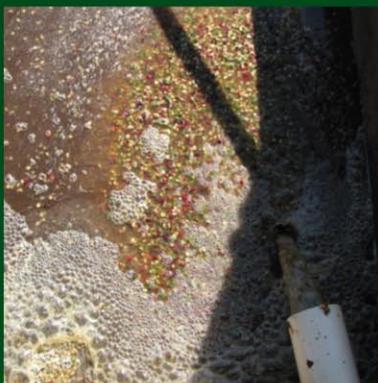


# TEORES DE NUTRIENTES NAS ÁGUAS RESIDUÁRIAS DO CAFÉ E CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO APÓS SUA APLICAÇÃO





# **TEORES DE NUTRIENTES NAS ÁGUAS RESIDUÁRIAS DO CAFÉ E CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO APÓS SUA APLICAÇÃO**

Luiz Carlos Prezotti  
Aldemar Polonini Moreli  
Sammy Fenandez Soares  
Aledir Cassiano da Rocha

**Vitória,ES  
2012**

© 2012 - **Incaper**

Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural

Rua Afonso Sarlo, 160 – Bento Ferreira – CEP 29052-010 – Vitória-ES - Caixa Postal 391

Telefax: (27) 3636 9868 – 3636 9846 – coordenacaoeditorial@incaper.es.gov.br – www.incaper.es.gov.br

Documentos Nº 208

ISSN 1519-2059

Editor: DCM/Incaper

Tiragem: 1.500

Julho de 2012

#### **CONSELHO EDITORIAL**

Presidente - Aureliano Nogueira da Costa

Chefe do Departamento de Comunicação e Marketing - Liliâm Mª Ventorim Ferrão

Chefe da Área de Pesquisa - José Aires Ventura

Chefe da Área de Extensão - Célia Jaqueline Sanz Rodrigues

#### **Membros:**

Adelaide de Fátima Santana da Costa

Alessandra Maria da Silva

André Guarçoni M.

Bevaldo Martins Pacheco

Luiz Carlos Santos Caetano

Romário Gava Ferrão

Sebastião Antonio Gomes

**COORDENAÇÃO EDITORIAL:** Liliâm Maria Ventorim Ferrão

**PROJETO GRÁFICO, CAPA E EDITORAÇÃO ELETRÔNICA:** Cristiane Gianezi da Silveira

**REVISÃO DE PORTUGUÊS:** Raquel Vaccari de Lima Loureiro

**FICHA CATALOGRÁFICA:** Merielem Frasson da Silva

**FOTOS:** Autores

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) - (Biblioteca do Incaper)

T314 Teores de nutrientes nas águas residuárias do café e características químicas do solo após sua aplicação / Luiz Carlos Prezzoti... [et al]. - Vitória, ES: Incaper, 2012.  
24 p.(Incaper, Documentos 208)

ISSN 1519-2059

1. Café - água residuária. 2. Lixiviação. I. Prezzoti, Luiz Carlos. II. Moreli Aldemar Polonini. III. Soares, Sammy Fernandez. IV. Rocha, Aledir Cassiano da. V. Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. VI. Série.

CDD 631.2

## APRESENTAÇÃO

A geração de resíduos oriundos do processo produtivo é um desafio para as regiões produtoras de alimentos o que provoca um aumento crescente da demanda por adequação de processos, simplificação de sistemas de tratamento e redução de custos operacionais. O conhecimento da composição e das tecnologias desenvolvidas possibilita a sua utilização com alternativas mais viáveis para viabilizar seu reaproveitamento na forma de adubação orgânica, o que proporciona um maior controle ambiental e a minimização dos custos com a adubação das culturas.

Dentre essas tecnologias podem-se destacar os resíduos de sistemas de produção de cafeeiro, oriundos das operações de separação hidráulica ou lavagem e do descascamento de frutos. Essas operações geram grandes volumes de águas residuárias, ricas em materiais orgânicos e inorgânicos que, se forem dispostos no meio ambiente sem tratamento, podem comprometer principalmente a qualidade da água e do solo. Entretanto, se utilizada com critério, por constituir-se em é uma excelente fonte de matéria orgânica e nutrientes, contribui para a melhoria da fertilidade do solo e da nutrição das plantas.

Poucos são os trabalhos de pesquisa que tratam da estimativa da quantidade de água residuária que poderia ser aplicada ao solo para elevação dos níveis de nutrientes a um patamar adequado às culturas.

O Incaper, por meio de uma equipe de profissionais qualificados, apresenta um conjunto de informações referentes às características químicas das águas residuárias e as alterações da fertilidade do solo proporcionadas por sua aplicação via fertirrigação.

O conteúdo desse documento está organizado com o intuito de disponibilizar informações e tecnologias de forma clara e objetiva, que serão norteadoras para a adoção dessa prática pelos produtores rurais.



# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>7</b>
<b>2. CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DA ÁGUA RESIDUÁRIA DO CAFÉ NAS DIVERSAS ETAPAS DO PROCESSAMENTO DE FRUTOS .....</b>	<b>10</b>
2.1. RESULTADOS OBTIDOS.....	11
<b>3. DETERMINAÇÃO DAS ALTERAÇÕES DAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO APÓS APLICAÇÃO DE ARC E SEU EFEITO SOBRE O CRESCIMENTO DE PLANTAS DE MILHO.....</b>	<b>13</b>
3.1. RESULTADOS OBTIDOS.....	14
<b>4. TEORES DE NUTRIENTES NAS CAMADAS DE SOLO DO FUNDO DE UMA LAGOA DE DEPOSIÇÃO.....</b>	<b>19</b>
4.1. RESULTADOS OBTIDOS.....	20
<b>5. CONSIDERAÇÕES SOBRE A APLICAÇÃO DA ÁGUA RESIDUÁRIA NO SOLO.....</b>	<b>21</b>
<b>6. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>22</b>



# TEORES DE NUTRIENTES NAS ÁGUAS RESIDUÁRIAS DO CAFÉ E CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO APÓS SUA APLICAÇÃO

Luiz Carlos Prezotti<sup>1</sup>  
Aldemar Polonini Moreli<sup>2</sup>  
Sammy Fenandez Soares<sup>3</sup>  
Aledir Cassiano da Rocha<sup>4</sup>

## 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o mercado vem premiando o café oriundo dos frutos maduros ou cerejas, dos quais se obtém as melhores bebidas. O processamento dos frutos envolvendo a lavagem, o descascamento e o desmucilamento permite formar lotes contendo apenas frutos maduros, com maior valor no mercado. Além disso, o café maduro após descascamento – cereja descascado – ocupa menos espaço, demandando menor estrutura e menos mão de obra na secagem, armazenamento e beneficiamento, diminuindo os custos dessas operações. Por esta razão, é crescente o número de produtores que adotam esta prática, o que tem proporcionado maior competitividade nos mercados interno e internacional, resultando em maior retorno econômico ao produtor.

Entretanto, o processamento dos frutos de café gera grande volume de águas residuárias (ARC), ricas em material orgânico e inorgânico (Figura 1). Como qualquer produto com essas características, essas águas, se lançadas em corpos hídricos, proporcionam redução acentuada da concentração de oxigênio dissolvido, pois, bactérias aeróbias utilizam o

<sup>1</sup> Engº Agrº, D.Sc. Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisador do Incaper, prezotti@incaper.es.gov.br.

<sup>2</sup> Técnico Agrícola, M.Sc. Administração Rural, Técnico Agropecuário Incaper.

<sup>3</sup> Engº Agrº, D.Sc. Fitotecnia, Pesquisador da Embrapa.

<sup>4</sup> Engº Agrº, M.Sc. Fitotecnia, Pesquisador do Incaper.



O<sub>2</sub> para suas reações metabólicas de mineralização da matéria orgânica (MATOS; BRASIL; FONSECA, 2003). Com isto, pode ocorrer morte de peixes, organismos aeróbios e danos à flora, além de odores desagradáveis.



**Figura 1.** Água residuária oriunda do processamento de frutos de café.

A ARC contém diversos nutrientes solúveis capazes de promover a eutrofização dos mananciais, colocando em risco a qualidade das águas e possibilitando o desenvolvimento excessivo de plantas aquáticas.

Por esta razão, a ARC não pode ser lançada em um corpo hídrico sem tratamento adequado, de modo a atender às condições e aos padrões de lançamento de efluentes estabelecidos pela legislação (CONAMA, 2005). Para isso, é necessário construir um sistema de tratamento, o que envolve custo adicional no processamento do café.

Na maioria das propriedades que fazem o processamento do café por via úmida, a ARC gerada na unidade de processamento é recolhida em um tanque de decantação e depois bombeada e descartada em vala ou lagoa de infiltração, construídas em áreas elevadas da propriedade, longe de cursos de água, visando diminuir os riscos de contaminação de corpos hídricos (SOARES et al., 2007).

No Espírito Santo, o Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA) criou a Instrução Normativa Nº 013, de 17 de dezembro de 2007, que estabelece as diretrizes para o licenciamento ambiental da atividade de beneficiamento de café. Orienta sobre a destinação adequada da ARC por meio da fertirrigação ou para a disposição em lagoas de estabilização, assim como recomenda o reuso, por meio do processo de recirculação, visando ao uso racional dos recursos naturais (IEMA, 2007).

A ARC pode ser considerada como uma fonte de poluição se lançada em corpos receptores como riachos, lagoas, etc. Contudo, alguns autores ressaltam a importância de seu uso como fonte de nutrientes e matéria orgânica para as culturas (LO MONACO, 2005; MATOS, 2008; SOARES et al., 2008).

O uso agrícola, além de evitar o lançamento da água residuária em corpos de água, custa menos que o tratamento e melhora as condições físicas, químicas e biológicas do solo (TAYLOR; NEAL, 1982).

O uso da ARC para fertirrigação deve ser planejado sob a ótica do fornecimento de nutrientes para as culturas e não para atendimento das necessidades hídricas das plantas, caso em que poderá ocorrer salinização do solo, queda de produção ou contaminação de águas superficiais e subterrâneas (MATOS et al., 2001).

Por ser recente, o processamento dos frutos para a melhoria da qualidade do café e a consequente produção de águas residuárias são poucos os trabalhos de pesquisa relativos ao seu uso na agricultura. Por esta razão, foi conduzido este trabalho, que teve por objetivo avaliar as características químicas das águas residuárias, coletadas em diversas Unidades e etapas do processamento e determinar as alterações de características químicas do solo após sua aplicação.

## 2. CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DA ÁGUA RESIDUÁRIA DO CAFÉ NAS DIVERSAS ETAPAS DO PROCESSAMENTO DE FRUTOS

Foram realizadas amostragens de água residuária do café arábica (ARC) em 40 propriedades agrícolas da região produtora de café arábica do Estado do Espírito Santo. As amostras foram coletadas nas diversas etapas de processamento: lavagem, descascamento/despolpa e desmucilagem (Figura 2). Foram coletadas também amostras de ARC nas lagoas de deposição.



**Figura2.** Unidade de processamento de frutos de café.

As amostras foram acondicionadas em recipientes plásticos para determinação dos teores de nutrientes: N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe, Mn e B, segundo metodologia descrita em EMBRAPA (2009).

## 2.1. RESULTADOS OBTIDOS

Comparando-se os valores máximos e mínimos de nutrientes das amostras de águas residuárias coletadas nas 40 propriedades (Tabela 1), observa-se ampla variação das concentrações dos nutrientes, resultado das diferentes etapas do processo de descascamento/despolpa e do volume e número de recirculações da água na unidade de processamento (UP). Os nutrientes encontrados em maiores quantidades foram o K e o N. A relação entre os teores de Ca e Mg se aproximou de 3:1 e o B foi o elemento encontrado em menor quantidade, antecedido pelo Cu, Zn e Mn.

**Tabela 1.** Teores máximos, mínimos e médios de nutrientes em amostras de águas residuárias coletadas em lagoas de deposição de 40 propriedades da Região produtora de café arábica do ES

Limites de teores dos nutrientes	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Mn	Fe	B
	-----mg/L-----									
Máximo	205	23	875	94	28	40	44	80	28	12
Mínimo	1,5	1	1,5	1	1	1	1	1	0,3	1
Médio	106	5	225	30	9	2	3	5	31	1
Desvio Padrão	63	6	202	22	8	11	12	22	127	4
CV (%)	60	137	97	73	83	459	444	447	406	366

Análises realizadas em amostras coletadas por Soares et al. (2009), em diferentes unidades de processamento da região de Viçosa-MG, foram determinados os seguintes teores (em mg/L): 112 a 1.194 de N; 5 a 102 de P; 90 a 983 de K; 11 a 413 de Ca; 4 a 22,3 de Mg; 0,13 a 37,8 de Cu; 0,21 a 0,48 de Mn; 0,09 a 9,4 de Fe e 0,07 a 7,1 de Zn.

Os teores de N, P, Ca determinados por Soares et al. (2009) foram superiores e os de Mn, Fe e Zn foram inferiores aos determinados neste trabalho. Ressalta-se que o número de recirculações e o volume de água utilizada no processo de lavagem dos grãos alteram os teores de nutrientes da ARC.

O aumento do número de recirculações eleva a concentração de nutrientes e matéria orgânica da ARC devido ao aumento da quantidade de mucilagem e fragmentos dos frutos na água utilizada no processamento.

Em trabalho realizado por Moreli (2010), foi avaliado o aumento da concentração de nutrientes em função do tempo de recirculação da água no sistema de lavagem/descascamento/despolpa de frutos de café arábica. O autor observou que o K, o N e o Ca apresentaram os maiores teores (293,0, 161,1 e 32,4 mg/L), com taxas de acúmulo de 1,8086, 1,026 e 0,1814 mg/L por minuto de recirculação, respectivamente.

A recirculação é uma prática utilizada para reduzir o volume de ARC produzida na unidade de beneficiamento, resultando em menor espaço para armazenamento, menos gasto de energia para bombeamento e aumento da concentração de nutrientes para o caso de utilização em fertirrigação.

Considerando-se os teores médios de 106 mg/L N e 225 mg/L K, encontrados na ARC (Tabela 1), e que haja disponibilização total dos nutrientes contidos nos compostos orgânicos, estima-se que uma aplicação de 20 L/m<sup>2</sup> de água residuária no solo é equivalente a uma adubação com 21,2 kg/ha de N (106 kg/ha de sulfato de amônio) e 54 kg/ha de K<sub>2</sub>O (90 kg/ha de cloreto de potássio), sem considerar os demais nutrientes e a matéria orgânica.

Considerando-se os teores máximos de 205 mg/L de N e 875 mg/L de K, uma aplicação de 20 L/m<sup>2</sup> equivaleria a uma adubação com 41 kg/ha de N (205 kg/ha de sulfato de amônio) e 210 kg/ha de K<sub>2</sub>O (350 kg/ha de cloreto de potássio).

Entretanto, considerando-se os teores mínimos de 1,5 mg/L de N e 1,5 mg/L de K, uma aplicação de 20 L/m<sup>2</sup> equivaleria a uma adubação com 0,3 kg/ha de N (1,5 kg/ha de sulfato de amônio) e 0,36 kg/ha de K<sub>2</sub>O (0,6 kg/ha de cloreto de potássio), valores estes considerados insignificantes.

Assim, fica evidenciada a necessidade de realização da análise química da ARC antes da sua aplicação, que servirá de base para o cálculo da dose a ser aplicada ao solo, evitando-se, assim, possíveis excessos, quando apresentar elevadas concentrações de nutrientes, ou antever a sua pouca

contribuição na melhoria da fertilidade do solo, quando apresentar baixas concentrações de nutrientes.

Os teores de nutrientes da água residuária também são variáveis conforme a etapa do processamento (Tabela 2). Observam-se baixas concentrações de nutrientes nas amostras de água originada no processo de lavagem dos frutos. Nesta etapa, ainda não houve o rompimento da casca do grão, sendo os teores de nutrientes resultantes dos resíduos, como poeira e solo que ficam aderidos na superfície dos grãos.

**Tabela 2.** Teores médios de nutrientes em amostras de águas residuárias coletadas em 40 unidades de beneficiamento, nas diversas etapas do processamento dos frutos de café arábica

Etapa do Processamento	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Mn	Fe	B
	-----mg/L-----									
Lavador	7,5	0,32	14	17,6	3,0	0,03	0,01	0,04	0,66	0,00
Descascador	118,2	6,3	218	35,2	9,5	4,1	4,6	8,2	49,5	1,4
Desmucilador	93,7	7,9	308	31,1	12,3	0,1	0,3	0,6	5,9	0,2
Lagoa de deposição	90,4	7,2	280	30,1	11,1	0,1	0,2	0,3	6,7	0,2

### 3. DETERMINAÇÃO DAS ALTERAÇÕES DAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO APÓS APLICAÇÃO DE ARC E SEU EFEITO SOBRE O CRESCIMENTO DE PLANTAS DE MILHO

Para a avaliação das alterações das características químicas do solo em função da aplicação de ARC, foi realizado um experimento em casa-de-vegetação, onde doses crescentes de ARC foram aplicadas a volumes de 2 dm<sup>3</sup> de um solo classificado como Latossolo Vermelho Amarelo, característico da região produtora de café arábica da Região Serrana do Estado do Espírito Santo.

A ARC foi coletada no lago de deposição, após o processamento dos frutos de café, para o qual foi utilizada a prática de recirculação da água.

A amostra foi caracterizada quimicamente (EMBRAPA, 2009), sendo as doses estimadas com base no volume de solo contido em 1 m<sup>2</sup> e 20 cm de profundidade, correspondendo a 0, 5, 10, 20, 40 e 80 litros de ARC por m<sup>2</sup> de solo. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com três repetições.

Após 30 dias de incubação foram realizadas análises químicas do solo, e, posteriormente, foram semeadas e mantidas cinco plantas de milho por vaso. Decorridos 30 dias do plantio, as plantas foram cortadas rente ao solo e colocadas em estufa à temperatura de 60°C até atingirem peso constante. Após secas, foram pesadas e moídas para determinação dos teores de macro e micronutrientes. Tanto as análises de solo como a dos tecidos vegetais foram realizadas segundo metodologia descrita por EMBAPA (2009).

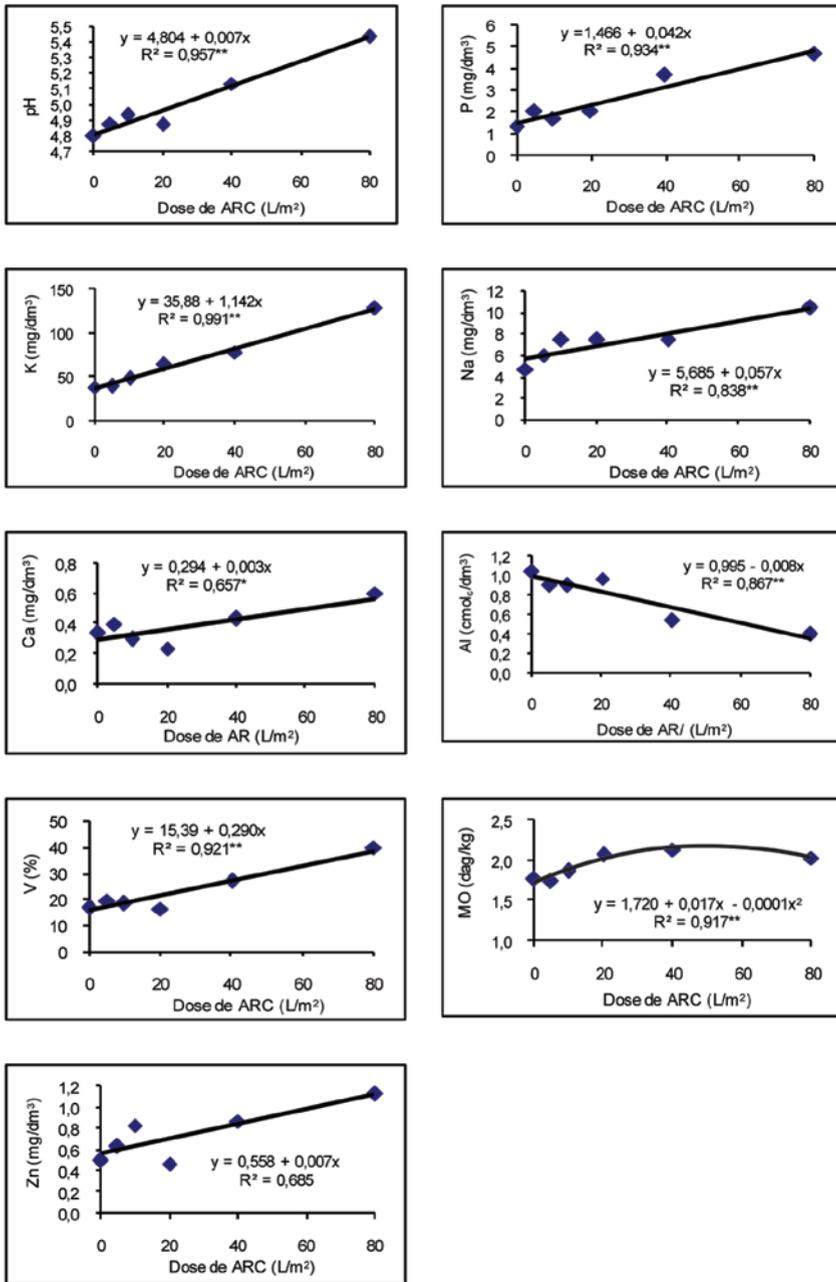
### 3.1. RESULTADOS OBTIDOS

Na ARC utilizada no experimento, os nutrientes presentes em maior concentração foi o K, seguido do N, Ca e Mg. Ressalta-se que esta água foi gerada utilizando-se o processo da recirculação, o que resultou em maiores concentrações dos nutrientes.

**Tabela 3.** Teores de nutrientes da água residuária utilizada no experimento

N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Mn	Fe	B
-----mg/L-----									
90	7	280	30	11	0,1	0,2	0,3	6,7	0,2

A aplicação de ARC no solo elevou o pH e os teores de P, K, Na, Ca, Al, Zn e matéria orgânica, elevando também a saturação em bases (V) (Figura 3 ).



**Figura 3.** Variação do pH, teores de P, K, Na, Ca, Al, matéria orgânica e saturação em bases do solo em função da aplicação de doses crescentes de água residuária do café.

Com base na declividade da equação de regressão, observa-se que, em média, houve um aumento de 0,078 unidade de pH para cada 10 litros de ARC aplicados por  $\text{m}^2$  de solo. Este aumento é significativo se considerarmos aplicações sucessivas em mesma área, sendo necessário, neste caso, o monitoramento por meio de análises de solo para evitar aumentos excessivos ao final de vários anos de aplicação.

Se considerarmos um solo com pH 6,5, a aplicação de doses sucessivas de ARC poderia elevar o pH a valores próximos a 7,0, situação esta não recomendada em razão da redução da disponibilidade de micronutrientes.

A influência da ARC sobre o pH do solo ocorre devido ao aumento da concentração de cátions e de ácidos orgânicos de baixa massa molecular, que são capazes de complexar o  $\text{H}^+$  da solução do solo (Franchini et al., 2003), citado por Silva e Mendonça (2007).

Houve elevação de  $0,42 \text{ mg/dm}^3$  de P para cada 10 litros de ARC aplicados por  $\text{m}^2$  de solo. Os compostos orgânicos, além de apresentarem P em sua constituição, bloqueiam os sítios de adsorção de P, tornando-o mais disponível (ANDRADE, 2004).

O K foi o elemento que apresentou maior taxa de elevação ( $11,4 \text{ mg/dm}^3$  de K para cada 10 litros de ARC aplicados por  $\text{m}^2$  de solo). O aumento do teor de K no solo com a aplicação da ARC também foi observado por Soares et al. (2010), obtendo uma taxa de acréscimo de  $10,71 \text{ mg/dm}^3$  de K para cada 10 litros de ARC aplicados por  $\text{m}^2$  de solo.

Com base na equação de regressão, a dose de 80 litros de ARC por  $\text{m}^2$  de solo eleva o teor de K a  $127,3 \text{ mg/dm}^3$ , teor este considerado médio para culturas perenes, como o café (PREZOTTI, et al 2007). Ressalta-se que este valor foi obtido com apenas uma aplicação. Cuidados devem ser tomados com aplicações sucessivas, em mesma área, para evitar o risco de elevação excessiva dos teores de nutrientes, principalmente de K. Por esta razão, é recomendado o monitoramento da fertilidade do solo por meio de análises anuais realizadas nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm.

Os teores dos elementos Na e Ca aumentaram na taxa de  $0,57 \text{ mg/dm}^3$  e  $0,03 \text{ cmolc/dm}^3$  para cada 10 litros de ARC aplicados por  $\text{m}^2$  de solo.

O teor de Al reduziu na taxa de  $0,08 \text{ cmol/dm}^3$  de Al para cada 10 litros

de ARC aplicados por m<sup>2</sup> de solo. A redução da disponibilidade de Al<sup>3+</sup> pode ocorrer por sua menor solubilidade, decorrente do aumento do pH e por sua complexação por ácidos orgânicos (SILVA; MENDONÇA, 2007).

A ARC elevou o teor de matéria orgânica do solo, seguindo uma tendência quadrática. Nas doses iniciais, no intervalo entre 0 e 20 L/m<sup>2</sup>, este aumento apresentou tendência linear, com uma taxa de acréscimo, aproximado, de 0,17 dag/kg de matéria orgânica para cada 10 litros de ARC aplicados por m<sup>2</sup> de solo. Este aumento é significativo, principalmente quando se considera os baixos teores de matéria orgânica da maioria dos solos da região produtora de café do Estado do Espírito Santo.

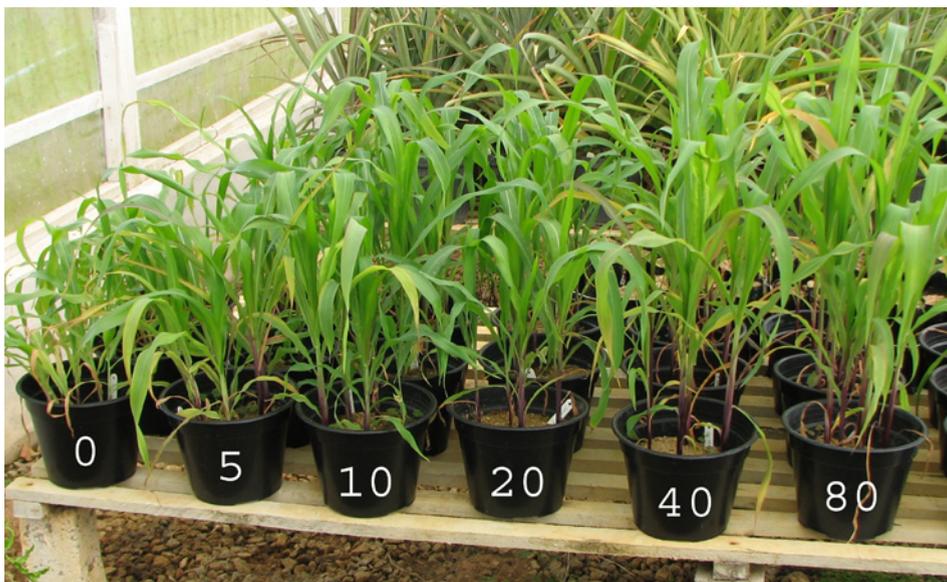
Ressalta-se que a matéria orgânica contida na ARC necessita passar pelo processo de mineralização, que é realizado pelos micro-organismos do solo após a sua aplicação, os quais, para isto, demandam nutrientes, principalmente N. Por esta razão, o acúmulo de ARC em locais próximos às raízes das plantas, além do problema de deficiência de oxigênio, causado pelo encharcamento, pode ocasionar deficiências nutricionais, pela competição com os micro-organismos do solo em processo de mineralização da matéria orgânica da ARC, podendo, em casos extremos, causar danos irreversíveis às plantas. Assim, o sistema de aplicação da ARC nas culturas deve possibilitar uma distribuição homogênea sobre a superfície do solo, evitando a formação de poças e também o escoamento superficial.

Dentre os micronutrientes, o Zn foi o que apresentou aumento significativo do seu teor com a aplicação da ARC (0,07 mg/dm<sup>3</sup> para cada 10 litros de ARC aplicados por m<sup>2</sup> de solo).

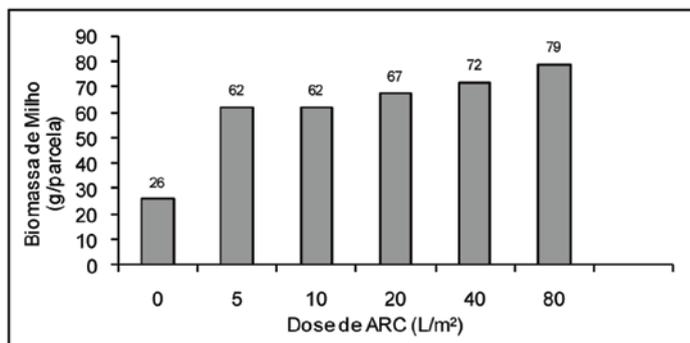
Houve um acentuado aumento de produção de biomassa (Figuras 4 e 5) na dose equivalente a 5 litros/m<sup>2</sup> de ARC (62 g/vaso de matéria seca) quando comparada à testemunha (26 g/vaso de matéria seca). Nas doses seguintes, observam-se incrementos menores de biomassa, sendo que a dose responsável pela produção máxima física foi de 57 L/m<sup>2</sup>, calculada com base na equação de regressão:

$$\text{Biomassa de milho (g/parc.)} = 29,378 + 0,847 \text{ ARC} - 12,849 \text{ ARC}^{1/2}$$
$$(R^2 = 0,93^{**})$$

Onde ARC é a dose de água residuária em L/m<sup>2</sup>.

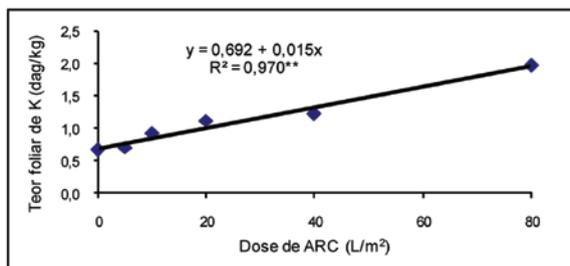


**Figura 4.** Desenvolvimento de plantas de milho em casa de vegetação em função da aplicação de doses crescentes de águas residuárias do café (L/m<sup>2</sup>).



**Figura 5.** Produção de biomassa de plantas de milho em função de doses de água residuária do café.

Na análise dos tecidos da parte aérea das plantas, houve aumento significativo dos teores de K, com tendência linear da ordem de 0,156 dag/kg para cada 10 litros/m<sup>2</sup> de ARC (Figura 3).



**Figura 6.** Teor de K na parte aérea de plantas de milho em função de doses de água residuária do café.

Não se observou incremento dos teores dos demais macro e micronutrientes na parte aérea das plantas de milho em função das doses de ARC. Provavelmente, este fato se deve ao fenômeno denominado “efeito de diluição”, que geralmente ocorre na fase inicial de desenvolvimento das plantas. Neste caso, em razão do maior desenvolvimento das plantas, proporcionado pela aplicação da ARC, a taxa de formação dos tecidos foi superior à taxa de absorção de nutrientes, o que acarretou a redução dos seus teores nos tecidos do vegetal.

Para determinação do real efeito da ARC sobre os teores de nutrientes nos tecidos das plantas, são necessárias avaliações por períodos mais prolongados, durante todo o ciclo da cultura.

#### **4. TEORES DE NUTRIENTES NAS CAMADAS DE SOLO DO FUNDO DE UMA LAGOA DE DEPOSIÇÃO**

Objetivando avaliar a lixiviação de nutrientes no perfil de solo do fundo de uma lagoa de deposição que recebeu ARC durante um período de três colheitas, em propriedade de agricultor, foram coletadas amostras de solo nas profundidades de 0-20, 20-40, 40-80 e 80-120 cm. Em razão do grau de dificuldade de obtenção das amostras, foram coletadas somente oito amostras simples para constituir uma amostra composta para cada profundidade, sendo este procedimento realizado após a evaporação e infiltração da água residuária na lagoa. As análises químicas do solo foram realizadas segundo metodologia descrita por EMBRAPA (2009).

#### 4.1. RESULTADOS OBTIDOS

Os teores de nutrientes em diversas profundidades do solo do fundo das lagoas de deposição são apresentados na Tabela 4.

**Tabela 4.** Características químicas do solo em diversas profundidades coletadas no fundo da lagoa de deposição de águas residuárias, armazenadas durante três safras

	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	T	MO	Zn	Fe	Mn	Cu	B
		mg/dm <sup>3</sup>		-----cmol/dm <sup>3</sup> -----					dag/kg	-----mg/dm <sup>3</sup> -----				
0-20	5,3	5	300	0,8	0,2	0,2	1,3	3,1	0,7	5	124	15	2,0	0,24
20-40	5,3	2	275	0,9	0,0	0,4	1,3	2,9	0,4	7	123	52	1,9	0,10
40-80	5,5	1	250	0,6	0,0	0,5	1,2	2,5	0,4	8	140	42	1,8	0,16
80-120	5,7	2	270	0,4	0,0	0,2	1,2	2,3	0,4	7	114	71	3,1	0,12

Mesmo com a deposição de ARC de três safras, o teor de K na camada de 0-20 cm foi de 300 mg/dm. Este teor é considerado elevado quando comparado aos teores normalmente determinados em solos agrícolas (PREZOTTI et al., 2007). Entretanto, em se tratando de uma zona de acúmulo de resíduos orgânicos decantados, os valores dos nutrientes determinados não são tão elevados quanto o esperado.

As análises das camadas mais profundas mostram teores próximos ao observado na camada de 0-20 cm, sendo este um indicativo da percolação da ARC no perfil do solo. Por esta razão, os órgãos ambientais exigem que as lagoas de deposição estejam situadas em locais acima do lençol freático, a uma distância horizontal de 5 m em solo de textura argilosa e 10 m em solo de textura média. Em solo de textura arenosa não é permitido a deposição de ARC em lagoas que não sejam revestida com lona ou alvenaria.

#### 5. CONSIDERAÇÕES SOBRE A APLICAÇÃO DA ÁGUA RESIDUÁRIA NO SOLO

As doses de ARC devem ser planejadas objetivando o fornecimento

de nutrientes para as culturas e não para atender à necessidade hídrica das plantas, caso em que poderia ocorrer elevação excessiva dos teores de alguns nutrientes, principalmente o K. Como observado na Tabela 1, os teores de K na ARC variaram de 1,5 a 875 mg/L, sendo este um forte indicativo da necessidade da análise dos teores de nutrientes na ARC, e também no solo, para adequar a dose a ser aplicada.

Por ser o K o elemento encontrado em maior quantidade na ARC, ele deve ser utilizado como indicador para o cálculo da dose de ARC a ser aplicada ao solo. Como exemplo, uma ARC com teor de K de 210 mg/L, uma dose de 20 L/m<sup>2</sup> fornecerá 4,2 g/m<sup>2</sup> de K ou 5,5 g/m<sup>2</sup> de K<sub>2</sub>O.

A ARC deve ser aplicada sobre a superfície do solo de maneira homogênea, de modo a evitar a formação de poças próximas às plantas. Isto poderia causar déficit de O<sub>2</sub>, devido ao encharcamento e salinização do solo por excesso de nutrientes.

A ARC pode ser aplicada por aspersão, utilizando-se aspersores dispostos em sistema de malha. Para a aplicação via microaspersão e gotejamento, é necessária a filtragem da ARC. A desvantagem é que com a filtragem há redução do teor de matéria orgânica e dos nutrientes nela contidos ou adsorvidos.

Durante a aplicação da ARC deve-se evitar o escoamento superficial para não causar erosão e a possível contaminação de corpos hídricos, localizados próximos à área fertirrigada.

## 6. REFERÊNCIAS

ANDRADE, F. V. **Ácidos orgânicos e sua relação com adsorção, fluxo difusivo e disponibilidade de fósforo em solos para plantas.** 2004.42f. Tese(Doutorado)- Universidade Federal de Viçosa. Viçosa MG

CONAMA. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 18 mar. 2005. Seção 1, p.58-63. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em: 14 jul. 2008.

EMBRAPA - **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes.** In: FÁBIO CESAR DA SILVA (Ed.) 2. ed. Brasília, DF: Informação Tecnológica, 2009. 627p.

IEMA. Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Instrução Normativa Nº 13**, de 17 de dezembro de 2007. Disponível em: <[http://www.fiscolex.com.br/doc\\_1221500\\_INSTRUCAO\\_NORMATIVA\\_N\\_013\\_de\\_17\\_de\\_dezembro\\_de\\_2007.aspx](http://www.fiscolex.com.br/doc_1221500_INSTRUCAO_NORMATIVA_N_013_de_17_de_dezembro_de_2007.aspx)> Acesso em: 09 mar. 2012.

LO MONACO, P. A. **Fertirrigação do cafeeiro com águas residuárias da lavagem e descascamento de seus frutos.** 2005. 101f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

MATOS, A. T. de. Tratamento de resíduos na pós-colheita do café. In: BOREM, F. M. (Ed.). **Pós-colheita do café.** Lavras, MG Ed. UFLA, 2008. Cap. 6, p.159-201.

MATOS, A. T. de; BRASIL, M. da S.; FONSECA, S. P. P. Aproveitamento de efluentes líquidos domésticos e agroindustriais na agricultura. In: ENCONTRO DE RESERVAÇÃO DE MANANCIAS DA ZONA DA MATA MINEIRA, 3., 2003, Viçosa-MG. **Anais ...**, Viçosa: ABES/ MG, 2003. p. 25-79.

MATOS, A. T. de; LO MONACO, P.A.; SILVA, J.S. Tratamento de águas residuárias. In: **Secagem e armazenagem do café;** tecnologias e custos. Viçosa, MG: UFV, CBP&D – Café, 2001. p. 149 – 162.

MORELI, A.P. **Avaliação de um sistema de remoção de sólidos para maximização do uso da água no processamento dos frutos do cafeeiro.** 2010. 68f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Espírito Santo – Centro de Ciências Agrárias, Alegre, 2010.

PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVEIRA, J. A. **Manual de Recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo – 5º aproximação**. Vitória, ES: SEEA/Incaper/Cedagro, 2007. 305p.

SILVA, I. R.; MENDONÇA, E.S, Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F.de; ALVAREZ, V., V. H.; BARROS, N. F.de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. **Fertilidade do Solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017 p. 13

SOARES, G. F.; SOARES, V. F.; SOARES, S. F.; DONZELES, S. M. L.; MORELI, A. P.; ROCHA, A. C. da; PREZOTTI, L. C. Efeito da água residuária do café em plantas de milho. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 5., 2007, Águas de Lindóia, SP. **Anais...** Brasília, Embrapa Café, 2007.

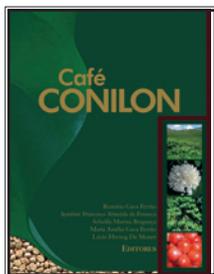
SOARES, S. F.; DONZELES, S. M. L.; MORELI, A. P.; ROCHA, A. C. da; PREZOTTI, L. C.; SOARES, G. F.; SOARES, V. F. **Água residuária do café: geração e aproveitamento**. Belo Horizonte, MG. EPAMIG, 2008. 4p. (Circular Técnica, 30).

SOARES, S. F.; DONZELES, S. M. L.; SOARES, G. F.; MORELI, A. P. Utilização da água residuária do processamento dos frutos do cafeeiro em alfaca. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 6, 2009, Vitória, ES. **Anais...** Embrapa Café, 2009. 1 CD-ROM.

SOARES, S. F.; MORELI, A. P.; DONZELES, S. M. L.; PREZOTTI, L. C.; ROCHA, A.C. da. **Efeitos da água residuária do café em plantas e no substrato de cultivo de aveia, milho e alfaca**. Brasília, DF: Embrapa, 2010. 8p. (Comunicado Técnico, 01)

TAYLOR, G. L.; NEAL, L. A. Land treatment of waste as an industrial sitting advantage. In: INDUSTRIAL WASTE CONFERENCE, 37, 1982. **Proceedings...** Purdue: Purdue Univ., 1982. p. 233-238.

## OUTRAS PUBLICAÇÕES DO INCAPER



**Café Conilon**

702 páginas



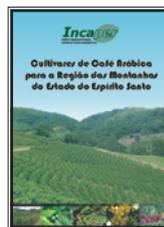
**Café Conilon: Técnicas de Produção com Variedades Melhoradas 4ª edição**  
74 páginas



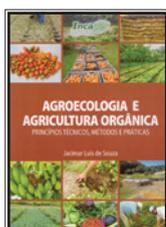
**Conilon "Vitória Incaper 8142" Variedade Clonal de Café Conilon**  
28 páginas



**Técnicas de produção de café arábica: renovação e revigoração das lavouras no Estado do Espírito Santo** - 56 páginas



**Cultivares de Café Arábica para a Região das Montanhas do Estado do Espírito Santo, 2ª edição** - 40 p.



**Agroecologia e Agricultura Orgânica** - 32 páginas



**Compostagem Orgânica**  
36 páginas



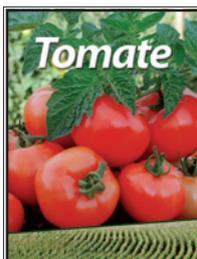
**Instruções Técnicas para a Cultura do Pinhão Manso**  
28 páginas



**Manual de uso Agrícola e Disposição do Lodo de Esgoto para o Estado do Espírito Santo**  
126 páginas



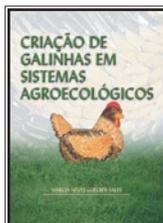
**Conhecimentos Tecnológicos para o Cultivo orgânico de Hortaliças, Milho e Feijão no ES** - 128 páginas



**Tomate**  
430 páginas



**Tecnologias Para Produção de Maracujá** - 205 páginas



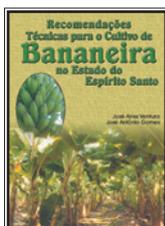
**Criação de Galinhas em Sistemas Agroecológicos**  
284 páginas



**Recomendações Técnicas para a Produção de Manga**  
56 páginas



**Recomendações Técnicas para a Cultura da Figueira**  
- 38 páginas



**Recomendações Técnicas para o Cultivo de Bananeira no Estado do ES** - 48 páginas



**A Cultura da Pimenteira-do-Reino do Estado do Espírito Santo** - 36 páginas



**Mapa de unidades naturais do Estado do Espírito Santo**  
56 páginas



**Agricultura Orgânica: tecnologias p/ a produção de alimentos saudáveis vol. II** - 257 páginas

MAPA DAS UNIDADES NATURAIS DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO (com rios) e (sem rios)

Rua Afonso Sarlo, 160 - Bento Ferreira - Vitória-ES - Caixa Postal 391 - CEP 29052-010

Tel.: (27) 3636 9846 - biblioteca@incaper.es.gov.br



SECRETARIA DA AGRICULTURA,  
ABASTECIMENTO, AQUICULTURA E PESCA



Rua Afonso Sarlo, 160 - Bento Ferreira - CEP 29052-010 - Vitória-ES  
Caixa Postal 391 - Tel.: (27) 3636.9888  
[coordenacaoeditorial@incaper.es.gov.br](mailto:coordenacaoeditorial@incaper.es.gov.br) - [www.incaper.es.gov.br](http://www.incaper.es.gov.br)