

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

**ALDEMAR POLONINI MORELI**

**AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA DE REMOÇÃO DE SÓLIDOS  
PARA MAXIMIZAÇÃO DO USO DA ÁGUA NO PROCESSAMENTO  
DOS FRUTOS DO CAFEIRO**

**ALEGRE**

**2010**

**ALDEMAR POLONINI MORELI**

**AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA DE REMOÇÃO DE SÓLIDOS  
PARA MAXIMIZAÇÃO DO USO DA ÁGUA NO PROCESSAMENTO  
DOS FRUTOS DO CAFEIRO**

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, na área de concentração Planejamento e Manejo dos Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Edvaldo Fialho dos Reis

**ALEGRE**

**2010**

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)  
(Biblioteca Setorial de Ciências Agrárias,  
Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

---

- M839a Moreli, Aldemar Polonini , 1964 -  
Avaliação de um sistema de remoção de sólidos para  
maximização do uso da água no processamento dos frutos do  
cafeeiro / Aldemar Polonini Moreli. – 2010.  
68 f. : il.
- Orientador: Edvaldo Fialho dos Reis.  
Co-Orientadores: Sammy Fernandes Soares e Luiz Carlos  
Prezotti.  
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Espírito  
Santo, Centro de Ciências Agrárias.
1. Café. 2. Colheita. 3. Desenvolvimento sustentável. 4.  
Resíduos orgânicos. I. Reis, Edvaldo Fialho dos. II. Soares,  
Sammy Fernandes. III. Prezotti, Luiz Carlos. IV. Universidade  
Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias. V. Título.

CDU: 63

---

**ALDEMAR POLONINI MORELI**

**AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA DE REMOÇÃO DE SÓLIDOS  
PARA MAXIMIZAÇÃO DO USO DA ÁGUA NO PROCESSAMENTO  
DOS FRUTOS DO CAFEIRO**

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, na área de concentração Planejamento e Manejo de Recursos Hídricos.

Aprovada em 13 de dezembro de 2010.

**COMISSÃO EXAMINADORA**

---

**Prof. Dr. Edvaldo Fialho dos Reis**  
Centro de Ciências Agrárias – UFES  
(Orientador)

---

**Dr. Sammy Fernandes Soares**  
Pesquisador Embrapa Café//Epamig  
(Coorientador)

---

**Dr. Luis Carlos Prezotti**  
Pesquisador/Incaper  
(Coorientador)

---

**Prof. Dr. Giovanni de Oliveira Garcia**  
Centro de Ciências Agrárias - UFES

---

**Dr. Rogério Carvalho Guarçoni**  
Pesquisador Bolsista Embrapa Café

À minha mulher, Lidia Lopes Dias Moreli, pelo apoio e compreensão durante todos os momentos dessa infundável busca pelo conhecimento.

Aos meus filhos, Jeferson e Juliane, pelos exemplos de pessoas que são.

Aos meus pais e irmãos, pelos exemplos de luta e esperança.

Aos amigos, por compreenderem minhas ausências.

## **AGRADECIMENTOS**

A DEUS, por me conceder a sabedoria e o discernimento para enfrentar com ânimo e paciência todas as dificuldades encontradas durante o curso.

Ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo e ao Incaper, pela oportunidade de realizar este curso.

À minha querida mulher Lídia, companheira e amiga e aos meus filhos Jeferson e Juliane, por compreenderem minha ausência e me encorajar, contribuindo, grandiosamente, com este resultado.

Aos meus pais, Justino e Denilda, pelos exemplos de luta e esperança e aos meus familiares, pelo carinho e incentivo.

Ao Professor e Orientador Dr. Edvaldo Fialho dos Reis e aos Coorientadores, Dr. Sammy F. Soares e Dr. Luiz C. Prezotti, pela orientação, amizade, incentivo e pelos conhecimentos transmitidos.

Aos amigos e amigas: Abraão Carlos Verdin Filho, Aledir C. da Rocha, Aymbiré Francisco A. da Fonseca, Dirlei Paulina N. de Castro, Eduardo P. Melo, João Batista da S. Araujo, João Carlos de Paula, José Mauro de S. Balbino, Luis Fernando Saudino, Maria Amélia G. Ferrão, Romário G. Ferrão, Sergio M. L. Donzeles e Weverson S. Almagro, pela importância na construção de meus conhecimentos.

Ao Incaper e seus servidores, participantes do meu dia-a-dia, pela confiança e oportunidade para que eu pudesse colocar em prática os ensinamentos adquiridos.

Aos meus irmãos, que mais uma vez souberam reconhecer minhas ausências nos trabalhos da arte real e todas as pessoas que estiveram ao meu lado contribuindo para a materialização deste trabalho.

À PRONOVA; AGROPECUÁRIA ZANDONADI e à BRUNORO AGROAVÍCOLA, nas pessoas do Sr. Eduardo Pagio Melo, Eng. Agrônomo José Rubens Zandonadi e do Administrador Antonio Veríssimo, respectivamente, pelo imprescindível apoio.

## **BIOGRAFIA**

Aldemar Polonini Moreli, filho de Justino Moreli e Denilda Isabel Polonini Moreli, nascido em 05 de dezembro de 1964, no município de Rio Novo do Sul, Estado do Espírito Santo. cursou o Técnico em Agropecuária na Escola Agrotécnica Federal de Santa Teresa, hoje IFES-Santa Teresa, durante o período de 1980/1982. Iniciou a carreira profissional na EMCAPA, hoje, Incaper, em 1984, mantendo vínculo de trabalho até a presente data. Em 2001, ingressou no curso de Administração, com ênfase para Administração Rural, pela Faculdade Regional Serrana, localizada em Venda Nova do Imigrante – Espírito Santo, graduando-se em 2005. Entre 2005 e 2006, especializou-se em Administração desenvolvendo trabalho na área de manejo de bacias hidrográficas. Em 2009, iniciou o Curso de Mestrado, do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, na área de concentração Planejamento e Manejo de Recursos Hídricos, no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, submetendo-se à defesa de dissertação em dezembro de 2010.

## RESUMO

A cafeicultura é uma das atividades mais importantes no Brasil, por propiciar oportunidades de trabalho a milhões de pessoas e contribuir para manter o homem no campo. O clima brasileiro favorece a produção de cafés finos, processados tanto por via seca, quanto por via úmida, gerando os cafés cerejas descascado ou despulpado. É uma atividade que produz e gera resíduos, necessitando do emprego de ações que levem em consideração os fatores ambientais e a legislação. O processamento pós-colheita dos frutos de cafeeiro por via úmida tem sido uma importante estratégia para a melhoria da qualidade dos grãos e diminuição dos custos de produção. Esse processo envolve grande volume de água na lavagem e despolpa dos frutos, resultando num efluente com altas concentrações de material orgânico e nutrientes, que se descartadas inadequadamente, apresentam alto potencial poluente e por isso, seu lançamento em corpos hídricos, sem tratamento adequado, é proibido no Estado do Espírito Santo. A estratégia da recirculação da água residuária do café nas unidades de processamento contribui com a redução do volume de água consumido e do efluente gerado, porém, à medida que recircula vai incorporando material orgânico e inorgânico, alterando suas características e dificultando seu fluxo na rede hidráulica, podendo ocorrer entupimentos. Torna-se necessário remover parte dos sólidos grosseiros sedimentáveis presentes na água residuária de modo a não comprometer o seu fluxo na unidade de processamento. Essa remoção pode ser feita por meio de separadores de sólidos industrializados, por peneiras de fabricação artesanal ou estruturas adaptadas para essa finalidade. Este trabalho teve por objetivos quantificar a remoção de resíduos do processamento dos frutos do cafeeiro durante a safra 2009-2010, por meio de um sistema constituído de caixas de decantação e peneiras; monitorar o consumo de água e avaliar a qualidade da bebida do café, com a recirculação da água residuária na unidade de processamento dos frutos do cafeeiro por via úmida da Fazenda Experimental de Venda Nova, pertencente ao Incaper. Para isso, foi adaptado um sistema de remoção de sólidos grosseiros sedimentáveis constituído de três caixas de decantação, interligadas por tubos de PVC, e duas peneiras estáticas, dispostas com inclinação de 10% na saída da água da terceira caixa. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados no esquema de parcela subdividida (4 x

5), em quatro repetições, sendo nas parcelas os quatro pontos de coleta (PC1, PC2, PC3 e PC4) e nas subparcelas os cinco períodos de tempo, após o início do processamento (T10, T40, T70, T100 e T130 min.). Para a obtenção das características organolépticas dos grãos, as parcelas foram constituídas de um ponto de coleta em cada subparcela. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Foram processados 39.420 L de frutos do cafeeiro arábica e realizadas análises da concentração de sólidos totais e medição da condutividade elétrica, enquanto as análises químicas incluíram a medição do potencial hidrogeniônico e as concentrações macro e micronutrientes. As características sensoriais da bebida foram analisadas por meio da metodologia Specialty Coffee Association of America. Com base nos resultados obtidos, conclui-se que: a recirculação da água no processamento, usando o sistema de remoção de sólidos para remover parte do material orgânico presente na água residuária do café, proporcionou uma redução de 2,2 L para 0,52 litros de água por litros de frutos processados, maximizando o uso da água; durante o tempo de recirculação da água residuária do café no processamento dos frutos as concentrações de ST, CE, N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Zn, Mn, Fe e B aumentaram e o pH diminuiu; o tempo de recirculação da água residuária do café não influenciou na qualidade da bebida dos grãos cerejas descascados.

Palavras-chave: Cafeicultura. Pós-colheita. Efluentes. Sustentabilidade.

## ABSTRACT

Coffee is one of the most important activities in Brazil for it provides job opportunities to millions of people and contributes to keep people in the countryside. The Brazilian climate favors the production of fine coffees through both dry and wet processes generating peeled or depulped coffee cherries. It is an activity that produces and generates waste, requiring the use of actions that take into account environmental factors as well as the legislation. The wet post-harvest processing of coffee fruits has been an important strategy to improve grain quality and to lower the costs of production. This process involves a large volume of water to wash and depulp the fruits, resulting in an effluent with high concentrations of organic material and nutrients, which, if inappropriately discarded, have high pollution potential and therefore its release in water bodies without adequate treatment is forbidden in the state of Espírito Santo. The strategy of recirculating wastewater in the coffee processing units contributes to the reduction of both the water consumption and the effluent generated, however, as it recirculates it incorporates organic and inorganic material, changing its characteristics and hindering its flow in the hydraulic system, where clogging may occur. It is necessary to remove part of the coarse settling solids in the wastewater so as not to jeopardize its flow into the processing unit. This removal can be done by industrialized solid separators, by homemade sieves or structures adapted for this purpose. This study aimed at quantifying the removal of waste from the coffee berry processing unit during the 2009-2010, through a system consisting of settling boxes and sieves; monitoring the water use and assessing the quality of coffee beverage, with the recirculation of wastewater into the coffee berry wet processing unit at the Experimental farm of Venda Nova, owned by Incaper. For this, a removal system of coarse settling solids made with three decanting boxes connected by PVC tubes and two static sieves tilted at 10% in the outlet of the third box was adapted. The experimental design got randomized blocks split in sections (4X5) subdivided in four replications, having the four collecting points in the sections (CP1, CP2, CP3 and CP4) and the five time periods (T10, T40, T70, T100 and T130 min.) in the subdivisions after the process has started. To get the organoleptic characteristics of the grain, the sections had a collecting point in each subsection. Data were subjected to analysis of variance and the average results were compared

to Tukey test at 5% probability. 39.420 L of Arabica coffee berries were processed and analyses of the concentration of total solids as well as measurements of electrical conductivity were performed, whereas the chemical analyses included the measurement of the hydrogenionic potential as well as the macro/micronutrients concentrations. The sensory characteristics of the beverage were analyzed using the methodology Specialty Coffee Association of America. Based on these results, we have concluded that: the recirculation of water for processing, using the solids removal system to remove part of the organic material in the coffee wastewater, came down from 2,2 L to 0,52 liters of water per liter of processed fruit, maximizing the use of water; during the time of recirculation of wastewater from coffee while processing the fruits; the concentrations of ST, EC, N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Zn, Mn, Fe and B increased, the pH decreased; the time of recirculation of wastewater from coffee had no effect on the beverage quality of peeled grains.

Keywords: Coffee Culture. Post-harvest. Effluent. Sustainability.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Vista dos equipamentos da unidade de processamento de frutos do cafeeiro. Fazenda Experimental de Venda Nova do Imigrante-ES, 2010: A – Lavador separador; Abanador; Descascador; Rosca elevatória de casca; Tanque de degomagem; B – Moega; Medida padrão de café (40L); Caixa de água limpa; C – Hidrômetros; D – Reservatório de água residuária.....	37
Figura 2 -	Sistema de remoção de sólidos suspensos sedimentáveis. Fazenda Experimental de Venda Nova do Imigrante-ES, 2010: A – Caixas de decantação; B – Disposição das peneiras 1 e 2; C – Detalhe da retenção de impurezas pelas peneiras.....	38
Figura 3 -	Conjunto experimental composto pelos equipamentos da unidade de processamento e pelo sistema de remoção de sólidos suspensos sedimentáveis dos frutos do cafeeiro. Fazenda Experimental de Venda Nova do Imigrante-ES, 2010.....	39
Figura 4 -	Médias do estágio de maturação dos frutos de café arábica, Variedade Catuaí Vermelho 81, processados na Fazenda Experimental de Venda Nova do Imigrante-ES, 2010.....	45
Figura 5 -	Volume de água por litro de fruto em função do tempo de recirculação da água residuária do café no processamento dos frutos do cafeeiro arábica. Venda Nova do Imigrante-ES, 2010.....	47
Figura 6 -	Sólidos totais na água residuária do café durante a recirculação na unidade de processamento dos frutos do cafeeiro, em função dos tempos para cada ponto de coleta no sistema de remoção de sólidos suspensos sedimentáveis. Venda Nova do Imigrante-ES, 2010.....	49

Figura 7 -	Valor de sólidos totais na água residuária do café durante a recirculação na unidade de processamento dos frutos do cafeeiro, em função dos tempos para cada ponto de coleta. Venda Nova do Imigrante-ES, 2010.....	50
Figura 8 -	Condutividade elétrica na água residuária do café durante a recirculação na unidade de processamento dos frutos do cafeeiro, em função dos tempos de recirculação para cada ponto de coleta no sistema de remoção de sólidos suspensos sedimentáveis. Venda Nova do Imigrante-ES, 2010.....	51
Figura 9 -	Condutividade elétrica na água residuária do café medida durante a recirculação na unidade de processamento dos frutos do cafeeiro, em função dos pontos de coleta para cada tempo de recirculação. Venda Nova do Imigrante-ES, 2010.....	52
Figura 10 -	Valor de pH na água residuária do café durante a recirculação na unidade de processamento dos frutos do cafeeiro, em função dos tempos de recirculação do efluente no sistema de remoção de sólidos suspensos sedimentáveis. Venda Nova do Imigrante-ES, 2010.....	54
Figura 11 -	Teores de Nitrogênio, Fósforo e Potássio na água residuária do café, durante a recirculação na unidade de processamento dos frutos do cafeeiro, em função dos tempos de recirculação para cada ponto de coleta e em função dos pontos de coleta para cada tempo de recirculação. Venda Nova do Imigrante-ES, 2010.....	55
Figura 12 -	Teores de Cálcio, Magnésio e Enxofre na água residuária do café, durante a recirculação na unidade de processamento dos frutos do cafeeiro, em função dos tempos de recirculação para cada ponto de coleta e em função dos pontos de coleta para cada tempo de recirculação. Venda Nova do Imigrante-ES, 2010.....	56

- Figura 13 - Teores de cobre na água residuária do café durante a recirculação na unidade de processamento dos frutos do cafeeiro, em função dos tempos de recirculação para cada ponto de coleta e em função dos pontos de coleta para cada tempo de recirculação. Venda Nova do Imigrante-ES, 2010..... 57
- Figura 14 - Teores médios de zinco, manganês, ferro e boro na água residuária do café durante a recirculação na unidade de processamento dos frutos do cafeeiro em dois pontos de coleta em função dos tempos de recirculação. Venda Nova do Imigrante-ES, 2010..... 57
- Figura 15 - Notas atribuídas à característica de Avaliação Global das amostras experimentais em função dos tempos de recirculação da água residuária do café na unidade de processamento dos frutos do cafeeiro. Venda Nova do Imigrante-ES, 2010..... 62

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Demonstrativo do volume de frutos empregados em cada tempo de recirculação da água residuária dos frutos de café em cada repetição e o tempo médio acumulado da atividade de processamento. Venda Nova do Imigrante-ES, 2010.....	46
Tabela 2 -	Tempo de atividade, consumo de água, volume de frutos processados e rendimento da unidade de processamento em função da recirculação da água residuária do café obtidos em cada repetição. Venda Nova do Imigrante-ES, 2010.....	46
Tabela 3 -	Taxa de acúmulo de sólidos totais na água residuária do café obtida nos pontos de coletas 1, 2, 3 e 4 e índice de remoção do sistema de remoção de sólidos suspensos sedimentáveis. Venda Nova do Imigrante-ES, 2010.....	53
Tabela 4 -	Taxa de acúmulo de nutrientes na água residuária do café obtida nos pontos de coletas 1 e 4 e índice de remoção do sistema de remoção de sólidos suspensos sedimentáveis. Venda Nova do Imigrante-ES, 2010.....	58
Tabela 5 -	Características dos cafés natural e cereja descascado, obtida após secagem e beneficiamento na Fazenda Experimental de Venda Nova do Imigrante-ES, safra 2010.....	60
Tabela 6 -	Características dos cafés natural e cereja descascado beneficiado, obtidas após classificação na PRONOVA. Venda Nova do Imigrante-ES, safra 2010.....	60
Tabela 7 -	Características organolépticas do café cereja descascado em função do tempo da recirculação da água residuária dos frutos do cafeeiro, obtidas após secagem e beneficiamento dos frutos de café. Venda Nova do Imigrante-ES, safra 2010.....	61

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	17
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	19
2.1 A IMPORTÂNCIA DO CAFÉ.....	19
2.2 GESTÃO DE PROPRIEDADES CAFEEIRAS.....	21
2.3 PROCESSAMENTO VIA ÚMIDA DOS FRUTOS DO CAFEEIRO.....	23
2.4 ÁGUA RESIDUÁRIA DOS FRUTOS DO CAFÉ.....	24
2.5 ASPECTOS AMBIENTAIS.....	25
2.6 RECIRCULAÇÃO E REUSO DE ÁGUA RESIDUÁRIA..	28
2.7 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO E CONDUTIVIDADE ELÉTRICA .....	31
2.8 ELEMENTOS QUÍMICOS NA ÁGUA RESIDUÁRIA DO CAFÉ.....	31
2.9 APROVEITAMENTO AGRÍCOLA DA ÁGUA RESIDUÁRIA DO CAFÉ.....	32
2.10 QUALIDADE DOS GRÃOS DE CAFÉ PROCESSADOS VIA ÚMIDA.....	33
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	36
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	36
3.2 CARACTERIZAÇÃO DA ESTRUTURA DE PÓS-COLHEITA .....	36
3.3 IMPLANTAÇÃO DO EXPERIMENTO E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	37
3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS.....	40
3.5 CARACTERIZAÇÃO DOS FRUTOS.....	40
3.6 CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE.....	42
3.7 SECAGEM, ARMAZENAGEM E DA QUALIDADE DA BEBIDA DO CAFÉ.....	43
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	45
4.1 PROCESSAMENTO DOS FRUTOS DO CAFEEIRO.....	45
4.2 CONSUMO DE ÁGUA NA UNIDADE DE PROCESSAMENTO.....	46

4.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA ÁGUA RESIDUÁRIA DO CAFÉ.....	48
<b>4.3.1 Sólidos Totais.....</b>	<b>48</b>
<b>4.3.2 Condutividade Elétrica.....</b>	<b>50</b>
4.4 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DA ÁGUA RESIDUÁRIA DO CAFÉ.....	53
<b>4.4.1 pH.....</b>	<b>53</b>
<b>4.4.2 Macro e micronutrientes.....</b>	<b>54</b>
4.5 QUALIDADE DOS GRÃOS DE CAFÉ.....	60
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>63</b>
<b>6 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>64</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil se destaca como o maior produtor mundial de grãos de café e segundo maior consumidor, com uma projeção de crescimento da ordem de 5% ao ano. Esse crescimento está relacionado à oferta de cafés de melhor qualidade, tanto pelas unidades produtoras, quanto pela indústria e pela percepção do público com relação aos benefícios para a saúde humana (ABIC, 2010).

A cafeicultura brasileira é representada por 300 mil propriedades de tamanhos diversos e 2/3 são de pequenos empreendimentos que produzem dentro de normas e critérios de sustentabilidade social, ambiental e econômica. O clima predominante, na fase de colheita, favorece a produção de cafés finos, enquanto os produtores podem escolher o sistema mais apropriado de processamento, conforme a demanda dos clientes (interno e externo) por cafés natural, cereja descascado e ou despulpado (BELING et al, 2008).

No Estado do Espírito Santo, há produtores de café arábica utilizando maiores níveis tecnológicos e fazendo boas gestões das propriedades e das lavouras, alcançando produtividades de 50 sacas beneficiadas/ha. Observa-se um grande avanço, principalmente na cafeicultura arábica, propiciadas pela implantação do Programa Cafés das Montanhas do Espírito Santo, que promove várias ações visando melhorar a qualidade.

Merecem destaque, as ações voltadas para o manejo adequado dos processos de colheita e pós-colheita para a produção de cafés superiores, principalmente do cereja descascado, que teve sua produção estipulada como meta para o ano de 2010, em 479 mil sacas beneficiadas (NOVO PEDEAG, 2008).

O café cereja descascado pode ser obtido pelo processamento via úmida, envolvendo as operações de lavagem e descascamento. Esse processo exige grande volume de água, variando de 3 a 5 litros por litros de frutos processados, gerando a água residuária do café (MATOS e LO MONACO, 2003). Considerando que são necessários 450 a 500 L de café cereja para se obter 60 Kg de café beneficiado (BARTHOLLO e GUIMARÃES, 1997), é possível estimar que para a produção de 479 mil sacas beneficiadas de café superior, foram geradas, em média,

910.100 m<sup>3</sup> de água residuária, um efluente causador de impactos ambientais quando descartadas em mananciais hídricos.

A redução do consumo de água deve ser enfatizada pelos fabricantes dos equipamentos e projetistas das unidades processadoras, sendo de fundamental importância planejar a sua reutilização no processamento. Para isso, devem ser incluídos estruturas e equipamentos de filtração e decantação de sólidos suspensos sedimentáveis, a fim de removê-los e facilitar a recirculação da água residuária na unidade de processamento (SOARES et al., 2008).

Poucas unidades de processamento possuem sistemas de tratamento para águas em recirculação e quando existente, na maioria, são constituídos por caixas de decantação, incapazes de remover adequadamente os poluentes e promover a melhoria satisfatória na qualidade da água. Atualmente, existem no mercado equipamentos para a remoção dos materiais orgânicos contidos na água residuária do café, possibilitando sua reutilização por maior período de tempo. No entanto, estudos realizados verificaram que esse tipo de equipamento proporcionou baixa eficiência na remoção de poluentes, quando comparado com caixas de decantação (RAGGI, MATOS e LUIZ, 2008).

Esses autores mencionam que a inclusão de unidades simplificadas de tratamento é necessária para se evitar possíveis contaminações dos grãos, a fim de reduzir a concentração de material orgânico em suspensão na água em recirculação, mesmo que os poucos dados encontrados na literatura informem que não há redução da qualidade dos grãos de café processados com água em recirculação.

Considerando que a vigilância será intensificada sobre as atividades impactantes ao meio ambiente; que o mercado demandará por produção de cafés de qualidade superior e sendo a atividade de processamento dos frutos do cafeeiro por via úmida, consumidora de grande volume de água e geradora de efluentes de alto poder contaminante, torna-se necessário o desenvolvimento de sistemas que removam os sólidos em suspensão na água de modo a não comprometer sua recirculação.

Assim, este trabalho teve por objetivos quantificar a remoção de resíduos sólidos em um sistema constituído de caixas de decantação e peneiras; monitorar o consumo de água e avaliar a qualidade da bebida do café, com a recirculação da água residuária na unidade de processamento dos frutos do cafeeiro por via úmida.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 A IMPORTÂNCIA DO CAFÉ

A cafeicultura é uma das atividades mais importantes do país, por manter o homem no campo e propiciar oportunidades de trabalho a milhões de pessoas, tornando-se a principal opção viável para milhares de pequenos produtores nos Estados de Minas Gerais, Espírito Santo, Paraná e São Paulo. A demanda pelo café vem crescendo ano a ano e paralelamente a conscientização do consumidor pela valorização da segurança alimentar. O mercado está sinalizando mudanças nos sistemas de produção, exigindo a adoção de critérios de qualidade, produções certificadas e cumprimentos de normas internacionais relacionadas à inocuidade, à rastreabilidade e o respeito ao meio ambiente e ao homem (MACIEL-ZAMBOLIM et al., 2009).

De acordo com Caixeta, Guimarães e Romaniello (2008), o agronegócio brasileiro do café é uma atividade econômica que apresenta alta densidade financeira; é rentável em pequena escala; gera maior renda e emprego por unidade de área; é adequada às topografias acidentadas; permite processos de produção diversificados (café natural, cereja descascado, orgânico, especiais, etc.); requer melhor gerenciamento; é de alto custo, de grande instabilidade de preço e competitiva.

Esses autores abordam que a preocupação com a qualidade do meio ambiente tornou-se mais evidente a partir da década de 60, quando se acreditava que o crescimento econômico traria melhores condições de vida para a sociedade. No entanto, percebeu-se que o crescimento econômico estava causando grandes danos aos ecossistemas. Relatam sobre um levantamento realizado pela Cooperativa de Cafeicultores de Guaxupé, onde seus empreendedores associados elencaram como itens fundamentais na atualidade: zelar pelo meio ambiente é um fator fundamental para a sustentabilidade do negócio e, o gerenciamento, como forma de garantir a rentabilidade na atividade cafeeira.

Segundo Domaine (1999 apud CARVALHO et al., 2005), o crescimento da consciência ecológica na sociedade, no governo e nas empresas fez surgir um novo paradigma devido à reviravolta nos modos de pensar e agir, provocando a necessidade de mudança na cadeia produtiva. No entanto, Hunt e Auster (1990, apud CARVALHO et al., 2005), atribuem este enfoque, que busca a prevenção da poluição, ao emprego da legislação ambiental, às despesas com o tratamento, licenciamento e às multas emitidas pelos órgãos reguladores, aos altos custos com tratamento de resíduos e pela pressão dos consumidores que exigem maior qualidade ambiental.

Ainda, segundo esses autores, a visão da relação meio ambiente/sociedade implica na busca da qualidade ambiental. Nesse contexto, a eficiência ambiental dos produtos, processos e serviços são características que as organizações devem buscar para se manterem conectadas ao mercado globalizado.

A produção de café com segurança requer o emprego de técnicas de processamento pós-colheita, capaz de permitir a geração de um alimento dentro dos padrões exigidos pelos consumidores mais exigentes e ainda, com algum valor econômico agregado. Para tanto, é necessário o emprego de equipamentos, nem sempre disponíveis aos pequenos produtores, uma vez que o modelo de desenvolvimento implantado no Brasil, baseado na industrialização intensiva de capital, concentra-se nas grandes e médias propriedades (SILVA, NOGUEIRA e ROBERTO, 2005).

Segundo esses autores, a grande maioria dos estabelecimentos brasileiros possui menos de 50,0 ha e uma renda total anual média de R\$ 2.717,00 (dois mil setecentos e dezessete reais), demonstrando o baixo potencial econômico e produtivo dos agricultores familiares, não permitindo a eles adotarem processos eficientes de colheita e secagem em suas propriedades. Em diagnóstico realizado no Estado do Espírito Santo, por Schmidt, De Muner e Fornazier (2004), foi detectado que o café arábica é a principal fonte de recursos das propriedades de base familiar em todos os pólos pesquisados, representando, em média, 70,86% do total de suas receitas.

A cafeicultura está presente em mais de 56 mil das 86 mil propriedades capixabas, envolvendo cerca de 130 mil famílias e gerando aproximadamente 400 mil postos de trabalho direto e indireto. É trabalhada prioritariamente por produtores de base

familiar, com lavouras de tamanho médio em torno de 9,4 ha. Essa atividade fez o Estado se despontar como o segundo maior produtor no cenário nacional e maior produtor de robusta (75% do total) e representa mais de 35% do PIB agropecuário capixaba (NOVO PEDEAG, 2008).

## 2.2 GESTÃO DE PROPRIEDADES CAFEEIRAS

A cafeicultura tem uma grande importância social para o país e o café de qualidade é fruto de planejamento e organização. Ao cafeicultor cabe buscar, constantemente, melhorias na produtividade e na qualidade, visando ajustar os custos de produção. Estar atento ao mercado e buscar a adoção de técnicas que melhorem a qualidade da produção, valorizar o associativismo e o cooperativismo como forma de obter ajuda. Em resumo, deve gerenciar sua propriedade de forma profissional para obter o máximo de resultados (BRASILEIRO, 2008).

O gerenciamento profissional da propriedade exige, dentre outros, o comprometimento das pessoas envolvidas e análise do ambiente nos seus aspectos econômicos, tecnológicos, sociais, políticos, legais e ambientais. Cada propriedade tem suas características próprias, portanto, deve-se aproveitar o seu potencial e dimensionar corretamente as lavouras. Adequar os sistemas produtivos com máquinas apropriadas e bem dimensionadas e benfeitorias funcionais são determinantes na capacidade produtiva da propriedade (SETTE, 2008).

Para Hamel e Prahalad (1995, apud SETTE, 2008), produzir com qualidade não será mais um diferencial, mas apenas um passaporte para entrar no mercado. As empresas do setor rural precisam ser eficientes, eficazes e produzir alimentos de qualidade a preços compensadores. Os produtores devem usar seus recursos internos (terra, plantas, insumos e máquinas), a fim de obter o produto que lhe interessa, porém, em conformidade com os interesses dos consumidores. Assim, como nas grandes organizações empresariais, as propriedades rurais precisam adequar seu sistema administrativo ao conceito de gestão, com o objetivo de melhor avaliar seus resultados e facilitar as tomadas de decisões.

De acordo com Tomaz, Amaral e Jesus Junior (2008), o agronegócio café sofre influência direta dos mercados atuais que buscam produtos de melhor qualidade e isso passou a exigir dos produtores adaptações nas práticas de gestão, controle de custos e conhecimento das legislações ambientais e sociais, como forma de se manter competitivos no setor.

Na atualidade, de acordo com Sette (2008), as propriedades estão inseridas em uma cadeia e não mais em uma organização produtiva isolada. Na visão de mundo globalizado, cada setor forma um elo de uma grande corrente em que as ações repercutem como um todo, cabendo aos gestores se atentar para o planejamento, execução e controle das tarefas e ações, devendo considerar no gerenciamento dos negócios, as variáveis do ambiente geral (tecnológicas, econômicas; políticas; legais; sociais; demográficas e ecológicas) e do ambiente operacional (consumidores; fornecedores; concorrentes e grupos reguladores), como forma de atingir seus objetivos com êxito.

A preocupação com os impactos ambientais devem ser de interesse dos proprietários rurais, pois a atividade cafeeira também produz e gera resíduos, competindo ao gestor adotar medidas que considere os fatores ambientais. A sustentabilidade do empreendimento será definida pela capacidade do gestor em administrar o negócio de forma a conseguir equilibrar os interesses econômicos, sociais e ambientais (SETTE, ANDRADE e TEIXEIRA, 2010).

Na lavoura cafeeira, para se obter apenas frutos maduros, é necessário fazer mais de uma colheita, selecionando os frutos cereja, uma vez que maturação é desuniforme. Contudo, a operação de colheita na maioria das propriedades, é feita manualmente, dependendo de mão de obra, cada vez mais escassa, o que a torna de alto custo. Isso leva os cafeicultores a promoverem uma única colheita, mesclando frutos verdes, maduros e passas. A separação desses frutos pode ser feita após a colheita, por meio do processamento por via úmida (BORÉM, 2008).

O processamento via úmida do café é praticado com o objetivo de agregar valor ao produto final em função de sua qualidade superior. Esse processo gera um efluente altamente agressivo ao meio ambiente (MATOS, 2003), podendo contaminar os recursos hídricos, quando descartados inadequadamente.

Segundo Petersen, Weid e Fernandes (2009), além da degradação quantitativa, os corpos d'água vem sendo comprometidos pela poluição química resultante da agricultura industrial. Isso, somada à crise hídrica mundial, evidencia a necessidade de se interromper o uso perdulário da água, buscando proteger as fontes naturais e buscar alternativas que assegurem os recursos hídricos dos agroecossistemas.

### 2.3 PROCESSAMENTO VIA ÚMIDA DOS FRUTOS DO CAFEIEIRO

Para se obter uma bebida de melhor qualidade, os frutos do cafeeiro devem ser colhidos no estágio cereja. Na prática, colhem-se também, frutos antes e após tal estágio e são processados por via seca ou via úmida. Nesse último, os frutos são conduzidos para o lavador, onde são lavados e separados os boias dos grãos verdes e cerejas, sendo conduzidos para o descascador, onde os cerejas são descascados e separados dos verdes, obtendo-se o cereja descascado e a casca. A casca é separada e descartada e os grãos cerejas já descascados são direcionados ao tanque de degomagem ou ao desmucilador, onde é removida a mucilagem (SOARES et al., 2007a).

A água é o elemento condutor dos frutos de café na unidade de processamento (UP). Nos equipamentos mecânicos, o consumo para lavagem e separação destes é relativamente baixo, variando de 0,1 a 0,3 L de água por litro de frutos. Contudo, no processo de descascamento, o consumo é muito alto, de 3 a 5 L de água por litro de frutos (MATOS, 2003) ou cerca de 6.000 L /h (BORÉM, 2008). Os resíduos se juntam a esta água, formando a água residuária dos frutos do café (ARC).

Segundo Soares et al. (2008), a redução do gasto de água deve ser uma das prioridades no planejamento das unidades processadoras. De acordo com Cabanelas (2004) e Matos (2008), o consumo de água pode ser diminuído mediante a reutilização da ARC no descascamento, tornando-se uma alternativa que possibilita diminuir o seu gasto nessa operação. Entretanto, é preciso desenvolver tecnologias que removam os resíduos sólidos da ARC em recirculação, em curto período de tempo, de modo a economizar água no processamento e obter um produto de boa qualidade.

## 2.4 ÁGUA RESIDUÁRIA DOS FRUTOS DO CAFÉ - ARC

Segundo estudos realizados por Vasco (1999), 94% do grão de café cereja é composto por água e subprodutos que na maioria dos casos não são aproveitados como alimentos, constituindo-se como fonte de potencial contaminação do meio ambiente.

A ARC é constituída de macro e micronutrientes e grande quantidade de resíduos sólidos, formados por sujidades do café da roça, fragmentos de folhas e ramos das plantas, cascas e mucilagem dos frutos (SOARES et al., 2007b). Possui elevada carga orgânica e os resíduos sólidos encontram-se em suspensão ou dissolvido e a maior parte é volátil (MATOS e LO MONACO, 2003). Não pode ser lançada em corpos hídricos sem adequado tratamento (CONAMA, 2005).

Ao proceder a lavagem, despolpa e desmucilagem dos frutos de café arábica, Riqueira, Lacerda Filho e Matos (2005) encontraram quantidades de sólidos totais (ST) variando de 12.826 a 18.881 mg L<sup>-1</sup>; sólidos suspensos (SS) entre 2.640 a 3.633 mg L<sup>-1</sup>; sólidos fixos (SF) de 1.267 a 3.594 mg L<sup>-1</sup> e sólidos voláteis (SV) entre 11.559 a 15.287 mg L<sup>-1</sup>.

Segundo os autores, ao processar 4.000 litros de frutos do cafeeiro arábica, usando uma água com a presença de 154 mg L<sup>-1</sup> de ST, essa concentração foi aumentada para 3.255 mg L<sup>-1</sup> e ao trabalhar com 6.000 L de frutos a concentração passou para 5.038 mg L<sup>-1</sup>, revelando ser um material rico em compostos orgânicos, podendo contribuir para a contaminação da água de lavagem e separação dos frutos.

A construção de um sistema de tratamento envolve custo adicional no processamento do café, tanto mais elevado quanto maior o volume de ARC, em função do dimensionamento. Por esse motivo, o tratamento é pouco comum. 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 valas ou lagoas 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., 2007b).

Segundo esses autores, o descarte da ARC tem sido motivo de polêmicas, que podem ser englobadas em duas dimensões, uma agrícola e outra ambiental. Do

ponto de vista agrícola, é generalizado o preconceito de que a utilização da água residuária queima as plantas, enquanto do ponto de vista ambiental, é considerada um poluente, especialmente se lançada no meio aquático sem tratamento adequado. O rápido crescimento dos microrganismos que degradam o material orgânico da ARC induz forte demanda pelo oxigênio dissolvido no corpo hídrico, limitando a respiração dos peixes e outros organismos aeróbios, podendo causar sua morte. Por outro lado, a ARC poderá vir a ser aproveitada à medida que novos conhecimentos e tecnologias forem sendo desenvolvidos.

Para que a ARC possa ser devolvida a um corpo hídrico, é necessário que seja tratada de modo que remova os resíduos e atenda às condições e padrões para o lançamento de efluentes estabelecidos pela legislação (CONAMA, 2005). Matos e Lo Mònaco (2003) e Matos (2008) descrevem vários sistemas que podem ser utilizados para esse tratamento.

## 2.5 ASPECTOS AMBIENTAIS

Em função da grandeza e da importância da água para os seres vivos e para o desenvolvimento das atividades humanas, foram criadas leis e normas que disciplinam a utilização dos recursos hídricos pelos diversos segmentos da sociedade como a indústria, saneamento e produtores rurais. A legislação tem como principal objetivo minimizar os problemas de poluição ambiental causados pela emissão de efluentes para os corpos receptores (MIERZWA e HESPANHOL, 2005).

A água é um dos recursos mais exigidos pelo ser humano, além de suprir suas necessidades metabólicas, sua utilização pode ocorrer de diversas maneiras. Como, por exemplo, para o processamento de alimentos, a água precisa possuir elevada qualidade. Em algumas situações, sua demanda pode superar a oferta, seja pela quantidade ou pela qualidade em virtude da poluição. A degradação da qualidade da água pode afetar a oferta, bem como gerar problemas de desequilíbrio ambiental, podendo também gerar conflitos (BRAGA et al., 2005).

Segundo Riqueira (2005), os sólidos totais, os sedimentáveis e os suspensos, dentre outros, são atributos importantes para a caracterização e quantificação da poluição, sendo os sólidos suspensos os responsáveis pelos aparecimentos da turbidez nas águas devido à presença das partículas em suspensão e em estado coloidal de diversos tamanhos, porém, são os sedimentos que precipitam vagarosamente os provocadores da turbidez.

Segundo Braga et al. (2005), os organismos autótrofos se nutrem por meio da cadeia alimentar presente nos meios aquáticos, constituídos por meio dos sais dissolvidos presentes na água, sendo limitante para o crescimento desses organismos, os sais de fósforo e ou nitrogênio. Contudo, o aumento excessivo na concentração desses sais pode acarretar a proliferação exagerada de algas, causando o fenômeno denominado de eutrofização. Outros tipos de sais também são necessários para a vida aquática, de forma moderada, os sais de silício, cálcio, magnésio, sódio, potássio, enxofre, cloro e ferro e em quantidades diminutas os sais de manganês, zinco, cobre, molibdênio e cobalto, dentre outros.

Como exemplos de conflitos pelo uso da água têm-se: a diluição de despejos de origem humana, industrial e agrícola que podem degradar a qualidade e afetar outros usos como o abastecimento humano e industrial, a irrigação, a preservação do meio ambiente e a recreação; a necessidade de ajustar a variação da disponibilidade da oferta à demanda; o uso consultivo, ou seja, aquele uso dos recursos hídricos que não retornam aos mananciais em igual quantidade, como a irrigação e os usos nos abastecimentos industriais e urbanos (BRAGA et al., 2005).

A resolução CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes para o seu enquadramento e estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes nos corpos d' água, com definições de concentração máxima para o lançamento de algumas substâncias, não podendo esses efluentes alterar a classe de enquadramento do corpo receptor. Considera a ARC rica em matéria orgânica em suspensão e compostos orgânicos e inorgânicos dissolvidos, com grande potencial de poluir o ambiente aquático, razão pela qual não pode ser lançada em corpos hídricos sem o adequado tratamento (CONAMA, 2005).

A Lei Nº 9433, de 08 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional dos Recursos Hídricos, aborda sobre os aspectos referentes à outorga de direito. O Art. 12 menciona que estão sujeitos à outorga os direito pelos seguintes usos; derivação

ou captação de água em um corpo de água para consumo ou para insumo na unidade de processamento (Inciso I); extração de aquíferos para consumo ou insumo de processo produtivo (Inciso II); e, lançamento em corpos de água de resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de diluição, transporte ou disposição final (Inciso III). O Art. 19 trata sobre a cobrança do uso dos recursos hídricos, com o objetivo de reconhecer a água como um bem econômico (Inciso I), e incentivar a racionalização do seu uso (Inciso II), (BRASIL, 1997).

No Estado do Espírito Santo, foi criada a Lei Nº 5.818, de 30 de dezembro de 1998, que estabelece normas gerais sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos com o objetivo de gerenciar a proteção, conservação, recuperação e o desenvolvimento das águas de domínio do Estado. Ressalta-se nessa Lei a Seção V, que trata da outorga de direito de uso de recursos hídricos. Dentre os instrumentos de gestão (Art. 7, Incisos V e VI), estabeleceram-se critérios para a outorga de direito de uso e a cobrança pelo uso da água (ESTADO DO ESPÍRITO SANTO, 1998).

Em seu Art. 18, são abordados os assuntos sobre a captação (Inciso I); extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final, inclusive de abastecimento de processo produtivo (Inciso II); lançamento em corpos d'água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos (Inciso III); qualquer outro uso que altere o regime, a qualidade e a quantidade das águas (Inciso V).

Importante nesse artigo são as descrições do § 1º, mencionando que todo lançamento de efluente industrial e urbano, devidamente tratado, será feito a montante do respectivo ponto de captação e do § 2º, que desobriga de outorga os usos de recursos hídricos no meio rural, considerados de uso insignificantes, bem como, o descrito na Sessão VI (Art 24), que trata da cobrança pelo uso dos recursos hídricos, com o objetivo de incentivar a racionalização do uso da água. Contudo, a cobrança pelo uso dos recursos hídricos no meio rural, com fins agrícolas, ainda não foi colocado em prática.

Também foi criada, pelo Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, a Instrução Normativa Nº 013, de 17 de dezembro de 2007, que estabeleceu as diretrizes para o licenciamento ambiental da atividade de beneficiamento de café, considerando que as etapas de beneficiamento, se mal manejadas, podem gerar riscos ao meio ambiente e à saúde e bem estar da população. 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 o uso racional dos recursos naturais (IEMA, 2007).

Devido aos problemas que as ARC podem trazer ao ambiente, é necessário o seu tratamento antes da disposição no solo ou lançamento em cursos d'água. O tratamento pode ser dividido em preliminar, por meio de grade ou peneira; primário, em tanque de decantação e lagoa anaeróbia; e secundário, em lagoa facultativa (MATOS e LO MONACO, 2003; MATOS, 2008). Porém, a construção de lagoas facultativas demanda grande área, com topografia plana, incomum em regiões montanhosas.

Além da necessidade de desenvolver uma cultura e uma política de conservação de água, o reuso consciente e planejado constitui o mais moderno e eficaz instrumento de gestão para garantir a sustentabilidade da gestão dos recursos hídricos, sendo necessária a implantação de mecanismos de gestão para estabelecer equilíbrio entre oferta e demanda (HESPANHOL, 2003). No entanto, o conceito sobre o uso da água, tratamento e descarte dos efluentes precisa ser reformulado, tornando-se a racionalização e o reuso, elementos fundamentais de garantia à legitimidade das atividades desenvolvidas pelo homem (MIERZWA e HESPANHOL, 2005).

## 2.6 RECIRCULAÇÃO E REUSO DE ÁGUA RESIDUÁRIA

Para Imhoff e Imhoff (1986), qualquer emprego técnico da água deve partir do princípio da recirculação, assim como, é uma ilusão acreditar que podemos obter de algum lugar água pura e lançarmos um efluente em algum ponto onde não entrará em contato com o homem. Qualquer água de fonte ou de lençol freático já foi em algum tempo água superficial poluída em maior ou menor grau e todas as águas residuárias voltam para um curso de água, em um ciclo inevitável. A recirculação contribui para o aumento dos níveis de sais e produtos finais do fenômeno de estabilização, podendo resultar na proliferação excessiva de algas, quando seu efluente é descartado de forma irregular.

Embora o reuso seja uma ferramenta útil, sua adoção precisa ser bem planejada, a fim de minimizar riscos no desempenho das atividades nas quais está sendo aplicada. Uma vez poluída, a água pode ser tratada e reusada para fins benéficos diversos, dependendo da sua característica, condições e fatores locais, tais como decisão política, institucional, disponibilidade técnica e de fatores econômicos, sociais e ambientais (BRAGA et al., 2005).

A estratégia de reuso de água visa, principalmente, garantir o atendimento às demandas, possibilitando que as aspirações por melhores qualidades de vida sejam atingidas. A prática de reuso é um dos componentes do gerenciamento de águas e efluentes. É um instrumento para a preservação dos recursos naturais e controle da poluição ambiental. Deve estar vinculada a outras medidas de racionalização do uso da água e demais recursos naturais (MIERZWA e HESPANHOL, 2005).

Segundo esses autores, o reuso de água ou efluente estará condicionada às limitações técnicas, operacionais e econômicas. Com relação às limitações técnicas, a qualidade da água é o fator limitante e nesse caso, a concentração de sais dissolvidos totais é um dos parâmetros mais importantes na avaliação da viabilidade da prática de reuso, pois à medida que o efluente é recirculado, sua concentração vai aumentando, chegando ao ponto de tornar-se insustentável. O reuso contribui com a redução do volume de água captado e do efluente gerado, porém, à medida que recircula, incorpora várias substâncias alterando suas características, tornando-se um efluente que deve ser submetido a um processo de tratamento, a fim de se adequar às normas de descarte.

A recirculação da água vem sendo praticada por um número crescente de cafeicultores, que dispõem de tanques de decantação instalados na maioria das UPs. À medida que vai sendo recirculada, a ARC vai incorporando novos resíduos orgânicos que vão dificultando seu fluxo na rede hidráulica da UP, podendo provocar entupimentos, sendo preciso remover parte desses resíduos, a fim de evitar interrupções no fluxo. Essa remoção pode ser feita por meio de caixa de decantação, separadores de sólidos industrializados ou por peneiras rotativas de fabricação artesanal (SOARES et al., 2008).

Visando estudar essa possibilidade, Moreli et al. (2010) avaliou um sistema de remoção de sólidos suspensos, constituído por três caixas de decantação, interligadas por tubos de PVC, e duas peneiras estáticas, dispostas inclinadamente

após a saída da água da terceira caixa, na Fazenda Experimental do Incaper, em Venda Nova do Imigrante, ES. Foram processados 6280 L de frutos de café com água em recirculação após sua passagem pelo sistema de remoção, obtendo ao final do estudo, um rendimento de 0,9 L de água por litro de frutos. Esse resultado pode ser melhorado se a ARC for recirculada por um período mais longo.

As peneiras são muito utilizadas para remover resíduos sólidos com dimensões variadas, sendo classificadas em estáticas, vibratórias e rotativas (CARVALHO, 2001). As peneiras estáticas não gastam energia e apresentam baixo custo de operação e manutenção (JORDÃO e PESSÔA, 1995); porém, segundo Merkel (1981, apud RAGGI, 2006), e Verley e Miner (1974, apud RAGGI, 2006), são de baixa eficiência, devido à formação de uma fina camada de material sólido na sua superfície, requerendo limpeza periódica, enquanto as peneiras vibratórias e rotativas operam de forma contínua e apresentam baixa tendência ao entupimento, possibilitando o uso de malhas mais finas.

Raggi, Matos e Luiz (2008), avaliaram a decantação e o uso de peneira pressurizada de malha no tratamento da água em recirculação na UPFC. A peneira removeu 14% de ST da ARC em recirculação, enquanto a percentagem de remoção desse resíduo pelo tanque de decantação atingiu 75%, indicando que este é muito mais eficiente.

O uso de agentes coagulantes também pode ser uma opção para aumentar a decantação e melhorar a eficiência dos tanques, assim como, pode-se, associar o processo de decantação ao de peneiramento (CABANELLAS, 2004; MATOS, 2008). Filtros orgânicos foram usados para tratamento de ARC por Lo Mônaco et al. (2002), que obtiveram remoções de ST da ordem de até 65%, utilizando filtro constituído por serragem de madeira e de 40% utilizando filtro de bagaço de cana-de-açúcar.

Outros tipos de tratamentos já foram estudados e apresentaram resultados satisfatórios, como o uso de agentes coagulantes para aumentar a sedimentação dos resíduos sólidos nos tanques de decantação e o uso de cal hidratada para promover a coagulação dos sólidos em suspensão, na dose de 7,5 g/L, reduziu sua turbidez em 93% (INOUE et al., 2005). Agentes coagulantes como o sulfato de alumínio, sulfato ferroso clorado, cloreto férrico e extrato de sementes de moringa, aceleraram a decantação dos sólidos suspensos da ARC (CABANELLAS, 2004).

## 2.7 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO E CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

A concentração dos íons  $H^+$  nas águas, denominado potencial hidrogeniônico (pH), representa a intensidade das condições ácidas ou alcalinas no ambiente aquático e influenciam no grau de solubilidade de diversas substâncias, na distribuição das formas livres e ionizadas de diversos compostos químicos, definindo inclusive o potencial de toxicidade de vários elementos. Em águas naturais de superfície o pH varia de 6,0 a 8,5. Para águas tratadas, o padrão de potabilidade estabelece um intervalo de pH na faixa de 6,0 a 9,5, objetivando inibir o processo corrosivo (valores baixos) ou de incrustação (valores elevados) das tubulações (LIBÂNIO, 2008).

O pH tem uma grande importância porque seu valor pode afetar muitas reações químicas que ocorrem no meio ambiente. Os sistemas biológicos também são sensíveis aos seus valores, e para que os organismos não sofram grandes danos, o meio deve possuir pH entre 6,0 e 8,5 (BRAGA et al., 2005).

Segundo Raggi, Matos e Luiz (2008), o aumento na concentração de sólidos da ARC proporcionou a elevação da CE, indicando que a mesma é constituída por material orgânico e íons em solução, permitiu inferir que a água em recirculação apresenta elevada concentração de sólidos totais e materiais em suspensão.

De acordo com Libânio (2008), a CE indica o potencial da água de transmitir a corrente elétrica em função da presença de substâncias dissolvidas em ânions e cátions, sendo proporcional a concentração iônica. Apesar de não ser considerada um dos parâmetros do padrão de potabilidade brasileiro e por estar diretamente relacionada com a concentração de sólidos dissolvidos é um importante indicador para eventuais descartes de efluentes, devido a sua correlação direta. Nas águas naturais, a CE se apresenta em níveis inferiores a  $100 \mu S/cm$ .

## 2.8 ELEMENTOS QUÍMICOS NA ÁGUA RESIDUÁRIA DO CAFÉ

As concentrações de nutrientes na ARC podem variar significativamente. Em análises de amostras coletadas por Soares et al. (2009), em diferentes unidades de

processamento da região de Viçosa-MG, foram encontrados teores ( $\text{mg L}^{-1}$ ) de 112 a 1194 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. Prezotti et al. (2008b) constataram que os teores de nutrientes da ARC foram muito variáveis em unidades de processamento de diferentes propriedades no Estado do Espírito Santo. A ARC contém, além de matéria orgânica, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, cobre, zinco, boro, ferro, manganês e outros nutrientes utilizados pelas plantas, podendo ser aproveitada para suprir parte da necessidade nutricional das lavouras e melhorar as condições químicas, físicas e biológicas do solo (PREZOTTI et al., 2008a). No entanto, existe o preconceito de que esta queima as plantas. Para desmistificar tal preconceito, tem sido experimentado o uso da ARC em plantas de café, alface, aveia, feijão e milho, aplicada no solo ou sobre as folhas, em doses variadas, na condição de campo e casa de vegetação, não sendo constatadas injúrias nas plantas desses experimentos (SOARES et al., 2008).

## 2.9 APROVEITAMENTO AGRÍCOLA DA ÁGUA RESIDUÁRIA DO CAFÉ

O uso da ARC na fertirrigação de culturas, além de promover melhorias nas características químicas do solo, pode contribuir para aumentar a produtividade e melhorar a qualidade dos produtos colhidos, bem como diminuir os riscos de poluição do ambiente (MATOS, 2003; LO MONACO, 2005). No entanto, para se aplicar a água residuária por meio dos vários métodos de irrigação, usando microaspersão ou gotejamento, é necessário que se removam os sólidos suspensos da água residuária, mediante o tratamento primário ou com o uso de filtros orgânicos, a fim de evitar entupimentos (MATOS, 2008).

Estudos realizados com aplicação de ARC da lavagem e despulpa dos frutos de café conilon, em vasos contendo terra coletada em três categorias de solo e após serem saturados com mistura de água limpa e água residuária, em cinco proporções diferentes, foi verificado, 20 dias após a incubação, que o teor de K, pH, saturação de bases e a CTC aumentaram, enquanto a saturação de alumínio diminuiu à medida que aumentou-se a concentração de água residuária (GARCIA et al., 2008).

Prezotti et al. (2009), caracterizou quimicamente as ARC em diferentes propriedades cafeeiras do Estado do Espírito Santo e avaliou as alterações de fertilidade do solo no local de deposição dessas. Observou que esta reflete a exigência nutricional do cafeeiro, apresentando maiores teores de N e K e que a relação de Ca e Mg se aproximou de 3:1, relação normalmente encontrada nas folhas e no solo, enquanto B, foi encontrado em menor quantidade, seguida de Cu, Zn e Mn.

Esses autores observaram, nos locais de deposição, que a ARFC contribuiu na elevação dos teores nutricionais do solo, sendo os maiores teores encontrados na camada superficial de 0 a 20 cm, com redução desses teores à medida que se aprofundava no perfil do solo. Ao contrário, o valor de pH se elevou com a profundidade da amostragem, ressaltando-se a grande contribuição da ARC na elevação do teor de matéria orgânica (M. O.) no centro dos lagos. Concluíram que a ARC é rica em M. O. e nutrientes, podendo ser uma excelente fonte para a nutrição das culturas, sendo necessário o monitoramento da área para não ocorrer desbalanços nutricionais em caso de aplicações sucessivas.

Segundo Matos et al. (2006), a implementação de políticas de outorga e cobrança pela captação de água e lançamento dos efluentes em corpos d'água, têm motivado os produtores a recircular a água da lavagem e despolpa dos frutos do cafeeiro, com o intuito de reduzir o seu consumo, que pode chegar a aproximadamente 1 litro para cada litro de fruto. Porém, com a recirculação haverá um aumento de material em suspensão e em solução, podendo comprometer a qualidade final do grão.

## 2.10 QUALIDADE DOS GRÃOS DE CAFÉ PROCESSADOS VIA ÚMIDA

Segundo Almeida e Silva (2006), em função da demanda internacional por cafés finos há uma tendência nacional voltada para o processamento de café via úmida, que é consumidor de grandes volumes de água, aumentando a preocupação com o destino da ARC. De acordo com Matos et al. (2006), a recirculação da água é uma alternativa para a redução do consumo no processamento via úmida do café, porém pode atuar como forma de disseminação e contaminação dos frutos por fungos e bactérias, podendo prejudicar sua qualidade.

Ao empregar o uso de tecnologias no processamento do fruto do cafeeiro, busca-se garantir a qualidade do produto e a obtenção de maior retorno econômico. Segundo Matos et al. (2006), a qualidade está relacionada às características do produto, tais como, cor, aspecto, defeitos nos grãos, aroma e gosto da bebida. Essa qualidade é dependente de vários fatores como, a genética, o sistema de cultivo e o tipo de processamento. A contaminação dos grãos de café por fungos pode ocorrer na passagem dos frutos pelos equipamentos de lavagem e despulpamento e na secagem. Esses riscos aumentam ao se fazer o reuso da água no processamento.

Esses mesmos autores constataram que, em geral, a recirculação da água não alterou o tipo de bebida do grão, embora o tipo de bebida 'fermentado' tenha ocorrido na 5ª recirculação. Não verificaram clara associação entre o tipo de bebida e o número de recirculação da água no processo, pois os grãos processados proporcionaram a produção de bebida de sabor suave, obtendo boa classificação.

Os grãos de cafés brasileiros diferem de região por região, pelas diversidades de aromas e pelas características e atributos distintos, permitindo várias combinações para a geração de um produto diferenciado (SILVA FILHO, 2009). As diversidades de altitudes e topografias combinadas ao leque de variedades botânicas e aos distintos manejos empregados no processamento e secagem dos grãos evidenciam a rica gama de aromas e sabores dos cafés brasileiros. O emprego de diferentes técnicas de colheita e secagem, aliada às condições climáticas locais, contribui para a não repetição dos aspectos qualitativos e ou quantitativos das safras (NETO, 2009).

No ano de 2009, os cafés produzidos na região de abrangência da Cooperativa de Cafeicultores de Venda Nova – PRONOVA, localizadas entre o paralelo de latitude 19° 50s e 20° 50s e os meridianos de longitude 40° 30' N e 41° 40' W e altitude variando de 650 a 1.200 m, onde predominou as derraças manual e uma produção média de 69.643 sacas/ano, os grãos apresentaram uma distribuição de peneiras com as seguintes características: 70% de peneira 17 acima; 16% de peneira 16 e 8% de peneira 14-15 para os cafés cerejas descascados (CD).

Segundo Toledo (1998), um café com características de sabor levemente suave, sem adstringência ou asperezas de paladar é classificado como bebida apenas mole e quando possui um gosto agradável, brando e doce é considerado bebida mole. Já,

Garruti e Conagin (1961, apud MATOS et al., 2007), classificam como bebida mole, os cafés com características organolépticas de sabor suave acentuado e adocicado.

De acordo com Silveira et al. (2010), a safra de café 2010 só não será maior em função da inversão climática – estiagem acompanhada de altas temperaturas – ocorridas a partir da 2ª quinzena de dezembro de 2009, notadamente no Espírito Santo e em parte de Minas Gerais. O clima não ajudou os cafezais, que estão produzindo grãos de qualidade inferior. Devido às adversidades climáticas, os arbustos apresentaram várias floradas o que prejudicou a uniformidade de tamanho e a maturação dos grãos. No início da colheita era comum observar na mesma planta, frutos verdes, maduros e secos e também, a incidência de fungos que afetam a qualidade. Com isso, nesta safra houve diminuição do volume de cafés fino e aumento dos cafés de varrição.

No ano de 2009, os principais atributos apresentados pelos cafés das montanhas do Espírito Santo foram as características de AROMA média de alta intensidade (mel, rapadura e chocolate); DOÇURA alta (caramelo e chocolate ao leite); CORPO médio e aveludado e FINALIZAÇÃO LONGA (adocicada e frutada, harmônico); SABOR intenso adocicado e ACIDEZ frutada mediana, o que confere equilíbrio à bebida (ABIC, 2009).

## 3 MATERIAL E MÉTODOS

### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O trabalho foi realizado na unidade de processamento dos frutos do cafeeiro (UPFC) da Fazenda Experimental de Venda Nova (FEVN), pertencente ao Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), localizada na comunidade de Viçosinha, distrito de São João de Viçosa, município de Venda Nova do Imigrante – ES, nas coordenadas LAT – 20,38 S e LON – 41,19 W e altitude variando de 720 a 980 m.

### 3.2 CARACTERIZAÇÃO DA ESTRUTURA DE PÓS-COLHEITA

A estrutura de pós-colheita da FEVN é composta por: unidade de processamento via úmida (UP); unidades de secagem constituídas de terreiro cimentado, terreiro coberto, terreiro suspenso, terreiro secador híbrido II, silo secador, secador mecânico; unidade de beneficiamento e armazenagem. Essa estrutura é propícia ao desenvolvimento e transferência de tecnologias de pós-colheita.

Na Figura 1 (A, B, C e D), observam-se os equipamentos disponíveis na unidade de processamento: moega receptora de frutos de cafeeiro; lavador/separador, onde é feito a separação dos frutos boia dos frutos cerejas e verdes; abanador instalado na entrada do lavador para retirada das impurezas leves originadas do campo durante o processo de colheita; descascador de cerejas com separador de verdes; rosca elevatória para retirada da casca dos frutos cerejas; desmucilador e tanque de degomagem. Dois reservatórios de água são de fibra de vidro, um com capacidade de 10.000 L para armazenar água limpa, originada em nascente com distribuição monitorada por hidrômetro e outra de 2.000 L, para armazenar a água residuária dos frutos do café (ARC) para recirculação no processamento.



**Figura 1** - Vista dos equipamentos da unidade de processamento dos frutos do cafeeiro. Fazenda Experimental de Venda Nova do Imigrante-ES, 2010: A – Lavador separador; Abanador; Descascador; Rosca elevatória de casca; Tanque de degomagem; B – Moega; Medida padrão de café (40L); Caixa de água limpa; C – Hidrômetros; D – Reservatório de água residuária.

### 3.3 IMPLANTAÇÃO DO EXPERIMENTO E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Testes preliminares foram realizados desde 2008, objetivando aferir os equipamentos e ajustar a distribuição de água pela UPFC. Foi alcançada uma significativa redução no consumo atingindo 2,2 L de água/L de frutos processados. Com a recirculação da ARC, o consumo diminuiu para 0,9 L / L de fruto (MORELI et al., 2010); porém, as peneiras removedoras de impurezas tiveram suas capacidades estranguladas com 60 min. de atividade, necessitando de limpeza ou substituição para a continuação do processamento.

Os testes também permitiram definir o volume mínimo de frutos necessários para iniciar o trabalho (2.000 L) e se promover o completo enchimento, com água, do sistema de remoção de sólidos suspensos sedimentáveis (SRSSS); o tempo de funcionamento da UPFC sem recirculação (30 min.), bem como, a quantidade de frutos necessários para cada recirculação da ARC (1.600 L). De posse dessas informações foi possível estabelecer um plano de ação para a implantação do experimento.

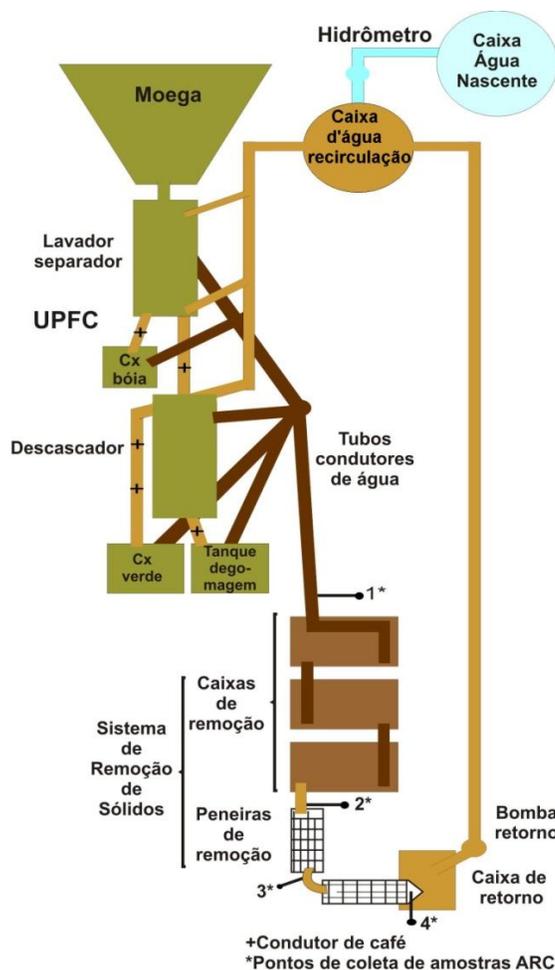
O SRSSS foi composto por três caixas e duas peneiras. As caixas com capacidade de 1.000 litros (FIGURA 2A) foram interligadas por tubos de PVC de 100 mm, em forma de sifão, colocados em lados opostos, na primeira, segunda e terceira caixa. Estas atuavam quebrando a corrente de turbulência da ARC e promovendo a remoção de sólidos grosseiros por meio do princípio da decantação.

As duas peneiras foram construídas em formato de tubo com 100 cm de comprimento e 22 cm de diâmetro, com tela de aço inoxidável 304L (0,003% de carbono), a primeira com malha de 14 mesh, fios de 0,3 mm e abertura de 1,51 mm, e a segunda com malha de 18 mesh, fios de 0,41 mm e abertura de 1,0 mm, dispostas após a saída da terceira caixa, com inclinação de 10% (FIGURA 2B), objetivando remover os materiais orgânicos com dimensões maiores que os orifícios do esguicho do descascador, os quais têm 2,7 mm de diâmetro (FIGURA 2C).



**Figura 2** - Sistema de remoção de sólidos suspensos sedimentáveis. Fazenda Experimental de Venda Nova do Imigrante-ES, 2010: A – Caixas de decantação; B – Disposição das peneiras 1 e 2; C – Detalhe da retenção de impurezas pelas peneiras.

Após passar pelo SRSSS, a ARC escoava para um reservatório de 1.000 L, de onde era bombeada para o reservatório de recirculação por meio de uma bomba de rotor aberto acionada automaticamente. O esquema completo do conjunto experimental pode ser visualizado na Figura 3.



**Figura 3** - Conjunto experimental composto pelos equipamentos da unidade de processamento e pelo sistema de remoção de sólidos suspensos sedimentáveis dos frutos do cafeeiro. Fazenda Experimental de Venda Nova do Imigrante-ES, 2010.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados no esquema de parcela subdividida (4 x 5), em quatro repetições, sendo nas parcelas os quatro pontos de coleta (PC1, PC2, PC3 e PC4) e nas subparcelas os cinco períodos de tempo após o início do processamento (T10, T40, T70, T100 e T130 min.). Para a obtenção das características organolépticas dos grãos, as amostras de café foram constituídas de um ponto de coleta em cada tempo de recirculação.

A amostragem nos quatro pontos de coletas no SRSSS é descrita abaixo:

PC1 – Ponto de coleta na entrada na 1<sup>a</sup> caixa de remoção;

PC2 – Ponto de coleta após a passagem pela 3<sup>a</sup> caixa de remoção;

PC3 – Ponto de coleta após a passagem pela 1<sup>a</sup> peneira de remoção;

PC4 – Ponto de coleta após a passagem pela 2<sup>a</sup> peneira de remoção;

A primeira amostra foi coletada aos 10 min. (T10) após a chegada da ARC em todos os PC, constituindo assim a primeira circulação da água. Na primeira recirculação, a amostra foi coletada 30 min. após sua chegada em todos os PC (T40). Na segunda recirculação, a amostra foi coletada 30 min. após a primeira (T70). Na terceira recirculação, a amostra foi coletada 30 min. após a segunda (T100). Na quarta recirculação, a amostra foi coletada 30 min. após a terceira (T130), compondo uma distribuição equidistante dos tempos de recirculação da ARC.

As amostras de café cereja descascado foram coletadas antes da chegada no tanque de degomagem, enquanto as amostras de ARC foram coletas nos pontos de coleta (PC) instalados antes e depois das caixas de remoção (PC1 e PC2) e após as peneiras de remoção (PC3 e PC4), conforme esquematizado na Figura 3.

### 3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% probabilidade. As variáveis quantitativas foram analisadas por regressão sendo os modelos escolhidos pela significância dos coeficientes de regressão utilizando-se o teste 't' de Student e pelo coeficiente de determinação ( $R^2$ ), até 5% de probabilidade, com exceção para pH, em que foi usado 10%, utilizando-se o software SAEG 10.1.

### 3.5 CARACTERIZAÇÃO DOS FRUTOS

O trabalho foi desenvolvido com frutos do cafeeiro arábica variedade Catuaí 81, colhidos na peneira ao longo de um dia de atividade e transportados da lavoura até a recepção da UPFC em sacaria de ráfia. Para cada repetição, foi disponibilizado 9520; 10240; 10460 e 9200 L de frutos, respectivamente. Foram coletadas amostras de cada volume, durante o descarregamento, e depois de homogêneas foram caracterizadas quanto ao estágio de maturação (verde, verde cana, maduro, passa e

seco) e % de boia, bem como, compuseram a amostra de 2,0 kg de café natural que seguiu para a secagem.

Os volumes de café foram medidos em recipientes padrão de 40 L, aferida por entidade certificadora (FIGURA 3B), homogêneos e divididos para compor cada tempo de recirculação da ARC. A partir daí, foram colocados na moega receptora e seguiam para o lavador/separador por gravidade. As impurezas mais leves como folhas, pedaços pequenos de ramos de cafeeiro, cafés chochos, etc, provenientes da lavoura, foram removidas pelo abanador.

Antes de iniciar o funcionamento da UPCF, foi necessário abastecer o tanque do lavador/separador com 1.280 litros de água limpa, a fim de promover a separação dos frutos boias dos verdes/cerejas, bem como, usou-se água para o transporte de café verde/cereja até o descascador e separador de verde, separador de casca e posteriormente para o tanque de degomagem.

Ao passarem pelo lavador/separador, os frutos foram lavados e o café boia foi separado dos cafés cerejas/verdes e conduzidos ao descascador, onde os frutos verdes foram separados dos frutos cerejas. Estes ao serem descascados, foram separados da casca por meio do cilindro separador e direcionados ao tanque de degomagem, quando foram coletadas amostras de 3,0 kg aos 10, 40, 70, 100 e 130 min. de funcionamento da UPFC e conduzidos à unidade de secagem sem a retirada da mucilagem.

O restante do café CD permaneceu até o encerramento do processamento no tanque de degomagem e durante este período ocorreu a remoção de parte da mucilagem por meio da fermentação natural.

O fluxo de água foi contínuo durante todo o processamento e toda água envolvida foi escoada por gravidade para o SRSSS, de onde foi bombeada para a recirculação. Após o primeiro bombeamento da ARC, foi paralisado o uso da água limpa (FIGURA 3 D) dando início à recirculação em toda UPFC. Basicamente é no processo de descascamento, separação da casca e degomagem que são gerados os resíduos orgânicos, dando início à geração da ARC.

### 3.6 CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE

Uma amostra de água limpa foi coletada antes do início das atividades de cada repetição para as análises físicas e químicas, bem como, as amostras de ARC que foram coletadas nos T10, T40, T70, T100 e T130 min. em quatro pontos do SRSSS, acondicionadas em recipientes plásticos de 2,0 L e transportadas para o laboratório em caixas de isopor.

As análises físicas foram constituídas pela quantificação de sólidos totais (ST) e determinação da condutividade elétrica (CE), realizada por meio de condutímetro. As análises químicas incluíram a medição do potencial hidrogeniônico (pH) determinado em potenciômetro e nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Enxofre (S), Zinco (Zn), Cobre (Cu), Boro (B), Manganês (Mn) e ferro (Fe), segundo recomendações de Rump e Krist (1992). Todas foram realizadas no Laboratório do Incaper, localizado no Centro Regional de Desenvolvimento Rural Centro Serrano (CRDR-CS).

Para a quantificação dos ST, as amostras de 1.900 ml foram levadas para a estufa de circulação de ar forçado à temperatura de 80°C por 24 horas. Após a desidratação, o resíduo foi colocado em estufa a 103 – 105 °C, por 2 h, para secagem, permanecendo no recipiente até atingir a temperatura ambiente, quando foi quantificada sua massa, sendo o cálculo da concentração de ST realizado por meio da Equação (1):

$$ST = (M_S - M_R) \cdot 1000/V_{AM} \quad (1)$$

em que,

ST = sólidos totais, mg L<sup>-1</sup>;

M<sub>S</sub> = massa da amostra seca a 103 – 105 °C mais a massa do recipiente, mg;

M<sub>R</sub> = massa do recipiente, mg; e

V<sub>AM</sub> = volume da amostra, mL.

A eficiência da remoção de ST da ARC foi obtida empregando-se a Equação (2) que expressa a razão entre a diferença de concentração de ST existentes na ARC depois da passagem pelo SRSSS (C<sub>D</sub>), pela concentração de ST na ARC antes da passagem pelo SRSSS (C<sub>A</sub>).

$$E_P(\%) = 100 (1 - C_D / C_A), \quad (2)$$

em que,

$E_P$  = eficiência de remoção, %;

$C_D$  = concentração na ARC depois,  $\text{mg L}^{-1}$ ; e

$C_A$  = concentração na ARC antes,  $\text{mg L}^{-1}$ .

A capacidade de processamento foi obtida dividindo-se o volume de frutos processados pelo tempo de funcionamento da UPFC, calculada pela Equação (3):

$$CP = V / t, \quad (3)$$

em que,

$CP$  = capacidade de peneiramento,  $\text{L h}^{-1}$ ;

$V$  = volume processado de frutos do cafeeiro, L; e

$t$  = tempo de funcionamento da UPFC, h.

### 3.7 SECAGEM, ARMAZENAGEM E QUALIDADE DA BEBIDA DO CAFÉ

Para avaliar a influência do tempo de recirculação da ARC nas características sensoriais da bebida, foram coletadas amostras de café cereja descascado aos 10, 40, 70, 100 e 130 min. de funcionamento da UPFC e submetidas à secagem sem passar pelos procedimentos de retirada da mucilagem.

O processo de secagem foi realizado em terreiro de cimento coberto com lona transparente e seguiu as recomendações técnicas de higiene, espessura de camadas e revolvimento sugeridas por Borém, Reinato e Andrade (2008). A partir da meia seca (25% de umidade) e ao final de cada dia, as amostras de café foram amontoadas em sacaria de ráfia para promover o descanso e igualar a seca, até atingir 11,5 % de umidade.

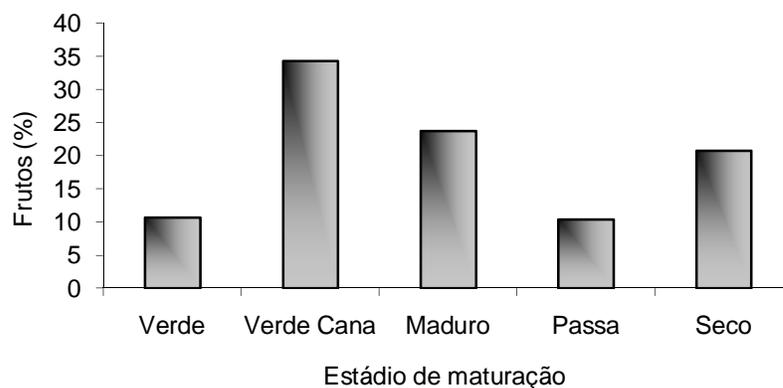
O armazenamento das amostras foi feito em sacos de ráfia, dispostos lado a lado em tulpas de madeira pelo período de 30 dias e antes do beneficiamento, o mesmo foi reconduzido ao terreiro para ressolagem até atingir a umidade de 11,5%, quando foram beneficiadas, classificadas por peneiras e por tipo, de acordo com as normas de Classificação Oficial Brasileira (COB).

A qualidade da bebida foi avaliada na Cooperativa de Cafeicultores de Venda Nova (PRONOVA), pelo Sr. Eduardo Pagio Melo, Juiz da Associação Americana de Cafés Especiais, com o objetivo de determinar diferentes características sensoriais, atribuir notas de aroma e sabores e determinar uma preferência existente dentre as diferentes amostras experimentais, seguindo o protocolo de degustação de café, metodologia SCAA CUPPING PROTOCOLS (SCAA, 2008).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 PROCESSAMENTO DOS FRUTOS DO CAFEIEIRO

Os frutos utilizados no experimento apresentavam maturação irregular (FIGURA 4), o que é natural na cafeicultura arábica (BORÉM, 2008). Observou-se a existência de 10% de frutos verdes, 24% de frutos maduros e os frutos passa e seco somaram 31%. No entanto, 43% dos frutos foram caracterizados como boia, indicando a presença de outros caracteres depreciativos, como: grãos chochos, brocados, além dos frutos passa e seco mensurados, influenciando na geração de um efluente com menor quantidade de material orgânico.



**Figura 4** - Médias do estágio de maturação dos frutos de café arábica, variedade Catuai Vermelho 81, processados na Fazenda Experimental de Venda Nova do Imigrante-ES, 2010.

Pela distribuição do estágio de maturação dos frutos, verifica-se que a operação de colheita foi realizada de uma só vez. Nesse caso, uma opção para se obter melhores resultados econômicos, é levar os frutos para um sistema de processamento via úmida, a fim de separar os frutos cerejas dos verdes/boias e promover o descascamento daqueles, possibilitando uma agregação de valor ao produto final.

A maturação irregular dos frutos do cafeeiro na safra 2010 ocorreu nas lavouras de toda região da cafeicultura arábica do Estado do Espírito Santo, e pode ser consequência da adversidade climática do período, com a ocorrência de forte veranico entre janeiro e fevereiro de 2010, o que prejudicou a nutrição dos cafeeiros, e conseqüentemente, a formação dos grãos. As condições climáticas desfavoráveis

foram atribuídas ao fenômeno El Niño, reduzindo a formação de chuvas no Estado do Espírito Santo, entre janeiro e março de 2010 (CONAB, 2010).

Foram processados 39.420 L de frutos durante a pesquisa. A distribuição entre as repetições e dentro dos tempos de recirculação é observada na Tabela 1. Nas repetições 1 e 4, o volume foi inferior a 10.000 L devido ao baixo rendimento da colheita naqueles dias, mesmo assim, a quantidade disponibilizada foi suficiente para permitir o funcionamento da UPFC. Observa-se que o tempo médio trabalhado está dentro do esperado, permitindo inferir que as coletas das amostras de ARC e de café cereja descascado representaram cada recirculação estabelecida.

**Tabela 1** - Demonstrativo do volume de frutos empregados em cada tempo de recirculação da água residuária dos frutos de café em cada repetição e o tempo médio acumulado da atividade de processamento. Venda Nova do Imigrante-ES, 2010.

Nº de recirculação	Tempo de amostragem (m)	L frutos/tempo de recirculação					Tempo médio acumulado (min.)
		Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3	Rep. 4	Média	
1º	10	2.320	2.300	2.360	2.200	2.295	33,3
2º	40	1.800	1.840	1.840	1.800	1.820	59,8
3º	70	1.800	1.840	1.840	1.800	1.820	87,6
4º	100	1.800	1.840	1.840	1.800	1.820	115,1
5º	130	1.800	2.420	2.580	1.600	2.100	148,1
Total		9.520	10.240	10.460	9.200	9.855	148,1

#### 4.2 CONSUMO DE ÁGUA NA UNIDADE DE PROCESSAMENTO

A quantidade de água consumida na UPFC é apresentada na Tabela 2. Verifica-se que a capacidade média de processamento da UPFC foi de  $3,99 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ , ou seja, foram processados  $66,6 \text{ L de frutos min}^{-1}$ .

**Tabela 2** - Tempo de atividade, volume de frutos processados, consumo de água e rendimento da unidade de processamento em função do reuso da água residuária do café obtidos em cada repetição. Venda Nova do Imigrante-ES, 2010.

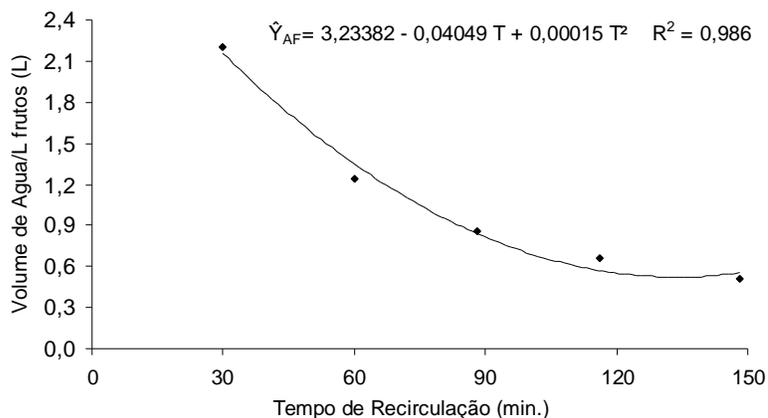
REPETIÇÃO	TEMPO DE ATIVIDADE (MIN.)	FRUTOS PROCESSADOS		CONSUMO DE ÁGUA		RENDIMENTO ÁGUA/FRUTOS (L)
		L	L/h	L	L/h	
1	144	9.520	3.967	5.053	2.105	0,53
2	151	10.240	4.069	5.213	2.071	0,51
3	155	10.460	4.044	5.136	1.988	0,49
4	142	9.200	3.887	5.179	2.188	0,56
MÉDIA	148	9.855	3.993	5.145	2.088	0,52

No total foram processados 39.420 L de frutos, equivalente a 9.855 L em cada repetição (média), gerando um gasto médio de 5.145 L de água, equivalente ao consumo de 0,52 L de água por litro de frutos, após quatro recirculações da ARC na UPFC.

O consumo de água diminuiu com o aumento do período de tempo transcorrido do início do processamento (Figura 5). Inicialmente, o volume de água envolvido no processamento dos frutos sem a recirculação, foi de 2,2 L de água/L de frutos. Esse consumo foi 45% inferior a média nacional que é de 4/1 L de água por litros de frutos (MATOS, 2003), indicando que os equipamentos foram bem ajustados.

Observa-se na Figura 5, que o resultado apurado com a recirculação da água foi de 0,53 L de água/L de fruto, após 148 min de processamento. No entanto, esse volume atingiu o ponto mínimo de 0,50 L de água/L de frutos aos 135 min. de processamento. Esse índice é menor que os volumes encontrados por Matos et al. (2006) de 1/1; Raggi, Matos e Luiz (2008) de 0,55/1 e Moreli et al. (2010) de 0,9/1.

Esses valores podem ser considerados baixos para esse modelo de estrutura e pode ser reduzido à medida que houver maior volume de frutos para serem processados, corroborando com Mierzwa e Hespanhol (2005), que defendem a estratégia do reuso como um dos componentes do gerenciamento de água e efluentes capaz de se tornar um instrumento para a preservação dos recursos naturais e controle da poluição ambiental.



**Figura 5** - Volume de água por litro de fruto em função do tempo de recirculação da água residual do café no processamento dos frutos do cafeeiro arábica. Venda Nova do Imigrante-ES, 2010.

Os resultados alcançados indicam que a recirculação da água na UPFC pode se tornar uma forte aliada dos cafeicultores na gestão do seu negócio e importante para

a viabilidade ambiental do empreendimento, no que se refere à outorga de água e na obtenção do licenciamento ambiental, pois a recirculação da ARC tem se tornado uma premissa nas condicionantes ambientais emitidas pelos órgãos fiscalizadores. No entanto, segundo Braga et al. (2005), embora a recirculação seja uma ferramenta útil, sua adoção precisa ser bem planejada para minimizar riscos no desempenho da atividade.

#### 4.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA ÁGUA RESIDUÁRIA DO CAFÉ

Foi feita a análise de variância para ST e CE e verificou-se que a interação entre o tempo de recirculação e o PC foi significativa.

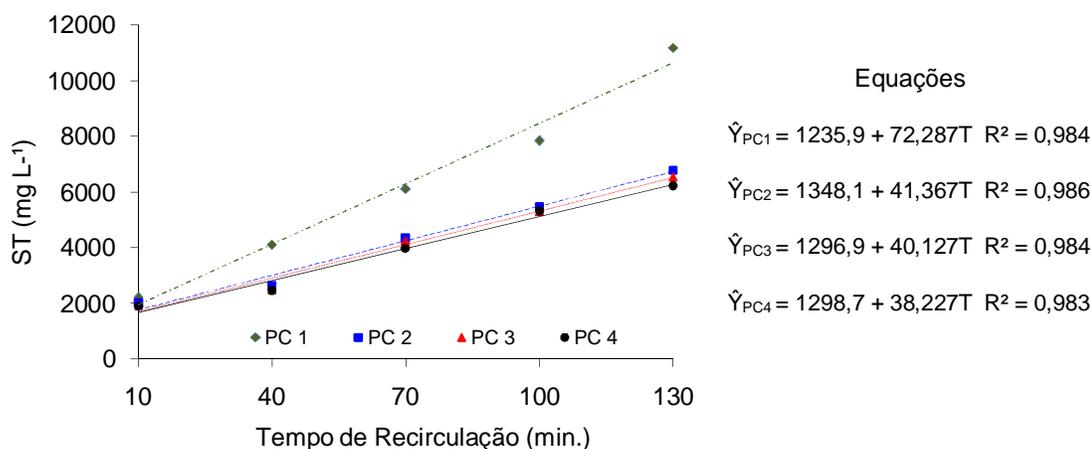
##### 4.3.1 Sólidos Totais (ST)

Os valores de ST em função dos tempos de recirculação, para cada ponto de coleta podem ser observados na Figura 6. Verifica-se que a recirculação da ARC proporcionou aumento linear nos valores de ST em todos os pontos de coleta.

Observa-se que a cada unidade de tempo, ou seja, para cada 66,6 L de frutos processados, houve um incremento de ST da ordem de 72,287 (PC1); 41,367 (PC2); 40,127 (PC3) e 38,227 (PC4) mg L<sup>-1</sup> por minuto de recirculação. O SRSSS proporcionou uma redução de 47,1% de ST do PC1 para o PC4.

O aumento do valor de ST está associado à maior entrada de material particulado na água, à medida que novos lotes de frutos de café foram processados. Esses materiais devem ser removidos para facilitar o fluxo da água de recirculação, evitando entupimentos na rede hidráulica da UPFC. Raggi et al. (2008), verificaram que a maior concentração de ST na ARC também proporcionou aumento nos valores de DBO e DQO e CE.

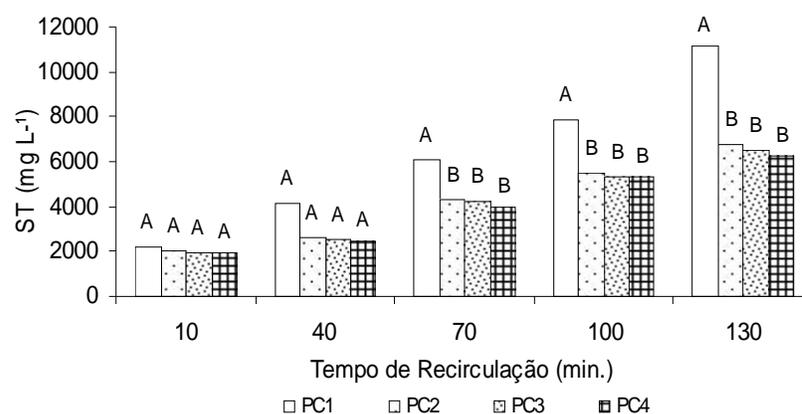
Essa característica pode contribuir para a contaminação da água de lavagem e separação dos frutos do cafeeiro (RIQUEIRA, LACERDA FILHO e MATOS, 2005), bem como, para o aumento do potencial poluidor da ARC, caso seja despejada em corpos hídricos. Para o uso em fertirrigação, esse fato é importante, pois há aumento do teor de MO e de nutriente por unidade de volume de ARC.



**Figura 6** - Sólidos totais na água residuária do café durante a recirculação na unidade de processamento dos frutos do cafeeiro, em função dos tempos para cada ponto de coleta no sistema de remoção de sólidos suspensos sedimentáveis. Venda Nova do Imigrante-ES, 2010.

Os valores de ST em função dos pontos de coleta para cada tempo são observados na Figura 7. Verifica-se que no T10 e T40 os valores antes da entrada no SRSSS, não diferiram estatisticamente dos valores, após a passagem pelas caixas e peneiras. No entanto, a partir do T70 há diferença significativa do PC1 em relação aos demais tratamentos. Os resultados indicam que a remoção se torna efetiva quando a quantidade de resíduos presentes na ARC é maior.

Embora não se tenha detectado diferenças estatísticas entre os PC2, PC3 e PC4, as peneiras dispostas em sequência após as caixas de decantação, foram fundamentais para a remoção de partículas arrastadas pela corrente de água que fluía pelas caixas e capazes de obstruírem a rede hidráulica da UPFC. Isso viabilizou a recirculação durante todo o processamento dos frutos, corroborando com as interpretações de Soares et al. (2008).



**Figura 7** - Valor de sólidos totais na água residuária do café durante a recirculação na unidade de processamento dos frutos do cafeeiro, em função dos tempos para cada ponto de coleta. Venda Nova do Imigrante-ES, 2010.

A eficácia do SRSSS na remoção dos sólidos demonstrou que o conjunto formado pelas três caixas de decantação seguida de duas peneiras, que apresentam baixo custo de operação e manutenção (JORDÃO e PESSOA, 1995), foi uma estratégia que viabilizou a recirculação da ARC e seu fluxo por todos os pontos de distribuição na UPC de forma ininterrupta e sem diluição, podendo se tornar uma opção para os proprietários rurais (gestores) que precisam estar atentos com a geração de resíduos pela atividade cafeeira e preocupados com os impactos ambientais gerados (SETTE, 2010).

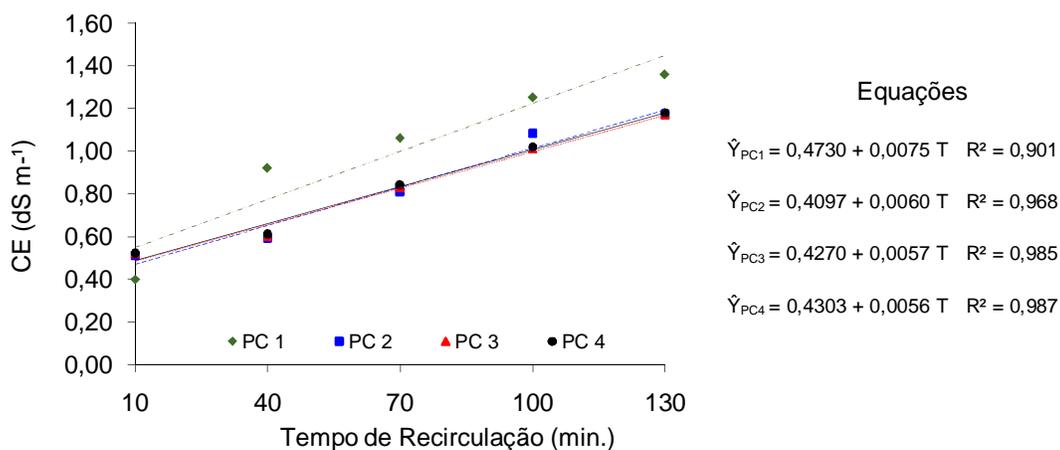
Os resultados indicam que o SRSSS cumpriu seu papel, viabilizando a recirculação da ARC pelo período estabelecido para o processamento de 10.000 L de frutos e sua eficiência foi aumentando proporcionalmente ao tempo de recirculação. Acredita-se que esse resultado pode ser melhorado a partir do processamento de maiores volumes de frutos do cafeeiro.

#### 4.3.2 Condutividade Elétrica

A água usada no processamento dos frutos possuía uma CE de 0,0406 dS m<sup>-1</sup>. Esse valor encontra-se nos padrões estabelecidos para as águas naturais que pode variar até 0,1 dS m<sup>-1</sup> (LIBÂNIO, 2008).

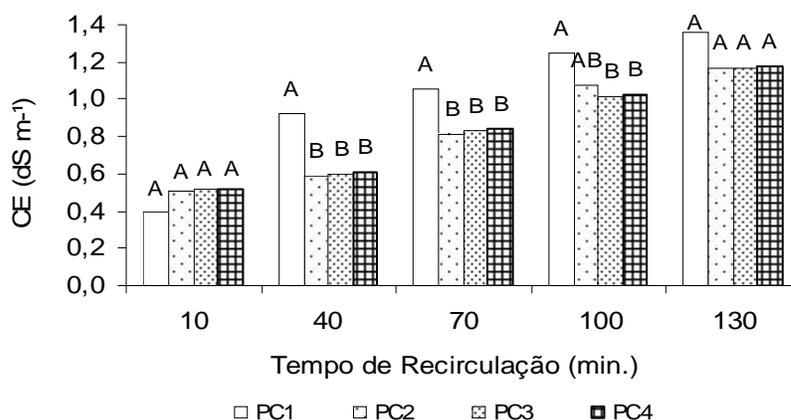
Na Figura 8, são apresentados os valores de CE em função dos tempos de recirculação, para cada ponto de coleta. Verifica-se que a recirculação da ARC proporcionou aumento linear nos valores de CE em todos os pontos de coleta. Esse aumento está associado à maior concentração de sais (íons) presentes na água, resultados que corroboram com os obtidos por Lo Monaco et al. (2003), Raggi (2006), Matos et al. (2007), indicando que a ARC era constituída por material orgânico e íons em solução.

Observa-se que a cada unidade de tempo, ou seja, para cada 66,6 L de frutos processados, houve um incremento de 0,0075; 0,006; 0,0057 e 0,0056 dS m<sup>-1</sup> de CE nos PC1, PC2, PC3, PC4, respectivamente. O SRSSS proporcionou uma redução de 22,67% de CE do PC1 para o PC4.



**Figura 8** - Condutividade elétrica na água residuária do café durante a recirculação na unidade de processamento dos frutos do cafeeiro, em função dos tempos de recirculação para cada ponto de coleta no sistema de remoção de sólidos suspensos sedimentáveis. Venda Nova do Imigrante-ES, 2010.

Os valores da CE em função dos pontos de coleta para cada tempo podem ser observados na Figura 9. Verifica-se que no T10, isto é, durante a 1ª circulação da água, e após a quarta recirculação (T130), os valores da CE nos pontos de coletas não diferiram estatisticamente. No entanto, para as recirculações T40, T70 e T100, o PC1 diferiu estatisticamente dos demais e PC2, PC3 e PC4 não diferiram entre si, demonstrando que o sistema removeu sólidos sedimentáveis durante esse período. Esse resultado indica que o sistema de tratamento utilizado não mais influenciava na remoção de íons adicionados à solução a partir do T130.



**Figura 9** - Condutividade elétrica na água residuária do café medida durante a recirculação na unidade de processamento dos frutos do cafeeiro, em função dos pontos de coleta para cada tempo de recirculação. Venda Nova do Imigrante-ES, 2010.

Os valores de CE determinados no efluente estão próximos daqueles encontrados por Matos (2003) em café conilon ( $0,992 \text{ dS m}^{-1}$ ) e Riqueira, Lacerda Filho e Matos (2005) em café arábica ( $0,800 \text{ dS m}^{-1}$ ) e dos resultados encontrados por Raggi, Matos e Luiz (2008), que também quantificou os valores de DBO e DQO demonstrando que estes acompanham as curvas de tendência da CE.

As taxas de acúmulo de ST e CE na ARC e o índice de remoção destes, promovidos pelo SRSSS, são apresentados na Tabela 3. Verifica-se que houve um incremento de  $72,287 \text{ mg L}^{-1}$  de ST e  $0,0075 \text{ dS m}^{-1}$  de CE, respectivamente, para cada  $66,6$  litros de café processado a cada minuto de funcionamento da UP, enquanto o índice de remoção de ST e CE do PC1 para o PC4 foram de  $47,12\%$  e  $25,33\%$ , respectivamente.

Observa-se que as caixas de decantação foram responsáveis pela remoção de  $42,7\%$  dos ST, enquanto as peneiras removeram  $3,0\%$  (PC3) e  $4,7\%$  (PC4). Apesar de aparentemente baixo, o índice de remoção de ST pelas peneiras foram fundamentais por não permitir a obstrução da rede hidráulica da UPFC.

A remoção da CE foi de  $20\%$  nas caixas de decantação e de  $5,0\%$  (PC3) e  $1,75\%$  (PC4) pelas peneiras, indicando que estas se restringiram na remoção de partículas sólidas mais grosseiras, conforme verificado por Raggi Matos e Luiz (2008), que obtiveram remoção  $14\%$  e  $75\%$  de ST da ARC em recirculação, trabalhando com peneira pressurizada e tanque de decantação, respectivamente.

**Tabela 3** - Taxa de acúmulo de sólidos totais na água residuária do café obtida nos pontos de coletas 1, 2, 3 e 4 e índice de remoção do sistema de remoção de sólidos suspensos sedimentáveis. Venda Nova do Imigrante-ES, 2010.

Pontos de Coleta	ST		CE	
	Taxa de Acúmulo (mg L <sup>-1</sup> )	Índice de Remoção (%)	Taxa de Acúmulo (mg L <sup>-1</sup> )	Índice de Remoção (%)
PC1	72,287	0,00	0,0075	0,00
PC2	41,367	42,77	0,0060	20,00
PC3	40,127	3,00	0,0057	5,00
PC4	38,227	4,73	0,0056	1,75
PC1 para PC4		47,12		25,33

#### 4.4 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DA ÁGUA RESIDUÁRIA DO CAFÉ

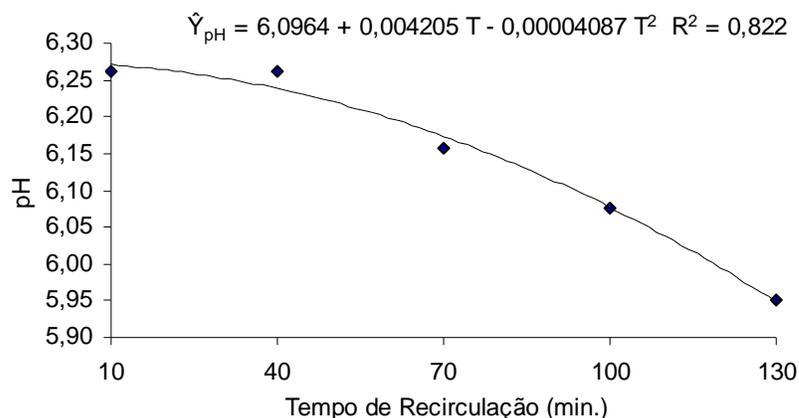
A análise de variância dos atributos químicos da ARC apresentou interação significativa para: pH, N, P, K, Ca, Mg e Cu e não significativa para: Zn, Mn, Fe e B.

A seguir, serão apresentados os resultados e a discussão dos atributos químicos da ARC que apresentaram interação significativa entre os tempos de recirculação e os PC, antes (PC1) e depois (PC4) da passagem pelo SRSSS.

##### 4.4.1 pH

A água utilizada no processamento possuía um pH inicial de 7,47, valor que se encontra dentro da margem estabelecida para águas naturais de superfície, que varia de 6,0 a 8,5 (LIBÂNIO, 2008).

Os valores de pH da ARC em função dos tempos de recirculação, podem ser observados na Figura 10. Verifica-se uma redução dos valores de pH à medida que se aumenta o tempo de recirculação da ARC. Esse fato se deve ao aumento da concentração de H<sup>+</sup> presente nos compostos orgânicos da ARC ocasionada pelo aumento do volume de frutos processados.



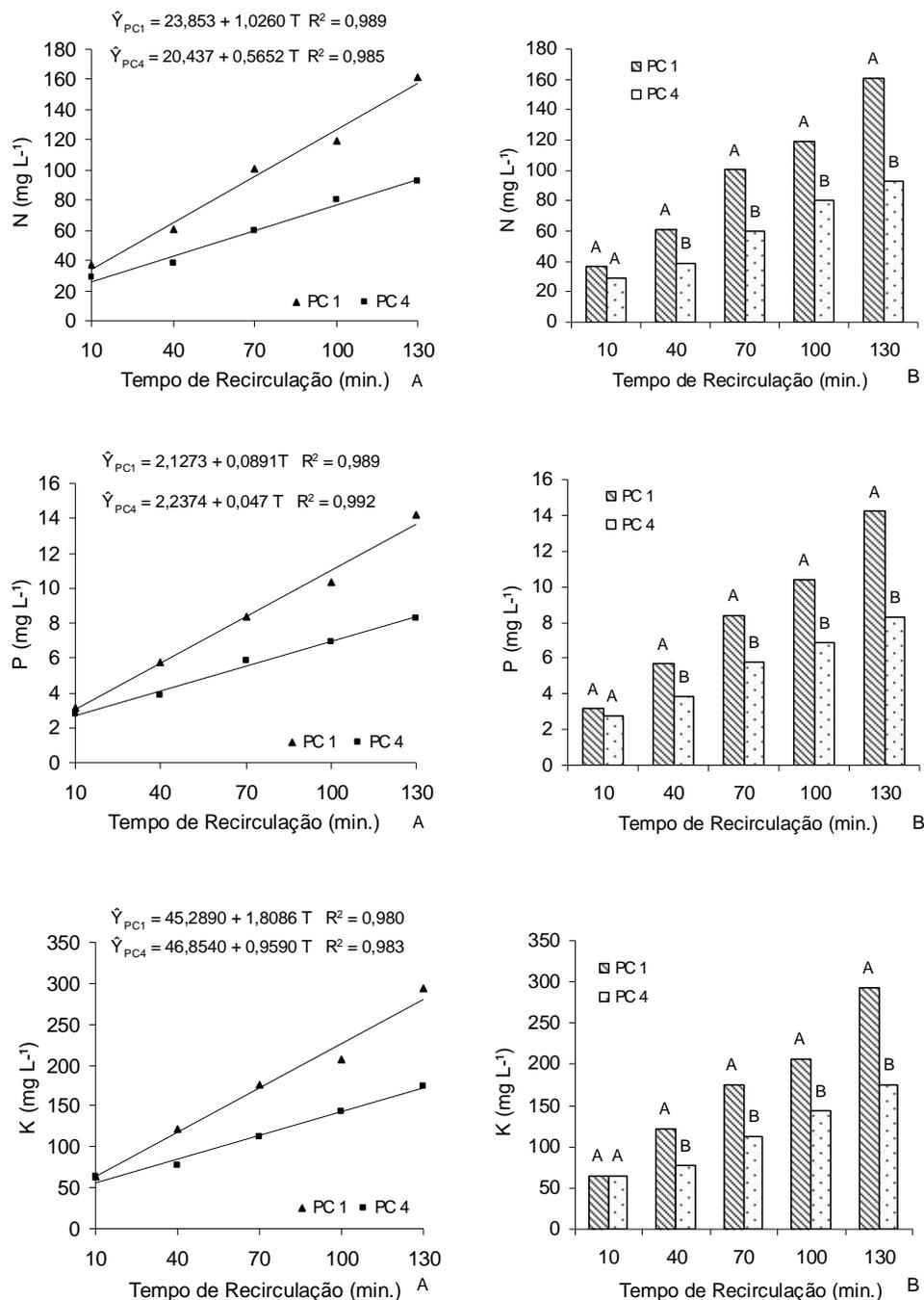
**Figura 10** - Valor de pH na água residuária do café durante a recirculação na unidade de processamento dos frutos do cafeeiro, em função dos tempos de recirculação do efluente. Venda Nova do Imigrante-ES, 2010.

#### 4.4.2 Macro e micronutrientes

Os teores de N, P, K, Ca, Mg e S da ARC em função dos tempos de recirculação para os PC podem ser observados nas figuras 11A e 12A. Nas figuras 11B, observam-se os teores de N, P e K da ARC, enquanto nas Figuras 12B, observam-se os teores de Ca, Mg e S da ARC em função dos pontos de coleta para cada tempo de recirculação. Verifica-se nas Figuras 11A e 12A que a recirculação da ARC proporcionou aumento linear nos teores de todos os elementos avaliados em todos os pontos de coleta.

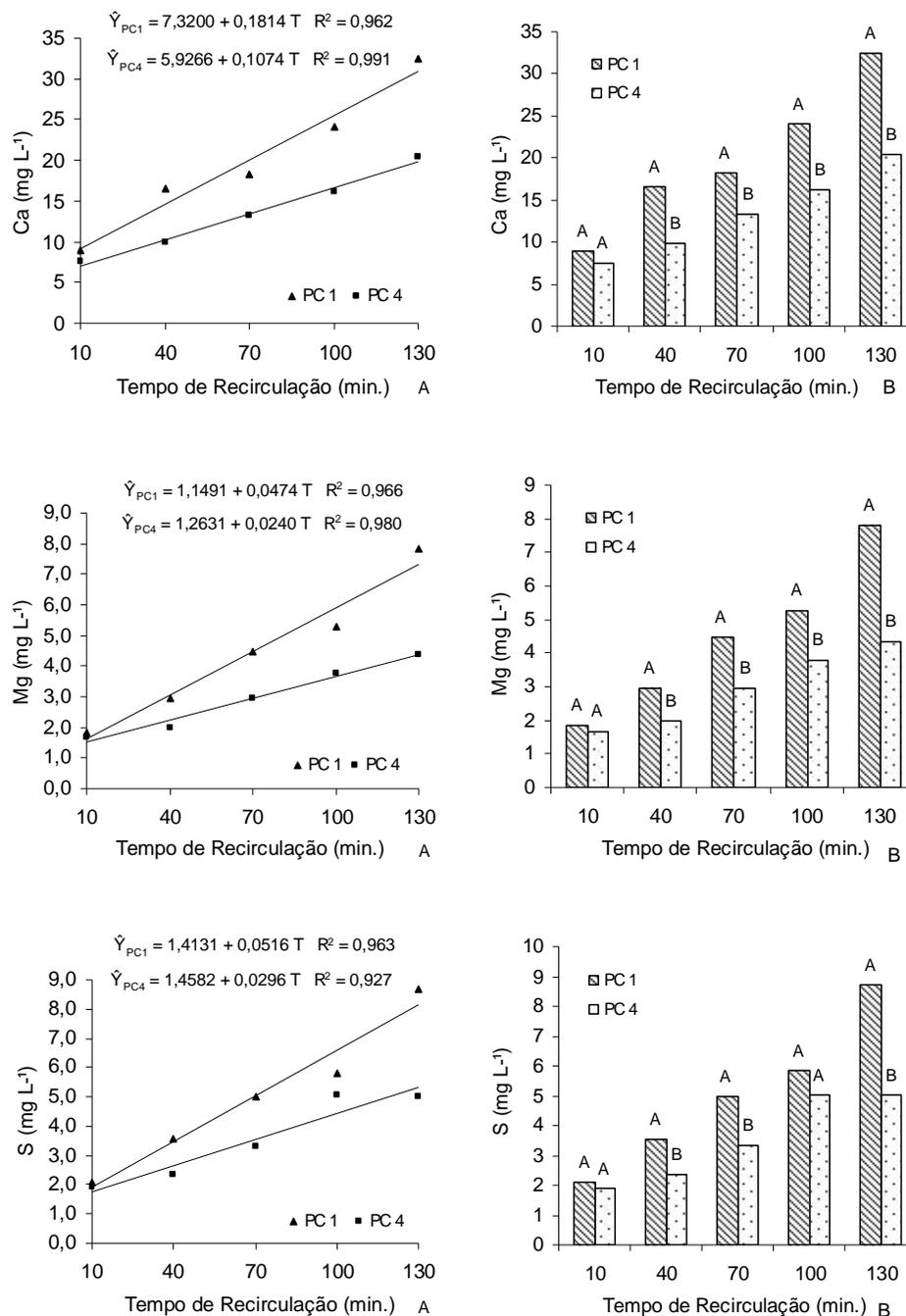
Nas figuras 11B e 12B, no T10, os valores do afluente do SRSSS não diferiram dos efluentes das caixas de decantação e das peneiras. Isso se deve à pequena concentração de sólidos presentes na água antes da recirculação. Com o aumento do tempo de recirculação, as concentrações dos nutrientes se elevaram.

Observa-se que o K, N e Ca no PC1 e PC130 apresentaram os maiores teores (293,0, 161,1 e 32,4 mg L<sup>-1</sup>). São maiores que a média encontrada por Prezotti et al. (2018b), que avaliaram amostras de ARC de 40 propriedades da região Serrana do Estado do Espírito Santo e inferiores às encontradas por Soares et al. (2009) e Lo Monaco et al. (2004), que observaram teores de K entre 200 a 620 mg L<sup>-1</sup>.



**Figura 11** - Teores de Nitrogênio, Fósforo e Potássio na água residuária do café, durante a recirculação na unidade de processamento dos frutos do cafeeiro, em função dos tempos de recirculação para cada ponto de coleta e em função dos pontos de coleta para cada tempo de recirculação. Venda Nova do Imigrante-ES, 2010.

A relação entre os teores de cálcio e magnésio foi de, aproximadamente, 4:1, relação esta considerada adequada para a nutrição da maioria das culturas.

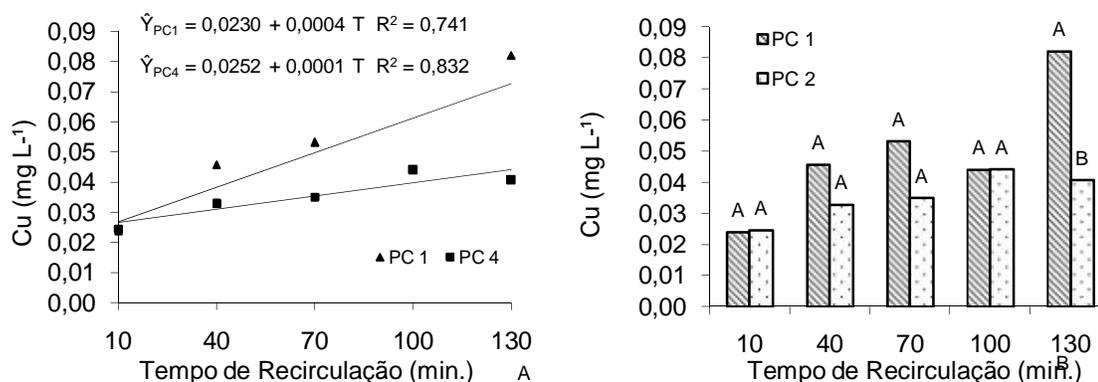


**Figura 12** - Teores de Cálcio, Magnésio e Enxofre na água residuária do café, durante a recirculação na unidade de processamento dos frutos do cafeeiro, em função dos tempos de recirculação para cada ponto de coleta e em função dos pontos de coleta para cada tempo de recirculação. Venda Nova do Imigrante-ES, 2010.

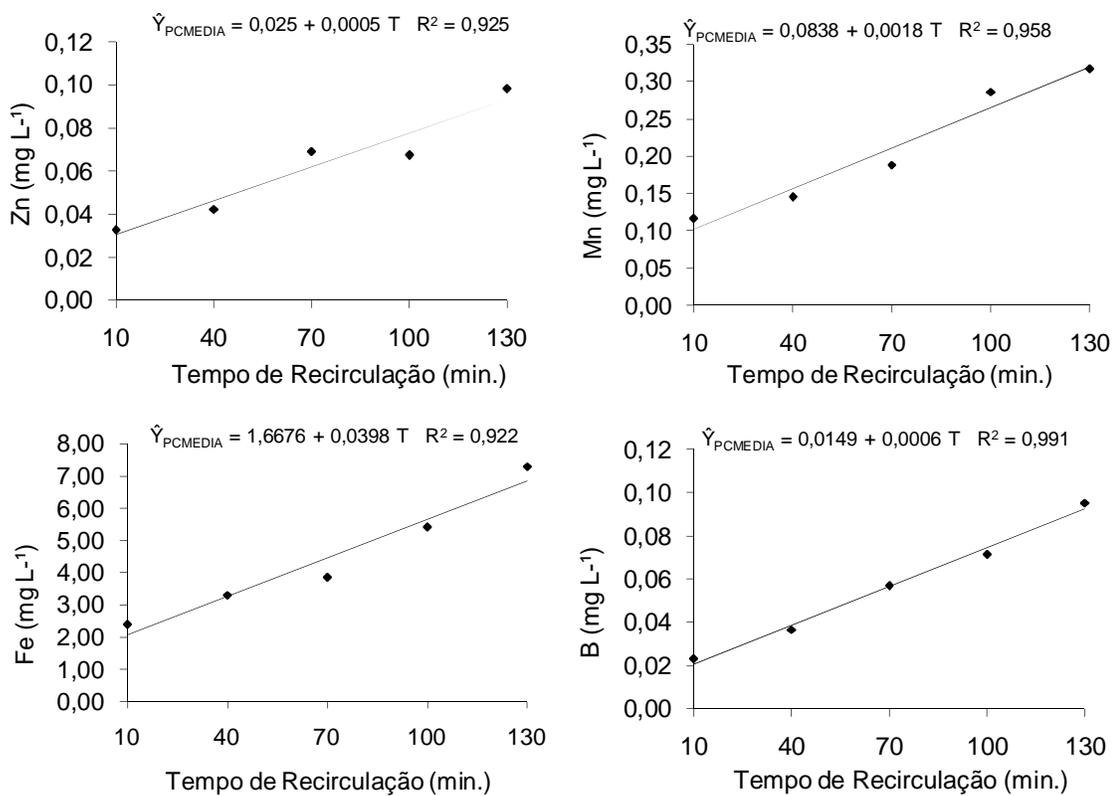
As concentrações K, N e Ca na ARC podem sofrer variações em função das diferentes etapas do processo de descascamento/despolpa e do volume e número de recirculação da água (PREZOTTI et al. 2008b), como também, podem ser

encontrados valores de N maiores que o de K, contrariando o senso comum de que este é o nutriente mais abundante na ARC (SOARES et al. 2009).

Dos micronutrientes (FIGURA 13 e 14), o Cu foi o elemento que apresentou o menor teor, seguido de Zn, B e Mn. Teores menores que a média encontrada por Prezotti et al. (2008b) nas propriedades da região Serrana do Espírito Santo.



**Figura 13** - Teores de cobre na água residuária do café durante a recirculação na unidade de processamento dos frutos do cafeeiro, em função dos tempos de recirculação para cada ponto de coleta e em função dos pontos de coleta para cada tempo de recirculação. Venda Nova do Imigrante-ES, 2010.



**Figura 14** - Teores médios de zinco, manganês, ferro e boro na água residuária do café durante a recirculação na unidade de processamento dos frutos do cafeeiro em dois pontos de coleta em função dos tempos de recirculação. Venda Nova do Imigrante-ES, 2010.

Conforme observado nas Figuras 11A e 12A, com o aumento do número de recirculações, houve elevação dos teores de nutrientes na ARC, verificando-se a existência de uma relação direta e proporcional entre esses elementos e os valores de ST e CE. Essa característica da ARC favorece o seu aproveitamento na fertirrigação de culturas (LO MONACO, 2005; MATOS e LO MONACO, 2003). Contudo, a maioria dos cafeicultores apresenta resistência a essa prática, por achar que é causadora de danos às plantas (SOARES et al. 2009).

As taxas de acúmulo de nutrientes na ARC e o índice de remoção destes, promovidos pelo SRSSS, são apresentados na Tabela 4. Verifica-se que houve um incremento de 1,0260; 0,0891 e 1,8086 mg L<sup>-1</sup> de N, P e K, respectivamente, para cada 66,6 litros de café processado a cada minuto de funcionamento da UP.

A taxa de remoção dos nutrientes do PC1 para o PC4 foi de 44,91%; 47,25% e 46,98%, respectivamente. Isso é um grande indicativo de que a recirculação proporciona o enriquecimento nutricional da ARC, credenciando-a como um produto natural que pode ser utilizado para suprir as necessidades nutricionais e contribuir para aumentar a produtividade de diversas culturas, como já descritos por Matos (2003); Lo Monaco (2005); Prezotti et al. (2008b); Soares et al. (2009).

**Tabela 4** - Taxa de acúmulo de nutrientes na água residuária do café obtida nos pontos de coletas 1 e 4 e índice de remoção do sistema de remoção de sólidos suspensos sedimentáveis. Venda Nova do Imigrante-ES, 2010.

Nutrientes	Taxa de Acúmulo (mg L <sup>-1</sup> )		Taxa de Remoção (%)
	PC 1	PC 4	
N	1,0260	0,5652	44,91
P	0,0891	0,0470	47,25
K	1,8086	0,9590	46,98
Ca	0,1814	0,1074	40,79
Mg	0,0474	0,0240	49,37

Embora o potássio apresente alta solubilidade, o seu teor na ARC foi reduzido substancialmente do PC1 para o PC4, passando de 1,8086 para 0,9590, uma redução de 0,8496 mg L<sup>-1</sup>. Isso é um indicativo de que grande parte do potássio está associado aos constituintes orgânicos presentes na ARC que foram removidos.

O mesmo foi observado para N e P, que, segundo Kiehl (1985, apud LO MONACO et al., 2004), possuem uma forte associação com material orgânico, esperado-se que a remoção de ST da ARC influenciasse diretamente na retenção desses

elementos. No entanto, os resultados demonstram uma remoção de 0,4608 e 0,0421 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente.

Lo Monaco et al. (2004), estudando a influência da granulometria da serragem de madeira como material orgânico filtrante na eficiência de tratamento de água residuária da suinocultura (ARS), verificou que quanto maior a remoção de ST da ARS, maiores também, foram as remoções de N e P.

Os dados indicam que quanto maior o tempo de recirculação da ARC no processamento dos frutos, maior será a concentração de nutrientes, demandando menor gasto de energia no seu aproveitamento na fertirrigação de culturas. Também indicam que é necessário remover parte dos sólidos sedimentáveis nela contidos, o que pode ser feito por meio de um sistema constituído de caixas de decantação e peneiras, similar ao descrito no presente trabalho. Um sistema como esse pode ser construído pelo próprio cafeicultor, com baixo custo.

Permitiu-se inferir, também, que a adaptação das peneiras após as caixas de decantação, possibilitou a recirculação da ARC, aumentando a relação do número de litros de café por litros de água usados no processamento, elevando a concentração de nutrientes na ARC, o que favorece a sua utilização na fertirrigação.

Riqueira et al. (2010), também observou considerável incremento nos valores de características físicas, químicas e bioquímicas na ARC, em virtude da constituição dos frutos do café e da alta liberação de constituintes orgânicos, sendo as altas concentrações de N e principalmente de K, um indicativo da possibilidade de seu aproveitamento agrícola.

No entanto, essas altas concentrações de sais observadas na ARC são consideradas, do ponto de vista ambiental, poluentes, principalmente se lançadas no meio aquático (SOARES et al., 2007), pois quando descartadas sem tratamento podem provocar a eutrofização do meio (BRAGA et al., 2005). Esses aspectos denotam a importância do planejamento da atividade, independente do destino a ser dado à ARC, como forma de respeito às leis e ao consumidor, não podendo ser descartada sem o devido tratamento.

#### 4.5 QUALIDADE DOS GRÃOS DE CAFÉ

Na Tabela 5, observam-se as características do café natural que apresentou uma relação de 21,4% de grãos beneficiados para grão natural e um rendimento de 29,2% de peneira 17 acima e 51,2% de peneira 15 acima, evidenciando a má formação dos grãos durante a safra, em consequência das condições climáticas.

**Tabela 5** - Características dos cafés natural e cereja descascado, obtidas após secagem e beneficiamento. Venda Nova do Imigrante-ES, safra 2010.

Cafés	Relação café seco/natural	Relação café beneficiado/natural	Umidade	P >17	P >15	P >13	Grão chato	Peso
								1000 grãos
			%					g
Natural	41,1	21,4	11,9	29,2	51,2	16,4	87,4	117,9
CD	-	-	11,4	23,2	57,4	15,5	86,5	118,3

A classificação por tipo permitiu verificar o aspecto e a quantidade de defeitos existente nas amostras. Observam-se, na Tabela 6, que foram encontrados 266 defeitos de natureza intrínseca para o café natural e 76 defeitos no café cereja descascado. De acordo com a Tabela Oficial Brasileira de Classificação esses cafés foram classificados como pertencente ao Tipo 7, com 14,6% de catação e Tipo 5 com 8,6% de catação, respectivamente. Quanto às características de qualidade, o café natural foi classificado como bebida Rio e o café cereja descascado como bebida Duro.

**Tabela 6** - Características dos cafés natural e cereja descascado beneficiado, obtidas após classificação na PRONOVA. Venda Nova do Imigrante-ES, safra 2010.

Café	Números de Defeitos							Catação (%)	Total Defeito	Tipo	Classificação
	Ardido	Brocado	Concha	Mal Granado	Preto	Quebrado	Verde				
Natural	24	37	20	62	63	27	33	14,6	266	7	Rio
CD	13	12	9	30	0	9	3	8,6	76	5	Dura

Considerando que os processos de secagem e armazenagem foram conduzidos dentro das técnicas recomendadas e, observando os números de defeitos apresentados pelo café natural (TABELA 5) e o estágio de maturação dos frutos (FIGURA 8), é possível inferir que a característica de bebida “Rio” foi influenciada

pelas condições ambientais, ainda no campo, antes da colheita, assim como, é possível afirmar que o processo de lavagem e descascamento garantiu melhor qualidade ao café, proporcionando agregação de valor ao produto final.

Na Tabela 7, verificam-se os resultados da análise de variância referente à qualidade organolépticas dos grãos. Em razão da distribuição equidistantes dos tempos de reuso da ARC (T10; T40; T70; T100 e T130 min.), foi realizada a decomposição dos graus de liberdade da fonte de variação tempo para os atributos fragrância, sabor, acidez, corpo, finalização, equilíbrio, resultado final e avaliação global. Os resultados indicam que o tempo de recirculação da ARC não influenciou nas características organolépticas do café.

**Tabela 7** - Características organolépticas do café cereja descascado em função do tempo de recirculação da água residuária dos frutos do cafeeiro, obtidas após secagem e beneficiamento dos frutos de café. Venda Nova do Imigrante-ES, safra 2010.

F. V.	G. L.	Q. M.			
		Fragrância	Sabor	Acidez	Corpo
Tempo	4	0,04218	0,05156	0,02656	0,02812
Linear	1	0,00156 <sup>ns</sup>	0,03906 <sup>ns</sup>	0,02500 <sup>ns</sup>	0,07656 <sup>ns</sup>
Quadrático	1	0,05468 <sup>ns</sup>	0,01004 <sup>ns</sup>	0,04017 <sup>ns</sup>	0,01004 <sup>ns</sup>
Cúbico	1	0,01406 <sup>ns</sup>	0,03906 <sup>ns</sup>	0,01406 <sup>ns</sup>	0,02500 <sup>ns</sup>
Quártico	1	0,09843 <sup>ns</sup>	0,11808 <sup>ns</sup>	0,02700 <sup>ns</sup>	0,00089 <sup>ns</sup>
Resíduo	12	0,4062	0,14322	0,06406	0,1177
CV (%)		2,555	5,525	3,642	4,928

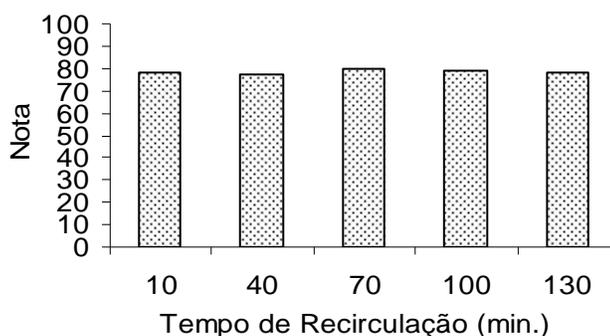
F. V.	G. L.	Q. M.			
		Finalização	Equilíbrio	Resultado Final	Avaliação Global
Tempo	4	0,05156	0,07500	0,10468	2,16093
Linear	1	0,03906 <sup>ns</sup>	0,00625 <sup>ns</sup>	0,05625 <sup>ns</sup>	1,22500 <sup>ns</sup>
Quadrático	1	0,01004 <sup>ns</sup>	0,00456 <sup>ns</sup>	0,07142 <sup>ns</sup>	1,14285 <sup>ns</sup>
Cúbico	1	0,03906 <sup>ns</sup>	0,12656 <sup>ns</sup>	0,07656 <sup>ns</sup>	2,02500 <sup>ns</sup>
Quártico	1	0,11808 <sup>ns</sup>	0,16272 <sup>ns</sup>	0,21450 <sup>ns</sup>	4,25089 <sup>ns</sup>
Resíduo	12	0,09531	0,11041	0,11302	3,25677
CV (%)		4,507	4,860	4,926	2,300

<sup>ns</sup> – Não significativo em nível de 5%

As notas de Avaliação Global obtida na prova de xícara são apresentadas na Figura 15. Não foi verificada influência do tipo de bebida em função do número de recirculação da ARC no processamento, sendo a qualidade da bebida classificada como especial de acordo com a tabela da SCAA. Essa boa classificação indica que

o processamento dos frutos do café com ARC em recirculação não afetou a qualidade final dos grãos, corroborando com Matos et al. (2006), que não verificou clara associação entre o tipo de bebida e o número de recirculação da água no processamento dos frutos, tendo os grãos obtidos boa classificação.

Na análise sensorial, também foi avaliada a intensidade dos atributos, conferindo aos cafés avaliados conceitos variando de baixo a alta intensidade. Em geral, a fragrância e o aroma apresentaram intensidade mediana; a acidez variou entre média e média alta e corpo de média intensidade, podendo ser interpretado como um café de alto padrão de qualidade, corroborando com Toledo (1998), Garruti e Conagin (1995, apud MATOS et al., 2007).



**Figura 15** - Notas atribuídas à característica de Avaliação Global das amostras experimentais em função dos tempos de recirculação da água residuária do café na unidade de processamento dos frutos do cafeeiro. Venda Nova do Imigrante-ES, 2010.

De acordo com Eduardo Pagio Melo, Juiz da Associação Americana de Cafés Especiais (informação verbal), grande parte dos cafés CDs, na safra 2010, foram classificados como duro riado e rio, face ao manejo inadequado e às condições climáticas ocorridas no período de secagem, trazendo grandes prejuízos para os cafeicultores. Essas informações fortalecem ainda mais o trabalho realizado, que proporcionou a manutenção das características dos grãos, conferindo ao café maior rentabilidade na hora da comercialização.

O comportamento atípico do clima durante o ano agrícola prejudicou a qualidade do café ainda no campo, pois esse fator está diretamente associado às condições edafoclimáticas. No período de colheita (maio/agosto), era comum observar nas lavouras cafeeiras da região, cafés verdes, maduros, secos e mal granados, influenciados pelas condições climáticas e pelo baixo rigor empregados nos tratamentos culturais e nutricionais das lavouras.

## 5 CONCLUSÕES

Com base nos resultados encontrados, conclui-se que:

- 1 – A recirculação da água no processamento, usando o sistema de remoção de sólidos para remover parte do material orgânico presente na água residuária do café, proporcionou uma redução de 2,2 L para 0,52 litros de água por litros de frutos processados, possibilitando a maximização do uso da água;
- 2 – Durante o tempo de recirculação da água residuária do café no processamento dos frutos as concentrações de ST, CE, N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Zn, Mn, Fe e B aumentaram e o pH diminuiu;
- 3 – O tempo de recirculação da ARC não influenciou na qualidade da bebida dos grãos cerejas descascados;

## 6 REFERÊNCIAS

- 1 ABIC – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ. **Guia ABIC da qualidade dos cafés do Brasil**. Rio de Janeiro, 2009.
- 2 ABIC – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ. **O aumento do consumo em 2010**. Disponível em: <http://www.abic.com.br/estatistica.html#graf10>. Acesso em 01 de Nov. 2010.
- 3 ALMEIDA, C. D. G. C. de; SILVA, I. J. O. da. Uso de águas residuárias do beneficiamento do café. **THEISIS**. São Paulo, ano III, v. 6, p. 30 – 43, 2006.
- 4 BÁRTHOLO, G. F.; GUIMARÃES, P. T. G. Cuidados na colheita e preparo do café. **Informe Agropecuário**. Qualidade o café, Belo Horizonte, v. 18, n. 187, p. 33-42, 1997.
- 5 BELING, R. R.; REETZ, E. R.; CORRÊA, S.; LINDEMANN, C.; SILVEIRA, D. da; SANTOS, C. Passando a limpo. In BELING, R. R. et al. (Editor) **Anuário Brasileiro do café 2008**; Santa Cruz do Sul, Editora Gazeta Santa Cruz, p. 23, 2008.
- 6 BOREM, F. M.; Processamento de Café. In BOREM, F. M. (Editor) **Pós-Colheita do Café**; Lavras: Ed. UFLA; Cap. 5, p. 127–158, 2008a.
- 7 BOREM, F. M.; REINATO, C. H. R.; ANDRADE, E. T. de. Secagem do café. In BOREM, F. M. (Editor). **Pós-Colheita do Café**; Lavras: Ed. UFLA; Cap. 7, p. 203–240, 2008.
- 8 BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L. de; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à Engenharia Ambiental, o desafio do desenvolvimento sustentável**. 2ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.
- 9 BRASIL, Lei Nº 9433, de 08 janeiro de 1997. Instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos. Disponível em: [www.ana.gov.br/Institucional/Legislação/leis/lei9433.pdf](http://www.ana.gov.br/Institucional/Legislação/leis/lei9433.pdf). Acesso em: 03 de ago. 2010.
- 10 BRASILEIRO, S. Café de qualidade é fruto de planejamento e organização. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 29, n. 247, p. 4 – 6, nov./dez., 2008.
- 11 CAIXETA, G. Z. T.; GUIMARÃES, P. T. G.; ROMANIELLO, M. M. Gerenciamento como forma de garantir a competitividade da cafeicultura. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 29, n. 247, p. 14–23, nov./dez., 2008.
- 12 CABANELLAS, C. F. G. **Tratamento da água sob recirculação, em escala laboratorial, na despolpa dos frutos do cafeeiro**. 2004. 103 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2004.
- 13 CARVALHO, R. M. M. A.; VIANA, E. C.; SOARES, T. S.; OLIVEIRA, P. R. S. Administração e meio ambiente. In. **Elementos de Gestão Ambiental e empresarial**. Editor, VALVERDE, S. R. Viçosa: Ed. UFV, p. 57–86, 2005.

- 14 CARVALHO, L. T. **Desenvolvimento de um sistema de separação mecânica sólido-líquido do sistema de lavagem e despolpa de frutos do cafeeiro**. 2001. 18 f. Projeto de pesquisa (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.
- 15 COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira Café**. Safra 2010 segunda estimativa, maio 2010. Brasília: Conab, 2010.
- 16 CONAMA. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Estabelece as condições de lançamento de efluentes, e da outras providências. **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 de jul. 2008.
- 17 ESPÍRITO SANTO (Estado), **Lei Nº 5818, de 30 de dezembro de 1998**. Institui a Política Estadual de Recursos hídricos. Disponível em: [www.iema.es.gov.br/web/lei\\_5816.htm](http://www.iema.es.gov.br/web/lei_5816.htm). Acesso em: 03 de ago. 2010.
- 18 GARCIA, G. de O.; FERREIRA, P. A.; MATOS, A. T. de; RUIZ, H. A.; MARTINS FILHO, S. Alterações químicas de três solos decorrentes da aplicação de águas residuárias da lavagem e despolpa de frutos do cafeeiro conilon. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 16, n. 4, p. 416-427, out./dez., 2008.
- 19 HESPANHOL, I. Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. Dos. (Editores); **Reúso de água**. Barueri, SP: Manole, 2003. 37-95 p.
- 20 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\\_d\\_e\\_17\\_de\\_dezembro\\_de\\_2007.aspx](http://www.fiscolex.com.br/doc_1221500_INSTRUCAO_NORMATIVA_N_013_d_e_17_de_dezembro_de_2007.aspx). Acesso em: 03 de nov. 2010.
- 21 IMHOFF, K.; IMHOFF, R. K. **Manual de tratamento de águas residuárias**. São Paulo, Editora Edgard Blucher Ltda, 1986. Tradução da 26ª edição alemã. Por Max Lothar Hess.
- 22 INOUE, K. R. A.; MOREIRA, D. A.; LUIZ, F. A. R.; MATOS A. T. de; FIA, R. Uso da cal hidratada como agente coagulante de sólidos suspensos na água residuária do descascamento dos frutos do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 31., 2005, Guarapari. **Trabalhos Apresentados...** Rio de Janeiro: MAPA / PROCAFÉ, 2005. p. 80-81.
- 23 JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 3ª ed. Rio de Janeiro, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária, 1995. 720 p.
- 24 LIBÂNIO, Marcelo. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 2. Ed. Campinas, SP: Átomo, 2008.
- 25 LO MONACO, P.A; MATOS, A.T. de; MARTINEZ, M. A.; JORDÃO, P. P. Eficiência de materiais orgânicos filtrantes no tratamento de águas residuárias da lavagem e despolpa dos frutos do cafeeiro. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 10, n. 1-4, p. 40-47, jan./dez., 2002.

- 26 LO MONACO, P. A.; MATOS, A. T. de; JORDÃO, P. P.; CECON, P. R.; MARTINEZ, M. A. Influência da granulometria da serragem de madeira como material filtrante no tratamento de águas residuárias. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 116-119, 2004.
- 27 LO MONACO, P. A. **Fertirrigação do cafeeiro com águas residuárias da lavagem e descascamento de seus frutos**. 2005. 101 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.
- 28 MACIEL-ZAMBOLIM, E.; ZAMBOLIM, L.; SOUZZA, A. F. de; PICANÇO, M. C.; LOPES, U. P.; SOUZA NETO, P. N. de; RIOS, J. A.; COSTA, R. D.; FONTES, L. F. P.; MANTOVANI, E. C.; CAIXETA, E. T.; QUEIROZ, M. E. **Produção Integrada de café**. In: BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Produção integrada no Brasil: agropecuária sustentável, alimentos seguros. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. Brasília: Mapa/ACS, Cap. 13. p. 340–443. 2009.
- 29 MATOS, A. T. de; LO MONACO, P. A. Tratamento e aproveitamento agrícola de resíduos sólidos e líquidos de lavagem e despulpa dos frutos do cafeeiro. Viçosa-MG. 68 p. **Revista Engenharia na Agricultura**. Boletim Técnico, 7. 2003.
- 30 MATOS, A. T. de. Tratamento e destinação final dos resíduos gerados no Beneficiamento do fruto do cafeeiro. In: ZAMBOLIM, L. (Editor). **Produção Integrada de Café**. Viçosa: UFV; DFP, p. 647–709. 2003.
- 31 MATOS, A. T.; CABANELLAS, C. F. G.; SILVA J. S. E; MACHADO, M. C. Qualidade de bebida de grãos de café processados com água sob recirculação e tratamento físico-químico. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa-MG, v. 14, n. 3, p. 141-147, jul./set., 2006.
- 32 MATOS, A. T.; EUSTÁQUIO JÚNIOR, V.; PEREIRA, P. dos A.; MATOS, M. P. de. Tratamento da água para reuso no descascamento/ despulpa dos frutos do cafeeiro. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa-MG, v. 15, n. 2, p. 173-178, abr./jun., 2007.
- 33 MATOS, A. T, de. Tratamento de resíduos na pós-colheita do café. In: BOREM, F. M. (Ed.). **Pós-colheita do café**. Lavras: Ed. UFLA, Cap. 6, p.159-201. 2008.
- 34 MIERZWA, J. C.; HESPANHOL, I. **Água na indústria: uso racional e reuso**. São Paulo: Oficina de textos. 2005. 144 p.
- 35 MORELI, A. P.; REIS, E. F. dos; SOARES, S. F.; PREZOTTI, L. C.; ROCHA, A. C. Análise de alternativa para a redução do consumo de água na unidade de processamento dos frutos do cafeeiro via úmida. In: CONGRESO LATINOAMERICANO Y DEL CARIBE DE INGENIERÍA AGRÍCOLA, 9., CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 39, 2010, Vitória. **Anais...** Vitória: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, 2010.1 CD-ROM.
- 36 NETO, E. **Um mapa de aromas e sabores do Brasil. Guia ABIC da qualidade dos cafés do Brasil**. ABIC – Associação Brasileira da Indústria de Café. Rio de Janeiro, 2009.
- 37 NOVO PEDEAG, 2007-2025; Plano estratégico de desenvolvimento da

- agricultura capixaba. Ferrão, R. G.; et al. (Coordenadores). Estudo setorial – Cafeicultura. Vitória-ES, 2008.
- 38 PETERSEN, P. F.; WEID J. M. Von de; FERNANDES, G. B. Agroecologia: reconciliando agricultura e natureza. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 30, n. 252, p. 7–15, set./out. 2009.
- 39 PREZOTTI, L. C.; ROCHA, A. A.; SOARES, S. F.; GUARÇONI, A.; MORELLI, A. P. Alterações das características químicas do solo submetido à aplicação de água residuária do processamento pós-colheita dos frutos de café e sua influência sobre o crescimento de plantas de milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 34, 2008, Caxambu. **Trabalhos apresentados...** Rio de Janeiro: MAPA: PROCAFÉ, 2008a. p. 83-85.
- 40 PREZOTTI, L. C.; ROCHA, A. A.; SOARES, S. F.; GUARÇONI, A.; MORELI, A. P. Caracterização de águas residuárias da despolpa de frutos de café e de solos receptores no estado do Espírito Santo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 34., 2008, Caxambu. **Trabalhos apresentados...** Rio de Janeiro: MAPA: PROCAFÉ, 2008b. p. 82-83.
- 41 PREZOTTI, L. C.; ROCHA, A. A.; SOARES, S. F.; GUARÇONI, A.; MORELI, A. P. Águas residuárias da despolpa de frutos de café como fonte de matéria orgânica e nutrientes na agricultura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS. **Anais...** Vitória: Incaper, 2009. (Incaper. Documentos, CD-ROM 012).
- 42 RAGGI, L. G. de R. **Avaliação do desempenho de sistemas de tratamento de água em recirculação no descascamento e desmucilagem dos frutos do cafeeiro**. 2006. 55 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.
- 43 RAGGI, L. G. de R.; MATOS, A. T. de; LUIZ, F. A. R. Avaliação de sistema de tratamento de águas recirculação no processamento dos frutos do cafeeiro. **COFFEE SCIENCE**, Lavras, v. 3, n. 1, p. 19–29, jan./jun. 2008.
- 44 RIGUEIRA, R. J. A.; LACERDA FILHO, A. F.; MATOS, A. T. Alteração nas características físicas, químicas e bioquímicas da água no processo de lavagem, despolpa e desmucilagem de frutos do cafeeiro. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 4., 2005, Brasília. **Anais...** Brasília: Embrapa–Café, 2005. CD-ROM.
- 45 RIQUEIRA, J. A. R.; LACERDA FILHO, A. F. de; MATOS, A. T. de; DONZELES, S. M. L.; PALACIN, J. J. F. Alterações nas características físicas, químicas e bioquímicas da água no processo de lavagem, despolpa e desmucilagem do cafeeiro. **Revista Engenharia na Agricultura**. Boletim Técnico, 18. Viçosa, MG, v. 18, n. 2, Março/Abril, p. 131-139, 2010.
- 46 RUMP, H. H.; KRIST, H. **Laboratory manual for the examination of water, waste water, and soil**. Weinheim: VCH, 1992, 345 p.
- 47 SCHMIDT, H. C; DE MUNER, L. H.; FORNAZIER, M. J. **Cadeia produtiva do café arábica da agricultura familiar no Espírito Santo**. Vitória, ES: Incaper, 2004. 52 p.
- 48 SCAA CUPPING PROTOCOLS, TSC – SCAA. Rev. em December 2008. DOC

- V – Portuguese. Disponível em: [http://coffeetraveler.net/wp.content/files/901-scaa\\_CuppingProtocols\\_TSC\\_DOCV\\_RevDec08\\_Portuguese.pdf](http://coffeetraveler.net/wp.content/files/901-scaa_CuppingProtocols_TSC_DOCV_RevDec08_Portuguese.pdf). Acesso em: 20 de ago. 2010.
- 49 SETE, R. S. Gerenciamento da propriedade cafeeira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 29, n. 247, p. 7–13, nov./dez. 2008.
  - 50 SETE, R. S.; ANDRADE, J. G.; TEIXEIRA, J. E. R. L. **Planejamento e gestão da propriedade cafeeira**. Lavras: UFLA, 2010.
  - 51 SILVA, J. de S.; NOGUEIRA, R. M.; ROBERTO, C. D. **Tecnologia de secagem e armazenagem para a agricultura familiar**. Viçosa, 2005. 138p.
  - 52 SILVA FILHO, A. J. da. **Inovação e Qualidade**. Guia ABIC da qualidade dos cafés do Brasil. ABIC – Associação Brasileira da Indústria de Café. Rio de Janeiro, 2009.
  - 53 SILVEIRA, D.; VENCATO, A. Z.; KIST, B. B.; SANTOS, C.; CARVALHO, C.; REETZ, E. R.; BELING, R. R.; CORREA S. Anuário Brasileiro do café 2010. In BELING, R. R. (Editor) **Anuário brasileiro do café 2010**, Santa Cruz do Sul, Editora Gazeta Santa Cruz, 2010. 128 p.
  - 54 SOARES, S. F.; SOARES, V. F.; SOARES, G. F.; ROCHA, A. C. da; MORELI, A. P.; PREZOTTI, L. C. Destinação da água residuária do processamento dos frutos do cafeeiro. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A. da; BRAGANÇA, S. M.; FERRÃO, M. A. G.; MUNER, L. H. de. **Café conilon**. Vitória: Incaper, p. 519-529, 2007a.
  - 55 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, 2007b.
  - 56 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: EPAMIG, 2008. 4 p. (Circular Técnica, 30).
  - 57 SOARES, S. F.; DONZELES, S. M. L.; SOARES, G. F.; MORELI, A. P. Utilização da água residuária do processamento dos frutos do cafeeiro em alface. In: **VI Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**, Vitória-ES: Embrapa/café, 2009. 1 CD-ROM.
  - 58 TOLEDO, J. L. B. de. **Classificação e degustação de café**. Brasília: Ed. Sebrae: Rio de Janeiro: ABIC, 1998. 91 p. (Série Agronegócios).
  - 59 TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T. do; JESUS JUNIOR, W. C. de. **Desafios para a sustentabilidade da cafeicultura**. In. SEMINÁRIO PARA A SUSTENTABILIDADE DA CAFEICULTURA. Coordenador, TOMAZ, M. A. et al. Alegre, ES: UFES, Centro de Ciências Agrárias, 2008. 342 p.
  - 60 VASCO, J. Z. Procesamiento de frutos de café por via húmeda y generación de subproductos. In: Seminário Internacional sobre Biotecnologia na Agroindústria Cafeeira (3. : 1999 : Londrina, PR). **Anais...** International Seminar on Biotechnology in the Coffee Agroindustry (3.: 1999:Londrina, PR). Proceedings. Londrina: IAPAR; IRD; Curitiba: UFPR, 2000. (513p.: il.), p. 345-355.