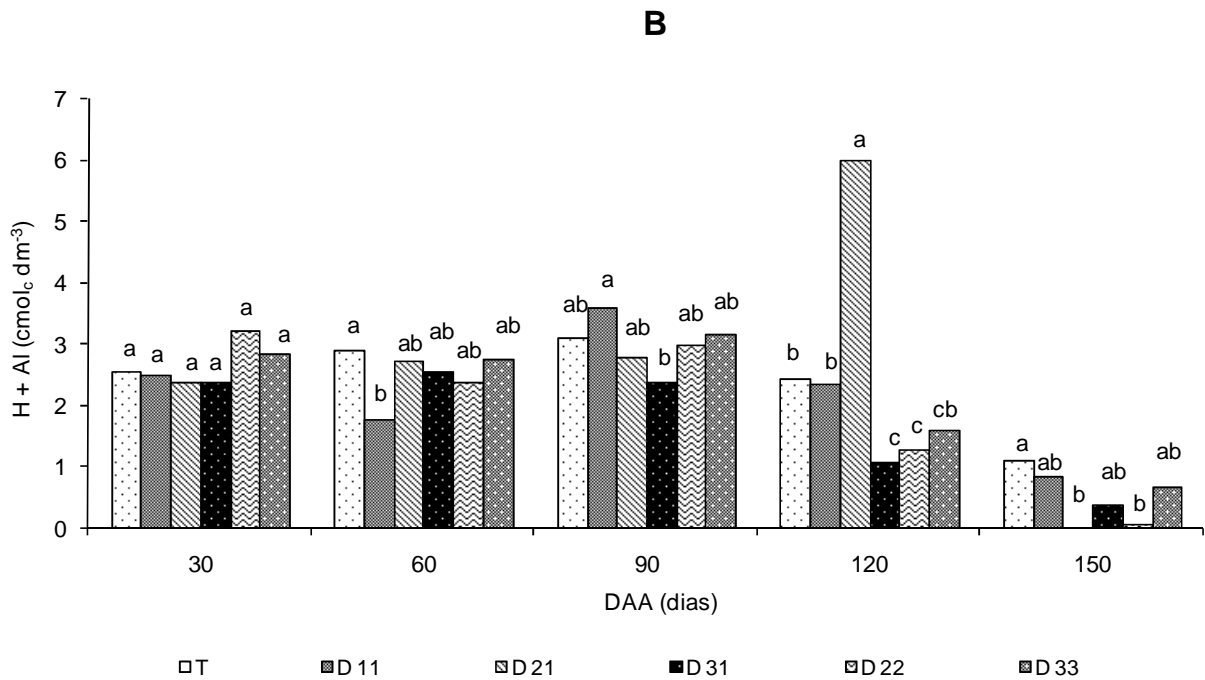


Figura 30 – Valores de acidez potencial (H+Al) no solo, nas profundidades de 0 – 0,20 (A) e 0,20 – 0,40 m (B), em função das doses de água residuária aplicadas (T, D 11, D 21, D 31, D 22 e D 33) para as diferentes épocas de avaliação (30, 60, 90, 120 e 150 dias após aplicação – DAA).

Avaliando o comportamento da acidez potencial no solo em função das profundidades (0 – 0,20 e 0,20 – 0,40 m) para cada dose de ARC e para cada época de avaliação, observa-se que não há diferença significativa dos valores de H + Al entre as profundidades, para D11, D21, D31, D22 e D33 (Figura 31).

Queiroz et al. (2004), trabalhando a fertirrigação com água residuária da suinocultura, encontraram valores médios de acidez potencial na camada superficial do solo.

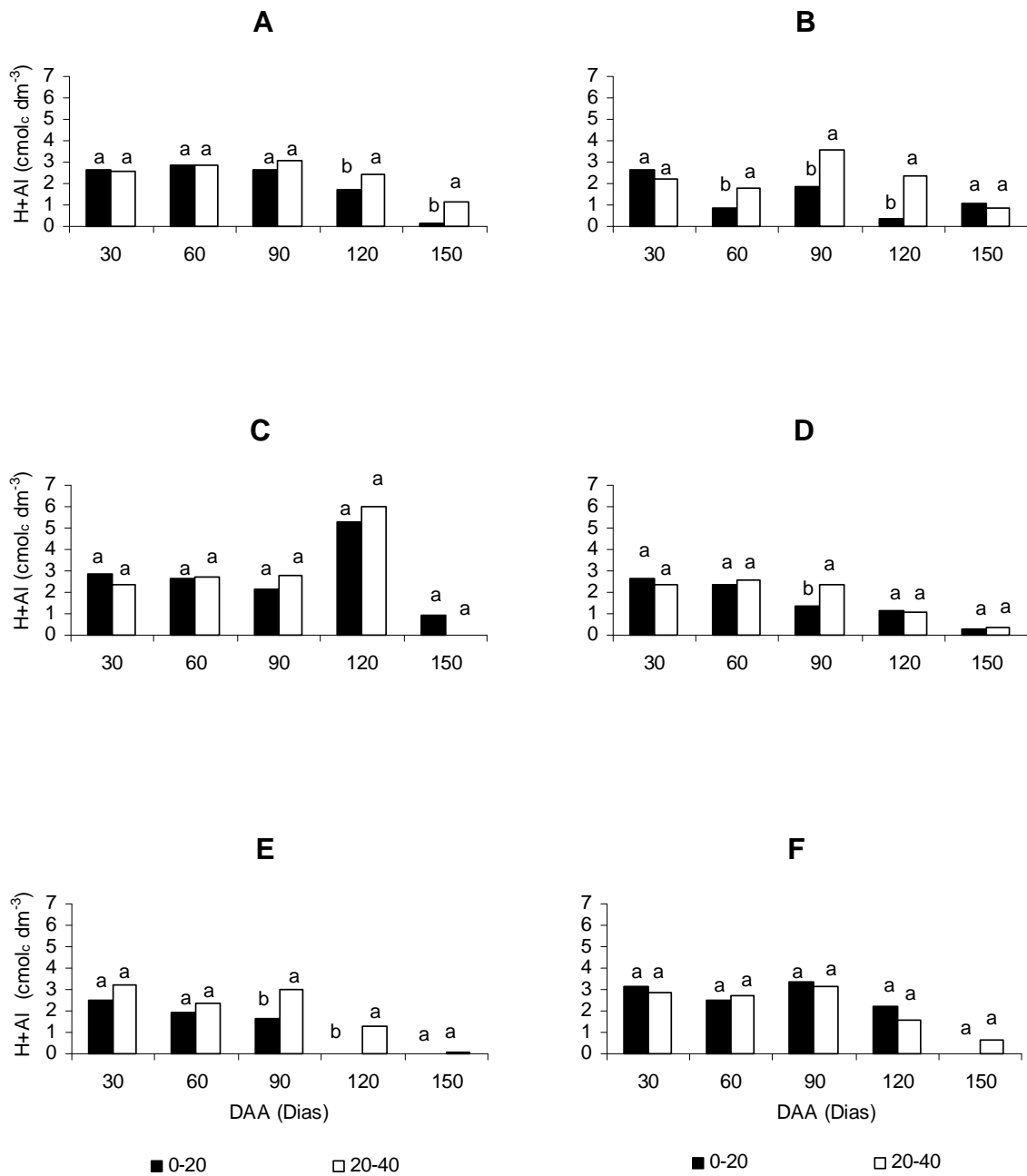


Figura 31 – Valores de acidez potencial (H+Al) no solo em função das profundidades (0 – 0,20 e 0,20 – 0,40 m) para cada época de avaliação e doses – T(A), 11(B), 21(C), 31(D), 22(E) e 33 (F).

Na Figura 32, são apresentados os valores de soma de bases (SB), nas profundidades de 0 – 0,20 e 0,20 – 0,40 m, em função da ARC aplicada para épocas de avaliação. É possível observar que, aos 150 DAA, testemunha (T) apresenta a

menor soma de bases na profundidade de 0 – 0,20 m, mas estatisticamente semelhante a D31 e D33.

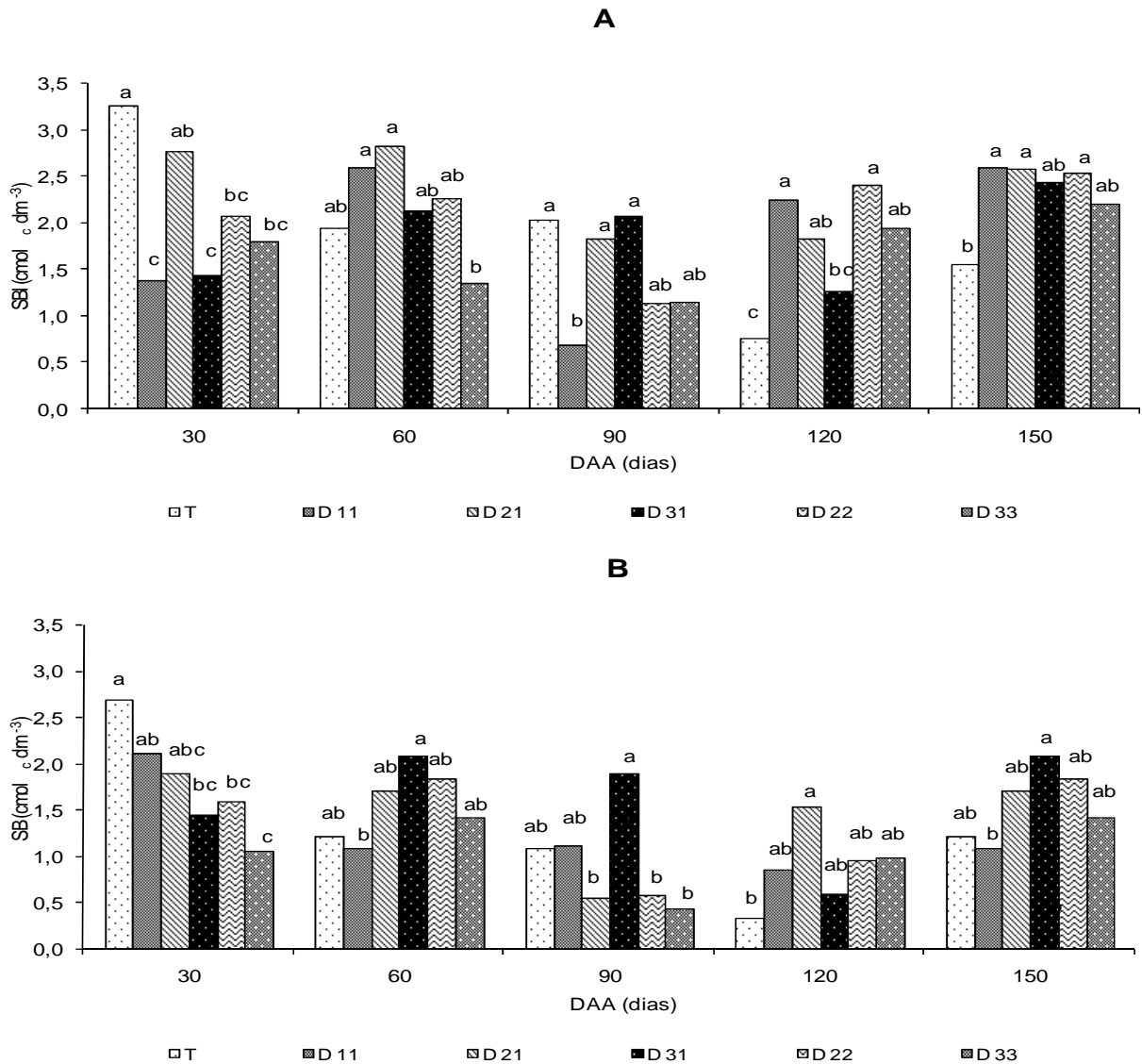


Figura 32 – Valores de soma de bases (SB) no solo, nas profundidades de 0 – 0,20 (A) e 0,20 – 0,40 m (B), em função das doses de água residuária aplicadas (T, D 11, D 21, D 31, D 22 e D 33) para as diferentes épocas de avaliação (30, 60, 90, 120 e 150 dias após aplicação – DAA).

A soma de bases representa a soma dos teores de cálcio, magnésio, potássio e sódio no complexo de troca de cátions no solo.

Na Figura 33, é possível avaliar o comportamento da soma de bases no solo em função das profundidades (0 – 0,20 e 0,20 – 0,40 m), para cada dose de ARC e para cada época de avaliação. Aos 150 dias após aplicação não há diferença entre as profundidades para testemunha (T), D31 e D22.

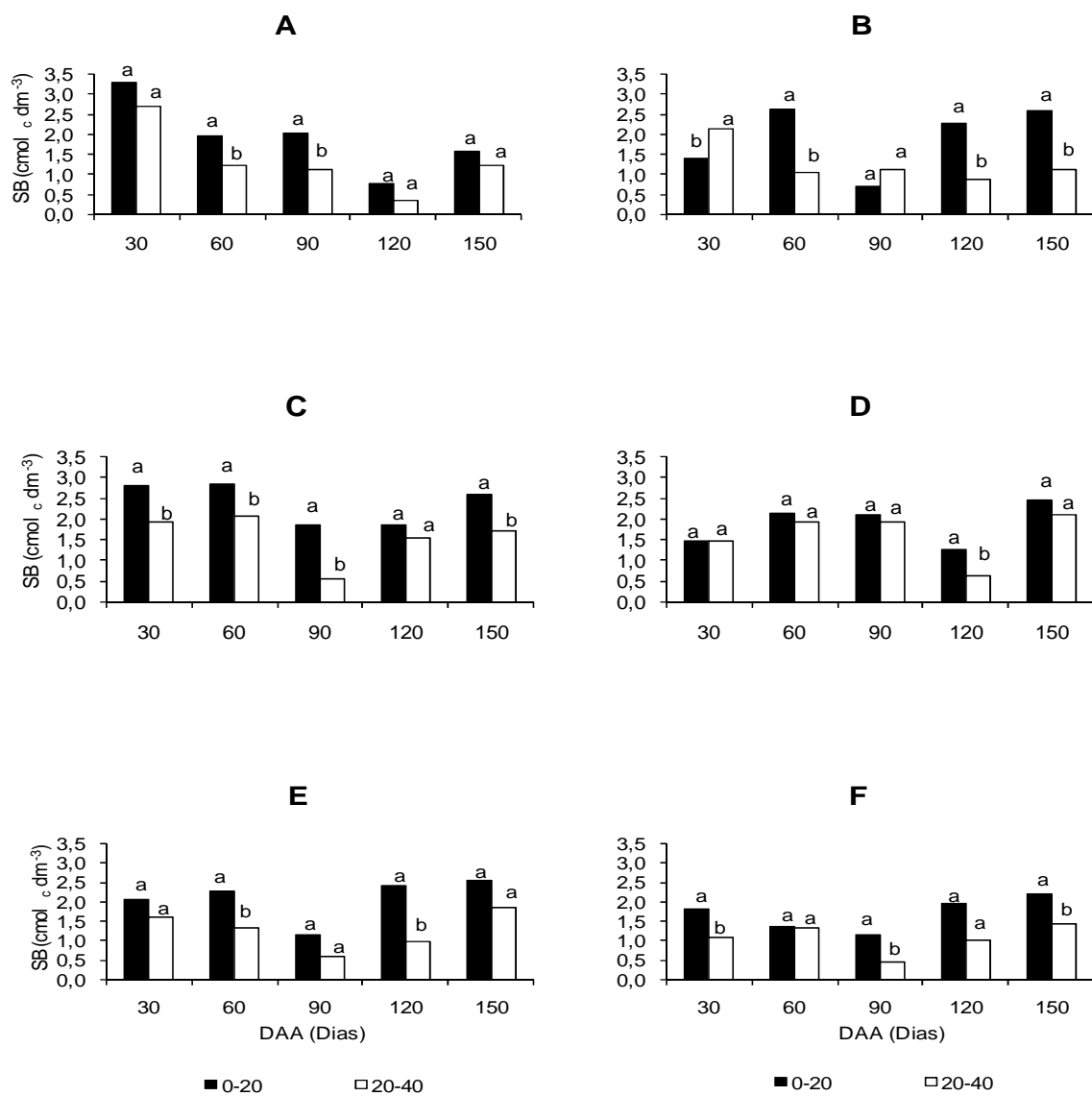


Figura 33 – Valores da soma de bases (SB) no solo em função das profundidades (0 – 0,20 e 0,20 – 0,40 m) para cada época de avaliação e doses – T(A), 11(B), 21(C), 31(D), 22(E) e 33 (F).

Lo Mênaco (2005), estudando o efeito da aplicação de ARC em solo cultivado com cafeeiro, encontrou maior soma de bases no tratamento correspondente a maior dose, como ocorreu durante o desenvolvimento deste trabalho.

4.4. AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO COM PLANTAS DE CAFEIEIRO NA FASE DE DESENVOLVIMENTO INICIAL

A análise de variância dos parâmetros químicos das folhas do cafeeiro: fósforo, potássio, cálcio, magnésio, ferro, cobre, zinco, manganês, boro e nitrogênio, estão representados no apêndice 6A.

O teor de Nitrogênio nas folhas do café conilon está representado nas Figuras 34 e 35. É possível observar, na Figura 34, que somente aos 30 e 60 DAA há diferença significativa entre as doses, quanto aos teores de nitrogênio encontrado nas folhas.

Segundo o Manual de Recomendação de Calagem e Adubação (Prezotti et al., 2007), o teor de nitrogênio considerado adequado para o café conilon é $2,7 \text{ dag kg}^{-1}$, e os valores encontrados aos 150 dias após aplicação, apesar de não diferirem entre si, estão entre $3,22 \text{ dag kg}^{-1}$ (D21) a $2,66 \text{ dag kg}^{-1}$ (D33).

A Figura 35 mostra que o teor de nitrogênio nas folhas não sofre alteração com o tempo, independentemente da dose de ARC aplicada.

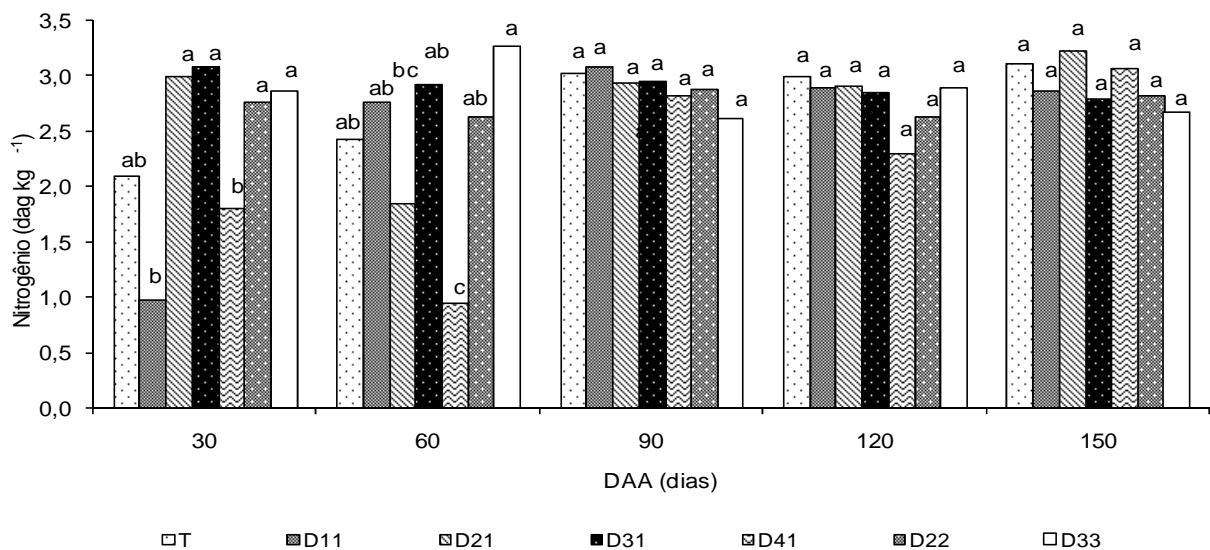


Figura 34 – Teores de nitrogênio (dag kg^{-1}) nas folhas do cafeeiro em função das doses de ARC (T, D11, D21, D31, D41, D22 e D33) para cada época de avaliação.

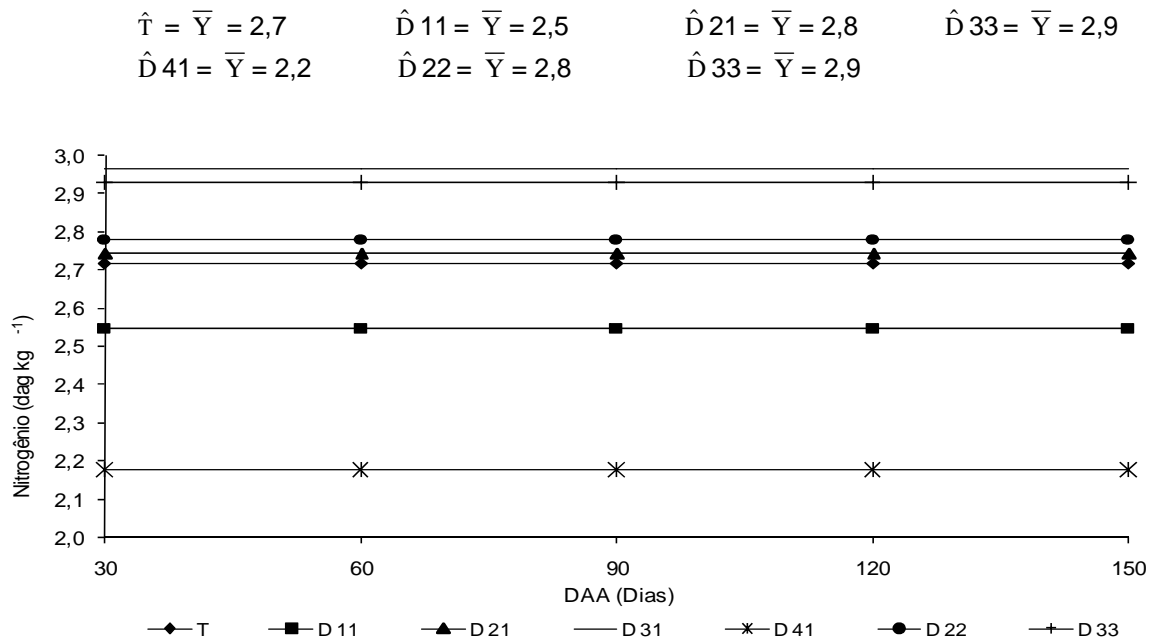


Figura 35 – Teores de nitrogênio (dag kg^{-1}) nas folhas do cafeeiro em função do número de dias após a aplicação (DAA) para cada dose de ARC (T, D11, D21, D31, D41, D22 e D33).

Os teores de cálcio nas folhas de café conilon estão representados na Figura 36, observa-se que há diferença entre as doses ao longo do período de avaliação.

Os teores de cálcio encontrados nas folhas estão até duas vezes mais elevados que os teores considerados ótimos, tal fato é explicado pois antes do plantio o pH do solo estava abaixo do considerado ideal para o plantio de café, sendo então realizado uma calagem com intuito de minimizar os impactos que tal situação acarretaria para as plantas. Segundo Matos et al. (2003), apesar da água residuária da despulpa conter muitos nutrientes, recomenda-se fazer uma adubação química indicada para a cultura retirando-se apenas as doses de potássio.

Considerando que não foi possível o ajuste de modelos de regressão para os teores de cálcio, magnésio, manganês e boro nas folhas do cafeeiro conilon em função dos dias após aplicação (30, 60, 90, 120 e 150 DAA), para cada dose de água residuária de café aplicada (T, D11, D21, D31, D22 e D33), assim como ocorreu com o teor de nitrogênio nas folhas (Figura 35), não são apresentados os gráficos para esses atributos da análise foliar.

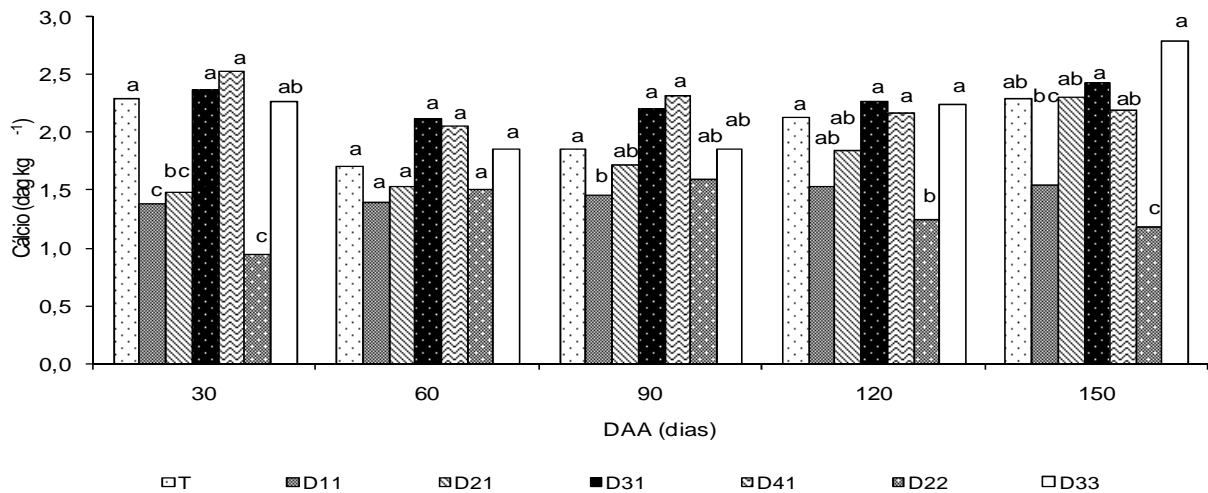


Figura 36 – Teores de cálcio (dag kg^{-1}) nas folhas do cafeeiro em função das doses de ARC (T, D11, D21, D31, D41, D22 e D33) para cada época de avaliação.

É possível observar, na Figura 37, que há diferença significativa entre as doses de ARC para o teor de magnésio nas folhas aos 30, 60, 90, 120 e 150 dias após aplicação. A D41 e testemunha (T), em todas as épocas, não diferem entre si.

O magnésio é o quarto macronutriente mais acumulado pelo café conilon, com percentual de 6% do total de macronutrientes distribuídos entre os diversos órgãos da planta.

É válido ressaltar que a alta concentração de K induz a deficiência de Mg e Ca (SILVA et al., 2005).

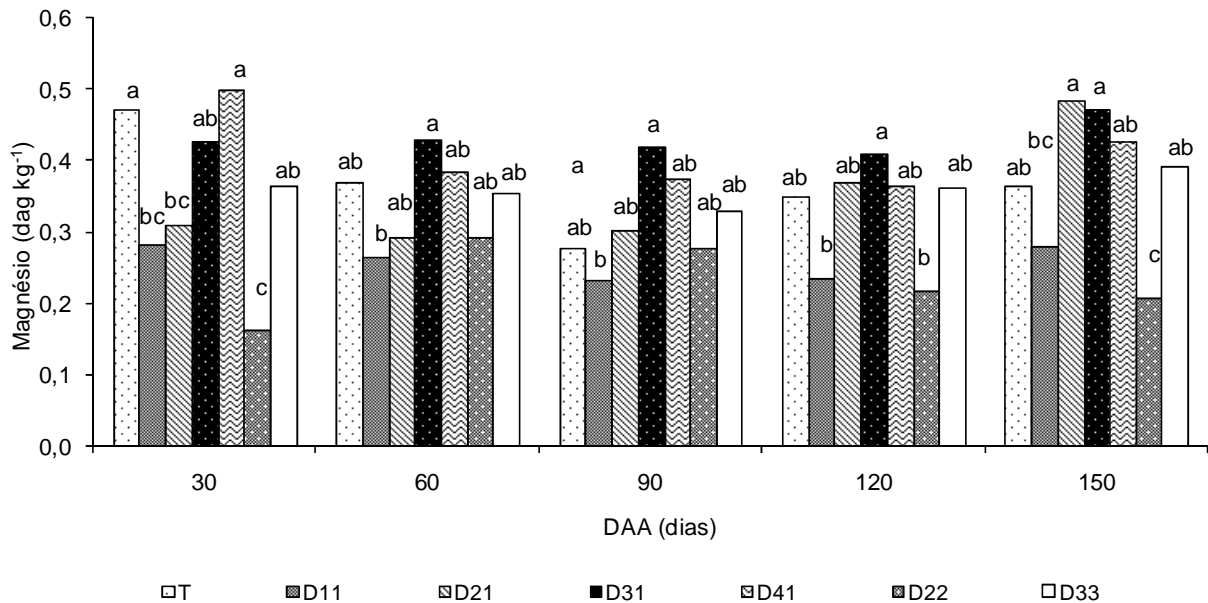


Figura 37 – Teores de magnésio (dag kg^{-1}) nas folhas do cafeeiro em função das doses de ARC (T, D11, D21, D31, D41, D22 e D33) para cada época de avaliação.

A Figura 38 apresenta os valores médios de manganês nas folhas em função das doses de ARC, para cada época de avaliação. Ao longo do tempo é possível observar que há diferença entre as doses aplicadas, e que aos 150 dias a D41 apresenta-se estatisticamente semelhante à testemunha (T) e D22 apresenta o pior desempenho em relação as demais doses aplicadas.

Segundo Malavolta (1993) e Mills & Jones Junior (1996), o teor máximo de manganês encontrado está acima do nível crítico considerado por esses autores, e o teor mais baixo encontra-se abaixo do nível crítico considerado.

Os níveis críticos de manganês variam entre as espécies e solos. O manganês, após o ferro, é o mais exigido, porém o elevado acúmulo pode não refletir as exigências fisiológicas.

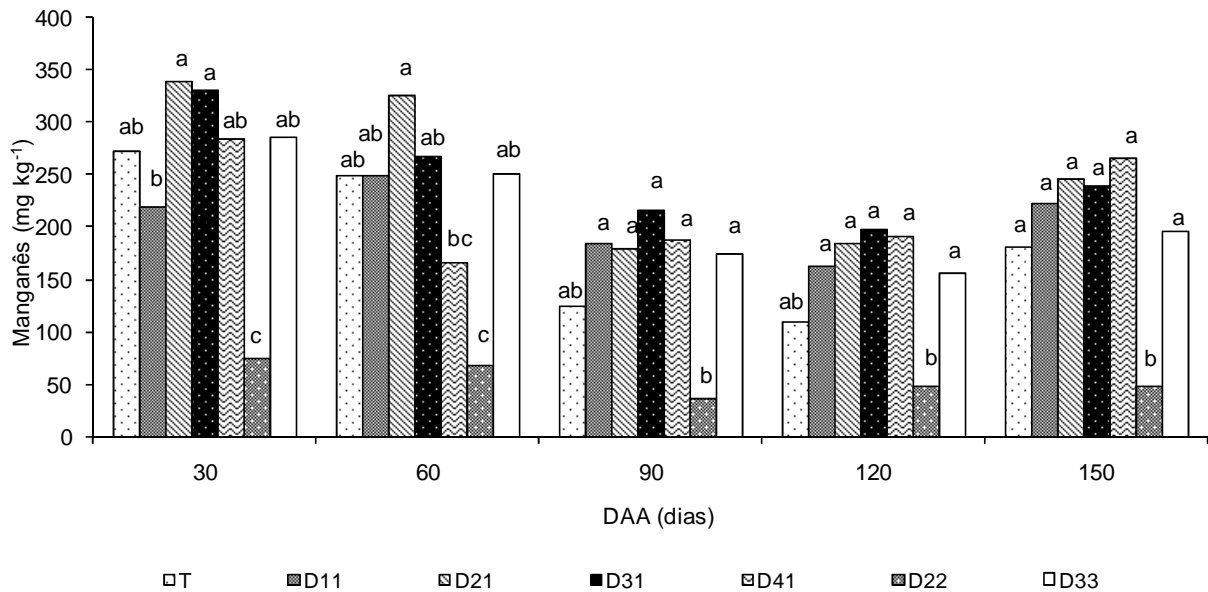


Figura 38 – Teores de manganês (mg kg^{-1}) nas folhas do cafeeiro em função das doses de ARC (T, D11, D21, D31, D41, D22 e D33) para cada época de avaliação.

A Figura 39 apresenta os valores médios de boro nas folhas em função das doses de ARC aplicadas para cada época de avaliação.

Observa-se que há diferença significativa entre as doses aplicadas ao longo do período de avaliação, contudo a testemunha (T) e D41 não diferem estatisticamente entre si aos 150 dias após aplicação, e o teor de B nas folhas está acima da faixa crítica considerada (Prezotti et al., 2007).

Power & Woods (1977), estudando os efeitos do boro no solo e nas plantas, concluíram que a absorção de potássio aumenta com o boro e muitos casos de deficiência aparente de potássio podem ser de fato, deficiência de boro. Outro papel importante do boro é o transporte de fósforo através das membranas e, assim, como ocorre com o potássio, muitos casos de deficiência de fósforo podem ser, na verdade, o reflexo da deficiência de boro.

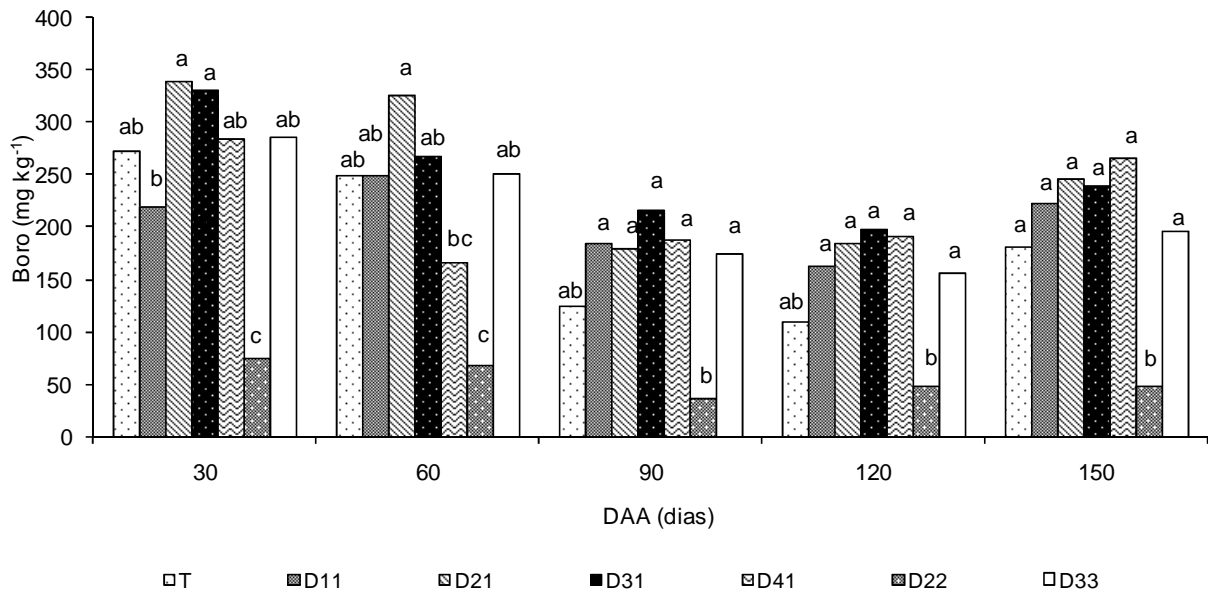


Figura 39 – Teores de boro (mg kg^{-1}) nas folhas do cafeeiro em função das doses de ARC (T, D11, D21, D31, D41, D22 e D33) para cada época de avaliação.

4.5. AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL DO CAFEIEIRO COM PLANTAS NA FASE DE PRODUÇÃO

A análise de variância dos parâmetros químicos das folhas do cafeeiro: fósforo, potássio, cálcio, magnésio, ferro, cobre, zinco, manganês e boro, estão representados no apêndice 7A.

A avaliação do teor de nitrogênio nas folhas do cafeeiro está representada nas Figuras 40 e 41. É possível observar, na Figura 40, que aos 150 dias após aplicação, T, D21, D31, D22 e D33 não diferem estatisticamente. O teor de nitrogênio considerado adequado para o café conilon é de $2,7 \text{ dag kg}^{-1}$ (PREZOTTI et al., 2007).

A Figura 41 mostra que o teor de nitrogênio nas folhas não sofre alteração com o tempo, independentemente das doses de ARC aplicadas.

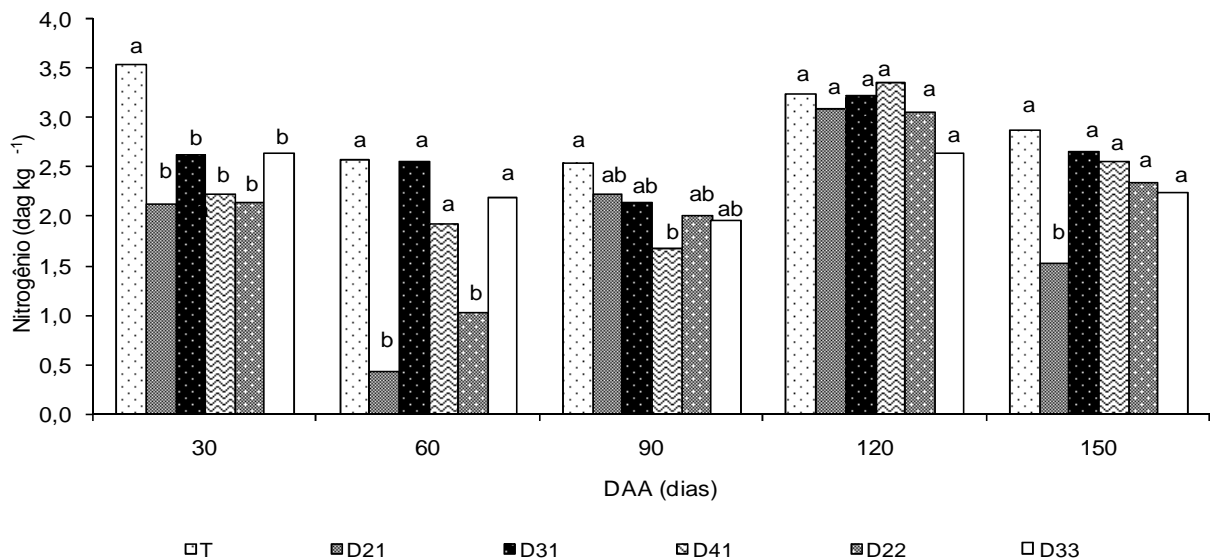


Figura 40 – Teores de nitrogênio (dag kg^{-1}) nas folhas do cafeeiro em função das doses de ARC (T, D11, D21, D31, D41, D22 e D33) para cada época de avaliação (30, 60, 90, 120 e 150).

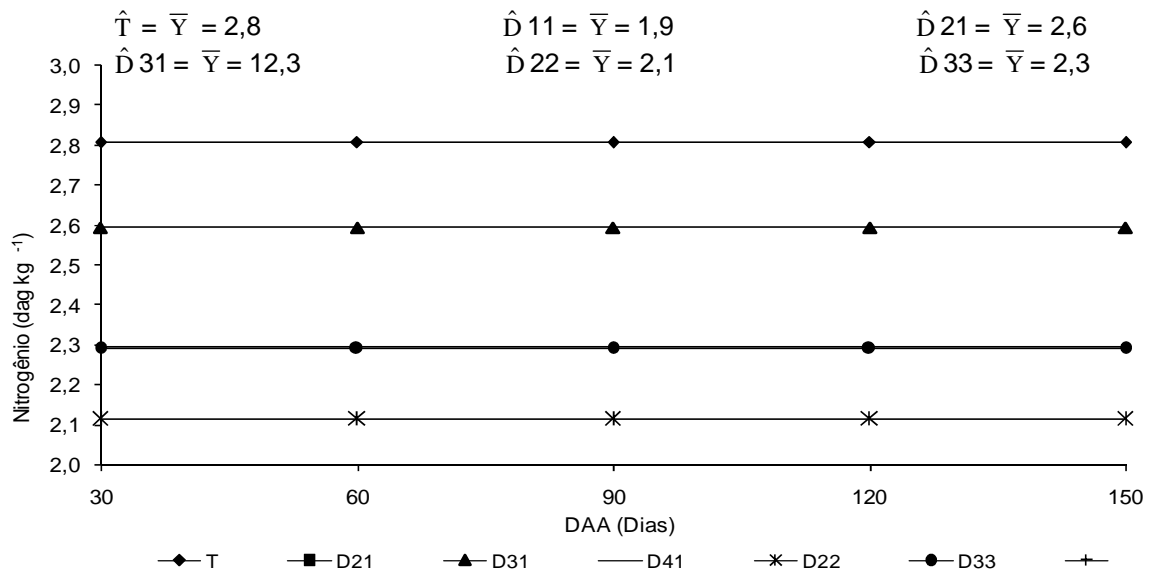


Figura 41 – Teores de nitrogênio (dag kg⁻¹) nas folhas do cafeeiro em função do número de dias após a aplicação (DAA) para cada dose de ARC (T, D11, D21, D31, D41, D22 e D33).

Pela Figura 42 é possível observar que o teor de fósforo nas folhas de café, a partir dos 90 dias, não tem diferença significativa entre as doses, contudo os valores encontrados são considerados adequados, estando acima do nível crítico, segundo alguns autores (REUTER & ROBINSON, 1988; JONES JUNIOR et al., 1991; MILLS & JONES JUNIOR, 1996; BERGMAN, 1992; MALAVOLTA et al., 1993; MALAVOLTA et al., 1997; CFSEMG, 1999).

Considerando que não foi possível o ajuste de modelos de regressão para os teores de cálcio, magnésio, manganês e boro nas folhas do cafeeiro conilon em função da época de avaliação (30, 60, 90, 120 e 150 DAA) e para cada dose de água residuária de café aplicada (T, D11, D21, D31, D22 e D33), assim como ocorreu com o teor de nitrogênio nas folhas (Figura 41), não são apresentados os gráficos para esses atributos da análise foliar.

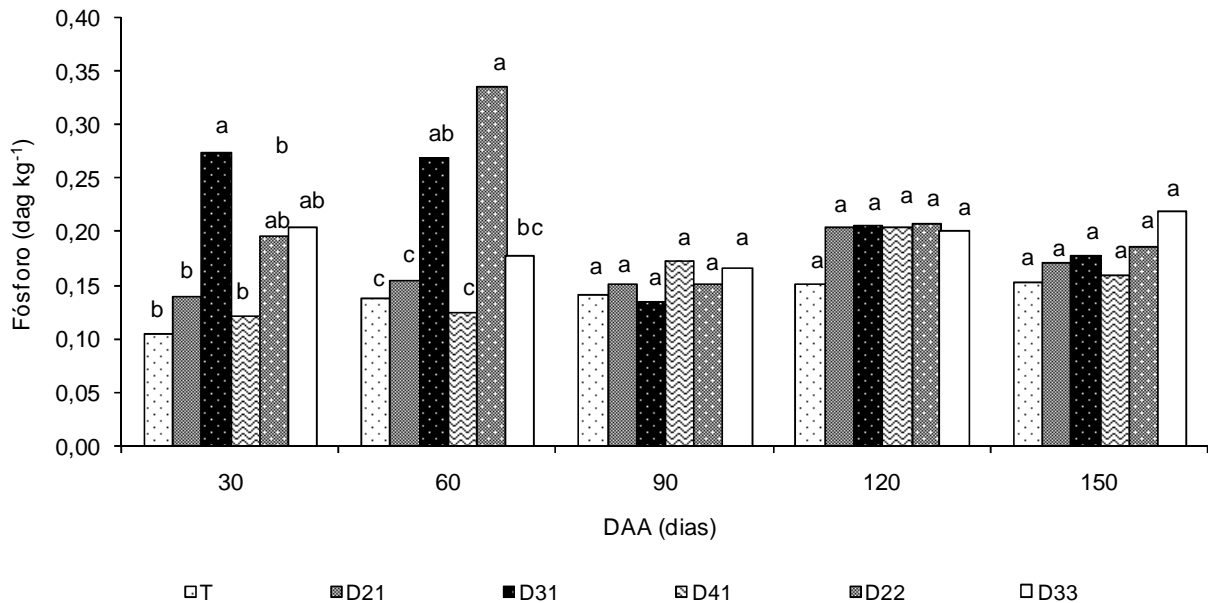


Figura 42 – Teores de fósforo (dag kg^{-1}) nas folhas do cafeeiro em função das doses de ARC (T, D11, D21, D31, D41, D22 e D33) para cada época de avaliação (30, 60, 90, 120 e 150).

No que se refere ao teor de cálcio nas folhas, é possível observar, pela Figura 43, que há diferença significativa apenas aos 60 dias, em nível de 5% de significância pelo teste de Tukey, entre as diferentes doses de ARC aplicadas no solo. Contudo os valores médios encontrados, aos 150 dias, estão abaixo dos teores foliares considerados adequados para o café conilon, segundo Prezotti et al., 2007.

Baldatto et al. (2000) e Theodoro et al. (2003), avaliando o estado nutricional do café em Minas Gerais e Espírito Santo, respectivamente, concluíram que o cálcio é um dos elementos considerados limitante para a produção de café.

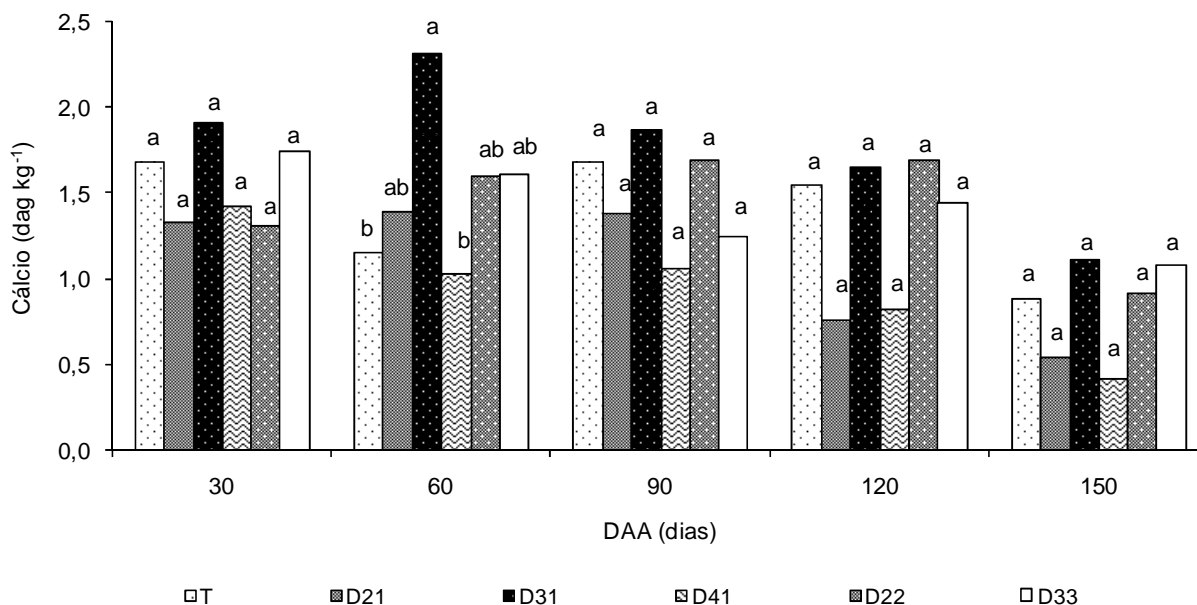


Figura 43 – Teores de cálcio (dag kg⁻¹) nas folhas do cafeeiro em função das doses de ARC (T, D11, D21, D31, D41, D22 e D33) para cada época de avaliação (30, 60, 90, 120 e 150).

Os teores de magnésio nas folhas de café encontram-se na Figura 44. Observa-se que aos 150 dias a testemunha (T), D11 e D31 apresentam a menor concentração de magnésio nas folhas, porém elas são estatisticamente semelhantes, e as mesmas se apresentam inferiores estatisticamente em relação a D21, D22 e D33. A faixa de suficiência do magnésio é de 0,35 – 0,40 dag kg⁻¹, segundo Costa & Bragança (2000).

Segundo Matiello et al., (2002), a quantidade de nutrientes exigida nas fases de florada é pequena, o que deve ter contribuído para que o teor do elemento tenha estado acima do exigido para a cultura na D33, e para a testemunha (T) e D31 abaixo do exigido e não tenham causado danos à cultura.

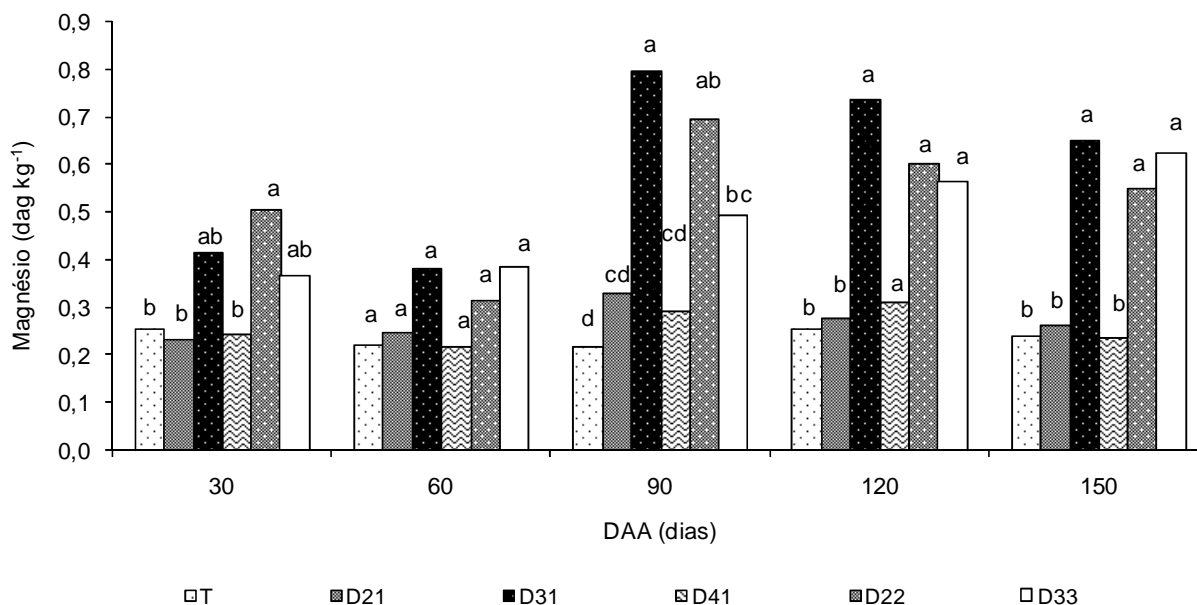


Figura 44 – Teores de magnésio (dag kg^{-1}) nas folhas do cafeeiro em função das doses de ARC (T, D11, D21, D31, D41, D22 e D33) para cada época de avaliação (30, 60, 90, 120 e 150).

Estudando o efeito do teor de boro nas folhas de café, para as diferentes doses de ARC, é possível observar, na Figura 45, que aos 150 dias a testemunha (T) não difere estatisticamente da D11, D21, D31, D22 e D33.

Segundo Prezotti et al. (2007), teores de 69 mg kg^{-1} de boro são considerados adequados para cafeeiro conilon. No entanto, aos 150 dias os valores encontrados estão abaixo do recomendado. Tal fato é justificado, pois o boro exerce no cafeeiro importante papel na formação do tubo polínico no período de formação da flor (YAMADA, 2000) que ocorreu em meados de outubro, aos 90 dias aproximadamente.

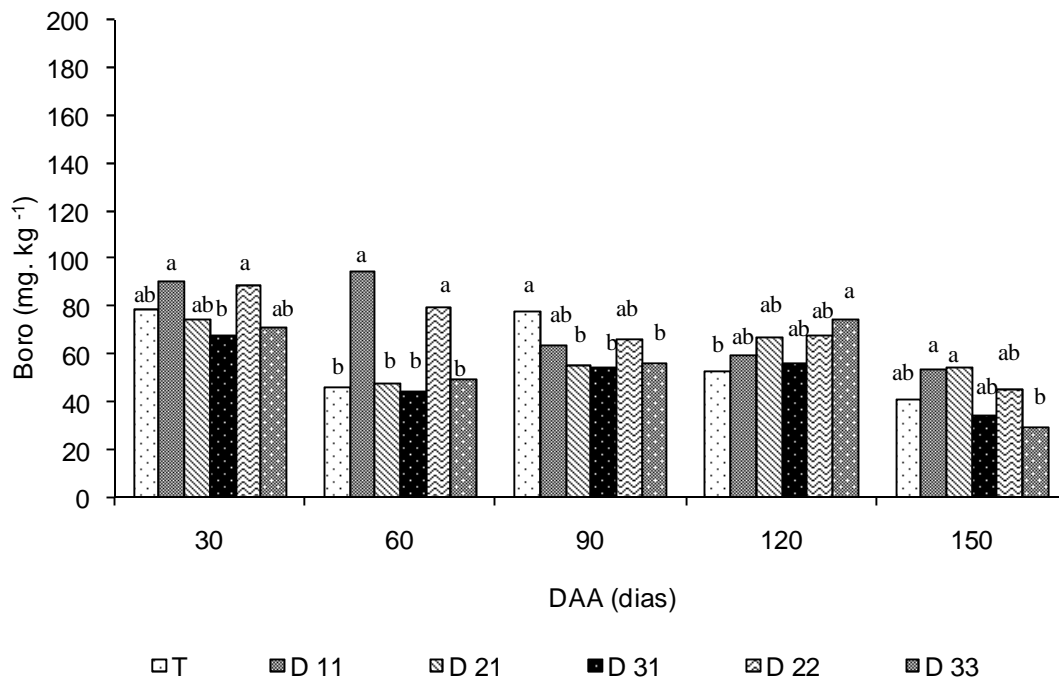


Figura 45 – Teores de boro (dag kg^{-1}) nas folhas do cafeeiro em função das doses de ARC (T, D11, D21, D31, D41, D22 e D33) para cada época de avaliação (30, 60, 90, 120 e 150).

5. CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos neste trabalho é possível concluir que:

- a água residuária do café pode ser utilizada na fertirrigação, como destino final, desde que seja aplicada em doses segundo a capacidade de armazenamento de água no solo, como proposto neste trabalho;
- não há influência das épocas de avaliação sobre os atributos químicos do solo, em ambas as profundidades, bem como sobre o estado nutricional do cafeeiro tanto na fase de desenvolvimento inicial quanto em fase de produção;
- as plantas de cafeeiro, em fase de desenvolvimento inicial, independentemente da dose de água residuária aplicada, apresentam incremento de altura, diâmetro, área foliar e massa seca total, com o decorrer do tempo;
- as plantas em fase de produção e desenvolvimento inicial não apresentam ajustes satisfatórios para os atributos químicos do solo e das folhas;
- há respostas diferenciadas da aplicação das doses de água residuária, em cada época de avaliação, sobre os parâmetros de crescimento da planta do cafeeiro, atributos químicos do solo e teores de macro e micronutrientes nas folhas;
- ao comparar a testemunha, plantas que foram adubadas segundo recomendação, em relação as demais doses aplicadas, observa-se que não há diferença significativa entre elas;
- na avaliação dos atributos químicos do solo nas plantas em fase de produção, não há diferença entre as profundidades, o que nos leva a concluir que não há percolação das doses de ARC aplicadas no solo.

6. REFERENCIAS

1. ALMEIDA, C. D. G. C. de; SILVA, I. J. O. Uso de águas residuárias do beneficiamento do café. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 15, 2005, Teresina. Anais eletrônicos... Disponível em: <www.nupea.esalq.usp.br/ArtigoCeres.pdf>. Acesso em: 6 fev. 2007.
2. APHA, AWWA, WEF. **Standard methods for examination of water and wastewater**. 19. ed. Washington, Dc:APHA, 1995.
3. AUGUSTO, D. C. C.; GUERRINI, I. A.; ENGEL, V. L.; ROUSSEAU, G. X. Utilização de esgotos domésticos tratados através de um sistema biológico na produção de mudas de *Croton floribundus* Spreng. (Capixingui) E *Copaifera langsdorffii* Desf. (Copaíba). **Revista Árvore**, Viçosa, v.8, n.27, p.112-123, 2003.
4. AYERS, R. S.; WESTCOT, D. S. **Water quality for agriculture**. Rome: FAO, 1985. 174p. (Irrigation and Drainage Paper, 29).
5. AZEVEDO, L. P.; OLIVEIRA, E. L. Efeitos da aplicação de efluentes de tratamento de esgoto na fertilidade do solo e na produtividade de pepino sob irrigação subsuperficial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, v.25; n.1, p.253-263, 2005.
6. BALDATTO, M. A.; BRAUN, L. V.; PARTELLI, F. L.; AMARAL, J. A. T.; CATEN, A.; AMARAL, F. T. Avaliação do estado nutricional do cafeeiro conilon (*coffea canephora* Pierre) pelo método DRIS em Alegre – ES. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIEIRAS, 26, 2000, Marília. Anais...Marília: PROCAFÉ, 2000, p. 226-227.
7. BARACHO JUNIOR, J. A. O. O. Licenciamento e controle ambiental da atividade da suinocultura. In: SEMINÁRIO MINEIRO SOBRE MANEJO E UTILIZAÇÃO DE DEJETOS DE SUÍNOS, 1, 1995, Ponte Nova. **Anais...** Ponte Nova: EPAMIG/EMATER/UFV/ASSUVAP, 1995, p.1-7.
8. BENICASA, M. M. P. **Análise de Crescimento de Plantas (Noções Básicas)**. São Paulo, FCAV-UNESP, 1998.

9. BERGMANN, W. **Nutritinal disorders of plants**. New York: G. Fischer, 1992. 714p.
10. BERWANGER, A. L. **Alterações e transferências de fósforo do solo para o meio aquático com uso de dejetos líquidos de suínos**. 2006. 111f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – Programa de Pós Graduação em Ciências do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.
11. BEZERRA, L. J. D. ; LIMA, V. L. A.; ANDRADE, A. A. S.; ALVES, V. W.; AZEVEDO, C. A. A.; CARDOSO, M. J.; FONTES, L. A. N.; LOPES, N. F. Partição de assimilados e produção de matéria seca de milho em dois sistemas de associação com feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ceres**, Viçosa, n. 3, v.34, p.71-89, 2005.
12. BOAVIDA, M. J. L.; **Problemas da qualidade da água: Eutrofização e poluição**. Disponível em: <www.ordembilogos/Biologias/N1.html>. Acesso em: 20 fev. 2007.
13. BRAGANÇA, S. M.; LANI, J. A.; MUNER, L. H. **Café Conilon: adubação e calagem**. Vitória: INCAPER. 2001, 31p. Circular técnica 1.
14. BRANDÃO, V. S.; MATOS, A. T.; FONTES, M. P. F.; MARTINEZ, M. A. retenção de poluentes em filtros orgânicos operando com águas residuárias da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.2, p.329-334, 2003.
15. BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre Política Nacional de Meio Ambiente. Disponível em:< <http://www.mma.org.br>>. Acesso em 9 jan. 2007.
16. BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Dispõe sobre Política Nacional dos Recursos Hídricos. Disponível em: < www.mma.org.br>. Acesso em: 9 jan. 2007.
17. BRITO, F.L.; ROLIM, M.M. Comportamento do efluente e do solo fertirrigado com vinhaça. **Revista Agropecuária Técnica**, Areia, v.26, n.1, p.78-88, 2005.
18. CALHEIROS, R. DE O. Desenvolvimento de tecnologia de destino ecológico da água residuária da suinocultura. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE

- EDUCAÇÃO AMBIENTAL NA AGRICULTURA, 5, **Anais...** IAC, 2006. Campinas, SP. (CD-ROM).
19. COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, 5ª aproximação.** Lavras, 1999. 359p.
 20. CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Safra 2006/2007. Disponível em: <www.conab.gov.br/centro.asp?aPAG=27>. Acesso em: 01 set. 2007.
 21. COSTA, A. N. da; BRAGANÇA, S. M. Software DRIS café: Sistema integrado de diagnose e recomendação de adubação para o café conilon. Vitória, ES: INCAPER, (Incaper. Documento, 001 CD-ROM), 2000.
 22. DOURADO NETO, D.; JONG van LIER, Q.; BOTREL, T. A.; LIBARDI, P. L. Programa para confecção da curva de retenção de água no solo utilizando o modelo e Genutchten. **Engenharia Rural**, Piracicaba, v.1, p.92-102, 1990.
 23. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA — EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo.** 2. ed. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212p.
 24. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA – EMBRAPA. **Manual de análises química de solos, plantas e fertilizantes.** Embrapa Solos, Embrapa Informática Agropecuária; organizador Fabio Cezar da Silva – Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999.370p.
 25. ESPÍRITO SANTO (Estado). **Decreto nº 2.299, de 9 de junho de 1986.** Vitória, 2007. Disponível em: <www.seama.es.gov.br>. Acesso em 9 jan. 2007.
 26. FASSIO, L. H.; SILVA, A. E. S. Importância econômica e social do café conilon. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. DA., BRAGANÇA, S. M., FERRÃO, M. A. G., MUNER, L. H. de. **Café conilon.** Vitória, ES: INCAPER, 2007. p.37-47.
 27. FEIGIN, A.; RAVINA, I.; SHALHEVET, J. **Irrigation with treated sewage effluent: management for environmental protection.** Berlin: Springer-Verlag, 1991. 224p.
 28. FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F., FERRÃO, M. A. G., BRAGANÇA, S. M.; FILHO, A. C. V.; VOLPI, P. S. Cultivares de café conilon. In: FERRÃO, R. G.;

- FONSECA, A. F. DA., BRAGANÇA, S. M., FERRÃO, M. A. G., MUNER, L. H. de. **Café conilon**. Vitória, ES: INCAPER, 2007. p.205-221.
29. FINK, D. R.; SANTOS, H. F. A legislação do reuso da água. In: MANCUSO, S. P. C.; SANTOS, H. F. dos. Reuso de água. São Paulo: Universidade de São Paulo – Faculdade de Saúde Pública 2005. p.261-290.
30. FONSECA, A. F.; FERRÃO, R. G. ; FERRÃO, M. A. G; FILHO, A. C. V.; VOLPI, P. S. Qualidade do café conilon: Operação de colheita e pós-colheita. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. D.A., BRAGANÇA, S. M., FERRÃO, M. A. G., MUNER, L. H. de. **Café conilon**. Vitória, ES: INCAPER, 2007. p.205-221.
31. FONSECA, S. P. P.; FREIRE, A. O.; RESENDE, J. M.; SOARES, A. A.; MATOS, A. T.; PEREIRA, O. G.; LOURES, A. P. S. Tratamento de efluentes domésticos conciliados a fertirrigação de culturas. In: ENCONTRO DE PRESERVAÇÃO DE MANANCIAS DA ZONA DA MATA MINEIRA, 3, Viçosa, 2003. Anais... Viçosa, MG:UFV, 2003.p.312-338.
32. GARCIA, G. O. **Alterações químicas, físicas e mobilidade de íons do solo decorrentes da aplicação de águas residuárias da lavagem e despolpa dos frutos do cafeeiro Conilon**. 2003. 70f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.
33. GERENCIA de controle ambiental, 2007. Disponível em: <www.iema.es.gov>. Acesso em: 2 nov. 2007.
34. JONES JUNIOR, J. B.; WOLF, J. B.; MILLS, H. A. **Plant analysis handbook: a practical sampling preparation and interpretation guide**. Athens, Estados Unidos: Micro-Macro, 1991. 213p.
35. LARCHER, W. Ecofisiologia Vegetal. São Carlos: RIMA, 2004. 531p.
36. LO MÔNACO, P. A. **Fertirrigação do cafeeiro com águas residuárias da lavagem e descascamento de seus frutos**. 2005. 112 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.
37. LO MÔNACO, P.A.; MATOS, A.T.; GARCIA, G.O.; LIMA, C.R.C; FAZENARO, F.L. Alteração nas características de águas residuárias da despolpa de frutos

- do cafeeiro submetidas à filtragem em pergaminho dos grãos de café. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 14, **Anais...** ABID, 2004. Porto Alegre, RS. (CD-ROM).
38. LOPES, J. C.; BRIDI, V.; ALMEIDA, R.; ALTOÉ, M.; MARINS FILHO, S. Desenvolvimento de plantas de cubiu sob diferentes doses de água residuária da despulpa dos frutos do cafeeiro arábica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 44, Campo Grande. Anais, SOB. p. 01-06, 2004.
 39. MALAVOLTA, E. **Nutrição mineral e adubação do cafeeiro: Colheitas econômicas máximas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1993. 210p.
 40. MALAVOLTA, E.; OLIVEIRA, S. A. de.; VITTI, G. C. **Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.
 41. MATIELLO, J. B. **Café Conilon: como plantar, tratar, colher, preparar e vender**. Rio de Janeiro: MAA/SDR/PROCAFÉ/PNFC, 1998.162p.
 42. MATIELLO, J. B. **Cultura do café no Brasil: Novo manual de recomendação**. Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2002. 387p.
 43. MATOS, A. T. **Resíduos sólidos e líquidos**. Viçosa; 2007. Disponível em: <www.pos-colheita.com.br>. Acesso em 10 dez 2007.
 44. MATOS, A. T. Tratamento de resíduos agroindustriais. In: ENCONTRO DE PRESERVAÇÃO DE MANANCIAS DA ZONA DA MATA MINEIRA, 2, Viçosa, 2002. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 2002. p.105-157.
 45. MATOS, A. T.; PINTO, A. B.; PEREIRA, O. G.; SOARES, A. A.; LO MONACO, P. A. Produtividade de forragens utilizadas em rampas de tratamento de águas residuárias da lavagem e despulpa dos frutos do cafeeiro. **Revista de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n 1, p.54 – 158, 2003.
 46. MATOS, A. T. Manejo e tratamento de resíduos agroindustriais. Apostila prática de ENG 650, Viçosa. P.1-46, 2004.
 47. MATOS, A.T. Tratamento e destinação final dos resíduos gerados no beneficiamento do fruto do cafeeiro. In: ZAMBOLIN, L. Produção integrada de café. Viçosa: UFV, p.647-708. 2003b.

48. MATOS, A.T.; MAGALHÃES, M.A.; FUGUNAKA, D.C. Remoção de sólidos em suspensão na água residuária da despolpa de frutos do cafeeiro em filtros constituídos por pergaminho de grãos de café submetido a compressões. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.26, n.2, p.610-616, 2006.
49. 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**, Campina Grande, v.9, n.3, p.154-158, 2005.
50. MILLS, H. A.; JONES JÚNIOR, J. B. **Plant analysis handbook II**. 2. ed. Athens: Micro-Macro, 1996.422 p.
51. NASCIMENTO, M. B. M. do.; LIMA, V. L. A. de; BELTRÃO, N. E. M.; SOUZA, A. P. Utilização de água residuária e biossólido na cultura da mamona: Crescimento e desenvolvimento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAONA, 1., 2003, Campina Grande. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <www.rbb.ba.gov. >Acesso em: 21 ago. 2007
52. OLIVEIRA, P. A.V. **Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos**. Concórdia, Embrapa/CNPISA, 1993. 188 p. (EMBRAPA/CNPISA, Documento 27).
53. PINTO, A. B. **Avaliação de gramíneas forrageiras com uso de águas residuárias da lavagem e despolpa dos frutos do cafeeiro**. 2001. 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.
54. PINTO, A. B.; MATOS, A. T.; FUKUNAGA, D. C. Produtividade e desempenho agrônômico de duas forrageiras para uso em tratamento por disposição no solo das águas residuárias da lavagem e despolpa de frutos do cafeeiro. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1, 2000, Poços de Caldas, **Resumos Expandidos**, 2000.
55. POWER, P.P.; WOODS, W.G. The chemistry of boron and its speciation in plants. In: Dell, B.; Rown, P.H.; Bell, R.W. (eds.). **Boron in soil and plants: review**. Symposium, Chiang Mai, reprinted Plant and Soil, v.193, n.1-2, p.1- 13, 1977.

56. PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVEIRA, J. A. de. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o estado do Espírito Santo - 5ª Aproximação**. Vitória: SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 2007. 305p.
57. QUEIROZ, F. M.; MATOS, A. T.; PEREIRA, O. G.; OLIVEIRA, R. A. Característica química de solo submetido ao tratamento com esterco líquido de suínos e cultivado com gramínea forrageira. **Ciência rural**, Santa Maria, v.34, n.5, p.1487-1492, 2004.
58. REUTER, D. J.; ROBSON, J. B. **Plant analysis: an interpretation manual**. Melbourne: Inkata, 1988. 218p.
59. RUMP, H.H.; KRIST, H. **Laboratory manual for examination of water, wastewater, and soil**. New York: VCH, 1992. 190p.
60. SANTOS, A. P. R. **Risco em sódio, em propriedades químicas e físicas de um argisolo vermelho distrófico cultivado com capim tifton 85**. 2004. 170 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.
61. SANTOS, K. D.; HENRIQUE, I. N.; SOUSA, J. T.; LEITE, V. D. Utilização de esgoto tratado na fertirrigação agrícola. **Revista Biológica Ciências Terra**. Paraíba, Suplemento, p.333-338, 2006.
62. SCHERER, E.E. & BALDISSERA, L.T. Aproveitamento de dejetos de suínos como fertilizantes. In: DIA DE CAMPO MANEJO E UTILIZAÇÃO DE DEJETOS DE SUÍNOS, 1994, **Anais...** Concórdia: EMBRAPA-CNPSA. 47p. (EMBRAPA-CNPSA, Documento, 32).
63. SEAG – Secretária de Estado da Agricultura – (ESPÍRITO SANTO). Café: caracterização, cenário, estratégias e ações. Vitória. Disponível em: <<http://www.seag.es.gov.br/setores/cafe>>. Acesso em: 10 Nov. 2007.
64. SETTI, M. do C. S. **Reuso de água: Condição de contorno**. 1995, 120 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia São Paulo, 1995. Dissertação (mestrado), Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

65. SILVA, E. B.; GUIMARÃES, P. T. G.; NOGUEIRA, F. N. O potássio na cultura do cafeeiro. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. Potássio na agricultura brasileira. Piracicaba, SP: POTAFOS, 2005. p.435-460.
66. SILVA, J. S. **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2000.
67. SOCCOL, C.R.; LEIFA, F.; WOICIECHOWSKI, A.L.; BRAND, D.; MACHADO, C.M.M.; SOARES, M.; CHRISTEN, P.; PANDEY, A. Experiência brasileira na valorização biotecnológica de subprodutos da agroindústria do café. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE BIOTECNOLOGIA NA AGROINDUSTRIA CAFEIEIRA. **Anais...** Londrina, PR, p. 323-328, 1999.
68. TAYLOR, G.L; NEAL, L. A. Land treatment of water as industrial siting advantage. In: Industrial Water Conference, 37, 1982, West Lafayette. Proceedings... West Lafayette: PurdueUniversity, 1982. p.233-238.
69. THEODORO, V. C. A.; CARVALHO, J. G. C.; CORRÊA, J. B.; GUIMARÃES, R. J. Avaliação do estado nutricional de agroecossistemas de café orgânico no estado de Minas Gerais. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras. V.27, n.6, p.1222-1230, 2003.
70. VAN DER HOEK, W.; HASSAN, U.M.; ENSINK, J.H.J.; FEENSTRA, S.; RASCHID-SALLY, L.; MUNIR, S.; ASLAM, R.; ALIM, N.; HUSSAIN, R.; MATSUNO, Y. **Urban wastewater: a valuable resource for agriculture. A case study from Horoonabad, Pakistan**. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute, 2002. 29 p. (Research Report, 63).
71. VAN RAIJ, B.; COSTA, W. M.; IGUE, T.; SERRA, J. R. M.; GUERREIRO, G. Calagem e adubação nitrogenada e potássica para o cafeeiro. **Bragantia**, Campinas. V.55, n.2, p.347-355, 1996.
72. VAN RAIJ, B. Avaliação da fertilidade do solo. Instituto da Potassa e Fosfato. Piracicaba, 1981.1142p.
73. VON SPERLING, M. **Princípios básicos do tratamento de esgoto**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas gerais, v.2, 1996, 211p.

74. VON SPERLING, M. **Qualidade de água**. Brasília, DF: ABEAS, Viçosa, MG: UFV, departamento de Engenharia Agrícola, 1997. 59p.
75. YAMADA, T. Boro: **Será que estamos aplicando a dose suficiente para o adequado desenvolvimento das plantas?** Piracicaba: Potafos, v.90, p. 1-5, jun.2000.

APÊNDICE

Tabela 1A – Análise de variância para as características de crescimento das plantas: altura, diâmetro, área foliar e massa seca total em função das doses de ARC aplicadas e dias após aplicação, do cafeeiro na fase de desenvolvimento inicial

FV	Quadrado Médio				
	GL	Altura	Diâmetro	Área foliar	Massa seca total
Dose	6	134,73 *	1,70 *	180239,4 *	229,88 *
Erro (A)	14	14,72	1,65	10613,6	7,88
Tempo	4	461,36 *	69,21 *	2265349,0 *	2381,68 *
Dose * tempo	24	14,46 *	1,48 *	150146,5 *	47,03 *
Erro (B)	56	4,55	0,53	9369,69	16,34
CV (%)		5,92	9,83	13,2	9,42

*Significativo a 5% pelo teste F

^{ns} não significativo ao nível de 5% pelo teste F.

Tabela 2A – Análise de variância para os atributos do solo: pH, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, alumínio, acidez potencial (H+Al) e sódio em função das doses de ARC aplicadas e dias após aplicação, do cafeeiro na fase de desenvolvimento inicial

FV	GL	Quadrado Médio							
		pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	Na
Dose	6	0,374*	2416,75 ^{ns}	21423,4 ^{ns}	1,73 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,0009 ^{ns}	0,90 ^{ns}	18,9 ^{ns}
Erro (A)	14	0,093	577,49	6495,6	1,13	0,07	0,0005	1,11	24,2
Tempo	4	1,140*	7951,45 *	74103,9 *	11,19*	0,29 *	0,0019*	12,8 *	970,2 *
Dose * tempo	24	0,132*	1438,99 ^{ns}	5181,2 ^{ns}	2,22*	0,09 ^{ns}	0,0009 ^{ns}	0,40 ^{ns}	21,8 ^{ns}
Erro (B)	56	0,065	1082,0	9582,5	1,06	0,05	0,0008	0,59	22,5
CV (%)		4,26	23,60	46,81	23,68	66,93	521,75	48,01	37,33

*Significativo a 5% pelo teste F

^{ns} não significativo ao nível de 5% pelo teste F.

Tabela 3A – Análise de variância para os atributos do solo: matéria orgânica, CTC total, soma de bases (SB), saturação de bases (v) e saturação por alumínio (m) em função das doses de ARC aplicadas e dias após aplicação, do cafeeiro na fase de desenvolvimento inicial

FV	GL	Quadrado Médio				
		MO	CTC	SB	V	m
Dose	6	4,81*	0,66 ^{ns}	0,63 ^{ns}	35,78 ^{ns}	0,972 ^{ns}
Erro (A)	14	0,80	2,91	2,08	234,17	0,637
Tempo	4	18,69*	9,97*	10,15*	1750,2*	1,56 ^{ns}
Dose * tempo	24	2,02 ^{ns}	2,05 ^{ns}	2,08 ^{ns}	108,49 ^{ns}	0,97 ^{ns}
Erro (B)	56	1,75	1,62	1,62	141,33	0,63
CV (%)		39,09	23,73	23,75	15,42	655,04

* Significativo a 5% pelo teste F

^{ns} não significativo ao nível de 5% pelo teste F.

Tabela 4A – Análise de variância para os atributos do solo: pH, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, alumínio e acidez potencial (H+Al) em função das doses de ARC aplicadas e dias após aplicação, do cafeeiro na fase de produção

FV	GL	Quadrado Médio						
		pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al
Dose	5	1,50*	1701,6*	10921,6*	0,81*	0,03*	555393,9 ^{ns}	6,26*
Prof	1	10,64*	6091,3*	7449,8*	13,3*	0,16*	555446,9 ^{ns}	6,18*
Dose * Prof	5	0,30*	1202,1*	139,0 ^{ns}	0,36*	0,01*	555332,8 ^{ns}	1,10*
Erra (A)	22	0,45	256,6	371,4	0,08	0,02	555401,1	0,17
Tempo	4	1,67*	11085,*	3416,9*	4,3*	0,46*	555428,6 ^{ns}	29,1*
Dose * Tempo	20	0,28*	1489,1*	3439,8*	1,10*	0,01*	555471,0 ^{ns}	4,32*
Prof * Tempo	4	0,49*	589,19*	853,80*	0,30*	0,01*	555493,8 ^{ns}	1,30*
Dose*tempo*Prof	20	0,05*	1494,8*	523,3*	0,45*	0,01*	555461,1	0,55*
Erro (B)	96	0,10	342,4	241,2	0,06	0,007	555477,8	0,09
CV (%)		5,71	31,36	20,24	22,16	26,65	-1343,6	15,04

* Significativo a 5% pelo teste F

^{ns} não significativo ao nível de 5% pelo teste F.

Tabela 5A – Análise de variância para os atributos do solo: sódio, matéria orgânica, CTC, soma de bases, saturação de bases (v) e saturação de alumínio (m) em função das doses de ARC aplicadas e dias após aplicação, do cafeeiro na fase de produção

FV	GL	Na	MO	CTC	SB	v	m
Dose	5	30,4*	11,16*	0,64*	1,1*	939,6*	591,1*
Prof	1	120,2*	478,12*	13,14*	18,3*	9738,8*	4028,9*
Dose * Prof	5	12,7*	4,40 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,29*	114,2*	207,3*
Erra (A)	22	4,55	4,13	0,18	0,17	94,52	123,7
Tempo	4	374,6*	97,8*	4,14*	4,60*	13524,5*	400,1 ^{ns}
Dose * Tempo	20	56,45*	12,14*	1,22*	1,29*	130,7*	165,7 ^{ns}
Prof * Tempo	4	38,79*	9,39*	0,22 ^{ns}	0,41*	122,59 ^{ns}	148,38 ^{ns}
Dose*tempo*Prof	20	10,07*	6,35*	0,25 ^{ns}	0,46*	139,08 ^{ns}	168,4 ^{ns}
Erro (B)	96	2,41	2,54	0,15	0,07	71,06	97,87
CV (%)		25,69	14,70	16,23	17,09	14,73	101,76

*Significativo a 5% pelo teste F

^{ns} não significativo ao nível de 5% pelo teste F.

Tabela 6A – Análise de variância dos parâmetros químicos das folhas: fósforo, potássio, cálcio, magnésio, ferro, cobre, zinco, manganês, boro e nitrogênio em função das doses de ARC aplicadas e dias após aplicação, do cafeeiro em fase de desenvolvimento inicial

FV	GL	Quadrado Médio									
		P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn	B	N
Dose	6	0,0008 ^{ns}	0,36 *	1,89*	0,06*	107824,1*	851,86 *	38,23 *	6989,8 ^{ns}	55666*	0,78*
Erro (A)	14	0,0008	0,05	009	0,004	2290,77	51,96	14,58	521,0	2090	0,20
Tempo	4	0,002 ^{ns}	0,571*	0,95*	0,03*	2290,77*	12284,1*	348,12*	11484 ^{ns}	894718*	1,67*
Dose * tempo	24	0,0009*	0,12 ^{ns}	0,22*	0,0086*	3029,89 ^{ns}	99,61 ^{ns}	19,15 ^{ns}	2486*	4998*	0,63*
Erro (B)	57	0,0006	3609,61	0,12	0,0036	3609,61	61,94	12,49	449	1696	0,34
CV (%)		20,58	16,69	17,66	18,29	16,69	30,39	18,24	27,62	18,84*	21,53

*Significativo a 5% pelo teste F

^{ns} não significativo ao nível de 5% pelo teste F.

Tabela 7A – Análise de variância dos parâmetros químicos das folhas: fósforo, potássio, cálcio, magnésio, ferro, cobre, zinco, manganês, boro e nitrogênio em função das doses de ARC aplicadas e dias após aplicação, do cafeeiro em fase de produção

FV	GL	Quadrado Médio									
		P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn	B	N
Dose	6	0,012*	0,012*	0,80 ^{ns}	0,36*	26657,6 *	929,76*	15591,4*	6510,0*	782*	1,85*
Erro (A)	14	0,003	0,003	0,41	0,01	704,72	24,19	79,75	448,44	100	0,14
Tempo	4	0,007*	0,007 ^{ns}	1,44*	0,09*	3572,1*	93,96*	234,82*	1369,2 ^{ns}	2428*	3,7*
Dose *	24	0,005*	0,005 ^{ns}	0,29*	0,02*	1072,6 ^{ns}	39,93 ^{ns}	106,66 ^{ns}	386,83 ^{ns}	363*	0,48*
tempo											
Erro (B)	57	0,001	0,016	0,10	0,005	662,40	20,39	64,08	245,94	66	0,09
CV (%)		23,48	23,48	24,27	18,85	9,95	16,01	19,92	18,16	12,87	13,47

*Significativo a 5% pelo teste F

^{ns} não significativo ao nível de 5% pelo teste F.