



**ADRIANA ARANTES CRUZ**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA PLUVIAL DE TELHADO  
SUBMETIDA A DIFERENTES PROTÓTIPOS DE FILTRO**

**INCONFIDENTES – MG**

**2016**

**ADRIANA ARANTES CRUZ**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA PLUVIAL DE TELHADO  
SUBMETIDA A DIFERENTES PROTÓTIPOS DE FILTRO**

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

Orientador: D.Sc. Ademir José Pereira

**INCONFIDENTES – MG**

**2016**

**ADRIANA ARANTES CRUZ**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA PLUVIAL DE TELHADO  
SUBEMTIDA A DIFERENTES PROTÓTIPOS DE FILTRO**

**Data de aprovação: 10 de maio de 2016**

---

**D.Sc. Ademir José Pereira**  
**IFSULDEMINAS - *Campus Inconfidentes***

---

**M.Sc. Taciano Benedito Fernandes**  
**IFSULDEMINAS - *Campus Inconfidentes***

---

**M.Sc. Júlio César Domingos Pereira**  
**IFSULDEMINAS - *Campus Inconfidentes***

## DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho aos meus pais Antônio da Cruz Filho e Roseli Arantes Garcia Cruz, que não mediram esforços durante esses últimos anos para que minha única preocupação fossem os estudos. Sou grata a vocês por tudo, a presença de vocês significou segurança e confiança na realização e conclusão deste curso.*

## AGRADECIMENTOS

*Agradeço, primeiramente a Deus, por ter me dado saúde e força durante todos esses anos, as dificuldades foram superadas pela Fé que em ti deposito. A Nossa Senhora, Rainha e Mãe, que com seu manto me protegeu e cobriu de todas as fraquezas.*

*Á toda minha família, Pai e Mãe obrigada pela oportunidade, apesar de todas as dificuldades sem o incentivo de vocês isso não seria possível.*

*Ao meu namorado e amigo Danilo, pelo apoio durante esses anos, e a grande compreensão de minha ausência dedicada ao estudo, seu carinho e companheirismo foi essencial.*

*Agradeço ao IFSULDEMINAS-Campus Inconfidentes pela oportunidade de estudo e apoio na realização das análises, bem como o técnico de laboratório Toni Vander que muito ajudou na realização das análises.*

*Ao meu orientador Ademir José Pereira, pelo suporte, atenção, paciência e disponibilidade na realização deste trabalho, Muito Obrigado!*

*Ao meu coorientador Taciano Benedito Fernandes, pelos diversos direcionamentos no trabalho, bem como na realização das análises, seu apoio e dedicação sempre serão lembrados, Muito Obrigado!*

*A todos os professores por me proporcionar o conhecimento no processo de formação profissional, aos quais terão os meus eternos agradecimentos. Em especial ao Prof. Júlio César Domingos Pereira que aceitou o convite de participar da banca.*

*Aos os meus colegas de curso que de alguma forma fizeram parte da minha formação, especialmente a Alana Lopes, Alane Eva e Pâmela Raposo (Grande companheira de trabalho), que a amizade entre nós perdure para toda vida.*

*A minha parceira conterrânea e amiga Gabriela, a qual dividi a mesma casa, e que para a realização deste trabalho se mostrou fundamental, além de aturar o estresse do momento, ajudou nas diversas tarefas realizadas.*

## EPÍGRAFE

*“A água de boa qualidade, é como a saúde ou a liberdade: só tem valor quando acaba”.*

*(Guimarães Rosa)*

## RESUMO

O uso consciente dos recursos hídricos vem sendo abordado frequentemente devido aos longos períodos de escassez. Deste modo, a água de chuva, que é uma das formas de ocorrência de água na natureza, pode também ser reutilizada, e apesar de ser uma técnica antiga, a reutilização, não é ultrapassada. O presente trabalho foi desenvolvido no IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes, e teve como objetivo avaliar as qualidades físico-químicas e microbiológicas de águas pluviais submetidas a tratamento em diferentes filtros de desvio de água pluvial. Os filtros testados foram: DesviUFPE (LIMA, 2012), e duas adaptações deste, uma adaptação com bucha vegetal (*Luffa cylindrica*) e outra adaptação com brita. As adaptações do filtro DesviUFPE (LIMA, 2012) foram eficazes no tratamento da água pluvial com exceção do parâmetro condutividade elétrica que não foi satisfatória. O filtro DesviUFPE (LIMA, 2012), apesar de apresentar resultados inferiores com relação às adaptações, foi o único que atendeu a Portaria do Ministério da Saúde 2914/11 e NBR N° 15527/07 em todos os parâmetros analisados.

**Palavras-chave:** Reúso. Filtração. Bucha vegetal.

## ABSTRACT

The conscious use of water resources has been often debated due to long periods of scarcity. Thus, the rainwater which is one of the forms of water occurrence in nature, it can also be reused. Even though reusing is an old technique, it is not outdated. This project was done at IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes, and it aims to evaluate the physicochemical and microbiological quality of rainwater which were treated in different rainwater filters. The filters tested were: DesviUFPE (LIMA, 2012), and two adaptations of this, an adaptation with loofah (*Luffa cylindrica*), and another adaptation with gravel. The filter adaptations DesviUFPE (LIMA, 2012) have been effective in the treating of the rainwater except the electrical conductivity parameter which was not satisfactory. The DesviUFPE filter (LIMA, 2012), despite having lower results regarding the adaptations, it was the only one which answered to the Ordinance of the Ministry of Health 2914/11 and NBR No. 15527/07 in all parameters.

**Keywords:** Reuse. Filtration. Loofah.



## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>3</b>
2.1. ÁGUA .....	3
2.2. REÚSO DA ÁGUA PLUVIAL .....	4
2.2.1. Normas de reúso de água .....	7
2.3. PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA .....	8
2.3.1. Parâmetros Físicos .....	8
2.3.1.1. Cor aparente .....	8
2.3.2. Parâmetro Químico .....	9
2.3.2.1. Condutividade Elétrica .....	9
2.3.2.2. Potencial Hidrogeniônico- pH .....	9
2.3.2.3. Sólidos Totais Dissolvidos .....	10
2.3.3. Parâmetro microbiológico .....	10
2.3.3.1. Coliformes termotolerantes .....	10
2.4. FILTRAÇÃO .....	11
2.4.1. Bucha vegetal ( <i>Luffa cylindrica</i> ) .....	11
2.4.2. Brita .....	12
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>14</b>
3.1. EXPERIMENTO .....	14
3.1.1. Filtro modelo- DesviUFPE .....	14
3.1.2. Adaptações com bucha vegetal ( <i>L. cylindrica</i> ) e com brita .....	14
3.2. PARÂMETROS ANALISADOS .....	17
3.2.1. Cor aparente .....	17
3.2.2. Condutividade Elétrica .....	17
3.2.3. Potencial Hidrogeniônico- pH .....	18
3.2.4. Sólidos Totais Dissolvidos .....	18
3.2.5. Coliformes Termotolerantes .....	19
3.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	19
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>20</b>
<b>5. CONCLUSÕES</b> .....	<b>24</b>
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>25</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>26</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 01.</b> Desenho esquemático de sistema de coleta de água de chuva.....	6
<b>Figura 02.</b> Filtro modelo- DesviUFPE construído- Campus Inconfidentes .....	14
<b>Figura 03.</b> Bucha vegetal ( <i>L. cylindrica</i> ) utilizada .....	15
<b>Figura 04.</b> Identificação do local preenchido com bucha vegetal ( <i>L. cylindrica</i> ) .....	15
<b>Figura 05.</b> Identificação do local preenchido com brita .....	16
<b>Figura 06.</b> Preenchimento de brita envolvida por tela de galinheiro.....	16
<b>Figura 07.</b> Aparelho Colorímetro HANNA.....	17
<b>Figura 08.</b> Aparelho Condutivímetro digital 150 .....	18
<b>Figura 09.</b> Aparelho Phgâmetro HANNA .....	18
<b>Figura 10.</b> Técnica tubos múltiplos .....	19

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 01.</b> Resposta de diferentes tratamentos sob água de chuva em parâmetros físicos, químicos e microbiológico, IFSULDEMINAS-Campus Inconfidentes, 2015.....	20
<b>Tabela 02.</b> Resultados obtidos comparados à Portaria do Ministério da Saúde 2914/11, NBR N° 15527/07 e Lima (2012) .....	23

## 1. INTRODUÇÃO

A água é essencial para a existência humana e de todas as outras espécies, porém sua distribuição mundial não é uniforme, e sabendo-se disso, o homem que sempre a utilizou para o desenvolvimento de suas atividades sociais e econômicas deve utilizá-la de forma consciente, reutilizando quando possível.

O uso consciente dos recursos naturais vem sendo abordado frequentemente, principalmente em relação aos recursos hídricos devido aos longos períodos de escassez. Deste modo, a água de chuva que é uma das formas de ocorrência de água na natureza, pode também ser reutilizada, e apesar de ser uma técnica antiga não é ultrapassada, pois recentemente vem sendo empregada (PALMIER, 2001).

Nos dias atuais, sabe-se que grande parte da água de chuva vai parar nas redes de coleta de esgoto. Se esta água for captada, poderá ser utilizada para diversas finalidades como irrigação de jardins, limpeza de calçadas e carros, entre outros, nas quais a substituição da água potável por uma água de qualidade inferior não causará interferências, ou até mesmo para fins potáveis em regiões que apresentem maior escassez, contudo utilizando-se de tratamentos específicos.

Sendo assim, as vantagens da utilização da água de chuva são, além de diminuir a pressão sobre os recursos hídricos e gerar menos efluentes para serem tratados, também a de preservar a água potável somente para necessidades que exigem a sua potabilidade, e nos casos de extrema escassez servir para usos potáveis.

O presente trabalho visou avaliar as qualidades físico-químicas e microbiológicas de águas pluviais bruta e pós-tratamento em diferentes filtros de desvio de água pluvial. Os filtros desenvolvidos foram: DesviUFPE (LIMA, 2012), e duas adaptações deste, uma adaptação com bucha vegetal (*Luffa cylindrica*) e outra adaptação com brita. Foi comparado o

potencial filtrante dos mesmos, avaliando qual deles apresentou maior melhoria nos parâmetros físico-químicos (cor aparente, condutividade elétrica, pH e sólidos totais dissolvidos) e microbiológico (coliformes termotolerantes) da água para fins de reutilização potável (consumo humano) e não potável (lavagem de pisos, rega de jardins, entre outros).

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. ÁGUA**

A água é essencial para a sobrevivência da espécie humana, da conservação e do equilíbrio ecológico, sendo um fator que determina a ocupação de territórios e suas atividades, como também a existência ou extinção de espécies, determinando desta forma o futuro de gerações (BACCI; PATACA, 2008).

Conforme o Manual de Educação para o Consumo Sustentável (2005), a água é considerada solvente universal, sendo encontrada nos três estados físicos: gasoso, líquido e sólido, é um recurso natural fundamental para a sobrevivência de todos os seres vivos representando cerca de 70% de nossa massa corporal.

O planeta Terra é constituído por cerca de 97,5% de água salgada e de água doce 2,5%. Desta parcela, encontram-se nas geleiras, calotas polares ou em regiões montanhosas 68,9%, de águas subterrâneas 29,9%, umidade do solo e dos pântanos compõe 0,9% e apenas 0,3% constitui a porção disponível como água superficial presente em rios e lagos (SHIKLOMANOV; RODDA, 2003 citado por ÁGUA: MANUAL DE USO, 2006).

De acordo com Programa Hidrológico Internacional da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco) citado pelo Manual de Educação para o Consumo Sustentável (2005), do total de água doce disponível no planeta, 26% encontra-se na América do Sul onde apenas 6% da população mundial está fixada.

O Brasil é um dos países que está localizado na América do Sul, possuindo uma área de aproximadamente 8.515.767,049 km<sup>2</sup> (IBGE, 2016), é privilegiado em termos de disponibilidade dos recursos hídricos, pois de toda a água doce superficial do planeta 13,8%

está no seu território. Entretanto sua distribuição nas regiões brasileiras não é uniforme, a Amazônia derrama no mar cerca de 78% da água superficial do país, enquanto o Sudeste fica com apenas 6%, o que representa grande desigualdade e déficit para esta região, visto que tem de irrigar quase metade da produção agrícola do país (MARCONDES, 2010 citado por TARTARI et al., 2014).

Segundo Palmier (2001), problemas de disponibilidade de água estão se tornando graves em diversas regiões do mundo em função do clima local, de atividades antrópicas e do aumento do consumo inconsciente dos recursos hídricos. Em regiões onde é constatada a ocorrência de secas, como na região nordeste do Brasil e regiões norte e nordeste do estado de Minas Gerais a fim de diminuir a escassez presente na região são propensas a aplicação de técnicas, dentre as quais se destacam o aproveitamento de água de precipitações.

O fenômeno da escassez não é característica exclusiva das regiões áridas e semiáridas. Regiões que apresentam recursos hídricos abundantes podem também estar vulneráveis a esse fenômeno, e quando insuficientes para satisfazer demandas elevadas experimentam conflitos de usos e sofrem restrições de consumo, assim a substituição de fontes é a melhor alternativa para suprir às demandas (HESPANHOL, 2002).

## 2.2. REÚSO DA ÁGUA PLUVIAL

Nunca se falou tanto em conservação dos recursos naturais e de seus impactos na vida social, econômica e política como nos últimos anos, pois há um crescente esgotamento dos recursos hídricos, seja por uso irracional ou poluição dos rios e mananciais (DETONI; DONDONI; PADILHA, 2007).

Segundo Tomaz (2010), os registros dos usos mais antigos do aproveitamento da água de chuva vem do Oriente Médio 850 a.C, onde casas possuíam reservatórios para captação desta. Nos últimos anos, países como Japão e Alemanha, estão oferecendo financiamentos para a construção de reservatórios de captação de água de chuva.

De acordo com Zahed Filho et al., (2007), existem três tipos de reúso da água, o reúso indireto não planejado, o reúso indireto planejado e o reúso direto planejado. O primeiro ocorre quando a água já utilizada em atividades humanas é descarregada no meio ambiente e utilizada novamente à jusante, de forma diluída naturalmente, não intencional e não controlada, já o segundo, ocorre de forma contrária, os efluentes depois de tratados são descarregados nos corpos hídricos de forma planejada, para ser utilizada a jusante de maneira

controlada. O terceiro acontece quando os efluentes, depois de tratados são encaminhados diretamente de seu ponto de descarga até o local do reúso, um caso particular desse tipo de reúso é a reciclagem de água, pois é o reúso interno da água antes de sua descarga em um sistema geral de tratamento.

A utilização da água de chuva torna-se principalmente atraente nos casos de áreas de precipitação elevada, áreas com escassez de abastecimento e áreas com alto custo de extração subterrânea, e possui como fatores positivos a redução do consumo de água potável para fins que não necessitam e melhora a distribuição da carga da água de chuva que é imposta ao sistema de drenagem urbana (SOARES et al., 1999 citado por MAY; PRADO, 2004).

De acordo com Cohim, Garcia e Kiperstok (2008), a captação direta de águas pluviais pode ser considerada como uma fonte alternativa de água, diminuindo a demanda dos sistemas públicos de abastecimento. Porém sua utilização necessita de estudos, evitando a construção de projetos ineficazes que comprometam os pontos positivos da alternativa.

Hoje as águas pluviais são encaradas pela legislação brasileira como esgoto, pois geralmente terminam em rios que vão suprir uma captação para tratamento de água potável. Para uso humano, inclusive potável, deve passar pelo processo de filtração e cloração, o que pode ser feito com equipamentos simples e acessível (CETESB, 2016).

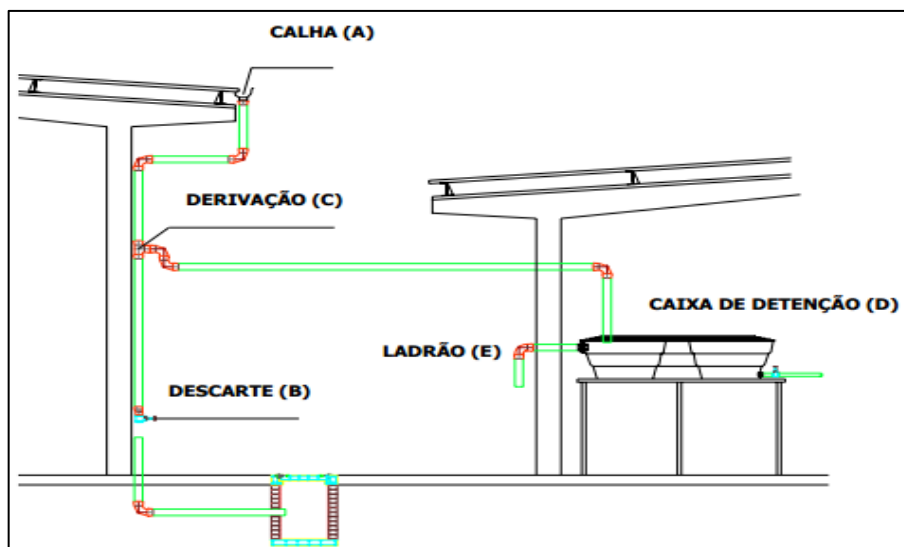
No caso da utilização da água de chuva, geralmente é feita a captação da precipitação que cai sobre uma superfície impermeável (normalmente telhado), o armazenamento que pode ser tanto em reservatórios como cisternas, e o tratamento, lembrando que sempre deve haver o descarte da primeira porção de precipitação coletada (SILVA; TASSI, 2005).

Valle et al. (2005) apresentam um sistema de captação com as seguintes propriedades, Figura 1, a água que escoar no telhado escorre para as calhas (a) e vai para o condutor. No condutor existe uma derivação (c) para a caixa de coleta (d) e um sistema de descarte (b) da chuva inicial. A caixa de coleta desta água apresenta uma saída para transbordamento (e) e uma para o sistema de tratamento.



Figura 01. Desenho esquemático de sistema de coleta de água de chuva.

Fonte: Valle et al., (2005).



Segundo Goldenfum (2006), as precipitações podem fornecer água limpa desde que os sistemas de coleta sejam construídos e mantidos de forma correta. O tratamento depende da qualidade da água coletada e do seu destino final.

As águas pluviais apresentam poluentes que podem ser potencializados com os eventos que ocorrem ao redor das áreas de precipitação. Contudo, a contaminação microbiológica é a que apresenta maiores riscos à saúde, pois podem atuar como patógenos oportunistas, sendo nocivos para alguns indivíduos imunologicamente debilitados (CAMPOS; AZEVEDO, 2013).

Diretrizes da Organização Mundial da Saúde apontam que sistemas de armazenamento de água de chuva que usam cisterna acima do solo, costumam ser um modo relativamente seguro de fornecimento de água (GNADLINGER, 2007). De acordo com Heijnen (2012), países como EUA, Austrália e Nova Zelândia que apresentam algumas áreas com escassez de água, são exemplos no reaproveitamento da água de chuva como água potável.

Marinoski, Ghisi e Gómez (2004), afirmam que construções que possuem telhados com grande capacidade de captação, a exemplo escolas, tem grande potencial para aproveitamento da água de chuva para fins não potáveis, utilizando-a para atividades como lavar o chão, descarga de vasos sanitários e rega de plantas. A coleta de água para fins não potáveis não requer grande purificação, embora certo grau de filtragem seja necessário.

Para implantar tais sistemas é ainda preciso superar limitações do ponto de vista técnico e educacional, pois muitos ainda não aceitam tal tecnologia mesmo com relatos de experiências bem sucedidas, ser largamente utilizada e de baixo custo, (JALFIM, 2001).

### 2.2.1. Normas de reúso de água

A Resolução Nº 54 de 28 de novembro de 2005, estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais que regulamentem e estimulem a prática de reúso direto não potável de água em todo território nacional, no seu Artigo 2º apresenta algumas definições como: “IV- reúso direto de água: uso planejado de água de reúso, conduzida ao local de utilização, sem lançamento ou diluição prévia em corpos hídricos superficiais ou subterrâneos”.

Já no seu Artigo 3º, aponta que para o reúso direto não potável de água as modalidades de reúso para fins urbanos são:

I- reúso para fins urbanos: utilização de água de reúso para fins de irrigação paisagística, lavagem de logradouros públicos e veículos, desobstrução de tubulações, construção civil, edificações, combate a incêndio, dentro da área urbana.

Segundo Veloso e Mendes (2013), no que se refere à legislação brasileira, o aproveitamento de águas pluviais é ainda pouco atuante, verificando uma ausência maior no que se refere a Normas Brasileiras (NBR's) de uso potável de águas pluviais. Leis e proposições em âmbito federal, estadual e municipal, vêm sendo desenvolvidos, porém são necessárias ações mais decisivas, haja vista existirem locais onde a crise do abastecimento de água é uma questão do presente.

A NBR 15527 “Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para 'fins não potáveis” (ABNT, 2007), fornece requisitos para usos não potáveis em que as águas de chuva podem ser utilizadas após tratamento adequado. A seguir estão destacados alguns itens da norma no que se refere ao sistema de aproveitamento de água:

- Calhas e condutores: pode ser instalado no sistema de aproveitamento de água de chuva um dispositivo para o descarte da água de escoamento inicial. É recomendado que tal dispositivo seja automático. Quando utilizado, o dispositivo de descarte de água deve ser dimensionado pelo projetista. Na falta de dados, recomenda-se o descarte de 2 mm da precipitação inicial.

- Reservatórios: devem ser considerados no projeto: extravasor, dispositivo de esgotamento, cobertura, inspeção, ventilação e segurança. A água de chuva reservada deve ser protegida contra a incidência direta da luz solar e do calor, bem como de animais que possam adentrar o reservatório através da tubulação de extravasão.
- Instalações prediais: Os pontos de consumo, como, por exemplo, uma torneira de jardim, devem ser de uso restrito e identificados com placa de advertência com a seguinte inscrição "água não potável" e identificação gráfica.

### 2.3. PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA

A água pura não se encontra na natureza, pois sempre conterà diversos componentes, os quais provêm do próprio ambiente natural ou que foram introduzidas a partir de atividades antrópicas, por exemplo, gases atmosféricos. Assim a qualidade da água pode ser representada através de diversos parâmetros, que traduzem as suas principais características físicas, químicas e biológicas (VON SPERLING, 2005).

Segundo Richter e Netto (2000) citado por May (2004), as principais características físicas analisadas da água são: cor, turbidez, ph, sabor, odor, temperatura e condutividade elétrica. As químicas: pH, alcalinidade, dureza, ferro, magnésio, cloretos, sulfatos, sólidos totais, impurezas orgânicas, nitratos, oxigênio dissolvido, demanda de oxigênio, fenóis, detergentes e substâncias tóxicas. Já as características biológicas são: coliformes fecais, coliformes totais que são determinadas através de exames bacteriológicos e hidrobiológicos.

#### 2.3.1. Parâmetros Físicos

##### 2.3.1.1. Cor aparente

A cor de uma amostra de água está associada à presença de sólidos dissolvidos de origem orgânica. A cor pode ser classificada em cor aparente e cor verdadeira, a primeira inclui uma parcela de sólidos em suspensão, que estão relacionados com a turbidez, e a segunda considera apenas as partículas dissolvidas, com diâmetro inferior a 1 µm (FARIAS, 2012).

Na Tabela de padrão organoléptico de potabilidade, do Anexo X da Portaria do Ministério da Saúde Nº 2.914/11, o valor máximo permitido de cor aparente é 15 (uH-

Unidade Hazen - 1 uH = 1 mg Pt-Co/L). Este valor é o mesmo estabelecido na Norma Brasileira N° 15527/07, onde a análise deve ser semestral e os padrões de qualidade devem ser definidos pelo projetista de acordo com a utilização prevista, porém para usos mais restritivos não potáveis o valor de cor aparente deve ser < 15 (uH).

May (2009), apresenta em seu estudo realizado em São Paulo, valores de cor aparente com média de 21,6 (mg Pt-Co/L) para águas pluviais não tratadas. Segundo Lima (2012), em sua pesquisa com o dispositivo de desvio da água pluvial para cisternas (DesviUFPE), realizada em municípios do agreste pernambucano, a água coletada das cisternas apontaram como valor médio de cor aparente 6,0 (mg Pt-Co/L), contudo durante os 4 anos de estudo, os valores variaram de 1,0 a 28,0 (mg Pt-Co/L).

### 2.3.2. Parâmetro Químico

#### 2.3.2.1. Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica é a capacidade da água de transportar corrente elétrica. Este parâmetro está relacionado com a presença de partículas dissolvidas na água, chamadas de íons. Quanto maior a quantidade de íons dissolvidos na água, maior será a condutividade elétrica (SOUZA; BACICURINSKI; SILVA, 2010).

A condutividade da água aumenta à medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, e em geral, níveis superiores a 100 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) indicam ambientes impactados (CETESB, 2014).

O valor médio de 54,5 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) foi encontrado por May (2009) em seu experimento para águas pluviais não tratadas, valor similar foi encontrado por Souza (2010), em seu experimento realizado no município de Inconfidentes-MG, onde o valor de condutividade para água de chuva passado por telhado de fibra de cimento foi de 54,9 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Já Lima (2012), apontou uma média de 154,6 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) em sua pesquisa, das águas pluviais que passaram pelo DesviUFPE em um período de 4 anos.

#### 2.3.2.2. Potencial Hidrogeniônico- pH

O pH é uma das ferramentas mais importantes utilizadas na análise da água, é uma grandeza que varia de 0 a 14, indica acidez quando  $\text{pH} < 7,0$ , neutralidade  $\text{pH} = 7$  e alcalinidade  $\text{pH} > 7,0$  (PIVELI; KATO, 2005). O pH é uma medida que determina se a água é ácida ou alcalina, esse fator não traz riscos sanitários e a faixa recomendada na água distribuída é de 6,0 a 9,5 (SABESP, 2015).

Conforme a Norma Brasileira N° 15527/07, os padrões de qualidade devem ser definidos pelo projetista de acordo com a utilização prevista, porém para usos mais restritivos não potáveis a análise deve ser feita mensalmente, e deve-se ter o ajuste do pH da água na faixa de 6,0 a 8,0 para a proteção do sistema de distribuição quando necessário.

May (2009) em seu estudo apresenta para as águas pluviais não tratadas, o valor de 6,8, já Souza (2010), em seu estudo observou que o valor de pH nas amostras coletadas de água de chuva após passada pelo telhado de fibra de cimento foi de 5,72 representando um pH ácido, valores maiores foram apontados por Lima (2012) em sua pesquisa, onde pH variou de neutro a alcalino nos valores entre 6,9 a 9,4.

### 2.3.2.3. Sólidos Totais Dissolvidos

Os sólidos nas águas representam toda matéria que permanece como resíduo, após operações de evaporação, secagem ou calcinação da amostra a uma temperatura pré-estabelecida durante um tempo fixado. Em linhas gerais, essas operações são as que definem as diversas frações de sólidos presentes na água, como sólidos totais, em suspensão, dissolvidos, fixos e voláteis (CETESB, 2014).

Conforme Parron, Muniz e Pereira (2011), sólidos totais dissolvidos é a soma de todas as substâncias orgânicas e inorgânicas dissolvidas na água, ou seja, é um parâmetro de determinação da qualidade da água que mede a concentração de substâncias iônicas e é expresso em miligrama por litro (mg/L).

Na Tabela de padrão organoléptico de potabilidade, do anexo X da Portaria N° 2914 (Ministério da Saúde, 2011), o valor máximo permitido de sólidos dissolvidos totais é 1000 (mg/L).

Em seu estudo Souza (2010), obteve o valor de 27,48 (mg/L) para a água de chuva passada pelo telhado fibra de cimento, já os valores médios obtidos por Lima (2012) foram de 97,0 (mg/L) nas amostras de água coletada das cisternas após passarem pelo DesviUFPE, num período de análise de 4 anos.

### 2.3.3. Parâmetro microbiológico

#### 2.3.3.1. Coliformes termotolerantes

São microrganismos do grupo coliforme capazes de fermentar a lactose a 44 - 45°C, sendo representados principalmente pela *Escherichia coli* e, também por algumas bactérias dos gêneros *Klebsiella*, *Enterobacter* e *Citrobacter*. Somente a *E. coli* é de origem

exclusivamente fecal, estando presente nas fezes de humanos, mamíferos e pássaros. Os coliformes termotolerantes não são, dessa forma, indicadores de contaminação fecal tão bons quanto a *E. coli*, mas seu uso é aceitável para avaliação da qualidade da água (CETESB, 2014).

Na Tabela de padrão microbiológico da água para consumo humano, do Anexo I da Portaria Nº 2.914 (Ministério da Saúde, 2011), o valor máximo permitido de *Escherichia coli*, na água para consumo humano é ausência em 100 mililitros (mL). O mesmo valor é adotado na Norma Brasileira 15527:07, onde os valores de coliformes termotolerantes para os padrões de qualidade devem ser definidos pelo projetista de acordo com a utilização prevista, porém para usos mais restritivos não potáveis deve-se ter a ausência em 100 (mL).

May (2009) aponta em seu estudo a ausência de coliformes termotolerantes em água pluviais tratadas, contudo em amostras de água pluvial não tratada os valores encontrados são de 220 (Número Mais Provável- NMP/100 mL).

## 2.4. FILTRAÇÃO

O processo de separação dos sólidos em suspensão na água é denominado de filtração, este deve ser utilizado para remover as impurezas da água, que podem ser retidas por um meio poroso, melhorando assim alguns parâmetros de qualidade como cor, turbidez, sólidos suspensos e coliformes, além de também conseguir reter alguns microrganismos patogênicos (LEAL, 2012).

### 2.4.1. Bucha vegetal (*Luffa cylindrica*)

A bucha vegetal pertencente à família botânica das Cucurbitaceae, gênero *Luffa*, sendo a espécie mais cultivada no Brasil a *L. cylindrica*. Sua produção tem aumentado nos últimos dez anos, concentrando sua maior produção na cidade de Bonfim em Minas Gerais. É utilizada na limpeza doméstica, higiene pessoal, no artesanato, já no ramo industrial suas fibras podem ser empregadas em dispositivos de filtragem, isolamento acústico e térmico, estofamentos, entre outros (MAROUELLI; SILVA; LOPES, 2013).

A bucha vegetal é uma fibra natural, biodegradável, sendo muito utilizada como esponja de banho. Contudo a produção nacional é insuficiente para suprimir a demanda nacional e não existem programas de melhoramento genético da espécie no Brasil (FERREIRA et al., 2012).

De acordo com Ávila (2002), os principais produtores de bucha vegetal no Estado de Minas Gerais são em escala de importância: Bonfim (Região Metalúrgica), Cipotânea (Zona da Mata) e Inconfidentes (Sul do Estado).

Segundo Diaz (1997) citado por Siqueira (2007), a bucha vegetal é muito utilizada como filtro para caldeiras de navios, locomotivos e fábricas com equipamentos a vapor na América do Norte e Japão.

Contudo estudos recentes mostram que a bucha vegetal (*L. cylindrica*) pode ser uma alternativa eficiente como material suporte alternativo para crescimento bacteriano em filtro anaeróbio (FERNANDES et al., 2015).

#### 2.4.2. Brita

Uma alternativa para utilizar a água da chuva com mais qualidade, porém para fins não potáveis, é filtrar a água em filtros de areia. O filtro pode ser composto de materiais de fácil obtenção como brita, areia, pedregulho, manta geotêxtil e uma caixa de água que serve como base do filtro e não necessita de mão de obra especializada para o manejo (JUNIOR; KEMERICHI; RIGHES, 2010).

De acordo com Oliveira et al., (2012), é utilizado filtros de areia média e fina quando esperamos fazer o tratamento da água. No entanto com o uso de pedra britada obtemos um filtro rápido, capaz de suportar a vazão vinda dos telhados.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Escola do IFSULDEMINAS- Campus Inconfidentes, no Bloco da sala dos Professores. A cidade de Inconfidentes situa-se no sul do estado de Minas Gerais, Latitude 22° 19' 01" S e Longitude 46° 19' 40" W do Meridiano de Greenwich. Têm como principal curso d'água o Rio Mogi-Guaçu, e encontra-se a 869 metros de altitude, clima tropical de altitude, com média anual de 18°C. A precipitação média anual varia de 1.400mm a 1.800mm. O período seco tem duração de 2 a 3 meses e coincide com os meses mais frios, onde a temperatura é inferior a 18°C (PREFEITURA DE INCONFIDENTES, 2015).

#### 3.1. EXPERIMENTO

O delineamento estatístico foi inteiramente casualizado (DIC), constando de 3 tratamentos (filtros) e 4 repetições (amostras coletadas).

Foram testados três filtros, com a função de tratamento de água de reúso, resultante da chuva, proveniente de telhado de fibra de cimento. Os filtros testados foram: DesviUFPE (LIMA, 2012), e adaptações deste com bucha vegetal (*L. cylindrica*) e com brita.

##### 3.1.1. Filtro modelo- DesviUFPE

Desenvolvido pelo aluno de mestrado engenheiro civil Júlio César Azevedo Luz de Lima, e pelas professoras da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Sávvia Gavazza e Sylvana Melo dos Santos. O DesviUFPE é um equipamento que retém e filtra a água da chuva, construído em PVC, é instalado entre a calha da residência e a cisterna. O primeiro



volume da água de chuva do telhado contém impurezas, por isso é armazenadas nas tubulações para depois poderem ser usadas para fins domésticos, como limpeza da casa, rega de plantas, já o restante da água com melhor qualidade vai direto para a cisterna. (LIMA, 2012).

O filtro foi construído para comportar volume igual a área do telhado em que foi instalado. O volume de coleta é responsável por armazenar a primeira água da chuva, ele é calculado com base na área de captação do telhado, 1 metro quadrado (m<sup>2</sup>) de telhado é igual a 1 Litro (L) do filtro, tomando como base a área de coleta do telhado de 30 m<sup>2</sup>, o volume do filtro construído é de 30 L de água.

O material utilizado para confecção do filtro foi, 1 barra de 6 metros de 100 milímetros (mm), 2 curvas de 90° de 100 mm, 9 Ts de 100 mm. Para captar a água foi utilizada uma bombona de 100 L, e para tampá-la foi fixada na sua abertura 1 m<sup>2</sup> de tela mosquiteiro, conforme mostra a Figura 2, filtro já montado e posicionado na calha, local onde fez-se a captação da água de chuva.

Figura 02. Filtro modelo- DesviUFPE construído- Campus Inconfidentes.



### 3.1.2. Adaptações com bucha vegetal (*L. cylindrica*) e com brita

Para a realização do filtro adaptado com bucha vegetal (*L. cylindrica*), primeiramente o material foi coletado em uma fábrica artesanal de esponjas de banho no Bairro Monjolinho, na cidade de Inconfidentes-MG. O material constituía-se de retalhos de

bucha vegetal (*L. cylindrica*) resultantes da atividade, que posteriormente eram jogados no lixo. Os retalhos coletados foram cortados em tiras de espessura mínima de 1 centímetros (cm) e máxima de 4 cm e enrolados, Figura 3, e colocados posteriormente no filtro, local indicado na Figura 4.

Figura 03. Bucha vegetal (*L. cylindrica*) utilizada.



Figura 04. Identificação do local preenchido com bucha vegetal (*L. cylindrica*).



Antes da adaptação do filtro com brita, foi realizada a retirada e descarte de todo o material de bucha vegetal que estava preenchendo a curva de 90°.

Para a adaptação com brita, foi obtida uma quantidade considerável de brita nº 2 (malha de 12,5 a 2,5 cm) e tela de galinheiro, suficientes para a parte que seria preenchida, ou seja, toda a extensão (Ts) superior que antecede a passagem da água para bombona, Figura 5. As britas foram envolvidas pela tela de galinheiro para ficarem presas e não caírem nos tubos do filtro, como pode observado na Figura 6.

Figura 05. Identificação do local preenchido com brita.



Figura 06. Preenchimento de brita envolvida por tela de galinheiro.



## 3.2. PARÂMETROS ANALISADOS

Para a coleta das amostras de água foram utilizados dois recipientes, um litro reciclável com capacidade de 2000 ml para análises físico-químicas e um frasco com capacidade de 250 ml que foi esterilizado a vapor para análise microbiológica. Antes de cada coleta, foi descartada toda a água da primeira precipitação, esta que possui muitas impurezas e serve para lavar o telhado, e somente após a segunda chuva, depois de um período de 24 horas que as amostras foram coletadas e submetidas a análises laboratoriais.

A primeira coleta ocorreu no dia 16 de setembro de 2015, onde foram coletadas duas amostras de água, sendo uma direta da chuva (somente passada pelo telhado), e outra que passou pelo filtro DesviUFPE (LIMA, 2012). A segunda amostra foi do filtro adaptado com bucha vegetal (*Luffa cylindrica*) que foi coletada no dia 5 de novembro de 2015, e por último no dia 29 de novembro de 2015 foi coletada a amostra de água do filtro adaptado com brita.

### 3.2.1. Cor aparente

Para a análise de cor aparente foi utilizado o colorímetro modelo HI 9627, marca HANNA, Figura 07. Primeiramente foi realizada a calibração do aparelho com água destilada, e em seguida a amostra coletada foi colocada na cubeta até enchê-la. Posteriormente a cubeta foi tampada e realizou-se a limpeza com papel para inseri-la no aparelho e fazer a leitura.

Figura 07. Aparelho Colorímetro HANNA.



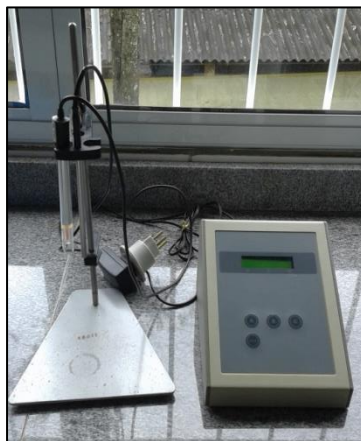
### 3.2.2. Condutividade Elétrica

O aparelho utilizado para a análise foi o aparelho Condutivímetro digital, modelo mCA 150, Figura 8. Primeiro realizou-se a configuração para este parâmetro, visto que o



aparelho realiza também a análise de Sólidos Totais Dissolvidos. A calibração do equipamento foi feita com solução padrão de 149,9  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , e em seguida a amostra coletada foi colocada em um becker de 50 ml até enchê-lo, após este procedimento foi colocado o eletrodo juntamente com o termopar dentro do becker e realizada a leitura.

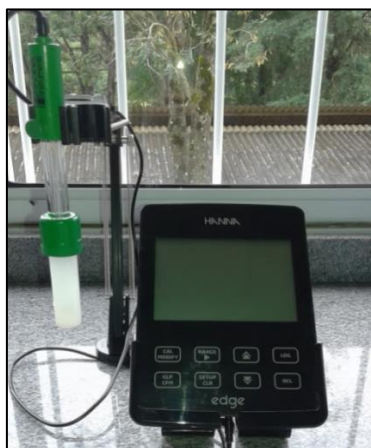
Figura 08. Aparelho Condutivímetro digital 150.



### 3.2.3. Potencial Hidrogeniônico- pH

Foi utilizado o aparelho Phgâmetro modelo edge HI 2020-01, marca HANNA, Figura 9. Após a calibração do aparelho, a amostra coletada foi colocada no becker de 50 ml até enchê-lo, somente então colocou-se o eletrodo dentro do becker e realizou-se a leitura.

Figura 09. Aparelho Phgâmetro HANNA.



### 3.2.4. Sólidos Totais Dissolvidos

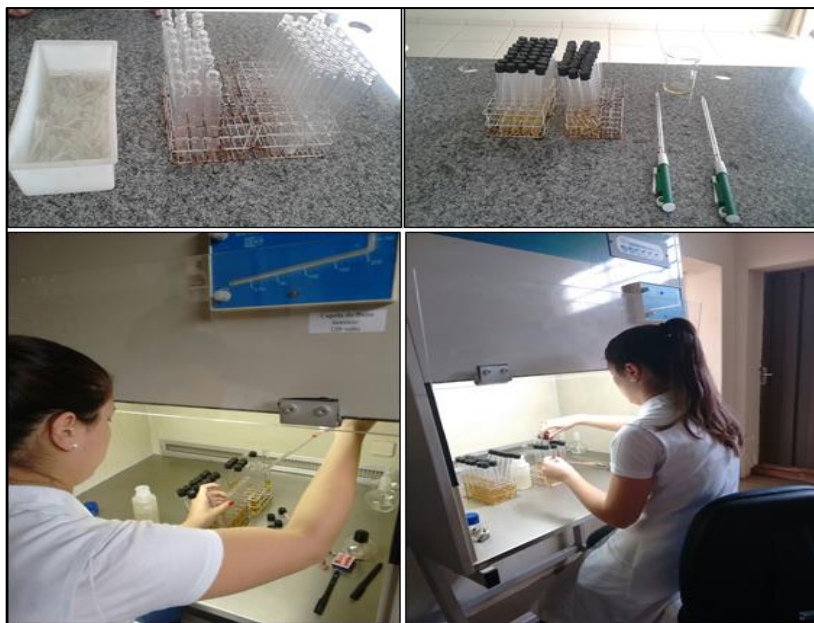
Para avaliar os Sólidos Totais Dissolvidos foi utilizado o mesmo aparelho da análise de condutividade elétrica, o Condutivímetro digital, modelo mCA 150. Primeiro

realizou-se a configuração do aparelho para o parâmetro em questão, visto que este realiza outras análises. A calibração foi feita com solução padrão de 149,9  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , e em seguida a amostra coletada foi colocada em um becker de 50 ml até enchê-lo, após este procedimento foi colocado o eletrodo juntamente com o termopar dentro do becker e realizada a leitura.

### 3.2.5. Coliformes Termotolerantes

A técnica utilizada nesta análise foi a Tubos Múltiplos, Figura 10, conforme a Instrução Normativa N° 62/2003 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento-MAPA. Primeiramente inoculou-se as culturas suspeitas de coliformes termotolerantes em tubos contendo caldo EC, depois incubou-se os tubos a  $45 \pm 0,2^\circ\text{C}$ , por 24 horas. A leitura foi realizada da seguinte forma: a presença de coliformes termotolerantes foi confirmada pela formação de gás (mínimo 1/10 do volume total do tubo de Durham), por fim anotou-se os resultados obtidos para cada tubo.

Figura 10. Técnica tubos múltiplos.



### 3.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados obtidos dos parâmetros de qualidade da água analisados foram submetidos à análise de variância no programa SANEST (Zonta e Machado, 1998), e as médias foram comparadas ao teste de Tukey a 5 % de significância.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos dos parâmetros analisados: cor aparente, condutividade elétrica (CE), sólidos totais dissolvidos (STD) e coliformes termotolerantes em relação aos tipos de tratamento que a água de chuva passou, apresentam-se na Tabela 1 a seguir:

Tabela 01. Resposta de diferentes tratamentos sob água de chuva em parâmetros físicos, químicos e microbiológico, IFSULDEMINAS-Campus Inconfidentes, 2015.

	<b>Sem filtro (Água direta do telhado)</b>	<b>Filtro DesviUFPE (LIMA, 2012)</b>	<b>Filtro DesviUFPE/ Adaptado com bucha vegetal</b>	<b>Filtro DesviUFPE/ Adaptado com brita</b>
<b>Cor aparente (mg Pt-Co/L)</b>	40 c	9 a	20 b	40 c
<b>pH</b>	7,12 b	7,2 b	7,08 b	6,88 a
<b>CE (µS/cm)</b>	65,17 d	34,52 c	18,03 a	30,56 b
<b>STD (mg/L)</b>	33,48 d	17,49 c	9,06 a	15,45 b
<b>Coliformes termotolerantes (NMP/100 ml)</b>	Ausência a	Ausência a	Ausência a	Ausência a

NOTA: Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, onde os melhores valores são indicados pelas letras a, b, c e d respectivamente.

Como pode ser observado no parâmetro cor aparente, o Filtro DesviUFPE (LIMA, 2012) foi significativamente superior aos demais filtros, com o valor de 9 (mg Pt-Co/L), seguido do filtro adaptado com bucha vegetal (*L. cylindrica*) com valor de 20 (mg Pt-Co/L). De acordo com a legislação brasileira, Portaria Nº 2914/11 do Ministério da Saúde o valor máximo permitido para consumo humano é de 15 (mg Pt-Co/L), o mesmo é apontado pela NBR Nº 15527/07 para reúsos não potáveis, deste modo, somente o valor encontrado no tratamento DesviUFPE (LIMA, 2012) está dentro do permitido.

Resultado similar foi encontrado por Lima (2012), em estudo realizado no agreste pernambucano com o DesviUFPE, onde o valor médio obtido foi de 6 (mg Pt-Co/L). Contudo, outros estudos realizados com água pluvial mostraram valores acima do permitido, como é destacado por May (2009), em que as amostras de água de chuva coletada de reservatórios que não apresentava nenhum tipo de tratamento, somente retirada de folhas por tela, apresentou uma média de valores de 21,6 (mg Pt-Co/L).

Para o parâmetro pH, estatisticamente todos os filtros apresentaram o mesmo valor, somente o filtro adaptado com brita apresentou menor valor, contudo todos estão dentro do limite indicado para água distribuída, que varia de 6 a 9,5 (SABESP, 2015). Valores acerca deste limite, também foram encontrados por Lima (2012) em sua pesquisa com o DesviUFPE, onde ele obteve resultados de pH entre 6,9 a 9,4.

Nesta pesquisa o pH variou de neutro a alcalino verificando a ocorrência entre 6,88 e 7,2, o que corresponde também aos limites impostos pela NBR 15527/07, em que o pH deve variar de 6 a 8. No entanto Souza (2010), em estudo realizado anteriormente na Fazenda Escola-Campus Inconfidentes, encontrou valores de pH 5,72, mostrando certa acidez na água de chuva que passou por um telhado de mesma característica, que é o telhado de fibra de cimento, o que pode ser levado em consideração a este resultado é que o telhado que foi utilizado por Souza (2010) tinha apenas 2 ano de uso, enquanto o analisado neste experimento já possui 8 anos, isto demonstra um depósito maior de impurezas como lodo no telhado o que pode alterar o pH das amostras coletadas em anos diferentes.

Em relação ao parâmetro condutividade elétrica, o menor valor encontrado nesta pesquisa foi de 18,03 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) pertencente ao filtro adaptado com bucha vegetal (*L. cylindrica*) sendo estatisticamente melhor que os demais tratamentos, filtro adaptado com brita 30,56 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), e filtro DesviUFPE (LIMA, 2012) 34,52 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Para a água passada somente pelo telhado (sem filtro) o valor foi de 65,17 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) sendo o maior encontrado.



Apesar disso, todos os valores estão abaixo de 100 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), níveis superiores a este podem indicar ambientes impactados (CETESB, 2014).

May (2009) em seu estudo também aponta valores abaixo de 100 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) para as amostras de água de chuva não tratadas, o valor médio encontrado por ela foi de 54,5 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), valor similar foi encontrado por Souza (2010), onde o valor de condutividade para água de chuva passado somente pelo telhado de fibra de cimento foi de 54,9 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

No que se diz respeito ao parâmetro sólidos totais dissolvidos, todos os valores encontrados foram bem abaixo do estabelecido pela Portaria Nº 2914/11 do Ministério da Saúde, em que o valor máximo permitido é de 1000 (mg/L). O filtro adaptado com bucha vegetal (*L. cylindrica*) foi o que apresentou melhor resultado 9,06 (mg/L), seguido respectivamente por 15,45 (mg/L), 17,49 (mg/L) e 33,48 (mg/L)- adaptação com brita, DesviUFPE (LIMA, 2012) e água de chuva sem filtro.

Outros estudos realizados com água de chuva também mostraram valores abaixo do estabelecido pela portaria do Ministério da Saúde, Souza (2010) aponta valores de 27,48 (mg/L) para água de chuva passada somente pelo telhado de fibra de cimento, enquanto Lima (2012) mostra valores de 97,0 (mg/L) nas amostras de água passadas pelo DesviUFPE.

Com relação à análise microbiológica de coliformes termotolerantes, os resultados encontrados não diferiram estatisticamente, e nenhuma amostra coletada nos diferentes filtros apresentou valor acima do permitido pela Portaria Nº 2914/11 do Ministério da Saúde para água de consumo humano e NBR Nº 15527/07 para uso não potável de água pluvial, que é ausência em 100 ml.

Para um melhor entendimento, a Tabela 02 a seguir, apresenta os valores deste estudo comparado aos valores correspondentes da Portaria 2914/11 do Ministério da Saúde; NBR 15527/07 e os valores obtidos por Lima (2012), no seu trabalho desenvolvido com DesviUFPE.

Tabela 02. Resultados obtidos comparados à Portaria do Ministério da Saúde 2914/11, NBR N° 15527/07 e Lima (2012).

	Cor aparente (mg Pt-Co/L)	pH	CE ( $\mu$ S/cm)	STD (mg/L)	Coliformes termotolerantes (NMP/100 ml)
<b>Sem filtro (água direta do telhado)</b>	40	7,12	65,17	33,48	Ausência
<b>Filtro DesviUFPE (LIMA, 2012)</b>	<u>9</u>	7,2	34,52	17,49	Ausência
<b>Filtro DesviUFPE/ Adaptado com bucha vegetal</b>	20	7,08	<u>18,03</u>	<u>9,06</u>	Ausência
<b>Filtro DesviUFPE/ Adaptado com brita</b>	40	<u>6,88</u>	30,56	15,45	Ausência
<b>Lima (2012)</b>	6	6,9 a 9,4	154,6	97,0	-
<b>Portaria MS N° 2914/11</b>	15	-	-	< 1000	Ausência
<b>NBR N° 15527/07</b>	< 15	6 a 8	-	-	Ausência

Como podem ser observados na Tabela 2, os valores que estão sublinhados são os menores valores obtidos neste estudo. Assim o filtro adaptado com bucha vegetal (*L. cylindrica*) foi o que apresentou melhor potencial filtrante, pois seus resultados foram os menores nos parâmetros de condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos se comparado aos demais tratamentos. Em relação ao parâmetro cor aparente apesar de ficar estatisticamente em segundo posição não atendeu o limite imposto pela Portaria 2914/11 do Ministério da Saúde e da NBR 15527/07, acredita-se que tal alteração é devido ao emprego da bucha vegetal, sendo que no emprego apenas do DesviUFPE (LIMA, 2012) os valores encontrados estão dentro do valor permitido.

No que se refere aos valores obtidos por Lima (2012) em seu estudo, todos os parâmetros analisados se enquadraram na legislação de consumo de água potável e da norma de reúso não potável da água pluvial, fato este que pôde ser comprovado neste estudo, em que o uso somente do DesviUFPE (LIMA, 2012) apesar de não apresentar os melhores resultados foi o único em que todos os parâmetros estiveram dentro do limite permitido.

## 5. CONCLUSÕES

As adaptações realizadas no DesviUFPE (LIMA, 2012) foram eficientes na melhoria dos parâmetros analisados.

O filtro adaptado com bucha vegetal (*L. cylindrica*) foi o que apresentou melhores resultados, atendendo a Portaria do Ministério da Saúde 2914/11 e NBR N° 15527/07 nos parâmetros condutividade elétrica, pH, sólidos totais dissolvidos e coliformes termotolerantes.

Os filtros não interferiram no parâmetro coliformes termotolerantes, pois a água bruta coletada e pós-tratamento apresentaram mesmo resultado.

Apesar dos resultados encontrados do filtro DesviUFPE (LIMA, 2012), serem inferiores em relação aos do filtro de bucha, este foi o único que atendeu a Portaria do Ministério da Saúde 2914/11 e NBR N° 15527/07 em todos os parâmetros analisados.

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Apesar da bucha vegetal (*L. cylindrica*) neste trabalho ter mostrado bom potencial para filtragem de águas pluviais, sugere-se que novos estudos sejam realizados para analisar tanto as densidades necessárias para filtração, bem como sua biodegradabilidade, considerando que é um material orgânico.

Sugere-se também estudar por um período maior a adaptação com brita, visto que é um material que forma uma camada de biofilme, esta que é responsável pela remoção de materiais orgânicos e microrganismos.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15527: Água de Chuva - aproveitamento de Coberturas em áreas Urbanas Para Fins Não Potáveis - Requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2007. 12 p.
- ÁVILA, Geraldo Anselmo C.. **A Cultura da Bucha**. Minas Gerais: Emater, 2002.
- BACCI, Denise de La Corte; PATACA, Ermelinda Moutinho. Educação para a água. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, p.211-226, dez. 2008.
- BRASIL. Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005. **Estabelece Critérios Gerais Para Reúso de água Potável**. Brasília , DF, 09 mar. 2006.
- CAMPOS, M.M; AZEVEDO, F.. Aproveitamento de águas pluviais para consumo humano direto. **Jornal Eletrônico das Faculdades Integradas Vianna Júnior** , v. 5, p. 23-42, 2013.
- CETESB- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Águas Interiores: Reúso da água**. 2016. Disponível em: <<http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/informacoes-basicas/8-2/reúso-de-agua/>>. Acesso em: 03 mar. 2016.
- CETESB- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Apêndice D- Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade**. São Paulo: Cetesb, 2014.
- COHIM, E.; GARCIA, A. ; KIPERSTOK, Asher . Captação e aproveitamento de água de chuva dimensionamento de reservatórios. In: IX Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2008, Salvador. **Anais...** . Salvador, 2008.
- CONSUMO SUSTENTÁVEL: **Manual de educação**. Brasília: Consumers International/ MMA/ MEC/ IDEC, 2005. 160 p.
- DETONI, Terezinha L.; DONDONI, Paulo C.; PADILHA, Eder Antonio. A escassez da água: um olhar global sobre a sustentabilidade e a consciência acadêmica. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 25., 2007, Foz do Iguaçu. **Anais...** . Foz do Iguaçu: Enegep, 2007. p. 1 - 10.

FARIAS, Maria Mariah Monteiro Wanderley Estanislau Costa de. **Aproveitamento de águas de chuva por telhados: aspectos quantitativos e qualitativos**. 2012. 115 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2012.

FERNANDES, William Vieira et al. Avaliação da remoção de matéria orgânica de efluente de tanque séptico utilizando filtro anaeróbico preenchido com *Luffa cylindrica* como meio de suporte. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (Gesta)**, Bahia, v. 3, n. 1, p.01-13, 2015.

FERREIRA, Maria Aldete Justiniano da Fonseca et al. Seleção de bucha vegetal para produção de esponjas. In: Congresso Brasileiro de Recursos Genéticos, 2., 2012, Belém. **Anais...** . Belém: Embrapa, 2012. p. 01 - 04.

GNADLINGER, J. . **Rumo a um padrão elevado de qualidade de água de chuva coletada em cisternas no semi-árido brasileiro**. In: 6º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, 2007, Belo Horizonte, MG. **Água de Chuva: Pesquisas, Políticas e Desenvolvimento Sustentável**, 2007.

GOLDENFUM, J. A. ; Reaproveitamento de águas pluviais. In: Simpósio Nacional Sobre o Uso da Água na Agricultura, 2006, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: 2006. v. 1. p. 1-14

HEIJNEN, Han. A Captação de Água da Chuva: Aspectos de Qualidade da Água, Saúde e Higiene. In: Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, 8., 2012, Campina Grande. **Anais...** . Campina Grande: ABCMAC, 2012. p. 1 - 14.

HESPANHOL, I. . Potencial de Reúso de Água no Brasil-Agricultura, Indústria, Municípios, Recarga de Aquíferos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 7, n. 4, p. 75-95, 2002.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Área territorial brasileira**. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/default\\_territ\\_area.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/default_territ_area.shtm)>. Acesso em: 29 fev. 2016.

JALFIM, Felipe Tenório. Considerações sobre a viabilidade técnica e social da captação e armazenamento da água da chuva em cisternas rurais na região semi-árida brasileira. In: simpósio brasileiro de captação de água de chuva no semi-árido, 3., 2001, Campina Grande. **Anais...** . Campina Grande: Embrapa, 2001. p. 01 - 06.

JUNIOR, H. Ruoso; KEMERICH, Pedro Daniel da Cunha; RIGHES, Afrânio Almir. Filtro de areia para água da chuva com fluxo reverso. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 7, n. 1, p.83-98, jan. 2010.

LEAL, Jane Terezinha da Costa Pereira. **Água para consumo na propriedade rural**. Belo Horizonte: Emater, 2012. 18 p.

LIMA, Júlio Cesar Azevedo Luz de. **Avaliação do desempenho de dispositivo de desvio das primeiras águas de chuva utilizado em cisternas no semiárido pernambucano**. 2012. 100 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação do Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012.

MANUAL DE USO, Água. **Vamos cuidar de nossas águas implementando o plano nacional de recursos hídricos**. Brasília: SRH/ MMA, 2006, 109 p.

MAPA. Instrução Normativa nº 62, de 26 de agosto de 2003. **Oficializar os métodos analíticos oficiais para análises microbiológicas para controle de produtos de origem animal e água**. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária., p. 01-194. Disponível em: <<http://www.hidrolabor.com.br/IN62.pdf>>. Acesso em: 31 mar. 2016

MARINOSKI, D. L. ; GHISI, Eneidir ; GÓMEZ, L. A. . Aproveitamento de água pluvial e dimensionamento de reservatório para fins não potáveis: estudo de caso em um conjunto residencial localizado em Florianópolis-SC. In: I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável e 10º Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2004, São Paulo. **Anais...** .São Paulo: ClaCS 04/ENTAC 04, 2004.

MAROUELLI, Waldir Aparecido; SILVA, Henoque Ribeiro da; LOPES, José Flávio. **Irrigação na cultura da bucha vegetal**. Brasília: Embrapa, 2013. 12 p.

MAY, S. ; PRADO, Racine T. A. . **Estudo da qualidade da água de chuva para consumo não potável em edificações**. In: clACS'04 ENTAC'04, 2004, São Paulo. Construção Sustentável, 2004. v. 1. p. 1-1

MAY, Simone. **Caracterização, tratamento e reúso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações**. 2009. 222 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

MAY, Simone. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**.2004. 159 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MINISTÉRIOS DA SAÚDE. Portaria nº 2914, de 12 de dezembro de 2011. **Dispõe Sobre Os Procedimentos de Controle e de Vigilância da Qualidade da água Para Consumo Humano e Seu Padrão de Potabilidade**. Brasília, DF: Ministério da Saúde.

OLIVEIRA, Paulo Armando Victória de et al. **Aproveitamento da Água da Chuva na Produção de Suínos e Aves**. Concórdia: Embrapa, 2012. 42 p.

PALMIER, Luiz Rafael. A necessidade das bacias experimentais para a avaliação da eficiência de técnicas alternativas de captação de água de chuva na região semi-árida do Brasil. In: Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva no Semi-árido, 3., 2001, Campina Grande. **Anais...** . Campina Grande: ABCMAC, 2001. p. 1 – 8

PARRON, Lucilia Maria; MUNIZ, Daphne Heloisa de Freitas; PEREIRA, Claudia Mara. **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água**. Colombo: Embrapa Floresta, 2011.

PIVELI, R. P. ; KATO, M. T. . Qualidade das Águas e Poluição: Aspectos Físico-Químicos. 01. ed. São Paulo/SP: ABES - **Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**, 2005. v. 01. 285 p.

PREFEITURA MUNICIPAL DE INCONFIDENTES- MINAS GERAIS. . **Geografia**. 2015. Disponível em: <<http://www.inconfidentes.mg.gov.br/index.php/geografia>>. Acesso em: 15 jul. 2015.

SABESP- Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. **Qualidade da água**. 2016. Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=40>>. Acesso em: 29 nov. 2015.

SILVA, Ana Roberta Victoria ; TASSI, Rutinéia . Dimensionamento e simulação do comportamento de um reservatório para aproveitamento de água da chuva: resultados preliminares. In: XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2005, João Pessoa. **Anais...** . Porto Alegre: ABRH, 2005. v. Único.

SIQUEIRA, Rosileyde Gonçalves. **Crescimento e acúmulo de nutrientes em bucha**. 2007. 48 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

SOUZA, Claudinei Fonseca; BACICURINSKI, Ilana; SILVA, Ênio Farias de França e. Avaliação da qualidade da água do rio Paraíba do Sul no município de Taubaté-SP. **Revista Biociências**, Taubaté, v. 16, n. 1, p.16-23, 24 mar. 2010.

SOUZA, Ivan Ulisses de Lara. **Qualidade da água provenientes da chuva coletada em diferentes tipos de telhado**.2010. 34 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnologia em Gestão Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Inconfidentes, 2010.

TARTARI, Rodrigo et al. Avaliação da qualidade físico-química da água em uma escola localizada ao sul do amazonas: proposta de ensino e conscientização ambiental. **Revista EDUCamazônia - Educação Sociedade e Meio Ambiente**, Humaitá, v. 12, n. 1, p.127-146, 05 jan. 2014.

TOMAZ, Plínio. Conceitos de aproveitamento de chuva. In: TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento em áreas urbanas para fins não potáveis**. Guarulhos: Plínio Tomaz, 2010. Cap. 1. p. 1-21. Disponível em: <[http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro\\_aprov.\\_aguadechuva/Capitulo01.pdf](http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Capitulo01.pdf)>. Acesso em: 29 fev. 2016.

VALLE, José Alexandre Borges et al. Aproveitamento de água de chuva: avaliação do seu sistema para fins potáveis. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária, 23., 2005, Campo Grande. **Anais...** . Campo Grande: Abes, 2005. p. 1 - 9.

VELOSO, Nircele da Silva Leal; MENDES, Ronaldo Lopes Rodrigues. Aspectos legais do uso da água da chuva no brasil e a gestão dos recursos hídricos: notas teóricas. In: simpósio brasileiro de recursos hídricos, 10., 2013, Bento Gonçalves. **Anais...** . Bento Gonçalves: Abrh, 2013. p. 01 - 08.

VON SPERLING, Marcos. Noções de qualidade das águas. In: VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Ufmg, 2005. Cap. 1. p. 15-49.

ZAHED FILHO, K. et al. **Manual de reúso da água**. São Paulo: USP, 2007.