



MICHELL BAHIA DUTRA EMERICK

**UTILIZAÇÃO DA ÁGUA DO
PROCESSAMENTO DOS GRÃOS DE CAFÉ:
POTÁSSIO NO SOLO, NA PLANTA E PRODUÇÃO
DE CAPIM ANGOLA**

**LAVRAS – MG
2018**

MICHELL BAHIA DUTRA EMERICK

**UTILIZAÇÃO DA ÁGUA DO PROCESSAMENTO DOS GRÃOS DE
CAFÉ: POTÁSSIO NO SOLO, NA PLANTA E PRODUÇÃO DE CAPIM
ANGOLA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Tecnologias e Inovações Ambientais, para a obtenção do título de Mestre.

Dr. Douglas Ramos Guelfi Silva
Orientador

**LAVRAS – MG
2018**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha
Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com dados
informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Emerick, Michell Bahia Dutra.

Utilização da água do processamento dos grãos de café: potássio no solo, na planta e produção de capim Angola / Michell Bahia Dutra Emerick. - 2018.

62 p.

Orientador(a): Douglas Ramos Guelfi Silva.

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Lavras, 2018.

Bibliografia.

1. Água processamento do café. 2. Lixiviação. 3. Fertirrigação. I. Silva, Douglas Ramos Guelfi. . II. Título.

MICHELL BAHIA DUTRA EMERICK

**UTILIZAÇÃO DA ÁGUA DO PROCESSAMENTO DOS GRÃOS DE
CAFÉ: POTÁSSIO NO SOLO, NA PLANTA E PRODUÇÃO DE CAPIM
ANGOLA**

**USING OF COFFEE PROCESSING WATER: POTASSIUM IN THE SOIL,
IN THE PLANT AND THE PRODUCTION OF ANGOLAN GRASS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Tecnologias e Inovações Ambientais, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 05 de abril de 2018.

Dr. Douglas Ramos Guelfi Silva UFLA

Dr. Guilherme Lopes UFLA

Dr. Aldemar Polonini Moreli IFES - Venda Nova (ES)

Dr. Douglas Ramos Guelfi Silva
Orientador

**LAVRAS – MG
2018**

“Ama sempre, fazendo pelos outros o melhor que possas realizar. Age auxiliando. Serve sem apego. E assim vencerás.”

Chico Xavier

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida.

À minha esposa, Patrícia Rojas, pelo amor, apoio, paciência e exemplo de superação.

Ao meu filho, Santiago Rojas Bahia que, através de um simples sorriso, me mostra o verdadeiro valor da vida e renova minhas forças e aspirações em direção do bem e do amor.

Aos meus pais, Vânia e Remilton, pelo exemplo de superação, amor, trabalho e honestidade.

À minha irmã, Michellyne, pelo amor e apoio incondicional.

Às minhas tias Maria José e Maria das Graças, pelo incentivo, apoio incondicional, exemplo de honestidade e por acreditarem na minha superação.

Ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias e Inovações Ambientais (PGTIA) da Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade.

Ao meu orientador, professor Dr. Douglas Ramos Guelfi Silva, pelo apoio, confiança e seu exemplo de profissionalismo.

Ao meu coorientador, professor Dr. Aldemar Polonini Moreli, pelo apoio incessante, profissionalismo e dedicação para com minha pessoa.

À Fazenda Heringer, na pessoa do sr. Samuel Carlos Dias, pelo apoio na realização das análises químicas.

Aos amigos da Incaper, UFES, IFES e Idaf, pela contribuição na realização deste trabalho.

Aos meus irmãos da Arte Real, que me fazem elevar minhas aspirações em prol do bem comum.

Aos meus demais familiares e amigos, que sempre acreditaram em meus sonhos.

Enfim, a todos que participaram direta ou indiretamente desta pesquisa, meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

O processamento pós-colheita via úmida gera a água do processamento do café (APC), que contém potássio (K), tornando-se, portanto, se mal disposta, uma preocupação ambiental, dado o risco de lixiviação de K. A fertirrigação é uma alternativa para a disposição da APC. Considerando que a aplicação da APC pode promover alterações nos teores de K do solo, bem como propiciar alteração da produção de massa seca do *Brachiaria mutica* (capim-angola), sem que haja desbalanceamento nutricional da planta, objetivou-se, no presente trabalho, avaliar os teores disponíveis de K no perfil de um Neossolo Flúvico na planta e a produção de massa seca do capim-angola, decorrentes da aplicação de diferentes doses de APC. Realizou-se uma pesquisa em uma propriedade rural localizada no município de Ibatiba, ES, tendo a APC sido coletada em sua unidade beneficiadora de frutos do café. Com base nas análises de conteúdo de K da APC filtrada foram estabelecidas as doses de APC a serem aplicadas ao solo, conforme o tratamento. O experimento foi montado em área com pastagem implantada, sendo realizadas quatro repetições. As parcelas receberam cinco tratamentos, sendo doses de APC 0, 57, 114, 171 e 228 m³/ha, calculadas de forma que a dose de 114 m³/ha elevasse o teor de K a 5% na CTC (T) do solo. Foram coletadas amostras de solo, aos 45 e aos 90 dias após a aplicação da APC, nas profundidades de 0 a 20 cm, 20 a 40 cm, 40 a 60 cm e 60 a 80 cm, sendo coletadas, no mesmo período, amostras para análise foliar e de massa seca. A aplicação de APC, até a dose de 114 m³/ha, promoveu incremento de K no solo na profundidade 0-20 cm, ocorrendo seu incremento nas camadas inferiores apenas nas dosagens superiores. Não houve diferença na produção de biomassa e teores de nutrientes na planta. O emprego da fertirrigação com APC, respeitando-se a dose de 114 m³/ha, apresentou-se eficaz na reposição de K na camada superficial do solo, mantendo o teor de K ao limite de 5% da CTCpH7.

Palavras-chave: Água processamento do café. Lixiviação. Fertirrigação. Potássio.

ABSTRACT

The wet post-harvest processing generates water from coffee processing (APC), which contains potassium (K), becoming, if badly disposed, an environmental concern, given the risk of potassium leaching. Fertigation is an alternative to APC disposal. Considering that the application of the APC can promote changes in soil K levels, as well as cause a change in the production of *Brachiaria mutica* dry mass (angola grass), without nutritional imbalance of the plant, the objective of this study was to evaluate the available levels of K in the profile of a Fluviplano Neosol in the plant and the production of dry mass of angola grass, due to the application of different APC doses. A survey was carried out in a rural property located in Ibatiba county, ES, and APC was collected in its coffee processing unit. Based on the K content analyzes of the filtered APC, it was established the APC doses to be applied to the soil, according to the treatment. The experiment was set up in an area with implanted pasture, and four replications were made. The plots received five treatments: APC doses 0, 57, 114, 171 and 228 m³ / ha, calculated so that a dose of 114 m³ / ha raised the K content to 5% in the CTC (T) of the soil. Soil samples were collected at 45 and 90 days after APC application at depths of 0 to 20 cm, 20 to 40 cm, 40 to 60 cm and 60 to 80 cm, being collected, in the same period, samples for leaf analysis and dry mass. APC application, up to the dose of 114 m³ / ha, promoted increase of K in the soil at depth 0-20 cm, occurring its increase in the lower layers only at the higher dosages. There was no difference in biomass production and nutrient content in the plant. APC fertigation uses at a dose of 114 m³ / ha was effective in replacing K in the soil surface layer, maintaining the 5% content of CTCpH7.

Keywords: Water coffee processing. Leaching. Fertigation. Potassium.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Componentes do fruto do cafeeiro, segundo Silva (2013). 18
- Figura 2 - Dados meteorológicos médios de precipitação mensal (mm), para a região onde foi realizado o experimento, obtidos na estação meteorológica automática do INMET, relativos ao período de setembro de 2016 a novembro de 2016. 31
- Figura 3 - Dados meteorológicos médios de temperaturas máxima, mínimas e médias, em °C, para a região onde foi realizado o experimento, obtidos na estação meteorológica automática do Inmet, verificados no período de setembro de 2016 a novembro de 2016. 32
- Figura 4 - Esquema do conjunto experimental da unidade de processamento e do sistema de limpeza da APC, contendo moega receptora de frutos; lavador separador e abanador; descascador; separador de casca; rosca elevatória de casca; saída do descascador/entrada separador de casca; tanque de degomagem; reservatório de água limpa/hidrômetros; reservatório de água residuária/hidrômetros; vista da unidade de processamento e caixas de decantação (SLAP). Fazenda Cachoeira, ES, 2016. 34
- Figura 5 - Desenho esquemático, do sorteio, com a disposição das parcelas experimentais em função das doses de APC. Ibatiba, ES, 2016..... 38
- Figura 6 - Variação de potássio (K), em função das doses (0%, 50%, 100%, 150% e 200%), para profundidades de 0 a 20 cm, 20 a 40 cm, 40 a 60 cm e 60 a 80 cm, aos 45 e 90 dias..... 43
- Figura 7 - Teores de potássio, em função das profundidades (0 a 20 cm, 20 a 40 cm, 40 a 60 cm e 60 a 80 cm), para doses de APC aplicadas (0%, 50%, 100%, 150% e 200%), aos 45 e aos 90 dias..... 45
- Figura 8 - Variação de potássio (K), em função das doses (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) nas profundidades de 0 a 20 cm, 20 a 40 cm, 40 a 60 cm e 60 a 80 cm, para as épocas de 45 e 90 dias. 46
- Figura 9 - Estudo de doses de APC sob a relação K/CTC aplicadas nas diferentes profundidades do solo. Médias seguidas pelas mesmas letras, no mesmo gráfico/profundidade, não diferem estatisticamente entre si. 48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Propriedades químicas do Neossolo Flúvico.....	30
Tabela 2 - Propriedades físicas do Neossolo Flúvico.....	30
Tabela 3 - Caracterização química da APC utilizada na fertirrigação da pastagem, cultivada em Neossolo Flúvico no município de Ibatiba, ES.	35
Tabela 4 - Volumes de APC utilizados na fertirrigação da pastagem de capim-angola cultivado em um Neossolo Flúvico, no município de Ibatiba, ES e seu respectivo nível em porcentagem, bem como o suprimento de K e sua correspondência em K_2O e KCl	37
Tabela 5 - Teores médios, para todos os tratamentos, de aporte de P, Ca e Mg via APC e teores médios de extração pelo capim-angola, no município de Ibatiba, ES.	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
IDAF	Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal
APC	Água do processamento do café
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ABIC	Associação Brasileira da Indústria do Café
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
IEMA	Instituto Estadual de Meio Ambiente
UP	Unidade de produção
DBO	Demanda bioquímica de oxigênio
DBO	Demanda química de oxigênio
Incaper	Instituto Capixaba de Pesquisa e Extensão Rural
Inmet	Instituto Nacional de Meteorologia
P	Fósforo
K	Potássio
Ca	Cálcio
Mg	Magnésio
S	Enxofre
B	Boro
Zn	Zinco
Mn	Manganês
Fe	Ferro
Cu	Cobre
MO	Matéria orgânica
Al	Alumínio
H	Hidrogênio
K ₂ O	Óxido de potássio
KCl	Cloreto de potássio

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1	Cafeicultura: importância socioeconômica e ambiental	16
2.2	Fruto do café: constituição, processamento e resíduos	17
2.3	Legislação ambiental aplicada ao destino da APC.....	20
2.4	Água do processamento do café e seus impactos ambientais	22
2.5	Fertirrigação: efeitos no solo e plantas.....	24
2.6	Contribuição potencial do uso fertirrigação, usando APC, em áreas de pastagens	26
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	29
3.1	Caracterização da área de estudo.....	29
3.2	Caracterização da vegetação	32
3.3	Caracterização da unidade de processamento dos frutos do cafeeiro	32
3.4	Caracterização da APC para o experimento.....	35
3.5	Delineamento experimental	37
3.6	Avaliação dos teores de K no solo.....	38
3.7	Quantificação de K na planta e massa seca da biomassa.....	39
3.8	Análise estatística.....	39
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	41
4.1	Potássio disponível no solo pelo extrator Mehlich	41
4.2	Potássio na planta e produção de massa seca do capim-angola.....	49
4.3	Atributos químicos (P, Ca, Mg, Al, e MO) no solo em função da aplicação da APC sob diferentes doses.....	50
5	CONCLUSÃO.....	52
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	53
	REFERÊNCIAS.....	54
	ANEXO	61

1 INTRODUÇÃO

A cafeicultura, adotada, em grande parte, pela agricultura familiar, se apresenta como uma das atividades mais importantes do setor agropecuário, desempenhando relevante papel socioeconômico, haja vista sua contribuição para a distribuição de renda e a geração de empregos no meio rural e no urbano.

No estado do Espírito Santo estima-se que 330 mil pessoas, de uma população de 2,6 milhões de habitantes, dependam, diretamente, do cultivo do cafeeiro como meio de vida. Outro ponto relevante é que das 82.400 propriedades rurais existentes naquele estado, o cafeeiro é cultivado em 56.169, o que corresponde a quase 65% do total de propriedades (CENTRO DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO DO CAFÉ - CETCAF, 2014).

A atual conjuntura e o potencial brasileiro de produção e produtividade são visíveis, porém, em função de uma maior conscientização dos consumidores e da conseqüente busca por cafés de qualidade, além da valorização da segurança alimentar e do respeito ao meio ambiente, têm promovido mudanças de paradigmas entre os produtores rurais. Na busca por atender a essa demanda e auferir maior valor de mercado aos seus produtos, os cafeicultores precisam fazer um gerenciamento profissional da propriedade, analisando seus aspectos tecnológicos, socioeconômicos, legais e ambientais. A partir daí, devem investir em melhorias das lavouras, visando aumentar a produtividade nos processos de pós-colheita para a melhoria da qualidade do produto e na preservação ambiental, adequando seu empreendimento às exigências da Lei (MORELI, 2013).

Dentre as operações que desempenham papel importante na produção de café, uma que recebe destaque é o processamento pós-colheita, por influenciar a qualidade do produto final e os aspectos ambientais da propriedade, tornando-a ponto chave na sustentabilidade da atividade cafeeira.

Na busca por um produto de qualidade superior, a utilização do processamento via úmida, que requer o uso de equipamentos tipo lavador/separador, descascador ou despoldador antes da secagem, torna-se uma etapa obrigatória na separação dos frutos boia (passa, seco, etc.), verde, verde-cana e maduro, o que possibilita a geração de um produto final com maior qualidade.

Contudo, este processo merece atenção devido à geração de efluentes, sendo consumidos, em média, $4,0 \text{ L}^{-1}$ de água limpa por litro de fruto processado, detendo, ainda, este efluente alto potencial de impactos ambientais, conforme observado por Lo Monaco, Garcia e Matos (2003). A água está envolvida em todas as etapas do processamento via úmida, sendo rica em material orgânico, nutrientes e sais, chegando a atingir DBO de 29.500 mg L^{-1} . Quando disposta de forma inadequada, constitui grande fonte de poluentes para solo e ou água (MATOS et al., 2003).

Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser despejados diretamente em corpos receptores após o devido tratamento e desde que obedeça às condições, aos padrões e às exigências da legislação (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA, 2009). A APC tem sua destinação definida, no estado do Espírito Santo, por leis, decretos e instruções normativas do órgão ambiental competente, que é o Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal (IDAF), estabelecendo procedimentos que visam legitimar a atividade, em seus aspectos ambientais e de forma geral, proibindo seu descarte diretamente em corpos hídricos receptores, sem tratamento adequado, por entender que este efluente é um poluente em potencial.

Como alternativa de tratamento e ou disposição da APC no meio ambiente, tem-se a disposição no solo na forma de fertirrigação, cuja técnica prioriza o aproveitamento dos nutrientes nela presentes, com destaque para a grande quantidade de potássio presente via APC, indicando que esses efluentes

constituem material de elevado valor fertilizante e que podem ser aproveitados e dispostos no solo, com o objetivo de substituir alguns fertilizantes inorgânicos (LO MONACO; GARCIA; MATOS, 2003).

Todo processo de produção é caracterizado pelo uso de insumos e, dentre estes, na pecuária, destacam-se os adubos. Embora o Brasil já disponha de uma fonte doméstica produtora de potássio no estado de Sergipe, o país continua dependendo da importação de adubos de origem potássica para suprir a demanda interna (OLIVEIRA; SOUZA, 2001), o que, muitas vezes, torna muito oneroso o processo produtivo.

Portanto, o conhecimento que possibilite a utilização das águas residuárias geradas nos processos produtivos em áreas agrícolas, reduzindo o impacto ambiental e aumentando a produtividade, é de fundamental importância (CABRAL et al., 2011).

Matos et al. (2005), avaliando os efeitos da aplicação de água do processamento do cafeeiro, em alguns atributos químicos de um solo cultivado com três espécies forrageiras (azevém, aveia-preta e milho), observaram que os nutrientes aplicados no solo por meio da APC, à exceção do potássio, não foram suficientes para proporcionar acúmulo na camada superficial do solo que, ao contrário, apresentou redução de P disponível, Ca e Mg trocáveis. Destaca-se, portanto, a importância de estudos complementares e de monitoramento relativos ao comportamento do potássio em diferentes culturas e classes de solos.

O Instituto Capixaba de Pesquisa e Extensão Rural (Incaper) adota, no estado de Espírito Santo, a fertirrigação como recomendação de aproveitamento da APC, tendo por base a recomendação do seu uso até a elevação do teor de K ao limite de 5% da CTC (T) do solo (SOARES et al., 2013).

No estado do Espírito Santo existem pastagens em cerca de 70% das propriedades agrícolas, cobrindo uma área total de, aproximadamente, 1.821.065

ha, sendo mais de 30% correspondentes a pastagens naturais (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, 2006); cerca de 238.943 ha dessas pastagens podem ser consideradas como degradadas (BARRETO; SARTORI; DADALTO, 2012). Portanto, existe uma vasta área carente de nutrientes, onde se pode aproveitar o potencial nutricional da APC.

A topografia do estado é bastante acidentada, verificando-se os mais variados tipos de formação de solos, dentre eles os Neossolos Flúvicos, que são de natureza muito variada, dependendo fortemente das características dos sedimentos aluviais que os formaram, sendo pouco evoluídos, sem relações pedogenéticas entre os extratos e apresentando variável formação textural, que pode ser arenosa, média e até muito argilosa (MIRANDA; BATISTELLA; GUIMARÃES, 2002).

Neossolos apresentam espessura e granulometria bastante diversificadas nas camadas do perfil, devido à heterogeneidade de deposição do material originário. Esse tipo de solo pode ser distrófico ou eutrófico, podendo ou não apresentar salinidade ou sodicidade. Dessa maneira, parte desses solos pode apresentar boa aptidão para a agricultura e outra parte pode ser inapta (JARBAS et al., 2012; MIRANDA; BATISTELLA; GUIMARÃES, 2002).

Considerando a vasta área ocupada por pastagem degradada, tornando assim evidente o potencial de uso da APC, e com base no pressuposto de que sua aplicação pode promover a alteração nos teores de K no solo, assim como em profundidade, urge avaliar doses de aplicação de APC, considerando a recomendação utilizada no estado do Espírito Santo.

De posse dos resultados deste estudo, contribuir-se-á para a minimização dos impactos da geração e da destinação da APC, tendo como tripé seu completo aproveitamento agrônômico, o atendimento aos aspectos ambientais e o embasamento legal.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Cafeicultura: importância socioeconômica e ambiental

O Brasil é o maior produtor e exportador de café do mundo. De acordo com os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2017), a safra brasileira fechou o ano de 2017 com produção total de 2.865.276 toneladas (47,7 milhões de sacas de 60 kg). A produção capixaba é de cerca de 9 milhões de sacas, representando 19% da produção nacional, com destaque para os municípios de Brejetuba, Ibatiba, Iúna e Irupi, maiores produtores de café arábica do estado.

O café é um dos produtos primários de maior valor no mercado mundial, sendo os Estados Unidos o maior consumidor. O cultivo, o processamento, a comercialização, o transporte e o marketing do café propiciam empregos para milhões de pessoas no mundo, sendo um produto crítico para a economia e a política de muitos países em desenvolvimento. Nesses países, a exportação do café representa um segmento substancial do mercado externo, chegando, em alguns casos, a ultrapassar 70% (RONCHI; SILVA; FERREIRA, 2001).

A participação do café nas receitas oriundas das exportações, no Brasil, vem diminuindo ao longo dos anos. Na década de 1950, o café representava cerca de 60% do total exportado pelo Brasil; já em 2015, esse percentual foi de 7,00% (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ - ABIC, 2016). Essa diminuição relativa pode estar associada à crescente industrialização do país, ao aumento da renda média da população e à mudança na conjuntura política cafeeira, no Brasil e no mundo. Apesar de números aparentemente pequenos, ressalta-se que a cafeicultura é representativa para o saldo positivo da balança comercial brasileira e também para a geração de empregos, principalmente os diretos, os quais contribuem significativamente para a fixação

do trabalhador no meio rural. De acordo com Matiello et al. (2005), para cada hectare de café, no sistema de manejo tradicional, compreendendo os tratamentos culturais e a colheita, são utilizados, por ano, 100 a 120 homens/dia. Assim, cada trabalhador pode cuidar de cerca de três hectares de café, observando-se, portanto, a contribuição socioeconômica dessa atividade.

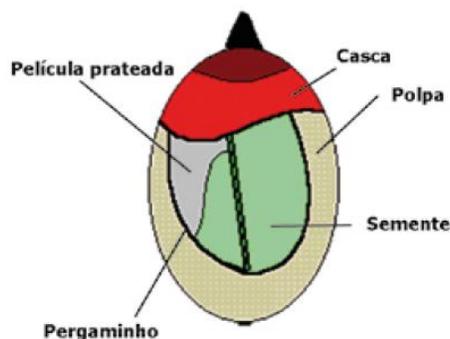
Na tentativa de conquistar clientes no exterior, o grande paradigma dos tempos atuais se sobrepõe somente à contribuição socioeconômica, passando a ser a busca da melhoria da qualidade do produto e a preservação ambiental, uma vez que o produto adquire maior valor de mercado com a melhoria da qualidade da bebida e com o uso de técnicas na produção que proporcionem maior preservação ambiental (LO MONACO; GARCIA; MATOS, 2003).

Nesse cenário surge o processamento via úmida, o qual possibilita a geração de um produto final com maior qualidade, em que a APC, segundo Lo Monaco, Garcia e Matos (2003), empregada por meio da fertirrigação, possibilitará o aumento da produtividade e da qualidade dos produtos colhidos, a redução da poluição ambiental, além de promover melhoria nas características químicas, físicas e biológicas do solo.

2.2 Fruto do café: constituição, processamento e resíduos

Para a discussão dos impactos decorrentes dos efluentes do processamento da cafeicultura considera-se que o fruto de café é composto, simplesmente, de casca, polpa, pergaminho, película prateada e sementes, conforme Figura 1 (SILVA et al., 2013).

Figura 1 - Componentes do fruto do cafeeiro, segundo Silva et al. (2013).



A polpa é o primeiro resíduo gerado no processamento do fruto do cafeeiro. A quantidade de polpa presente no fruto tipo cereja depende do estado de maturação, das condições climáticas dominantes durante o desenvolvimento dos frutos e da variedade de cafeeiro cultivada. Zuluaga, citado por Delgado e Barois (2000), afirma que a polpa representa cerca de 40% da massa fresca ou 28,7% da matéria seca do fruto. Segundo Vasco (2000), a polpa é constituída, predominantemente, por carboidratos, proteínas, cafeína e taninos, além de potássio, nitrogênio e sódio.

Visando obter um produto final com qualidade e aceitação do mercado, seria necessário mais de uma colheita, selecionando os frutos cereja, uma vez que a 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, visando obter produto com qualidade, pode ser feita após a colheita, por meio do processamento por via úmida (BORÉM, 2008).

No processamento via úmida, os frutos do cafeeiro são conduzidos para o lavador, onde são lavados e separados os grãos boia dos grãos verde e cereja. Estes são conduzidos para o descascador, onde os cereja são descascados e

separados dos grãos tipo verde, obtendo-se os cereja descascados e as cascas. As cascas são separadas e descartadas e os grãos cereja já descascados são direcionados ao tanque de degomagem ou ao desmucilador, onde é removida a mucilagem (SOARES et al., 2008).

Segundo Pinto (2001), os resíduos provenientes do processamento via úmida dos frutos do cafeeiro podem ser divididos em resíduos sólidos (folhas, cascas, polpa, pergaminho, borra, etc.) e resíduos líquidos, constituídos pelos efluentes gerados na lavagem, nos tanques de fermentação, nos despoldadores e nos desmuciladores. A polpa pode ser aproveitada como adubo, condicionador de solo e material compostado. Já a mucilagem pode ser aproveitada para a produção de pectina e meio de cultura (VEGRO; CARVALHO, 2000).

Os resíduos solúveis se juntam à água formando a APC, rica em material orgânico e inorgânico, que, quando disposta no meio ambiente sem tratamento, pode causar grandes problemas ambientais, como a degradação ou a destruição da flora e da fauna, além de comprometer a qualidade da água e do solo (MATOS et al., 2007).

Matos, Santos e Fia (2000) relatam que os resíduos gerados no processo de beneficiamento por via úmida transformaram-se em grande problema para os produtores que instalaram máquinas de beneficiamento em suas propriedades no intuito de produzir grãos de café mais finos ou de melhor qualidade. Isso tem levado a um aumento significativo de problemas ambientais, ocasionados por grandes volumes de águas residuárias, cascas e polpas úmidas.

No processamento via úmida tradicional são requeridas quatro toneladas de água para produzir uma tonelada de grãos processados. Desse modo, a atividade de lavagem e despolda de frutos do cafeeiro é geradora de grandes volumes de águas residuárias, ricas em material orgânico em suspensão e constituintes orgânicos e inorgânicos em solução, de grande poder poluente (MATOS et al., 2003).

2.3 Legislação ambiental aplicada ao destino da APC

A legislação ambiental tem como principal objetivo minimizar os problemas de poluição causados pelo descarte de efluentes (MIERZWA; HESPANHOL, 2005).

No Brasil, o sistema de licenciamento ambiental de atividades efetivamente e/ou potencialmente poluidoras é de competência comum da União, dos estados, do Distrito Federal e dos municípios, conforme a Constituição Federal (BRASIL, 1988) em seu artigo 23, cuja norma norteadora sobre as competências dá-se pela Lei Complementar nº 140, de 8 de dezembro de 2008.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA é o órgão consultivo e deliberativo do Sistema Nacional do Meio Ambiente - SISNAMA, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 1981, 1990).

No estado do Espírito Santo o licenciamento ambiental de atividades agropecuárias potencialmente e/ou efetivamente poluidoras é compartilhado entre IEMA e IDAF, dependendo do porte da atividade. O licenciamento ambiental, obrigatório, para as instalações/funcionamento de unidades de processamento de café no estado é o procedimento administrativo pelo qual o órgão competente, o IDAF, licencia a localização, a instalação, a ampliação e a operação de empreendimentos e atividades de pessoas físicas ou jurídicas de direito público ou privado que utilizem recursos ambientais e sejam consideradas efetivas ou potencialmente poluidoras, ou que possam causar degradação ambiental (INSTITUTO DE DEFESA AGROPECUÁRIA E FLORESTAL DO ESPÍRITO SANTO – IDAF, 2014).

Para a atividade de despulpamento/descascamento, o enquadramento da atividade está previsto na Instrução Normativa nº 15, de 23 de outubro de 2014,

por considerar que essa etapa, se mal manejada, pode gerar sérios riscos ao meio ambiente e à saúde e ao bem-estar da população.

Segundo o IDAF (2014), essas atividades devem dispor de sistema de tratamento da APC por meio de fertirrigação, da disposição em lagoas de estabilização e do tratamento por meio de qualquer outro sistema físico-químico biológico, com comprovação de sua eficácia e eficiência. O acompanhamento da destinação final desse resíduo deve ser monitorado por profissional devidamente habilitado com registro em conselho de classe correspondente.

Ainda é prevista a necessidade de apresentação, por parte do empreendedor, da outorga ou da certidão de dispensa de direito de uso de recursos hídricos para captação de água e, se for o caso, para o lançamento de efluentes, inclusive aquele oriundo da lavagem de grãos (IDAF, 2014).

A implementação de políticas de outorga e cobrança pela captação de água e lançamento dos efluentes em corpos d'água tem motivado os produtores a promoverem a recirculação da água da lavagem e despolpa dos frutos do cafeeiro, visando reduzir o consumo, que pode chegar a, aproximadamente, 1,0 litro para cada litro de fruto (MATOS et al., 2006).

Por meio da análise da legislação, constata-se que, apesar de evoluída, se comparada à de outros estados, no sentido de indicar destinos para a APC, ela encontra diversos entraves, como a roteirização do tratamento a ser escolhido, não permitindo, sob interpretação de profissionais (ou técnicos) do IDAF, uma destinação análoga, porém, com etapas diferentes no tratamento/aproveitamento da APC, impedindo, assim, que etapas posteriormente identificadas como obsoletas sejam desconsideradas no desenvolvimento da atividade.

2.4 Água do processamento do café e seus impactos ambientais

A água é o elemento condutor dos frutos de café na unidade de processamento (UP) dos frutos do cafeeiro e é o principal efluente líquido de importância ambiental gerado na atividade de cafeicultura. Nesse aspecto, ressalta-se que, nos equipamentos mecânicos, o consumo para lavagem e separação varia de 0,1 a 0,3 L de água por litro de frutos, enquanto, no descascamento o consumo é de 3 a 5 L de água por litro de frutos (MATOS et al., 2003).

As águas do processamento do cafeeiro apresentam elevada concentração de sólidos totais, dos quais a maior parte é composta por sólidos voláteis totais. Observam-se, ainda, elevados valores de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO), o que permite concluir que essas águas apresentam elevada carga orgânica (LO MONACO; GARCIA; MATOS, 2003).

Nesse sentido, a água do processamento apresenta potencial de impacto ambiental negativo, não somente pela carga orgânica contaminante, mas também pelo grande volume de água demandado no processamento do fruto a qual, por sua vez, se não for convenientemente tratada, pode retornar ao meio ambiente com alto potencial de poluição (PINTO, 2001).

De acordo com Campos (1993), a água do processamento do café, quando lançada em corpos hídricos receptores, rapidamente forma zonas anóxicas como resultado de sua estabilização anaeróbica, gerando, como subprodutos da degradação do material orgânico, metano, fenóis e ácido sulfídrico, os quais exalam odores desagradáveis. Além disso, o enriquecimento nutricional dessas águas pode acarretar o desenvolvimento de vegetais (taboa, aguapé, salvínea, algas em geral, etc.) que podem vir a prejudicar o ecossistema aquático.

O principal efeito da poluição orgânica em um corpo d'água receptor é a diminuição da concentração de oxigênio dissolvido, uma vez que bactérias aeróbias consomem o oxigênio dissolvido no meio para efetuar seus processos metabólicos, tornando possível a degradação do material orgânico lançado no meio. A APC contém, ainda, diversos nutrientes solúveis capazes de promover a eutrofização dos mananciais, colocando em risco a qualidade das águas e possibilitando o desenvolvimento excessivo de plantas aquáticas (CAMPOS, 1993).

A aplicação da APC no solo é uma prática comum, sendo considerada uma forma de tratamento e de disposição final (FEIGIN; RAVINA; SHALHEVET, 1991), no entanto, segundo Matos (2010), a aplicação dessas águas em taxas e frequências inadequadas pode trazer efeitos deletérios ao solo. Atribui-se aos sólidos orgânicos suspensos presentes o entupimento dos macroporos das camadas superficiais, causando o selamento superficial de solos receptores desse efluente. Elevadas taxas de aplicação podem promover o entupimento dos poros observados em posições mais profundas do perfil do solo. A diminuição na capacidade de infiltração proporciona perigo real de o resíduo ser carregado até os mananciais, contaminando-os.

Portanto, a disposição de águas residuárias no sistema solo planta, quando feita sem critérios agronômicos e ambientais, pode causar problemas de contaminação do solo, das águas superficiais e subterrâneas, além de toxicidade às plantas, acumulação de elementos tóxicos, desequilíbrio de nutrientes, salinização e impermeabilização do solo (ERTHAL et al., 2010; SEGANFREDO, 2000).

A APC é composta de matéria orgânica, macro e micronutrientes necessários ao desenvolvimento das plantas, destacando-se a alta concentração de K. O aproveitamento via fertirrigação, realizado com critério, promove o

suprimento de parte da necessidade nutricional das culturas e propicia melhores condições químicas, físicas e biológicas do solo (PREZOTTI et al., 2008).

Dessa forma, acredita-se que métodos de tratamento que não contemplem a reciclagem de nutrientes estão condenados a desaparecer em futuro próximo. O aproveitamento dessas águas ricas em nutrientes na fertirrigação de culturas agrícolas possibilita o aumento da produtividade e da qualidade dos produtos colhidos e a redução da poluição ambiental, além de promover incremento de K no solo, bem como de matéria orgânica, culminando, portanto, em melhoria nas características químicas, físicas e biológicas do solo (LO MONACO; GARCIA; MATOS, 2003).

2.5 Fertirrigação: efeitos no solo e plantas

A utilização agrícola de águas residuárias elimina uma fonte potencial de contaminação das águas subterrâneas e ou superficiais e mantém sua qualidade indispensável a outros fins. A agricultura utiliza maior quantidade de água e pode tolerar águas impróprias para a indústria e o uso doméstico. É inevitável, portanto, que exista uma crescente tendência para se encontrar, na agricultura, a solução para os problemas relacionados à eliminação de efluentes (GARCIA et al., 2008).

Uma alternativa ao tratamento de águas ricas em material orgânico é o seu uso em fertirrigação, aproveitando os nutrientes nela contidos para substituir parte da adubação das culturas agrícolas (LO MONACO, 2005).

Em diversos estudos foi demonstrado que a produtividade agrícola aumenta significativamente em áreas fertirrigadas com águas residuárias, desde que estas sejam adequadamente manejadas (ASSMANN et al., 2007; CERETTA et al., 2003, 2005; MEDEIROS et al., 2007; PEREIRA, 2006).

No Brasil, avaliou-se, em alguns trabalhos, a aplicação de águas residuárias em sistemas cultivados com gramíneas forrageiras (FONSECA, 2001; MATOS et al., 2003), constatando-se que elas podem substituir eficientemente a água limpa, proporcionando benefícios econômicos, com aumento da qualidade e rendimento da forragem, além de ser uma opção interessante, do ponto de vista ambiental.

A APC pode ser aproveitada para suprir parte da água e dos nutrientes demandados pela agricultura. Para que essa prática venha a ser adotada pelos cafeicultores é necessário desmistificar o conceito generalizado de que esta água provoca a morte das plantas (SOARES et al., 2008).

Garcia et al. (2008), trabalhando com diluições diferentes de água do processamento do cafeeiro conilon em três solos (Neossolo, Argissolo, Latossolo), verificaram aumento nos valores da CTC efetiva, soma de bases e saturação por bases, além da redução da saturação do alumínio.

Lo Manoco, Garcia e Matos (2003) afirmam que a aplicação de APC no solo apresenta uma série de vantagens, podendo-se citar, dentre outras, o aproveitamento dos nutrientes presentes nos efluentes para fertilização de culturas agrícolas, o baixo custo de implantação e operação e o baixo consumo de energia no processo. Estima-se que essa forma de tratamento apresente um custo que varie entre 30% e 50% do custo dos sistemas convencionais.

Lo Monaco et al. (2009) realizaram fertirrigação no café com APC em doses equivalentes a 0, 160, 240, 320, 400 e 480 g de K_2O /cova, aplicada em doses durante dois meses. Após avaliar o pH, a CE e as concentrações de macro e micronutrientes no solo, nas camadas de 0 a 20 cm, 20 a 40 cm, 40 a 60 cm e 60 a 80 cm de profundidade, os autores verificaram aumento do pH, da CE e da concentração de K no perfil do solo. O excesso de K proporcionou lixiviação de Ca e, principalmente, de Mg no perfil do solo, reduzindo a disponibilidade e provocando a deficiência desses nutrientes nas folhas do cafeeiro. Quando foi

aplicada na dosagem equivalente a 480 g de K_2O /cova, a APC provocou a morte das plantas de café, provavelmente devido à diminuição do potencial osmótico do solo, causada pelo excesso de íons, principalmente K (LO MONACO et al., 2007, 2009).

Em experimento realizado em casa de vegetação, com vasos contendo 2 dm^3 de um solo classificado como Latossolo Vermelho Amarelo, os autores aplicaram doses de 0, 5, 10, 20, 40 e 80 litros de APC por m^2 de solo. Após 30 dias de incubação, foram retiradas amostras para análise de solo e semeou-se milho, que foi colhido um mês depois. A aplicação de APC no solo elevou o pH, os teores de P, K, Na, Ca, Al, Zn e matéria orgânica e, também, a saturação em bases. O K foi o elemento que apresentou a maior taxa de elevação, da ordem de 11,4 mg/dm^3 para cada 10 L de APC aplicados por m^2 de solo. A produção de biomassa da parte aérea das plantas aumentou de 26 g, com a dose 0 de APC, para 62 g, com a dose de 5 $L.m^{-2}$ (PREZOTTI et al., 2012).

Diante disso, o reuso por meio da fertirrigação é uma oportunidade de aproveitamento da APC. Nesse caso, procura-se atender à demanda da cultura por nutrientes e não para a necessidade hídrica das plantas. Em função das variações dos teores dos elementos, é necessário realizar análise dos teores de nutrientes presentes na APC e no solo. De posse dessa informação, utiliza-se o elemento encontrado em maior quantidade (potássio), como indicador para o cálculo da dose a ser aplicada (PREZOTTI et al., 2012).

2.6 Contribuição potencial do uso fertirrigação, usando APC, em áreas de pastagens

É notório o conhecimento difuso de que a APC, no Espírito Santo, é destinada a lagoas de estabilização/infiltração sem nenhum tipo de aproveitamento ou é aplicada em pequenas áreas, comumente existentes ao redor

das unidades de produção, sem que haja um controle de dosagem de nutrientes, podendo, assim, ocorrerem severos danos ambientais, além da possibilidade de um desbalanceamento de nutrientes, seja no solo, seja na planta. Nesse contexto, a utilização da APC de forma correta, ou seja, com base nas recomendações agronômicas citadas, torna-se uma medida de controle ambiental.

No que se refere à destinação adequada da APC, no Espírito Santo as pastagens estão presentes em cerca de 70% das propriedades agrícolas, cobrindo uma área total de aproximadamente 1.821.065 ha, sendo mais de 30% correspondentes a pastagens naturais, conforme IBGE (2006), o que torna estas áreas úteis no seu aproveitamento. O potencial de seu uso em pastagens também é destacado por Matos et al. (2002), que cita que o uso da APC na fertirrigação de espécies vegetais perenes ou que proporcionem, em sucessão, constante remoção de nutrientes durante todo o ano, é desejável. Assim, algumas capineiras de sistema radicular abundante e profundo podem ser muito úteis, do ponto de vista ambiental, uma vez que são capazes de retirar grande quantidade de macro e micronutrientes do solo, diminuindo os riscos de contaminação de águas superficiais e subterrâneas.

Lo Monaco, Garcia e Matos (2003) verificaram que as APC de duas espécies do gênero *Coffea* contêm elevadas concentrações de potássio (460,0 mg L⁻¹), confirmando os resultados obtidos por outros pesquisadores. Conforme Matos et al. (2003), são necessárias quatro toneladas de água para produzir uma tonelada de grãos processados. Considerando, portanto, a produção de 9 milhões de sacas de café pelo Espírito Santo e o rendimento de 500 litros de café da roça para cada saca de café beneficiado, conforme IBGE (2017), chega-se, por meio de cálculos, à produção de 18 bilhões de litros de APC, no estado, a qual tem potencial de fornecimento de 8.280 t de K, o que equivale a 33.1200 sacas de cloreto de potássio, evidenciando, além do seu potencial ambiental e agronômico, o potencial econômico. Neste contexto é necessária a realização de

estudos do aproveitamento da APC e suas consequências, visando recomendações agronômicas apropriadas e que promovam ganho ambiental na atividade cafeeira.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área de estudo

O experimento foi desenvolvido na propriedade rural Cachoeira Alegre, localizada no município de Ibatiba, ES, à altitude de 780 m, geograficamente localizado nas coordenadas Datum WGS 84 UTM 24 K, 240236 E: 7753229 N, em área de, aproximadamente, 350 metros quadrados. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, com estação seca no inverno e verão quente e chuvoso.

O solo do local do experimento é classificado como Neossolo Flúvico, no qual é cultivado o capimangola (*Brachiaria mutica*). Para caracterizá-lo física e quimicamente realizou-se uma amostragem, por meio de um trado tipo holandês, coletando-se 20 amostras simples em pontos aleatórios e em quatro camadas nos perfis 0 a 20 cm, 20 a 40 cm, 40 a 60 cm e 60 a 80 cm, gerando uma amostra composta para cada camada. Após secagem ao ar, as amostras foram destorroadas e passadas em peneira de 2 mm, sendo, em seguida, encaminhadas ao Laboratório de Análises de Rotina Água Limpa, a fim de se procederem às caracterizações físicas, químicas e físico-químicas, conforme metodologia preconizada pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa (2009). Os resultados das análises químicas e físicas do solo, antes do início do experimento, são apresentados nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1 - Propriedades químicas do Neossolo Flúvico.

Camadas (cm)	pH	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H + Al
	H ₂ O	mg dm ⁻³			cmol _c dm ⁻³		
0-20	5,55	5,65	62,13	1,95	0,5	0,18	5,58
20-40	5,63	5,75	63,88	2,04	0,55	0,19	5,69
40-60	5,82	7,65	93,25	2,15	0,67	0,19	5,59
60-80	5,3	8,39	81,23	1,91	0,59	0,15	5,54
Camadas (cm)	SB	(t)	(T)	V	m	MO	
	cmol _c dm ⁻³			%		dag kg ⁻¹	
0-20	2,61	2,79	8,19	31,86	6,45	3,2	
20-40	2,75	2,94	8,44	32,61	6,45	2,9	
40-60	3,06	3,25	8,65	35,37	5,85	2,65	
60-80	2,71	2,86	8,25	32,83	5,25	2,55	

pH em água; Ca- Mg-Al: extrator KCl 1 mol/L; SB: soma de bases trocáveis; T: CTC – capacidade de troca catiônica a pH 7,0; m: índice de saturação de alumínio. P- K: extrator Mehlich; H+Al: extrator SMP; t: CTC(t) capacidade de troca catiônica efetiva; V: índice de saturação de bases; M.O: matéria orgânica.

Fonte: Do autor (2018)

Tabela 2 - Propriedades físicas do Neossolo Flúvico.

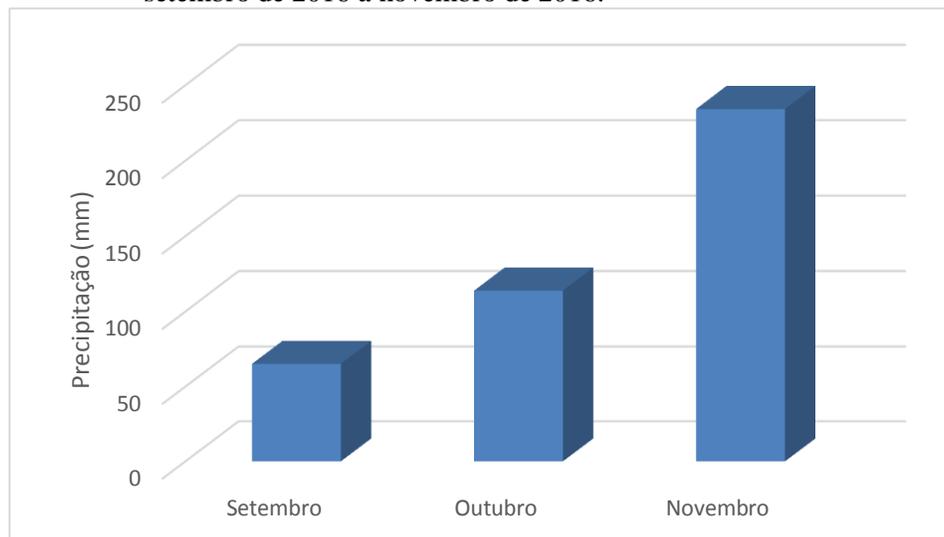
Profundidade (cm)	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Classe
	dag kg ⁻¹				Textural
0-20	15	11	20	54	Argilosa
20-40	14	10	24	52	Argilosa
40-60	12	9	21	58	Argilosa
60-80	13	7	22	58	Argilosa

Fonte: Do autor (2018)

Durante o período experimental foram coletadas as informações de pluviosidade média, temperaturas máxima, mínima e média, obtidas da Estação Meteorológica automática do Inmet, para a região onde foi realizado o estudo (Figuras 2 e 3).

Observa-se, na Figura 2, que o volume médio de precipitação ocorrido entre os meses de setembro e novembro variou de 65,2 a 234,2 mm. O volume de precipitação de 413,2 mm total se apresentou normal para a região, se caracterizando como ocorrência benéfica para o desenvolvimento da gramínea.

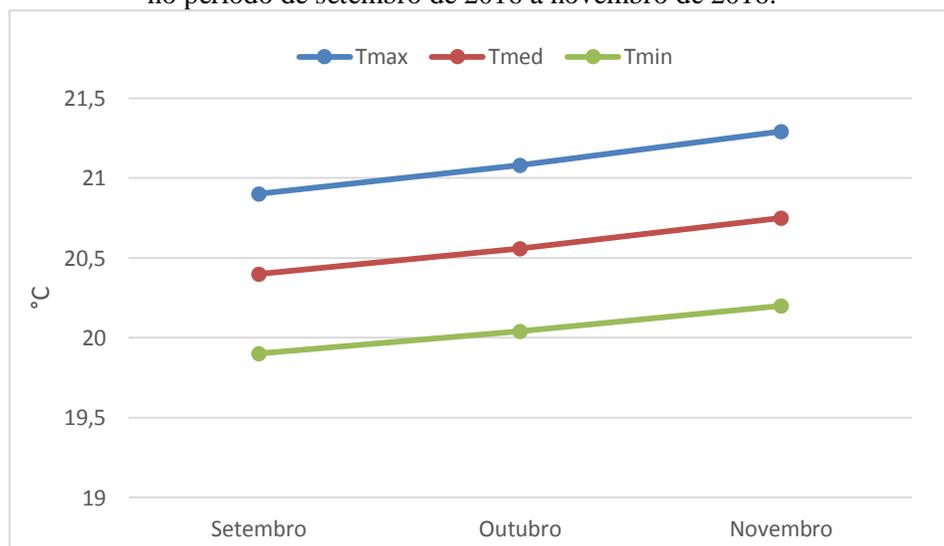
Figura 2 - Dados meteorológicos médios de precipitação mensal (mm), para a região onde foi realizado o experimento, obtidos na estação meteorológica automática do INMET, relativos ao período de setembro de 2016 a novembro de 2016.



Fonte: Do autor (2018)

A temperatura média registrada no período variou de 20,4 a 20,75 °C, conforme se observa na Figura 3, verifica-se não ter havido uma variação significativa entre os meses estudados, em função da precipitação constante registrada entre setembro e novembro.

Figura 3 - Dados meteorológicos médios de temperaturas máxima, mínimas e médias, em °C, para a região onde foi realizado o experimento, obtidos na estação meteorológica automática do Inmet, verificados no período de setembro de 2016 a novembro de 2016.



Fonte: Do autor (2018)

3.2 Caracterização da vegetação

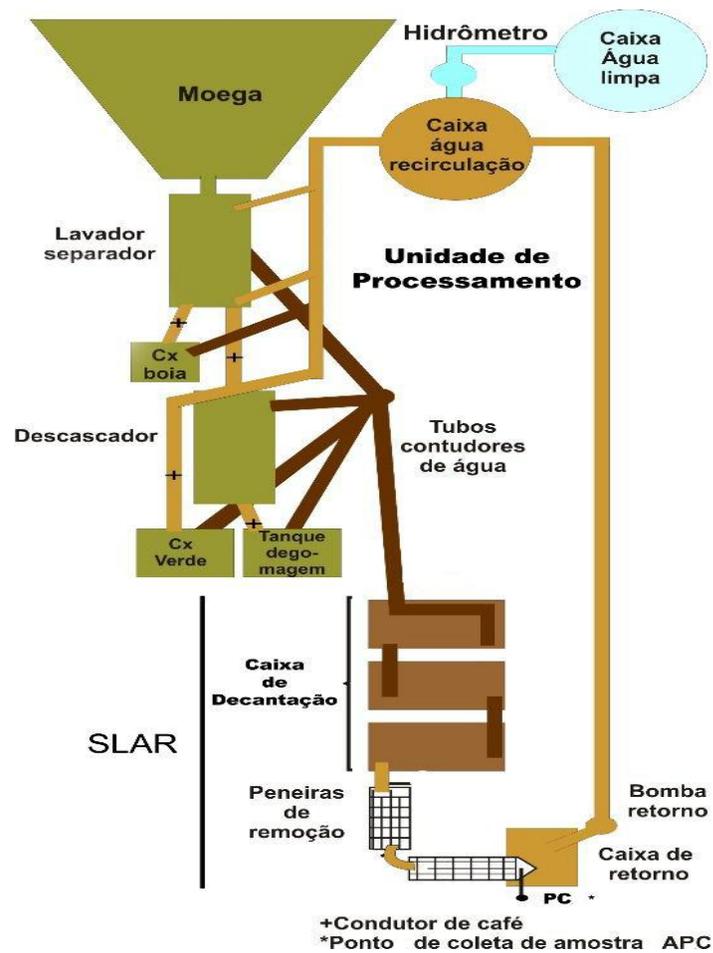
A área objeto do estudo encontrava-se cultivada com *Brachiaria mutica* (capim-angola, bengo). Esse capim é de origem africana, propagado por meio vegetativo, através do plantio de estolões ou mudas, tem boa adaptação a solos de baixada sujeitos a alagamento temporário e a solos de baixa fertilidade, estando difundido em praticamente todo o território nacional (COSTA, 2004).

3.3 Caracterização da unidade de processamento dos frutos do cafeeiro

A unidade de processamento, conforme Figura 4, era composta por moega; abanador para remoção de folhas e impurezas leves; lavador/separador,

para separar os frutos boia dos frutos cereja e verde; descascador de cereja com separador de verde; rosca elevatória para remoção das cascas; tanque de degomagem; desmucilador; caixas de polietileno para armazenar água limpa e outra para armazenar a APC durante a recirculação e um sistema de limpeza da APC (SLAP) construído em alvenaria, que contém peneiras separadoras de sólidos, objetivando remover os materiais orgânicos com dimensões maiores que as dos orifícios do esguicho do descascador, evitando entupimento do aspersor. Também dispunha de hidrômetro, sendo, portanto, mensurado o consumo de 1 L de água por litro de café, valor este inferior ao encontrado por Matos et al. (2003), haja vista a prática do reuso adotada. Por fim, a APC era destinada a uma lagoa de estabilização.

Figura 4 - Esquema do conjunto experimental da unidade de processamento e do sistema de limpeza da APC, contendo moega receptora de frutos; lavador separador e abanador; descascador; separador de casca; rosca elevatória de casca; saída do descascador/entrada separador de casca; tanque de degomagem; reservatório de água limpa/hidrômetros; reservatório de água residuária/hidrômetros; vista da unidade de processamento e caixas de decantação (SLAP). Fazenda Cachoeira, ES, 2016.



Fonte: Do autor (2018)

3.4 Caracterização da APC para o experimento

Ao final de dois dias de recirculação, a APC gerada na UP, conforme processo descrito, foi conduzida para a área experimental por gravidade e armazenada em caixa de polietileno de 1000 L, de onde, após homogeneização, foi recolhida uma amostra, acondicionada em recipiente plástico de dois litros e conservada em caixa de isopor, contendo gelo, e levada para o Laboratório Água Limpa, para análise, seguindo-se metodologia apresentada no Standard Methods (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA, 1995).

A análise química consistiu nas determinações do potencial hidrogeniônico (pH), por meio de um potenciômetro, e das concentrações de fósforo, por colorimetria e potássio, por fotometria de chama (APHA, 1995).

Tabela 3 - Caracterização química da APC utilizada na fertirrigação da pastagem, cultivada em Neossolo Flúvico no município de Ibatiba, ES.

CE	pH	P total	Potássio	Zinco	Manganês
dS m ⁻¹			mg/L ⁻¹		
4,1	4,65	10	1710	0,97	3,24

Cobre	Ferro total	Enxofre	Cálcio	Magnésio	DBO	DQO
			mg/L ⁻¹			
0,48	139,57	197,1	195	50	25409,52	53360

Fonte: Do autor (2018)

De posse da caracterização química do solo e dos teores dos macronutrientes na APC, definiram-se as dosagens correspondentes aos níveis a serem aplicados, utilizando-se o elemento encontrado em maior quantidade (potássio) como indicador para o cálculo da dose a ser aplicada, conforme sugerido por Prezotti et al. (2012).

A metodologia de cálculo foi a mesma utilizada no estado do Espírito Santo, onde o Incaper adota a fertirrigação como recomendação de aproveitamento da APC, tendo por base a recomendação do uso até a elevação do teor de K ao limite de 5% da CTC pH7 do solo (PREZOTTI et al., 2012).

A dose de APC a ser aplicada foi calculada conforme já mencionado, utilizando-se as seguintes equações:

$$1) \text{TKC} = (\text{TKS}/390/\text{CTC}) \times 100$$

$$2) \text{DK} = (((5 - \text{TKC}) / 100)) \times \text{CTC} \times 390 \times 2$$

$$3) \text{DA} = \text{DK} \times 1000/\text{TKAPC}$$

em que

TKC é o teor de K na CTC pH7, em percentagem na camada de 0-20cm;

CTCpH7 é a capacidade de troca catiônica do solo determinada a pH 7;

TKS é o teor de K no solo, em mg.dm^{-3} ;

DK é a quantidade de potássio necessária para elevar a concentração do nutriente ao limite de 5% da CTC pH7, em kg.ha^{-1} ;

DA é a dose de água do processamento do café a ser aplicada ao solo, em $\text{m}^3.\text{ha}^{-1}$

TKAPC é o teor de K na APC.

Uma vez definida a recomendação de potássio para o atendimento da demanda conforme o cálculo apresentado, estabeleceu-se a aplicação das doses de 0, 57, 114, 171 e 228 m^3/ha de APC, correspondendo, respectivamente, aos níveis de 0%, 50%, 100%, 150% e 200% da necessidade de potássio, de forma que o mesmo atinja 5% da CTC do solo.

Identificado o volume de APC necessário para a aplicação das doses, efetuou-se a aplicação de água limpa de forma complementar à APC, quando necessário, de forma que todos os tratamentos receberam o mesmo volume de água. A aplicação ocorreu via regador de jardinagem de bico com orifícios,

mantendo-se, assim, a aplicação homogênea e respeitando-se a velocidade de infiltração básica do solo.

Na Tabela 4 são apresentados os volumes de APC aplicados para cada tratamento e sua respectiva porcentagem, bem como o suprimento de K e sua correspondência em K_2O e KCl.

Tabela 4 - Volumes de APC utilizados na fertirrigação da pastagem de capim-angola cultivado em um Neossolo Flúvico, no município de Ibatiba, ES e seu respectivo nível em porcentagem, bem como o suprimento de K e sua correspondência em K_2O e KCl.

%	Dose APC		K	K_2O kg/ha	KCl
	m^3/ha	l/parcela			
0%	0	0	0	0	0
50%	57	34,2	97,5	117,4	195,7
100%	114	68,4	194,9	234,8	391,4
150%	171	102,6	292,4	352,2	587,1
200%	228	136,8	389,9	469,6	782,7

Fonte: Do autor (2018)

3.5 Delineamento experimental

O experimento foi instalado em área com pastagem implantada, utilizando-se o delineamento experimental em blocos inteiramente casualizados, com quatro repetições. As parcelas mediram $6 m^2$ ($3 \times 2 m$), distantes 1,5 m entre si, em cada bloco.

A distribuição das parcelas (Figura 5), nos respectivos blocos, foi definida por sorteio, sendo os tratamentos constituídos de doses da APC em cinco níveis, 0%, 50%, 100%, 150% e 200%, que correspondem, respectivamente, à aplicação de 0, 57, 114, 171 e 228 m^3/ha de APC. Os tratamentos 0%, 50%, 100% e 150% receberam a complementação com água limpa de forma a atingir o mesmo volume aplicado de APC no nível de 200%.

Figura 5 - Desenho esquemático, do sorteio, com a disposição das parcelas experimentais em função das doses de APC. Ibatiba, ES, 2016.

1º Bloco	2º Bloco	3º Bloco	4º Bloco
0%	200%	200%	0%
150%	150%	150%	100%
200%	50%	50%	150%
100%	100%	0%	50%
50%	0%	100%	200%

Fonte: Do autor (2018)

3.6 Avaliação dos teores de K no solo

Com o objetivo de investigar os possíveis efeitos da aplicação da APC nas características químicas do perfil do solo estudado, decorrentes da aplicação dos diferentes tratamentos, foi coletada, aos 45 e, novamente, aos 90 dias após aplicação da APC, em cada unidade experimental, uma amostra composta oriunda de cinco amostras simples deformadas, com o auxílio de um trado holandês, nas profundidades de 0 a 20 cm, 20 a 40 cm, 40 a 60 cm e 60 a 80 cm.

Para a realização da amostragem, procedeu-se a uma coleta aleatória em zigue-zague, dentro dos limites de cada unidade experimental, de cinco amostras simples do solo. As amostras simples foram homogeneizadas em bandejas plásticas, obtendo-se uma amostra composta. Ao final desse procedimento, as amostras de solo foram acondicionadas em vasilhames plásticos e encaminhadas para o laboratório de análises Água Limpa, sendo realizada a determinação K,

do pH em água, das concentrações de P disponíveis, das concentrações trocáveis de Ca, Mg, Al, Al + H, MO, além da determinação da soma de bases trocáveis, CTC, seguindo-se metodologia citada.

3.7 Quantificação de K na planta e massa seca da biomassa

Antes da aplicação da APC foi realizado um corte de uniformização da gramínea em toda a área do experimento, à altura de 0,10 m do solo, portanto, respeitando-se a altura de pastejo adotado pelo proprietário rural.

Para avaliar a massa seca total e os teores de K na biomassa, em cada unidade experimental, foram realizadas coletas da biomassa aos 45 e aos 90 dias após a aplicação da APC, no intuito de simular o pastejo na área experimental, utilizando-se gabarito com dimensão de 0,50 x 0,50 m (0,25 m²) no centro das parcelas, sendo esta área considerada como área útil e o restante, da bordadura.

As amostras colhidas de cada parcela foram acondicionadas em sacos de papel e colocadas para secagem em estufa de ventilação forçada, a 65 °C, nas dependências de laboratório do câmpus IFES de Ibatiba, até o ponto que atingiu massa constante. Após a secagem, as amostras foram pesadas em balança de precisão, para a obtenção da massa seca total (MST). Após a pesagem, o material foi moído em moinho tipo “Willey”, com peneira de 30 mesh, acondicionado em recipientes plásticos e encaminhado ao laboratório especializado Água Limpa, para as análises de K, N e P, conforme Silva e Queiroz (2002).

3.8 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos às análises estatísticas, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% e os modelos de regressão

testados pelo teste F. Os parâmetros estimadores foram testados utilizando-se o teste t de Student, adotando-se o nível de 5% de probabilidade. As análises foram realizadas utilizando-se o software SAEG 8.0 e os gráficos, confeccionados no Excel.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Potássio disponível no solo pelo extrator Mehlich

Na Tabela 1A (em anexo) observa-se, na análise de variância, a interação dupla entre os fatores estudados, o que permitiu a realização do estudo para o K sob as diferentes doses nas profundidades avaliadas, conforme se observa na Figura 6.

Os teores de K no perfil do solo (0 a 20 cm, 20 a 40 cm, 40 a 60 cm e 60 a 80 cm), em função das doses aplicadas de APC (0%, 50%, 100%, 150% e 200%), para épocas de corte aos 45 e 90 dias, são observados na Figura 6.

Verifica-se, na Figura 6A, que corresponde à aplicação da dose de 0%, que, em ambas as épocas de corte, não houve diferença estatística entre os fatores estudados. Os teores de K encontrados no perfil do solo, para esta dose, são similares aos encontrados na análise química inicial do solo, conforme observado na Tabela 1, sendo este resultado já esperado e confirmando a idoneidade do experimento.

Analisando-se os teores aferidos, na Figura 6A verifica-se que, de acordo com Prezzoti e Guarçoni (2014), são considerados de acordo com as classes de interpretação para potássio disponível para a cultura, como médio, para todas as profundidades.

Verifica-se, na Figura 6B, especificamente na época de corte de 90 dias, e nos demais tratamentos (Figura 6C, 6D e 6E), o incremento de potássio na camada superficial do solo (0-20 cm), não havendo diferença significativa entre as demais profundidades em nenhuma das épocas.

Resultados semelhantes foram obtidos por Lo Monaco et al. (2009) em cafeeiro irrigado pela APC, em que a concentração de potássio trocável

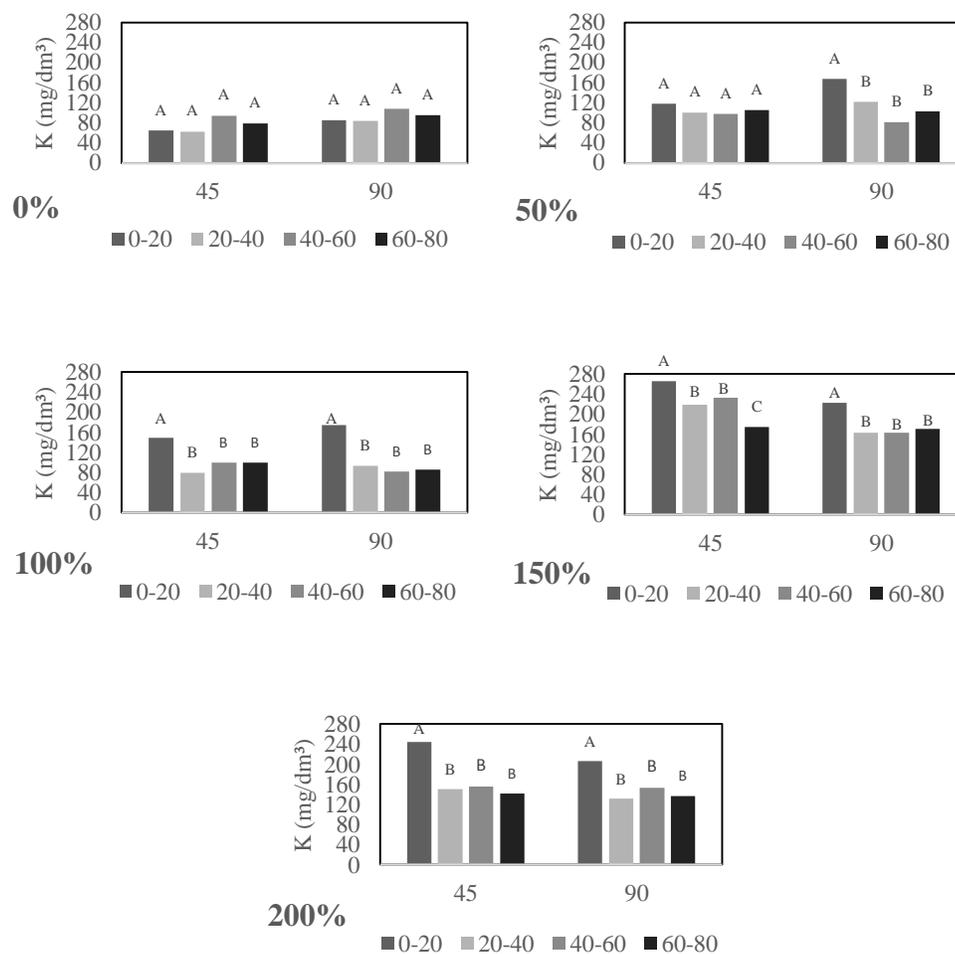
aumentou consideravelmente na camada superficial do solo (0-20 cm), quando aplicada a APC.

Pinto (2001), ao avaliar os efeitos da aplicação de APC nas características químicas do solo cultivados com diferentes espécies forrageiras, observou que as maiores concentrações de potássio apareceram na menor profundidade, apresentando, portanto, resultado semelhante ao encontrado nesta pesquisa.

De acordo com Prezzoti e Guarçoni (2014), solos com concentração de potássio trocável superior a 120 mg dm^{-3} são considerados de alta fertilidade, no que se refere especificamente à disponibilidade deste nutriente.

Ressalta-se que, neste caso, a concentração de potássio trocável de forma a atingir 5% da CTC é de 160 mg/dm^3 no solo. Observa-se, portanto, que a dose 100% aproximou-se de atingir 5% da relação K/CTC, e que apenas as doses de 150% e 200% ficaram enquadradas como solos de muito boa fertilidade, em relação ao potássio, em todas as profundidades e com teores de K/CTC superiores a 5%, sendo, portanto, resultado previsto, haja vista cálculos realizados. Já os tratamentos com doses de 50% e 100% apresentaram alta fertilidade apenas na camada de 0-20 cm.

Figura 6 - Variação de potássio (K), em função das doses (0%, 50%, 100%, 150% e 200%), para profundidades de 0 a 20 cm, 20 a 40 cm, 40 a 60 cm e 60 a 80 cm, aos 45 e 90 dias.



Fonte: Do autor (2018)

Na Figura 7 observa-se a concentração de potássio trocável para as épocas de 45 e 90 dias, sob as doses de APC aplicadas (0%, 50%, 100%, 150% e 200%), nas profundidades 0 a 20 cm, 20 a 40 cm, 40 a 60 cm e 60 a 80 cm.

Verifica-se que as maiores doses (150% e 200%) proporcionaram incremento de K em todas as profundidades do solo, permitindo incorrer sobre o potencial de lixiviação deste elemento. Na Figura 6 observa-se o maior incremento de K na profundidade 0-20 cm e, na Figura 7, que também houve incremento de K nas demais profundidades, em função das maiores doses de APC aplicadas, evidenciando, portanto, o potencial de mobilidade do potássio.

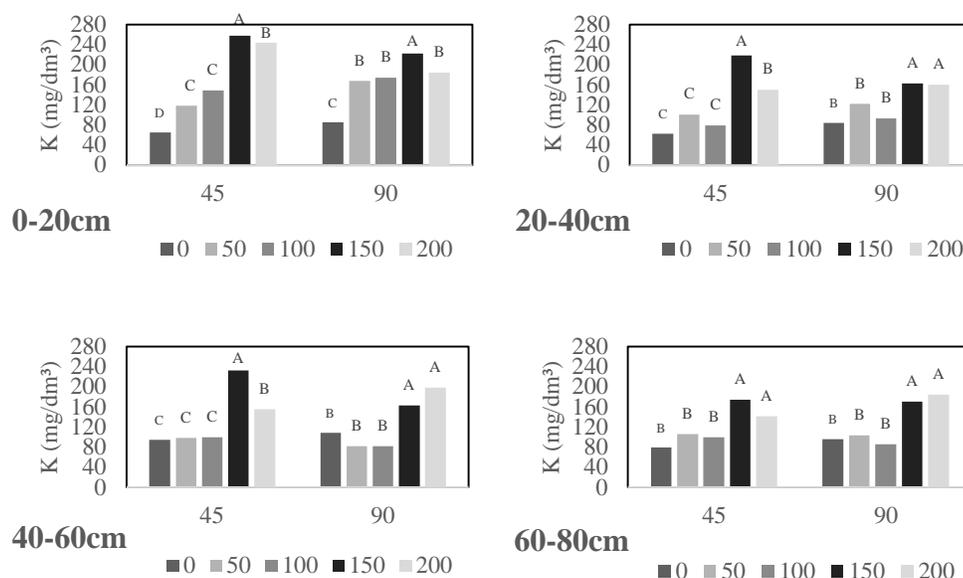
O aumento da concentração de potássio na solução do solo é creditado à elevada concentração deste nutriente na APC. Conforme apresentado na Tabela 3, a APC utilizada nos ensaios apresentava concentração de potássio em 1.710 mg/L, provocando o aumento da concentração deste nutriente no solo, conforme descrito sob diferentes doses.

Resultado semelhante foi encontrado por Lo Monaco, Garcia e Matos (2003) que observou incremento de potássio em camadas mais profundas com o aumento da dose de APC.

Neste experimento, a concentração de potássio trocável antes do início do experimento era, na camada de 60 a 80 cm, de 81 mg dm^{-3} , como pode ser observado na Tabela 1, tendo esses valores sido muito superados com a aplicação da APC nos tratamentos com doses de 150% e 200%. Fica, assim, evidente a necessidade de monitoramento da concentração de potássio trocável no solo quando da sua disposição, como fertirrigação, no solo, já que, em vista de sua alta mobilidade no perfil do solo, principalmente quando da aplicação de maiores doses, o elemento pode proporcionar problemas de contaminação das águas do lençol freático.

Resultado semelhante foi obtido por Garcia et al. (2008) em cujo trabalho a concentração de potássio trocável foi afetada significativamente pela aplicação das diluições da APC, ocorrendo um aumento em Neossolo e em sua profundidade.

Figura 7 - Teores de potássio, em função das profundidades (0 a 20 cm, 20 a 40 cm, 40 a 60 cm e 60 a 80 cm), para doses de APC aplicadas (0%, 50%, 100%, 150% e 200%), aos 45 e aos 90 dias.



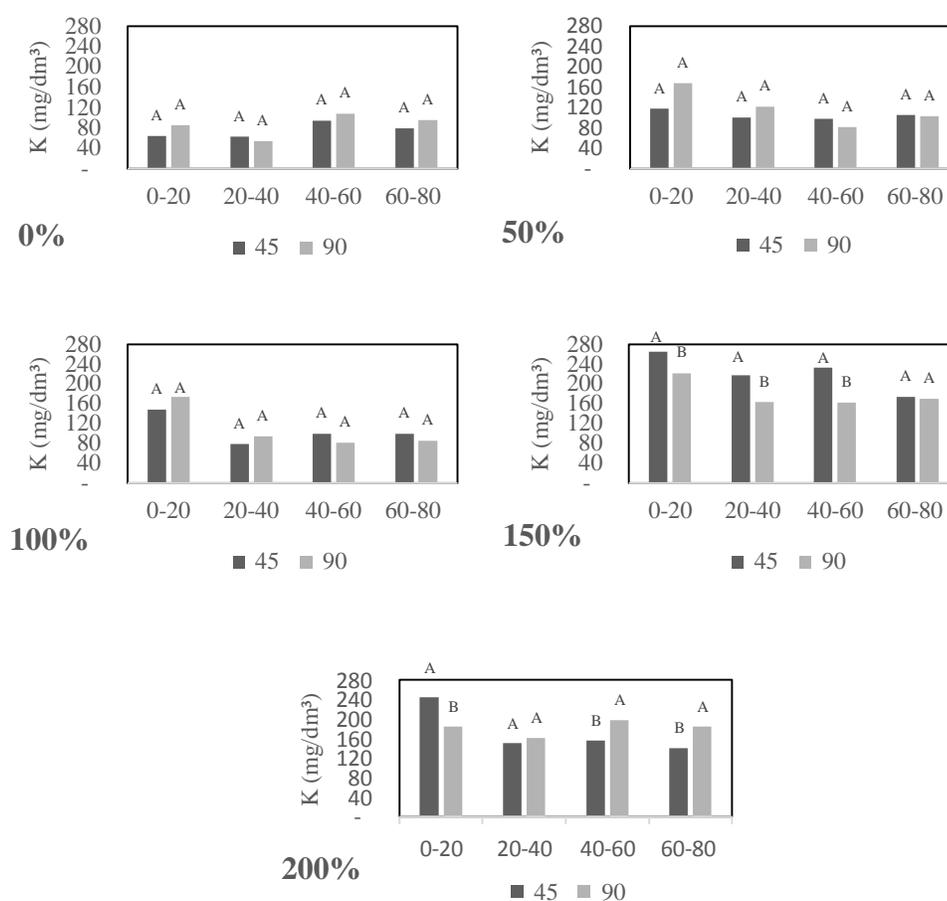
Fonte: Do autor (2018)

De acordo com Van Raij (1981), sais de potássio apresentam, em geral, alta solubilidade e as concentrações de K na solução do solo podem também atingir concentrações bastante elevadas. Isto confere ao potássio maior mobilidade, permitindo movimentação na forma de sais e lixiviação através do solo. Quando não houver adequada lixiviação, como ocorre em solo de baixa permeabilidade e capacidade de drenagem, pode haver problemas de salinização do solo. Sais de sódio e de potássio são considerados os maiores contribuintes para a salinidade do solo.

Evidentemente, a lixiviação de K está diretamente relacionada à CTC do solo. Quanto maior a CTC, menor será a lixiviação de K, uma vez que este cátion fica adsorvido às cargas negativas do solo. Portanto, para a aplicação de doses superiores, recomenda-se a manutenção periódica desses solos.

Na Figura 8, considerando a ocorrência das interações, observam-se os resultados obtidos para o K em função das doses e das profundidades, para as épocas de 45 e 90 dias.

Figura 8 - Variação de potássio (K), em função das doses (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) nas profundidades de 0 a 20 cm, 20 a 40 cm, 40 a 60 cm e 60 a 80 cm, para as épocas de 45 e 90 dias.

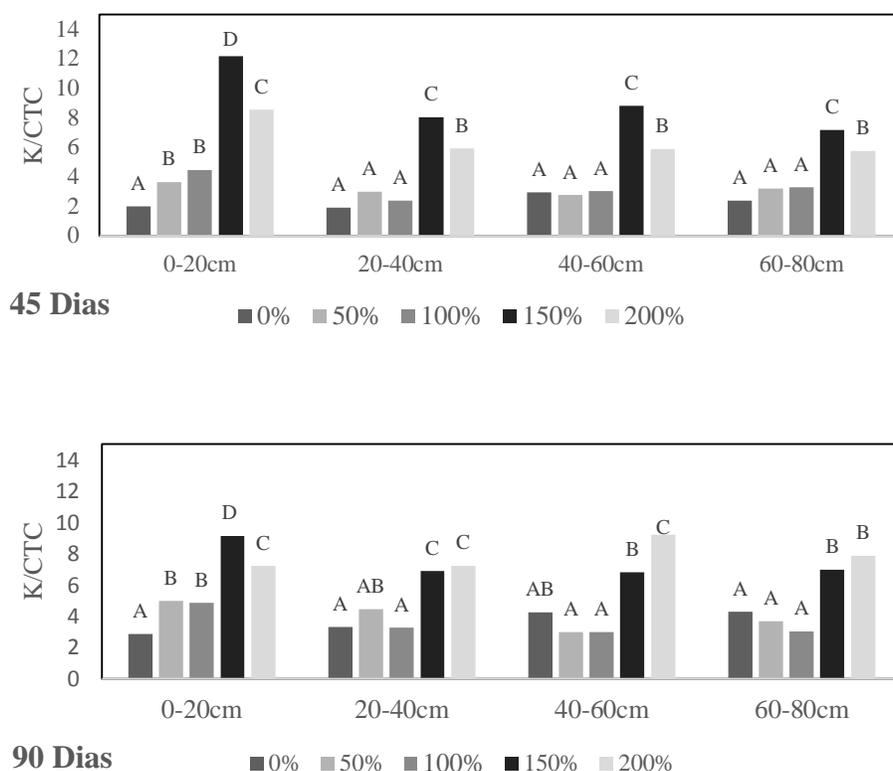


Fonte: Do autor (2018)

Observa-se, na Figura 7, que a aplicação das doses de 150% e 200% de APC está diretamente associada a maiores incrementos de K nas profundidades analisadas. Na Figura 8 observa-se que, nestas doses, também ocorre diferença significativa de incremento de K para as diferentes épocas analisadas em uma mesma profundidade. Isso corrobora o que foi relatado por Van Raij (1981), que constatou que o potássio atinge concentrações elevadas, possuindo, assim, sais de potássio de alta solubilidade, conferindo-lhe maior mobilidade, permitindo movimentação na forma de sais e lixiviação através do solo, culminando com a diferença apresentada entre as épocas.

Na Figura 9 são apresentados gráficos simbolizando os valores médios da relação K/CTC obtidos no estudo.

Figura 9 - Estudo de doses de APC sob a relação K/CTC aplicadas nas diferentes profundidades do solo. Médias seguidas pelas mesmas letras, no mesmo gráfico/profundidade, não diferem estatisticamente entre si.



Fonte: Do autor (2018)

Para as doses de 150% e 200%, como se observa na Figura 9, verificou-se que, com aplicações superiores à recomendação estabelecida pelo Incaper, para ambas as doses, ocorreu um acréscimo da relação K/CTC no solo, em todas as profundidades avaliadas. Todavia, a dose 200% apresentou menor relação K/CTC que a 150%.

Assim, os valores obtidos para a dose APC 150 e 200% da relação K/CTC no solo, em todas as profundidades, encontram-se superiores para

Prezotti e Guarçoni (2013), que tem por base a recomendação do uso da APC até a elevação do teor de K ao limite de 5% da CTC_{pH7} do solo. Evidencia-se, ao mesmo tempo, uma maior disponibilidade de K para as plantas, porém, uma maior possibilidade de lixiviação, dada a singularidade do solo.

Este resultado corrobora o cálculo realizado, provando a idoneidade da pesquisa, em que, sob a dose de 100%, a relação K/CTC ficou próxima a 5% na profundidade de 0-20cm, sendo, portanto, esse resultado o esperado conforme cálculos realizados.

Portanto, observa-se que doses superiores à recomendada por Prezotti e Guarçoni (2013), apesar de ofertarem uma maior disponibilidade de potássio, apresentam valores da relação K/CTC no solo superiores ao recomendado, não sendo, portanto, indicadas, devido à maior possibilidade de lixiviação, principalmente pelo tipo de solo utilizado no experimento, que é o Neossolo Flúvico.

Nesse contexto, verifica-se, no presente estudo, que a aplicação da APC em diferentes doses, tendo como princípio a recomendação agrônômica, mostrou-se eficiente na manutenção dos teores de K do solo, respeitando o limite de saturação na CTC do solo e não causando riscos de lixiviação, quando utilizada a dose de APC 100%, corroborando, assim, a recomendação feita pelo INCAPER.

4.2 Potássio na planta e produção de massa seca do capim-angola

Na Tabela 2A (Anexo) verifica-se a análise de variância dos efeitos da aplicação da APC sobre o atributo massa seca (MS), não tendo ocorrido efeito significativo dos tratamentos sobre o rendimento de MS da gramínea manejada sob os diferentes tratamentos. Observa-se, contudo, na Tabela 1 e considerando as classes de interpretação do solo, conforme Prezotti e Guarçoni (2013), que o

solo inicial apresentava fertilidade média em todos elementos nutricionais analisados. Considerando a baixa exigência de fertilidade exigida pela planta (COSTA, 2004), pode-se inferir que a vegetação não se apropriou do excedente nutricional contido na APC aplicada na área, haja vista que o solo inicial já apresentava valores nutricionais suficientes para o desenvolvimento da planta.

Na Tabela 3A (Anexo) observa-se a análise de variância para os teores de N, P e K na planta. Verifica-se que não houve efeito significativo dos tratamentos sobre os teores destes nutrientes na planta, tampouco apresentou diferença entre as épocas de 45 e 90 dias de coleta da parte vegetal.

Considerando a análise de interpretação foliar conforme Prezotti e Guarçoni (2013), os teores nutricionais encontrados em todos os tratamentos estão dentro da faixa considerada adequada, permitindo inferir que as plantas extraem do solo o necessário para seu crescimento, não causando, sob os diversos tratamentos de aplicação de APC, esta rica em K, o desbalanceamento de N, P e K da planta.

4.3 Atributos químicos (P, Ca, Mg, Al, e MO) no solo em função da aplicação da APC sob diferentes doses

Na Tabela 4A (em anexo) verifica-se a análise de variância dos efeitos da aplicação da APC sobre os demais atributos químicos do solo, observando-se que não houve efeito significativo dos tratamentos sobre estes atributos, para as mesmas profundidades de solo analisadas. Pode-se, assim, inferir que a APC contribuiu apenas para a manutenção dos teores destes atributos no solo, não contribuindo para o incremento destes atributos, ou mesmo provocando a lixiviação de Ca e Mg, que são nutrientes concorrentes no mesmo sítio de absorção do solo que o K. De forma a ilustrar a não significância dos atributos P,

Ca e Mg, apresentam-se, na Tabela 5, os valores médios de aporte destes nutrientes via APC e valores médios extraídos pela pastagem.

Tabela 5 – Teores médios, para todos os tratamentos, de aporte de P, Ca e Mg via APC e teores médios de extração pelo capim-angola, no município de Ibatiba, ES.

	P	Ca	Mg
	kg/ha		
Aporte via APC	1,14	22,23	5,7
Extração capim-angola	7,56	15,81	8

*Foi considerada a produção média de 3.756 kg/ha do capim-angola.

Fonte: Do autor (2018)

Assim, devido à baixa necessidade nutricional da planta, logo, baixa extração, bem como do baixo aporte de P, Ca e Mg, via APC, fica evidente a não contribuição da APC para o incremento desses atributos no solo.

5 CONCLUSÃO

A aplicação da água do processamento dos frutos do cafeeiro, na dose recomendada (100%) para elevar ao nível de 5% da CTC do solo, se apresentou tecnicamente viável para reposição/incremento de K na camada superficial do solo, sem promover incremento nas camadas mais profundas, em comparação aos outros tratamentos.

A aplicação da água do processamento dos frutos do cafeeiro, nas doses de 150% e 200%, promoveu o incremento de K nas camadas inferiores do solo, bem como apresentou relação K/CTC superior ao recomendado. Assim, dado o potencial de mobilidade do K, bem como da classe do solo em questão, há o risco de lixiviação.

Não houve diferença na produção de biomassa e nos teores de N, P e K da planta, dada a singularidade da cultura em questão. Portanto, a aplicação da APC não provocou desbalanceamento nutricional da planta.

Devido ao baixo aporte de P, Ca e Mg, via aplicação da APC, e à baixa extração destes nutrientes pela pastagem, não houve, em todas as doses, alteração sobre estes atributos, não causando, portanto, seu incremento e, tampouco, a lixiviação de Ca e Mg.

O emprego da fertirrigação com APC, respeitando-se a metodologia estabelecida, se apresentou eficaz na reposição de K na camada superficial do solo, sem provocar desbalanceamento nutricional das plantas, sendo, portanto, uma técnica para elevar o ativo ambiental das propriedades cafeeiras.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho apresentou-se parte do potencial de uso da APC, haja vista grande área ocupada por pastagem degradada ou sem nenhum manejo que envolva uso de fertilizantes no estado do Espírito Santo. Destaca-se que esta contribuição, apesar de relevante, não contempla outras culturas para uso deste modelo de fertirrigação e outras classes de solos com características diversas do apresentado, sendo, portanto, aberto um leque de oportunidades para a realização de estudos em características diversas deste.

Considerando que a zona rural do Espírito Santo é ocupada, em sua maioria, por pequenos imóveis rurais, e que as áreas de uso da APC ao longo dos anos irão se repetir, sugere-se a realização de análises do uso da APC de forma contínua em uma mesma área.

Foram levados em consideração, neste trabalho, dados como a cobertura de 238.943 ha de pastagens degradadas no Espírito Santo, a produção de 9 milhões de sacas de café e o rendimento de 500 litros de café da roça para cada saca de café beneficiado, o teor de 1.710 mg/dm³ de K na APC, a geração de 1 litro de APC para cada litro processado de café e a aplicação de 114m³/ha de APC para elevar o K na CTC (T) a 5%. Adotando-se estes dados como valores médios, pode-se inferir e destacar um potencial de uso da APC nas áreas de pastagem degradadas em cerca de 27,2 bilhões de litros de APC, sendo anualmente produzidos, sob as condições deste trabalho, 4,5 bilhões de litros de APC. Portanto, existe potencial de uso da APC para apenas 16,5% das pastagens degradadas, podendo-se assim utilizá-las nestas áreas por seis anos, sem haver repetição. Assim, fica evidente a oportunidade de uso, demonstrada neste trabalho e o leque de oportunidades que pode ampliar ainda mais este potencial, contribuindo, assim, ao apresentar alternativas favoráveis, do ponto de vista ambiental, agrônômico e econômico, para a atividade cafeeira.

REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 19. ed. New York: American Public Health Association, 1995.

ASSMANN, T. S. et al. Desempenho da mistura forrageira de aveia-preta mais azevém e atributos químicos do solo em função da aplicação de esterco líquido de suínos. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, Viosa, v. 31, n. 6, p. 1515-1523, nov./dez. 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ - ABIC. **Indicadores da indústria de café no Brasil**. Rio de Janeiro: ABIC, 2016. Disponível em: <[http:// abic.com.br/estatisticas/ indicadores-da-industria/](http://abic.com.br/estatisticas/indicadores-da-industria/)>. Acesso em: 27 maio 2016.

BARRETO, P.; SARTORI, M.; DADALTO, G. G. Levantamento de áreas agrícolas degradadas no estado do Espírito Santo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE REFLORESTAMENTO AMBIENTAL, 2., 2012, Guarapari. **Anais...** Guarapari: Cedagro, 2012. p. 1-63.

BORÉM, F. M. Processamento de café. In: BOREM, F. M. (Ed.). **Pós-colheita do café**. Lavras: Ed. UFLA, 2008. cap. 5, p. 127–158.

BRASIL. **Constituição da Republica Federativa do Brasil de 1988**. Brasília: Governo da República, 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em: 20 set. 2017.

_____. Decreto nº 99.274, de 6 de junho de 1990. Regulamenta a Lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981, e a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõem, respectivamente sobre a criação de Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental e sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 7 jun. 1990. Seção 1, p. 10887.

_____. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2 set. 1981.

- CABRAL, J. R. et al. Impacto da água residuária de suinocultura no solo e na produção de capim-elefante. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 8, p. 823–831, 2011.
- CAMPOS, C. M. M.; CARMO, A. C. do; LUIZ, F. A. R. de. Impacto ambiental causado pela poluição hídrica proveniente do processamento úmido do café. **Revista Cafeicultura**, Patrocínio, v. 1, n. 4, nov. 2002.
- CAMPOS, J. M. C. Contaminación del agua em Costa Rica por residuos del procesamiento del café y de laporcincultura. In: _____. **Prevención de la contaminación del agua por la agricultura y actividades afines**. Santiago: FAO, 1993. p. 113-124. (Informe sobre temas hídricos, n. 1).
- CENTRO DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO DO CAFÉ - CETCAF. **Breve histórico do café Arábica no Espírito Santo**. Vitória: CETCAF, 2014. 10 p.
- CERETTA, C. A. et al. Características químicas de solo sob aplicação de esterco líquido de suínos em pastagem natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 6, p. 729-735, jun. 2003.
- _____. Produtividade de grãos de milho, produção de matéria seca e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio na rotação aveia preta/milho/nabo forrageiro com aplicação de dejetos líquidos de suínos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 6, p. 1287-1295, nov./dez. 2005.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução nº 420, de 28 de dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. **Diário Oficial da União**, Brasília, 30 dez. 2009. n. 249, p. 81-84.
- COSTA, M. N. X. da. **Desempenho de duas gramíneas forrageiras tropicais tolerantes ao estresse hídrico por alagamento em dois solos glei húmicos**. 2004. 89 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.
- DELGADO, E. A.; BAROIS, I. Lombri compostaje de lapulpa de café em México. In: INTERNATIONAL SEMINAR ON BIOTECHNOLOGY IN THE COFFEE AGROINDUSTRY, 3., 2000, Londrina. **Proceedings...** Londrina: Ed. UFPR, 2000. p. 335-343.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA.
Manual de análises de solo. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997. 212 p.

_____. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes.** 2. ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627 p.

ERTHAL, V. J. T. et al. Alterações físicas e químicas de um Argissolo pela aplicação de água residuária de bovinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 5, p. 467-477, out. 2010.

FEIGIN, A.; RAVINA, I.; SHALHEVET, J. **Irrigation with treated sewage effluent: management for environmental protection.** Berlin: Springer-Verlag, 1991. 224 p.

FONSECA, A. F. **Disponibilidade de nitrogênio, alterações nas características químicas do solo e do milho pela aplicação de efluente de esgoto tratado.** 2001. 126 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

GARCIA, G. O. et al. Alterações químicas em três solos decorrentes da aplicação de águas residuárias da lavagem e despolpa de frutos do cafeeiro conilon. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 16, n. 4, p. 416-427, set. 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE.
Censo agropecuário. Brasília: IBGE, 2006. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/brasil_2006/comentarios.pdf>. Acesso em: 3 set. 2017.

_____. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/prevsaf/>>. Acesso em: 11 set. 2017.

INSTITUTO DE DEFESA AGROPECUÁRIA E FLORESTAL DO ESPÍRITO SANTO – IDAF. Instrução Normativa nº 015, de 23 de outubro de 2014, Diretrizes para o processo de licenciamento ambiental das atividades de descascamento/despolpamento de café. **Diário Oficial dos Poderes do Estado**, Vitória, 24 out. 2014.

JACOMIME, P. K. T et al. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos da margem esquerda do rio São Francisco, estado da Bahia.** Recife: Embrapa, 1976. 404 p. (Boletim Técnico, 38; Divisão de Recursos Renováveis, 7).

JARBAS, T. et al. Luvisolos. **Agência Embrapa de Informação Tecnológica**, Brasília, 2012. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/bioma_caatinga/arvore/CONT_000g5twggzh02wx5ok01edq5scvvo0oy.html>. Acesso em: 24 abr. 2017.

LO MONACO, P. A. et al. Avaliação do estado nutricional do cafeeiro após a fertirrigação com águas residuárias da lavagem e descascamento de seus frutos. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 15, n. 4, p. 392-399, out./dez. 2007.

_____. Características químicas do solo após a fertirrigação do cafeeiro com águas residuárias da lavagem e descascamento de seus frutos. **Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 3, p. 348-364, jul./set. 2009.

LO MONACO, P. A. **Fertirrigação do cafeeiro com águas residuárias da lavagem e descascamento de seus frutos**. 2005. 96 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Água e Solo) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

LO MONACO, P. A.; GARCIA, G. O.; MATOS, A. T. Caracterização da água residuária da lavagem e despolpa dos frutos dos cafeeiros Arábica e Conilon. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 3., 2003, Porto Seguro. **Anais...** Porto Seguro: [s.n.], 2003. 1 CD-ROM.

MATIELLO, J. B. et al. **Cultura de café no Brasil: novo manual de recomendações**. Rio de Janeiro: MAPA, 2005. 438 p.

MATOS, A. T. de et al. Alteração de atributos químicos no solo de rampas utilizadas no tratamento de águas residuárias. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 3, p. 406-412, out. 2005.

_____. Qualidade de bebida de grãos de café processados com água sob recirculação e tratamento físico-químico. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 14, n. 3, p. 141-147, jul./set. 2006.

_____. Tratamento da água para reuso no descascamento/despolpa dos frutos do cafeeiro. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 15, n. 2, p. 173-178, abr./jun. 2007.

_____. Tratamento de resíduos agroindustriais. In: ENCONTRO DE PRESERVAÇÃO DE MANANCIAS DA ZONA DA MATA MINEIRA, 2., 2002, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Ed. UFV, 2002. p. 105-157.

_____. Tratamento e destinação final dos resíduos gerados no beneficiamento do fruto do cafeeiro. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Produção integrada de café**. Viçosa: Ed. UFV, 2003. p. 647-705.

MATOS, A. T. de. **Poluição ambiental: impactos no meio físico**. Viçosa: Ed. UFV, 2010. 260 p.

MATOS, A. T. de; SANTOS, J. H. T.; FIA, R. Contaminação do solo em áreas de depósito de cascas de frutos de cafeeiro. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas: [s.n.], 2000. v. 2, p. 981-984.

MEDEIROS, L. T. et al. Produção e qualidade da forragem de capim-marandu fertiirrigada com dejetos líquidos de suínos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 2, p. 309-318, mar./abr. 2007.

MIERZWA, J. C.; HESPANHOL, I. **Água na indústria: uso racional e reuso**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. 144 p.

MIRANDA, E. E.; BATISTELLA, M.; GUIMARÃES, M. **Monitoramento da expansão das áreas irrigadas na região oeste da Bahia**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2002. 39 p.

MORELI, A. P. **Maximização da reutilização da água residuária do processamento dos frutos do cafeeiro: influências em características físico-químicas do efluente e qualidade da bebida do café**. 2013. 69 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2013.

OLIVEIRA, L. A. M. de; SOUZA, A. E. de. Potássio. **Balanco Mineral Brasileiro**, Brasília, p. 1-17, 2001. Disponível em: <<http://www.anm.gov.br/dnpm/paginas/balanco-mineral/arquivos/balanco-mineral-brasileiro-2001-potassio/view>>. Acesso em: 9 set. 2017.

PEREIRA, E. R. **Qualidade da água residuária em sistemas de produção e de tratamento de efluentes de suínos e seu reuso no ambiente agrícola**. 2006. 130 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

PINTO, A. B. **Avaliação de gramíneas forrageiras com uso de águas residuárias da lavagem e despolpa dos frutos do cafeeiro**. 2001. 108 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

PREZOTTI, L. C. Destinação da água residuária do processamento dos frutos do cafeeiro. In: FERRÃO, R. G. et al. **Café conilon**. Vitória: Incaper, 2007. p. 519-529.

PREZOTTI, L. C. et al. 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 CAFEEIRAS, 34., 2008, Caxambu. **Trabalhos apresentados...** Rio de Janeiro: MAPA, 2008. p. 83-85.

_____. **Teores de nutrientes nas águas residuárias do café e características químicas do solo após sua aplicação**. Vitória: Incaper, 2012. 24 p. (Incaper Documentos, 208).

PREZOTTI, L. C.; GUARÇONI, A. **Guia de interpretação de análise de solo e foliar**. Vitória: Incaper, 2013. 104 p.

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

RONCHI, C. P.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R. **Manejo de plantas daninhas em lavouras de café**. Viçosa: Suprema, 2001. 94 p.

SEGANFREDO, M. A. **A questão ambiental na utilização de dejetos de suínos como fertilizante**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2000. 35 p. (Circular Técnica, 22).

_____. **Viabilidade econômico-ambiental do uso de dejetos animais e lodos de esgoto como fertilizante**. Bonito: Fertbio, 2006. 1 CD-ROM.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 3. ed. Viçosa: Ed. UFV, 2002. 235 p.

SILVA, J. de S. et al. Produção de café cereja descascado—equipamentos e custo de processamento. **Comunicado Técnico**, Brasília, n. 4, p. 1-16, set. 2013.

SOARES, S. F. et al. **Água residuária do café: geração e aproveitamento**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2008. 4 p. (Circular Técnica, 30).

_____. Estimativa dose de água residuária do café para fertirrigação com base na saturação de K na CTC do solo. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 8., 2013, Salvador. **Anais...** Brasília: Embrapa Café, 2013. p. 1-4.

VAN RAIJ, B. **Avaliação da fertilidade do solo**. Piracicaba: POTAFÓS, 1981. 142 p.

VASCO, J. Z. Procesamiento de frutos de café por vía húmeda y generación de subproductos. In: INTERNATIONAL SEMINAR ON BIOTECHNOLOGY IN THE COFFEE AGROINDUSTRY, 3., 2000, Londrina. **Proceedings...** Londrina: Ed. UFPR, 2000. p. 345-355.

VEGRO, C. L. R.; CARVALHO, F. C. Potencialidade de uso de resíduos e subprodutos do processamento agroindustrial do café. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE BIOTECNOLOGIA NA AGROINDÚSTRIA CAFEEIRA, 3., 2000, Londrina. **Anais...** Londrina: IAPAR, 2000. p. 357-359.

ANEXO

Tabela 1A - Análise de variância dos efeitos da aplicação da APC sobre os atributos químicos no perfil do Neossolo Flúvico sob cultivo de capim-angola, no município de Ibatiba, ES.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio	
		K	K/CTC
Rep	3	3203,728	6,545812
Trat	4	95188,88 *	186,3812 *
Erro A	12	761,7210	1,084239
Prof	3	27760,55 *	20,50206 *
Prof*Trat	12	4812,524 *	5,384949 *
Erro B	45	476,9056	0,9037873
Época	1	530,5666 NS	11,36574 *
Prof*Época	3	1179,295 NS	1,216441 NS
Trat*Época	4	8396,867 *	12,51891 *
Prof*Trat*Época	12	2571,057 NS	3,264088 NS
Resíduo	60	741,4255	1,870044

* significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Tabela 2A - Análise de variância dos efeitos da aplicação da APC sobre o atributo massa seca do capim-angola, cultivado sob Neossolo Flúvico no município de Ibatiba, ES.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio
		Massa seca
Rep	3	2185,088
Dose	4	332,2596 NS
Erro A	12	457,7609
Época	1	525,8425 NS
Dose*Época	4	270,5767 NS
Resíduo	15	436,6397

* significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Tabela 3A - Análise de variância dos efeitos da aplicação da APC sobre os atributos NPK presentes na MS de capim-angola, no município de Ibatiba, ES.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio		
		N	P	K
Rep	3	44,64227	0,8518250E-01	64.14749
Dose	4	5,108985 NS	0.2044400 NS	27.67151 NS
Erro A	12	21,53183	0.2937117	47.78659
Época	1	107,3218 NS	0.1525225 NS	0.129960 NS
Dose*Época	4	4,802735 NS	0.3023100 NS	43.99625 NS
Resíduo	15	26,01083	0.4063058	75.59503

* Significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Tabela 4A - Análise de variância dos efeitos da aplicação da APC sobre os atributos químicos (P, Ca, Mg, Al, e MO) no perfil do Neossolo Flúvico sob cultivo de capim-angola, no município de Ibatiba, ES.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio				
		P	Ca	Mg	Al	MO
Rep	3	3,915138	0,449789	0,141042	0,682631	6,809417
Trat	4	49,93704*	0,3825844NS	0,1275741*	0,1889158*	11,69119*
Erro A	12	1,792756	0,109553	0,765781	0,776724	1,030966
Prof	3	40,04381*	0,4749673*	0,74625NS	0,1107391NS	5,085422*
Prof*Trat	12	6,60522NS	0,296126NS	0,1236406NS	0,9015573NS	0,7254897NS
Erro B	45	2,090374	0,338341	0,397819	0,393780	0,225701
Época	1	179,0982*	4,89*	0,28224*	0,722265NS	12,321*
Prof*Época	3	4,232528NS	0,146294NS	0,1213667NS	0,1336432NS	0,4743133NS
Trat*Época	4	16,24183NS	0,4044281NS	0,1209469NS	0,7857031NS	0,9102172NS
Prof*Trat*Época	12	1,669074NS	0,3286115NS	0,3620521NS	0,103247NS	0,144218NS
Resíduo	60	3,521111NS	0,5451271NS	0,7432083NS	0,4924532NS	1,056005NS