

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA SUL DE MINAS GERAIS – CAMPUS
MUZAMBINHO**

Curso Superior de Tecnologia em Cafeicultura

Geovani Aguiar Pedroso

**UTILIZAÇÃO DO AGUAPÉ E DA CAL NO TRATAMENTO
DA ÁGUA RESIDUÁRIA DO CAFÉ PROCESSADO POR
VIA ÚMIDA**

**MUZAMBINHO
2010**

GEOVANI AGUIAR PEDROSO

**UTILIZAÇÃO DO AGUAPÉ E DA CAL NO TRATAMENTO DA
ÁGUA RESIDUÁRIA DO CAFÉ PROCESSADO POR VIA ÚMIDA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Tecnologia em Cafeicultura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul de Minas Gerais, Campus Muzambinho, como requisito para a obtenção do grau de Tecnólogo em Cafeicultura.

Orientador: Prof. Dr. Felipe Campos Figueiredo

MUZAMBINHO

2010

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Felipe Campos Figueiredo

Prof. MSc. Eugênio Jose Gonçalves

Prof. Dr. Gustavo Rabelo Botrel Miranda

Muzambinho, 21 de Dezembro de 2010.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por iluminar meus caminhos sempre, e por me proteger de todos os tipos de perigos.

Agradeço à minha família e amigos por sua compreensão, pelo grande carinho e incentivos constantes.

Agradeço ao colega de classe, Luiz Carlos de Moraes, pela parceria que foi feita para realizar mais um estudo em conjunto, agradeço também por seu companheirismo demonstrado durante todo curso.

Agradeço a todos os colegas de classe e também ao colega João Paulo Marques.

Agradeço ao meu orientador Felipe Campos Figueiredo, e aos professores, Lúcio Laudares, Eugênio Jose Gonçalves, Gustavo Rabelo Botrel Miranda, Virgilio Anastácio da Silva e todos professores, por toda ajuda e conhecimentos cedidos.

Agradeço ao Senhor Armando Santos, proprietário da Fazenda São Domingos, por ter cedido espaço para que fossem realizados os testes com a água residuária.

Agradeço à Alessandra Rodrigues Carvalho por toda ajuda desempenhada com as análises laboratoriais da água.

Agradeço a FAPEMIG pela ajuda financeira, possibilitando o desenvolvimento do presente experimento.

Muito obrigado a todos!

**“O ÚNICO LUGAR EM QUE O SUCESSO VEM ANTES DE TRABALHO É NO
DICIONÁRIO” (Autor Desconhecido).**

PEDROSO, Geovani Aguiar. **Utilização do aguapé no tratamento da água residuária do café processado por via úmida.** 2010. 50 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Cafeicultura) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – campus Muzambinho, Muzambinho, 2010.

RESUMO

Com o aumento da procura por cafés finos no mundo, a utilização de técnicas de processamento como descascamento, para a conservação da qualidade do grão de café, está sendo a cada dia mais praticada. Os métodos de processamento do café na pós-colheita geram grande quantidade de água, que serve como veículo para os grãos de café durante tais procedimentos. E esta água, ao término do processo, é possuidora de grande carga de poluentes, devido a grande quantidade de açúcares, fenóis e partículas que são liberadas no decorrer do processo. O projeto foi instalado na Fazenda São Domingos, propriedade do Sr. Armando Santos, localizada no município de Muzambinho/ MG, tendo o objetivo de testar possíveis tratamentos da água residuária de café processado por via úmida, com a utilização do aguapé (*Eichornia crassipes*), a partir de sua capacidade de despoluir águas contaminadas.

Palavras-chave: água residuária; filtro natural; *Eichornia crassipes*; café; cereja descascado; tratamento de água; pós-colheita

PEDROSO, Geovani Aguiar. Utilization of aguapé in the treatment of residual water of the processed coffee by moisten way, 2010, 50 page. Job of conclusion of the course (Superior Course of Tecnology culture coffe). Federal Institute of Education, Science and Tecnology of South Minas Gerais – campus Muzambinho, Muzambinho, 2010.

ABSTRACT

With the increase of the demand by fine coffees in the worlde, the utilization of techniquies of processetion like barking for to conservation of quality of the grain of coffee, is being every day more practiced. The methods of processetion of coffee in the post-harvest get a lot of quantative of water, that is utilized like a car for the grains of coffee during this process. And this water, with the end of the processis owner of big load of poluents propered the big quantatives of sugars phenols and parts that are to set freed in the process. The plan was installed at São Domingos farm place of Sir Armando Santos, localized at Muzambinho – MG. And has the objective of test possibles treatments of residual water of coffee processed by umid way, with the utilization of aguapé (*Eichornia crassipes*), at part of its capacity of to clean contaminated waters.

Key words: Residual water, natural filter, *Eichornia crassipes*, coffee, barked cherry, treatment of water, post-harvest.

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	8
2.JUSTIFICATIVA	9
3.OBJETIVO.....	10
4. HIPÓTESES.....	11
4.1 Hipótese Afirmativa	11
4.2 Hipótese Negativa	11
5. REVISÃO DE LITERATURA	12
5.1 O Café no Brasil e no Mundo.	12
5.2 O Fruto do Café.....	12
5.3 O Processamento de Café.	13
5.4 Resíduo sólido e líquido do processamento de café via úmida.....	16
5.5 Legislação ambiental e lei das águas.....	18
5.6 Plantas aquáticas.	19
5.7 Fitorremediação.	21
5.8 Utilização do Aguapé.	21
6. MATERIAIS E MÉTODOS.....	24
6.1 Materiais.....	24
6.2 Métodos.....	25
7. RESULTADOS E DISCUSSÕES	28
7.1 pH.....	29
7.2 Condutividade	31
7.3 Turbidez	32
7.4 Dureza.....	34
7.5 Potássio (K).....	36
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
9. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	44

1. INTRODUÇÃO

O processamento dos frutos do cafeeiro por via úmida está sendo utilizado cada vez mais devido ao aumento da procura por cafés de qualidade. Visto que este processo resulta em um produto de qualidade reconhecida mundialmente.

Neste processamento é necessário um grande volume de água limpa, que no final do processo está imprópria para o retorno aos cursos d'água ou rios, constituindo-se numa preocupação com a preservação dos recursos hídricos disponíveis. Esta água residuária é possuidora de uma grande carga poluidora, constituída por compostos fenólicos, cafeína e açúcares não podendo ser descartada diretamente em cursos d'água sem tratamento prévio, pois as substâncias contidas podem causar danos ao meio ambiente, comprometendo todo ecossistema aquático (ALMEIDA, 2005).

É necessário que esta água residuária seja primeiramente tratada para o descarte ou sua reutilização adequada, atendendo às normas do órgão responsável pelo meio ambiente CONAMA (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE). Para despoluir esta água residuária a macrófita aquática Aguapé (*Eichhornia crassipes*), tem sido testada devido a sua conhecida capacidade filtradora, por ser um método alternativo que pode se tornar viável, visto que este é de baixo custo aos produtores, não é tóxica ao ser humano e a animais.

2. JUSTIFICATIVA

O descarte dos efluentes nos recursos hídricos, oriundo do processo de obtenção do café cereja descascado, é uma fonte de poluição significativa nas regiões cafeeiras. Deste modo, a busca de métodos para evitar tal contaminação se torna cada vez mais importante frente ao aumento da prática de descascamento do café. Neste sentido o uso do aguapé (*Eichornia crassipes*) que é considerado um filtro natural, aliado a uma diluição e alteração química da água; poderia contribuir para a despoluição da água residuária do processamento via úmida do café (cereja descascado).

3. OBJETIVO

Determinar o tempo mínimo que o aguapé consegue despoluir a água residuária do café processado via úmida.

Determinar a máxima concentração que o aguapé consegue despoluir em água residuária do café processado via úmida.

Verificar a viabilidade do uso de aguapé para tratamento de água residuária do processamento via úmida de café.

4. HIPÓTESES

4.1 Hipótese Afirmativa

Que a planta aquática aguapé é capaz de despoluir a água residuária, gerada no processamento via úmida.

4.2 Hipótese Negativa

Que a planta aquática aguapé não é capaz de despoluir a água residuária, gerada no processamento via úmida.

5. REVISÃO DE LITERATURA

5.1 O Café no Brasil e no Mundo

O café tem se destacado na agricultura brasileira desde a época da escravidão, e o maior produtor de café do mundo, o Estado de Minas Gerais, com a maior produção. O Brasil é responsável por cerca de 35% da produção mundial de café e Minas Gerais por 47% da produção brasileira, possuindo cerca de 2,876 bilhões pés de café distribuídos em 80.000 propriedades agrícolas (Agrianual, 2006; Guimarães et al., 2001; Prado, 2006).

Os grãos de café são produzidos e exportados por mais de 50 países em desenvolvimento, no entanto, a maior parte dos consumidores está em países industrializados como os EUA, União Européia e Japão. O grão de café é o segundo produto mais comercializado no mundo, sendo de vital importância para o balanço comercial entre países desenvolvidos e em desenvolvimento (SILVA & BERBERT, 1999, citado por PINTO et al., 2000). É uma das bebidas mais difundidas no mundo, proporcionando aos países produtores uma renda média de oito bilhões de dólares/ano.

O café produzido no Brasil é destinado às exportações e ao consumo interno (COFFEA, 2004).

A exigência por qualidade do café é considerada um critério consolidado para se atingir os mercados que melhor remuneram o produto. Na busca por qualidade, é crescente a opção dos cafeicultores brasileiros pelo processamento por via úmida, com a produção do café cereja descascado, que além de alcançar preço diferenciado no mercado, reduz o tempo de secagem e os riscos da ocorrência de fermentações indesejáveis (ISQUIERDO et al, 2010).

5.2 O Fruto do Café

O café arábica é originário da África (Etiópia) é cultivado preferencialmente, em regiões acima de 800 metros de altitude. De aroma intenso, possui sabores, corpo e acidez variados. Segundo especialistas, os cafés de qualidade são resultado das melhores combinações (blend) de grãos arábica. A produção mundial de grãos

do tipo Arábica é de 70%, a de Robusta ou Conilon é de 20%. O café robusta ou Conillon é originário da África na região do Congo e é mais rústico. Pode ser cultivado ao nível do mar (altitudes inferiores a 400 metros) e sua acidez é menos acentuada (VILA DO ARTESÃO, 2008).

O fruto do café é formado pela semente e pelo pericarpo. O pericarpo é o conjunto de estruturas que envolvem a semente. No café, ele está nitidamente diferenciado em exocarpo, mesocarpo e endocarpo (figura 1). Assim o endocarpo é a estrutura mais interna do pericarpo (figura 2). Nos cafés cereja descascados, o endocarpo é a única estrutura protetora da semente, tendo assim uma vital importância durante o processo de secagem (BORÉM, 2008).

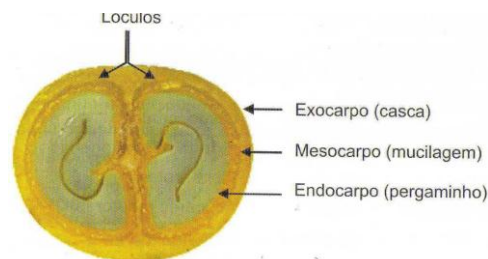


Figura 1: Estrutura do fruto do cafeeiro *C. arábica* L. (BORÉM, 2008).

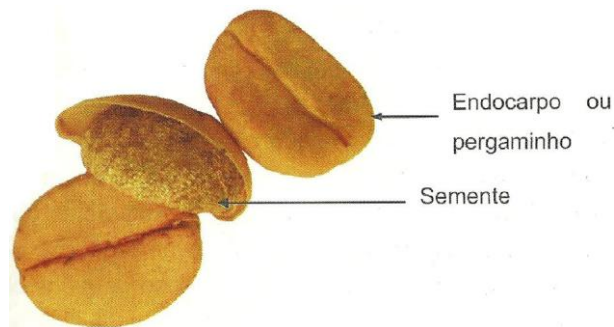


Figura 2: Semente de café com o endocarpo *C. arábica* L. (BORÉM, 2008).

5.3 O Processamento de Café

A escolha do modo de processamento do café é decisiva na rentabilidade da atividade cafeeira, e dependerá de diversos fatores tais como: condições climáticas da região; disponibilidade de capital; tecnologia e equipamentos; exigência do mercado consumidor quanto às características do produto; outorga para uso de água; disponibilidade de tecnologia para o tratamento das águas residuárias. Assim,

pode-se dizer que três aspectos são fundamentais na escolha do método de processamento do café: a relação custo/benefício do método de processamento, a necessidade de atendimento à legislação ambiental e o padrão desejado de qualidade (BORÉM, 2008).

Historicamente, dois diferentes métodos são usados para o processamento do café, a via seca e a via úmida. Na via seca, os frutos são processados na sua forma integral, ou seja, com a casca, produzindo frutos secos, conhecidos como café em coco ou café natural. Na via úmida são produzidos os cafés em pergaminho (BORÉM, 2008).

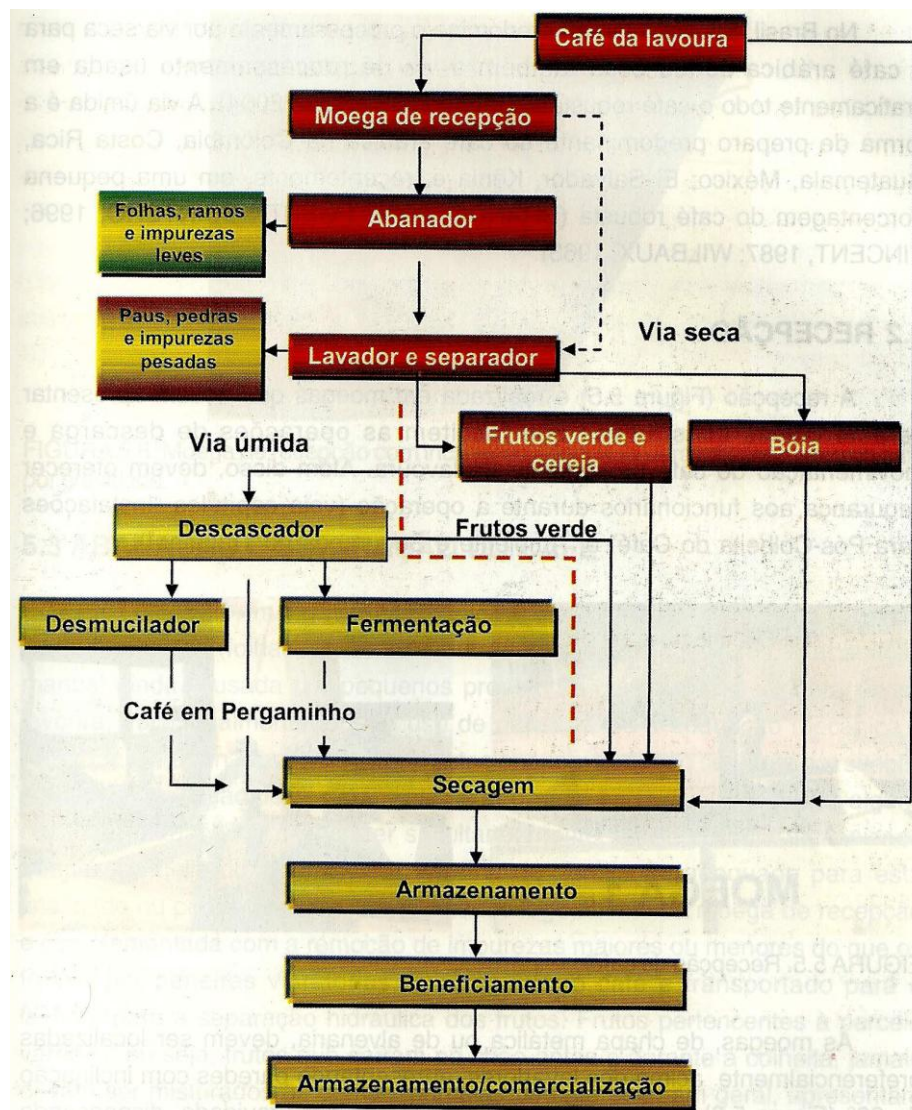


Figura 3: Processamento do Café (BORÉM, 2008).

No Brasil, Etiópia e Iêmen (extremidade sudoeste da Península da Arábia) predomina o processamento por via seca para o café arábica, sendo essa também a via de processamento usada em praticamente todo o café robusta no mundo (BRANDO, 2004). A via úmida é a forma de preparo predominante do café arábica na Colômbia, Costa Rica, Guatemala, México, El Salvador, Kênia e, recentemente, em uma pequena porcentagem do café robusta (BRANDO, 2004; PUERTA-QUINTERO, 1996; VINCENT, 1987; WILBAUX, 1963).

O processamento por via úmida foi desenvolvido a partir da necessidade dos produtores da América Central retirar as fontes de fermentação e diminuir o tempo de secagem dos cafés produzidos naquela região (OLIVEIRA et al., 2006).

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

O descascamento do fruto do cafeeiro consiste na retirada da casca do fruto maduro, por meio de um descascador mecânico, seguido ou não de remoção da mucilagem e lavagem final dos grãos. Logo após o descascamento os grãos podem ser levados diretamente para o terreiro permanecendo o pergaminho aderido aos grãos durante a secagem dando-lhes características únicas como: padrão de uniformidade, características de corpo, acidez e doçura do café natural (VIEIRA e CARVALHO, 2000), ou depois de lavados e descascados os grãos de café podem passar pelo processo de desmucilagem onde, a mucilagem é retirada através de um desmucilador (máquina específica) ou retirada por fermentação (utilizando tanques de fermentação).

BORÉM et al. (2004), comparando café verde (via úmida) com o café verde e cereja+verde (via seca), concluíram que o café verde (via úmida) apresentou bebida de melhor qualidade, o que normalmente se esperaria da bebida oriunda do café cereja, quando do preparo via seca.

Ultimamente, a procura internacional por cafés de qualidade tem aumentado, fazendo com que o Café Cereja Descascado Brasileiro, sofra valorização significativa frente aos demais cafés produzidos por aqui (BORÉM, 2008).

O grão de café despulpado tem a vantagem de proporcionar considerável diminuição da área do terreiro de secagem que pode chegar uma redução de 40% (BUENO, 1998), além da redução do tempo (BARTHOLLO e GUIMARÃES, 1997) e consumo energético na secagem, já que os grãos despolpados apresentam relativamente baixo teor de umidade, em torno de 50%, quando comparados com o fruto integral.

5.4 Resíduo sólido e líquido do processamento de café via úmida

Apesar do processamento via úmida oferecer inúmeras vantagens, gera grandes volumes de águas residuárias ricas em materiais orgânicos altamente poluentes. Além disso, retira dos mananciais um grande volume de água limpa que é devolvida ao meio ambiente com qualidade muito inferior (CAMPOS, 1993 citado por MATOS et al., 2003).

Durante o processamento via úmida dos frutos do cafeeiro, utilizam-se água para lavar, descascar (descascador mecânico), desmucilar (retirada da mucilagem por meio mecânico) ou despolpar (retirada da mucilagem por fermentação) os grãos, gerando para cada litro de fruto colhido, cerca de 3 a 5 litros de água residuária (OLIVEIRA et al., 2006). Assim sendo, em uma Fazenda que colhe 10.000 sacas de café processado por via úmida, produzirá aproximadamente 19 milhões de litros de água residuária derivada do processamento.

Segundo GONÇALVES et al (2000), o processamento por via úmida resulta em uma grande carga poluidora, composta de alto grau de poluentes como cafeína, açúcares e compostos fenólicos. Assim sendo, se descartada diretamente em cursos d'água, a degradação desses compostos pode levar ao decréscimo do teor de oxigênio dissolvido, comprometendo todo ecossistema aquático necessitando assim, de um tratamento prévio para descarte ou reutilização adequada. Existe uma grande preocupação com o que diz respeito ao lançamento desta água no meio ambiente, uma vez que é rica em substâncias contaminantes de nascentes, rios, córregos e até mesmo ao solo.

No processo de descascamento do café, o exocarpo (casca) é removido juntamente com parte do mesocarpo e feixes vasculares, resultando no que muitos técnicos e pesquisadores denominam de polpa (BORÉM, 2008).

Conforme ilustrado na figura 4, a polpa é o primeiro resíduo gerado no processamento, via úmida, do fruto do cafeeiro e representa cerca de 29% da matéria seca do fruto (ELIAS, 1978), e 39% da massa fresca. A polpa é constituída, predominantemente, por carboidratos, proteínas, cafeína e taninos, além do potássio, nitrogênio e sódio (MATOS, 2003).

O segundo resíduo gerado no processamento via úmida é a mucilagem, que constitui uma capa de aproximadamente 0,5 a 2 mm de espessura, que está fortemente aderida ao pergaminho, e representa cerca de 5% da matéria seca do grão. De ponto de vista físico, ela é constituída por um sistema coloidal líquido liofílico, sendo, portanto, um hidrogel, quimicamente é constituído por água, pectina, açúcares e ácidos orgânicos, e, portanto, é um excelente substrato para o crescimento de fungos e bactérias e outros organismos, razão por que, quando presente, possibilita a deterioração dos grãos de café (MATOS, 2003).

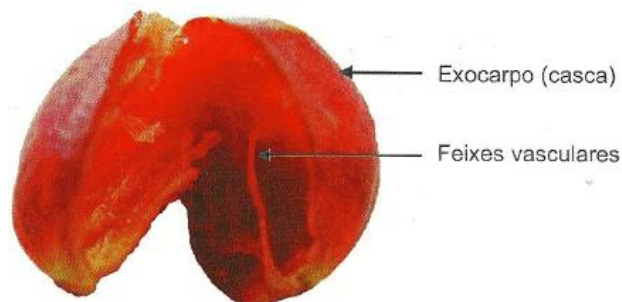


Figura 4: Exocarpo, parte do mesocarpo e feixes vasculares removidos durante o descascamento do café *C. arábica L* (BORÉM, 2008).



Figura 5: Água residuária proveniente do processo via úmida do café (RODRIGUES e DIAS, 2010).

Estudos realizados na distribuição dos macro-componentes do fruto do cafeeiro do tipo cereja, desde o início do processamento pós-colheita até a sua infusão, permitiu constatar que somente 6% da massa do fruto são aproveitados na preparação da bebida. Os 94% restantes, constituídos por água e sub-produtos do processo, na maioria dos casos não recuperados e podem ser fonte de contaminação do meio ambiente (MATOS, 2003).

As águas residuárias do descascamento possuem elevada carga orgânica. Essas águas apresentam elevada concentração de sólidos totais, dos quais a maior parte é composta por sólidos voláteis, e que podem ser, em grande parte, removidos por tratamento biológico (BORÉM, 2008). Essas águas também possuem alta quantidade de nitrogênio e potássio.

5.5 Legislação ambiental e lei das águas

Manejar a água residuária, no descascamento do café, é obrigação do produtor. Quando esse trabalho não é realizado e o resíduo é lançado em rios, a poluição ambiental é terrível (ABEAS; 1996).

A legislação ambiental do Estado de Minas Gerais (deliberação normativa da COPAM nº 10 de 1986), estabelece que para o lançamento de águas residuárias em corpos hídricos, a DBO (demanda bioquímica de oxigênio), que é uma medida da quantidade de material orgânico presente na água residuária, seja de no máximo 60 mg/L (este limite só poderá ser ultrapassado no caso do sistema de tratamento de água residuárias reduzir a carga poluidora de efluente em no mínimo de 85%). A DQO (demanda química de oxigênio), que é a porção de matéria orgânica na amostra que é susceptível à oxidação por um oxidante forte, deve estar no máximo de 90 mg/L.

De acordo com RODRIGUES e DIAS (2010) na Resolução nº 357, de 17 de março 2005 do CONAMA, são consideradas águas doce especiais as que apresentam valores de sólidos dissolvidos totais com no máximo 500 mg/L. Dentro da mesma Resolução do CONAMA, são citadas as referências para pH e turbidez, os quais apresentam os seguintes valores: pH entre 6,0 a 9,0 e turbidez até 40 UNT.

De acordo com a Portaria n° 1.469 do Ministério da Saúde, de 2000, limita a dureza em 500 mg/L CaCO₃ como padrão de potabilidade (RODRIGUES e DIAS, 2010).

O crescimento das ações fiscalizadoras pelos órgãos ambientais tem levado os produtores a buscarem opções tecnológicas com o intuito de reduzir o consumo de água no processamento do fruto do cafeeiro. Isso tem feito com que as empresas que desenvolvem máquinas de despolpa de frutos do cafeeiro envidem esforços para que se desenvolvam equipamentos mais eficientes, que utilizem menor volume de água no processamento (CABANELLAS, 2004).

5.6 Plantas aquáticas

A diversidade de plantas aquáticas no Brasil é grande. De acordo com Rubio et al. (2004), algumas espécies comuns nos rios e lagos do país são a *E. crassipes* (aguapé, jacinto d'água, baronesa, rainha dos lagos), a *Pistia stratiotes* (alface d'água), e outras dos gêneros *Salvinia* (samambaia aquática, marrequinha, erva de sapo e murerê) e *Potamogeton*.

As plantas aquáticas são conhecidas pelos pesquisadores como macrófitas aquáticas (macro = grande, fita = planta). Esse termo é utilizado para descrever o conjunto de vegetais adaptados ao ambiente aquático. São vegetais que habitam desde brejos até ambientes totalmente submersos, isto é, debaixo d'água. As macrófitas aquáticas são, em sua grande maioria, vegetais terrestres que ao longo de seu processo evolutivo, se adaptaram ao ambiente aquático, por isso apresentam algumas características de vegetais terrestres e uma grande capacidade de adaptação a diferentes tipos de ambientes, o que torna sua ocorrência muito ampla (UFSCAR, 2010).

Entre os importantes papéis desempenhados pelas plantas aquáticas, podemos citar (BIOLOGIA INTERATIVA, 2010):

- O de atuar como produtores primários, fornecendo a base da cadeia alimentar de ambientes aquáticos, pois são alimentos de peixes e de organismos aquáticos como algumas espécies de aves e mamíferos aquáticos, como as capivaras.

- Atuam como filtradoras, por reterem sedimentos em suspensão de nutrientes, bem como liberadores liberando-os na água, através de sua excreção ou durante sua decomposição.
- São fornecedoras de abrigo para peixes recém nascidos e pequenos animais.
- Proporcionam sombra, fundamental para muitas formas de vida sensíveis a muita luz.
- Fornecem materiais de importância econômica para a sociedade, alimento para o homem e para o gado, fertilizante de solo, fertilizante de tanques de piscicultura ou abrigo para alevinos, matéria prima para a fabricação de remédios, utensílios domésticos, artesanatos, na indústria têxtil, forrageira, medicinal e despoluidora, recreação e lazer.
- Podem ser utilizadas no controle de erosão hídrica.
- Proporcionam abrigo adequado para o desenvolvimento de microorganismos, pois suas raízes servem de local para a deposição de ovos de diversos animais.
- Por necessitarem de altas concentrações de nutrientes para seu desenvolvimento, as plantas aquáticas são utilizadas com sucesso na recuperação de rios e lagos poluído, pois suas raízes podem absorver grandes quantidades de substâncias tóxicas, além de formarem uma densa rede capaz de reter as mais finas partículas em suspensão.

De acordo com ROMITELLI (1983), as plantas aquáticas vêm sendo testadas para fins depurativos, desde 1953, no Instituto alemão Marx Plank, onde mais de 200.000 espécies de plantas já foram testadas, no sentido de verificar a sobrevivência e os efeitos positivos em efluentes contaminados.

Segundo RUBIO et al. (2000), um levantamento efetuado nos trabalhos publicados no período de 1975 a 1999, que utilizaram plantas aquáticas no tratamento de água e efluentes, aponta a remoção de nutrientes (N e P) como a alternativa mais estudada: 60%, seguida pela remoção de metais: 16%. Além disso, podem ser aplicadas, de acordo com CUNNINGHAM (1996), citado por DINARDI (2003), para remoção de compostos inorgânicos (NO_3^- , NH_4^+ , PO_4^{3-}), hidrocarbonetos derivados do petróleo, resíduos orgânicos industriais, entre outros.

Esses sistemas têm como principal vantagem o fato de seus custos de instalação e funcionamento serem inferiores aos processos físico-químicos associados a tratamentos convencionais, o que favorece a sua utilização em pequenos agregados populacionais e em países menos desenvolvidos (DUARTE et. al.; 2002).

MORAES e RODRIGUES (2002), afirma que a capacidade das plantas aquáticas de reterem nutrientes tem atraído cada vez mais o interesse de pesquisadores, e que a oferta de nutrientes, resulta na proliferação das macrófitas, que encontram em reservatórios condições propícias para crescimento.

5.7 Fitorremediação

A fitorremediação é a desintoxicação ou a remoção de elementos contaminantes por meio de plantas. A técnica se vale do uso dessas 'ferramentas naturais' para retirar poluentes não somente dos solos, mas também das águas. É um processo absolutamente natural, que utiliza plantas para tratamento da poluição no ar, na água e no solo. A biodiversidade das plantas permite um amplo espectro de ação sobre uma grande variedade de contaminante (MELO, 2007).

Segundo ACCIOLY e SIQUEIRA (2000), a fitorremediação apresenta características tais como, degradação da matéria orgânica, redução de DBO, DQO, odor proveniente do H₂S (sulfeto de hidrogênio), redução do teor de hidrocarbonetos, solventes, produtos clorados, amônia e metais pesados. O sistema é dimensionado de acordo com as condições encontradas, como: área disponível, grau de contaminação, fonte de poluição, etc. Seu mecanismo de ação é baseado na formação de biofilme, que agregam uma população variada de microrganismos. Estes microrganismos juntamente com as plantas, em condições ideais de umidade e temperatura, promovem a extração ou correção natural do poluente.

5.8 Utilização do Aguapé

O aguapé é uma planta aquática originária da região tropical da América Central (KAWAI; GRIECO, 1983). É classificada como monocotiledônea, flutuante, pertencente à família das Pontederiaceae (ESTEVES, 1998). É uma planta

suculenta constituída por cerca de 95% de água. Varia em altura desde alguns centímetros até cerca de um metro, suspensas na água (PERAZZA et al.; 1885).

Segundo ROMITELLI (1983), dentre os sistemas ecológicos com aplicação de macrófitas mais comumente discutidos pela literatura especializada, destacam-se as lagoas com aguapés

ROQUETE PINTO et al. (1986) comentam que uma das espécies mais promissoras para utilização industrial é a *Eichornia crassipes* (aguapé). Ela tem a capacidade de fixar em seus tecidos nutrientes em quantidades superiores às sua necessidade, bem como elementos químicos estranhos ao seu metabolismo (DENÍCULI et al., 2000).



Figura 6: *Eichornia crassipes* (aguapé) (FONTE DESCONHECIDA)

O sistema radicular do aguapé funciona como um filtro mecânico que absorve o material particulado (orgânico e mineral) existente na água e cria um ambiente rico em atividades de fungos e bactérias, passando a ser um agente de despoluição, reduzindo a DBO, a taxa de coliformes e a turbidez (POMPÊO, 2005). Também são capazes de reduzir a DQO, detergentes, fenóis e cerca de 20 elementos minerais em águas poluídas, inclusive metais pesados (RODRIGUES, 1985).

MOSSÉ et al. (1980) pesquisaram a remoção de algas e bactérias utilizando lagoas de maturação com aguapés, com tempo de detenção hidráulica de 7,8 dias. Eles obtiveram remoção média de 90% de biomassa de algas, medidas em UPA

(Unidade por área) e remoção média de 95% e 97% de coliformes totais e fecais, respectivamente.

RODRIGUES e DIAS (2010) utilizando aguapé no tratamento de água residuária de café processado por via úmida, obtendo após 120 dias as seguintes reduções médias: sólidos voláteis de 2471 para 244 (90%); sólidos fixos de 622 para 258 (58%); sólidos dissolvidos totais de 3093 para 455 (85%); condutividade de 821 para 376 (54%); turbidez em UTN de 367 para 13 (96%); dureza em mg/l CaCO_3 de 188 para 52 (72%) e ainda obteve um aumento do pH que de 4,3 para 7,4 (71%).

Um estudo realizado por BALLEM et al (2007), no qual foi avaliado a eficiência do sistema lagoa de aguapés na remoção complementar de DQO e N de dejetos líquidos de suínos pré-tratados em reator aeróbico de biogrânulos, foi de 79,2% para DQO total e de 92% para a média das diferentes formas de N. Comprovando a alta eficiência deste tipo de tratamento na remoção de poluição.

Para se obter um crescimento máximo das plantas de aguapé, de acordo com PERAZZA et al. (1985), as temperaturas ótimas estão entre 28 e 30°C. Quando a temperatura cai bruscamente, há uma diminuição na sua produção. Segundo REDDY (1983), citado por MORAES e RODRIGUES (2002), a produção se anula para temperaturas inferiores a 10°C.

MOSSÉ et al. (1980), com base em experimento realizado em lagoas de 1m³ de capacidade, recomendam colheitas periódicas de aguapé feitas a fim de se manter 0,25 da superfície da lagoa livre e sugerindo a remoção das plantas mais desenvolvidas. KAWAI e GRIECO (1983) recomendam a melhor proporção de área ocupada pelos aguapés na lagoa de 70%.

Esse controle de retirada de biomassa deverá ser constante, pois quando o aguapé ultrapassa uma determinada densidade na lagoa, sua taxa de crescimento tende a decrescer e, conseqüentemente, diminuem suas atividades biológicas relacionadas à assimilação de substâncias poluidoras (KAWAI; GRIECO, 1983).

Para um eficiente sistema de tratamento, é necessário um planejamento e um manejo adequados, destinando corretamente a quantidade de biomassa produzida (MEES, 2006).

Após sua utilização para remoção de poluentes também a planta pode ser destinadas para outros fins, como por exemplo: a produção de aditivos para ração animal, compostadas para produção de adubos para agricultura (WOLVERTON e McDONALD, 1979); concentrado proteico (MEDEIROS et al., 1999); destinada para

indústria de papel, celulose e plásticos, forragem, matéria-prima para obtenção de combustíveis (PERAZZA et al., 1985); produção de carvão (KAWAI e GRIECO, 1983), entre outros.

De acordo WOLVERTON e McDONALD (1979) os aguapés após utilizados para remoção de poluentes, podem ser compostados. A compostagem é um processo biológico aeróbio e controlado de transformação de resíduos orgânicos em resíduos estabilizados, com propriedades e características completamente diferentes do material que lhe deu origem (BIDONE, 1999). Segundo KIEHL (1998), a compostagem basicamente é um processo controlado de decomposição microbiana, oxidação e oxigenação de uma massa não homogênea.

6. MATERIAIS E MÉTODOS

6.1 Materiais

O experimento foi realizado entre os meses de maio e dezembro de 2010, na Fazenda São Domingos de propriedade do Sr. Armando Santos, localizada a 6 km da cidade de Muzambinho – MG, às margens da BR 491, com altitude média de 1050 metros, latitude 21°22'33" e longitude 46°31'32".

Estruturado em DIC (Delineamento Inteiramente Casualizado), com cinco tratamentos e quatro repetições.

Foram utilizados vinte caixas d'água de PVC com capacidade de 150 litros cada caixa, que serviram de depósito para a água residuária do café descascado (ARCD) em tratamento. As variáveis dos tratamentos foram: T1 = 20% ARCD + 80 % água limpa; T2 = 40 % ARCD + 60 % água limpa; T3 = 60% ARCD + 40 % água limpa; T4 = 80 % ARCD + 20% água limpa; T5 = 100 % ARCD.

A água residuária do café, utilizada no experimento, foi produzida através do processo de descascamento e desmucilagem do café produzido na própria propriedade onde foi montado o experimento.

As mudas de aguapé foram cultivadas na área experimental, desde o início do ano, com a utilização de um substrato de esterco de curral e palha de café compostada.



Figura 6: Parcelas do experimento de tratamento de água residuária com uso de aguapé em caixas de 150 litros (ARQUIVO PESSOAL).

Para o acompanhamento do pH e da condutividade no local, foi utilizado um peagâmetro e um condutímetro manual.

No laboratório de bromatologia do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia Sul de Minas Gerais, campus Muzambinho, também foram realizadas análises quinzenais de: pH, condutividade, turbidez, dureza e potássio.

6.2 Métodos

No mês de junho realizou-se a limpeza das caixas d'água de divisão dos tratamentos e repetições e o alinhamento das mesmas, onde foram determinadas as seguintes distâncias: 75 centímetros entre as repetições, e 1 metro entre as boias das caixas. Foi realizada também a determinação do volume real das caixas d'água.

Para esta determinação, foi escolhida de forma aleatória uma caixa d'água, e utilizando uma medida graduada de 1 litro e um recipiente plástico de 20 litros (balde), através disso foi possível determinar que o volume máximo da caixa, com uma margem de segurança para que ela não se derrame, era de 150 litros

Após a determinação do volume, foram feitos cálculos matemáticos de regra de três simples para determinar as litragens de ARCD e água limpa a ser usada em cada tratamento, chegando aos seguintes valores:

- T1 – 30 litros de ARCD e 120 litros de água limpa;
- T2 – 60 litros de ARCD e 90 litros de água limpa;
- T3 – 90 litros de ARCD e 60 litros de água limpa;
- T4 – 120 litros de ARCD e 30 litros de água limpa;
- T1 – 150 litros de ARCD.

E de acordo com cálculos anteriores foram montados, no dia 24 de agosto de 2010, os 5 tratamentos com suas 4 repetições cada, onde foram coletadas as amostras da água limpa e da água residuária, as quais estão descritas na tabela 2, que em sequência era feita a mistura no tanque de acordo com as porcentagens necessárias para cada tratamento.

Tabela 1: Água Limpa e Água Residuária do café processador via úmida, utilizado no experimento

Tipo de Água	pH	Condutividade µS/cm	Turbidez NTU	Dureza Total ppm	Eletrólitos dissolvidos ppm	Densidade g/mL
AL	5,69	6,98	0,94	56,00	4,74	0,9796
AR	4,17	1057,00	1746,00	306,00	792,75	0,9916

Tipo de Água	Sólidos Voláteis mg/L	Sólidos Fixos mg/L	Sólidos Dissolvidos Totais mg/L	Nitrogênio total %	K ppm	Coliformes
AL	22,00	34,00	56,00	0,000	170	+
AR	12326,00	3292,00	15618,00	0,014	1160	+

AL – Água Limpa; AR – Água Residuária

De acordo com RODRIGUES e DIAS (2010), o aguapé não consegue desenvolver em um ambiente muito ácido, tornando necessário elevar o pH da água para próximo de 6; e isto foi feito através da adição de cal hidratada, com ajuda do

peagâmetro manual usado no momento da adição para acompanhamento e padronização do pH.

As quantidades de cal utilizadas nos tratamentos foram semelhantes às utilizadas por RODRIGRES e DIAS (2010), onde eles elevaram o pH da água residuária de café descascado (ARCD), para próximo do neutro, adicionando um grama de cal para cada litro de água residuária.

A partir de então foram distribuídas as mudas, que estavam sendo cultivadas no local, onde foram colocadas 15 (quinze) mudas de aguapé em cada caixa.

Deu início às análises laboratoriais, enviando ao laboratório de Bromatologia do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia, Campus Muzambinho, com amostragens quinzenais, a partir do dia 24 de agosto, e intercaladas com estas, foram feitas outras análises quinzenais de pH e condutividade, utilizando o peagâmetro e o condutímetro manual. Todas as análises foram feitas utilizando as águas em superfície.

De acordo com tabela 2, pode-se notar que nas primeiras semanas de experimento quase não choveu e as temperaturas foram bastante altas. Com uma régua graduada foi possível verificar uma perda média de água, por evaporação, muito alta, 15% do volume total por semana, necessitado assim, de adicionar água limpa nas caixas, na segunda e na terceira semanas de experimento, para que não aumentasse a concentração dos materiais contaminantes na água residuária. A partir da quarta semana de experimento, com a regularização das chuvas não houve mais a necessidade de adicionar água limpa para compensar a evaporação, onde o nível da água manteve-se próximo dos 150 litros de água por caixa.

No dia 23 de setembro, com a morte de grande parte das plantas, principalmente das com maior concentração de água residuária, decidiu-se adicionar mais cal nos tratamentos a fim de reduzir a fermentação e precipitar os sólidos que levantavam as raízes expondo-as ao sol; para isto foram removidos todos os aguapés e novas plantas foram coletadas em uma represa próxima a do experimento e transportadas em uma camionete para a área experimental, onde foram distribuídas, novamente, 15 mudas por caixa.

Tabela 2: Temperatura e Chuva durante o período experimental

Períodos	Temp. Mín.	Temp. Máx.	Chuva
	°C	°C	mm
	Média		Acumulado
1° 25/08/2010 a 31/08/2010	10,4	29,9	0
2° 01/08/2010 a 07/09/2010	9,0	30,6	6,4
3° 08/09/2010 a 14/09/2010	10,4	30,9	0
4° 15/09/2010 a 21/09/2010	10,7	32,0	21,8
5° 22/09/2010 a 28/09/2010	11,6	29,3	60,2
6° 29/09/2010 a 05/10/2010	12,1	24,7	61,8
7° 06/10/2010 a 12/10/2010	11,3	29,3	42,4
8° 13/10/2010 a 19/10/2010	11,3	28,4	0,8
9° 20/10/2010 a 26/10/2010	12,3	30,9	3,2
10° 27/10/2010 a 02/11/2010	13,6	30,1	31,8

Sendo assim, a primeira parte do experimento, que durou um mês, teve o pH elevado para próximo de 6, para todos os tratamentos; e na segunda parte do experimento, após um mês do início, o pH foi elevado para próximo de 9. Tendo ao final do experimento, os resultados, avaliados estatisticamente pelo teste de Scott-Knott.

7. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Levando em consideração as leis do CONAMA, a água residuária do café descascado (ARCD) foi submetida aos tratamentos de despoluição utilizando como agente despoluidor o aguapé, onde os resultados iniciais e finais após 70 dias são mostrados na tabela 3.

Tabela 3: Resultados de pH, condutividade, turbidez, dureza e Potássio nos tratamentos de purificação de água residuária de café descascado (2010)

	pH	Condutividade	Turbidez	Dureza	K
Inicial					
20	5,34	362,53 Aa	354,88 Aa	266,25 Aa	123 Aa
40	5,29	683,39 Ab	762,25 Aa	447,50 Ab	215 Ab
60	5,32	977,75 Ac	1450,38 Ab	554,75 Ac	375 Ac
80	5,38	1250,63 Ad	2100,13 Ac	685,00 Ad	540 Ad
100	5,47	1504,25 Ae	2354,88 Ac	815,25 Ad	630 Ae
Média	5,36	7,83	1404,5	553,75	377
Final					
20	8,06 a	1257,13 Ba	14,02 Aa	705,50 Ba	200 Ba
40	8,02 a	1807,00 Bb	40,53 Ba	823,75 Ba	325 Bb
60	7,90 a	2587,50 Bd	66,05 Ba	1253,00 Bb	408 Ac
80	7,71 b	2312,75 Bc	165,80 Ba	1552,75 Bc	535 Ad
100	7,46 b	2812,50 Be	355,00 Ba	1705,25 Bc	535 Bd
Média	7,83	2155,38	128,28	1208,05	401
Teste F					
Época	**	**	**	**	NS
Tratam.	NS	**	**	**	**
E x T	**	**	**	**	**
CV (%)	3	8,87	42,07	13,74	12,4

Letras maiúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si para época (inicial e final); e letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si para os tratamentos pelo teste de Scott-Knott à 5% de probabilidade.

7.1 pH

O pH foi influenciado pela época do tratamento, onde no início ele era ácido (média = 5,36) e no final ele ficou alcalino (média = 7,46), devido a utilização de cal, o qual foi adicionado nas caixas com o objetivo de elevar o pH, para melhor o pH para cultivo do aguapé (RODRIGUES e DIAS, 2010).

Por isso, utilizou-se um peagômetro manual para medir a adição de cal até que o pH elevasse para próximo de 9 (nove), que de acordo com a Resolução nº357, de 17 de março de 2005, do CONAMA, citado por RODRIGUES e DIAS (2010), são consideradas águas doce especiais (que foram utilizadas, mas apresentam condições de retornar a seu curso natural) as que apresentam pH entre 6 e 9.

Á adição de cal provavelmente provocou a interação entre época e tratamentos.

Na fase inicial não houve diferença significativa (NS) do pH entre os tratamentos, devido à padronização do mesmo, assim como está demonstrado no figura 7, devido à utilização da cal, elevando o pH para próximo de 6. Já na fase final houve diferença entre o pH dos tratamentos, onde 20%, 40% e 60% de ARCD, não diferiram entre si, porém diferiram de 80% e 100% de ARCD, que foram inferior que os primeiros, possivelmente, pela morte das plantas seguida de decomposição das mesmas, acidificando o ambiente. A proporção de acidificação foi de 0,075 pH para cada 10% de ARCD adicionada.

Observando o figura 8, pode-se verificar o que foi observado por HENRY-SILVA e CAMARGO (2006), que quando o aguapé é adicionado no sistema, nos primeiros instantes, há uma diminuição do pH, e posteriormente ocorre um leve aumento desse índice. Também foi observado que a ausência de chuvas e evapotranspiração aumentam a concentração de poluentes que pode fazer com que ocorra fermentação, a qual libera ácidos que abaixa o pH.

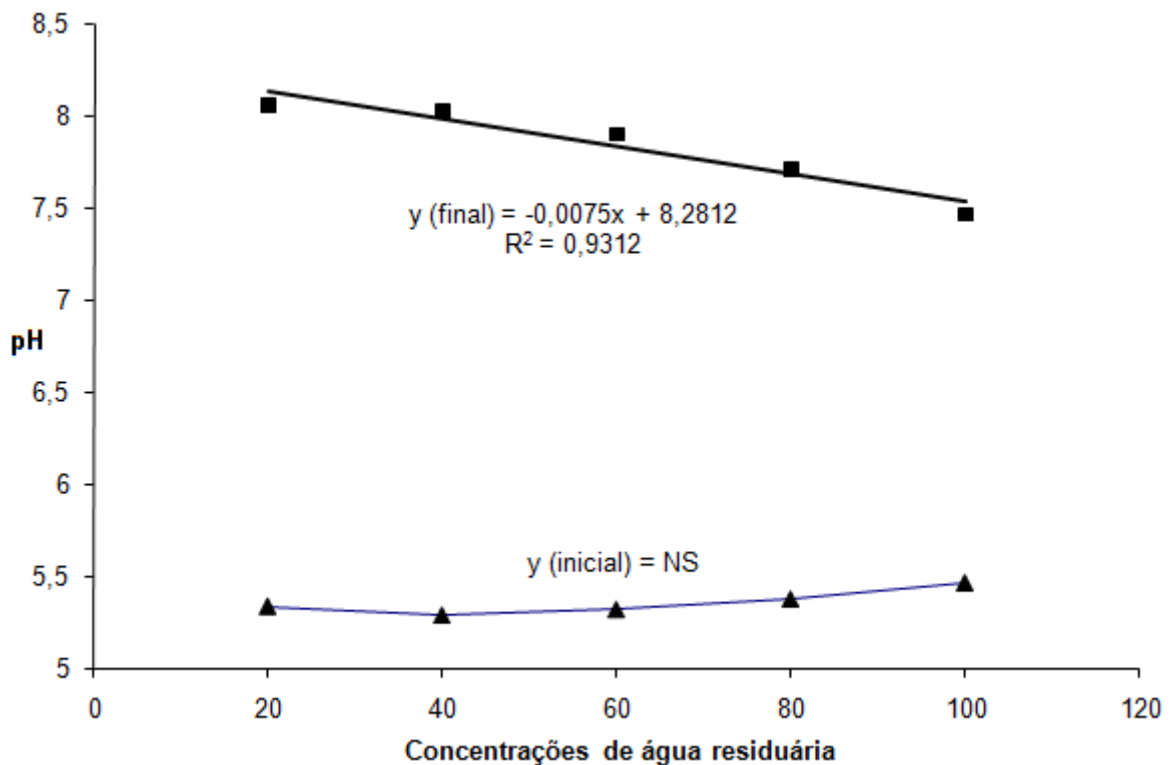


Figura 7: Comparação do pH entre a fase inicial e final e entre os tratamentos

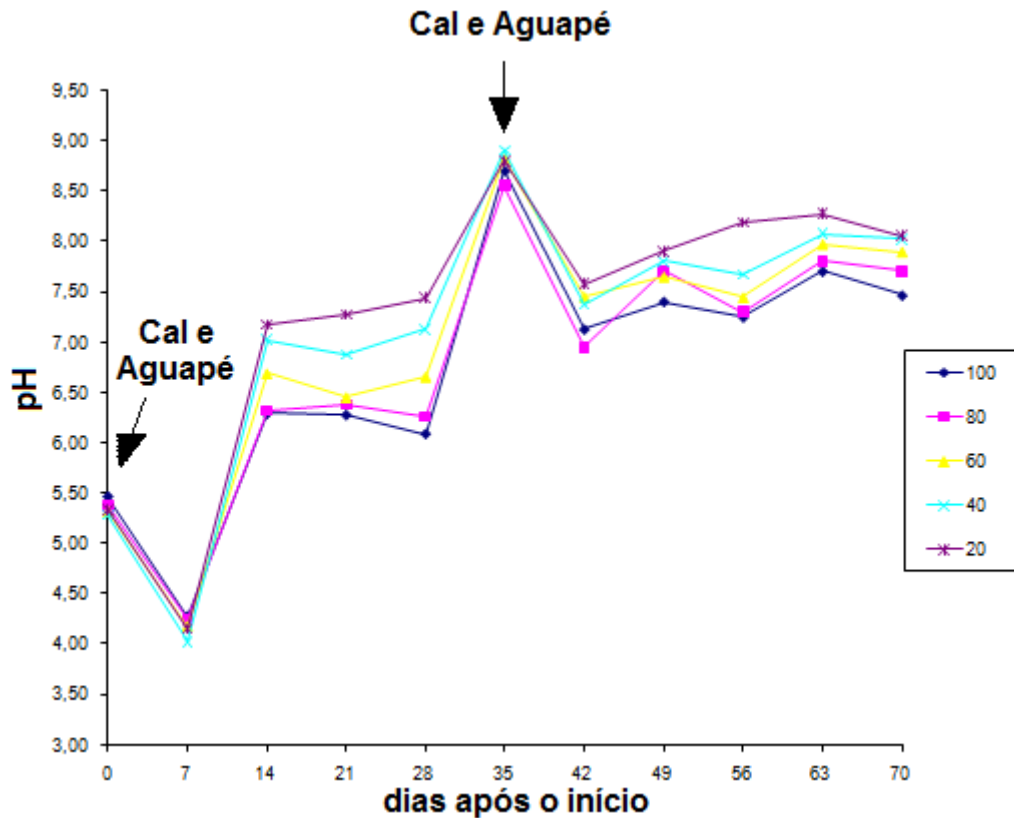


Figura 8: Variação de pH dos tratamentos ao longo do tempo

7.2 Condutividade

MARTINS e PITELLI (2005) destacaram que o aumento da condutividade elétrica decorre da liberação de nutrientes no ambiente, como foi adicionada a cal no processo, que é rico em cálcio, isto provavelmente, fez aumentar o nível deste elemento na água; o que pode ter contribuído para o aumento da condutividade. No figura 9, fica bastante claro esta relação direta entre condutividade e concentração de nutrientes.

Em relação à condutividade, verifica-se na tabela 3 que houve interação significativa entre as épocas e tratamentos.

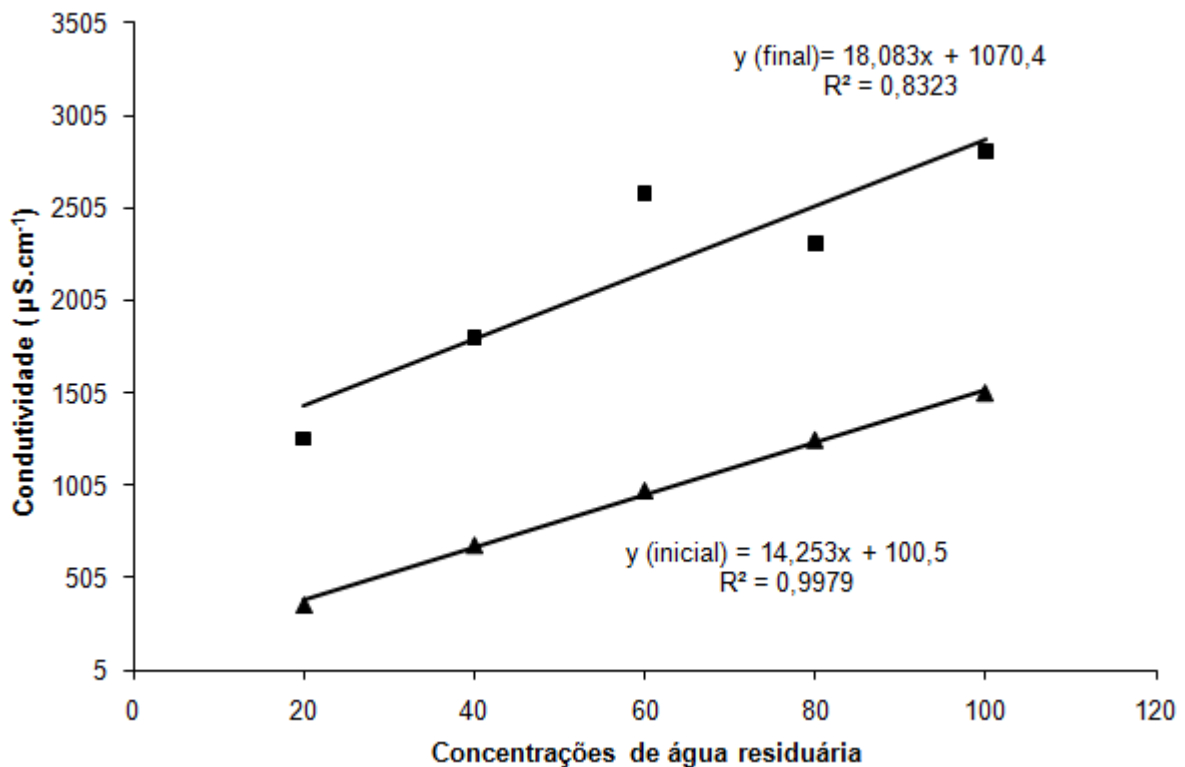


Figura 9: Condutividade elétrica das fases inicial e final entre os tratamentos

7.3 Turbidez

Analisando a turbidez, demonstrada na tabela 3, pode-se verificar que houve diferença significativa entre as épocas, tratamentos e também houve interação entre época e tratamento.

No desdobramento da interação foi demonstrado que o tratamento com 20% de ARCD não houve diferença significativa entre a turbidez inicial e final, mas para os demais foi diferente. Isso, provavelmente, aconteceu devido à utilização da cal, o qual pode combinar com outras partículas e decantá-las; como se tentou padronizar um pH igual para todos os tratamentos, no tratamento com 20% de água residuária, foi necessário utilizar uma quantidade inferior de cal, que os outros tratamentos, devido a menor quantidade de cargas orgânicas presentes, o que pode ter contribuído para que não houvesse diferença significativa entre o início e final, devido a menor decantação de partículas. Isto explica a essência da análise de turbidez, que nada mais é que o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la (e esta redução se dá por absorção e espalhamento, uma

vez que as partículas que provocam turbidez nas águas são maiores que o comprimento de onda da luz branca), devido à presença de sólidos em suspensão.

Considerando a época dentro do tratamento, na fase inicial 20% e 40% de ARCD, foram iguais e diferiram dos demais tratamentos, que o 60% de ARCD diferiu de 80% e 100% de ARCD, sendo estes últimos iguais entre si. Na fase final não houve diferença entre os tratamentos (NS).

De acordo com o modelo ajustado na figura 10, houve aumento linear na turbidez de acordo com o aumento da concentração de ARCD na proporção de 267 NTU para cada 10% de ARCD acrescentada.

Através da figura 10 pode-se observar que houve uma grande diminuição, ao longo do tempo, na turbidez para todas as concentrações de água residuária e que no final do tempo analisado, de acordo com a figura 11, houve um pequeno aumento da turbidez para a caixa de maior concentração de água residuária; isto provavelmente ocorreu por causa da morte do aguapé que liberou partículas orgânicas na água.

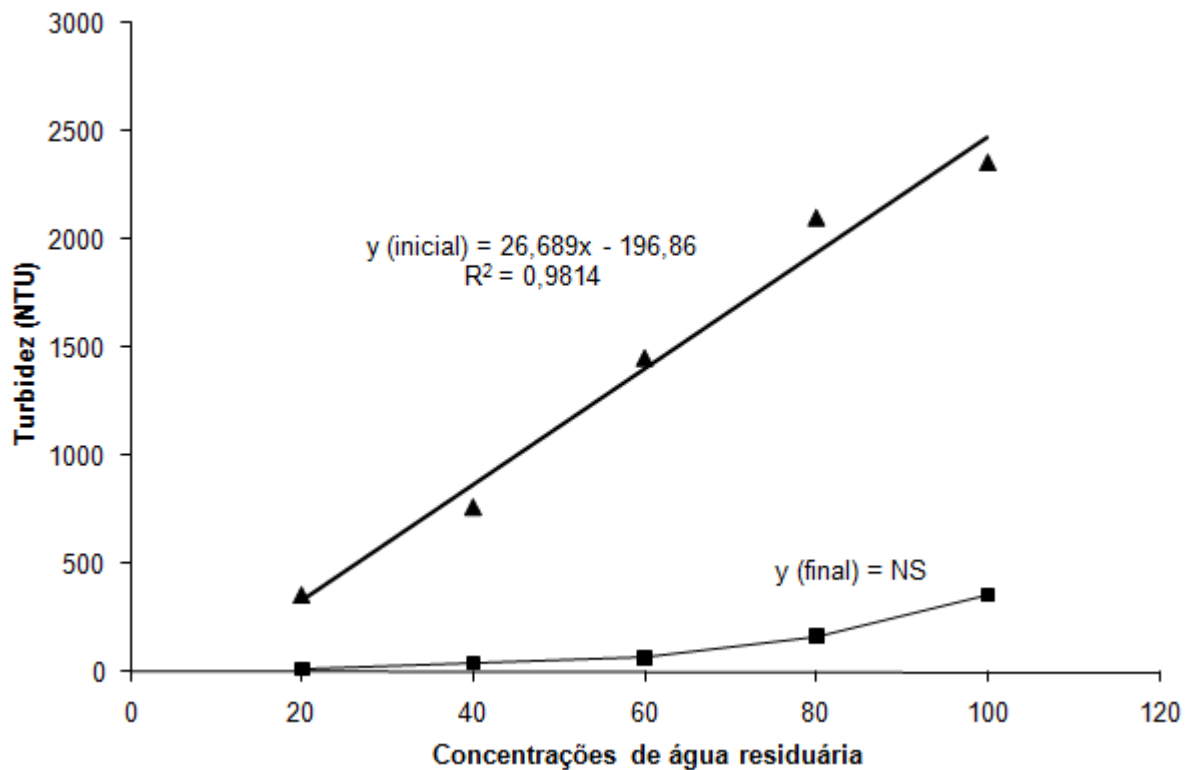


Figura 10: Turbidez das fases inicial e final entre os tratamentos

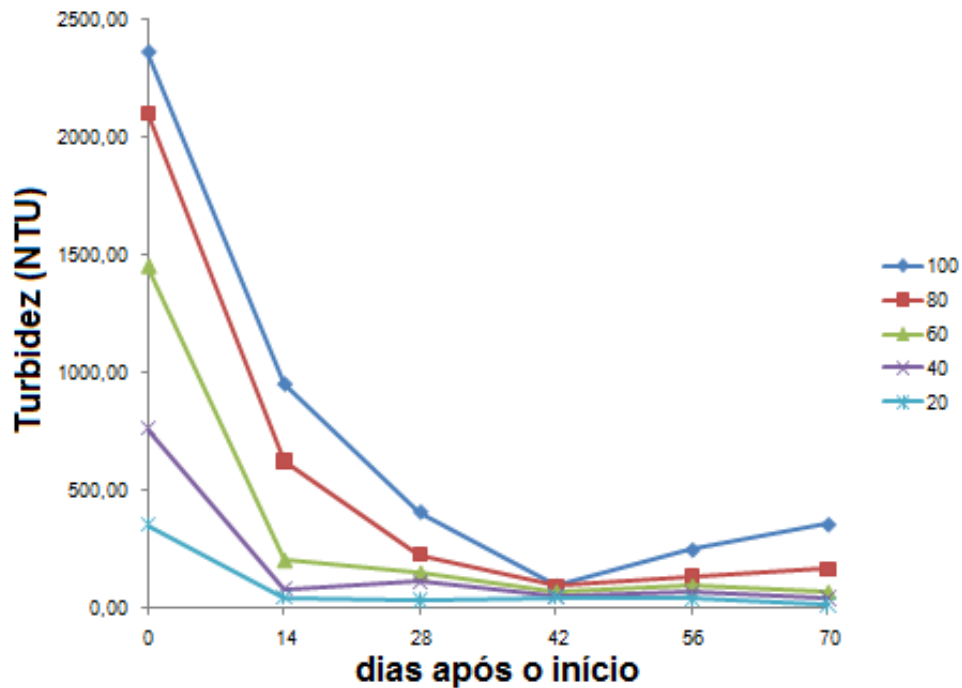


Figura 11: Turbidez dos tratamentos ao longo do tempo

7.4 Dureza

Para os resultados de dureza houve diferença significativa para época, tratamentos e também houve interação entre época versus tratamentos.

No desdobramento da interação foi demonstrado que todos os tratamentos dentro das épocas diferiram significativamente. Isto, provavelmente, se deve ao efeito do cal. SILVA (2007) diz que toda "água dura" são aquelas que levam dissolvidas grandes quantidades de sais de cálcio e de magnésio em forma de carbonatos e também em forma de gesso. Os dados da figura 12 confirmam esta versão, onde cada vez que aumenta a porcentagem de água residuária (tratamentos), aumentou a quantidade de cal utilizada, de acordo com o pH desejado verificado com o peagâmetro manual, que por sua vez aumenta o valor da dureza.

Considerando a época dentro do tratamento na fase inicial, 80% e 100% de ARCD foram estatisticamente iguais, mas diferenciaram dos outros tratamentos. Já na época final 20% e 40% de ARCD não diferiram entre si, mas houve diferença deles com 60% de ARCD, o qual diferenciou de 80% e 100% de ARCD, que não diferenciaram entre si.

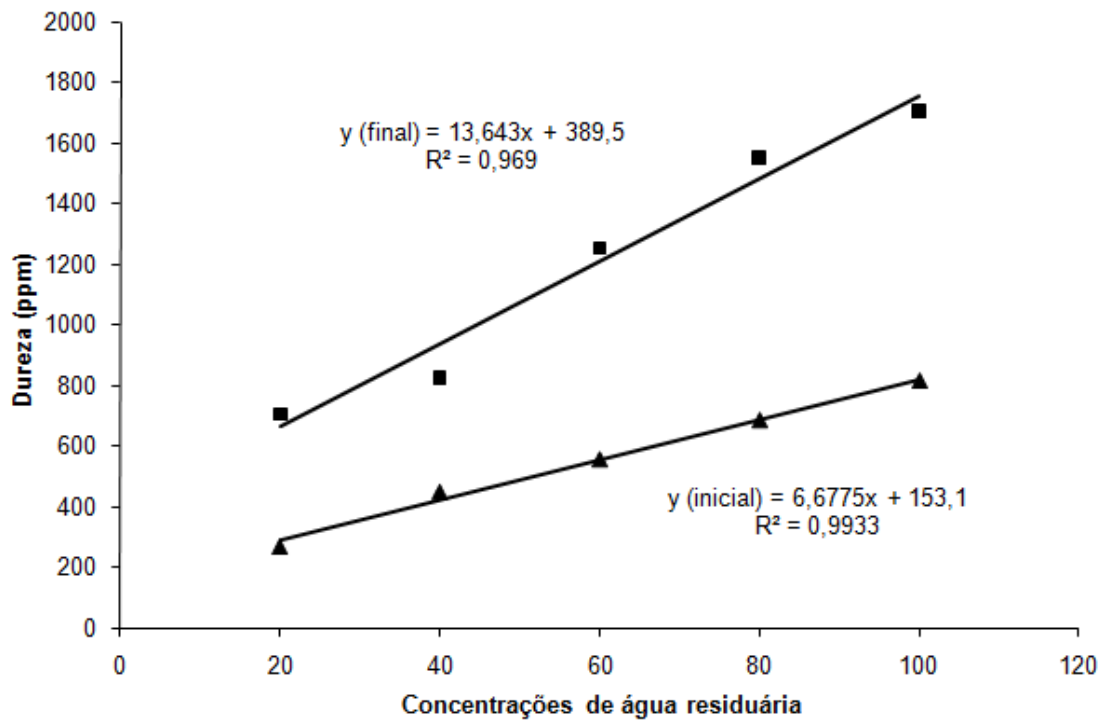


Figura 12: Dureza das fases inicial e final entre os tratamentos

Isto pode estar relacionado com o desenvolvimento e morte dos aguapés, onde as duas caixas com maior concentração de água residuária (80 e 100%), foram as primeiras em que os aguapés morreram, sem conseguir emitir nem um broto. No entanto, as caixas com menor concentração foram onde os aguapés conseguiram sobreviver, com destaque para as caixas de 20% de ARCD. Já as caixas de 60% de ARCD começaram a soltar alguns brotos, mas não resistiram.

Estas diferenças ficaram bem visíveis na figura 13, onde os tratamentos de 20 e 40%, quase não oscilaram devidas, provavelmente, ao aproveitamento do cálcio pelo aguapé.

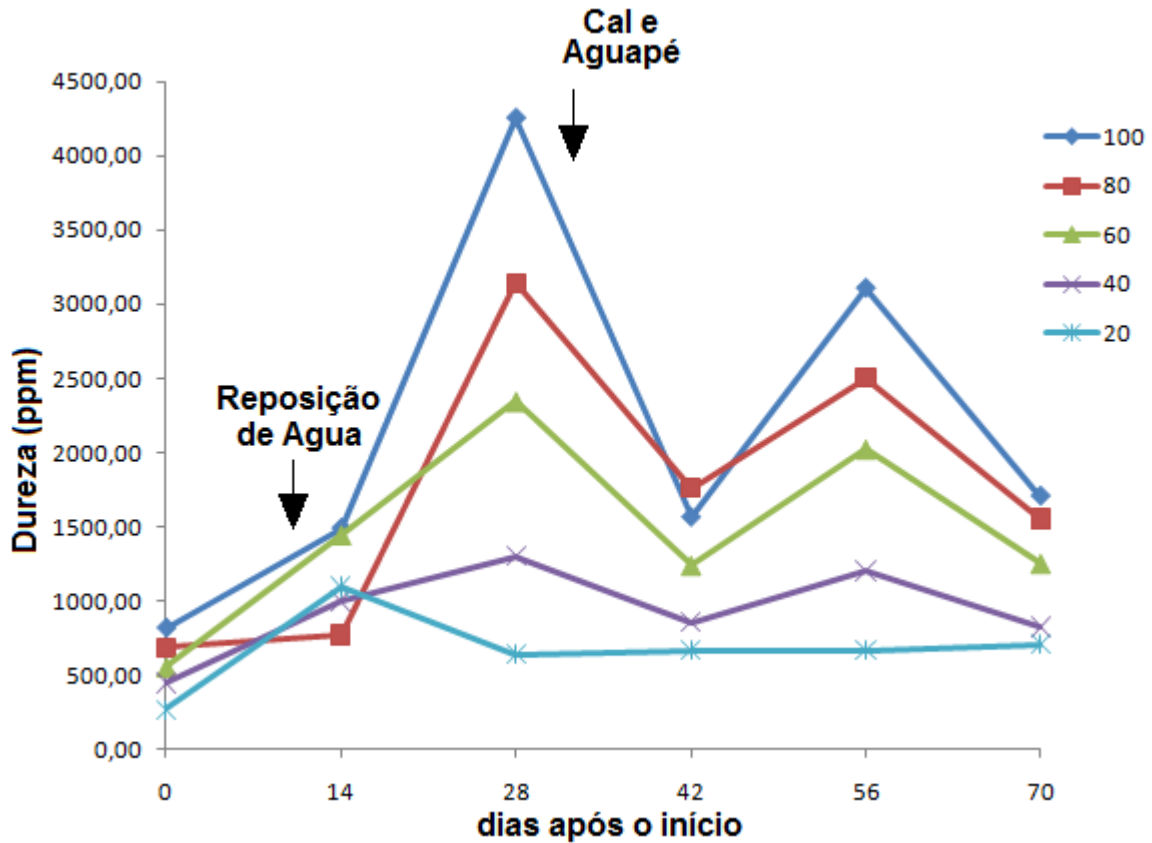


Figura 13: Análise de dureza dos tratamentos ao longo do tempo

7.5 Potássio (K)

Neste experimento, de acordo com a tabela 3, os valores de potássio foram influenciados pelos tratamentos e também houve interação entre época versus tratamentos. Já a época não teve influência sobre os níveis de potássio.

Considerando a época dentro do tratamento na fase final 80% e 100% de ARCD foram iguais e diferiram dos outros tratamentos. No entanto todos os outros tratamentos, tanto na época inicial e final houve diferenças significativas entre eles.

Na figura 14, observa-se que o teor de potássio no final do experimento aumentou para 20%, 40%, 60%, 80% de ARCD, isto pode ser explicado pelo fato de que a água que sai do processamento de café por via úmida contendo pedaços de cascas do café, as quais são ricas em potássio, e estas cascas quando decompostas podem liberar novamente este nutriente.

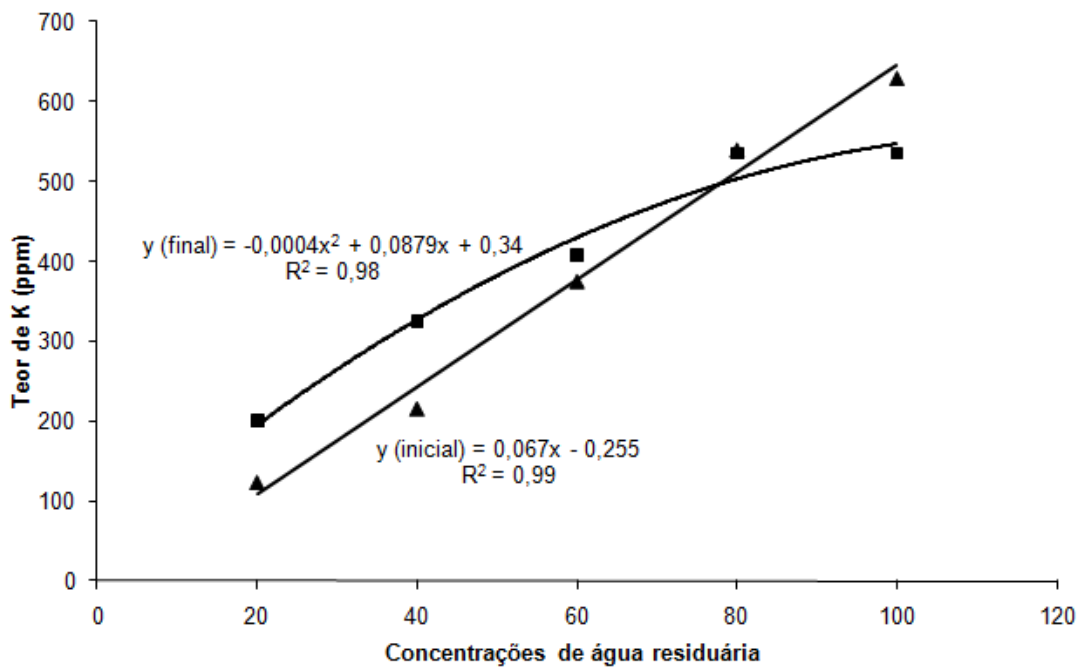


Figura 14: Potássio das fases inicial e final entre os tratamentos

A figura 15 também nos dá a impressão de que quando os níveis de potássio são muito altos, com a morte das plantas de aguapé, pode haver uma afinidade do potássio com a matéria morta, fazendo com que diminuísse a quantidade de potássio dissolvido na água.

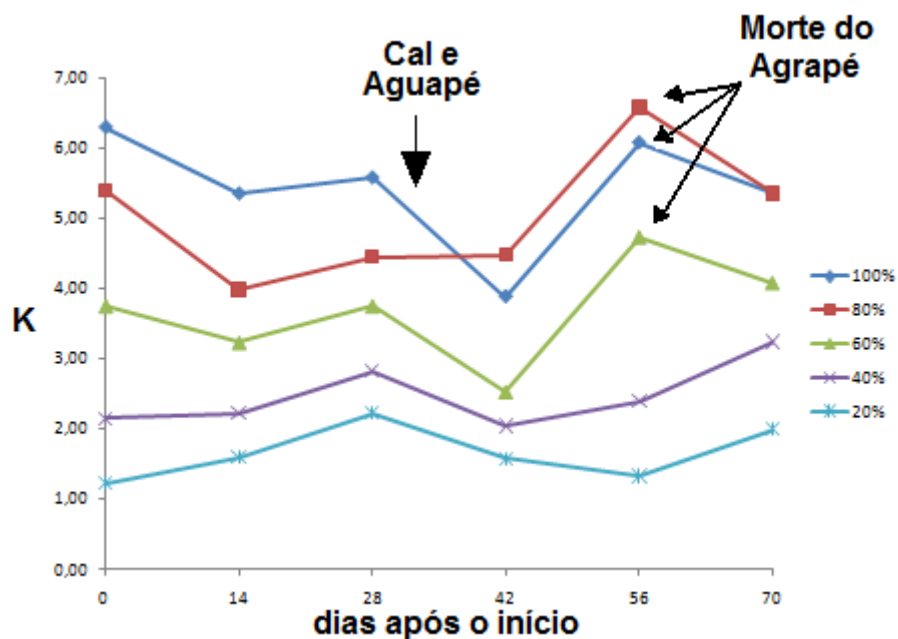


Figura 15: Análise de K dos tratamentos ao longo do tempo



Figura 16: Fotos de 20% de ARCD, dia 09 de novembro de 2010 (arquivo pessoal)

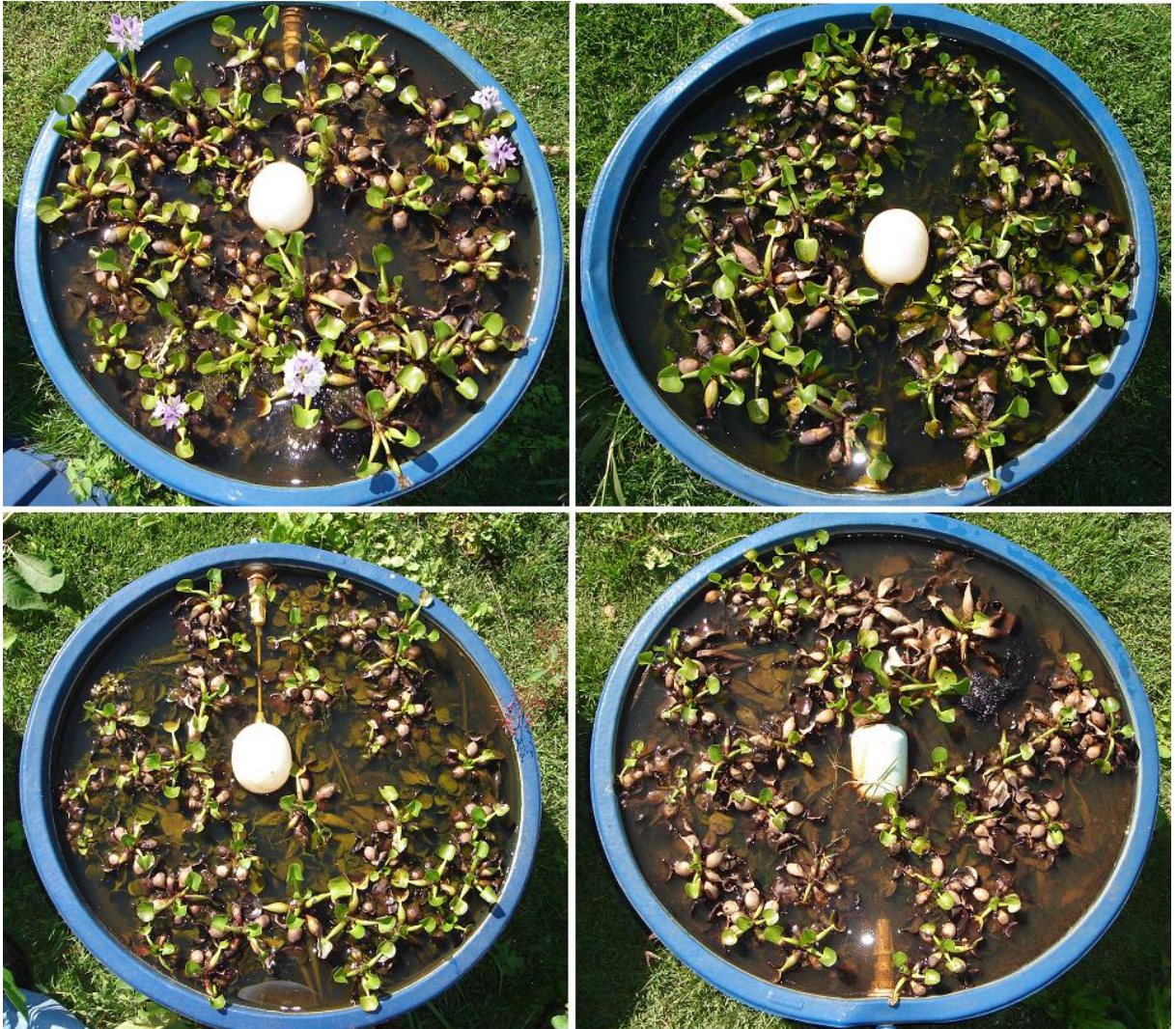


Figura 17: Fotos de 40% de ARCD, dia 09 de novembro de 2010 (arquivo pessoal)



Figura 18: Fotos de 60% de ARCD, dia 09 de novembro de 2010 (arquivo pessoal)



Figura 19: Fotos de 80% de ARCD, dia 09 de novembro de 2010 (arquivo pessoal)



Figura 20: Fotos de 100% de ARCD, dia 09 de novembro de 2010 (arquivo pessoal)

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando outros testes com o aguapé citados pela literatura, pode-se dizer que estas plantas ajudar na despoluição das águas em longo prazo, mas para resultados em curto espaço de tempo, de acordo com as características estabelecidas por este experimento, o aguapé mostrou-se incapaz de resolver o grave problema da água residuária de café processado por via úmida. Por trás do desenvolvimento do aguapé, há uma série de dúvidas para responder, as quais passam por adaptabilidade do aguapé no ambiente de água residuária de café, necessidades nutricionais e outros.

Provavelmente, para se chegar a um sistema de tratamento da água residuária, que seja viável e rápido, necessitará de uma combinação de diferentes tipos de tratamentos para só depois utilizar o aguapé. Talvez se primeiro esta água passasse por um filtro para a retirada dos materiais mais grosseiros, e depois passar por um tanque de floculação e decantação, para só então se jogar em uma represa com o aguapé, poderá fazer com que o aguapé se adapte e desenvolva rapidamente.

9. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

ABEAS, Tratamento e destinação de efluentes líquidos da agroindústria. In: **Curso de gestão de recursos hídricos aplicados à projetos hidroagrícolas**. Brasília, 1996.

ACCIOLY, A. M. A.; SIQUEIRA, J. O. Contaminação química e biorremediação do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V.; V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000.

AGRIANUAL, 2006. **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria e Agroinformativo, 2006. 520p.

ALMEIDA, C. D. G. C.; SILVA, I. J. O.; **Uso de Água residuária do Beneficiamento do Café**. Trabalho apresentado no XV CONIRD, outubro/2005, Teresina-PI.

BALLEM, A.; et al. Eficiência do sistema lagoa de aguapés na remoção complementar de DQO e N de dejetos líquidos de suínos pré-tratados em reator aeróbico de biogrânulos. **XXXI CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO**. Gramado - RS. 05 a 10 de agosto de 2007.

BARTHOLO, G. F.; GUIMARÃES, P. T. G. Cuidados na colheita e preparo do café. **Informe agropecuário**. v. 18, n. 187 p.31 - 42. 1997.

BIDONE, F. R. A; PAVINELLI, J. **Conceitos básicos de resíduos sólidos**. São Carlos: EESC/USP, 1999, 120 p.

Biologia Interativa. **Plantas Aquáticas**: O que são Macrófitas Aquáticas? Disponível em: <http://biologiainterativa.webnode.com.br/bio-vegetal/plantas-aquaticas/>. Acessado em: 04/12/2010.

BORÉM, F. M.; REINATO, C.M.R.; SILVA, P. J.; FARIA, L.F. Processamento do café verde descascado II: secagem e qualidade. **Revista Bras Tecn Cafeeira**, n.4, p. 16-18, 2004.

BORÉM, F. M. **Pós-Colheita do Café**. Lavras – MG: Editora UFLA, 2008. p. 23, 27, 130 e 131.

BRANDO, C. H. J. Harvesting and green coffee processing. **Coffee: growing, processing, sustainable production**. [S.l.]: Wiley, 2004. P. 605-714.

BUENO, C. F. H. Instalações para o beneficiamento do café. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**, 17. Poços de Caldas, 1998.

CABANELLAS, C. F. G. Tratamento da água sob recirculação, em escala laboratorial, na despolpa dos frutos do cafeeiro. **Engenharia Agrícola**, Viçosa – MG, 2004.

COFFEA, Série Estatística. In: **Revista Brasileira de Tecnologia Cafeeira**, n. 1, maio/junho, p. 44, Varginha, MG, 2004.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, art. 9º, inciso I, da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional dos Recursos Hídricos. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legi.cfm>>. Acessado em: 14/12/2010.

COPAM, Deliberação Normativa, nº 10, de 16 de dezembro de 1986. Belo Horizonte. Publicação - Diário do Executivo - Minas Gerais, 10/01/1987. Disponível em:
<http://www.aguasdoparaopeba.org.br/arquivos/doc_deliberacao_1086_25262.pdf>. Acessado em: 06/12/2010.

DENÍCULI, W. et al. Uso de aguapés na redução de sólidos totais de águas residuárias da suinocultura. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 8, n. 1, p. 38-51, 2000.

DINARDI, A. L. Fitorremediação. FÓRUM DE ESTUDOS CONTÁBEIS, 3. 2003, Rio Claro. **Anais...** São Paulo: Faculdades Integradas Claretianas. 2003. p. 1-14.

DUARTE, A. et al. **Ecotoxicologia e remoção de poluentes** - Estudos na Península Ibérica. Lisboa: Stória Editores, 2002. 252 p.

ELIAS, L.G. Composição química de la pulpa de café, y otros subproductos. **Pulpa de café: composición, tecnología y utilización**. Ed. Brahan, J. E.; Bressani, R. CII D, 1978. p. 19-29.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de liminologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 602 p.

GONÇALVES, R. A. B.; MATOS, A. T.; FIA, R.; FUKUNAGA, D.C. Eficiência de remoção de poluentes em diversas etapas do tratamento das águas residuárias da lavagem e despulpa dos frutos do cafeeiro. In: 1º SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2000, Poços de Caldas - MG, **Anais...** Brasília: Embrapa Café, 2000. p. 1020-1023.

GUIMARÃES, P. et al. Transmissão de tecnologia para diferentes zonas produtoras. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2001, Vitória. **Anais...** Vitória, ES, 2001. Disponível em < www.meuartigo.brasilecola.com/quimica/tratamento-anaerobio-efluentes-liquidos-cafe.htm > acesso em 08 de setembro de 2010.

HENRY-SILVA, G. G.; CAMARGO, A. F. M.; **Efficiency of aquatic macrophytes to treat Nile tilapia pond effluents** *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 63, n. 5, p.433-438, 2006.

ISQUIERDO, Eder Pedroza; ALVES, Guilherme Euripedes; BORÉM, Flávio Meira; CARDOSO, Rennan Alves; TORRES, Diego Fonseca; COLPA, Samuel Ramálio Coste. Condutividade elétrica e lixiviação de potássio de frutos imaturos de café arábica processados por via seca e via úmida. **36º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA CAFEIEIRA**. Guarapari – ES, 26 a 29 de outubro de 2010.

KAWAI, H.; GRIECO, V. M. Utilização do aguapé para tratamentos de esgoto doméstico. Estabelecimento de critérios de dimensionamento de lagoa de aguapé e abordagem de alguns problemas operacionais. **Revista DAE**, São Paulo. n. 135, p. 79-90, 1983.

KIEHL, E. J. **Manual de Compostagem**: maturação e qualidade do composto. Piracicaba: E. J. Kiehl, 1998, 171 p.

MATOS, A. T.; PINTO, A. B.; PEREIRA, O. G.; SOARES, A. A.; LO MONACO, P. A. Produtividade de forragens utilizadas em rampas de tratamento de águas residuárias da lavagem e despolpa dos frutos do cafeeiro. **Agriambi**, Campina Grande, v.7, n 1, p.54 – 158, 2003.

MATOS, A. T. Tratamento e Destinação Final dos Resíduos Gerados no Beneficiamento do Fruto do Cafeeiro: In: ZAMBOLIN, L., **Produção Integrada de Café**. Viçosa: UFV: DFP. 2003. 710 p. 648 a 695.

MEDEIROS et al. Estudo da biomassa de aguapés, para produção de seu concentrado protéico. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 19, n. 2, p. 226-230, 1999.

MEES, J. B. R. UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ. Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Dissertação de Mestrado: **Uso de aguapé (Eichhornia crassipes) em sistema de tratamento de efluente de matadouro e frigorífico e avaliação de sua compostagem**. Cascavel. 27/03/2006.

MELO, A. A. M.; **Fisiologia Vegetal**. Lavras: UFLA, 2007.

MORAES, A. J.; RODRIGUES, J. B. **Remoção de fósforo com uso de macrófitas em lagoa facultativa de frigorífico**. Medianeira, 2002. 52f. Monografia (Graduação em Tecnologia Ambiental) - Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná.

MOSSÉ et al. Utilização de lagoas de maturação com aguapé (*Eichhornia crassipes*) na remoção de algas e coliformes em efluentes de lagoas de estabilização. **Revista Engenharia Sanitária**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 1, p. 72-76, 1980.

OLIVEIRA, G. da S. **Comparação química dos grãos de café (*Coffea arábica* L.) sadios e seus grãos PVA (Pretos, Verdes e Ardidos) oriundos do Sul de Minas e do Cerrado Mineiro, submetidos a diferentes graus de torrefação**. 2006.113 f. Tese (Mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2006.

PÉ DE CAFÉ: Cafés Exclusivos. **Cuidados na secagem: pergaminho**. Publicado: 14/05/2010. Disponível em: <http://www.pedecafe.com/post.asp?id=21>. Acessado em: 04/12/2010.

PERAZZA, M. C. et al. O Aguapé: meios de controle e possibilidades de utilização. **Revista DAE**, São Paulo. n. 125, p. 18-24, 1985.

PINTO, A. B.; MATOS, A. T.; FUKUNAGA, D. C. **Produtividade e desempenho agrônomo de duas forrageiras para uso em tratamento por disposição no solo das águas residuárias da lavagem e despolpa de frutos do cafeeiro**. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1, 2000, Poços de Caldas, Resumos Expandidos, 2000.

POMPÊO, M. L. M. **Hidropônica e as macrófitas aquáticas**. Disponível em: <<http://vivimarc.sites.uol.com.br/hidroponia.htm>>. Acesso em: 05/12/2010.

PRADO, M. A. C. **Produção de biogás no tratamento dos efluentes líquidos de *Coffea arábica* L. em reator UASB para o potencial aproveitamento na secagem do café**. 2006. 206p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

PUERTA-QUINTERO, G. I. P. Evaluación de al calidade Del café colombiano procesado por via seca. **Cenicafé**, San José, v. 47, n. 2, p. 85-90, 1996.

REDDY, K. R. Fate of nitrogen and phosphorus in a waste-water retention reservoir containing aquatic macrophytes. **Journal Environmental Quality**, Madison, v. 12, n. 1, p. 137-141, 1983.

RODRIGUES, N. S. **Aguapé, uma alternativa no tratamento de esgotos**. São Paulo: Pau-Brasil, 1985, v. 5.

RODRIGUES, A. A. e DIAS, J. O. **Proteção ambiental**: eficiência do aguapé no tratamento da água residuária do café processado por via úmida. 2010. 30 páginas. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Técnico em Segurança do Trabalho) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Campus Muzambinho, janeiro de 2010.

ROMITELLI, M. S. Remoção de fósforo em efluentes secundários com emprego de macrófitas aquáticas do gênero Eichhornia. **Revista DAE**, São Paulo, n. 133, p. 66-88, 1983.

ROQUETE PINTO, C. L. et al. Utilização de planta aquática "Eichhornia crassipes" (aguapé) para controle da poluição e aproveitamento industrial. Uma tecnologia alternativa. **Informativo INT**, Rio de Janeiro. v. 18, n. 37, p. 26-32, set/dez, 1986.

RUBIO, J. et al. Plantas aquáticas secas: uma alternativa moderna para remoção de metais pesados e efluentes industriais. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 1 - jan/mar e n. 2 - abr/jun, p. 19-24, 2000.

RUBIO, J. et al. Plantas Aquáticas: solventes naturais. **Revista Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 35, n. 205, p. 68-71, 2004.

SILVA, C. H. A. **Determinação da Dureza da Água**: Conceito de Dureza da Água. Disponível em: <<http://www.mundovestibular.com.br/articles/80/1/DETERMINACAO-DA-DUREZA-DA-AGUA/Paacutegina1.html>>. Publicado em: 24/09/2007. Acessado em: 17/12/2010.

UFSCAR, Universidade Federal de São Carlos. **O que são Macrófitas Aquáticas**. Disponível em: http://www.ufscar.br/~probio/info_macrof.html. Acessado em: 04/12/2010.

VIEIRA, M.; CARVALHO, G. Perspectivas para cafés do Brasil. In: **Café: Produtividade, qualidade e sustentabilidade**. Viçosa, MG. UFV, 2000.

VILA DO ARTESÃO. **Diferenças entre Café Arábica e Robusta (Conilon)**. Publicado: 19/05/2008. Disponível em: <http://www.viladoartesaos.com.br/blog/2008/05/diferencas-entre-cafe-arabica-e-robusta-conilon/>. Acessado em: 04/12/2010.

VINCENT, J. C. Green coffee processing, In: CLARKE, R. J.; MACRAE, R. (Eds.). **Technology**. London; New York: Elsevier, 1987.

WILBAUX, R. **Agricultural engineering**. Rome: FAO, 1963.

WOLVERTON, B. C.; McDONALD, R. The water hyacinth: From prolific pest to potencial provider. **Ambio**. USA, v. 8, 1, p. 2-9, 1979.