



MARIELLE BELCHIOR DE LIMA

**EMPREGO DE ARGILA EXPANDIDA NO PROTÓTIPO DE
TRATAMENTO DE ÁGUA RESIDUÁRIA NO PROCESSAMENTO DE
FRUTAS E HORTALIÇAS**

**INCONFIDENTES - MG
2015**

MARIELLE BELCHIOR DE LIMA

**EMPREGO DE ARGILA EXPANDIDA NO PROTÓTIPO DE
TRATAMENTO DE ÁGUA RESIDUÁRIA NO PROCESSAMENTO DE
FRUTAS E HORTALIÇAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como pré-requisito de conclusão do curso de Graduação em Tecnologia em Gestão Ambiental no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – *Campus* Inconfidentes, para obtenção do título de Bacharel em Gestão Ambiental.

Orientador: Éder Clementino dos Santos

**INCONFIDENTES - MG
2015**

MARIELLE BELCHIOR DE LIMA

**EMPREGO DE ARGILA EXPANDIDA NO PROTÓTIPO DE
TRATAMENTO DE ÁGUA RESIDUÁRIA NO PROCESSAMENTO DE
FRUTAS E HORTALIÇAS**

Data de aprovação: ____ de _____ 20__

Éder Clementino dos Santos
IFSULDEMINAS-*Campus* Inconfidentes
Orientador

Sindynara Ferreira
IFSULDEMINAS-*Campus* Inconfidentes
Coorientadora

Taciano Benedito Fernandes
IFSULDEMINAS-*Campus* Inconfidentes

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha filha Ana Júlia, você é a razão por eu ser uma pessoa melhor. Dedico aos meus amados pais Antônio e Mirian, ao meu namorado Bruno. Obrigada, a todos vocês que com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida e in memoriam a minha querida e amada avó Orídia.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida e pela oportunidade de conseguir realizar esse trabalho.

Agradeço aos meus pais, pelo incentivo e pelo apoio constante, por sempre acreditarem e investirem nesse sonho. Mãe seu cuidado e dedicação foi que me deu em todos os momentos a esperança para seguir. Pai, sua presença significou segurança e certeza de que não estava sozinha nessa caminhada.

Agradeço imensamente ao meu namorado Bruno, pessoa com quem amo partilhar a vida. Obrigada pelo carinho, paciência e por sua capacidade de me trazer paz na correria de cada semestre.

Agradeço a minha pequena e amada filha Ana Júlia que mesmo tão pequena foi a razão para que eu continuasse lutando para a realização desse trabalho, filha você é minha maior inspiração e esteve comigo desde o início desse trabalho.

Aos meus amigos, Ellen Portugal, Eduardo, Lucas, Jones, Luis Paulo, Suelem, Fabi, Paulo Henrique, Carol, Marilac, Ruben, Wesley, Paulinha, Mariana Moi, Fidelys, Mário Júnior, Mariana Fortunato, Jeberson, Felipinho, Álvaro, e em especial a Mikaela, Éllen, Marcilene, Olivânia, Damiany, Natália, Aline, Jislaine, Fernanda Bazani, que sempre me ajudaram e me incentivaram ao longo desses anos, obrigada pelos momentos de alegrias, tristezas e dores compartilhadas. Obrigada a todos vocês pelos momentos compartilhados. As minhas amigas que sempre estiveram do meu lado, me dando conselhos e sempre me apoiando Bárbara Lomônaco, Renata Alvarenga e Gabriela Massote a vocês meu muito obrigada meninas. Ao senhor Benedito, pois sem sua ajuda esse trabalho não seria possível, meu muito obrigada!

À professora Sindynara Ferreira, pela paciência e dedicação durante o período de desenvolvimento desse trabalho. É um prazer tê-la na banca examinadora. Ao Taciano e Odilon pela paciência durante o período de desenvolvimento e realização dos resultados, Vocês foram fundamentais para que pudesse concluir esse trabalho. Ao professor Éder, com quem partilhei o que era apenas um esboço e que veio a se tornar esse trabalho. Obrigada por seus ensinamentos, paciência e confiança ao longo desses anos. Agradeço também a professora Lúcia pelos conselhos e ensinamentos passados.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito OBRIGADA!

EPÍGRAFE

*Para que o planeta seja realmente preservado,
não basta economizarmos água limpa, muito
mais importante é tratarmos a água que
sujamos e devolvê-la limpa para a natureza,
perpetuando o ciclo natural da água.*

RESUMO

O tratamento de água se faz importante de acordo com a agravante situação hídrica mundial. O PFH provem da utilização de água em grande escala, aproximadamente 5000 L/dia. No presente trabalho foram desenvolvidos protótipos de ensaio, com matéria base argila expandida e avaliadas as suas propriedades de filtração no processamento de frutas e hortaliças do IFSULDEMINAS– *Campus* Inconfidentes. Os parâmetros de água analisados foram: Condutividade elétrica, Sólidos Totais Dissolvidos, Cor, Turbidez, pH, Demanda Química de Oxigênio, Fósforo Total, Nitrogênio Total, onde foram coletadas amostras em sistemas de triplicata para cada filtro, em dois níveis interligados e a amostra controle (bruta) totalizando 7 amostras por coleta. A análise teve embasamento a adequação para lançamento em curso d'água de classe II de acordo com as exigências estabelecidas pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH N° 1 de 05 de maio de 2008. Foi realizada a análise química da argila de controle (bruta) e das 6 amostras de argila equivalente a cada filtro. Realizou-se o cálculo de porcentagem de matéria orgânica gravimétrica adaptada do Manual do laboratório PROFERT-MG (2005). Os resultados obtidos dos filtros de argila expandida foram efetivos para os tratamentos dos efluentes do PFH, onde se denotou capaz de reduzir os índices de impurezas residuais para o filtro de maior nível de argila, ou seja, os filtros contendo 30 cm de argila. No entanto, para o nível contendo 20 cm de argila se denotou uma melhora no comportamento para os parâmetros de turbidez. O parâmetro fósforo total obteve-se acúmulo em ambos filtros, sendo o único parâmetro não eficiente.

Palavras chave: Reuso de água, argila expandida, filtro, economia de água.

ABSTRACT

The water's treatment is more important now that the world's water situation are worsening. The PFH (processing of fruits and vegetables) stems from the consume of largescale water, about 500 liters a day. At the current essay were developed prototype's tests based on expanded clay, to evaluated it's filtering properties on the processing of fruits and vegetables in IFSULDEMINAS- Campus Inconfidentes. The water's parameters analyzed were: Electrical conductivity, total dissolved solids, color, turbidity, pH, chemical oxygen demand, phosphorus total and nitrogen total. Were collected samples in triplicate systems to each filter in two interconnected levels and the sample control (safety sample) on a total of 7 collected samples. The analysis parameters was based on the second class watercourse water release adequacy, enforced by Normative Resolution COPAM/CERH #1, May 05 2008. Were made chemical analysis of the control sample (safety) and the others 6 clays samples, equivalent to each filter. Were quantified the percentage of gravimetric organic matter, based on the "Manual do laboratório" PROFERT-MG (2005). The results obtained from expanded clay filters showed effective for treatments of PFH effluents. Where are able to collect better rates of residual impurities for filter with increased clay level, in other words, the filters containing 30 cm of clay. However, on the filter containing 20 centimeters of clay was denoted an improvement in turbidity parameters. The 'total phosphorus' parameter was obtained in accumulation on both filters, being the only inefficient parameter.

Keywords: water reuse, expanded clay, filter, water savings.

LISTA DE ABREVIACOES

ABNT: Associação Brasileira de Normas Tcnicas

COPASA/MG: Companhia de Saneamento de Minas Gerais

CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente

EUA: Estados Unidos da América

EMBRAPA: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

HAB: Habitantes

IFSULDEMINAS: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais.

IFPA: *International Fresh Cut Produce Association*

IRPAA: Instituto Regional da Pequena Agropecuária Apropriada

L: litros

Mg/L: Miligramas por litro

NBR: Norma Brasileira regulamentar

ONU: Organização das Nações Unidas

PHF: Processamento de Frutas e Hortalias

UNICEF: Fundo das Nações Unidas para a infância

WMO: *World Meteorological Organization*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- A argila na natureza.	8
Figura 2- Argila expandida cedida pela empresa Cinexpan.	17
Figura 3- Processo de medição dos baldes e pesagem das argilas, IFSULDEMINAS – <i>Campus</i> Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2015.	18
Figura 4- Protótipo do experimento, IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2015.	18
Fonte: Adaptada de PÁDUA, (2015).	18
Figura 5- Construção do experimento, IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2015.	19
Figura 6- Pesagem da argila.	20
Figura 7- Argila em estufa e argila quebrada e separa nos cadinhos para realização de análises.	21
Figura 8- Coleta das 7 amostras do Sistema construído. IFSULDEMINAS – <i>Campus</i> Inconfidentes.	22
Figura 9- Valores médios da condutividade elétrica conforme os tipos de filtro.	26
Figura 10- Valores médios de sólidos dissolvidos totais conforme os tipos de filtro.	28
Figura 11- Valores médios de potencial hidrogeniônico conforme os tipos de filtro.	30
Figura 12- Valores médios de cor conforme os tipos de filtro.	32
Figura 13- Valores médios de turbidez conforme os tipos de filtro.	34
Figura 14- Valores médios de demanda química de oxigênio conforme os tipos de filtro.	36
Figura 15- Valores médios de fósforo total conforme os tipos de filtro.	37
Figura 16- Valores médios de nitrogênio conforme os tipos de filtro.	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Parâmetros de qualidade de lançamento em corpos d'água (COPAM/CERH,2008).	14
Tabela 2 - Relação de produtos e forma de processamento no setor do PFH do <i>Campus Inconfidentes</i> , com média de observação de 3 meses. IFSULDEMINAS- <i>Campus Inconfidentes</i> -MG, 2015.....	16
Tabela 3- Relação de pontos de coletas para análise IFSULDEMINAS- <i>Campus Inconfidentes</i> /MG, 2015.....	22
Tabela 4- Valores de condutividade elétrica da água residuária, de acordo com níveis de argila expandida utilizados.	25
Tabela 5- Valores de sólidos dissolvidos totais da água residuária, de acordo com níveis de argila expandida utilizados.	27
Tabela 6- Valores de potencial hidrogeniônico da água residuária, de acordo com níveis de argila expandida utilizados.	29
Tabela 7- Valores de cor da água residuária, de acordo com níveis de argila expandida utilizados.....	31
Tabela 8- Valores de turbidez da água residuária, de acordo com níveis de argila expandida utilizados.....	33
Tabela 9- Valores de demanda química de oxigênio da água residuária, de acordo com níveis de argila expandida utilizados.	35
Tabela 11- Valores de nitrogênio da água residuária, de acordo com níveis de argila expandida utilizados.	38
Tabela 12- Análise de matéria orgânica gravimétrica, (2015).	40
Tabela 13- Detalhamento das propriedades da argila expandida.	48

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Escassez e consumo de água	3
2.2. O reuso de água	4
2.3. As argilas	8
2.4. As propriedades físicas e químicas da argila expandida, segundo a Cinexpan.....	10
2.5. Legislações ambientais	12
3. MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1. Localização do protótipo de ensaio	15
3.2. O consumo de água no PFH	15
3.3. Características gerais da argila utilizada	16
3.4. Amostras experimentais	17
3.5. Realização do experimento.....	17
3.5.1. Coleta das amostras de água.....	21
3.5.2. Parâmetros de qualidade da água.....	23
3.5.3. Parâmetros analisados.....	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	25
4.1. Parâmetros do resíduo bruto e tratado	25
4.1.1. Condutividade Elétrica	25
4.1.2. Sólidos Totais Dissolvidos	27
4.1.3. Potencial Hidrogeniônico	28
4.1.4. Cor	30
4.1.5. Turbidez.....	32
4.1.6. Demanda química de oxigênio	35
4.1.7. Fósforo Total	36
4.1.8. Nitrogênio.....	38
4.2. Parâmetros da argila	40
4.2.1. Parâmetros da porcentagem de matéria orgânica	40
4.2.2. Matéria orgânica gravimétrica.....	40
5. CONCLUSÕES.....	41
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
7. ANEXOS	48

1. INTRODUÇÃO

A superfície do nosso planeta é composta por 70% de água, embora, apenas uma pequena porcentagem desta água está disponível para utilização humana. Essa água tem um ciclo natural, que começa com sua evaporação, formando as nuvens que depois vão retornar para a terra através das chuvas, a maioria retornando a forma dos oceanos e mares que constituem 97,2% da água existente na Terra, cobrindo sua superfície. Além disso, há água acumulada nas calotas polares, no pico das montanhas, no vapor atmosférico, e em profundidades não acessíveis, que não são aproveitáveis (MOTA, 1997).

Em termos globais, a quantidade de água disponível é superior ao total consumido pela população. No entanto, a distribuição deste recurso é desigual nas diversas regiões do planeta e em geral não é diretamente proporcional às necessidades. Estudos demonstram que na maior parte da Terra há déficit de recursos hídricos e isso ocorre porque há predominância da evaporação potencial sobre a precipitação (ARAÚJO, 1988).

Na atualidade, em muitas regiões do mundo o problema da falta de água para consumo vem se agravando cada vez mais. O problema de escassez de água não é exclusividade das regiões áridas e semiáridas. Em muitos locais, onde há recursos hídricos em abundância, o consumo excessivo e mau uso da água fazem com que seja necessária a restrição ao consumo. Isto afeta o desenvolvimento econômico da região e a qualidade de vida da população. Uma das soluções para este problema é a substituição de parte da água potável utilizada em residências, indústrias e comércios por água de qualidade inferior, reduzindo assim a demanda sobre os mananciais. Para tanto, o aproveitamento da água de chuva e o reúso de água são alternativas que podem ser aplicadas.

O reúso da água ou o uso de água residuária não é um conceito novo e tem sido mundialmente utilizado há alguns anos. A demanda crescente por água tem feito da

reutilização de tal recurso um tema de grande importância. Nesse sentido, é possível considerar a reutilização da água como parte integrante de um conceito mais abrangente, que é o uso racional da água, o qual, por sua vez, está inserido no de recursos naturais, compreendendo a alocação e uso racionais, o controle de perdas e desperdícios, bem como a minimização da produção de resíduos e do consumo.

O reuso da água favorece a redução da demanda sobre os mananciais, pela possibilidade de substituição da água potável por outra de qualidade inferior que seja compatível com o uso específico, no caso a lavagem de frutas e hortaliças. Esse procedimento conceitua-se como substituição de fontes e, dessa forma grandes volumes de água potável podem ser poupados. Utilizando águas originárias de efluentes tratados para o atendimento de demandas cujas finalidades podem prescindir de água com tratamento dentro dos padrões de potabilidade. Além da redução dos gastos com água e sua conservação estão intimamente ligadas à integração dos sistemas de abastecimento, esgotamento e drenagem urbana.

O PFH (processamento de frutas e hortaliças) utiliza uma grande quantidade de água potável para o processamento de frutas e hortaliças e também para a higienização do local. No empreendimento encontra-se um grande volume de resíduos orgânicos junto à água residuária, que são misturados a água durante o processo de higienização dos alimentos, toda essa água é despejada diretamente no rio Mogi Guaçu, uma vez que o empreendimento não possui um ETE.

Dentro deste contexto, esta pesquisa promoveu a caracterização da água da utilizada no processamento de frutas e hortaliças e estudou o seu potencial quantitativo de utilização e reutilização após a filtração nos filtros produzidos através de argila expandida que antes se restringia a um único fabricante e utilizado somente para a indústria têxtil (estonagem de “jeans”) e de ornamentação (decoração de jardins), tal reuso se mostrou como uma boa alternativa, através dos testes para avaliação de sua eficiência, após instalados filtros no processamento e essa água retornaria para o processo produtivo com vistas ao seu aproveitamento como fonte de abastecimento para fins não potáveis em residências, indústrias e comércios.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a utilização de filtros a partir de argila expandida para o reuso de água residuária no processamento de frutas e hortaliças.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Escassez e consumo de água

A escassez de água no mundo é agravada em virtude da desigualdade social e da falta de manejo e usos insustentáveis dos recursos naturais.

Segundo a ONU e a WMO (1997) *apud* Pinto e Hermes (2006) a água é o recurso natural mais abundante do planeta. De maneira quase onipresente, ela está diariamente presente na vida dos mais de sete bilhões de habitantes do planeta. Mas o recurso mais fundamental para a sobrevivência dos seres humanos enfrenta uma grave crise de escassez. Estima-se que cerca de 40% da população global viva hoje sob a situação de estresse hídrico. Essas pessoas habitam regiões onde a oferta anual é inferior a 1 700 metros cúbicos de água por habitante, limite mínimo considerado seguro pela ONU. Nesse caso, a falta de água é frequente e, para piorar, a perspectiva para o futuro é de cada vez maior escassez.

De acordo com estimativas do Instituto Internacional de Pesquisa de Política Alimentar, com sede em Washington, até 2050 um total de 4,8 bilhões de pessoas estará em situação de estresse hídrico. Além de problemas para o consumo humano, esse cenário, caso se confirme, colocará em xeque safras agrícolas e a produção industrial, uma vez que a água e o crescimento econômico caminham juntos, além do aumento da sede no mundo, a falta de recursos hídricos tem graves implicações econômicas e políticas para as nações reiteram a ONU e a WMO (1997) *apud* Pinto e Hermes (2006).

A água disponível no território brasileiro é suficiente para as necessidades do país, apesar da degradação. É necessário o crescimento da consciência por parte da população no uso da água e, por parte do governo, um maior cuidado com a questão do saneamento e abastecimento. Segundo Hermes e Pinto (2006) 90% das atividades modernas poderiam ser realizadas com água de reuso. Além de diminuir a pressão sobre a demanda, o custo dessa

água é pelo menos 50% menor do que o preço da água fornecida pelas companhias de saneamento, porque não precisa passar por tratamento. Apesar de não ser própria para consumo humano, poderia ser usada, entre outras atividades, nas indústrias, na lavagem de áreas públicas e nas descargas sanitárias de condomínios. Além disso, as novas construções poderiam incorporar sistemas de aproveitamento da água da chuva, para os usos gerais que não o consumo humano.

Segundo a UNICEF (2011), menos da metade da população mundial tem acesso à água potável. A água é utilizada em todos os segmentos da sociedade, e está presente no uso doméstico, comercial, industrial, público e agrícola. A demanda de água de cada um desses setores é diferente. A irrigação corresponde a 73% do consumo de água mundial, 21% são usados pela indústria e apenas 6% destina-se ao consumo doméstico, a agricultura está na dianteira no consumo de água, principalmente, devido ao desperdício.

Conforme Rebouças (2003), o uso da água na agricultura ocorre de forma ineficiente, com um desperdício estimado de cerca de 60% de toda a água fornecida a este setor. Em uma residência o consumo de água é influenciado por diversos fatores como o clima da região, a renda familiar, o número de habitantes, as características culturais da comunidade e a forma de gerenciamento do sistema de abastecimento, que englobam a micromedição e o valor da tarifa. Estima-se um consumo médio de água nas residências de 200 L/hab/dia, com grandes oscilações, que podem ir de 50 litros por habitante ao dia a 600 litros por habitante ao dia (TSUTIYA, 2005).

2.2. O reuso de água

O reaproveitamento ou reuso da água é o processo pelo qual a água, tratada ou não, é reutilizada para o mesmo ou outro fim.

Geralmente, a água é reciclada naturalmente em seu ciclo hidrológico tornando-se um recurso limpo e seguro. A água usada também pode ser recuperada artificialmente e reutilizada em diferentes aplicações. A forma de tratamento, a qualidade da água resultante e o tipo específico de reuso definem os níveis dos tratamentos subsequentes necessários, bem como os custos associados (HERPANHOL, 2002).

A reutilização das águas residuárias é uma solução indicada, principalmente, para regiões onde há carência de água, porque garante o suprimento para outros fins, liberando os

mananciais para o abastecimento humano e evita a disposição de esgoto em mananciais, os quais muitas vezes, secam durante grande parte do ano.

A reutilização ou o reuso de água ou o uso de águas residuárias não é um conceito novo e tem sido praticado no mundo todo há muitos anos. Existem relatos de sua prática na Grécia Antiga, com a disposição de esgotos e sua utilização na irrigação. No entanto, a demanda crescente por água tem feito do reuso planejado da água um tema atual e de grande importância. Segundo Borges (2003) historicamente registram-se práticas de reuso referentes às antigas civilizações, sobretudo na Grécia, onde os efluentes eram usados para irrigação nas agriculturas. No entanto, somente a partir do século XX surgiram as primeiras regulamentações sobre o tema. A prática do reuso se processa de forma direta, quando o efluente, após tratamento é utilizado no ponto de aplicação. Também pode ocorrer de forma indireta quando o efluente é aplicado após a passagem por um curso d'água. O reuso ainda pode ser planejado, quando atende as exigências ambientais e sanitárias, sendo esta a forma mais adequada da sua aplicação.

Segundo Metcalf e Eddy (1995) *apud* Santos (2000) o uso de águas residuárias, inicialmente sem tratamento e, posteriormente, tratadas em fossas sépticas, para fins de irrigação de jardins e suprimento de lagos ornamentais, teve sua origem em 1912, no parque *Golden Gate*, em São Francisco, no Estado da Califórnia (EUA). Vinte anos mais tarde, foi construída uma estação de tratamento convencional e a água residuária foi utilizada até 1985. Cabe ainda destacar que a primeira utilização de água residuárias em um sistema dual de distribuição para abastecimento data de 1926, no parque *Grand Canyon*, no Arizona (EUA). Foi utilizada a água residuária em lavatórios, sistemas de irrigação por aspersão de áreas verdes e na indústria com água de refrigeração.

Na década de 80 o termo “água de reuso” passou a ser utilizado com mais frequência, quando o custo da água de abastecimento foi se tornando cada vez mais elevado, onerando assim o custo do produto final no processo de fabricação das indústrias. Como a qualidade e o preço final dos produtos são fatores importantes para o sucesso de uma empresa, passou-se então a procurar a solução para redução dos custos de produção. Desta forma, procurou-se reaproveitar seus efluentes ao máximo (ALVERCA, 2004). Logo, o reuso de água passou a ser uma prática em vários países para aplicações na agricultura, na indústria, em atividades recreacionais, para uso doméstico, na manutenção de vazões, na aquicultura e na recarga de aquíferos subterrâneos conforme Westerhoff (1984). Desta forma, surge a necessidade de se estabelecer critérios relativos à fonte de água utilizada, especificando sua análise e confiabilidade do tratamento como ensina Alverca (2004).

O reuso de água deve ser considerado como parte de uma atividade mais abrangente que é o uso racional ou eficiente da água, o qual compreende também o controle de perdas e desperdícios, a minimização da produção de efluentes e do consumo de água.

Dentro dessa ótica, os esgotos tratados têm um papel fundamental no planejamento e na gestão sustentável dos recursos hídricos como um substituto para o uso de águas destinadas a fins agrícolas de irrigação, entre outros.

Ao liberar as fontes de água de boa qualidade para abastecimento público e outros usos prioritários, o uso de esgotos contribui para a conservação dos recursos e acrescenta uma dimensão econômica ao planejamento dos recursos hídricos. O reuso reduz a demanda sobre os mananciais de água, ou seja, com o reaproveitamento, grandes volumes de água potável podem ser poupados.

Segundo Hoek *et al.*, (2002) as maiores vantagens do aproveitamento da água residuária, são: conservação da água disponível, sua grande disponibilidade, possibilitar o aporte e a reciclagem de nutrientes (reduzindo a necessidade de fertilizantes químicos) e concorrer para a preservação do meio ambiente.

A reutilização das águas residuárias é uma solução indicada, principalmente, para regiões onde há carência de água, porque garante o suprimento para outros fins, liberando os mananciais para o abastecimento humano e evita a disposição de esgoto em mananciais, os quais muitas vezes, secam durante grande parte do ano.

As possibilidades e formas possíveis de reutilização da água dependem, de características, condições e fatores como decisão política, esquemas institucionais, disponibilidades técnicas e fatores econômicos, sociais e culturais (HESPANHOL, 2002).

Conforme mencionaram Mancuso e Santos (2003) a reutilização de água é um processo pelo qual a água tratada ou não tratada, é reutilizada para o mesmo fim ou para outros fins.

Mancuso e Santos, (2003) apud Lavrador Filho (1987), afirmaram ainda que essa reutilização pode ser direta ou indireta, decorrente de ações planejadas ou não, podendo ser classificadas como: reuso indireto não planejado da água/Ocorre quando a água, utilizada em alguma atividade humana, é descarregada no meio ambiente e novamente utilizada, em sua forma diluída, de maneira não intencional e não controlada. Reuso indireto planejado da água/Ocorre quando os efluentes depois de tratados são descarregados de forma planejada nos corpos de águas superficiais ou subterrâneas, para serem utilizados, de maneira controlada, no atendimento de algum uso benéfico. Reuso direto planejado das águas/ Decorre de quando os efluentes depois de tratados são encaminhados diretamente de seu ponto de descarga até o

local do reuso, não sendo descarregados no meio ambiente. É o caso com maior ocorrência, destinando-se ao uso em indústria ou irrigação. Reciclagem de água: É o reuso interno da água, antes de sua descarga em um sistema geral de tratamento ou outro local de disposição. Este é um caso particular do reuso direto planejado.

Westerhoff (1984) classificaram ainda a reutilização de água em duas categorias; potável e não potável, sendo reuso potável classificado em direto e indireto, sendo direto quando o esgoto recuperado, por meio de tratamento avançado, é diretamente reutilizado no sistema potável e indireto quando o esgoto após tratamento é disposto nos cursos de águas superficiais ou subterrâneas para diluição, purificação natural e subsequente captação, tratamento e finalmente utilizado como água potável.

Este autor ainda relatou que o reuso não potável utilizado para atividades consideradas menos nobres, tais como: agricultura, indústrias, recreação, manutenção de vazões, aquicultura, recarga de aquíferos subterrâneos e domésticos (água para rega de jardins residenciais, para descargas sanitárias, lavagem de carros, calçadas, ruas, usos em grandes edifícios para reserva contra incêndio e sistema de ar condicionado etc.).

Enquanto no Brasil há poucas iniciativas para a reutilização de água em nível mundial isso já ocorre em larga escala (HESPANHOL, 2002). No Japão, uma grande quantidade de municípios tem edifícios projetados para a coleta da água do esgoto secundário, que depois de tratada é utilizada para alimentar as caixas de descarga. Isso gera uma economia de até 30% no consumo.

Em São Paulo, o reuso já é praticado pela Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo (SABESP), que tem cinco pontos de tratamento e vende água para reutilização em indústrias de vários municípios. Um exemplo é a empresa Linhas Correntes que adquire água tratada do efluente da Estação Ipiranga. Municípios da região do ABC paulista, como Santo André e São Caetano do Sul são outros exemplos. Ali o reuso se dá na rega de jardins públicos e lavagem de ruas.

A legislação brasileira estabelece padrões de qualidade para água potável (Portaria 36/MG e Portaria 1469 de 2000) e para águas superficiais (Resolução nº 20/86 do CONAMA).

Em relação ao reuso de água, a legislação em vigor (Política Nacional de Recursos Hídricos – Lei nº9433, 8 de janeiro de 1997 (BRASIL, 1997) ao instituir os fundamentos de gestão de recursos hídricos, criou condições jurídicas e econômicas para a

hipótese de reutilização de água como forma de utilização racional e de preservação ambiental.

A qualidade da água para reuso deve atender aos aspectos de saúde pública, estética, integridade das tubulações de distribuição, confiabilidade e segurança no sistema de tratamento.

A Norma Brasileira NBR 13969 (ABNT, 1997) estabelece a necessidade de tratamento dos efluentes e o seu devido reuso, desde que os efluentes gerados sejam de origem doméstica ou tenham características similares.

2.3. As argilas

A argila é um material proveniente da decomposição, durante milhões de anos, das rochas feldspáticas, muito abundantes na crosta terrestre conforme demonstra figura 1.



Figura 1- A argila na natureza.
Fonte: www.portorossi.art.br. (2015)

As argilas derivam em geral de rochas base do tipo cristalina e eruptiva como os feldspatos, granitos e basaltos que em um processo longo e lento de decomposição por efeito de agentes geológicos como vento, chuvas, temperaturas frias e quentes e a erosão pelas partículas de areia que carregadas pelo vento causam a fragmentação da rocha maciça em grãos de vários tamanhos. Argilas e caulins são materiais plásticos, pois têm a propriedade de quando misturados com água em devidas proporções, apresentarem a possibilidade de serem amassados e trabalhados mantendo a forma que se quer. Quando secos ainda crus basta adicionar água para que voltem ao estado de plasticidade (ROSSI, 2015).

Segundo Rossi (2015) a argila pode ser tipificada da seguinte forma:

Argila natural: É uma argila que foi extraída e limpa, e que pode ser utilizada em seu estado natural, sem a necessidade de adicionar outras substâncias.

Argila refratária: Argila que adquire este nome em função de sua qualidade de resistência ao calor. Suas características físicas variam, umas são muito plásticas finas, outras não. Apresentam geralmente alguma proporção de ferro e se encontram associadas com os

depósitos de carvão. São utilizadas nas massas cerâmicas dando maior plasticidade e resistência em altas temperaturas, bastante utilizadas na produção de placas refratárias que atuam como isolantes e revestimentos para fornos.

Caulim ou argila da china: Argila primária, utilizada na fabricação de massas para porcelanas. É de coloração branca e funde a 1800°C - pouco plástica, deve ser moldada em moldes ou formas pois com a mão é impossível.

Argilas de bola (Ball-Clay): São argilas secundárias muito plásticas, de cor azulada ou negra, apresenta alto grau de contração tanto na secagem quanto na queima. Sua grande plasticidade impede que seja trabalhada sozinha, fica pegajosa com a água. É adicionada em massas cerâmicas para proporcionar maior plasticidade e tenacidade à massa. Vitrifica aos 1300°C.

Argilas para grês: Argila de grão fino, plástica, sedimentária e refratária - que suporta altas temperaturas. Vitrificam entre 1250 - 1300°C. Nelas o feldspato atua como material fundente. Após a queima sua coloração é variável, vai do vermelho escuro ao rosado e até mesmo acinzentado do claro ao escuro.

Argilas vermelhas: São plásticas com alto teor de ferro resistem a temperaturas de até 1100°C, porém fundem em uma temperatura maior e podem ser utilizadas com vidrados para grês. Sua coloração é avermelhada escura quando úmida chegando quase ao marrom, quando biscuitada a coloração se intensifica para o escuro de acordo com seu limite de temperatura de queima.

Bentonite: Argila vulcânica muito plástica, contém mais sílica do que alumínio, se origina das cinzas vulcânicas. Apresenta uma aparência e tato gorduroso, pode aumentar entre 10 e 15 vezes seu volume ao entrar em contato com a água. Adicionada a argilas para aumentar sua plasticidade. Funde por volta de 1200°C.

Argilas expandidas: A argila expandida é produzida em grandes fornos rotativos, utilizando argilas especiais que se expandem a altas temperaturas (1100°C), transformando-as em um produto leve, de elevada resistência mecânica, ao fogo e aos principais ambientes ácidos e alcalinos, como os outros materiais cerâmicos. Suas principais características são: leveza, resistência, inércia química, estabilidade dimensional, incombustibilidade, além de excelentes propriedades de isolamento térmico e acústico. Desde o início das pesquisas, a argila expandida apresentou excelentes qualidades, equivalentes aos melhores agregados citados na literatura internacional, sendo aplicada em obras de vulto e projeção como na pavimentação da ponte Rio - Niterói, na reconstrução do elevador Paulo de Frontin, dentre outras.

De acordo com a Cinexpan a argila expandida é obtida por aquecimento de alguns tipos de argila na temperatura em torno de 1200 °C em um forno rotativo. Próximo desta temperatura, uma parte dos constituintes do material se une gerando uma massa viscosa, enquanto a outra parte se decompõe quimicamente liberando gases que são incorporados por esta massa sintetizada, expandindo-a em até sete vezes o seu volume inicial. Esses gases, retidos no interior da argila, não podem escapar para o seu exterior devido à fase líquida que envolve as partículas da argila. Essa estrutura porosa se mantém após o resfriamento, de modo que a massa unitária do material resultante torna-se menor do que antes do aquecimento.

Portanto, a argila expandida é um material agregado cerâmico leve com um núcleo alveolar produzido pela queima de argila natural e de folhetos (rocha argilosa folheada) que se expandem sob temperatura elevada, formando grãos arredondados de tamanhos variados. O agregado possui formato arredondado e com uma estrutura interna formada por uma espuma cerâmica com micro poros e com uma casca rígida e resistente.

Com a vantagem de peso leve, de elevada permeabilidade e durabilidade, excelente isolamento acústico e propriedades de isolamento térmico, a argila expandida é um bom agregado para uso em uma variedade de aplicações. É também um produto ambientalmente correto composto principalmente de argila natural, não é suscetível ao ataque químico, podridão ou geada e tem uma longa vida útil. As bolsas de ar dentro das bolinhas proporcionam excelente resistência térmica quando utilizado como isolamento térmico em lajes. A argila expandida, também é amplamente utilizada para a fabricação de blocos leves e frequentemente usados em sistemas de filtração de água, devido à sua elevada área superficial.

2.4. As propriedades físicas e químicas da argila expandida, segundo a Cinexpan

- **Leveza/Baixa Densidade:** A densidade de argila expandida, seca e no estado solto, na média é de 550 kg/m³ aproximadamente 2,5 vezes menor que agregados normais de areia e pedra 60% mais leve que os agregados de concreto convencionais.
- **Resistência/Durabilidade/Estabilidade dimensional:** Mecanicamente consistente, durável e quimicamente estável, a argila expandida é um material prático, que pode ser estocado sem dificuldade, por um longo período de tempo.

- **Inércia química:** A argila expandida é livre de qualquer substância que possa ter efeito adverso ao entrarem contato com outros produtos, além de ser quimicamente inerte, não emite gases e odores e não se decompõe física ou quimicamente.
- **Isolante térmico:** Característica importante devido à sua constituição porosa, que aprisiona grande quantidade de ar no seu interior, proporcionando uma barreira na transferência de calor de fora para dentro do ambiente. Esse isolamento térmico possibilita a redução da variação térmica em até 5°C.
- **Resistências a Altas Temperaturas:** Resistência térmica de 3 a 4 vezes mais alta que a do concreto normal, uma vez que a argila expandida é produzida em temperaturas de 1100° C.

O detalhamento de suas propriedades está disposto no Anexo 1.

A argila expandida comumente era usada na construção civil para concreto estrutural leve e enchimento de vazio e regularização de pisos, também no paisagismo para proporcionar decoração e meios saudáveis de vida a jardins, servindo ainda como adubo para estas ou como drenagem, pois se trata de uma das características da argila expandida permitir a remoção dos excessos de água das superfícies e do subsolo.

Ainda segundo a ABIT (2011) a argila expandida é usada para o beneficiamento do jeans, que é tradicionalmente realizada com argila expandida em banho de água aquecida, cloro e peróxido de hidrogênio. O objetivo é a retirada da goma ou amaciamento e a retirada parcial do corante que se encontra ligado ao tecido por interações químicas.

De acordo com Rodrigues (2014), a filtração com argila expandida ainda não foi tão aprofundada, e não há muitos trabalhos apresentados com essa temática. Em seu estudo com a mesma, para sistema de filtração lenta, obteve valores entre 8 para pH, relatando o aumento do mesmo devido a média entre o pH da água e da argila. Para Santos (2000), em tratamento de águas cinzas com argila, não houve redução em fósforo e nitrogênio para seu sistema. Marcelino (2013), em operação de reatores UASB com argila expandida para o tratamento têxtil, apresentou valores médios de remoção de 71,32% para DQO. Para Oliveira (2008) em estudo conduzido em laboratório, comparou saca de brita com a de argila expandida e obteve maior eficiência com a argila expandida, com remoção de 60,0 à 97,0% de DQO.

2.5. Legislações ambientais

Devido ao aumento constante das atividades humanas a Legislação Brasileira necessitou criar normas regulamentadoras quanto a utilização de recursos hídricos, com o objetivo de reduzir os impactos gerados pelos mesmos.

A Constituição Federal de 1988 estabelece:

Art. 225. (...) “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações” (BRASIL, 1988).

A água se insere em direitos pertencentes ao privado e público, não em dominialidade, mas sim de gerenciamento. A Constituição Federal deixa claro que o meio ambiente é “bem de uso comum do povo” e não pertencente a uma pessoa física ou jurídica privada ou pública, mas sim a todos.

Para visar a responsabilidade e o controle de captação de água, a Lei Federal 9433, de 8 de janeiro de 1997, instituindo a Política Nacional de Recursos Hídricos criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, (BRASIL, 1997)

“Art. 1º A Política Nacional de Recursos Hídricos baseia-se nos seguintes fundamentos:

I - a água é um bem de domínio público;

II - a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;

III - em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;

IV - a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;

V - a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;

VI - a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades. ”

A Lei Federal 9.433/97 identifica que a água é um recurso natural limitado e bem de domínio público de valor econômico. Em casos de escassez, é prioridade sua utilização para consumo humano e a dessedentação de animais. A bacia hidrográfica deve implementara Política Nacional de Recursos Hídricos e o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos

Hídricos, contando com o Poder Público e sociedade envolvida, que se comprometa com essa gestão.

A Lei nº 6.938/1981 estabelece em seu artigo 4º, inciso VII, como um dos objetivos da Política Nacional do Meio Ambiente, a “*imposição (...) ao usuário, da contribuição pela utilização de recursos ambientais com fins econômicos*” (BRASIL, 1981). No artigo 19, incisos I e II, da Lei nº 9.433/1997, a cobrança pelo uso da água tem por objetivo reconhecer a água como bem econômico e dar ao usuário uma indicação de seu real valor, assim como incentivar a racionalização do uso da água.

A aprovação de leis busca amparar o uso da água em setores produtivos, como a Lei Federal 9605/98, chamada Lei de Crimes Ambientais (BRASIL, 1998), a Lei 9984/2000, que criou a Agência Nacional de Água (BRASIL, 2000), tendo como missão regulamentar o uso das águas dos rios e lagos de domínio da União e implementar o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, garantindo que haja um uso sustentável para que a água de boa qualidade e em quantidade seja suficiente para a atual e as futuras gerações.

Resolução 48/05 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), que estabelece critérios a serem observados pelos Comitês de Gestão das Bacias Hidrográficas para a determinação da cobrança pelo uso da água (MMA, 2005).

A Resolução 430 de 13 de maio de 2011 dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, completa (MMA, 2011) e altera a Resolução 357/2005 do CONAMA (CONAMA, 2005), bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e as ações de gestão para seu controle. Um prazo de 3 anos foi estabelecido para adequação dos empreendimentos aos novos padrões. Assim, os efluentes poderão somente ser lançados diretamente nos corpos receptores após tratamento obedecendo às condições, padrões e exigências dispostas na Resolução 430 e em normas aplicáveis.

A Deliberação Normativa Conjunta (COPAM) e o Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH), número 1, publicado em 05 de maio de 2008 relataram sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabeleceu as condições e padrões de lançamento de resíduos líquidos (COPAM/CERH, 2008) e para este trabalho, encontra-se na Tabela 1 os parâmetros de qualidade de lançamento em corpos d'água.

Tabela 1- Parâmetros de qualidade de lançamento em corpos d'água (COPAM/CERH,2008).

Parâmetro	Classe I	Classe II	Classe III	Classe IV
Cor verdadeira	nível de cor natural do corpo de água em mg Pt/L;	até 75 mg Pt/L;	-	-
Turbidez	até 40 UNT,	até 100 UNT,	até 100 UNT,	-
PH	entre 6 a 9,	entre 6 a 9,	entre 6 a 9, 100 mg.L ⁻¹ ,	entre 6 a 9;
P total	0,1 mg.L ⁻¹ ,	0,1 mg.L ⁻¹ ,	- 0,15 mg.L ⁻¹	
Nitrogênio Amoniacal	0,5 a 3,7 mg.L ⁻¹	0,5 a 3,7 mg.L ⁻¹	1,0 a 13,3 mg.L ⁻¹	até 20 mg.L ⁻¹ .

Fonte: PÁDUA, (2015).

Ressalva que para Classe I o limite de lançamento para nitrogênio é 3,7 mg.L⁻¹ se pH $\leq 7,5$; 2,0 mg.L⁻¹ se o pH estiver entre 7,5 a 8,0; 1,0 mg.L⁻¹ para pH entre 8,0 e 8,5 e 0,5 mg.L⁻¹ se o pH estiver acima de 8,5. Para Classe II o limite de lançamento para nitrogênio é 3,7 mg.L⁻¹ se pH $\leq 7,5$; 2,0 mg.L⁻¹ se o pH estiver entre 7,5 a 8,0; 1,0 mg.L⁻¹ para pH entre 8,0 e 8,5 e 0,5 mg.L⁻¹ se o pH estiver acima de 8,5. Para Classe III o limite de lançamento para nitrogênio é 13,3 mg.L⁻¹ se pH $\leq 7,5$; 6,0 mg.L⁻¹ se o pH estiver entre 7,5 a 8,0; 2,0 mg.L⁻¹ para pH entre 8,0 e 8,5 e 1,0 mg.L⁻¹ se o pH estiver acima de 8,5.

As condições de qualidade dos ambientes referentes à classe 4 serão considerados com relação ao local onde se encontra o corpo d'água e seguirão os detalhes de regulamento específico da localidade.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização do protótipo de ensaio

O protótipo de ensaio no qual deu base a este trabalho foi realizado na fazenda IFSULDEMINAS-*Campus* Inconfidente, durante o período de Outubro à Dezembro para as análises de água e pendurou até março de 2015 para a realização das análises da argila.

Segundo dados da prefeitura municipal de Inconfidentes o município de Inconfidentes situa-se no Sul do Estado de Minas Gerais, com uma área aproximada de 145 km². Apresenta altura média de 869 metros e posição geográfica de 22° 19' 00" de Latitude S, 46° 19' 40" de Longitude W.

O clima da região é denominado como tropical de altitude, com média anual de 18° C e segundo a classificação de Köppen é do tipo Cwb o que caracteriza o clima como mesotérmico com verões brandos e úmidos e invernos secos.

3.2. O consumo de água no PFH

O Processamento de Frutas e Hortaliças no IFSULDEMINAS-*Campus* Inconfidentes gasta grande quantidade de água em todo seu processo tal água na maioria das vezes é descartada sem possibilidade de reuso, vez que essa água vem acompanhada de impurezas provenientes desde o solo como fertilizantes e terra até as provenientes do beneficiamento das frutas e hortaliças como é o caso das cascas e pedaços impróprios ao consumo.

Estima-se que em média sejam descartados pelo PFH IFSULDEMINAS- *Campus* Inconfidentes 5000 mil litros de água ao dia, segundo dados levantado pelo servidor Thiago Marcol da Silva em outubro de 2014. De acordo com um levantamento, neste setor, um período de 3 meses pode ser identificado os produtos processados na tabela 2.

Tabela 2 - Relação de produtos e forma de processamento no setor do PFH do *Campus Inconfidentes*, com média de observação de 3 meses. IFSULDEMINAS-*Campus Inconfidentes*-MG, 2015.

Produtos	Processamento	Média (unidade: cabeça, maço e peso em quilos)
Alface	Lavagens e corte	664.33 cabeças
Agrião	Lavagens e corte	81.33 maços
Abobrinha	Lavagens e corte	138 kg
Beterraba	Lavagens e corte	191 kg
Brócolis cabeça única	Lavagens e corte	95.3 kg
Brócolis ramoso	Lavagens e corte	86.33 kg
Cenoura	Lavagens e corte	35 kg
Chicória	Lavagens e corte	48 maços
Couve	Lavagens e corte	111.33 maços
Couve Flor	Lavagens e corte	40 kg
Cheiro Verde	Lavagens e corte	94.33 maços
Repolho	Lavagens e corte	44 kg
Rúcula	Lavagens e corte	126.33 maços
Tomate	Lavagens e corte	20 kg
Rabanete	Lavagens e corte	60 kg
Banana	Despolpamento	388.33 kg
Laranja	Despolpamento	169 caixas
Morango	Despolpamento	178 kg
Uva	Lavagem	178 kg

Fonte: PÁDUA, (2015).

3.3. Características gerais da argila utilizada

De acordo com a empresa Cinexpan Indústria e Comércio de Argila Expandida Ltda que cedeu as argilas para o presente estudo, o processo foi realizado em forno rotativo de alta tecnologia a uma temperatura de 1.100 °C, como demonstra a figura 4.



Figura 2-Argila expandida cedida pela empresa Cinexpan.
Fonte: Elaboração própria, 2015.

A densidade aparente é de 500 kg/m^3 - onde pode haver uma variação de $\pm 10 \%$. Cada 20 sacos formam 1 m^3 , ou seja cada saco pesa em média $25,0 \text{ kg}$, variando $\pm 10 \%$.

Possui uma resistência mecânica de 150 kg/cm^2 para atender qualquer necessidade.

Sua consistência é de agregado nodulizado de argila, quanto a inércia química é absolutamente inerte.

Como isolamento térmico sua densidade $1,0 \text{ t/m}^3$ resulta em $\lambda = 0,25 \text{ Kcal/mh}^\circ\text{C}$, como isolamento acústico pode chegar a uma redução média de 44 DB.

Sua análise química apresentou perda ao fogo 06,8%, Silício (em SiO_2) 52,9%, Alumínio (em Al_2O_3) 18,9%, Ferro (em Fe_2O_3) 11,1%, Titânio (em TiO_2) 0,88%, Cálcio (em CaO) 0,09%, Magnésio (em MgO) 3,44%, Sódio (em Na_2O) 0,22%, Potássio (em K_2O) 05,5%.

3.4. Amostras experimentais

Para a correta realização do experimento foram coletadas amostras semanais de água residuária do Processamento de Frutas e Hortaliças (PFH) do IFSULDEMINAS- *Campus Inconfidentes* e realizadas análises.

3.5. Realização do experimento

Para possibilitar o experimento foram utilizados baldes de 32 litros no qual foram acondicionados a argila expandida divididos em 6 baldes, sendo 3 entradas e 3 saídas. Com volumes diferenciados foram numerados, pesados, sendo que os baldes juntamente com a argila pesavam: balde número 1 e número 4 pesam $2,296 \text{ kg}$, o número 2 e número 5 pesam

4,672 kg os baldes número 3 e número 6 pesam 6,670kg, com volumes de 10, 20 e 30 cm, como demonstra figuras 3 e 4.



Figura 3- Processo de medição dos baldes e pesagem das argilas, IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2015.

Fonte: Elaboração própria, 2015.

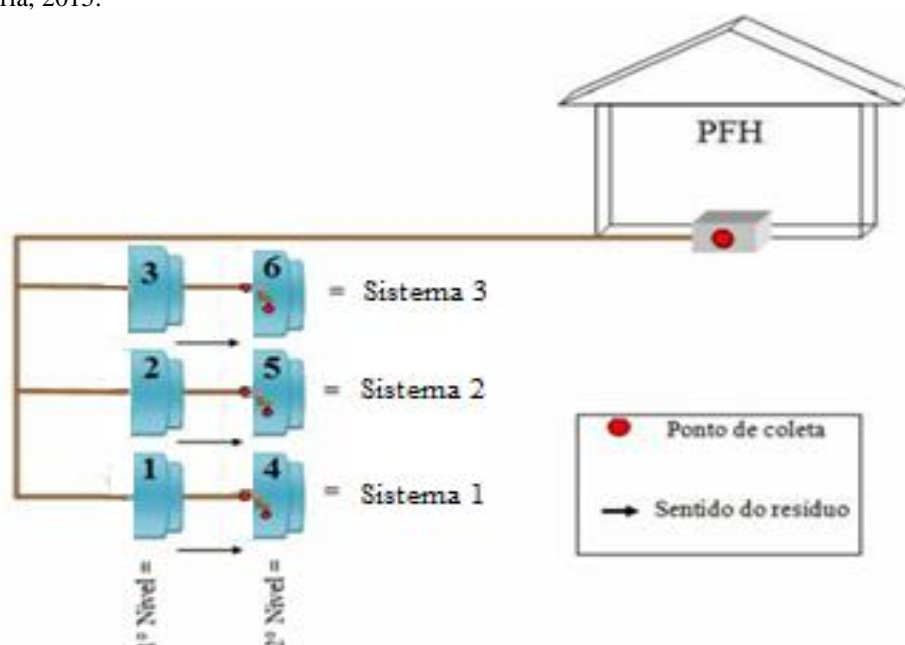


Figura 4- Protótipo do experimento, IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2015.

Fonte: Adaptada de PÁDUA, (2015).

A entrada do balde número 1 foi interligada com a saída do balde número 4 contendo 10 cm de argila expandida, a entrada do balde número 2 foi interligada com a saída do balde

número 5 contendo 20 cm de argila expandida, a entrada do balde número 3 foi interligada com a saída do balde número 6 contendo 30 cm de argila expandida, como bem ilustra na figura 5.



Figura 5- Construção do experimento, IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2015.

Fonte: Elaboração própria, 2015.

Após a montagem do experimento foi encanada a água residuária proveniente do Processamento de Frutas e Hortaliças (PFH) como demonstrado na figura número 6, sendo liberada no experimento por um período de 2 meses, no qual foram realizadas coletas e análises semanais separadas em entradas e saídas para que o resultado pudesse ser estudado de modo comparativo, assim testando a eficiência dos filtros.

Para melhor comparação foi coletada e mantida em separado uma amostra controle, ou seja, a bruta na saída do processo do PFH, para que pudesse ser realizada as análises, comparando a água que entrava no sistema de filtragem contendo argila expandida e como tal a água saiu do mesmo. Do experimento foram coletadas 12 amostras, com o intuito de no final fosse possível uma efetiva comparação de qual método de filtragem seria mais eficiente e se a quantidade de argila em conjunto com o tamanho dos baldes poderia interferir no resultado.

Foram realizadas análises de pH, Fósforo, Nitrogênio, Demanda Química de Oxigênio (DQO), Cor, Turbidez, Condutividade Elétrica, Sólidos Totais Dissolvidos (STD).

As amostras foram coletadas duas vezes por semana. O período de análise das amostras de água perdurou aproximadamente um mês, após este período os filtros ainda continuaram conectados a água que vertia do PFH e no mês de março de 2015 as argilas contidas nos baldes foram retiradas e submetidas à secagem em estufa a 100° C por 24 horas para realização das análises.

Após foram submetidas a análise química para avaliação das condições em que se encontravam e para análise do que a argila conseguiu reter no processo de filtração. Cada amostra, antes da secagem em estufa, pesava 55 gramas, onde as mesmas foram quebradas para a realização das devidas análises.

Para a realização do cálculo de porcentagem de matéria orgânica, foram coletadas 7 amostras. A primeira amostra equivalente ao controle (bruta) foi coletada diretamente do saco de argila, e as demais foram coletadas nos filtros (figura 6). Ambas foram quebradas pesadas e levadas a mufla por 2 horas a 600°C e, após esse período, as amostras foram novamente pesadas. Através dos resultados obtidos foi realizado o cálculo de porcentagem de matéria orgânica gravimétrica conforme ilustradas na figura 7.



Figura 6- Pesagem da argila.
Fonte: Elaboração própria,2015.



Figura 7- Argila em estufa e argila quebrada e separa nos cadinhos para realização de análises.
Fonte: Elaboração própria, 2015.

O cálculo de porcentagem de matéria orgânica foi realizado para analisar a concentração de retenção da argila para esse parâmetro. O método utilizado foi definido pela diferença de peso, que consiste da fórmula aplicada adaptada do Manual do Laboratório PROFERT-MG (2005):

$$x = \frac{Um - F \times 100}{In}$$

Onde a umidade (Um) equivale aos resultados antes de passarem pela mufla a 600°C, o final (F) equivale ao valor das amostras após ficarem 2 horas na mufla a 600°C e o inicial (In) equivale ao mesmo valor da umidade.

3.5.1. Coleta das amostras de água

As coletas das amostras de água para análises físicas e químicas seguiram o padrão disposto nos itens 2.1.5, 2.1.5.1 e 2.1.5.2 do Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (ANA, 2012), realizadas nos meses de Novembro e Dezembro de 2014. Para todas as análises, foram coletadas 2 amostras de água para cada balde de equivalência para os 3 filtros, como descrito na Tabela 3. Ressalta-se que foram realizadas duas amostras em cada ponto de coleta (tabela 03).

Tabela 3- Relação de pontos de coletas para análise IFSULDEMINAS-Campus Inconfidentes/MG, 2015.

Efluente	Local de coleta
1° ponto - Efluente Bruto	Efluente direto da caixa de saída do setor de PFH.
2° ponto – Saída do tanque número 1	Efluente tratado apenas por um nível.
3° ponto – Saída do tanque número 2	Efluente tratado apenas por um nível.
4° ponto – Saída do tanque número 3	Efluente tratado apenas por um nível.
5° ponto – Saída do tanque número 4	Efluente tratado por dois níveis.
6° ponto – Saída do tanque número 5	Efluente tratado por dois níveis.
7° ponto – Saída do tanque número 6	Efluente tratado por dois níveis.

Fonte: Elaboração própria, 2015.

Foram utilizados como recipientes frascos de plásticos, com capacidade de 250 ml (figura 8) colocados na saída de cada filtro, coletando a água necessária para as análises, sempre tomando cuidado para que não ocorresse o contato das mãos com as amostras, pois tal conduta poderia interferir nos resultados das mesmas. As amostras foram identificadas com caneta marcadora e armazenadas em uma caixa de isopor e levadas imediatamente para o Laboratório de Análises de Água do IFSULDEMINAS-Campus Inconfidentes.



Figura 8- Coleta das 7 amostras do Sistema construído. IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes.

Fonte: Elaboração própria, 2015.

3.5.2. Parâmetros de qualidade da água

Nas análises físicas foram avaliados os parâmetros: Condutividade Elétrica, Cor, Sólidos Totais Dissolvidos (STD), Turbidez.

Nas análises químicas foram avaliados os parâmetros: pH, Fósforo, Nitrogênio, Demanda Química de Oxigênio (DQO). Para a efetiva realização das análises foram utilizados os equipamentos do laboratório do IFSULDEMINAS, com o auxílio do técnico responsável.

3.5.3. Parâmetros analisados

Para a avaliação da argila expandida foram utilizados 3 padrões relacionados ao peso e altura em centímetros em relação ao balde, já relatados no item 3.5.

Para o parâmetro turbidez, utilizou-se o turbidímetro que depois de calibrado a amostra de água coletada (em temperatura ambiente) foi colocada na cubeta até enchê-la. Posteriormente a cubeta foi tampada, limpada com papel, colocada no turbidímetro e, por fim, foi realizada a leitura e anotado o valor em Unidade Nefelométrica de Turbidez (NTU) da amostra.

Para as características de condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos, 50 ml da amostra de água foi colocada em Becker distintos os quais foram inseridos o eletrodo juntamente com o termopar do Condutivímetro digital 150 e realizada a leitura da condutividade elétrica e dos sólidos totais dissolvidos, após a definição da função no aparelho.

Para a determinação de cor, foi colocada amostra de água na cubeta até enchê-la, a qual foi tampada, limpada com papel, colocada no equipamento Colorímetro Plus, marca Alfa Kit, em seguida foi realizada a leitura, anotando o valor em miligrama de platina por litro (mg.pT/L) da amostra.

Para a leitura do potencial hidrogênico, o peagâmetro foi calibrado e em seguida inserido o eletrodo com o termopar em um Becker de 50 ml preenchido com a amostra de água.

Para a característica de demanda química de oxigênio (DQO) foram utilizados tubos limpos com tampa, 2,5ml das amostras juntamente com 1,5 ml da solução digestora ácido sulfúrico e dicromato de potássio e 3,5 ml da solução catalítica ácido sulfúrico e sulfato de prata e em seguida foi realizada a leitura.

Para o parâmetro nitrogênio foram utilizados 2 gramas de mistura catalítica, compreendida por sulfato de cobre 5% + sulfato de potássio 95%, que foram colocadas em

tubo de ensaio grande e sem tampa com 2ml das amostras e 5ml de ácido sulfúrico puro. Após foram levadas ao bloco digestor, iniciando em uma temperatura de 50°C e a cada meia hora elevando 50°C até chegar 350°C. Em seguida foi realizada a leitura.

Para o parâmetro fósforo, utilizou-se 25ml das amostras juntamente com 25ml de água destilada com 0,4 gramas de persulfato e 1ml de ácido sulfúrico a 30%. Após feito essa mistura, foi levado à chapa aquecedora a 150°C, esperando o volume reduzir a 1/5, ou seja, aproximadamente 10ml. Feito isso, foram adicionados 30ml de água mais 3 gotas de fenol mais hidróxido de sódio até chegar a coloração “rosa bebê”. A mistura foi colocada em balão volumétrico completada para 100ml com água destilada. Acrescentou-se 50ml da amostra colocada em um Becker e adicionado ácido ascórbico mais tartarato de potássio obtendo a coloração “azul” e esperando-se 2 minutos para realização da leitura, dada em mg.L⁻¹.

Para cada parâmetro foi utilizado as seguintes referências:

Condutividade Elétrica- condutivímetro MCA 150; Cor- pelo método espectrofotométrico (Colorímetro Plus, Alf Kit); STD- Condutivímetro Digital MCA 150; Turbidez- Turbidímetro, Hanna HI 93773; pHmetro digital Hanna HI 2221; Fósforo Total- método descrito no Standard Methods (APHA, AWWA, WEF, 1992); Nitrogênio Amoniacal- Método Kjeldahp (Cotta et Al; 2006) e DQO- Com a utilização da membrana de íon seletivo (oxímetro Alfa Kit, at 170).

Para o parâmetro da argila expandida foi utilizado o método adaptado do Manual do Laboratório PROFERT-MG (2005).

Os dados dos parâmetros avaliados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias analisadas criadas pelo teste de Sknott-Knott, a 5% de probabilidade, usando-se o programa Sisvar 5.1 (FERREIRA, 2011). Os gráficos foram gerados a partir das planilhas do Microsoft Excel 2010.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Parâmetros do resíduo bruto e tratado

A partir dos padrões de lançamento estabelecido pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG número 1 de 5 de maio de 2008 os parâmetros laboratoriais foram comparados.

4.1.1. Condutividade Elétrica

Os diferentes níveis de argila expandida não influenciaram ($P>0,05$) a condutividade elétrica da água residuária, no entanto, os valores numéricos para o índice de remoção não foram isonômicos nos sistemas de filtro (Tabela 04).

Tabela 4- Valores de condutividade elétrica da água residuária, de acordo com níveis de argila expandida utilizados.

Tratamento (Filtro)	Média (mg.L ⁻¹)	Remoção (100%)	Mínimo (%)	Máximo (%)
Controle (bruta)	157,660 a	100,00	100,60	237,10
01 (10 cm)	130,138 a	0,00	96,59	163,90
02 (20 cm)	142,900 a	9,36	103,00	178,00
03 (30 cm)	124,628 a	20,95	92,37	164,90
04 (10 cm)	137,608 a	5,74	93,74	173,90
05 (20 cm)	147,660 a	3,33	112,90	181,80
06 (30 cm)	124,740 a	20,88	94,20	146,90
Média geral	137,904		99,057	178,071
DP (%)	+/- 31,970			
EPM	12,739			

Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem ($p>0,05$) pelo teste Scott-Knott, (1974).

Os filtros 03 e 06 (maior nível de argila) apresentaram valores médios de condutividade elétrica sem diferenças entre si, no entanto, numericamente, não teve o mesmo comportamento no índice de remoção, vez que foi mais expressivo no filtro 03, que correspondeu em média de 20,95 (%) em relação ao filtro 06 e em média de 5,74% para os filtros 04, 3,33% para o filtro 05 e 9,36% para o filtro 02, todos quando comparado com a amostra controle (bruta). Isto se deveu, talvez, pela forma de distribuição da água residuária no sistema conjugado entre os respectivos filtros e, possibilitou a passagem mais rápida do resíduo que contribuiu pela menor permanência do efluente neste filtro.

Verificou que com aumento do nível da argila expandida proporcionou maior condutividade elétrica, isto é, devido à natureza da composição da argila que tenha facilitado o aumento da condutividade quando da passagem pelo filtro nos níveis 20 e 30 cm, respectivamente. Isto se deveu talvez ao tipo de material filtrante (água residuária), vez que dissolveu na água, quando da passagem e, fez aumentar a respectiva condutividade elétrica (Figura 9).

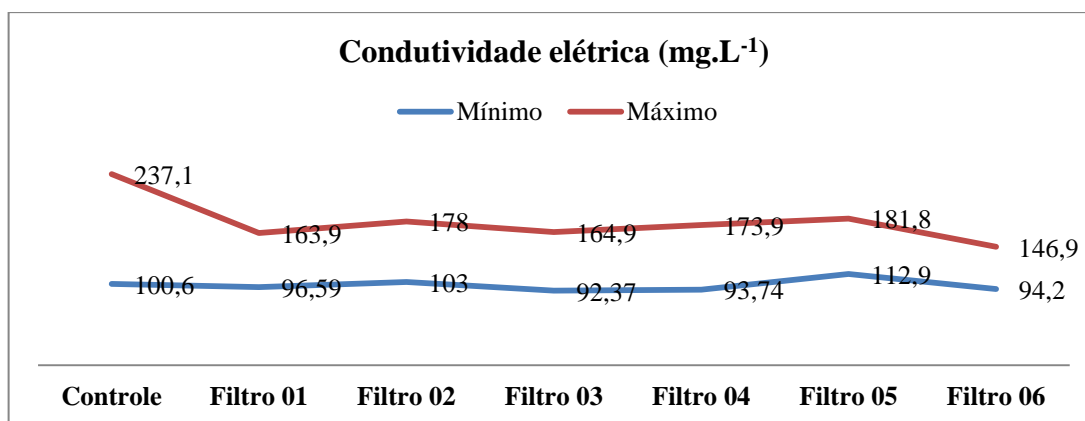


Figura 9- Valores médios da condutividade elétrica conforme os tipos de filtro.

Em todos os filtros avaliados (Figura 11), independentemente do nível de argila expandida, verificou-se que os valores da condutividade elétrica 99,057 mg/L⁻¹, 178, 071mg.L⁻¹ e 137,904 mg.L⁻¹, respectivamente mínimo, máxima e média foram menores em torno de 24,49%, 34,64% e 29,48%, em relação aos valores encontrados por Rodrigues (2014).

Neste contexto, com relação à Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, não há supedâneos aos limites de condutividade elétrica em efluentes, no entanto, Esteves (1988) descreveu que a condutividade elétrica reflete a concentração de íons dissolvidos no meio hídrico.

No comportamento da condutividade elétrica em águas impuras a concentração se apresenta alta, devido à adição de um eletrólito, como o cloreto de hidrogênio, que estão disponíveis nas impurezas encontradas. Quanto mais pura a água for, menor será a concentração de condutividade elétrica.

4.1.2. Sólidos Totais Dissolvidos

Os diferentes níveis de argila expandida não influenciaram ($P>0,05$) os sólidos totais dissolvidos da água residuária, no entanto, os valores numéricos para o índice de remoção não foram isonômicos nos sistemas de filtro (Tabela 05).

Tabela 5- Valores de sólidos dissolvidos totais da água residuária, de acordo com níveis de argila expandida utilizados.

Tratamento (Filtro)	Média (mg.L⁻¹)	Remoção (100%)	Mínimo (%)	Máximo (%)
Controle (bruta)	79,312 a	100,00	49,49	120,70
01 (10 cm)	65,552 a	0,00	49,01	80,43
02 (20 cm)	72,044 a	9,16	51,32	90,65
03 (30 cm)	62,668 a	20,99	46,65	82,78
04 (10 cm)	69,640 a	6,24	47,30	86,17
05 (20 cm)	74,792 a	3,81	57,77	88,49
06 (30 cm)	62,030 a	21,798	47,53	69,78
Média geral	69,434		49,86	88,42
DP (%)	+/- 15,645			
EPM	6,696			

Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem ($p>0,05$) pelo teste Scott-Knott, (1974).

Os filtros 01 e 04 (menor nível de argila) apresentaram valores médios de sólidos totais dissolvidos sem diferenças entre si, no entanto, numericamente, não tiveram o mesmo comportamento no índice de remoção, vez que foi mais expressivo no filtro 04, que correspondeu em média de 5,75 (%) em relação ao filtro 01 e em média de 20,00% para os filtros 03 e 06, todos quando comparado com a amostra controle (bruta). Isto se deveu, talvez, pela forma de distribuição da água residuária no sistema conjugado entre os respectivos filtros e, possibilitou a passagem mais rápida do resíduo que contribuiu pela menor permanência do efluente neste filtro.

Verificou-se que com aumento do nível da argila expandida proporcionou mais sólidos torais dissolvidos, isto é, devido à natureza da composição da argila que tenha facilitado o aumento da passagem pelo filtro nos níveis 30 cm. Isto se deveu talvez ao tipo de material filtrante (água residuária), vez que dissolveu na água, quando da passagem e, fez aumentar os sólidos totais dissolvidos (Figura 10).

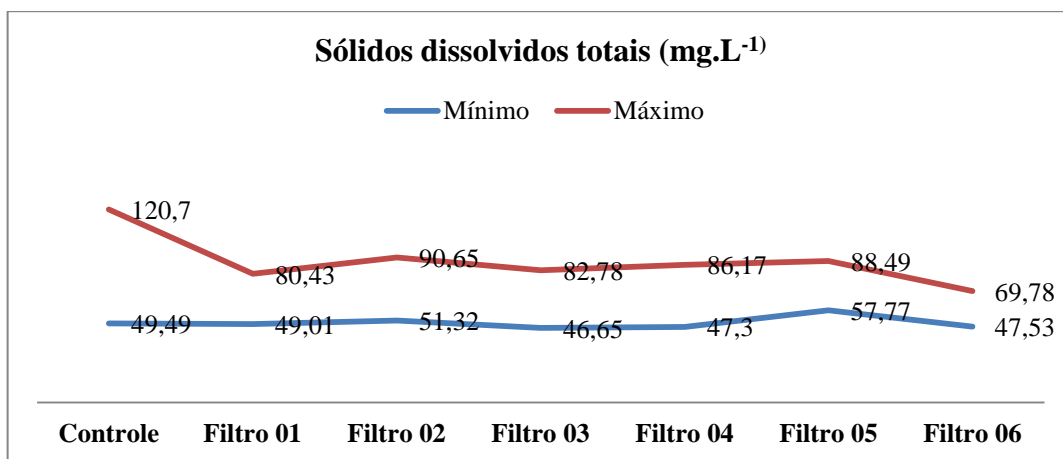


Figura 10- Valores médios de sólidos dissolvidos totais conforme os tipos de filtro.

Os resultados encontrados condizem aos relatos de que à medida que mais sólidos totais dissolvidos são adicionados, a condutividade da água tende a aumentar, disposto por Cetesb (2015). O primeiro nível recebe a água residuária primeiro que os demais níveis. É importante ressaltar que o aumento dos sólidos totais dissolvidos é decorrente da liberação de nutrientes durante o processo de decomposição das frutas e hortaliças que iam parar nos filtros (MARTINS & PITELLI, 2005).

Neste contexto, com relação à Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, o limite de sólidos totais dissolvidos estabelece o valor máximo de 500mg/L em efluentes, onde a água residuária do PFH já se enquadra antes mesmo do tratamento com argila com média de 79,31, contudo pode se obter a eficiência de remoção média final de 21,79% para o filtro 6.

4.1.3. Potencial Hidrogeniônico

Os diferentes níveis de argila expandida não influenciaram ($P > 0,05$) o pH da água residuária, no entanto, os valores numéricos para o índice de remoção não foram isonômicos nos sistemas de filtro (Tabela 06).

Tabela 6- Valores de potencial hidrogeniônico da água residuária, de acordo com níveis de argila expandida utilizados.

Tratamento (Filtro)	Média (pH)	Variação (100%)	Mínimo (%)	Máximo (%)
Controle (bruta)	7,242 a	100,00	6,75	8,24
01 (10 cm)	5,774 a	0,00	4,71	6,61
02 (20 cm)	6,574 a	9,22	6,13	7,01
03 (30 cm)	6,276 a	13,34	4,40	6,94
04 (10 cm)	6,384 a	10,56	4,84	6,87
05 (20 cm)	5,866 a	10,77	4,28	7,14
06 (30 cm)	6,342 a	12,43	5,06	7,27
Média geral	6,351		5,16	7,15
DP (%)	+/- 0,927			
EPM	0,375			

Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem ($p>0,05$) pelo teste Scott-Knott.

Ambos os filtros apresentaram valores médios de potencial hidrogeniônico sem diferenças entre si, no entanto, numericamente, não tiveram o mesmo comportamento no índice de remoção, vez que foi mais expressivo no filtro 03, que correspondeu em média de 212,43 (%) em relação ao filtro 03 e em média de 10,56% para os filtros 04, 10,77% para o filtro 05 e 9,22% para o filtro 02, todos quando comparado com a amostra controle (bruta).

Ambos os níveis da argila expandida proporcionaram pouca variação do pH, isto é, devido à natureza da composição da argila que possui o pH na variação de 8 como já relatado por Rodrigues (2014). Neste contexto se observa que houve uma pequena diminuição, levando como justificativa os relatos já citados envolvendo a média de pH da argila expandida com o pH da água. (Figura 11).

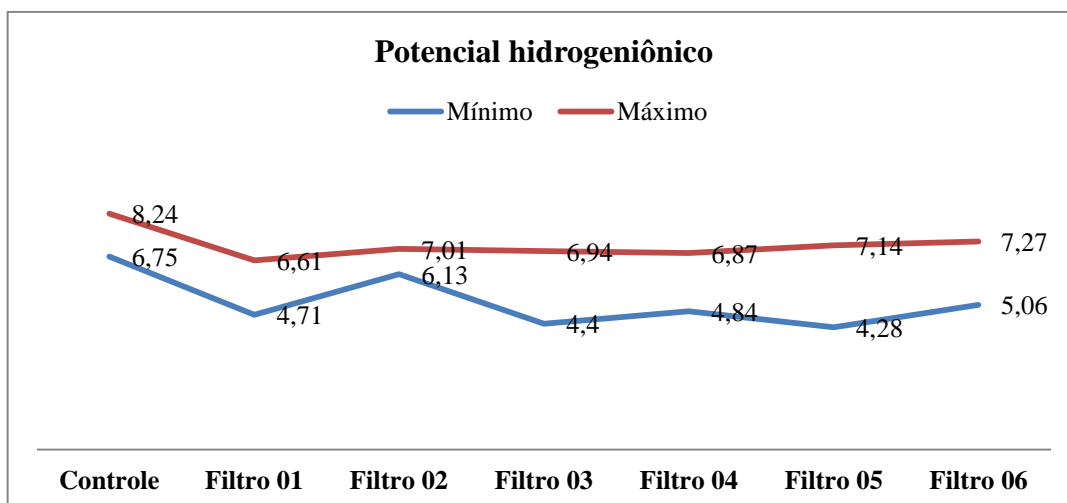


Figura 11- Valores médios de potencial hidrogeniônico conforme os tipos de filtro.

Neste contexto, com relação à Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, na qual dispõe sobre a classificação dos corpos de água e padrões de lançamento de resíduos, o padrão estabelecido de pH é de 6,0 à 9,0. Contudo podemos verificar que o filtro de número 3 foi o único que não variou o pH para menos de 6 em nenhum de seus níveis, diferente do sistema 1 que apresentou uma variação para 5,77 no filtro 1 e o sistema 2 que apresentou variação para 5,87 no filtro 5, ambos não se enquadrando ao limite mínimo de pH.

Conforme disposto no anexo II o pH da argila em água não apresentou valores menores que 6, onde o mesmo pode ter influenciado o equilíbrio dos resultados do pH da água analisada, justificando que quando o solo é constituído por uma mistura de minerais a relação entre o pH em água é influenciada pelo mineral, com predomínio dos argilominerais 2:1 sobre 1:1.

4.1.4. Cor

Os diferentes níveis de argila expandida não influenciaram ($P > 0,05$) a cor da água residuária, no entanto, os valores numéricos para o índice de remoção não foram isonômicos nos sistemas de filtro (Tabela 07).

Tabela 7- Valores de cor da água residuária, de acordo com níveis de argila expandida utilizados.

Tratamento (Filtro)	Média (Pt/L)	Remoção (100%)	Mínimo (%)	Máximo (%)
Controle (bruta)	0,000 a	100,00	0,00	0,00
01 (10 cm)	3,902 a		0,00	10,95
02 (20 cm)	0,000 a		0,00	0,00
03 (30 cm)	33,520 a		0,00	167,60
04 (10 cm)	13,384 a		0,00	66,92
05 (20 cm)	19,456 a		0,00	58,03
06 (30 cm)	1,738 a		0,00	8,69
Média geral	10,285		0,00	44,59
DP (%)	+/- 31,642			
EPM	14,860			

Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem ($p>0,05$) pelo teste Scott-Knott, (1974).

O filtro 03 (maior nível de argila) apresentou alto valor de cor, onde o comportamento no índice de remoção se deu por acúmulo. Isto se deu, talvez, pela forma de distribuição da água residuária no sistema conjugado entre os respectivos filtros e, possibilitou a passagem mais lenta do resíduo que contribuiu pela maior permanência do efluente neste filtro.

Verificou que o menor nível da argila expandida proporcionou menor média em cor, isto é, devido à natureza da composição da argila, que pode dissolver partículas na água, quanto menos argila, menor o nível de cor acumulado. O alto índice do tanque03 se deve talvez ao tipo de material filtrante (água residuária), vez que dissolveu na água, quando da passagem e, fez aumentar a respectiva cor (Figura 12).

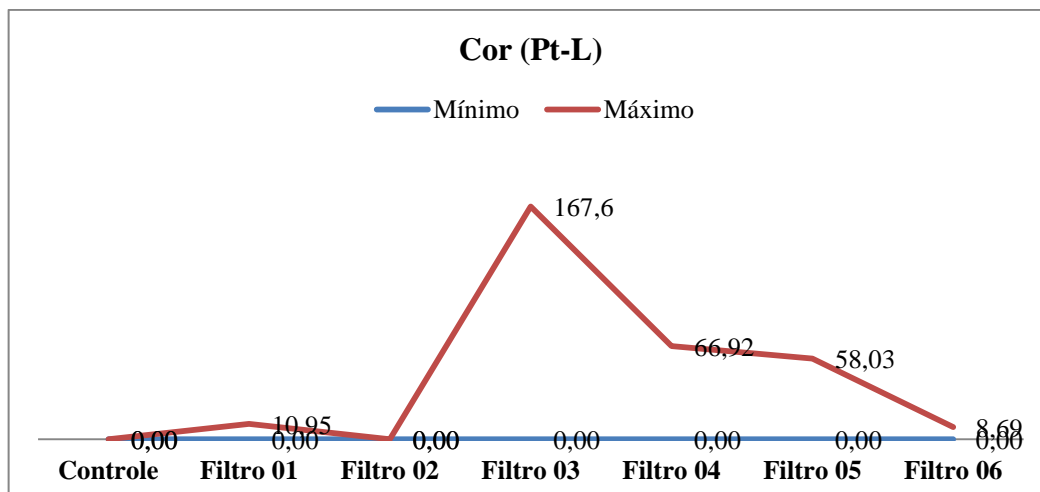


Figura 12- Valores médios de cor conforme os tipos de filtro.

Para Cor, ambos os sistemas obtiveram um acúmulo, o que pode ser explicado pela localização do protótipo que sofria interferências climáticas, visto que o mesmo estava exposto à chuva.

Neste contexto, com relação à Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, na qual dispõe sobre a classificação dos corpos de água e padrões de lançamento de resíduos, o limite para cor verdadeira de até 75mg Pt/L. Levando em consideração o segundo nível de cada sistema, o mesmo se enquadra no estabelecido.

A cor é geralmente um indicador de presença de metais (Fe e Mn) e Humos (matéria orgânica) dentre outras substâncias dissolvidas. Conforme disposto no anexo 1, houve acúmulo de Ferro e variação no Magnésio, o que pode ter contribuído para o aumento do parâmetro cor.

4.1.5. Turbidez

Os diferentes níveis de argila expandida não influenciaram ($P > 0,05$) a turbidez da água residuária, no entanto, os valores numéricos para o índice de remoção não foram isonômicos nos sistemas de filtro (Tabela 08).

Tabela 8- Valores de turbidez da água residuária, de acordo com níveis de argila expandida utilizados.

Tratamento (Filtro)	Média (UNT)	Remoção (100%)	Mínimo (%)	Máximo (%)
Controle (bruta)	0,000 a	100,00	0,00	0,00
01 (10 cm)	8,726 a		0,00	27,99
02 (20 cm)	20,260 a		0,00	3,69
03 (30 cm)	3,242 a		0,00	10,71
04 (10 cm)	7,446 a		0,00	32,34
05 (20 cm)	22,812 a		0,00	64,00
06 (30 cm)	11,084 a		0,00	43,55
Média geral	10,510		0,00	26,04
DP (%)	+/- 20,387			
EPM	9,271			

Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem ($p>0,05$) pelo teste Scott-Knott, (1974).

Os filtros 02 e 05 (nível médio de argila) apresentaram altos valores em turbidez, no entanto, ambos os filtros tiveram o mesmo comportamento de acúmulo para turbidez, vez que foi mais expressivo no filtro 05, que correspondeu em média de 22,81 (%) em relação ao filtro 02 e em média de 7,33% para os filtros 04, 11,08% para o filtro 06 e 8,72% para o filtro 01, todos quando comparado com a amostra controle (bruta). Isto se deu, talvez, pela interferência dos fatores climáticos, uma vez que o experimento se encontrou em local aberto.

Verificou que com o menor nível da argila expandida proporcionou-se menor acúmulo de turbidez, isto é, devido à natureza da composição da argila que facilita a retenção da turbidez pela passagem ao filtro. (Figura 13).

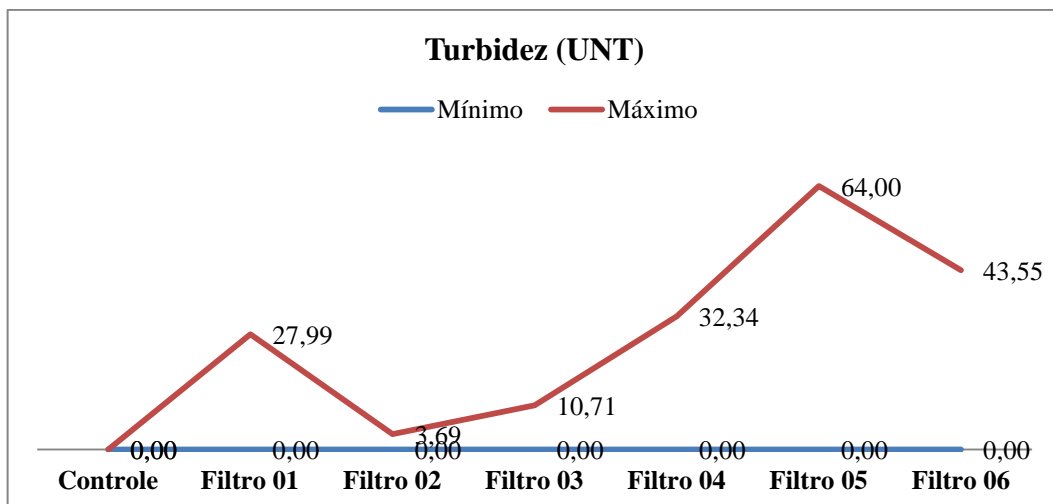


Figura 13- Valores médios de turbidez conforme os tipos de filtro.

Neste contexto, com relação à Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, o limite estabelecido para turbidez o limite de até 100 UNT. Levando em consideração o segundo nível de cada sistema, o mesmo se enquadra no estabelecido.

A cor da água e partículas de carbono interfere na medida da turbidez devido a sua propriedade de absorverem luz. As presenças de matérias sólidas (silte, argila, sílica e coloide), matéria orgânica e inorgânica, organismos microscópicos e algas. Há variável em função de chuvas, graças ao carreamento de sedimentos.

4.1.6. Demanda química de oxigênio

Os diferentes níveis de argila expandida não influenciaram ($P>0,05$) a demanda química de oxigênio da água residuária, no entanto, os valores numéricos para o índice de remoção não foram isonômicos nos sistemas de filtro (Tabela 09).

Tabela 9- Valores de demanda química de oxigênio da água residuária, de acordo com níveis de argila expandida utilizados.

Tratamento (Filtro)	Média (mg.L⁻¹)	Remoção (100%)	Mínimo (%)	Máximo (%)
Controle (bruta)	102,376 a	100,00	88,50	118,00
01 (10 cm)	120,350 a	- 36,82	94,00	184,00
02 (20 cm)	110,850 a	38,57	14,00	122,80
03 (30 cm)	98,450 a	51,07	23,50	85,30
04 (10 cm)	88,250 a	21,00	6,00	121,00
05 (20 cm)	86,350 a	11,72	31,00	121,50
06 (30 cm)	72,150 a	42,19	14,00	122,80
Média geral	96,968		38,71	125,05
DP (%)	+/- 41,320			
EPM	19559			

Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem ($p>0,05$) pelo teste Scott-Knott, (1974).

Os filtros 03 e 06 (maior nível de argila) apresentaram menores valores de demanda química de oxigênio, mas não tiveram o mesmo comportamento no índice de remoção, vez que foi mais expressivo no filtro 03, que correspondeu em média de 51,07% e em média de 42,19 para o filtro 06 comparado com a amostra controle (bruta). Contudo o filtro 01 apresentou acúmulo de 36,82% que se deu, talvez, pela forma de distribuição da água residuária no sistema conjugado entre os respectivos filtros e, possibilitou a passagem mais lenta do resíduo que contribuiu pela maior permanência do efluente neste filtro. O segundo nível com o filtro 04 apresentou tendência à redução da demanda química de oxigênio, com 21,0% de índice de remoção.

Verificou-se que com aumento do nível da argila expandida proporcionou menor demanda química de oxigênio, isto é, devido à natureza da composição da argila que facilita a retenção e diminuição de demanda química de oxigênio, de quando da passagem pelo filtro no nível 30 cm como vemos na figura 14.

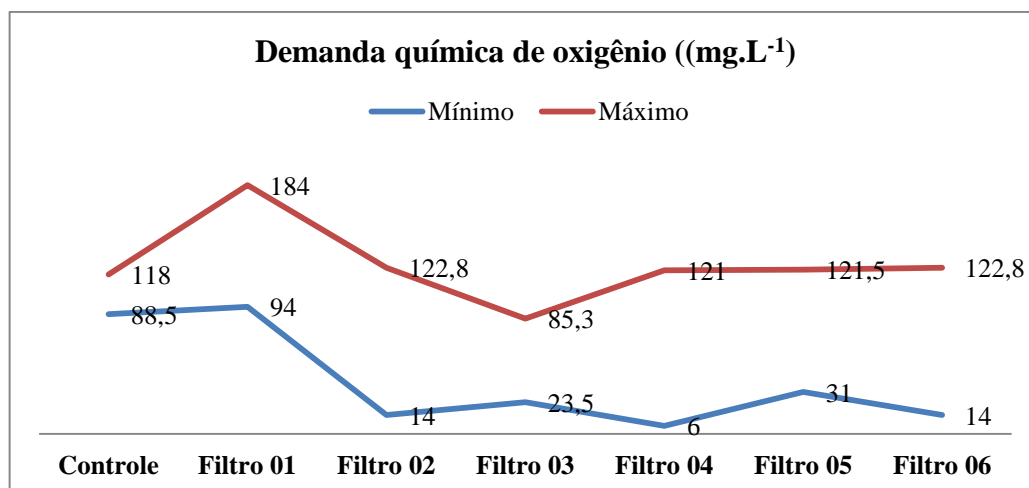


Figura 14- Valores médios de demanda química de oxigênio conforme os tipos de filtro.

Marcelino (2013) operando reatores UASB com argila expandida para o tratamento têxtil apresentou valores médios de remoção de 71,32% respectivamente. A discrepância ao presente trabalho deve, talvez, se justificar pela intervenção climática, visto que o filtro permanecia em local aberto, dificultando melhor filtração.

A DQO em efluentes e em águas de superfície é uma das características mais expressivas para determinação do grau de poluição da água, esta análise reflete a quantidade total de componentes oxidáveis, seja carbono ou hidrogênio de hidrocarbonetos, nitrogênio (de proteínas, por exemplo), ou enxofre e fósforo de detergentes. O acúmulo de DQO no presente trabalho pode ser justificado pela interferência do fósforo tanto para argila quanto para a água, além da retenção de matéria orgânica pela argila, vez que a DQO avalia a quantidade de oxigênio dissolvido que leva a degradação da matéria orgânica.

Neste contexto, com relação à Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, estabelece para DQO o limite de até 180 mg/L⁻¹. Levando em consideração o segundo nível de cada sistema, o mesmo se enquadra no estabelecido.

4.1.7. Fósforo Total

Os diferentes níveis de argila expandida não influenciaram ($P > 0,05$) o fósforo total da água residuária, no entanto, os valores numéricos para o índice de remoção não foram isonômicos nos sistemas de filtro (Tabela 10).

Tabela 10- Valores de fósforo total da água residuária, de acordo com níveis de argila expandida utilizados.

Tratamento (Filtro)	Média (mg.L ⁻¹)	Remoção (100%)	Mínimo (%)	Máximo (%)
Controle (bruta)	0,176 a	100,00	0,03	7,17
01 (10 cm)	0,416 a	0,00	0,25	6,05
02 (20 cm)	0,378 a	11,69	0,15	7,01
03 (30 cm)	0,574 a	19,80	0,24	6,81
04 (10 cm)	0,402 a	16,03	0,26	4,84
05 (20 cm)	0,530 a	17,45	0,46	4,72
06 (30 cm)	0,462 a	8,40	0,27	5,06
Média geral	0,419		0,23	5,95
DP (%)	+/- 41,320			
EPM	0,094			

Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem ($p>0,05$) pelo teste Scott-Knott, (1974).

Os filtros apresentaram acúmulo de fósforo, vez que foi mais expressivo no filtro 03, que correspondeu em média de 19,80% de acúmulo. Isto se deu, talvez, sugerindo que o fósforo presente encontra-se em forma inorgânica, onde o mesmo pode ser justificado devido ao detergente utilizado na higienização do setor no caso o PFH, e também aos resíduos de fertilizantes em alimentos processados devido a pré-lavagem, conforme já citado por Harper (1992), além da interferência climática (CETESB 2015).

Verificou-se que o filtro 06, em relação ao filtro 03, apresentou tendência à redução. (Figura 15).

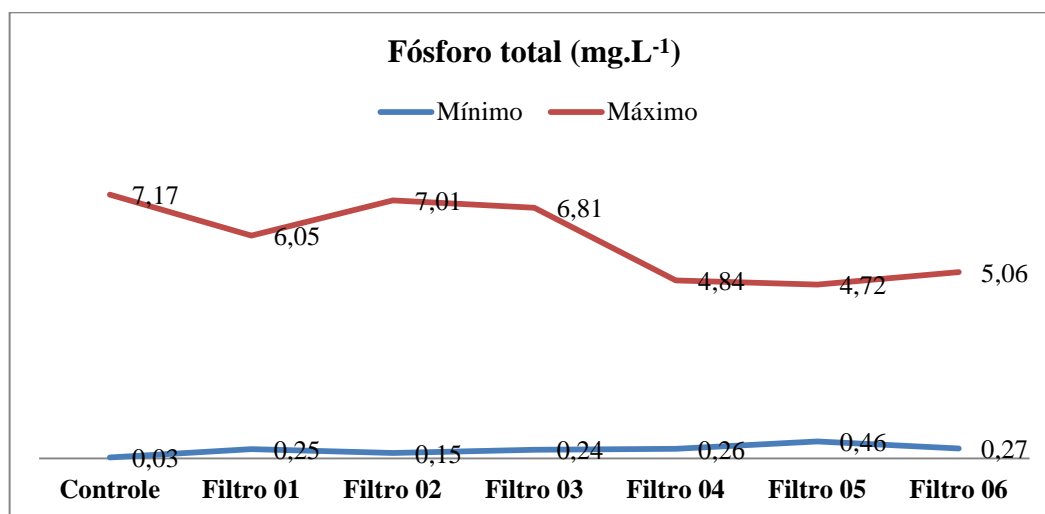


Figura 15- Valores médios de fósforo total conforme os tipos de filtro.

Neste contexto, com relação à Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, indica uma alta de Fósforo Total até 0,030 mg/L. Levando em consideração o segundo nível de cada sistema, o mesmo não se enquadra no estabelecido.

Conforme disposto no anexo II, o fósforo encontrado nas amostras de argila com relação a amostra de argila de controle (bruta), também obteve acúmulo do parâmetro, correlacionando com o apresentado nas amostras de água tratada. Apesar de apresentar retenção do parâmetro, a disponibilidade de fósforo derivada do detergente utilizado no setor poderia ser de alta concentração, não possibilitando uma retenção suficiente para diminuir a concentração em água.

4.1.8. Nitrogênio

Os diferentes níveis de argila expandida não influenciaram ($P>0,05$) o nitrogênio da água residuária, no entanto, os valores numéricos para o índice de remoção não foram isonômicos nos sistemas de filtro (Tabela 11).

Tabela 11- Valores de nitrogênio da água residuária, de acordo com níveis de argila expandida utilizados.

Tratamento (Filtro)	Média (mg.L⁻¹)	Remoção (100%)	Mínimo (%)	Máximo (%)
Controle (bruta)	0,024 a	100,00	0,003	0,010
01 (10 cm)	0,012 a	0,00	0,001	0,028
02 (20 cm)	0,010 a	60,00	0,004	0,015
03 (30 cm)	0,006 a	25,00	0,003	0,011
04 (10 cm)	0,028 a	40,48	0,001	0,011
05 (20 cm)	0,010 a	6,25	0,004	0,020
06 (30 cm)	0,008 a	5,00	0,001	0,008
Média geral	0,014		0,002	0,014
DP (%)	+/- 41,320			
EPM	0,009			

Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem ($p>0,05$) pelo teste Scott-Knott, (1974).

Os filtros 02 e 05 (nível 20 cm de argila) apresentaram valores que corresponderam em média 27% de nitrogênio de acordo com a Resolução 430/11 e a Deliberação 01/08, muito embora sem diferenças entre si. No entanto, numericamente, não tiveram o mesmo comportamento no índice de remoção, vez que foi mais expressivo no filtro 02, que

correspondeu em média de 60,0% em relação ao filtro 05. Assim também o acúmulo no filtro 04 de média 40,48 % em relação ao filtro 01 para um mesmo nível de argila.

Com aumento do nível da argila expandida proporcionou menor concentração de nitrogênio, isto pode ser devido à natureza da composição da argila no qual tenha retido maior concentração de nitrogênio quando da passagem pelo filtro no nível de 30 cm (Figura 16).

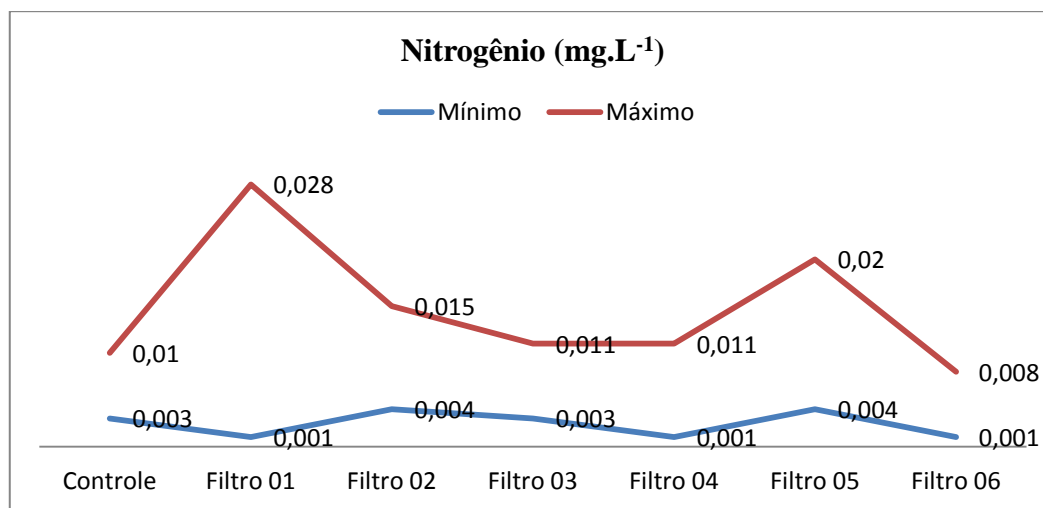


Figura 16- Valores médios de nitrogênio conforme os tipos de filtro.

Neste contexto, com relação à Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01 e a Resolução 430/11, onde o limite é até 20 mg/L⁻¹. Levando em consideração o nível de cada sistema, o mesmo demonstrou que está de acordo com a DN- 01/88 e com a Resolução 430/11.

O parâmetro de nitrogênio, como já citado, encontra-se a baixo do limite estabelecido com a média de maior concentração 0,028mg.L que se encontra no filtro 04 contendo 10cm de argila. OLIVEIRA (2008) obteve para nitrogênio a média de maior concentração de 15mg. L, sendo que o presente trabalho em comparação com o mesmo obteve 0,18% de maior efetividade.

Estes valores encontrados podem ser devido ao fato do nitrogênio ter sido metabolizado por bactérias vez que são utilizadas para suas estruturas celulares, favorecendo assim para sua menor concentração nas águas residuárias.

4.2. Parâmetros da argila

4.2.1. Parâmetros da porcentagem de matéria orgânica

A argila foi encaminhada para o laboratório de solos do IFSULDEMINAS - *Campus Inconfidentes* para análise química, separadas em amostra bruta, ou seja, antes de entrar no sistema, e 6 amostras relacionadas a cada filtro do sistema. A análise foi realizada pelo responsável técnico Eduardo Rodrigues, ao qual a Amostra 1 – equivalente a bruta; Amostra 2- equivalente ao 1° filtro -1° sistema; Amostra 3- equivalente ao 2° filtro - 2° sistema; Amostra 4- equivalente ao 3° filtro - 3° sistema; Amostra 5- equivalente ao 4° filtro - 1° sistema; Amostra 6- equivalente ao 5° filtro - 2° sistema; Amostra 7- equivalente ao 6° filtro - 3° sistema, disposto no anexo II.

4.2.2. Matéria orgânica gravimétrica

Para as análises da argila expandida realizadas por diferença de peso obteve-se os resultados dispostos na Tabela 12.

Tabela 12- Análise de matéria orgânica gravimétrica, (2015).

Controle (Bruta)	4,96%
Amostra 1	94,61%
Amostra 2	94,86%
Amostra 3	94,78%
Amostra 4	94,92%
Amostra 5	94,94%
Amostra 6	82,22%

A água usada na lavagem de frutas e hortaliças pode se tornar contaminada facilmente e rapidamente saturada com matéria orgânica, uma vez que no PFH processa uma grande quantidade de frutas e hortaliças diariamente, onde a passagem de água utilizada transporta resíduos que se acumulam nos filtros de argila, assim aumentando a concentração de matéria orgânica com o passar do tempo, vez que não eram efetuados limpeza previa no setor e nos filtros de argila.

As argilas expandidas contêm propriedades que ajudam na retenção e diminuição da matéria orgânica na água, sendo um ótimo aliado para o tratamento da mesma.

A argila expandida apresentou resultados semelhantes e significativos para todos os filtros em relação à retenção de matéria orgânica, devido à alta capacidade de absorção da argila, com exceção do filtro 6, apresentando 82,22% de matéria orgânica. A concentração de matéria orgânica para a amostra 3, pode ter influenciado a menor concentração de matéria orgânica da amostra 6, ambos de 30 cm de argila, que pode ser justificado pela proliferação de ervas daninhas no filtro 3, ilustrado na figura 17, onde suas raízes podem ter contribuído para essa redução, uma vez que ambos eram interligados.



Figura 17: Presença de erva daninha no filtro de argila 3, de 30 cm, após o tratamento da água residuária.

Fonte: Elaboração própria, 2015.

5. CONCLUSÕES

Nas condições do protótipo de ensaio os filtros de argila expandida foram efetivos para os tratamentos dos efluentes do PFH quando analisada a maioria dos parâmetros, onde se denotou capaz de reduzir os índices de impurezas residuárias, muito embora esse fato tenha ocorrido apenas quando da utilização do maior nível de argila, ou seja, 30 cm. No entanto para o menor nível de argila, ou seja contendo 10 cm se denotou uma melhora no comportamento para os parâmetros de turbidez e fósforo.

Embora a maioria dos resultados estejam de acordo com os padrões estabelecidos pela a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01 de 05 de maio de 2008, sugere que os respectivos valores demonstraram uma redução das impurezas quanto a contaminação e poluição dos respectivos resíduos gerados.

Novos estudos deverão ser realizados com o intuito de elucidar diferentes quantidades de argila e maior tempo de detenção hidráulico.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIT – Associação Brasileira da Indústria Têxtil. **Dados de denim e calças jeans produção, faturamento e exportação.** 2011. São Paulo, 2011. 1 p. Disponível em: http://www.abit.org.br/site/navegacao.asp?idmenu=8&id_sub=25&idioma=PT . Acesso em: nov. 2015.

ANA – Agência Nacional de Águas. **Água na medida certa: a hidrometria no Brasil.** Brasília, 2012. 72 p

ARAUJO, G. M. **Recursos Hídricos mundiais,** Fortaleza-CE, DNOCS, 1988 44p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13969: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação.** Rio de Janeiro, 1997. http://www.acquasana.com.br/legislacao/nbr_13969.pdf . Acesso em 19 de junho de 2014

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil.** Brasília/DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988. 292 p.
42

BRASIL. **Lei Federal nº 9433 de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.** Brasília/DF, 1997.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Institui a Política Nacional do Meio Ambiente.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 1981.

BRASIL. **Lei Federal nº 9605 de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente.** Brasília/DF, 1998.

BRASIL. **Lei Federal nº 9984 de 17 de julho de 2000. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA.** Brasília/DF, 2000.

BORGES, L. Z. **Caracterização da Água Cinza para Promoção da Sustentabilidade dos Recursos Hídricos.** Dissertação de Mestrado do Programa de Pós – Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental da Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2003.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Águas superficiais: variáveis de qualidade das águas.** Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/Aguas-Superficiais/34-Variaveis-de-qualidade-das-Águas> . Acesso em novembro de 2015.

CINEXPAN; **A argila expandida:** produção da argila expandida. Disponível em: <http://www.cinexpan.com.br/argila-expandida/producao-argila-expandidacinexpan.html>. Acesso em: novembro de 2015.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução 357 de 17 de março de 2005.** Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Brasília/DF, 2005.

COPAM/CERH -Conselho estadual de política ambiental/Conselho estadual de recursos hídricos. **Deliberação Normativa número 1 de 13 maio de 2008.** Dispõe sobre a

classificação dos corpos de água e padrões de lançamento de resíduos, e dá outras providências. 2008.

COSTA FILHO, A. G. **Aplicação de sistemas alternativos para o tratamento de esgoto em áreas de mananciais em Santo André – Wetland.**2004 Disponível em: http://www.semasa.sp.gov.br/Documentos/ASSEMAE/Trab_56.pdf . Acesso em: 25 nov. 2015.

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

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computerstatisticalanalysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov. /dez. 2011.

HARPER, D. M. **Eutrophication of freshwaters: principles, problems, and restoration.** London: Chapman & Hall, 1992. 327 p.

HESPANHOL, I. **Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos.** In: MANCUSO, P. C. S., SANTOS, H. F. (ed.). **Reúso de água.** São Paulo: Manole, 2002. cap. 13, p. 37-95.

HRUDEY, S. E., BURCH, M., DRIKAS, M., GREGORY, R. - "**Remedial Measures**", in Toxic Cyanobacteria in Water, editado por Ingrid Chorus e Jamie Bartram, London e New York, E & FN SPON, 1999, pp. pp 275-306. In: CAMPINAS Margarida ET all, **Previsão da capacidade de remoção de cianobactérias e cianotoxinas na eta de alcantarilha. Actas do 10º Encontro Nacional de Saneamento Básico. Associação Portuguesa de Saneamento Básico.** Universidade do Minho, 16-19 de Setembro 2002. Disponível em: <http://w3.ualg.pt/~mribau/Textos/Previsao%20capacidade.pdf>. Acesso em: novembro de 2015.

IRPAA- Instituto regional da Pequena Agropecuária Apropriada; **A busca de água no sertão;** 3ed; Juazeiro, 1996. Disponível em: <http://www.irpaa.gov.br> . Acesso em: novembro de 2015.

LAVRADOR, J.F. **Contribuição para o entendimento do reuso planejado de água e algumas considerações sobre as suas possibilidades no Brasil**. São Paulo, 1987. Dissertação (mestrado) - Escola politécnica da universidade de São Paulo.

MANCUSO, Pedro Caetano Sanches; SANTOS, Hilton Felício dos. **Reúso de água**. São Paulo 2003, Editora Manole Ltda, - 579 páginas

MARCELINO, Denise Mary Santana. **Avaliação da remoção de cor, matéria orgânica e sulfato de efluente têxtil através de reatores biológicos seqüenciais** (dissertação mestrado). Universidade Federal De Pernambuco Centro acadêmico do agreste – núcleo de tecnologia programa de pós-graduação em engenharia civil e ambiental tecnologia ambiental Caruaru 2013,

MARTINS, A. T.; PITELLI, R. A. **Efeitos do manejo de *Eichhorniacrassipes* sobre a qualidade da água em condições de mesocosmos**. Planta Daninha, v. 23, n. 2, p. 233-242, 2005.

MINOWA, C.*et al.* **Reuso da Agua**; São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2007. Disponível em: www.usp.com.br. Acesso em: novembro. 2015.

MMA (ministério do meio ambiente) **Plano nacional de Recursos hídricos**. <http://www.ana.gov.br/pnrh/documentos/5textos20plano%20nacional14-04-05.pdf> . Acesso em: novembro. 2015.

MMA (ministério do meio ambiente) **Plano nacional de Recursos hídricos**. <http://www.ana.gov.br/pnrh/documentos/5textos20plano%20nacional20-04-11.pdf> . Acesso em: novembro. 2015.

MOTTA, Ronaldo Serôa da. **Desafios Ambientais da Economia Brasileira**. Rio de Janeiro, ago.1997. Disponível em <http://www.plataformademocratica.org/Publicacoes/1387.pdf> . Acesso em: novembro. 2015.

PÁDUA, Mikaela Regina de. **Emprego de filtro biológico de aguapé no tratamento de água residuária de processamento de frutas e hortaliças**. (TCC Graduação).

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais - Câmpus Inconfidentes. **Inconfidentes-MG 2015.**

PATERNIANI, J. E. S.; ROSTON. D. M. Tecnologias para tratamento e reuso da água no meio rural. In: HAMADA, E. (Ed.) **Água, agricultura e meio ambiente no Estado de São Paulo: avanços e desafios.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003.

PINTO, N. de O; HERMES, L.C.; **Sistema Simplificado para a melhoria da qualidade da água consumida nas comunidades rurais do semiárido do Brasil-** Jaguariuna: Embrapa Meio Ambiente, 2006. Documento online. N° 53

REBOUÇAS, Aldo da C., **Água no Brasil: abundância, desperdício e escassez,** BAHIA ANÁLISE & DADOS, Salvador, v. 13, n. ESPECIAL, p. 341-345, 2003

RODRIGUES, R. S. **Desempenho de um sistema de filtração lenta de água em argila expandida e geotêxtil.** 2014. 141p. Dissertação de Mestrado- Universidade do Minho Escola de Engenharia. Guimaraes, Portugal

SANTOS, D. C *et al:* **Avaliação do desempenho de filtros para tratamento de água cinza.** UFPR .2000.

OLIVEIRA, J.M, **Estudos da influência do material de enchimento na remoção de matéria orgânica, azoto e sólidos em leitos de macrofitas do tipo ESSH.** Tese (Mestrado). Universidade Nova de Lisboa. Departamento de Ciências de Engenharia do Ambiente, Lisboa – Portugal. 125 f. 2008

TSUTIYA. **Abastecimento de água,** Disponível em <https://www.passeidireto.com/arquivo/3861379/abastecimento-de-agua---tsutiya>. Acesso em novembro. 2015.

UNICEF. **Progressos no acesso a água potável.** Brasil, 15 de março de 2011, http://www.unicef.org/brazil/pt/media_17280.htm . Acesso em: novembro. 2015.

WESTERHOFF, G. P. *Un update of research needs for water reuse*. In: **WATER REUSE SYMPOSIUM**, 3º Proceedings. San Diego, Califórnia, 1984. In: MENEZES, Nyadja;

RAMOS, George. **A Importância do tratamento de efluentes orgânicos e industriais como mecanismo de reaproveitamento de água em indústrias: Análise do programa das baterias Moura em Belo Jardim**. Disponível em: www.ibeas.org.br/congresso/trabalhos2010/ii-001.pdf . Acesso em: novembro. 2015.

7. ANEXOS

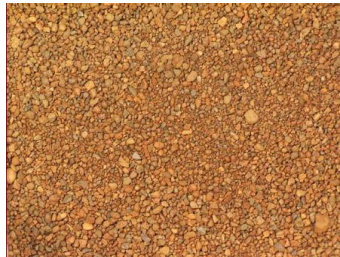
Anexo I – Características das argilas





Argila Expandida

Tabela 13- Detalhamento das propriedades da argila expandida.

Granulométricas			
Tamanho	Diâmetro	Equivalência	Densidade
Grande (3222)	22 a 32 mm	Brita 2	400/480 kg/m³
Médio (2215)	5 a 22 mm	Brita 1	450/530 kg/m³
Fino (1506)	06 a 15 mm	Brita 0	580/660 kg/m³
Restolho (0500)	abaixo de 6 mm	Areia grossa	800/880 kg/m³

Fonte: Cinexpan, 2015.

Tipo	Imagem	Dados
Tipo 0500		UTILIZAÇÃO: ARGAMASSA LEVE BLOCOS DE CONCRETO LEVE Granulometria de 0 a 5 mm (Equivalente a Areia Grossa) Densidade Aparente 850 kg/m ³ ± 10%

<p>Tipo 1506</p>		<p>UTILIZAÇÃO: CONCRETOS LEVES NIVELAMENTOS DE PISOS (Abaixo de 6 cm) Granulometria de 6 a 15 mm (Equivalente a Brita 0) Densidade Aparente 600 kg/m³ ± 10%</p>
<p>Tipo 2215</p>		<p>UTILIZAÇÃO: ENCHIMENTOS LEVES (Entre 4 a 10 cm) Granulometria de 15 a 22 mm (Equivalente a Brita 1) Densidade Aparente 500 kg/m³ ± 10%</p>
<p>Tipo 3222</p>		<p>UTILIZAÇÃO: ISOLAMENTO TÉRMICO E ENCHIMENTOS LEVES (Acima de 10 cm) Granulometria de 22 a 32 mm (Equivalente a Brita 2) Densidade Aparente 450 kg/m³ ± 10%</p>
<p>Substrato</p>		<p>UTILIZAÇÃO: JARDINAGEM E PAISAGISMO</p> <ul style="list-style-type: none"> – Utilizada para fazer drenagens – Efeito Decorativo – Mantém a Terra Úmida – Evita Propagação de pragas no jardim – Ideal para cultura hidropônica – Propicia aeração das raízes das plantas

Fonte: Adaptada de Cinexpan, 2015.

Anexo II- Tabela de referência de resultados da análise química da argila expandida realizada pelo Laboratório de Análise de Solos do IFSULDEMINAS- *Campus* Inconfidentes -2015

LABORATÓRIO DE ANÁLISE DE SOLOS
 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais
 Câmpus Inconfidentes

Praça Tiradentes, 416 - Inconfidentes - MG - CEP 37576-000 - TELEFAX (35) 3464-1262

Produtor: PROFESSOR EIDER CLEMENTINO DOS SANTOS(MARIELLE BELCHIOR DE LIMA)
 Propriedade: IFSUL
 Bairro:
 Município: INCONFIDENTES

Protocolo	Amostra	Identificação	Data	PH em água	mg/dm³			Cmol/dm³			%	V	M.O.	%	mg/dm³						mg/L				
					P	K	Ca	Al	Mg	H+Al					SB	CTC	Zn	Fe	Mn	Cu		B	S		
20150283	1	AM. 1	12/03/2015	6,21	12,70	16,50	0,00	0,12	0,05	0,71	0,21	0,92	22,87	0,00	0,00	2,22	1,23	0,22	38,10	10,00	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00
20150284	2	AM. 2	12/03/2015	6,23	19,24	16,30	0,00	0,16	0,05	0,68	0,25	0,93	26,82	0,00	0,00	3,03	1,24	0,34	41,60	8,20	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00
20150285	3	AM. 3	12/03/2015	6,31	16,84	25,50	0,00	0,18	0,07	0,74	0,31	1,05	29,79	0,00	0,00	2,58	1,06	0,30	43,10	8,90	0,48	0,00	0,00	0,00	0,00
20150286	4	AM. 4	12/03/2015	6,40	17,20	29,60	0,00	0,31	0,09	0,74	0,48	1,22	39,03	0,00	0,00	3,64	1,14	0,33	55,60	8,60	0,43	0,00	0,00	0,00	0,00
20150287	5	AM. 5	12/03/2015	6,57	16,20	16,90	0,00	0,10	0,03	0,67	0,18	0,85	21,42	0,00	0,00	3,03	0,80	0,15	40,40	5,50	0,29	0,00	0,00	0,00	0,00
20150288	6	AM. 6	12/03/2015	6,50	16,84	19,30	0,00	0,07	0,03	0,66	0,16	0,81	19,34	0,00	0,00	2,12	0,70	0,21	48,35	19,60	0,41	0,00	0,00	0,00	0,00
20150289	7	AM. 7	12/03/2015	6,52	21,65	25,40	0,00	0,08	0,02	0,64	0,17	0,80	20,72	0,00	0,00	4,85	0,27	0,12	43,40	6,60	0,45	0,00	0,00	0,00	0,00

Colocada de acordo com o P. 2005137300

A Análise química do solo e de folha são recursos indispensáveis para definir doses adequadas de corretivos e fertilizantes

SB = Soma de Bases Trocáveis
 CTC = Capacidade de Troca de Cátions a pH7
 m = Saturação de Alumínio
 B = Extrator Água Quente

V = Saturação de Bases a CTC pH7
 M.O. = Matéria Orgânica
 mha = Análise Mão Solúvel
 P-rem = Fósforo Remanescente

Ca/Mg e Mg/K = Relação
 P - Na - K - Fe - Zn - Mn - Cu = Extrator Mehlich 1:10.
 Co, Mg e Al = Extrator KCl 1M 1:10.
 S = Extrator Fósforo Monocálcio em ácido Acético.