



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS VIII / ARARUNA - PB
CENTRO DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SAÚDE - CCTS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

MAICK SOUSA ALMEIDA

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE POTABILIZAÇÃO DE ÁGUA
UTILIZANDO MORINGA OLEIFERA**

**ARARUNA - PB
2018**

MAICK SOUSA ALMEIDA

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE POTABILIZAÇÃO DE ÁGUA
UTILIZANDO MORINGA OLEIFERA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Estadual da Paraíba – Campus VIII, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Engenharias.

Orientador: Prof. Dra. Ana Paula de Araújo Almeida.

**ARARUNA - PB
2018**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

A447d Almeida, Maick Sousa.

Desenvolvimento de um sistema de potabilização de água utilizando moringa oleifera [manuscrito] : / Maick Sousa Almeida. - 2018.

43 p.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências, Tecnologia e Saúde, 2018.

"Orientação : Profa. Dra. Ana Paula Araújo Almeida, Coordenação do Curso de Engenharia Civil - CCTS."

1. Tratamento de água. 2. Engenharia sanitária e ambiental. 3. Moringa.

21. ed. CDD 628.162

MAICK SOUSA ALMEIDA

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE POTABILIZAÇÃO DE ÁGUA
UTILIZANDO MORINGA OLEIFERA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Estadual da Paraíba – Campus VIII, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Engenharias.

Aprovada em: 26/02/2018

BANCA EXAMINADORA

Ana Paula Araújo Almeida
Prof.^a Dra. Ana Paula Araújo Almeida (Orientador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Albaniza Maria da Silva Lopes
Prof.^a Me. Albaniza Maria da Silva Lopes
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Yuri Tomaz Neves
Prof. Yuri Tomaz Neves
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

Primeiramente a Deus, Nosso Senhor.
E a minha família que sempre esteve ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer primeiramente ao meu Deus, aquele que está sempre olhando por mim, tanto nas ocasiões felizes como nas tristes. Obrigado meu Deus forte e misericordioso.

A minha mãe, Martinha e a minha avó Dona Seres, meu porto seguro, minha vida, são a elas que devo tudo o que sou e tudo o que tenho, obrigado pela educação, pelo carinho, pelos ensinamentos, por todo apoio que eu precisei para chegar onde estou, amo vocês.

Aos meus familiares, em especial as minhas irmãs Larissa e Isabella, obrigado por serem tão presentes em minha vida, sei que de longe não mediram esforços e hoje estão assistindo a essa vitória que também é de vocês.

A minha orientadora, Ana Paula, por toda dedicação, ensinamento e por toda paciência. Obrigado por me receber de braços abertos e fazer com que tudo desse certo. Nossa caminhada juntos foi longa, foram 5 anos de trabalhos, pesquisas e muito apoio para seguir em frente.

A minha namorada, Dawylla Kelly, que sempre esteve ao meu lado, me dando forças para chegar aonde cheguei. Obrigado por me apoiar, me ensinar a ser uma pessoa cada vez melhor, e claro, por toda paciência e amor. Pode ter certeza que você foi muito importante na construção desse trabalho.

Ao meu amigo, Yuri Tomaz, a quem sou muito grato por tudo que fez e faz por mim, sempre me ajudando, orientando, por cada incentivo, por sempre confiar em mim. Foi você que me impulsionou para o mundo das pesquisas, principalmente na área de recursos hídricos e saneamento.

Construir uma família linda em Araruna – PB durante esses 5 anos, e não poderia deixar de agradecer a todos e todas que estiveram comigo desde o início do curso. Em especial gostaria de agradecer aos meus amigos/irmãos: Ramon, Roberio, Vinycius, João Carlos, Robertinho, Sebastião, Alex e Felipe que sempre estiveram comigo, me apoiando e ajudando nessa caminhada. Podem ter certeza que de longe ou de perto vocês foram o alicerce na construção desse sonho.

RESUMO

O aproveitamento, da água da chuva e de águas subterrâneas, caracteriza-se por ser uma solução eficiente e barata para produzir a água potável. Deste modo, para o tratamento dessas águas é recomendado a realização de processos como a filtração utilizando areia ou carvão ativado. Após passar por um processo de filtração, a água deverá passar por uma etapa de desinfecção, podendo ser realizada através da fervura, da cloração ou por radiação solar. O objetivo da construção do sistema foi tratar a água da chuva e água de poço utilizando materiais de baixo custo em um dispositivo que pode ser adaptado nas residências. O protótipo desenvolvido é composto por um filtro lento contendo camadas de areia e brita e um canal de desinfecção por radiação solar. A partir desse acoplamento, foi possível desenvolver também um sistema de potabilização de água completo com inserção de uma unidade de decantação contendo sementes de moringa oleífera, afim de reduzir a turbidez de água da chuva captada em calhas e de água proveniente de poços. O processo de inserção da moringa no sistema filtro lento para a investigação experimental foi executado no laboratório de química do Campus VIII da universidade Estadual da Paraíba localizado no município Araruna – PB. O processo de sedimentação foi analisado misturando extratos de 1 a 5 sementes de moringa oleífera para cada 1 litro de água proveniente de cisterna, sendo produzidas amostras de água dissolvidas com argila e amostras da mesma água contaminada com esgoto doméstico na proporção de 250 ml esgoto para 10 litros de água. A eficiência de cada unidade do sistema de potabilização foi verificada através de análises físico-químicas e microbiológicas. Foi observado no tratamento da água de chuva uma redução na turbidez de 97,43%, enquanto que na água de poço se observou a ausência de Escherichia Coli, após o processo de desinfecção. A integração da unidade de decantação contendo sementes de moringa, ao protótipo filtro lento e o canal de desinfecção pode constituir-se de, uma tecnologia acessível que poderá contribuir para o aproveitamento da água em áreas de escassez.

Palavras-Chave: Moringa. Filtro lento. Radiação Solar.

ABSTRACT

The exploitation of rainwater and groundwater is an efficient and inexpensive solution to produce potable water. This way, for the treatment of these waters it is recommended to execute more complete treatment processes, such as filtration in sand filters or activated carbon. After passing through a filtration process, the water must undergo a disinfection step, which can be carried out through boiling, chlorination or solar radiation. In this body of work, a water treatment system was constructed, consisting of a slow filter containing layers of sand and gravel and a disinfection channel formed by PET bottles, forming a slow-channel disinfection filter system. From this prototype, it was also possible to develop a complete water purification system with the insertion of a decantation unit containing moringa oleifera seeds, in order to reduce the turbidity of rainwater collected in gutters and water from wells. The goal of the system's construction was to treat rainwater using low cost materials in a device that can be adapted in houses. The process of insertion of the moringa into the slow filter system for the experimental investigation was performed in the laboratory of chemistry of Campus VIII of the State University of Paraíba located in the Araruna – PB county. The waters used came from an artesian well and rain water collected from gutters and stored in a cistern. The sedimentation process was analyzed by mixing extracts of 1 to 5 moringa oleifera seeds for each 1 liter of water from the cistern, being produced samples dissolved with clay and samples of the same water contaminated with domestic sewage in the proportion of 250 ml sewage to 10 liters of water. The efficiency of each unit of the water treatment system was verified through physical-chemical and microbiological analyzes. It was observed in the treatment of rainwater a reduction in turbidity of 97.43%, while in the well water the absence of *Escherichia coli* was observed after the disinfection process. The integration of the decantation unit containing moringa seeds to the slow filter prototype and the disinfection canal can constitute an accessible technology that could contribute to the use of water in areas of scarcity.

Keywords: Moringa. Slow filter. Solar radiation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Planta de cobertura da UEPB.....	18
Figura 2 – Área de estudo.....	23
Figura 3 - Concentração de argila.....	24
Figura 4 - Concentração de argila.....	24
Figura 5 – Composição das amostras de água para cada tecnologia de forma separada.....	24
Figura 6 – Composição das amostras de água para as tecnologias acopladas.....	25
Figura 7 – Filtro lento.....	26
Figura 8 – Canal de desinfecção.....	27
Figura 9 – Decantador.....	28
Figura 10 - Filtro lento – canal de desinfecção – vista lateral.....	29
Figura 11 - Filtro lento – canal de desinfecção – vista frontal.....	29
Figura 12 (a) - Amostra de água após o tratamento com moringa.....	32
Figura 12 (b) - Amostra de agua antes do tratamento.....	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros da Legislação para água de consumo humano	14
Tabela 2 – Padrões de potabilidade para substâncias químicas inorgânicas que apresentam riscos à saúde	14
Tabela 3 - Padrões de aceitação (em VMP1) para substâncias químicas inorgânicas	15
Tabela 4 - Precipitação total para a cidade de Araruna	17
Tabela 5 - Áreas de cobertura.....	17
Tabela 6 - Capacidade volumétrica dos materiais filtrantes.....	30
Tabela 7 - Vazão média	30
Tabela 8 - Parâmetros físico-químicos para extrato de semente de moringa triturado em liquidificador	31
Tabela 9 - Parâmetros físico-químicos para extrato de semente triturado em almofariz e pistilo e adição de 5 sementes de moringa	32
Tabela 10 - Tratamento com Filtro Lento	33
Tabela 11 - Parâmetros físico-químicos – Filtro lento – Canal de desinfecção	34
Tabela 12 - Parâmetros físico-químicos – Moringa/Filtro Lento	34
Tabela 13 - Parâmetros físico-químicos – Moringa/ Filtro Lento/Canal de Desinfecção	35
Tabela 14 - Parâmetros microbiológicos – 4 horas de exposição ao sol	36
Tabela 15 - Parâmetros microbiológicos - 5 e 6 horas de exposição ao sol	37
Tabela 16 - Análises Microbiológicas - Tratamento Completo	37

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVOS	12
2.1 OBJETIVOS GERAIS	12
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	12
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
3.1 ÁGUA – IMPORTÂNCIA E QUALIDADE	13
3.2 ÁGUA DE CHUVA – APROVEITAMENTO E CAPTAÇÃO	15
3.3 ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	18
3.4 TRATAMENTO DA ÁGUA	19
3.5 <i>MORINGA OLEÍFERA</i>	21
4. METODOLOGIA	23
4.1 ÁREA DE ESTUDO	23
4.2 INVESTIGAÇÃO EXPERIMENTAL	23
4.1 FILTRO LENTO	25
4.2 CANAL DE DESINFECÇÃO	26
4.3 DECANTADOR	27
4.4 SISTEMA – FILTRO LENTO ACOPLADO AO CANAL DE GARRAFAS PET	28
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5.1 TESTES DE VAZÃO	30
5.2 QUALIDADE DA ÁGUA – ANÁLISES FÍSICO – QUÍMICAS	31
5.2.1 Decantador	31
5.2.2 Filtro Lento	33
5.2.3 Filtro lento – Canal de desinfecção	33
5.2.4 Decantador – Filtro lento	34
5.2.5 Sistema Completo	35
5.3 QUALIDADE DA ÁGUA – ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS	36
5.3.1 Canal de Desinfecção	36
5.3.2 Filtro lento – Canal de Desinfecção	36
5.3.3 Sistema Completo	37
6. CONCLUSÃO	39
7. REFERÊNCIAS	40

1. INTRODUÇÃO

O Polígono das Secas apresenta um regime pluviométrico marcado por extrema irregularidade de chuvas, no tempo e no espaço. Nesse cenário, a escassez de água constitui um forte entrave ao desenvolvimento socioeconômico e, até mesmo, à subsistência da população. A ocorrência cíclica das secas e seus efeitos catastróficos são por demais conhecidos e remontam aos primórdios da história do Brasil. Esse quadro de escassez poderia ser modificado em determinadas regiões, através de uma gestão integrada dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

Os problemas de escassez dos recursos hídricos refletem o desinteresse da população e a ineficiência das entidades públicas para implementar a gestão adequada da água, conduzindo a graves problemas de fornecimento hídrico em diversas localidades, principalmente em grandes centros urbanos. Somado à escassez, o desperdício de água potável, caracterizado por vazamentos nos sistemas de distribuição, poluição e utilização para fins não potáveis, agrava a situação de baixa disponibilidade, intensificando a necessidade de maiores investimentos para manutenção dos sistemas públicos de fornecimento (NETO et al., 2017).

O tratamento da água através de tecnologias acessíveis pode se tornar uma excelente prática para minimizar os impactos causados pela escassez de água, disponibilizando à população água tratada a baixo custo. O aproveitamento da água de chuva apresenta-se como uma solução muito interessante para os problemas de falta de água, porém também apresenta alguns pontos negativos que devem ser considerados e solucionados. A qualidade dessa água é sem dúvida a mais importante ressalva que deve ser feita na adoção dessa prática, pois pode variar principalmente com a qualidade do ar, mas é na superfície da captação onde se encontram as maiores fontes de poluição, principalmente de organismos patogênicos depositados nessas áreas, sobretudo através de fezes de animais (SOUZA et al., 2009).

Outra alternativa de combate a escassez de água é a utilização de águas subterrâneas que segundo a Associação Brasileira de Águas Subterrâneas – ABAS (2017) a água subterrânea é toda a água que ocorre abaixo da superfície da Terra, preenchendo os poros ou vazios intergranulares das rochas sedimentares, ou as fraturas, falhas e fissuras das rochas compactas. Porém, o uso destas águas para consumo humano é tido como uma importante fonte de contaminação por micro-organismos.

Fatores como o baixo custo para a perfuração, a carência do abastecimento hídrico público, e o desconhecimento da população sobre os riscos que envolvem o consumo de água não tratada, fazem com que muitas pessoas escolham esta forma de obtenção de água para uso doméstico (SILVA; ARAÚJO, 2014).

O processo de filtração lenta tem sido indicado pela literatura especializada como alternativa de largo potencial de aplicabilidade, especialmente em pequenas comunidades para o tratamento de água, tanto superficiais como de origem subterrânea. São atribuídas a esta técnica características como facilidade operacional, baixos custos de implantação e operação e grande eficiência na remoção de sólidos e organismos patogênicos. O processo de filtração lenta consiste de um filtro de areia suportado por camada de seixos rolados e sistema de drenagem (FERNANDA, 2016).

Parte fundamental no tratamento de água, a desinfecção, pode ser definida como o mecanismo primário para inativação/destruição de organismos patogênicos entéricos que podem estar presentes na água, com a função de prevenir a proliferação de doenças cuja transmissão ocorre por via hídrica. A desinfecção pode ocorrer por meio de agentes físicos (calor úmico, vapor d'água, incineração, radiações ionizantes, luz do sol, filtração em membranas e radiação UV) ou químicos (aplicação de compostos fenólicos, álcoois, halogênios, metais pesados, cloro, dióxido de cloro, ozônio e outros) (BASTOS, 2007).

O acoplamento, do canal de desinfecção por radiação solar utilizando garrafas PET, ao sistema de filtragem lenta, torna o sistema mais eficiente sem, no entanto, tornar seu custo elevado.

A espécie *Moringa oleífera* tem sido objeto de vários estudos devido à possibilidade de uso de suas sementes para o tratamento de água. A semente da moringa por se constituir em um coagulante de origem natural. Além de melhorar os parâmetros químicos para o consumo de água, extratos da *Moringa oleífera* também são eficientes na eliminação de contaminantes microbiológicos, reduzindo as populações de protozoários e bactérias (NISHI et al., 2011; PATERNIANI et al., 2009).

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOS GERAIS

Diante do exposto a pesquisa teve como objetivo inserir a semente da moringa em um sistema de potabilização de água composto por um filtro lento acoplado a um canal de desinfecção por radiação solar, visando à redução de turbidez e desenvolver um sistema eficiente e de baixo custo para tratamento de águas pluviais e de poços.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Integrar uma unidade de decantação contendo sementes de moringa ao sistema filtro lento - canal para desinfecção da água utilizando materiais de baixo custo.
- Testar a eficiência do sistema no tratamento de água de chuva e poços.
- Caracterizar a água antes e depois do processo de potabilização por meio de análises físico-químicas e microbiológicas.
- Definir parâmetros operacionais do sistema como volume e vazão, concentração e tempo de sedimentação.
- Avaliar a eficiência do sistema completo e definir suas condições de operação mediante os resultados obtidos.
- Implementar o sistema para o aproveitamento da água da chuva e poços em comunidades de forma eficiente e acessível.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 ÁGUA – IMPORTÂNCIA E QUALIDADE

É de conhecimento geral, a importância da água para a existência da vida. O corpo humano é composto em sua maior parte por ela, sendo um elemento fundamental para a existência de vida. Segundo Francisco (2017), a superfície do nosso planeta é coberta em 70% por uma massa de água. Menos de 3% da água da Terra é considerada doce, ou seja, possuem concentrações menores de sais minerais que as águas dos oceanos, conforme Tomaz (2009). Entretanto, a maior parte da água doce do planeta está contida nas geleiras, calotas polares e água subterrânea, ficando assim, apenas 0,266% da água doce disponível na forma de rios, lagos e reservatórios (0,007% de toda a água do planeta).

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (2014), a água presente no meio ambiente está em constante movimento, denominado ciclo hidrológico ou ciclo da água, e refere-se à troca de água entre a atmosfera, o solo, águas superficiais e subterrâneas e as plantas. A água move-se perpetuamente através de etapas, denominadas de evaporação e transpiração, de precipitação, de escoamento e de infiltração. Esse ciclo nem sempre é bem definido nas diversas regiões do planeta, ocasionando períodos alternados de chuva e estiagem, a depender da geografia e das condições climáticas do local observado.

O consumo de água tem crescido em mais do que o dobro da taxa de crescimento populacional. Com base nisso a previsão para o ano de 2025 é que cerca de 1,8 bilhões de pessoas viverão em países ou regiões com absoluta escassez de água e dois terços da população mundial enfrentará dificuldades relacionadas a disponibilidade de água. Esse problema de acesso a água potável se relaciona também as secas, às interferências no ciclo natural das águas, à posição geográfica de algumas regiões, e à falta de estrutura para distribuição de água potável, entre outros fatores (HAGEMANN, 2009).

A qualidade da água não se refere a um grau de pureza absoluto, mas sim a um grau de pureza desejável em função do uso ao qual se destina. O grau de pureza desejável da água pode ser afetado pela presença de matéria ou energia em quantidade ou concentração que ultrapasse os padrões de qualidade estabelecidos em função do uso que se destina, caracterizando assim poluição da água (IWAI, 2012). No Brasil, a

portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011 (BRASIL 2011), dispõem sobre os métodos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, definindo água potável como aquela cujos parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos atendem ao padrão de potabilidade; e não oferece risco à saúde.

O tratamento de água para consumo humano visa reduzir a concentração de poluentes até o ponto em que não apresentem riscos para a saúde pública, sendo que cada etapa do tratamento é um obstáculo para a proliferação de patógenos nocivos à saúde (PARRON et al., 2011).

Nas Tabelas 1, 2 e 3 estão apresentados os principais parâmetros da legislação para água de consumo humano tais quais os padrões de potabilidade estabelecidos pela portaria nº 2.914 (BRASIL 2011), para as principais substâncias químicas inorgânicas e orgânicas.

Tabela 1- Parâmetros da Legislação para água de consumo humano.

Parâmetro	Limite
pH	6,0 a 9,0
Turbidez	5,0 UT
Aspecto	Límpido
Alcalinidade	-
Dureza	500 mg/L
Cloretos	250 mg/L
Coliformes totais	Ausência em 100 mL
Escherichia coli	Ausência em 100 mL

Fonte: (BRASIL, 2011)

Tabela 2- Padrões de potabilidade para substâncias químicas inorgânicas que apresentam riscos à saúde.

Parâmetro	Unidade (mg/L)
Antimônio	0,005
Arsênio	0,01
Bário	0,7
Cádmio	0,005
Cianeto	0,07
Chumbo	0,01
Cobre	2
Cromo	0,05
Fluoreto	1,5
Mercúrio	0,001
Nitrato	10
Nitrito	1
Selênio	0,01

Fonte: (BRASIL, 2011)

Tabela 3- Padrões de aceitação (em VMP1) para substâncias químicas inorgânicas.

Parâmetro	Unidade (mg/L)
Alumínio	0,2
Amônia (NH ₃)	1,5
Cloreto	250
Cor Aparente	15
Dureza	500
Ferro	0,3
Manganês	0,1
pH	6,5-9,5
Sódio	200
Sólidos totais dissolvidos	1000
Sulfato	250
Sulfeto de hidrogênio	0,05
Zinco	5

Fonte: (BRASIL, 2011)

3.2 ÁGUA DE CHUVA – APROVEITAMENTO E CAPTAÇÃO

O aproveitamento da água proveniente das precipitações pluviais consiste em uma prática utilizada em várias partes do mundo. Sua utilização depende de cada região, em alguns casos o aproveitamento é usado para economizar no consumo de água potável e/ou para preservar os mananciais. Já em outras ocasiões é extremamente importante sua utilização, sendo uma das principais formas de acesso a água.

A utilização da água da chuva não é uma inovação dos dias atuais. No Brasil, o primeiro relato de aproveitamento da água da chuva é provavelmente um sistema construído na Ilha Fernando de Noronha, pelo exército norte-americano em 1943 (HAGEMANN, 2009).

Conforme Hagemann (2009), o aproveitamento de águas pluviais no Brasil tem sido praticado em maior escala principalmente na região Nordeste, devido ao problema da escassez hídrica, característico de parte da região. Em julho de 2003, teve início o Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semiárido: um Milhão de Cisternas Rurais - P1MC, com o objetivo de beneficiar cerca de 5 milhões de pessoas na região semiárida, com água potável, através da construção de cisternas.

A implantação de um sistema de captação de águas pluviais é uma interessante alternativa para regiões com baixos índices pluviométricos, pois a menor precipitação significa pouca água disponível para abastecimento. Com a implantação desses

sistemas, durante o período de chuvas essas águas são captadas, que corretamente armazenadas, ajudam as pessoas dessas regiões a atravessar o período de estiagem sem dependerem inteiramente dos sistemas de abastecimentos.

Os sistemas de aproveitamento de água de chuva em edificações consistem na captação, armazenamento e posterior utilização da água precipitada sobre superfícies impermeáveis de uma edificação, tais como: telhados, lajes e pisos. Assim, como os sistemas prediais de reuso de água, a sua aplicação é restrita a atividades que não necessitem da utilização de água potável (Oliveira et al., 2007).

Nesse processo de coleta de água da chuva, a primeira água que cai no telhado, lavando-o, apresenta um grau de contaminação bastante elevado e, por isso, é aconselhável o desprezo desta primeira água, pois elas transportam ácidos, microorganismos, e outros poluentes atmosféricos. A água armazenada poderá ser utilizada em bacias sanitárias, em torneiras e irrigação de jardim, para lavagem de veículos, pisos e passeios e também para lavagem de roupas (VASCONCELOS, 2007).

Dependendo da qualidade da água, tanto tecnologias de tratamento de água com coagulação química quanto sem coagulação química podem ser utilizadas para o tratamento de águas de chuvas. Porém, o tratamento com coagulação química ainda não é uma opção sustentável para pequenos municípios e comunidades rurais de países em desenvolvimento por causa das limitações em infraestrutura e mão-de-obra qualificada. Devido a isto, as tecnologias sem coagulação química são mais indicadas nestas condições. Dentre as tecnologias sem coagulação química se destaca a filtração lenta em areia. A filtração lenta apresenta a capacidade de remoção de microrganismos, toxinas produzidas por cianobactérias, agroquímicos e matéria orgânica natural, além de apresentar um baixo custo de construção e manutenção e simplicidade de operação (PELEGRINI, 2012).

Durante o ano de 2017, foi desenvolvido por alunos do Campus VIII da Universidade Estadual da Paraíba, no município de Araruna – PB, um estudo intitulado “Estimativa de Aproveitamento de Água Pluvial Para Fins Não Potáveis: Estudo de Caso na Universidade Estadual da Paraíba localizada em Araruna – PB”, que buscou evidenciar a importância de analisar o potencial de economia de água potável, através do aproveitamento de água proveniente de precipitações captadas a partir das áreas de cobertura de uma instituição de ensino superior, visando o seu uso para fins não potáveis.

De acordo com Almeida et al., (2017), a estimativa do volume de água de chuva para aproveitamento foi baseada no levantamento das áreas de cobertura dos blocos da Universidade e nos valores de precipitação para a região.

A Tabela 4 mostra os valores de precipitação total para Araruna no ano de 2016, listados pela Agência executiva de gestão das águas (AESAs).

Tabela 4 - Precipitação total para a cidade de Araruna.

Mês	Precipitação total (mm)
Janeiro	177,2
Fevereiro	23,0
Março	68,0
Abril	106,7
Mai	142,6
Junho	68,3
Julho	17,4
Agosto	11,9
Setembro	0,0
Outubro	0,0
Novembro	0,0
Dezembro	81,2
Anual	696,3

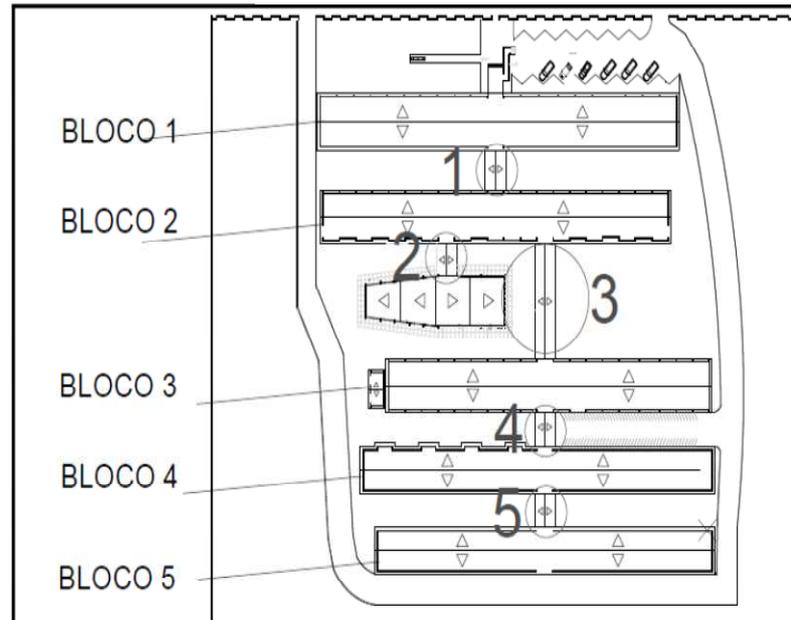
Fonte: (AESAs, 2017)

Nesse estudo foi possível estimar a área de contribuição considerada no cálculo do volume de água da chuva possível de captação, a partir das plantas de cobertura da universidade, conforme apresentadas na Tabela 5 e na Figura 1.

Tabela 5 – Áreas de cobertura.

Local	Área de Cobertura (m ²)
Bloco 1	1070,997
Passagem 1	42,315
Bloco 2	944,646
Passagem 2	32,524
Passagem 3	118,707
Auditório	329,661
Bloco 3	910,508
Passagem 4	35,152
Bloco 4	865,053
Passagem 5	33,488
Bloco 5	829,794
Total	5212,845

Fonte: (Almeida et al., 2017).

Figura 1 – Planta de cobertura da UEPB.

Fonte: (Almeida et al., 2017)

O método utilizado por Almeida et al., (2017), adotou aproveitamento de 80% e supôs ser possível captar toda a água de chuva proveniente da área total de cobertura da universidade (5212,845 m²) durante o período de um ano, assim chegando a um volume de 2903,76 m³. Este valor representou aproximadamente 17,22% do consumo médio anual da universidade, que é de 17280 m³. Se o volume captado (2903,76 m³) tivesse como destino o uso para fins não potáveis dos blocos, seria possível suprir 26,91% do consumo de todas as atividades e aparelhos que podem utilizar água não potável.

3.3 ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Protegidas por leis (federais, estaduais e municipais) e tratadas, frequentemente com descaso, as águas subterrâneas compõem recursos naturais com grande potencialidade para abastecerem as cidades em um sistema de abastecimento duradouro e acessível, devido ao seu caráter contínuo ao longo das redes hidrográficas dos municípios que constitui, muitas das vezes, em algumas cidades seus eixos estruturadores físico-territoriais, em outras excedem as malhas urbanas, estaduais e até do país, onde diferentes configurações das paisagens estão presentes.

São ainda, recursos sensíveis e extremamente importantes do ponto de vista ecológico, graças ao dinamismo funcional que apresentam, sendo, portanto,

fundamental sua conservação sob um sistema de espaços urbanos sem grandes impactos ambientais, ainda que estejam associadas a outros usos como sistemas de tratamento de esgotos domésticos e industriais, de drenagem das águas pluviais, de transportes etc. (CAMPOS, 2003).

O abastecimento irregular e interrompido de água tratada, na cidade de Ararura - PB acaba por não atender a demanda de consumo e por consequência vem crescendo a quantidade de poços de água perfurados no município. No ano 2005, através de um levantamento realizado no município de Araruna - PB pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM (2005), registrou a existência de 72 pontos d'água, sendo todos poços tubulares e de acordo com CRISPIM (2014), em seu trabalho iniciação científica sobre análise de água de poços perfurados em Araruna, até fevereiro de 2014 existiam no mínimo 150 poços de água perfurados na área urbana da cidade.

Em se tratando das águas subterrâneas, nos aquíferos livres (mais superficiais) ou confinados (profundos) abastecidos por infiltração das águas pluviais e de lagoas e rios, são particularmente importantes os riscos à contaminação por derrames de hidrocarbonetos, nitrato, metais pesados, radioativos, necrochorume, compostos orgânicos tóxicos originários dos processos industriais (TUNDISI, 2003).

Os poluentes uma vez no solo podem alcançar grandes profundidades, cuja dependência fica por conta do tipo do poluente e das condições geológicas. A contaminação das águas subterrâneas (superficiais e profundas) é um problema de difícil solução na medida em que, ao contrário das águas superficiais, as águas subterrâneas são praticamente impossíveis de serem purificadas, pois não estão expostas à luz solar, às correntes fortes e a outros processos naturais e artificiais de purificação responsáveis pela despoluição das águas superficiais

3.4 TRATAMENTO DA ÁGUA

O processo de filtração lenta tem sido indicado pela literatura especializada como alternativa de largo potencial de aplicabilidade, especialmente em pequenas comunidades. São atribuídas a esta técnica características como facilidade operacional, baixos custos de implantação e operação e grande eficiência na remoção de sólidos e organismos patogênicos. O processo de filtração lenta consiste de um filtro de areia suportado por camada de seixos rolados e sistema de drenagem.

Outro tratamento bastante eficiente na remoção de contaminantes é a desinfecção por radiação ultravioleta. Essa técnica atua por meio físico através de comprimentos de onda UV que atingem principalmente os ácidos nucleicos dos microrganismos e promovem reações fotoquímicas que inativam os vírus e bactérias através de uma reação de oxidação. Neste processo valores mais baixos de cor e turbidez também interferem positivamente na eficiência do tratamento, pois a penetração da luz é fator determinante para a eliminação dos patógenos (CIPRIANO, 2004). Estudos prévios realizados por Conroy et al. (2001) mostraram resultados positivos no controle de doença diarreicas em crianças menores que 6 anos de idade, com o uso da energia solar na desinfecção da água de beber. O método serve como forma de conter os riscos de epidemia em comunidades que vivem em regiões com más condições socioeconômicas e higiênico-sanitárias.

Deste modo, tendo em vista que o sol é uma fonte natural de radiação UV tão como de calor, que é obtido de forma gratuita e é universalmente disponível, ele pode servir de base para um sistema de desinfecção efetivo e com um baixo custo para ser usado em regiões desfavorecidas economicamente e/ou afastadas dos grandes centros urbanos, possibilitando a desinfecção de águas provenientes de poços, mananciais superficiais ou até mesmo captadas e armazenadas pelas chuvas.

De acordo com o Guia de aplicações do SODIS (a sigla, em inglês, para “Solar Water Disinfection”) a desinfecção por energia solar apresenta as seguintes vantagens:

- Possibilita do discernimento acerca de educação para saúde e higiene;
- Melhora os parâmetros básicos de saúde familiar;
- Otimiza a qualidade microbiológica da água para o consumo humano;
- Apresenta um método simples de desinfecção que de fácil acesso para a população;
- Diminui a necessidade de fontes tradicionais de energia que poluem ao meio ambiente como: gás, querosene e lenha evitando a combustão desses elementos.

Uma alternativa para o tratamento de água através da radiação solar é a utilização de garrafas PET, principalmente em regiões com alto nível de incidência solar. Esse sistema constitui uma alternativa interessante, viabilizando o incentivo da reciclagem e barateando o custo do processo de desinfecção.

A espécie *Moringa oleífera* tem sido objeto de vários estudos devido a possibilidade de uso de suas sementes para o tratamento de água. Amagloh e Benang (2009) demonstraram que as sementes de *Moringa oleífera* possuem proteínas de baixo peso molecular que ao serem hidratadas, aceleram a decantação de partículas. Esse coagulante à base de sementes de moringa, por ser de origem natural, possui significativa vantagem, quando comparado ao coagulante químico, sulfato de alumínio, principalmente para pequenas comunidades uma vez que pode ser preparado no próprio local de uso (PATERNIANI, 2009). Além de melhorar os parâmetros químicos para o consumo de água, extratos da *Moringa oleífera* também são eficientes na eliminação de contaminantes microbiológicos, reduzindo as populações de protozoários e bactérias (NISHI et al., 2011; PATERNIANI et al., 2009).

3.5 MORINGA OLEÍFERA

Moringa oleífera é uma planta nativa da Ásia e, como suas sementes apresentam propriedades coagulantes e bactericidas, ela tem sido amplamente utilizada nos processos de tratamento da água destinada ao consumo humano. Aliado a isto, há o fato de que o uso de suas sementes não altera o pH e o gosto da água (AMARAL et al., 2006).

Muitos são os resultados de pesquisas comprovando a eficiência do extrato de sementes de moringa, como agente coagulante, na remoção de turbidez e coliformes de águas residuárias e de utilização no abastecimento público. Matos et al. (2007) e Chagas et al. (2009), ao determinarem a melhor combinação concentração-pH de coagulantes, de forma a maximizar a remoção de sólidos em suspensão presentes na água em recirculação do descascamento dos frutos do cafeeiro e na água residuária de laticínios, respectivamente, concluíram que o extrato de sementes de moringa mostrou grande potencial de utilização como coagulante natural e alternativo no tratamento dessas águas. Silva et al. (2001) estudaram a utilização de coagulantes naturais no tratamento de efluentes da indústria têxtil e observaram que, comparativamente aos coagulantes químicos convencionalmente utilizados, a *Moringa Oleífera* foi uma alternativa promissora no tratamento físico-químico dessas águas residuárias, podendo ser empregada como auxiliar no tratamento primário, já que proporciona aumento na

eficiência dos decantadores na remoção de sólidos em suspensão. Heredia e Martin (2009) apontaram o extrato de sementes de moringa como excelente agente removedor de surfactantes aniônicos em solução aquosa, alcançando 80% de remoção do laurel sulfato de sódio. Heredia et al. (2009) concluíram que o extrato de sementes de moringa apresentou elevada eficiência na remoção de corantes. Abdulsalam et al. (2007) ao utilizarem o extrato de semente de moringa na clarificação de águas brutas de Maiduguri, Nigéria, obtiveram eficiência de remoção da turbidez de 82,4% para a dose ótima de 180 mgL⁻¹ de sementes. Segundo esses autores, a moringa pode substituir o sulfato de alumínio como coagulantes, já que apresenta baixa agressividade ao meio ambiente, pode ser cultivada localmente e em razão da relação custo e eficiência.

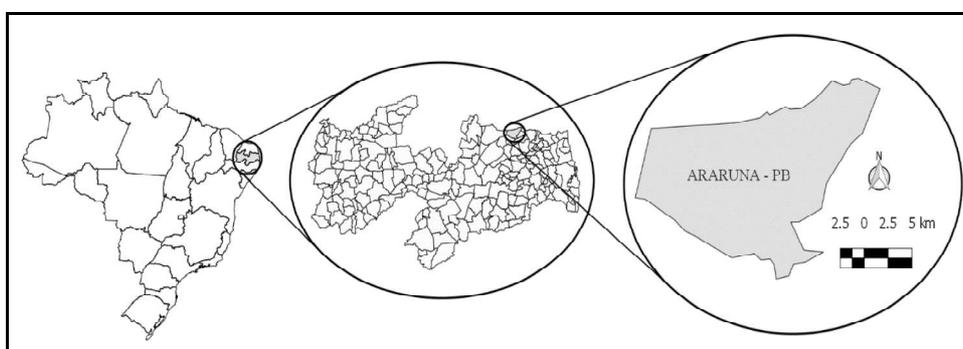
A eliminação da turbidez pela sedimentação através das sementes de moringa tem efeito positivo no processo de desinfecção da água pela energia solar, pois em águas com turbidez elevada (maior que 200 UNT), menos que 1% da incidência de radiação ultravioleta penetra mais que 2 cm da superfície, o que diminui muito sua ação germicida. A esse respeito, foi verificada a inativação da *E. coli* em amostras de água com baixa turbidez após 7h de exposição solar da água (JOYCE et al., 1996). Para que a desinfecção pela luz solar seja eficiente, a água a ser desinfetada deve apresentar turbidez < 30 UNT, acima desse valor, a sedimentação deve ser realizada podendo ser utilizado o extrato de sementes de *Moringa oleífera* (WEGELIN, 1994).

4. METODOLOGIA

4.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi desenvolvido no Campus VIII da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, que está localizado no Município de Araruna-PB, com área de 245,723 km², na Microrregião do Curimataú Oriental e na Mesorregião Agreste Paraibano do Estado da Paraíba, e abriga segundo dados do IBGE (2010) uma população de 18.879 habitantes.

Figura 2 – Área de estudo.



Fonte: (Yuri Tomaz, 2016)

4.2 INVESTIGAÇÃO EXPERIMENTAL

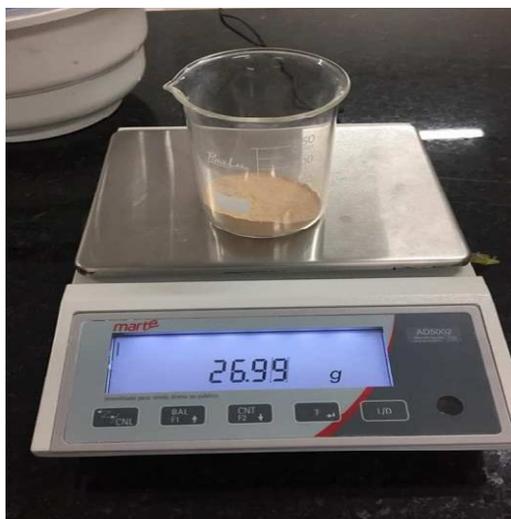
O sistema filtro lento acoplado ao canal de garrafas pet, juntamente com o processo de inserção da semente da moringa para a investigação experimental, utilizou águas provenientes de um poço artesiano e água de chuva captada a partir de calhas e armazenada em uma cisterna.

As amostras foram coletadas em frascos de PVC esterilizados utilizando luvas de látex, algodão e Álcool 70 %. As análises físico químicas foram realizadas no laboratório de química do Campus VIII da universidade Estadual da Paraíba localizado no município Araruna – PB. As análises microbiológicas foram realizadas pelo Núcleo de Pesquisa em Alimentos da UEPB – NUPEA.

Para simular condições de contaminação e turbidez foram preparados dois tipos de amostras, uma dissolvendo-se argila na água, numa proporção de 27 gramas de argila, para cada 2 litros de água e a outra dissolvendo-se 250 ml de esgoto bruto para cada 10 litros de água. As figuras 2 e 3 mostram os materiais utilizados para aumentar a

turbidez da água e verificar a eficiência do sistema. O material argiloso foi obtido a partir de ensaio de granulometria, sendo o material passante na peneira de abertura de 0,075mm.

Figura 3- Concentração de argila.



Fonte: (Próprio autor, 2017)

Figura 4- Concentração de argila.



Fonte: (Próprio autor, 2017)

Deste modo, o fluxograma abaixo, representado pelas Figuras 5 e 6, teve o intuito de facilitar o entendimento acerca do tipo de amostra de água tratada em cada tecnologia em estudo, tanto de forma separadas como acopladas.

Figura 5 – Composição das amostras de água para cada tecnologia de forma separada.



Fonte: (Próprio autor, 2017)

Figura 6 – Composição das amostras de água para as tecnologias acopladas.



Fonte: (Próprio autor, 2017)

4.1 FILTRO LENTO

O protótipo de filtragem (Figura 4) lenta foi construído utilizando um tubo cilíndrico de PVC (policloreto de vinila), com altura útil de 1000 mm com diâmetro de 100 mm. O meio filtrante do protótipo foi composto por duas camadas: uma camada de 350 mm de areia seguida de 150 mm de brita. A areia utilizada foi classificada através do ensaio de granulometria, sendo o material retido entre as peneiras de abertura de 4,8 mm a 0,075mm. O mesmo procedimento ocorreu com a brita, podendo ser classificada como brita 19. Os materiais foram devidamente lavados para retirada dos materiais pulverulentos e depois secos em estufa.

Figura 7 – Filtro lento.

Fonte: (Próprio autor, 2017)

Para a montagem do protótipo foi utilizado um garrafão de polipropileno de vinte litros, proveniente de descartes do comércio varejista, onde foi perfurado para a colocação de torneira de PVC de jardim ½”, na parte inferior, e CAP de esgoto de 100 mm na parte superior, a fim de dar maior sustentação a estrutura

Com o objetivo de avaliar separadamente a eficiência do filtro lento no tratamento da água, foi realizado ensaio de tempo de vazão.

4.2 CANAL DE DESINFECÇÃO

O canal de desinfecção foi construído utilizando três vasilhames PET (Politereftalato de etileno), descartados após consumo de refrigerantes, lixados, posteriormente e acopladas. Foi utilizada uma rampa de madeira forrada com papel alumínio para servir de suporte e para potencializar a incidência de luz solar sobre a água, como mostrado na Figura 5.

Com o objetivo de avaliar separadamente a eficiência do canal de garrafas PET na desinfecção da água de chuva armazenada em cisternas, foi realizado ensaio expondo as garrafas com água ao sol por um período de 4 horas sem pré-tratamento através do filtro lento e sem a inserção da semente de moringa.

Figura 8 – Canal de desinfecção.



Fonte: (Próprio autor, 2017)

4.3 DECANTADOR

Para a montagem do decantador, local de inserção da semente da moringa, foi utilizado um garrafão de polipropileno de vinte litros, proveniente de descartes do comércio varejista, como mostra a Figura 6, onde foi perfurado, a uma altura de 10 cm, para a colocação de torneira de PVC de jardim ½". O volume morto do recipiente é de aproximadamente 4 litros, sendo capaz de reter o material sedimentado e escoar a água purificada após o tratamento com a inserção da semente de moringa.

Para avaliar a eficiência do extrato de moringa como agente coagulante foram preparados extratos de 1, 2, 3 e 4 sementes para cada 1L de água, triturados em liquidificador, e peneirados em malha de 1 mm, e 5 sementes também para cada 1L de água sendo triturado em almofariz e pistilo. A mistura foi feita manualmente, com auxílio de uma espátula, em duas etapas: velocidade rápida com 180 rotações por minuto e em seguida velocidade lenta com 60 rotações por minuto, afim de melhorar a eficiência da coagulação.

Figura 9 – Decantador.



Fonte: (Próprio autor, 2017)

As mostras foram deixadas em repouso por um período de 2 horas (5 sementes) e 24 horas (1, 2, 3 e 4 sementes).

A partir do decantador, após o processo de sedimentação, a água foi coletada em um recipiente e inserida no filtro lento.

4.4 SISTEMA – FILTRO LENTO ACOPLADO AO CANAL DE GARRAFAS PET

A água oriunda do sistema de filtragem lenta escoava pelo canal a partir da força gravitacional através da inclinação de 20° dimensionada no suporte. O acoplamento entre os sistemas foi feito através de uma mangueira flexível cristal de um metro conectadas a uma torneira de jardins.

. As Figuras 7 e 8 mostram a imagem lateral e frontal, respectivamente, do sistema montado em área aberta onde a incidência de luz solar era constante (sem sombra).

Para avaliar a eficiência do sistema diante de uma carga de contaminação excepcionalmente maior que a normalmente esperada para águas de chuva armazenadas em cisternas, a água foi contaminada com esgoto doméstico na proporção de 250 ml esgoto para 10 litros de água.

Figura 10 – Filtro lento – canal de desinfecção – vista lateral.



Fonte: (Próprio autor, 2017)

Figura 11 – Filtro lento – canal de desinfecção – vista frontal.



Fonte: (Próprio autor, 2017)

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A coleta de dados através de análises físico-químicas e microbiológicas, foi conduzida a partir de cada unidade individualmente utilizando amostras de água de chuva, e por fim os dados foram coletados a partir do sistema completo avaliando a eficiência do sistema também para água proveniente de poço.

5.1 TESTES DE VAZÃO

Foram realizados testes de escoamento e vazão de água para o filtro lento a fim de dar uma maior segurança e confiabilidade aos resultados obtidos por meio das etapas posteriores.

Os dados disponíveis nas Tabelas 6 e 7 apresentam os resultados da capacidade volumétrica e da vazão média do filtro lento, respectivamente.

Tabela 6 – Capacidade volumétrica dos materiais filtrantes

Agregados	Altura da Camada (mm)	Diâmetro (mm)	Volume (L)
Areia	350	100	2,75
Brita	150	100	1,17

Fonte: (Próprio autor, 2017)

Tabela 7 – Vazão média

Qtd de Litros	Tempo (h)			Média (h)	Vazão (L/h)
	T1	T2	T3		
4	0,36	0,41	0,44	0,40	10

Fonte: (Próprio autor, 2017)

O filtro lento apresentou vazão correspondente à 10 L/ h. O que significa dizer que operando durante todo o dia (24 horas) esse sistema pode fazer o tratamento de 240 litros de água. Esse resultado significativo do escoamento do filtro pode ser atribuído aos ensaios de granulometria pelo qual os materiais filtrantes foram submetidos.

5.2 QUALIDADE DA ÁGUA – ANÁLISES FÍSICO – QUÍMICAS

5.2.1 Decantador

Na Tabela 8 são apresentados os resultados das análises físico-químicas para a amostra não tratada e para as amostras tratadas de água da chuva, com inserção de 1, 2, 3 e 4 sementes de moringa para cada litro de água, triturado em liquidificador. Foram adicionados às amostras a e b 2% de argila, como mostra a Figura 9, a fim de deixar a água em condições de elevada turbidez, objetivando verificar a eficiência da moringa na redução desse parâmetro. O tempo de repouso para sedimentação foi de 24 horas.

A partir da análise dos resultados pôde-se observar que, a turbidez das amostras tratadas atendeu ao padrão indicado após o tratamento, que é de 5,0 UT, observando uma grande redução do valor da turbidez para todas as amostras analisadas, evidenciando a eficiência das sementes no tratamento. O tratamento com 1 semente por litro foi o que apresentou o melhor resultado de turbidez, apresentando uma redução percentual de 97,43%, mas todos os tratamentos ficaram de acordo com o padrão estabelecido pelo ministério da saúde através da portaria 2.914 de 2011 (BRASIL 2011).

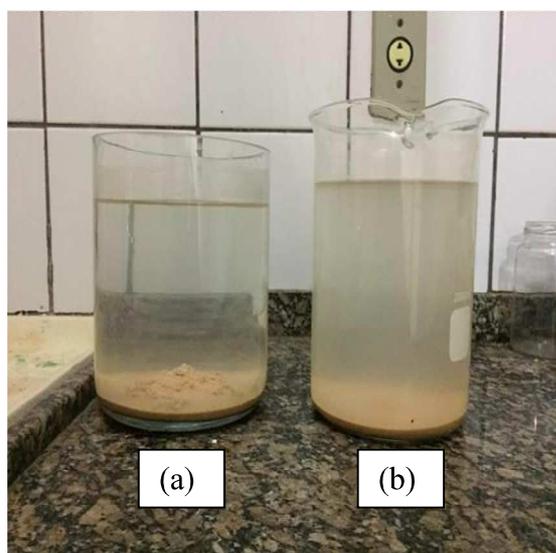
O parâmetro cor após o tratamento apresentou-se dentro do limite de 15 uH para todas as análises. Tanto pH quanto a temperatura tiveram pequenas alterações, permanecendo o pH dentro do limite padrão e de 6,0-9,5.

Tabela 8 – Parâmetros físico-químicos para extrato de semente de moringa triturado em liquidificador.

Amostras	Parâmetros Físico-Químicos							
	PH		Temperatura		Cor		Turbidez	
	1	Padrão	1	Padrão	1	Padrão	1	Padrão
Não Tratada	6,8	6,5 – 9	25,1	-	>200	15	19,91	5
Tratamento com 1 semente por litro	6,91	6,5 – 9	24,8	-	2,5	15	0,51	5
Tratamento com 2 semente por litro	7,1	6,5 – 9	24,7	-	2,5	15	0,80	5
Tratamento com 3 semente por litro	6,95	6,5 – 9	24,3	-	15	15	1,19	5
Tratamento com 4 semente por litro	6,79	6,5 – 9	24,7	-	15	15	0,95	5

Fonte: (Próprio autor, 2017)

Figura 12. (a) amostra de água após o tratamento com moringa e (b) amostra de água antes do tratamento.



Fonte: (Próprio autor, 2017)

Na Tabela 9 são apresentados os resultados de análises físico-químicas para as amostras não tratada e tratada de água de chuva, com inserção de 5 sementes de moringa para cada litro de água, trituradas com almofariz e pistilo. Também foram adicionados 2% de argila a amostra. O tempo de repouso para sedimentação foi de 2 horas.

Tabela 9 – Parâmetros físico-químicos para extrato de semente triturado em almofariz e pistilo e adição de 5 sementes de moringa.

Amostras	Parâmetros Físico-Químicos											
	PH			Temperatura			Cor			Turbidez		
	1	2	Padrão	1	2	Padrão	1	2	Padrão	1	2	Padrão
Não Tratada	6,9	7,13	6,5-9	24,7	24,4	-	+	+	15	36,8	30,6	5
Tratamento com Moringa	6,9	7,08	6,5-9	24,5	23,8	-	5	7,5	25	8,83	6,96	5

Fonte: (Próprio autor, 2017)

De acordo com o padrão estabelecido pelo ministério da saúde através da portaria 2.914 de 2011 (BRASIL 2011), pode-se observar que a turbidez das amostras tratadas permaneceu fora do padrão indicado após o tratamento, que é de 5,0 UT, contudo houve redução drástica do valor da turbidez, sendo verificadas reduções percentuais de 76% e 77,25% para as amostras de número 1 e 2, respectivamente,

evidenciando a eficiência das sementes no tratamento. O parâmetro cor após o tratamento apresentou-se dentro do limite de 15 uH para as duas amostras analisadas. Tanto pH quanto a temperatura tiveram pequenas alterações, permanecendo o pH dentro do limite padrão e de 6,0-9,5.

5.2.2 Filtro Lento

Foi realizado o tratamento de duas amostras de água pluvial dissolvida com esgoto doméstico por meio do sistema de filtragem lenta. Na Tabela 10 são mostrados os resultados dessas análises.

Tabela 10 - Tratamento com Filtro Lento.

Parâmetros Físico-Químicos / Tratamento com Filtro Lento / Água + Esgoto												
Amostras	PH			Temperatura			Cor			Turbidez		
	1	2	Padrão	1	2	Padrão	1	2	Padrão	1	2	Padrão
Não Tratada	6,9	7,1	6,5-9	23,2	24,6	-	7,5	25	15	2,99	3,56	5
Tratamento com Filtro Lento	7,3	7,15	6,5-9	23,8	24,9	-	5	5	15	1,7	1,34	5

Fonte: (Próprio autor, 2017)

Os valores de turbidez e pH das amostras antes e depois do tratamento se apresentam dentro do padrão estabelecido. Contudo, ainda houve diminuição da turbidez da água. Pode-se observar que o parâmetro cor da amostra número 2 após o tratamento pelo sistema de filtragem lenta se adequou ao padrão limite estabelecido, diminuindo de 25uH para 5uH.

5.2.3 Filtro lento – Canal de desinfecção

Na Tabela 11 são apresentados os resultados das análises para a amostra não tratada e para as amostras com 5 h e 6 h de exposição ao sol após pré-tratamento no filtro lento. A água antes de passar pelo sistema foi inoculada com esgoto doméstico da proporção de 250 ml de esgoto para 10 L de água de chuva.

Os valores de turbidez e pH das amostras antes e depois do tratamento se apresentam dentro do padrão estabelecido pelo ministério da saúde de acordo com a

portaria 2.914 de 2011 (BRASIL 2011). Contudo, ainda houve diminuição da turbidez da água com o aumento de tempo de exposição solar.

Tabela 11 – Parâmetros físico-químicos – Filtro lento – Canal de desinfecção.

Amostras	Turbidez (FTU)	pH	Temperatura (°C)	Oxigênio dissolvido (mgO ₂ /L)
Não Tratada	0,65	7,0	26,9	11,51
5h	0,60	7,2	32,9	11,80
6h	0,58	7,1	33,5	16,31

Fonte: (Próprio autor, 2017)

Após 5 horas de tratamento houve um aumento de 6°C na temperatura da água. De 5 h para 6 h de tratamento ocorreu aumento de 0,6 °C. Também foi possível verificar aumento de 41,7% da quantidade de oxigênio dissolvido com o aumento de tempo de exposição solar em relação à amostra não tratada. A concentração de oxigênio dissolvido também é um parâmetro fundamental nos modelos de autodepuração natural das águas. Nestes modelos, são balanceadas as entradas e saídas de oxigênio em função do tempo nas massas líquidas, de modo a prever-se sua concentração em seus diversos pontos, o que pode ser utilizado, por exemplo, para se estimar as eficiências necessárias na remoção de constituintes orgânicos biodegradáveis.

5.2.4 Decantador – Filtro lento

Na Tabela 12 são apresentados os dados de temperatura, pH, cor e turbidez das amostras tratada e não tratada. A água inoculada com esgoto doméstico na proporção de 250 ml de esgoto para 10 L de água de chuva foi submetida inicialmente ao decantador, onde houve a inserção de 5 sementes de moringa para cada 1 L de água, permanecendo em repouso por um período de 2 horas. Em seguida, a água purificada é inserida no filtro afim de verificar a eficiência do conjunto moringa/filtro lento.

Tabela 12 - Parâmetros físico-químicos – Moringa/Filtro Lento.

Amostras	Parâmetros Físico-Químicos / Tratamento com Filtro Lento + Moringa / Água + Esgoto							
	PH		Temperatura		Cor		Turbidez	
		Padrão		Padrão		Padrão		Padrão
Não Tratada	6,9	6,5 – 9	24,5	-	25	15	3,56	5
Filtro Lento + Moringa	6,98	6,5 – 9	24,6	-	5	15	1,66	5

Fonte: (Próprio autor, 2017)

De acordo com os resultados expostos na tabela acima foi possível verificar a diminuição da turbidez da amostra, porém antes do tratamento a mesma já estava dentro do estabelecido pelo Padrão do Ministério da Saúde. É observado uma pequena variação no pH e temperatura durante o processo, sendo a cor o parâmetro mais influenciado pelo tratamento, já que as amostras não tratadas estavam fora do padrão e após o tratamento com o sistema filtro lento/ moringa a mesma se adequou ao limite.

5.2.5 Sistema Completo

Na Tabela 13 estão apresentados os resultados das análises físico-químicas para o sistema completo moringa/filtro lento/canal de desinfecção.

Tabela 13 - Parâmetros físico-químicos – Moringa/ Filtro Lento/Canal de Desinfecção.

Amostras	Parâmetros Físico-Químicos / Tratamento Completo / Agua + Esgoto											
	PH			Temperatura			Cor			Turbidez		
	1	2	Padrão	1	2	Padrão	1	2	Padrão	1	2	Padrão
Não Tratada	6,9	6,9	6,5 - 9	23,6	23,9	-	25	25	15	4,12	3,56	5
Tratamento Completo - 4Hs	7,15	7,1	6,5 - 9	33,9	34,7	-	5	5	15	0,9	1	5
Tratamento Completo - 6Hs	7,1	7,18	6,5 - 9	33,6	33,4	-	5	5	15	0,79	0,86	5

Fonte: (Próprio autor, 2017)

O pH permaneceu dentro do limite. O aumento na temperatura é explicado pela exposição ao sol por 4h e 6h para desinfecção através do canal de garrafas PET. O tratamento completo proporcionou redução dos valores de cor e turbidez, estando todos esses dentro dos padrões de potabilidade. Após as 6h de exposição ao sol, houve uma redução da turbidez de aproximadamente 76%, evidenciando mais uma vez a eficiência do sistema.

5.3 QUALIDADE DA ÁGUA – ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

5.3.1 Canal de Desinfecção

Na Tabela 14 são apresentados os dados de temperatura e a análise microbiológica das amostras tratada e não tratada. A água inoculada com esgoto doméstico na proporção de 250ml de esgoto para 10 L de água foi exposta ao sol por 4 h, no período entre 10h e 14 h no canal de garrafas PET sem passar pelo filtro lento afim de verificar a eficiência do canal de desinfecção.

Tabela 14 – Parâmetros microbiológicos – 4 horas de exposição ao sol.

Amostras	Temperatura (°C)	Coliformes Totais (NMP org./100ml)	Escherichia coli (NMP org./100ml)	Coliformes Termotolerantes (NMP org./100ml)
Não Tratada	24,8	>8,0	<1,1	2,6
4h	31,6	>8,0	<1,1	<1,1

Fonte: (Próprio autor, 2017)

Observa-se que houve diminuição da carga dos termotolerantes presentes na água após 4 horas de exposição ao sol onde a temperatura alcançou 31,6°C, no canal de desinfecção de garrafas PET. Em termos percentuais houve um decréscimo de 57,7% de coliformes termotolerantes pela ação da radiação solar. Porém não houve decaimento de C. totais ou E. coli.

5.3.2 Filtro lento – Canal de Desinfecção

Na Tabela 15 são apresentados os resultados das análises microbiológicas para a amostra não tratada e para as amostras com 5 h e 6 h de exposição ao sol após pré-tratamento no filtro lento. A água antes de passar pelo sistema foi inoculada com esgoto doméstico da proporção de 250 ml de esgoto para 10 L de água de chuva. Em relação à amostra não tratada houve um drástico decaimento da concentração de C. Totais de 1600 NMP para 540NMP em 5h de tratamento, restando 350NMP após 6h de exposição. Para Escherichia coli e coliformes Termotolerantes o tratamento através do sistema completo apresentou-se ainda mais eficiente levando a ausência de desses microrganismos após seis horas de tratamento.

Tabela 15 - Parâmetros microbiológicos - 5 e 6 horas de exposição ao sol.

Amostras	Coliformes Totais (NMP org./100ml)	Escherichia coli (NMP org./100ml)	Coliformes Termotolerantes (NMP org./100ml)
Não Tratada	>1.600	7,8	>1.600
5h	540	1,8	23
6h	350	Ausente	Ausente

Fonte: (Próprio autor, 2017)

Os resultados das análises microbiológicas corroboram com os dados físico-químicos obtidos, pois se observa na tabela 11 que havia uma concentração inicial de 11,51mgO₂/L que não diminuiu mesmo na presença de uma elevada taxa de microrganismos aeróbicos. Devido a ação da radiação solar e da temperatura que provocaram a redução da população de microrganismos preservando a concentração de OD após 5 horas de tratamento e levando a um aumento dessa concentração após 6 horas onde houve ausência de Escherichia coli e Termotolerantes.

5.3.3 Sistema Completo

Para a realização das análises microbiológicas, foram coletadas amostras água provenientes de um poço artesiano e de uma cisterna (água de chuva), foi método utilizado o método Colilert.

Na Tabela 16 estão apresentados os resultados das análises microbiológicas para as amostras após o tratamento completo do sistema - Moringa/ Filtro Lento/Canal de Desinfecção – com 6h de exposição ao sol no canal de desinfecção.

Tabela 16 - Análises Microbiológicas - Tratamento Completo.

Análises Microbiológicas / Tratamento Completo		
	Poço	Cisterna
Escherichia Coli	Ausência	Ausência
Coliformes Totais	Presença	Ausência

Fonte: (Próprio autor, 2017)

Verifica-se que não foi detectada presença de E. coli nas amostras de água de poço e cisterna analisadas. A água potável deve apresentar ausência de coliformes termotolerantes ou E. coli em 100 mL de amostra e ausência de bactéria do grupo coliformes totais em 100 mL. De acordo com a portaria, 2914/2011 entende-se por água potável, a água de consumo humano cujos parâmetros microbiológicos, físicos,

químicos e radioativos atendam ao padrão de potabilidade que não ofereça riscos à saúde (BRASIL, 2011). A presença de coliformes totais na amostra de água de poço deve-se provavelmente a lavagem ineficiente do substrato de filtração lenta, o que pode ser provavelmente corrigido em análises futuras com a lavagem adequada da areia ou mesmo a sua troca.

6. CONCLUSÃO

A eficiência de cada unidade do sistema de potabilização foi verificada através de análises físico-químicas e microbiológicas.

Para a unidade de decantação pode-se observar que houve redução drástica do valor da turbidez, evidenciando a eficiência das sementes no tratamento, principalmente para a concentração de uma semente de moringa, triturada em liquidificador. O parâmetro cor após o tratamento apresentou-se dentro do limite de 15 uH.

Na unidade de filtração lenta houve diminuição da turbidez da água. Pode-se observar que o parâmetro cor da amostra número 2 após o tratamento pelo sistema de filtração lenta se adequou ao limite estabelecido, diminuindo de 25uH para 5uH.

Os parâmetros operacionais do canal de desinfecção solar foram investigados e com base na análises microbiológicas verificou-se após 4 horas de exposição ao sol onde a temperatura alcançou 31,6°C houve um decréscimo de 57,7% de coliformes termotolerantes pela ação da radiação solar. Porém não houve decaimento de C. totais ou E. coli.

Os resultados das análises microbiológicas para o sistema filtro lento – canal de desinfecção corroboram com os dados físico-químicos obtidos, pois a concentração inicial de 11,51mgO₂/L não diminuiu mesmo na presença de uma elevada taxa de microrganismos aeróbicos. Isso se deve provavelmente a ação da radiação solar e da temperatura que provocaram a redução da população de microrganismos preservando a concentração de OD após 5 horas de tratamento e levando a um aumento dessa concentração após 6 horas onde houve ausência de Escherichia coli e Termotolerantes.

O tratamento completo proporcionou redução dos valores de cor e turbidez, estando todos esses dentro dos padrões de potabilidade. Verifica-se que não foi detectada presença de E. coli nas amostras de água de poço e cisterna analisadas.

Portanto, o sistema de potabilização mostrou-se capaz de melhorar a qualidade das amostras de água de poço e de cisterna, submetidas ao tratamento através das unidades de decantação, filtração lenta e desinfecção.

A integração da unidade de decantação contendo sementes de moringa, ao protótipo filtro lento e o canal de desinfecção pode constituir-se de, uma tecnologia acessível que poderá contribuir para o aproveitamento da água em áreas de escassez.

7. REFERÊNCIAS

ABDULSALAM, S. et al. Water clarification using *Moringa oleífera* seed coagulant: maiduguri raw water as a case study. **Journal of food, Agriculture & Environment**. Helsinki, V. 5, n. 1, p 302-306. 2007.

AESA. In: Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba, 2017. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br>. Acesso em 15 de julho de 2017.

ALMEIDA, M. S. et al. ESTIMATIVA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA FINS NÃO POTÁVEIS: ESTUDO DE CASO NA UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA LOCALIZADA EM ARARUNA – PB. In: **II CONGRESSO INTERNACIONAL DA DIVERSIDADE DO SEMIÁRIDO, 2017**. CAMPINA GRANDE – PB. II Conidis, 2017.

AMAGLOH, F. K; BENANG, A. Effectiveness of *Moringa oleífera* seed as coagulant for water purification. **African Journal of Agricultural Research**, v. 4, n. 2, p. 119-123, 2009.

AMARAL, L. A. et al. Tratamento alternativo da água utilizando extrato de semente de *Moringa oleífera* e radiação solar. **Arquivos do Instituto Biológico**. São Paulo, v.73, n.3, p.287-293, 2006.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2014.

ABAS. In: Associação Brasileira de Águas Subterrâneas. Disponível em: <http://www.abas.org/educacao.php#ind12>. Acesso em 10 de novembro de 2017.

BASTOS, F. P. **Tratamento de água de chuva através de filtração lenta e desinfecção UV**, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, 2007.

BRASIL. Portaria nº 2914 de 12 de dezembro de 2011. **Procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**, Ministério da Saúde, Brasília, DF, 26 out. 2016. Anexos.

CAMPOS, C. E. A. O desafio da integralidade segundo as perspectivas da vigilância da saúde e da saúde familiar. **Cien saúde colet**, v. 8, n. 2, p. 569-584, 2003.

CHAGAS, R. C. et al. Uso do extrato de moringa como agente coagulante no tratamento de águas residuárias de laticínios. In: **CONGRESSO NACIONAL DE LATICÍNIOS, 26. 2009**, Juiz de Fora. Anais Juiz de Fora: ICLT/EPAMIG, 2009

CIPRIANO, R. P. **Águas de Chuva escoada em Telhado: caracterização e Tratamento para Fins Potáveis**. Blumenau, 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Centro de Ciências Tecnológicas e Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Regional de Blumenau.

CLIMATOLÓGICAS, Normais. Departamento Nacional de Meteorologia. **Ministério da Agricultura e Reforma Agrária**, Brasília, DF, 1992.

CONROY, R. M. et al. Solar disinfection of drinking water protects against cholera in children under 6 years of age. **Archives of disease in childhood**, v. 85, n. 4, p. 293-295, 2001.

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – Serviço Geológico do Brasil, Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea Diagnóstico do Município de Araruna Estado da Paraíba, **CPRM/PRODEEM**, 2005.

CRISPIM, L. D. S.; ALMEIDA, A. P. A. **Análise De Águas De Poços Perfurados No Município De Araruna – Pb**, Relatório Parcial Apresentado ao Programa de Iniciação Científica UEPB/CNPq Como Atividade Obrigatória do Programa, 2014.

FRANCISCO, W. C. Água. In: Geografia, Geografia Física. Disponível em: <<http://brasileSCO.la/b738>>. Acesso em: 15 de agosto de 2017.

HAGEMANN, S. E. Água. In: Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso. Disponível em < http://w3.ufsm.br/ppgec/wp-content/uploads/Sabrina_Elicker_Hagemann_Disserta%C3%A7%C3%A3o_de_Mestrado.pdf >. Acesso em 10 de agosto de 2009.

HEREDIA, J. B.; MARTIN, J. S. Removal of sodium lauryl sulfate by coagulation/flocculation with *Moringa Oleífera* seed extract. **Journal of Hazardous Materials**, v. 164, n. 2/3, p. 713-719, 2009.

IBGE. In: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. Disponível em <http://www.ibge.com.br>. Acesso em 15 de julho de 2017

IWAI, C. K. **Avaliação da qualidade das águas subterrâneas e de solo em áreas de disposição final de resíduos sólidos urbanos em municípios de pequeno porte: aterro sanitário em valas.** São Paulo, 2012. Tese (Doutorado em Saúde Ambiental). Programa de Pós Graduação em Saúde Ambiental, Universidade de São Paulo.

JOYCE, B. et al. The evolution of peer coaching. **Educational leadership**, v. 53, p. 12-16, 1996.

MATOS, A. T. et al. Efeito da concentração de coagulantes e do pH da solução na turbidez da água, em recirculação, utilizada no processamento dos frutos do cafeeiro. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 2, p. 544-551, 2007.

NETO, P. et al. **Modelo sustentável de aproveitamento pluvial: uso racional dos recursos hídricos considerando oferta e demanda para dimensionamento de um reservatório ótimo.** Estudo de caso para o município de Poços de Caldas-MG. 2017.

NISHI, L. et al. Coagulação/Floculação com Sementes de *Moringa oleifera* Lam para Remoção de Cistos de Giardia spp. e Oocistos de Cryptosporidium spp. da água. In: **Cleaner production initiatives and Challenges for a sustainable world. 3º, São Paulo. Workshop international.** 2011.

OLIVEIRA, L. H. de, et al. **Projeto tecnologias para construção habitacional mais sustentável – Levantamento do estado da arte: Água.** São Paulo: USP, 2007. Disponível em: <http://www.sindusconsp.com.br/img/meioambiente/15.pdf>. Acesso em 15 de abril de 2016.

PARRON, L. M.; MUNIZ, D. H. F.; PEREIRA, C. M. Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água. Colombo: **Embrapa Florestas**, 2011.

PATERNIANI, J. E. et al. Uso de sementes de *Moringa oleifera* para tratamento de águas superficiais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 2009.

PELEGRINI, R. T. Filtragem Lenta Para o Tratamento de Águas Para Pequenas Comunidades Rurais. **REEC – Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 4, n. 2, 2012.

SILVA, F. J. A. da et al. Descolorização de efluentes de indústria têxtil utilizando coagulante natural (*moringa oleifera* e quitosina). In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 21 Feira Internacional de Tecnologias de Saneamento Ambiental, 4.** ABES, 2001.

SILVA, R. C. A.; ARAÚJO, T. M.. Consumo humano de água de manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana-BA. **Revista Baiana de Saúde Pública**, v. 29, n. 2, p. 326, 2014.

SOUZA, V. C. et al. **Análise Da Qualidade Da Água De Chuva Armazenada Num Reservatório Em Maceió-AI E Suas Possíveis Utilizações**, XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2009.

TOMAZ, P. Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis. **Oceania**, v. 65, n. 4, p. 5, 2009.

TUNDISI, J. G. Ciclo hidrológico e gerenciamento integrado. **Ciência e Cultura**, v. 55, n. 4, p. 31-33, 2003.

VASCONCELOS, L. F.; FERREIRA, O. M. Água. In: Captação de água de chuva para o uso domiciliar: estudo de caso. 2007. Disponível em: <http://www.pucgoias.edu.br/ucg/prope/cpgss/ArquivosUpload/36/file/CAPTA%C3%87%C3%83O%20DE%20%C3%81GUA%20DE%20CHUVA%20PARA%20USO%20DOMICILIAR.pdf>. Acesso em 07 de abril de 2016.

WEF - WATER ENVIRONMENT FEDERATION. Wastewater Disinfection – **Manual of Practice FD-10**. 1. ed. Alexandria – VA, 1996.

WEGELIN, M. Solar water disinfection: scope of the process and analysis of radiation experiments. **Journal of Water SRT- Acqua**, v.43, n.3, p.154-169, 1994.