
ALTERAÇÃO NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOQUÍMICAS DA ÁGUA NO PROCESSO DE LAVAGEM, DESPOLPA E DESMUCILAGEM DE FRUTOS DO CAFEIEIRO

Roberta Jimenez de Almeida Rigueira¹, Adílio Flauzino de Lacerda Filho², Antonio Teixeira de Matos³, Sérgio Maurício Lopes Donzeles⁴, Juan José Fonseca Palacin⁵

RESUMO

Neste trabalho se objetivou avaliar as alterações nas características físicas, químicas e bioquímicas da água residuária da lavagem, despulpa e desmucilagem dos frutos do cafeeiro. Foi utilizado café cereja, variedade Catuaí, cuja colheita foi realizada no período de maio a julho de 2004, utilizando-se o método de derriça manual sobre pano. Durante o processamento dos frutos foram coletadas amostras de água na entrada e na saída do lavador/separador mecânico, no despulpador e no desmucilador. Processaram-se aproximadamente 11.000 litros de frutos por dia, para um volume médio de 3,0 litros de água para cada litro de fruto, com recirculação de água, e de 1,8 litro de água para cada litro de fruto sem recirculação. Em virtude da constituição química dos frutos, durante as operações de lavagem, despulpa e desmucilagem, houve aumento da carga orgânica e componente sólido da água residuária. Altas concentrações de nitrogênio e potássio indicaram a possibilidade de seu aproveitamento na fertirrigação.

Palavras-chave: Água residuária, café, DQO e DBO

ABSTRACT

PHYSICAL, CHEMICAL AND BIOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF WASTEWATER FROM WASHING, PULPING AND MUCILAGE REMOVAL OF COFFEE CHERRY

This study was done to evaluate the physical, chemical and biochemical characteristics of wastewater from the washing, pulping and demucilaging of coffee cherries. Cherry of variety 'Catuaí' were harvested by strip-picking onto a cloth, between May and July, 2004. Water samples during the process were collected from the inlet and outlet of the mechanical washer/separator, from the pulping machine, and from the fermentation tanks. Approximately 11.000 L of cherries were processed per day, with the mean use of 3 L water/L cherries with water recirculation and 1.8 L/L without recirculation. Due to chemical composition of cherry, there was an increase in the organic load and solid components in the wastewater during washing, pulping and mucilage removal operations. High concentrations of nitrogen and potassium indicated the possibility of its use in fertirrigation.

Keywords: Pulping, mucilage removal, coffee, wastewater, chemical oxygen demand (COD), biochemical oxygen demand (BOD).

Recebido para publicação em 28/03/2007. Aprovado em 06/11/2009.

1- Pós-doutoranda, DEA, UFV. E-mail: roberta@vicoso.ufv.br

2- Prof. Associado I, DEA, UFV. E-mail: alacerda@ufv.br

3- Prof. Associado I, DEA, UFV. E-mail: atmatos@ufv.br

4- Pesquisador EPAMIG, D.Sc. E-mail: slopes@ufv.br

5- Engenheiro de Alimentos, D.Sc. E-mail: fonsecaj1962@hotmail.com

INTRODUÇÃO

O processamento do fruto do cafeeiro pode ser feito por via seca ou úmida. Na forma de preparo por via seca, mais comumente utilizada no Brasil, os frutos, após a lavagem e separação, são secados na sua forma integral (com casca), enquanto no preparo por via úmida se obtém o café despolpado com ou sem desmucilagem. De acordo com Delgado & Barois (1999), no processamento por via úmida são geradas aproximadamente três toneladas de subprodutos, sendo requeridas quatro toneladas de água para produzir uma tonelada de grão processado.

A atividade de lavagem e despolpa de frutos de cafeeiro se torna necessária para obtenção da redução da área do terreiro, do tempo e do custo de secagem, proporcionando melhoria na qualidade da bebida. No entanto, são gerados grandes volumes de águas residuárias, as quais, segundo Matos et al. (2007), são ricas em material orgânico, nutrientes e sais que, se dispostas de forma inadequada, podem constituir alto potencial poluente para o solo e, ou, para a água.

Com as tecnologias em uso na lavagem dos frutos do cafeeiro, gera-se em torno de 0,1 a 0,2 L de água

residuária para cada litro de fruto processado, razão que depende do tamanho do tanque de lavagem e do número de descargas efetuadas durante o dia para a substituição da água. Na despolpa e desmucilagem, gera-se entre 3 e 5 L de água para cada litro de fruto (MATOS & LO MÔNACO, 2003).

A análise das alterações nas características da água residuária da despolpa de frutos do cafeeiro, notadamente quando há recirculação da água no processo, apesar de pouco realizada, é fundamental para o manejo, para a operação do sistema e para a definição das técnicas de tratamento da água descarregada diariamente da unidade de processamento.

Nos Quadros 1 e 2 estão apresentadas as principais características físicas, químicas e bioquímicas das águas residuárias resultantes da lavagem e despolpa dos frutos “cereja” do cafeeiro, quando submetidas à recirculação no sistema de processamento.

As determinações de DBO (demanda bioquímica de oxigênio) e DQO (demanda química de oxigênio) são de grande importância na verificação do grau de poluição orgânica de cursos d'água, no estudo de cargas orgânicas poluidoras e na escolha do tipo de

Quadro 1. Resultados das análises químicas e bioquímicas das amostras de água residuária da lavagem e despolpa dos frutos do cafeeiro arábica (MATOS et al., 2005)

FUNÇÃO		pH	DQO	DBO ₅	N _T	P _T	K _T	Na _T
TIPO		-----mg.L ⁻¹ -----						
ASR	Desc./Desp.	3,5 – 5,2	3.430-8.000	1.840-5.000	120-250	4,5-10,0	315-460	2,0-5,5
ACR	Desc./Desp.	-	18.600-29.500	10.500-14.340	400	16	1.140	16,5

Fonte: <http://www.ufv.br/poscolheita/aguas/caracterizacao.htm> - 16/07/2005.

ASR – arábica sem recirculação e ACR – arábica com recirculação; pH – potencial hidrogeniônico; DQO – demanda química de oxigênio; DBO₅ – demanda bioquímica de oxigênio; N_T – nitrogênio total; P_T – fósforo total; K_T – potássio total; Na_T – sódio total.

Quadro 2. Caracterização das águas residuárias da lavagem e despolpa dos frutos do cafeeiro conilon (Matos et al., 2005)

EF	pH	CE	SP	ST	SS	SD	SFT	SVT	DQO	DBO ₅	N _T	P _T	Na _T	K _T
		dS.m ⁻¹	mL.L ⁻¹	-----mg.L ⁻¹ -----										
1	4,90	0,2590	17	1069	380	689	390	679	1520	411	76,8	5,0	25,5	41
2	4,75	0,5848	0	4889	850	4039	126	4763	5148	2525	105,5	8,8	45,0	115
3	4,10	0,7180	180	5504	1888	3616	706	4798	10667	3184	124,6	10,8	58,3	154
4	4,10	0,9920	330	6403	2336	4067	848	5555	11000	3374	160,0	13,9	77,1	205

Fonte: <http://www.ufv.br/poscolheita/aguas/caracterizacao.htm> - 16/07/2005.

EF – efluente; pH – potencial hidrogeniônico; CE – condutividade elétrica; SP – sólidos sedimentáveis; ST – sólidos totais; SS – sólidos em suspensão; SD – sólidos dissolvidos; SFT – sólidos fixos totais; SVT – sólidos voláteis totais; DQO – demanda química de oxigênio; DBO₅ – demanda bioquímica de oxigênio; N_T – nitrogênio total; P_T – fósforo total; K_T – potássio total; Na_T – sódio total.

tratamento a ser efetuado. Se a concentração de DQO for menor que o dobro da DBO, é possível que grande parte da matéria orgânica seja biodegradável; e se a DQO for muito além da DBO, é possível que grande parte da matéria orgânica não seja biodegradável. Outros atributos importantes para a caracterização e quantificação da poluição são: pH, sólidos totais, sedimentáveis, suspensos, condutividade elétrica e turbidez (MATOS *et al.*, 2005).

O potencial hidrogeniônico (pH) é um atributo importante, pois condiciona as reações químicas do meio.

Os sólidos em suspensão e em estado coloidal são os responsáveis pelo aparecimento da turbidez nas águas, os quais podem apresentar ampla faixa de tamanhos (VON SPERLING, 1996). É necessário fazer distinção entre material suspenso, que precipita rapidamente, dos chamados sedimentos que precipitam vagarosamente e provocam turbidez. A turbidez é encontrada em quase todas as águas de superfície em valores elevados, sendo normalmente ausente em águas subterrâneas.

A condutividade elétrica (CE) depende da quantidade de sais dissolvidos na água, sendo tanto maior quanto maior for a concentração de eletrólitos nela dissolvidos e, por isso, sua determinação possibilita estimar a quantidade de sólidos.

De acordo com Campos *et al.* (1998), a Legislação Ambiental do Estado de Minas Gerais (Deliberação Normativa COPAM nº 10/86) estabelece que, para o lançamento de águas residuárias em corpos hídricos, a DBO, que pode ser entendida como uma medida da quantidade de material orgânico presente, seja de 60 mg.L⁻¹ ou que a eficiência do sistema de tratamento das águas residuárias, para remoção da DBO, seja superior a 85 %.

Objetivou-se, com a realização deste trabalho, caracterizar física, química e bioquimicamente, em diferentes fases das operações unitárias, a água residuária da lavagem, da despolpa e da desmucilagem dos frutos do cafeeiro (*Coffea arabica* L.).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi montado em uma fazenda localizada no município de São Miguel do Anta, Estado de Minas Gerais. Foram utilizados frutos cereja, da variedade Catuaí, colhidos pelo método de derriça manual sobre pano, entre maio e julho de 2004. O teor inicial de água dos frutos no início da colheita foi de, aproximadamente, 60% base úmida

(b.u.), contendo, em massa, 68 % de frutos maduros, 16 % de frutos verdes e verdoengos e 16 % de frutos secados na planta.

Amostras da água, utilizadas no processo de lavagem, foram coletadas antes e após a entrada dos frutos no lavador/separador mecânico, durante as operações de lavagem, despolpa e desmucilagem e na saída do sistema. Foram processados, aproximadamente, 11.000 litros de frutos por dia, que demandou um volume médio de 3,0 litros de água “limpa” para cada litro de fruto despolpado e de 1,8 litros de água para cada litro, quando houve a recirculação da água para se efetuar a despolpa dos frutos (Figura 1).

As amostras de água foram colocadas em caixa de isopor contendo gelo e encaminhadas, imediatamente, para o Laboratório de Qualidade da Água, do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, para a realização das análises.

As determinações de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e de DQO (Demanda Química de Oxigênio) foram realizadas seguindo-se a metodologia apresentada no Standard Methods ... (APHA, 1995), sendo a DBO obtida pela determinação do oxigênio dissolvido pelo método iodométrico e a DQO pelo método do refluxo aberto. Para determinação da condutividade elétrica (CE), foi utilizado um condutivímetro digital da marca Orion, modelo 125, e os sólidos totais (ST) e sólidos em suspensão (SP) foram quantificados conforme metodologia apresentada por Braile & Cavalcanti (1979) e APHA (1995). O pH das amostras foi determinado com o auxílio do medidor de pH da marca Digimed, modelo DM 21. A concentração de N-total foi determinada em alíquota de 10 mL, pelo método Kjeldahl (Tedesco *et al.*, 1985).

Alíquotas de 10 mL das amostras de água coletadas foram digeridas com 5 mL de solução nítrico-perclórica (proporção de 3 mL de ácido para cada mL de ácido perclórico) para quantificação das concentrações de sódio e potássio totais, por fotometria de emissão de chama, e de fósforo (P) total por colorimetria, utilizando-se ácido ascórbico modificado por Braga & Defelipo (1974).

A água, utilizada na lavagem, separação, descascamento e desmucilagem dos frutos de cafeeiro, foi coletada no depósito de água e avaliada quanto ao conteúdo de coliformes fecais e totais por meio do sistema de auto-análise, que detectou e quantificou a presença desses microrganismos em 24

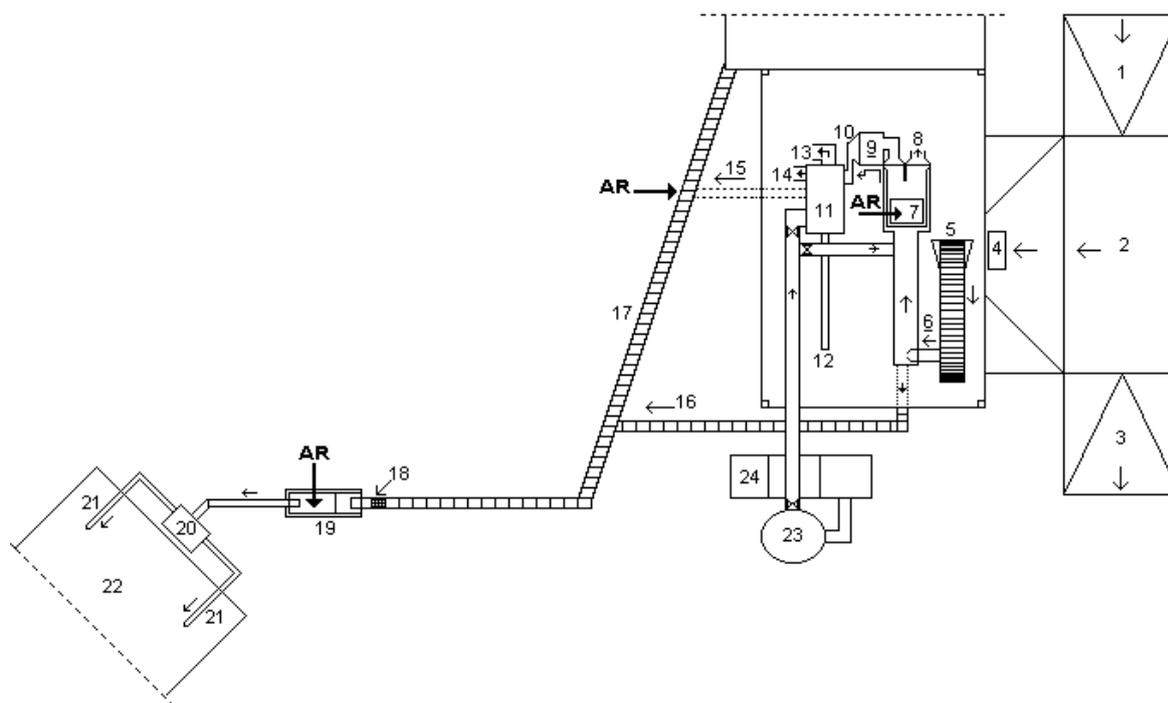


Figura 1. Unidade de pré-processamento de frutos do cafeeiro.

LEGENDA

X – Válvula de abertura/fechamento de água

AR – Coleta de água residuária

1 – Rampa de entrada

2 – Plataforma de recebimento de frutos de café

3 – Rampa de saída

4 – Moega de recepção

5 – Fita transportadora

6 – Condutor de frutos de café

7 – Lavador/separador

8 – Saída de frutos leves (bóias)

9 – Saída de frutos pesados (cerejas verdes)

10 – Moega com elevador de canecas para conduzir os frutos ao descascador/ despulpador/ desmucilador;

11 – Descascador/despulpador/desmucilador;

12 – Transportador de casca;

13 – Café verde, separado por densidade

14 – Café cereja descascado/ despulpado/ desmucilado

15 – Escoamento da água do descascador/ despulpador/desmucilador

16 – Escoamento da água do lavador/separador

17 – Escoamento da água residuária dos frutos do cafeeiro

18 – Filtro

19 – Desarenador/sedimentador

20 – Caixa de distribuição

21 – Conductor de distribuição de água residuária

22 – Lagoa anaeróbica

23 – Tanque elevado de água (5000 L)

24 – Depósito de água (9000 L)

horas. O teste foi realizado se adicionando à amostra um substrato comercial (Colilert ou ONPG-MUG) que conteve enzimas específicas para interação com grupos de bactérias específicas (MATOS, 2004).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram geradas em torno de 20.000 L de água residuária altamente poluente, proveniente do processamento de frutos do cafeeiro na primeira utilização e 30.000 L na segunda, totalizando 50.000 L dia⁻¹.

Na água utilizada no pré-processamento e no processamento dos frutos do cafeeiro, água de abastecimento (nº 24, Figura 1), foi observada contaminação biológica, por coliformes fecais e totais, nos valores de 248,1 NMP/100 mL e 96 NMP/100 mL, respectivamente. Esses resultados indicaram que a água, utilizada no processamento dos frutos de cafeeiro, provavelmente, pode ter sido fonte de contaminação para os grãos. Essa mesma água apresentou 18,68 mg L⁻¹ de DQO, zero de DBO e 0,88; 4,20 e 9,70 mg L⁻¹ de fósforo total, sódio total e potássio total, respectivamente.

No Quadro 3 estão apresentados os resultados das análises físicas das amostras de água residuária proveniente da lavagem dos frutos do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) e na Quadro 4, os resultados das análises químicas e bioquímicas. Na água de abastecimento, (nº 24, Figura 1), não foi constatada a presença de sólidos sedimentáveis, sólidos totais, sólidos em suspensão, sólidos fixos e voláteis,

mostrando ter potencial para sua utilização. Já no reservatório do equipamento, mesmo tendo sido introduzida água limpa após a metade do tempo de operação, foi observada a presença de sólidos totais, em suspensão, fixos e voláteis, em função da limpeza ineficaz realizada no recipiente de lavagem.

A obtenção de um valor de 136 mg L⁻¹ de sólidos voláteis no reservatório de água do equipamento, antes do início das operações de processamento do fruto do cafeeiro, foi indicativo da presença de matéria orgânica e da necessidade de uma limpeza mais eficaz. O processamento de 4.000 L de frutos aumentou a quantidade de sólidos voláteis nas águas desse reservatório, que passaram de 136 para 2.271 mg L⁻¹. Posteriormente, com o processamento de 6.000 L de frutos, este valor foi aumentado para 4.140 mg L⁻¹, tornando a água usada na recirculação rica em compostos orgânicos, o que pode contribuir para a contaminação dos frutos.

A disponibilização de 50 a 80 mg L⁻¹ de sólidos sedimentáveis indicou haver maior quantidade de resíduos, podendo impossibilitar o uso desta água por um maior número de vezes.

O pH da água residuária do processamento de frutos do cafeeiro apresentou-se ácido, na faixa de 5,3 a 6,1 (Quadros 2, 4 e 6), enquanto que, para a água de abastecimento (nº 24, Figura 1), esse valor foi 6,1. No decorrer das avaliações, foi possível observar que, ao introduzir a água limpa no depósito de abastecimento (nº 24, Figura 1), durante as etapas do processamento, houve diminuição dos valores do pH.

Quadro 3. Resultados das análises físicas de amostras de água residuária da lavagem dos frutos do cafeeiro (*Coffea arabica* L.)

Função	CE	SP	ST	SS	SF	SV
	dS m ⁻¹	mL L ⁻¹	-----mg L ⁻¹ -----			
Água de abastecimento	0,023	-	-	-	-	-
Lavador, água limpa	0,020	-	154	6	18	136
Lavador, etapa 1	0,344	50	3.255	867	984	2.271
Lavador, etapa 2	0,599	80	5.038	2.430	898	4.140

Água de abastecimento – amostra do reservatório de água (nº 24, Figura 1); **Lavador, água limpa** – amostra da água contida no reservatório de água do lavador antes de iniciar a lavagem dos frutos (nº 7, Figura 1); **Lavador, etapa 1** – amostra da água contida no reservatório de água com equipamento desligado após a lavagem, tendo sido lavado o volume médio de 4.000 litros de fruto (nº 7, Figura 1); **Lavador, etapa 2** – amostra da água contida no reservatório de água com equipamento desligado após a lavagem, tendo sido lavado o volume médio de 6.000 litros de fruto na segunda etapa (água de recirculação) (nº 7, Figura 1). **CE** – condutividade elétrica; **SP** – sólidos sedimentáveis; **ST** – sólidos totais; **SS** – sólidos em suspensão; **SF** – sólidos fixos; **SV** – sólidos voláteis.

No Quadro 5 encontram-se apresentados os resultados das análises físicas das amostras de água residuária provenientes do descascamento, da despolpa e da desmucilagem dos frutos do cafeeiro (*C. arabica* L.) e no Quadro 6, os resultados das análises químicas e bioquímicas.

As amostras de água residuária resultantes do lavador e do despoldador/desmucilador foram submetidas a análises físicas, químicas e bioquímicas, conforme apresentado nos Quadros 5 e 6, respectivamente.

O processamento de 4.000 L de frutos no

despoldamento/desmucilamento 1 proporcionou à água em recirculação, valores das variáveis analisadas muitos maiores que os obtidos na água de abastecimento em apenas 30 minutos de operação do sistema, enquanto no despoldamento/desmucilamento 2, com a adição ocasional de água, os valores foram reduzidos, indicando ter ocorrido diluição dos sólidos sedimentáveis, totais, em suspensão, fixos, voláteis, além da diminuição da condutividade elétrica.

No despoldamento/desmucilamento 3, após o processamento de 6.000 L de frutos, houve aumento

Quadro 4. Resultados das análises químicas e bioquímicas das amostras de água residuária da lavagem dos frutos do cafeeiro (*Coffea arabica* L.)

Função	pH	DQO	DBO	mg L ⁻¹			
				N _T	P _T	K _T	Na _T
Água de abastecimento	6,1	18,68	0,00	-	0,88	9,70	4,20
Lavador, água limpa	6,2	18,68	9,68	0,24	0,26	8,90	2,50
Lavador, etapa 1	5,5	5.604,00	513,72	54,64	12,00	48,60	15,70
Lavador, etapa 2	5,5	6.582,76	1.886,62	74,73	14,87	77,10	23,20

Água de abastecimento – amostra do reservatório de água (nº 24, Figura 1); **Lavador, água limpa** – amostra da água contida no reservatório de água do lavador antes de iniciar a lavagem dos frutos (nº 7, Figura 1); **Lavador, etapa 1** – amostra da água contida no reservatório de água com equipamento desligado após a lavagem, tendo sido lavado o volume médio de 4.000 litros de fruto (nº 7, Figura 1); **Lavador, etapa 2** – amostra da água contida no reservatório de água com equipamento desligado após a lavagem, tendo sido lavado o volume médio de 6.000 litros de fruto na segunda etapa (água de recirculação) (nº 7, Figura 1). **pH** – potencial hidrogeniônico; **DQO** – demanda química de oxigênio; **DBO** – demanda bioquímica de oxigênio; **N_T** – nitrogênio total; **P_T** – fósforo total; **K_T** – potássio total; **Na_T** – sódio total.

Quadro 5. Resultados das análises físicas de amostras de água residuária do descascamento, da despolpa e da desmucilagem dos frutos do cafeeiro (*Coffea arabica* L.)

Função	CE	SP	ST	SS	SF	SV
	dS m ⁻¹	mL L ⁻¹	mg L ⁻¹			
Água de abastecimento	0,023	-	-	-	-	-
Desp./Desmuc. 1	1,090	850	16.507	2.647	1.406	15.101
Desp./Desmuc. 2	0,047	2	10.627	177	10.109	518
Desp./Desmuc. 3	0,800	900	14.827	2.780	1.210	13.617

Água de abastecimento – amostra do reservatório de água (nº 24, Figura 1); **Desp.** – despoldamento; **Desmuc.** – desmucilamento; **Desp./Desmuc. 1** – amostra da água liberada pelo descascador/ despoldador/ desmucilador após 30 minutos de operação, tendo sido processado o volume médio de 4.000 L de frutos no primeiro descascamento/despoldamento/desmucilamento (nº 15, Figura 1); **Desp./Desmuc. 2** – amostra da água do descascador/despoldador/desmucilador considerando mais de 30 minutos de operação, com abertura do registro da água do reservatório, tendo sido processado 4.000 L de frutos no primeiro descascamento/despoldamento/desmucilamento (nº 15, Figura 1); **Desp./Desmuc. 3** – amostra da água liberada pelo descascador/ despoldador/ desmucilador após 30 minutos de operação, tendo sido processado o volume médio de 6.000 L de fruto, no segundo descascamento/despoldamento/desmucilamento (água recirculada) (nº 15, Figura 1). **pH** – potencial hidrogeniônico; **DQO** – demanda química de oxigênio; **DBO** – demanda bioquímica de oxigênio; **N_T** – nitrogênio total; **P_T** – fósforo total; **K_T** – potássio total; **Na_T** – sódio total.

Quadro 6. Resultados das análises químicas e bioquímicas das amostras de água residuária da despolpa e desmucilagem dos frutos do cafeeiro (*Coffea arabica* L.)

Função	pH	DQO	DBO	N _T	P _T	K _T	Na _T
		mg L ⁻¹					
Água de abastecimento	6,1	18,68	0,00	-	0,88	9,70	4,20
Desp./Desmuc. 1	5,4	18.680,00	6.384,43	167,95	22,59	157,00	45,60
Desp./Desmuc. 2	6,1	5.090,30	2.222,76	2,77	1,61	11,90	4,70
Desp./Desmuc. 3	5,3	18.066,36	5.005,72	163,13	21,87	157,00	58,00

Água de abastecimento – amostra do reservatório de água (nº 24, Figura 1); **Desp.** – despulpamento; **Desmuc.** – desmucilamento. **Desp./Desmuc. 1** - amostra da água liberada pelo descascador/ despulpador/ desmucilador após 30 minutos de operação, tendo sido processado o volume médio de 4.000 L de frutos no primeiro descascamento/ despulpamento/ desmucilamento (nº 15, Figura 1). **Desp./Desmuc. 2** – amostra da água do descascador/despulpador/ desmucilador considerando mais de 30 minutos de operação, com abertura do registro da água do reservatório, tendo sido processado 4.000 L de frutos no primeiro descascamento/despulpamento/desmucilamento (nº 15, Figura 1). **Desp./Desmuc. 3** – amostra da água liberada pelo descascador/ despulpador/ desmucilador após 30 minutos de operação, tendo sido processado o volume médio de 6.000 L de fruto, no segundo descascamento/despulpamento/desmucilamento (água recirculada) (nº 15, Figura 1). **pH** – potencial hidrogeniônico; **DQO** – demanda química de oxigênio; **DBO** – demanda bioquímica de oxigênio; **N_T** – nitrogênio total; **P_T** – fósforo total; **K_T** – potássio total; **Na_T** – sódio total.

Quadro 7. Resultados das análises físicas das amostras de água residuária na fase final de lavagem dos frutos do cafeeiro (*Coffea arabica* L.)

Função	CE	SP	ST	SS	SF	SV
	dS m ⁻¹	mL L ⁻¹	mg L ⁻¹			
Água de abastecimento	0,023	-	-	-	-	-
Lavador + Desp./Desmuc. 1	1,247	850	18.881	3.633	3.594	15.287
Lavador + Desp./Desmuc. 2	1,008	345	12.826	2.640	1.267	11.559

Água de abastecimento – amostra do reservatório de água (nº 24, Figura 1); **Desp.** – despulpamento; **Desmuc.** – desmucilamento. **Lavador + Desp./Desmuc. 1** – amostra da água proveniente da lavagem, descasque, despulpa e desmucilagem de 4.000 L de frutos, coletada no desarenador/sedimentador (nº 19, Figura 1). **Lavador + Desp./Desmuc. 2** – amostra da água proveniente da lavagem, descasque, despulpa e desmucilagem de 6.000 L de frutos utilizando água recirculada, coletada no desarenador/sedimentador (nº 19, Figura 1). **CE** – condutividade elétrica; **SP** – sólidos sedimentáveis; **ST** – sólidos totais; **SS** – sólidos em suspensão; **SF** – sólidos fixos; **SV** – sólidos voláteis.

Tabela 8. Resultados das análises químicas e bioquímicas das amostras de água residuária na fase final da lavagem dos frutos de café (*Coffea arabica* L.)

Função	pH	DQO	DBO	N _T	P _T	K _T	Na _T
		mg L ⁻¹					
Água de abastecimento	6,1	18,68	0,00	-	0,88	9,7	4,20
Lavador + Desp./Desmuc. 1	5,4	22.416,00	5.321,94	254,74	26,35	210,0	66,30
Lavador + Desp./Desmuc. 2	5,4	18.066,36	5.821,17	163,53	18,82	148,0	46,40

Água de abastecimento – amostra do reservatório de água (nº 24, Figura 1). **Desp.** – despulpamento; **Desmuc.** – desmucilamento. **Lavador + Desp./Desmuc. 1** – amostra da água proveniente da lavagem, descasque, despulpa e desmucilagem de 4.000 L de frutos, coletada no desarenador/sedimentador (nº 19, Figura 1). **Lavador + Desp./Desmuc. 2** – amostra da água proveniente da lavagem, descasque, despulpa e desmucilagem de 6.000 L de frutos utilizando água recirculada, coletada no desarenador/sedimentador (nº 19, Figura 1). **CE** – condutividade elétrica; **SP** – sólidos sedimentáveis; **ST** – sólidos totais; **SS** – sólidos em suspensão; **SF** – sólidos fixos; **SV** – sólidos voláteis.

nos valores referentes às concentrações de sólidos na água em recirculação.

Matos et al. (2005) encontraram aumento no potencial poluente da água à medida que esta foi recirculada durante a despolpa de frutos do cafeeiro. Neste trabalho, a variação da carga orgânica, com a recirculação, foi devida à adição da água do abastecimento (nº 24, Figura 1) durante o processamento dos frutos, o que, obviamente, proporcionou diluição dos poluentes e diminuiu sua concentração na água; embora tenha aumentado o volume da água utilizada no pré-processamento e processamento dos frutos.

Comparando os resultados apresentados nos Quadros 3 e 4 com os dos Quadros 5 e 6, foi possível observar o considerável incremento nos valores referentes às características físicas, químicas e bioquímicas da água residuária produzida no processamento dos frutos do cafeeiro, em virtude da constituição do produto e da alta liberação de constituintes orgânicos.

Conforme apresentado no Quadro 7, a água originada do lavador e do desp./desmuc. 1, confirmou o descrito nos Quadros 3 e 5 em que houve aumento de condutividade elétrica, de sedimentáveis e totais, indicando haver grande quantidade de resíduos. No item lavador e desp./desmuc. 2 houve a diluição dos elementos estudados em função da adição ocasional da água de abastecimento o que, também, confirmou a descrição dos Quadros 2 e 4.

Os valores contidos no Quadro 6, bem como os do Quadro 5, possibilitam observar aumento nos valores de DBO, DQO, nitrogênio total, fósforo total, potássio total e sódio total e maior acidez da água em recirculação, quando comparados aos valores apresentado nos Quadros 6 e 8.

No Quadro 6, o alto índice de DQO e DBO indicou a presença de alto percentual de matéria orgânica desprendida dos frutos do cafeeiro. A diminuição desta carga orgânica, conforme pode ser verificado nos resultados apresentados nos Quadros 5, 6, 7 e 8, foi decorrente da introdução de água “limpa”, proveniente do abastecimento (nº 24, Figura 1).

Os elevados valores de DBO e DQO apresentados nos Quadros 2, 4 e 6 são indicativos de que as águas residuárias geradas possuem elevada carga orgânica e, que se forem lançadas em corpos hídricos receptores, sem tratamento prévio, poderão ocasionar sérios problemas ao ambiente. Análises conduzidas em laboratórios indicaram que a água residuária da lavagem e despolpa dos frutos do cafeeiro possuiu

DBO em torno de 6.000 mg L⁻¹, valor muito acima do permitido pela Legislação Ambiental do Estado de Minas Gerais, 60 mgL⁻¹, segundo apresentado na Deliberação Normativa COPAM nº 10/86. A elevada concentração de sólidos totais, dos quais a maior parte é composta por sólidos voláteis, pode ser removida por meio de tratamento biológico.

CONCLUSÕES

Para as condições experimentais, os resultados observados permitem concluir que:

- o aumento dos valores da condutividade elétrica, sólidos sedimentáveis, totais, em suspensão, fixos e voláteis, DBO, DQO, nitrogênio, potássio e sódio foi devido à constituição dos frutos do cafeeiro no decorrer do processo de lavagem, descascamento/despolpa e desmucilagem, por apresentarem alta carga orgânica, podendo ser diluídos quando adicionada água “limpa” ao meio.
- a água gerada na lavagem dos frutos do cafeeiro, pela sua constituição, deve ser tratada, principalmente, por métodos físicos, enquanto as geradas na despolpa e desmucilagem, de muito maior poder poluente, exigem tratamento físico e biológico antes de seu lançamento em corpo hídrico receptor.
- a incorporação de água “limpa” durante a despolpa impede que haja aumento no poder poluente da água utilizada no processo, porém aumenta o volume desse insumo, necessário para a realização das operações.
- as concentrações de nitrogênio e, principalmente, de potássio, são relativamente altas na água residuária do processamento dos frutos, o que é indicativo da possibilidade de seu aproveitamento agrícola, em fertirrigação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APHA – American Public Health Association. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 19. ed. Washington D. C., 1995. 1000p.
- Braga, G.F.; Defelipo, B. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solo e material vegetal. *Revista Ceres, Viçosa*, v. 21, p.73-85, 1974.
- Braile, P. M.; Cavalcanti, J. E. W. A. **Manual de**

tratamento de águas residuárias industriais. São Paulo. CETESB, 1979. 764 p.

Campos, L. P. R.; Lopes, A. L. B.; Horta, A. H. L.; Carneiro, R. Licenciamento ambiental: coletânea de legislação. Belo Horizonte: FEAM; Projeto Minas Ambiente, 1998. 382 p. (Manual de Saneamento e Proteção ambiental para os Municípios, v.5).

Delgado, E.A.; Barois, I. Lombricompostaje de la pulpa de café em México. *In:* SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE BIOTECNOLOGIA NA AGROINDÚSTRIA CAFEEIRA, 3., 1999, Londrina. **Anais...** Londrina – PR, 1999, p.335-343.

Di Bernardo, L. Tecnologias de tratamento de água com filtração rápida. *In:* SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE SELECCION DE TECNOLOGIA PARA EL MEJORAMIENTO DE AL CALIDADE DEL AGUA. **Actas....** Santiago de Cali, Peru. 2000, 501p.

Matos, A.T. Práticas de manejo e tratamento de resíduos agroindustriais. UFV: EAGRI/DEA. Série

Caderno Didático 32, 2004.

Matos, A. T. ; Eustáquio Júnior, V.; Pereira, P. A.; Matos, M. P. Tratamento da água para reuso no descascamento/despolpa dos frutos do cafeeiro. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.15, n.2, p.173-178, abr/jun, 2007.

Matos, A.T; Lo Mônaco, P.A. **Tratamento e aproveitamento agrícola de resíduos sólidos e líquidos da lavagem e despolpa de frutos do cafeeiro.** Viçosa: UFV, 2003. 68 p. (Engenharia na Agricultura. Boletim técnico, 7).

Matos, A.T.; Lo Mônaco, P.A.; Garcia, G. O. **Caracterização dos resíduos sólidos e líquidos no processamento dos frutos do cafeeiro.** Disponível em: <http://www.ufv.br/poscolheita/aguas/caracterizacao.htm>, acessado em 16 de julho de 2005.

Tedesco, J. M.; Volkweiss, S. J.; Bohnen, H. **Análises de solo, plantas e outros materiais.** Porto Alegre: UFGS, 1985. 186 p. (Boletim Técnico de Solos, 5)