

CENTRO UNIVERSITÁRIO TABOSA DE ALMEIDA -
ASCES/UNITA
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

IGOR RAMON CHAVES POLYCARPO

**UTILIZAÇÃO DA RADIAÇÃO SOLAR PARA TRATAMENTO DE
ÁGUA COM BAIXA POTABILIDADE VISANDO O USO E
APLICAÇÕES EM ZONAS RURAIS**

CARUARU - PE

2017

IGOR RAMON CHAVES POLYCARPO

**UTILIZAÇÃO DA RADIAÇÃO SOLAR PARA TRATAMENTO DE
ÁGUA COM BAIXA POTABILIDADE VISANDO O USO E
APLICAÇÕES EM ZONAS RURAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado a como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel pelo Curso de Engenharia Ambiental do Centro Universitário Tabosa de Almeida – ASCS/UNITA.

Orientador: Professor Dr. Cláudio Emanuel Silva Oliveira.

CARUARU - PE

2017

IGOR RAMON CHAVES POLYCARPO

**UTILIZAÇÃO DA RADIAÇÃO SOLAR PARA TRATAMENTO DE
ÁGUA COM BAIXA POTABILIDADE VISANDO O USO E
APLICAÇÕES EM ZONAS RURAIS**

Aprovado em: ___/___/___

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Cláudio Emanuel Silva Oliveira – ASCES-UNITA

Primeiro Examinador: Angela Maria Coelho de Andrade

Segundo Examinador: Luiza Feitosa Cordeiro de Souza

Com extremo carinho,

A minha única avó em vida, Isabel Freire Tomaz Bezerra, meus preciosos e amados filhos, Mariana Dias Chaves Polycarpo e Guilherme Dias Chaves Polycarpo, minha mãe, Cecília Chaves, minha esposa, Jéssica Dias e meu professor, orientador e amigo Cláudio Emanuel Silva Oliveira por tudo que representaram e fizeram por minha pessoa nessa trajetória.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por permitir chegar nesse momento tão importante da minha vida, não me deixando fraquejar nos momentos mais difíceis, que não foram poucos, tampouco desistir do meu objetivo. Sem a presença divina em minha vida jamais chegaria a esse ponto. A ti Senhor a minha maior gratidão!

Uma gratidão em especial a minha querida mãe por todos os ensinamentos durante toda minha criação. Obrigado por tudo que você faz por mim sem pestanejar, pelos puxões de orelhas, por me deixar viver, por me deixar chegar até aqui, por ser quem você é e, principalmente, por ser a minha mãe, Dona Cecília. Sem você mãe eu não seria absolutamente nada.

A minha linda esposa, Jéssica Dias, que sempre foi meu alicerce para todos os momentos, sejam bons ou ruins. A você meu amor, todo agradecimento do mundo. Obrigado por ser sempre essa pessoa inspiradora, incentivadora, carinhosa, amorosa e sempre paciente comigo. Saiba que eu te amo e sempre estarei ao seu lado para todos os momentos da vida. Obrigado por sua existência, sou muito grato a Deus por partilhar tantos momentos vividos com você e que Ele proporcione muitas conquistas e acontecimentos na nossa vida e da nossa linda família, te amo.

Aos meus filhos tão amados, Mariana Dias Chaves Polycarpo e Guilherme Dias Chaves Polycarpo. Não sei o que seria de mim sem a existência de vocês servindo de estímulo, de alimento, para que eu consiga correr atrás e nunca parar de lutar. Se Deus quiser e ele há de querer, tudo dará certo para nossa família. O que vocês representam pra minha pessoa não cabe em um simples pedaço de papel, sendo impossível muitas vezes descrever o misto de sentimentos, de emoções que sinto nesse exato momento. Tudo vai passar e daqui a pouco papai estará pertinho de vocês meus pequenos que tanto amo.

Ao meu professor, orientador, amigo, Cláudio Emanuel Silva Oliveira. Saiba Cláudio que sem seu esforço e sem sua dedicação eu não teria chegado a lugar nenhum em todos os aspectos. Peço-lhe desculpas por todos os momentos em que lhe importunei (que também não foram poucos), que fiquei chateado, que em muitos momentos, mesmo não externando pra você, tive vontade de jogar tudo para o alto. E você, sempre foi a pessoa que me incentivou e me encorajou a não desistir, sempre me dizendo para pensar nos meus filhos como uma maneira de conseguir resgatar

minhas forças e, assim, seguir em frente. A você meu grande amigo, meu muitíssimo obrigado por tudo que você fez e continua fazendo por mim, conte comigo sempre!

A minhas tias Socorro Polycarpo e Cynthia Chaves por serem pessoas extremamente importantes na minha vida e que tanto admiro e tenho carinho. As duas, sempre me aconselhando a nunca desistir e buscar sempre ser o melhor no que for fazer. A vocês minha total gratidão por sempre me acolherem como se fosse filho de vocês, sempre me recebendo e recebendo minha família de braços abertos. Sempre bom estar com vocês em todos os momentos!

Agradeço a minha família, tios e tias, primos que são praticamente irmãos como o Felipe Chaves, Iury Chaves, Thiago Chaves, Ícaro Chaves e o Lívio Polycarpo. A vocês minha gratidão por fazerem parte da minha história, mesmo distantes, mas sempre conectados em mente e coração.

Aos meus queridos e eternos amigos de curso, Caio Cesario, Renan Rocha, Patrick Pierre, Célio Henrique, Igor Lobo e Pedro Henrique (esse último se juntou ao nosso grupo posteriormente) que desde o primeiro período da graduação sempre estivemos lado a lado, aos trancos e barrancos. Jamais esquecerei vocês meus amigos e saibam que sempre que precisarem podem contar comigo em quaisquer momentos da vida. Sou grato a Deus por ter colocado pessoas como vocês em meu convívio. Não consigo mensurar agora o quanto aprendi e aprendo com vocês, o quanto vocês são especiais, mas como diz o grupo de samba Fundo de Quintal: "Quero chorar do teu choro, quero sorrir teu sorriso, valeu por você existir amigo!". Não esquecendo os demais alunos da graduação, a todos vocês minha gratidão de compartilhar tantos momentos árduos e, também, gloriosos durante esses 5 anos de tanto aprendizado.

Gostaria também de agradecer ao ex-aluno da instituição Mário Júnior por ter articulado um local onde eu pudesse realizar a pesquisa em questão, pela paciência e dedicação, e que se tornou um grande amigo. A você Mário muitíssimo obrigado por tudo!

Agradecer também aos Técnicos de Laboratório, Branco e Gustavo, por contribuírem com materiais, equipamentos e principalmente, com experiências e informações. A vocês minha total gratidão!

Também gostaria de agradecer a todos os professores da instituição, especificamente do curso de Engenharia Ambiental, por contribuírem para minha

formação acadêmica, por todos os puxões de orelha, por toda informação passada, por toda paciência e compromisso, por todas as risadas e momentos compartilhados em sala e, também, fora de sala. A todos do corpo docente do curso, meu muitíssimo obrigado e jamais esquecerei vocês!

Enfim, me perdoem se esqueci de alguém, mas acredito que daria pra fazer outro trabalho de conclusão de curso somente com os agradecimentos. Obrigado a todos que contribuíram para que a pesquisa prosseguisse, direta ou indiretamente. Muitíssimo grato!

“Cada sonho que você deixa para trás, é um pedaço do seu futuro que deixa de existir.”

Steve Jobs.

RESUMO

A água é o constituinte inorgânico de maior proporção no homem e mais de 60% do peso é proveniente da existência da água no corpo. Um elemento de fundamental importância na manutenção da vida humana, de animais e vegetais, a água é distribuída em todo planeta como água do mar, de geleiras e água doce. A água do mar existente no planeta Terra equivale a 97,0%, 2,2% são oriundas das geleiras e apenas 0,8% de água doce, onde desses 0,8% de água doce 97% são de águas subterrâneas e 3% de água superficial. A qualidade da água geralmente está ligada às condições que a própria está exposta e que por várias vezes necessita de um tratamento adequado para deixá-la potável. O objetivo do trabalho é verificar a eficiência da técnica de Desinfecção Solar da Água (SODIS – Solar Water Desinfection) na desinfecção filtrada por filtração simples, através das condições microbiológicas e físico-químicas e comparar esses parâmetros com o tempo de exposição solar das amostras de acordo com o que preconiza a legislação. Tratando-se de um estudo de campo, experimental do tipo quali-quantitativo onde foi escolhida uma área que caracteriza uma zona rural do município de Caruaru – PE. Onde duas amostras de água bruta foram coletadas em garrafas PET de 1,5 litros e armazenadas em caixa térmica com gelo para o devido transporte. Posteriormente, as amostras foram filtradas e direcionadas para a técnica SODIS, onde foram acomodadas em duas cumeeiras, uma na sua cor natural de fabricação (prata) e a outra pintada na cor preto fosco. O processo de exposição solar durou sete horas. Foi possível observar, de acordo com os horários de retiradas das alíquotas, a diferença de temperatura que a cumeeira preta atingiu quando comparada com a cumeeira prata. O mesmo ocorre quando se trata da temperatura das amostras nos diferentes horários, embora em menor proporção. Também foi possível observar que houve inativação da população microbiana existente nas amostras que estavam acomodadas tanto na cumeeira prata como na cumeeira preta a partir de três horas de exposição solar, assim como nas alíquotas que foram adicionados o hipoclorito de sódio a 2,5%. O método SODIS torna-se adequado e viável para ser implantado em lugares onde a população não seja atendida pela rede de distribuição de água pública, sendo possível a utilização dessa técnica de tratamento simples e de baixo custo. Com isso, também é necessário o investimento em educação sanitária na comunidade, com a finalidade dos moradores aceitarem e darem credibilidade ao método de tratamento que, por sua vez, pode contribuir para a vida no campo.

PALAVRAS-CHAVES: SODIS, tratamento, desinfecção, níveis microbiológicos.

ABSTRACT

Water is the major inorganic constituent in man and more than 60% of the weight comes from the existence of water in the body. An element of fundamental importance in the maintenance of human life, of animals and plants, water is distributed throughout the planet as sea water, glaciers and fresh water. The existing sea water on Earth is 97.0%, 2.2% is from glaciers and only 0.8% freshwater, where 0.8% of freshwater 97% is from groundwater and 3% from freshwater. % Of surface water. The quality of the water is usually linked to the conditions that the water itself is exposed and that on several occasions it needs an appropriate treatment to leave it potable. The objective of the work is to verify the efficiency of the Solar Water Disinfection (SODIS) technique in disinfection filtered by simple filtration through the microbiological and physicochemical conditions and to compare these parameters with the time of solar exposure of the samples of According to the law. It was a field study, experimental of the qualitative-quantitative type where it was chosen an area that characterizes a rural area of the municipality of Caruaru - PE. Where two samples of raw water were collected in 1,5 liter PET bottles and stored in a ice box for transportation. Subsequently, the samples were filtered and directed to the SODIS technique, where they were accommodated in two ridges, one in its natural color of manufacture (silver) and the other one painted in matte black color. The process of sun exposure lasted seven hours. It was possible to observe, according to the times of withdrawal of the aliquots, the temperature difference that the black ridge reached when compared to the silver ridge. The same is true when it comes to the temperature of the samples at different times, albeit to a lesser extent. It was also possible to observe that there was inactivation of the microbial population existing in the samples that were accommodated in both the silver ridge and the black ridge from three hours of sun exposure, as well as in the aliquots that were added 2.5% sodium hypochlorite. The SODIS method is suitable and feasible to be implemented in places where the population is not served by the public water distribution network, and it is possible to use this simple and low cost treatment technique. Thus, investment in health education in the community is also necessary, so that the residents can accept and give credibility to the treatment method which, in turn, can contribute to the life in the field.

KEYWORDS: SODIS, treatment, disinfection, microbiological levels.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Condições de temperatura ambiente, da amostra no momento da coleta e umidade do ar na zona rural no município de Caruaru – Abril de 2017	40
Tabela 2: Temperaturas iniciais das cumeeiras e das amostras no início da aplicação do SODIS no município de Caruaru – Abril de 2017	40
Tabela 3: Temperaturas das cumeeiras, das amostras e dados meteorológicos de acordo com os horários que foram retiradas alíquotas para futura análise em Caruaru – Abril de 2017	41
Tabela 4: Resultados das análises microbiológicas da amostra bruta, com utilização de hipoclorito 2,5% e amostras que passaram por tratamento com a SODIS na cumeeira prata no município de Caruaru – Abril de 2017	44
Tabela 5: Resultados das análises microbiológicas da amostra bruta, com utilização de hipoclorito 2,5% e amostras que passaram por tratamento com a SODIS na cumeeira preta no município de Caruaru – Abril de 2017	45
Tabela 6: pH e Turbidez da amostra bruta antes do processo de filtração simples com o filtro de coar café no município de Caruaru – Abril de 2017	47
Tabela 7: pH e Turbidez da amostra bruta, após a utilização do Hipoclorito e das amostras que passaram pela SODIS após a filtração com filtro de coar café da cumeeira prata no município de Caruaru – Abril de 2017	48
Tabela 8: pH e Turbidez da amostra bruta, após a utilização do Hipoclorito e das amostras que passaram pela SODIS após a filtração com o filtro de coar café da cumeeira preta no município de Caruaru – Abril de 2017	48

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Local exato da realização do estudo	30
Figura 2: Imagem real da barragem onde foi iniciado o estudo.....	30
Figura 3: Método de desinfecção SODIS	31
Figura 4: Esquema de execução do método	32
Figura 5: Cumeeiras na cor prata e preta.....	33
Figura 6: Processo de filtração simples efetuado antes de realizar a exposição solar	34
Figura 7: Colipaper utilizado na análise microbiológica.....	36

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
APAC	Agência Pernambucana de Águas e Clima
CESAN	Companhia Espírito Santense de Saneamento
ETA	Estação de Tratamento de Água
IMTA	Instituto Mexicano de Tecnologia da Água
INPE	Instituto Nacionais de Pesquisas Espaciais
SODIS	Solar Water Disinfection
pH	Potencial Hidrogeniônico
OMS	Organização Mundial de Saúde
PET	Polietileno de Tereftalato
UNITA	Universidade Tabosa de Almeida
NTU	Unidades Nefelométricas de Turbidez

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	16
1.1 OBJETIVOS.....	17
1.1.1 Objetivo Geral	17
1.1.2 Objetivo Específico.....	17
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	18
2.1 ÁGUA E SUA IMPORTÂNCIA	18
2.2 FONTES DE CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA	18
2.3 A OFERTA DE ÁGUA NO BRASIL.....	19
2.4 ÁGUA – ESCASSEZ NO NORDESTE E EM PERNAMBUCO	20
2.4.1 Utilização de Água sem Tratamento	20
2.5 QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO.....	21
2.6 PROCESSOS DE TRATAMENTO DE ÁGUA	22
2.6.1 Captação.....	22
2.6.2 Transporte.....	23
2.6.3 Tratamento	23
2.6.4 Processos do Tratamento.....	23
2.7 PADRÕES DE POTABILIDADE DA ÁGUA	25
2.8 LEGISLAÇÕES VIGENTES	26
2.9 DESINFECÇÃO SOLAR DA ÁGUA (SODIS)	26
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	29
3.1 TIPO DE ESTUDO	29
3.2 LOCAL DA ÁREA EM ESTUDO	29
3.3 COLETAS DAS AMOSTRAS.....	31
3.4 MÉTODO DA TÉCNICA SODIS (Sola Water Desinfection).....	31
3.5 PROCESSAMENTO DAS AMOSTRAS.....	33
3.6 MÉTODO DE ANÁLISE MICROBIOLÓGICA	35
3.7 TURBIDEZ.....	37
3.8 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH).....	38
3.9 EQUIPAMENTOS E MATERIAIS UTILIZADOS	38
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
4.1 ANÁLISE E ACOMPANHAMENTO DE TEMPERATURAS	40

4.2	RESULTADOS DAS ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS.....	43
4.3	RESULTADOS DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS.....	47
4.3.1	pH e Turbidez da Amostra Bruta	47
4.3.2	pH e Turbidez das Amostras após Filtração e aplicação da SODIS na Cumeeira Prata	47
4.3.3	pH e Turbidez das Amostras após Filtração e aplicação da SODIS na Cumeeira Preta	48
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	50
	REFERÊNCIAS.....	53

1 INTRODUÇÃO

A água é o constituinte inorgânico de maior proporção no homem e mais de 60% do peso é proveniente da existência da água no corpo. Um elemento de fundamental importância na manutenção da vida humana, de animais e vegetais, a água é distribuída em todo planeta como água do mar, de geleiras e água doce. A água do mar existente no planeta Terra equivale a 97%, 2,2% são oriundas das geleiras e apenas 0,8% de água doce, onde desses 0,8% de água doce 97% são de águas subterrâneas e 3% de água superficial. Boa parte dessa porção de água doce é utilizada para abastecimento público e os 3% que representam as águas superficiais significam as formas de extração da água mais fácil, próximo a superfície. Nesse contexto, vale salientar a real e grande importância de se preservarem os recursos hídricos que estão disponíveis no Planeta (SPERLING, 2005).

A qualidade da água geralmente está ligada às condições que a própria está exposta e que por várias vezes necessite de um tratamento adequado para deixá-la potável. Basicamente, os processos aos quais se resumem o tratamento convencional nas Estações de Tratamento de Água (ETA) são a coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção (FREITAS, et al, 2002).

Segundo a ONU (2013), cerca de 1,6 bilhão de pessoas na Terra não possuem acesso a um abastecimento de água adequado, principalmente nas cidades onde as zonas rurais são em maior ocorrência.

Nesse contexto das zonas rurais, onde não há tanto desenvolvimento e infraestrutura como na zona urbana, pode se adotar o uso da radiação solar como forma (mecanismo) de tratamento para eliminação bacteriana em pequenas proporções. Com um método bastante acessível, simples, utilizando uma fonte de energia renovável e, principalmente, limpa (WEGELIN, 1994).

Cerca de 1,8 milhões de pessoas morrem de doenças oriundas do consumo de água contaminada e mais de 90% são crianças, devido a sua baixa imunidade (PELCZAR, 1996). Com isso, vem a necessidade de propiciar soluções baratas e eficazes para as pessoas que não possuem nenhum tipo de acesso a água de qualidade para os diversos tipos de consumos.

Devido à ausência de tecnologias, que propiciem aos moradores das zonas rurais um tratamento adequado para a água que consomem, uma alternativa viável e

de baixo custo é a utilização da técnica de desinfecção solar da água ou SODIS (Solar Water Desinfection). Procedimento este que consiste efetivamente em armazenar água em garrafas PET, de preferência transparente e deixá-las expostas em um período à radiação solar.

A Portaria nº 2.914, de 12 de Dezembro de 2011 dispõe sobre os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu devido padrão de potabilidade. Assim como as águas que são provenientes de sistemas de abastecimento público. Estabelecendo várias diretrizes e normas com relação aos parâmetros físico-químicos e microbiológicos em todos os âmbitos citados acima (BRASIL, 2011).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Verificar a eficiência da técnica de Desinfecção Solar de Água (SODIS - Solar Water Desinfection) na desinfecção de água filtrada por filtração simples.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Testar a eficiência da técnica de tratamento microbiológico da água por radiação solar (SODIS) através das condições microbiológicas e físico-químicas.
- Analisar as condições microbiológicas da água antes e depois da aplicação do método.
- Analisar as condições físico-químicas da água antes e depois da aplicação do método.
- Avaliar a eficiência do suporte (cumeeiras) na eficiência do processo de desinfecção solar da água (SODIS).
- Comparar parâmetros físico-químicos e microbiológicos de acordo com o tempo de exposição da amostra e de acordo com o que preconiza a legislação.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 ÁGUA E SUA IMPORTÂNCIA

Como único recurso natural que correlaciona todos os aspectos antropológicos, de desenvolvimento agroindustrial e até religiosos, a água é um recurso vital para sobrevivência de várias formas de vida. Possuindo forte contribuição para atividades econômicas em nosso Planeta, principalmente na área agrícola (GOMES, 2011).

Muito embora a terra possua $\frac{3}{4}$ de sua superfície coberta por água, apenas 2,5% desse total é correspondente à água doce, ou seja, própria para consumo e irrigação. E desses, 80% se encontram nas geleiras do nosso planeta, restando apenas 0,3% de água doce apropriada para o consumo (OLIVEIRA, 2013). Por tais motivos faz-se necessário o uso racional e inteligente da água para sobrevivência (SILVA, 2016).

Sendo um recurso indispensável para a geração de energia e para outras finalidades no nosso cotidiano, como por exemplo, transporte, saúde e até para o cultivo dos alimentos que são ingeridos para a manutenção vital, percebe-se que os setores que mais utilizam água potável são o agrícola, para abastecimento público e fins industriais (ANGELIM, 2014).

A água também representa 70% do peso corpóreo e interage diretamente em funções do nosso organismo, como por exemplo, as fisiológicas do próprio organismo, de transporte de minerais e outras substâncias para dentro e fora das células (OLIVEIRA, 2013).

2.2 FONTES DE CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA

Mesmo com o crescente desenvolvimento econômico e social do Brasil, o excesso de mortes relacionadas à falta de estrutura sanitária continua afetando as regiões menos favorecidas dentro do perímetro nacional (LARSEN, 2010).

Essas condições precárias de saneamento tanto em áreas rurais como em subúrbios de grandes cidades quando relacionada à falta de informação da população aumentam a ocorrência de doenças que são transmitidas pela água contaminada

principalmente em crianças e jovens que, por sua vez, podem sofrer consequências no seu desenvolvimento físico e intelectual (ARAÚJO, 2011).

Muito além dos problemas de disponibilidade e desperdício, a qualidade da água está comprometida seja por despejos de esgoto e lixo, processos erosivos oriundos da própria natureza e, principalmente, do homem (OLIVEIRA, 2013).

Comumente, encontram-se duas fontes poluidoras da água que podem atingir um afluente ou corpo d'água, que são: a poluição pontual e difusa. Na pontual os poluentes são encontrados de forma concentrada em um ponto ou localidade específico daquele corpo d'água. Já na difusa podem se encontrar de forma distribuída ao longo do trajeto do corpo d'água, ou seja, em vários pontos. Em resumo, uma de forma concentrada e outra de forma distribuída (Von SPERLING, 2005).

Segundo Von Sperling (2005), um conceito que se pode dar a poluição de águas é a adição de substâncias ou de formas de energia que, direta ou indiretamente, alteram a natureza do corpo d'água de uma maneira tal que prejudique os legítimos usos que são feitos.

A contaminação das águas, principalmente pela ação antrópica, pode se dar por efluentes domésticos, industriais e pelo uso de agrotóxicos utilizados na agricultura (SILVA, 2014).

2.3 A OFERTA DE ÁGUA NO BRASIL

O Brasil é um país com vasta ocorrência de recursos hídricos em toda sua extensão territorial. Sendo detentor de 53% da mina de água, fonte abundante de água doce da América do Sul e tendo a maior extensão o rio Amazonas em território brasileiro (PEDROSA, 2014).

Segundo informações do Instituto Nacional de Pesquisas (INPE, 2008), com o auxílio de imagens de satélite, houve confirmação de que o rio Amazonas é o mais extenso do Planeta, possuindo 140 km a mais que o rio Nilo.

A Agência Nacional de Águas (ANA) também informa que a circunstância que o Brasil se encontra quando se trata de recursos hídricos é bastante confortável em comparação a outros países e que quando comparado o volume de água que existe no Brasil com o restante do Planeta, o Brasil representa 12% da disponibilidade.

A ANA ainda diz que mais de 80% da disponibilidade hídrica existente no Brasil se encontra em toda bacia hidrográfica amazônica e que a gestão desses recursos deve ser feita da maneira mais adequada possível, evitando o desperdício de água e o mau uso. Proporcionando uma educação ambiental para os moradores próximos ao afluente (PORTAL BRASIL, 2012).

2.4 ÁGUA – ESCASSEZ NO NORDESTE E EM PERNAMBUCO

Historicamente, as secas na região Nordeste do Brasil atormenta a população desde o século XVI. Epidemias, fome, sede, miséria, e até mesmo a migração sem limites foram duras consequências da realidade do semiárido brasileiro (BARRETO, 2009). Como tentativa de sanar o problema da seca no Nordeste ou em parte dele, buscou-se uma maneira de levar a água para a população do semiárido com as obras da transposição do rio São Francisco, aumentando assim, a oferta de maior irrigação para as famílias que ali vivem e ainda conseguem tirar o sustento da terra seca (BARRETO, 2009).

Especificamente o Estado de Pernambuco tem 70% de seu território localizado na região semiárida do Nordeste e também sofre quando se trata da seca. Pois, não muito diferente das outras regiões, o Estado fica sujeito a chuvas periódicas que, por sua vez, são muito irregulares. Além disso, a região é subdesenvolvida, o que acarreta no despreparo da população pernambucana em momentos de seca calamitosa (GALVÍNCIO e MOURA, 2009).

Segundo a Agência Pernambucana de Águas e Clima, o agreste Pernambucano é a região mais vulnerável à falta de água no Brasil, isso por conta dos grandes reservatórios de água que estão secando a cada dia (PERNAMBUCO, 2014).

2.4.1 Utilização de Água sem Tratamento

A água sem o tratamento ideal ou convencional pode apresentar vários riscos à saúde humana, tornando-se um dos principais veículos que causam doenças por meio de microrganismos e até mesmo parasitas (SILVA, 2014). Além disso, é o maior veículo de transmissão dessas doenças e as que são transmitidas ao homem podem

ser consideradas como “doenças de veiculação hídrica”. Através de poluentes químicos, os patógenos e os dejetos humanos e de animais (SÃO PAULO, 2011).

Segundo Freitas (2002), é de responsabilidade do sistema produtor a oferta de um produto que não seja nocivo ao homem, à vigilância sanitária o controle de qualidade e a garantia da qualidade dessa água durante o abastecimento público daquele município. Valendo também ressaltar a importância de toda análise físico-química das águas para consumo.

Vale salientar que a qualidade da água mesmo sem tratamento fica frágil, vulnerável, quando expostas a certas condições de natureza ambiental, como, por exemplo, o clima, ou seja, uma água não tratada exposta a certas condições poderá ter um agravo em sua qualidade (FREITAS, 2002).

É muito comum no Brasil a parte do esgoto bruto ser direcionado e lançado em cursos d'água por indústrias, refinarias e até mesmo lavanderias sem um pré-tratamento. E ainda assim, pessoas que vivem as margens desses cursos acabam utilizando a água por necessidade. Segundo dados da própria Organização Mundial de Saúde (OMS), 30% da população mundial tem acesso à água tratada, os demais, cerca de 70% da população, estão sujeitos a usar água sem o tratamento devido para usos domésticos, dessedentação de animais, irrigações e até mesmo lazer, comprometendo a integridade da saúde daquelas pessoas que fazem o uso (SILVA, 2014).

2.5 QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO

Sabe-se que a água é de extrema necessidade para a manutenção da vida humana e de todos os seres vivos existentes no Planeta dando a apoio a todo tipo de ecossistema (SCURACCHIO, 2010).

Todos os seres humanos, em qualquer situação de desenvolvimento e circunstâncias socioeconômicas tem o direito garantido ao acesso a água potável de forma segura, não representando e oferecendo riscos à saúde humana e que supra as necessidades domésticas a um baixo custo e de forma contínua (SCURACCHIO, 2010).

A portaria do Ministério da Saúde (MS) nº 518, de 25 de março de 2004 estabelece em seu Art. 4º parágrafo I que a qualidade da água para consumo humano

deve atender a parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos padrões e que não ofereçam risco a saúde humana.

Além disso, a portaria em seu parágrafo II estabelece que o sistema de abastecimento de água para consumo humano seja via conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, destinada à produção e à distribuição canalizada de água potável para toda a população, sob a responsabilidade do poder público, mesmo que administrada por concessão ou permissão.

No parágrafo IV, a portaria diz que é essencial manter o controle da qualidade da água para o consumo, com um conjunto de atividades exercidas de forma contínua pela operadora de abastecimento de água e com o intuito de verificar a potabilidade da água a qual está sendo abastecida.

E, por fim, em seu parágrafo V, a vigilância da qualidade da água para consumo, que nada mais são do que ações adotadas pela autoridade de saúde pública para verificar se água que está sendo consumida pela população atende a essas normas (BRASIL, 2004).

Ainda segundo Scuracchio (2010), o ministério da saúde ainda regulamenta que o município seja responsável pela qualidade de abastecimento com base na presença de coliformes e contagem de bactérias. Incluindo as análises físico-químicas com suas determinações: turbidez, cor, potencial hidrogeniônico (pH) e odor.

2.6 PROCESSOS DE TRATAMENTO DA ÁGUA

Segundo Pedrosa (2014), o processo de tratamento da água pode ocorrer em até três etapas para que o processo ocorra de maneira adequada e com segurança para quem executa as tarefas, conforme explanação a seguir: Captação, transporte e tratamento.

2.6.1 Captação

O processo de Tratamento de Água, oferecido comumente pelas Estações de Tratamento de Água (ETA's), se inicia em sua captação e tem papel fundamental na contribuição de todo o processo de tratamento (PEDROSA, 2014)

É a área tomada da água e deve estar sempre cercada, com a finalidade de evitar o acesso e, assim, uma possível contaminação da água antes mesmo de iniciar o tratamento na ETA. Além disso, dispor de ferramentas e materiais para a manutenção da própria área, limpando e desinfetando as instalações posteriormente a qualquer tipo de manutenção ou obra que venha a ser feita na localidade (PEDROSA, 2014).

2.6.2 Transporte

Exclusivamente, o transporte é todo o trajeto que a água bruta percorre da adutora até a ETA. Além disso, o transporte também ocorre por tubulações, canais e estações elevatórias das ETAs até as residências (PEDROSA, 2014).

2.6.3 Tratamento

Em suma, a principal finalidade do tratamento da água é fazer com que ela tenha certo grau de pureza, ou seja, torna-la potável. Procurando mantê-la atrativa e segura para o devido consumo (PEDROSA, 2014)

Com essa finalidade e dentro dos limites possíveis e responsáveis, são realizados diversos tipos de tratamento que dependem da situação, circunstância, condição físico-química e microbiológica que a água bruta se encontra. Para, assim, identificar quais os processos que serão executados naquela. (CLAUDINO, 2009).

Durante as análises é muito comum se encontrar patógenos e impurezas na própria água bruta que será transportada até as estações de tratamento. Entre elas, podemos citar a *Escherichia coli.*, *Salmonella spp.*, e *Shigella spp.* (SILVA, 2014).

2.6.4 Processos do Tratamento

Basicamente, o tratamento consiste, fundamenta-se na remoção dessas impurezas e contaminantes antes da distribuição pública, ou seja, antes de chegar às torneiras das residências (SILVA, 2014).

Os processos podem ocorrer nas seguintes etapas:

- **Aeração:** processo pelo qual se coloca a água em contato com o ar com a finalidade de transferir substâncias solúveis do ar para a água. Com forte possibilidade aumentar os teores de oxigênio e nitrogênio (CLAUDINO, 2009).
- **Coagulação:** processo onde as partículas se aglutinam em pequenas porções, comumente chamadas de flocos, com peso específico maior que o da água, desestabilizando as partículas em suspensão, ou seja, quebrando a força que as mantêm distantes (MIRANDA, 2007).
Além disso, para aplicação da técnica se faz necessária à utilização de um reagente químico denominado Sulfato de Alumínio. Sendo de baixo custo e o agente coagulante mais empregado por ETA's. no Brasil (MIRANDA, 2007).
- **Floculação:** é onde os coágulos se aglomeram para a formação de flocos maiores e mais pesados (PEDROSA, 2014). É na floculação que as partículas já desestabilizadas se chocam com outras para formação de flocos maiores e, assim, poderão ser removidos por sedimentação ou decantação (MIRANDA, 2007).
- **Decantação:** é o processo pelo qual os flocos formados, por ação da gravidade se depositarão no fundo do tanque. Também por consequência da densidade dos flocos (CESAN, 2013). Existem dois tipos de decantadores bastante utilizados, são o clássico e o convencional de fluxo horizontal. Nas estações de tratamento é muito utilizado o decantador convencional, principalmente por sua boa eficiência e custo (MIRANDA, 2007).
- **Filtração:** o processo unitário físico (sem adição de reagentes) da filtração está relacionado à segregação mecânica entre uma fase sólida, particulada e líquida, fluida. Através de um meio poroso que tem como função reter a parte sólida e deixar passar à líquida. O que passou é chamado de filtrado e as partículas que ficam retidas começam a formar uma crosta, chamada de torta (CREMASCO, 2014). Os filtros também possuem seu funcionamento com fluxo ascendente ou descendente e, em geral, é o último processo quando relacionado à remoção de impurezas (PEDROSA, 2014).

- **Desinfecção:** é o processo pelo qual possui finalidade de inativar, eliminar os microrganismos patogênicos, evitando uma possível infecção da população ao consumir a água (MIRANDA, 2007). O agente desinfetante mais utilizado é o cloro e possui como vantagem sua eficiência na inativação de bactérias e vírus. Em contrapartida, limita-se aos protozoários e helmintos (PEDROSA, 2014).
- **Correção do potencial Hidrogeniônico (pH):** o pH representa basicamente o equilíbrio entre íons H^+ e íons OH^- . O pH da água adequada para consumo humano fica na faixa dos 7 de uma escala que varia de 0 a 14. Quando inferior a 7, conclui-se que a água está ácida. Superior à média, temos que a água está alcalina (MIRANDA, 2007). A cal hidratada pode ser utilizada como reagente químico para efetuar as correções de pH e, assim, poder manter o controle. A portaria 2.194/2011 ainda recomenda que o pH mínimo da água tratada fique entre 6 e 9,5 (CESAN, 2013).

2.7 PADRÕES DE POTABILIDADE DA ÁGUA

De acordo com a Portaria do Ministério da Saúde n° 2.914 de 12 de Dezembro de 2011, dispoendo sobre procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano, diz em seu Art. 27. que, a água potável deve estar em conformidade com os padrões microbiológico e físico-químicos (BRASIL, 2011).

A Portaria também recomenda que o pH fique entre a faixa de 6,0 e 9,5, com turbidez máxima permitida equivalente a 5 uT para sistemas em que utilize filtração rápida e 1 uT para sistemas de filtração lenta, e que a concentração de cloro residual livre fique entre 0,2 a 2,0 mg/L, sendo 2,0 mg/L o teor máximo de cloro em qualquer ponto do sistema de abastecimento (BRASIL, 2011).

Além disso, a Portaria também instiga que para a água ser considerada potável, deverá obedecer a padrões de potabilidade: Organolépticos (não possuir cheiro, cor, sabor e odores), Físicos (além da cor, não ultrapassar o limite máximo de turbidez regido pela própria portaria), Químicos (ocorrência de substâncias de risco e tóxicas a saúde humana), Biológico (existência de microrganismos e agentes patógenos) e

Radioativo (valor estabelecido pela Portaria 2.914 de 12 de Dezembro de 2011), (SILVA, 2014).

2.8 LEGISLAÇÕES VIGENTES

Historicamente, desde 1977, o Brasil dispõe de leis que abrangem os padrões de qualidade da água para consumo humano. Uma das primeiras normas a serem criadas foi o Decreto Federal 79.367/1977 que, por sua vez, já estabelecia definições, características de qualidade de água potável, sua amostragem e os métodos de análise de água. Nesse mesmo decreto são estabelecidas normas sanitárias de proteção dos mananciais, serviços de abastecimento público de água, instalações prediais de água e controle de qualidade de água dos sistemas de abastecimento público (SILVA, 2014).

Por consequência, em cumprimento ao Decreto 79.367/1977, foi criada a primeira legislação nacional que também estabeleceu padrões de potabilidade da água. Após 13 anos em vigor foi substituída Portaria GM nº 36 de 19 de Janeiro de 1990, que também culminou em duas novas portarias, a M.S nº 1.469 de 29 de Dezembro 2000 e, posteriormente, a M.S nº 518 de 25 de Março de 2004 (SILVA, 2014).

Como resultado final de todas essas adaptações, tendo em vista a necessidade de melhoramento tanto para qualidade e controle como da potabilidade, a legislação vigente é a 2.914 de 12 de Dezembro de 2011, vislumbrando um monitoramento mais assíduo na gestão dos riscos que a água pode trazer para o homem ao serem consumidas (SILVA, 2014).

2.9 DESINFECÇÃO SOLAR DA ÁGUA (SODIS)

Trata-se de um tema bastante discutido entre pesquisadores do Mundo inteiro e também dos brasileiros, no que diz respeito a desinfecção da água utilizando a radiação solar. Mesmo com baixo estímulo e incentivo, países da Europa, Ásia e América vem abordando o tema com mais assiduidade. É sabido que o aquecimento da água, juntamente com o uso de mecanismos que propiciem o aumento de calor e

temperatura, tem efeito germicida, devido a sensibilidade de vírus e bactérias, ou seja, microrganismos, às elevadas temperaturas (BOTTO, 2006).

Comumente conhecida como SODIS (do inglês Solar Water Desinfection), seus estudos foram início ao fim da década de 70. É uma técnica que consiste basicamente na exposição da água à radiação solar (luz UV-A e temperatura) como um tratamento viável economicamente para públicos onde a rede distribuição de água não atenda (zonas rurais, normalmente), com a finalidade de eliminar agentes patogênicos, protozoários e até mesmo vírus que estão presentes naquela água (CANGELA, 2014).

Quanto ao que se refere no tipo de recipiente utilizado para acondicionar a água a ser tratada, a radiação solar transmitida pode variar de acordo com tal recipiente que, por sua vez, pode ser por garrafas PET, recipientes de vidro ou até mesmo o polietileno, ou seja, recipientes plásticos. Prioriza-se um recipiente que deixe a radiação passar, de fácil manipulação, baixo custo e que podem fechados durante o processo SODIS para evitar a contaminação da água. Desse modo, o recipiente mais adequado para se efetuar a técnica de desinfecção solar da água são as garrafas PET (BOTTO, 2006).

Tem como vantagens a melhoria da qualidade microbiológica da água potável, substituindo a ausência de sistemas de abastecimentos em locais de baixo desenvolvimento e disponibilizando um método simples a nível doméstico de fácil entendimento e uso e que, também, não necessita de nenhuma infraestrutura exorbitante e de alto custo. Entretanto, necessita de radiação solar suficiente para ter uma boa eficiência no processo, além de não alterar a qualidade química e não ser prático nos tratamentos de larga escala (grandes volumes). Vale salientar que quando a turbidez for superior a 30 UNT, se faz necessário um pré-tratamento antes de aplicar a técnica SODIS (CANGELA, 2014).

A radiação poderá ser dividida em três gamas de comprimento de onda, que são: a radiação UV, a luz visível e a infravermelha. A luz que tem efeito letal, ou seja, combate diretamente os agentes patogênicos é a luz de radiação UV-A, com seu comprimento de onda entre 315 e 400 nm (BETER, 2006).

As condições climáticas e, por conseqüências, as épocas anuais, interferem diretamente na eficiência do método. Se tratando de dia nublados, ou seja, com ocorrência de muitas nuvens, os níveis de radiação tendem a ser menores e, conseqüentemente, a eficiência do método também cai. Por outro lado, em dias

menos nublados, a radiação solar adentra com mais facilidade, possibilitando assim, atingir uma boa eficiência no que diz respeito a inativação da população microbiana por radiação solar (PATERNIANI e SILVA, 2005).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 TIPO DE ESTUDO

O presente trabalho acadêmico trata-se de um estudo de campo, experimental do tipo quali-quantitativo, sendo realizado em algumas etapas. Inicialmente, a coleta de amostras de água de uma pequena barragem situada no sítio Japecanga, zona rural do município de Caruaru, Agreste Pernambucano e que a população utiliza para o consumo direto.

No segundo momento foram realizadas as análises microbiológicas e físico-químicas para levantamento das condições de potabilidade da água que foi estudada. No terceiro momento aplicou-se técnica SODIS (Solar Water Desinfection) com a finalidade de verificar a eficiência da técnica para desinfecção da água por meio de radiação solar, posteriormente analisou-se microbiologicamente visando verificar assim a eficiência do método.

3.2 LOCAL DA ÁREA EM ESTUDO

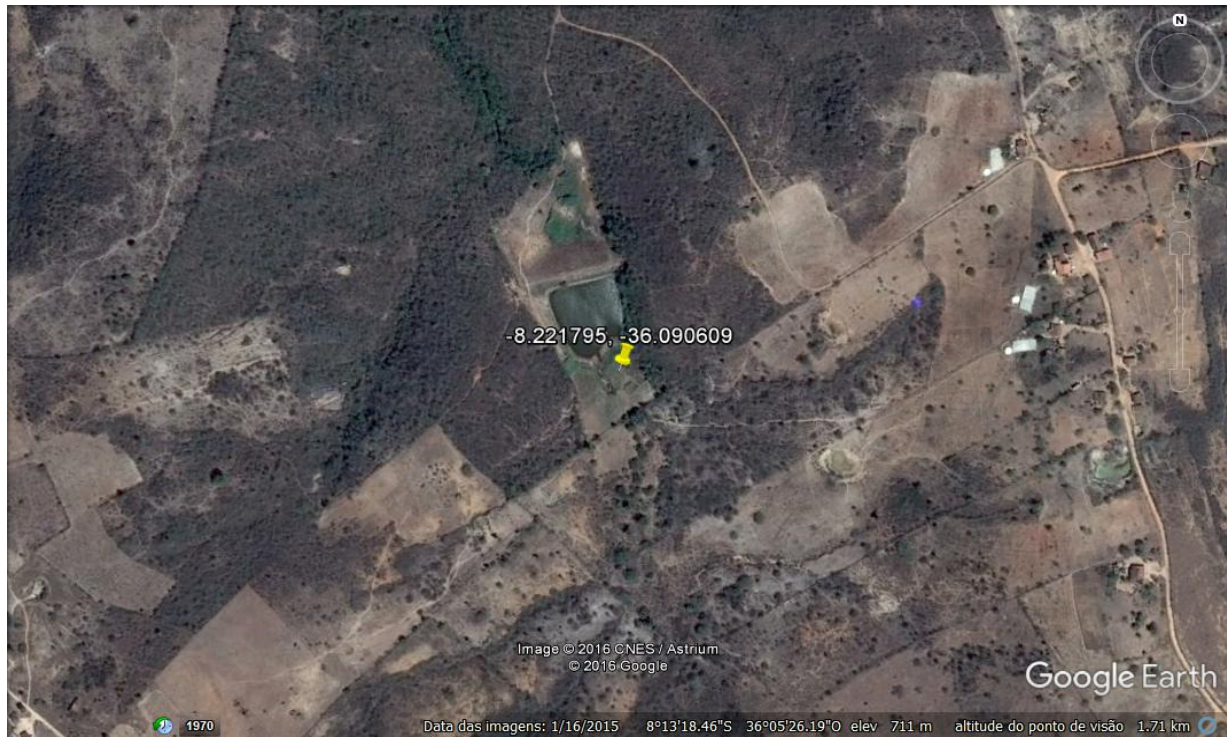
O estudo foi realizado numa pequena barragem onde os moradores fazem uso direto da água, situada no sítio Japecanga, na zona rural do município de Caruaru, localizada no Agreste Pernambucano, a 130 km da capital Recife.

Segundo dados do censo 2013, o município de Caruaru possui aproximadamente 351.686 habitantes e destes, 35.323 em área rural.

A Figura 1 mostra exatamente o local em que a barragem se encontra, ou seja, o local onde a coleta da água foi realizada. Foi utilizada a ferramenta Google Earth para conseguir demonstrar com mais exatidão a devida localidade por meio e imagem de satélite com o apoio de coordenadas de longitude e latitude por se tratar de uma Zona Rural e não funcionar nenhum tipo de sinal de telefonia móvel.

A Figura 2 demonstra, realmente, o local onde foi realizado o estudo em evidência e, como ponto de referência, foi utilizado o sítio Serrote dos Bois, também situado na zona rural de Caruaru.

Figura 1 - Local exato da realização do estudo.



Fonte: Google Earth, 2017.

Figura 2 - Imagem real da barragem onde foi iniciado o estudo.



Fonte: Próprio Autor.

3.3 COLETAS DAS AMOSTRAS

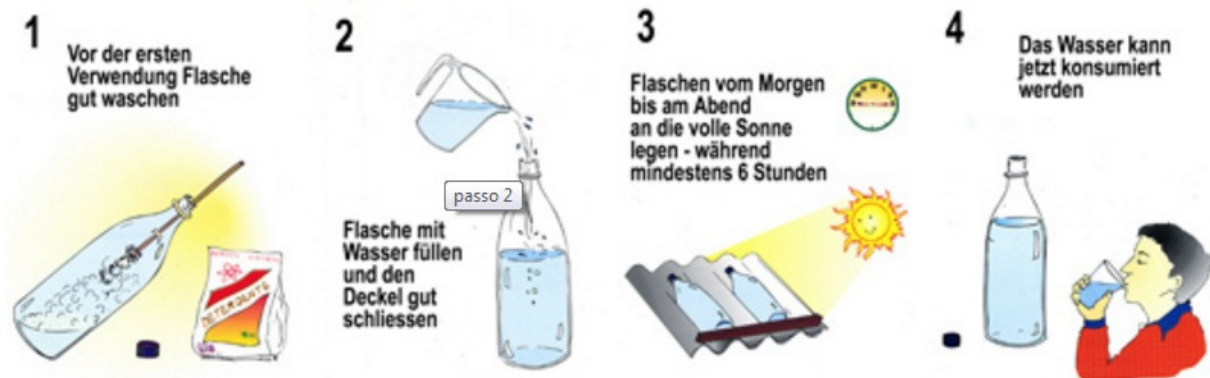
Realizou-se a coleta da água no dia 18 de Abril de 2017 aproximadamente as 06h30min, onde a água coletada foi acondicionada em 2 (duas) garrafas PET de 1,5L (amostra bruta) e armazenadas em uma caixa térmica com gelo, mantendo a temperatura e evitando qualquer tipo de contaminação, exposição ou alteração das amostras coletadas.

Também foram coletados dados da temperatura ambiente e temperatura da água antes do seu acondicionamento, juntamente com umidade do ar, e no momento exato da coleta.

3.4 MÉTODO DA TÉCNICA SODIS (Solar Water Disinfection)

O método de desinfecção solar da água que se aplicou no presente estudo segue exatamente a sequência conforme a Figura 3 demonstra. Ou seja, tratando-se da exposição solar da água que fica acondicionada em garrafas PET e com apoio de um concentrador de temperatura.

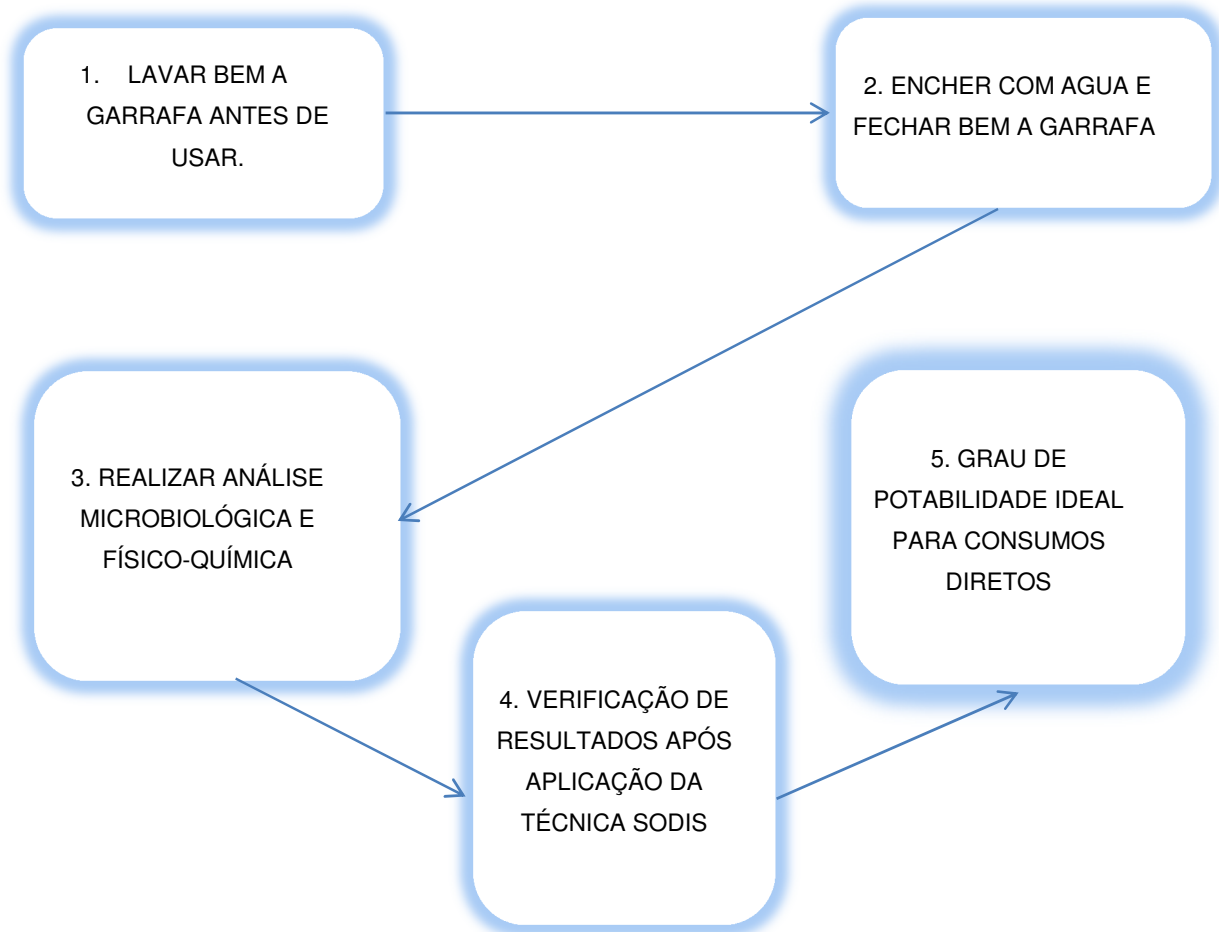
Figura 3 - Método de desinfecção SODIS.



Fonte: SODIS (2013).

As etapas de execução do processo que compõem o método são observados no esquema da Figura 4.

Figura 4 – Esquema de execução do método.

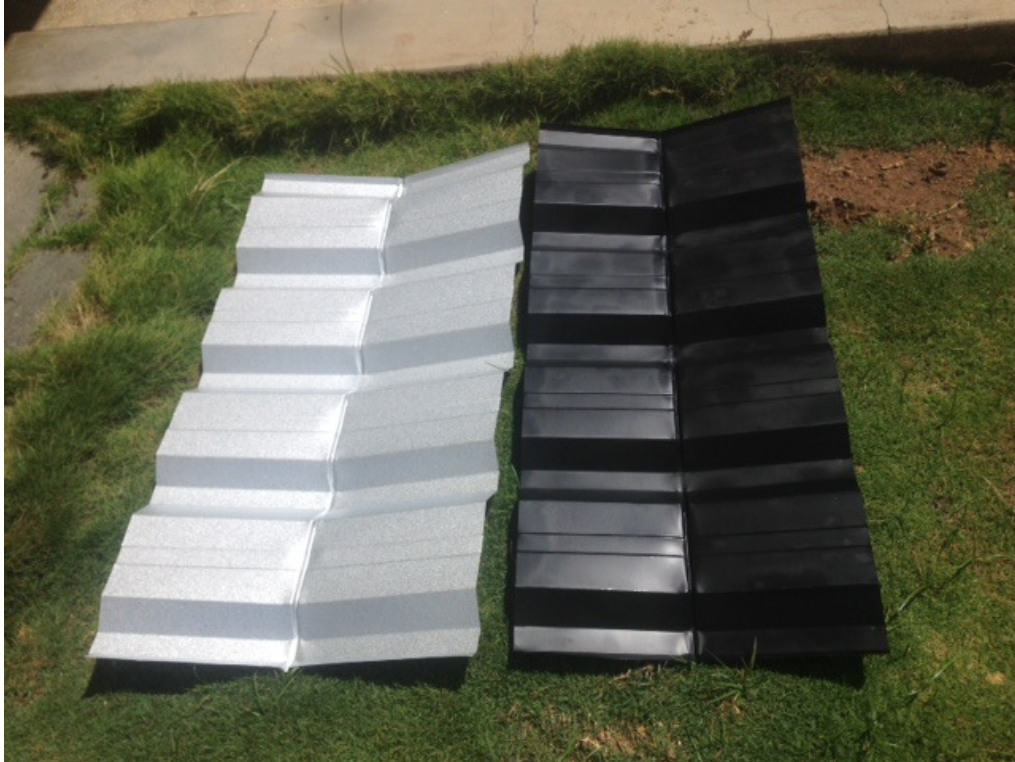


Fonte: Próprio Autor.

Para a aplicação da técnica, sugere-se que as garrafas estejam acondicionadas em um meio (suporte) que melhore o processo de concentração de temperatura, auxiliando no processo de desinfecção para obtenção de melhores resultados. Pode-se usar telhas de zinco ou até mesmo telhas convencionais (barro) pintadas de preto para ajudar no processo.

Nesse estudo, utilizou-se um material para acondicionar as garrafas durante o processo da SODIS, denominado de Cumeeira Galvalume que, em sua composição, possui Alumínio, Zinco e Silício. Foram utilizadas 2 (duas) cumeeiras para o processo, uma na sua cor original (prata) e outra que foi pintada na cor preta com o intuito de reter mais calor e otimizar o processo, conforme demonstra a Figura 5.

Figura 5 - Cumeeiras na cor Prata e Preta



Fonte: Próprio Autor.

3.5 PROCESSAMENTO DAS AMOSTRAS

As amostras passaram por um processo de filtração simples, onde se utilizou de filtro de papel para coar café ao invés de utilizar filtro de papel utilizado em laboratórios, que seria o mais apropriado, conforme mostra a Figura 6, sendo escolhido esse tipo de material pela facilidade no acesso perante a população e com a proposta de verificar os resultados de eficiência desse material, de acordo com a realidade dos moradores da comunidade rural do Japecanga. Após o processo de filtração deu-se início ao processo de tratamento onde foram retiradas alíquotas inicialmente e no decorrer dos horários e acondicionadas em caixas térmicas para refrigeração.

Figura 6 - Processo de filtração simples efetuado antes de realizar a exposição solar.



Fonte: Próprio Autor.

Iniciou-se aproximadamente as 08h30min o processo com a retirada de duas alíquotas de 100 mL de cada uma das amostras brutas (duas garrafas PET de 1,5 litros, que não passaram pela filtração) antes da exposição solar e colocadas em sacos estéreis para analisar as condições físico-químicas e microbiológica, sendo posteriormente refrigeradas para uma posterior análise e identificação da carga microbiana que existente no início e posterior verificação do pH e turbidez, ou seja, antes da execução do processo de exposição solar.

Após a primeira retirada de alíquotas, também foram retiradas mais duas alíquotas de 100 mL cada, que também não passaram pela exposição solar e nem por filtração, para se observar a eficiência do tratamento com o hipoclorito de sódio a 2,5%, denominadas de amostras cloradas. Com a finalidade de verificar também as condições físico-químicas e microbiológicas ao tratar a água coletada após inserir o hipoclorito, que por sua vez, é um reagente disponibilizado pelo Ministério da Saúde que, também, estas amostras foram acondicionadas em ambiente térmico, totalizando até o momento quatro amostras a serem analisadas e que não foram filtradas.

Após a retirada das quatro alíquotas de 100 mL mencionadas anteriormente, realizou-se o processo de filtração na água bruta que se encontrava armazenada nas garrafas PET de 1,5 litro, conforme verificado na Figura 6, para que fosse dado início ao processo de exposição solar.

Em seguida, iniciou-se o processo de exposição solar (SODIS) das amostras já filtradas nas cumeeiras prata e preta por volta das 09h03min. Também foram coletados dados de temperatura ambiente, temperatura das amostras filtradas, temperatura das cumeeiras (prata e preta) e umidade do ar durante todo o período de exposição solar por qual as amostras foram expostas.

O tempo total do tratamento por radiação solar (SODIS) das amostras já filtradas durou exatamente sete horas, onde após 3 horas de exposição, ou seja, as 12h00min, retiraram-se as primeiras alíquotas, denominadas de amostra SODIS 1, das amostras de água das garrafas PET de 1,5 litros que estavam nas cumeeiras prata e preta. Após cinco horas de exposição, as 14h00min, novamente foram retiradas alíquotas, denominadas de amostra SODIS 2, das garrafas PET nas duas cumeeiras. E, por fim, após sete horas de exposição solar, as 16h00min, foram retiradas as últimas alíquotas, denominadas de amostra SODIS 3 das garrafas nas cumeeiras prata e preta para posterior realização das análises físico-químicas e microbiológicas após a aplicação da desinfecção solar da água (SODIS), totalizando dez amostras ao fim do processo.

Salientando-se da necessidade de higienização das mãos e das bordas das garrafas PET para o manuseio durante a retirada das alíquotas e, posteriormente, durante o processo de análise microbiológica, com o intuito de minimizar ao máximo a recontaminação da água após o tratamento com a técnica SODIS.

3.6 MÉTODO DE ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

O método que foi utilizado para verificação da população microbiana existente antes e depois do tratamento SODIS foi o do Kit Microbiológico da Alforkit Colipaper. Ele tem como principal finalidade a análise microbiológica de Coliformes termotolerantes (*E.Coli*) e Coliformes totais em amostras de água (WACHINSKI, 2013).

O colipaper é uma cartela com meio de cultura em forma de gel desidratado usado para análise microbiológica e que indica a presença e possibilidade de quantificação de coliformes totais e termotolerantes (*E.Coli*), (OLIVEIRA, 2003). A figura 7 demonstra exatamente como é a cartela que contém o respectivo meio de cultura.

Figura 7 - Colipaper utilizado na análise microbiológica.



Fonte: Próprio Autor.

Primeiramente, retirou-se a cartela de dentro do saco estéril (Ziplock) segurando apenas a parte superior (parte onde existe um picote) e, em seguida, imergiu-se a cartela nas amostras que se desejava analisar. Posteriormente, retirou-se a cartela da amostra e recolocou-a de volta na embalagem plástica sem tocar nela, retirando todo o excesso com movimentos mais acelerados (OLIVEIRA, 2003).

Após isso, acondicionou-se as cartelas em estufa com temperatura equivalente a 37 °C num período de 15 horas. Após esse período de incubação, procedeu com a contagem das colônias considerando os dois lados da cartela. A visualização de

pontos violetas ou azuis indicam a presença de coliformes termotolerantes (*E. Coli*) e pontos róseos avermelhados indicam a presença de coliformes totais. Dessa forma, contam os devidos pontos e interpretam-se os resultados multiplicando as respectivas quantidades e colônias pelo fator de correção 80, expressando o resultado em UFC/100 mL (OLIVEIRA, 2003).

Vale salientar que, para o momento em que se inseriu a cartela (colipaper) nas amostras, todo cuidado necessário foi adotado para que não houvesse interferência do meio externo no meio de cultura utilizado, vindo assim, a provocar alguma alteração nos resultados. Utilizou-se uma sala específica de semeio no laboratório de microbiologia do Centro Universitário Tabosa de Almeida com o bico de gás (bico de Bunsen) aceso para que houvesse a descontaminação pelo ar na proximidade em que era utilizado o meio de cultura. Utilizou-se também, luvas de borracha, máscaras, álcool 70% e também a desinfecção da bancada para que fosse descartada qualquer possibilidade de contaminação.

3.7 TUBIDEZ

A turbidez representa diretamente o grau de dificuldade (interferência) que a luz sofre ao passar através da água, possuindo como constituinte responsável os sólidos em suspensão e que, por sua vez, podem até servir de morada para microrganismos patogênicos. Além disso, o parâmetro pode ser utilizado, principalmente, para controle de operações em ETA's e como forma de caracterização da água (Von SPERLING, 2005).

É um parâmetro físico e sua determinação pode ser feita pelo método nefelométrico em um aparelho específico que mede a turbidez, chamado de turbidímetro que é constituído de um nefelômetro. A turbidez é expressa em unidades nefelométricas de turbidez (UNT) e é baseada na intensidade de luz que se espalha na amostra (a luz absorvida pela amostra), que, normalmente, são as partículas em suspensão e que deixam a água aparentemente turva (RICHTTER; NETTO, 2002).

Segundo a Portaria n° 2.914/2011 do MS, o valor máximo permitido de turbidez para água que tem como finalidade abastecimento público e que visa a potabilidade de qualidade para consumo é equivalente a 5 UNT (BRASIL, 2011).

3.8 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH)

O potencial hidrogeniônico é o parâmetro que indica condições a respeito da água quando se trata de acidez, neutralidade ou alcalinidade numa faixa que vai de 0 a 14. É também utilizado para caracterização de águas de abastecimento público e corpos d'água e, nos controles de operações em ETA's e ETE's, evitando assim a corrosividade em tubulações com baixo pH, incrustações nas tubulações com alto pH e comprometimento da vida aquática em meio em que o pH seja neutro demais. (Von SPERLING, 2005).

De acordo com a portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde, recomenda-se que num sistema de distribuição voltado para abastecimento público o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5 (BRASIL 2011).

Para tal medição é utilizado um equipamento chamado pHmetro e deve ser manuseado de acordo com o manual do fabricante. Onde, um eletrodo é inserido na amostra em análise posterior a uma assepsia no próprio eletrodo com papel toalha e, automaticamente, o equipamento mostrará um resultado na faixa de 0 a 14. Vale salientar que alguns equipamentos que fazem essa medição necessitam de um pré-aquecimento ante a sua utilização.

3.9 EQUIPAMENTOS E MATERIAIS UTILIZADOS

Para as medições de temperatura das amostras e temperatura das cumeeiras, utilizadas no processo de desinfecção solar, usou-se um termômetro digital do fabricante Minipa de modelo MT-320.

Já para as medições de temperatura ambiente utilizou-se um Relógio Termo-Higrômetro também de fabricante Minipa e de modelo MT-241 durante a coleta dos dados.

Além desses, sacos estéreis para as alíquotas que se retiraram das garrafas expostas à radiação solar, luvas de borracha, máscaras e álcool 70% para higienização do meio. Para as análises microbiológicas utilizou-se o kit Colipaper conforme exposto no item 3.6.

Para as análises físico-químicas (Turbidez e pH) utilizou um pHmetro do fabricante Quimis e um turbidímetro Microprocessado do fabricante Del Lab de modelo

DLM-2000 B, ambos disponíveis nos laboratórios do Centro Universitário Tabosa de Almeida – ASCES/UNITA.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ANÁLISE E ACOMPANHAMENTO DAS TEMPERATURAS

As Tabelas 1 e 2 a seguir mostram todos os resultados observados durante a execução do procedimento de aplicação da técnica SODIS, desde as condições de temperatura ambiente, do momento em que a água foi coletada, umidade do ar, temperatura das cumeeiras que se utilizaram para o processo de acordo com os horários.

Na Tabela 1 observam-se dados de temperatura ambiente, da amostra que se coletou e da umidade do ar no horário das 06h30min do dia 18 de Abril de 2017 na zona rural do município de Caruaru – PE. Valores estes, que se consideram comuns com relação a época do ano, representando condições normais para os horários matinais.

Tabela 1 – Condições de temperatura ambiente, da amostra no momento da coleta e umidade do ar na zona rural do município de Caruaru – Abril de 2017.

	Temperatura	Umidade
Ambiente	23,3 °C	75%
Amostra no momento da coleta	20,3 °C	-

Fonte: Próprio Autor.

. Na Tabela 2, verificam-se dados relacionados às temperaturas iniciais das cumeeiras (prata e preta) que foram utilizadas no processo e das amostras já acondicionadas nas garrafas PET em exposição solar.

Tabela 2 – Temperaturas iniciais das cumeeiras e das amostras no início da aplicação do SODIS no município de Caruaru – Abril de 2017.

Temperaturas das Cumeeiras		
Horário:	Cumeeira Prata	Cumeeira Preta
09h03min	24,3 °C	45,9 °C
Temperaturas das Amostras		
Horário:		
09h03min	29,5 °C	31,5 °C

Fonte: Próprio Autor.

As cumeeiras foram expostas ao sol as 09h00min da manhã, contudo as medições de temperatura começaram a ser realizadas aproximadamente as 09h03min, o que explica a diferença de temperatura observada nas cumeeiras e nas amostras já acondicionadas, que variaram de acordo com o tipo de cumeeira, tendo

em vista que a cumeeira preta possuía maior capacidade de absorção de radiação solar do que a cumeeira prata. Segundo Oliveira (2014), o IMTA – Instituto Mexicano de Tecnologia da Água propõe a utilização de algum tipo de concentrador, no caso do presente estudo são as cumeeiras, para que as temperaturas sejam elevadas. Aproveitando o máximo de radiação solar e diminuindo assim o tempo de exposição da amostra e, conseqüente rapidez no processo.

Conforme a Tabela 2 acima percebe-se que as temperaturas com relação à cumeeira prata e preta são bem divergentes, tendo em vista que a segunda foi pintada com tinta preta fosca, visando assim a percepção de um possível aumento de temperatura.

Observou-se na Tabela 3 o aumento das temperaturas das cumeeiras de acordo com os horários e, por fim, um decaimento delas devido à diminuição da incidência de Radiação Solar que diminuem ao fim da tarde. O mesmo ocorre com as amostras que atingem o ápice as 12h00min, onde a incidência de raios solares é maior e, conseqüentemente, a temperatura também tende a aumentar.

Tabela 3 – Temperaturas das cumeeiras, das amostras e dados meteorológicos de acordo com os horários que foram retiradas alíquotas para futura análise em Caruaru – Abril de 2017.

Horários:	Temperaturas		Temperaturas das Amostras (garrafas PET)		Dados Meteorológicos	
	Cumeeira Prata	Cumeeira Preta	Cumeeira Prata	Cumeeira Preta	Temperatura Ambiente	Umidade do Ar
Amostra 12h00min	38,8 °C	65,3 °C	46,9 °C	50,4 °C	34,1 °C	45%
Amostra 14h00min	32,3 °C	55,8 °C	40,5 °C	45,2 °C	35,1 °C	42%
Amostra 16h00min	16 °C	32,2 °C	27,1 °C	28,8 °C	35,8 °C	40%

Fonte: Próprio Autor.

Em contrapartida, a temperatura ambiente aumentou continuamente quando verificados os horários, principalmente porque a temperatura do ar chega ao seu ápice por voltas das 15 horas em decorrência de questões físicas e meteorológicas. Já a umidade do ar vai diminuindo ao longo do tempo, observando-se uma diminuição gradativa entre as 12 horas e as 16 horas. Salientando-se que nesses horários efetuaram-se as devidas coletas das alíquotas que se direcionaram para as análises microbiológicas e físico-químicas.

Verificou-se durante a pesquisa a variação das temperaturas das cumeeiras prata e preta, inicialmente as 09h03min, horário da primeira medição, as cumeeiras

prata e preta respectivamente, atingiram 24,3 °C e 45,9 °C. Observou-se uma variação de temperatura em relação a segunda medição que ocorreu as 12 horas, sendo verificado um aumento de temperatura de 14,5 °C para a cumeeira prata e de 19,4 °C para a cumeeira preta.

Posteriormente, a variação de temperatura direcionou-se para o decaimento, sendo decrescente em 6,5 °C das 12h00min para as 14h00min e de 16,3 °C das 14h00min para as 16h00min na cumeeira prata. Já na cumeeira preta, onde os índices de temperatura foram bem maiores comparando-se com a cumeeira anterior, contatou-se uma perda de temperatura de 9,5 °C das 12h00min para as 14h00min e 23,6 °C das 14h00min para as 16h00min. Deve-se salientar que essa variação está relacionada com o decaimento da temperatura no decorrer das horas e das características do tempo que no dia das análises foi ficando gradativamente ameno no início da tarde.

De acordo com a determinação das temperaturas, observaram-se que, para os horários de 12h00min a cumeeira preta absorveu mais radiação solar, com 59% maior absorção se comparado com a cumeeira prata no mesmo horário. Para o horário das 14h00min, constatou-se o percentual de 58% maior absorção de radiação solar na cumeeira preta quando comparada com a cumeeira prata e, por fim, no horário das 16h00min o percentual equivalente a 50% maior de absorção solar na cumeeira preta levando-se em consideração a cumeeira prata. A média de absorção de radiação solar na cumeeira preta atingiu um valor de 55% comparando-se com a cumeeira prata, comprovando assim, que a cumeeira preta foi mais eficiente no processo de absorção de radiação solar.

O mesmo ocorreu com relação às amostras que estão acondicionadas nas garrafas PET, mais precisamente as 09h03min, verificou-se as temperaturas das amostras que estavam na cumeeira prata e preta, respectivamente, 29,5 °C e 31,5 °C. Percebe-se uma variação de temperatura crescente quando verificada a medição de temperatura as 12h00min equivalente a 17,4 °C na amostra que estava na cumeeira prata e de 18,9 °C na amostra que se encontrava na cumeeira preta.

Na sequência, as temperaturas das amostras de água entram em decaimento de acordo com o passar das horas e, no horário das 12h00min para as 14h00min a temperatura decaiu 6,4 °C e das 14h00min para as 16h00min varia em decaimento de 13,4 °C para as amostras da cumeeira prata. Já para a amostra de água da cumeeira

preta, a temperatura diminuiu em 5,2 °C no horário das 12h00min para o horário das 14h00min e decaiu em 16,4°C no horário das 14h00min para 16h00min.

Com relação as temperaturas das amostras, constatou-se que as 12h00min, a amostra exposta na cumeeira preta obteve um acréscimo de 7% de temperatura se comparado com a cumeeira prata no mesmo horário. No segundo momento, onde as medições de temperatura ocorreram as 14h00min, obteve-se um aumento de 10% da temperatura na amostra presente na cumeeira preta em relação à cumeeira prata. E por fim, no terceiro momento de medições de temperatura as 16h00min, verificou-se uma variação superior de 6% na amostra da cumeeira preta em relação a cumeeira prata. Desta forma evidencia-se ainda mais os fatores pelos quais, quando comparados os níveis de temperatura e de absorção de energia das cumeeiras, a preta se sobressai em relação a cumeeira prata.

4.2 RESULTADOS DAS ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

Segundo a Portaria MS nº 2.914 de 12 de Dezembro de 2011 preconiza, toda e qualquer amostra de água que passa por análise microbiológica para se encaixar nos padrões de potabilidade, devem ter resultados de ausência de coliformes totais e termotolerantes para cada 100 mL de amostra analisada.

Nesse âmbito, as Tabelas 4 e 5 apresentam os resultados que foram obtidos das amostras brutas que foram analisadas (amostras acondicionadas em garrafas PET na cumeeira prata e preta), das amostras brutas que passaram pelo processo de tratamento com hipoclorito de sódio 2,5% e das amostras que passaram pela exposição solar (SODIS) de 3 (três) horas, 5 (cinco) horas e 7 (sete) horas de exposição.

Tabela 4 – Resultados das análises microbiológicas da amostra bruta, com utilização de hipoclorito 2,5% e amostras que passaram por tratamento com a SODIS na cumeeira prata no município de Caruaru – Abril de 2017.

Horários:	Tempo de Exposição	Cumeeira Prata		Portaria MS nº 2.914 de 12/12/2011	
		Coliformes Totais	Coliformes Termotolerantes (<i>E.Coli.</i>)	Coliformes Totais	Coliformes Termotolerantes (<i>E.Coli.</i>)
Bruta 09h00min	0 Hora	880 UFC/100 mL	80 UFC/100 mL	Ausência em 100 mL	Ausência em 100 mL
Clorada (Hipoclorito)	0 Hora	0 UFC/100 mL *	0 UFC/100 mL *	Ausência em 100 mL	Ausência em 100 mL
Amostra SODIS 1 12h00min	3 Horas	0 UFC/100 mL *	0 UFC/100 mL *	Ausência em 100 mL	Ausência em 100 mL
Amostra SODIS 2 14h00min	5 Horas	0 UFC/100 mL *	0 UFC/100 mL *	Ausência em 100 mL	Ausência em 100 mL
Amostra SODIS 3 16h00min	7 Horas	0 UFC/100 mL *	0 UFC/100 mL *	Ausência em 100 mL	Ausência em 100 mL

Fonte: Próprio Autor.

Conforme os resultados apresentados na Tabela 4, observaram-se que os resultados encontrados inicialmente na amostra bruta tanto para coliformes totais quanto para termotolerantes constam como presentes em 100 mL, ou seja, indicando a presença de população microbiana na amostra analisada. Após a adição de hipoclorito de Sódio a 2,5% percebeu-se que houve total eliminação/inativação da população microbiana, ausentando totalmente as unidades formadoras de colônia tanto para coliformes totais como para termotolerantes, tornando-se assim uma água própria para consumo humano.

Constatou-se também que o método de tratamento que utiliza-se da desinfecção solar da água (SODIS) traz resultados que demonstraram a eficácia do método, ausentando assim, toda população microbiana de acordo com o tempo de exposição solar no qual a água contida nas garrafas PET foram submetidas, retirando-se alíquotas das amostras (SODIS) filtradas após 3, 5 e 7 horas de exposição solar.

Tabela 5 – Resultados das análises microbiológicas da amostra bruta, com utilização de hipoclorito 2,5% e amostras que passaram por tratamento com a SODIS na cumeeira preta no município de Caruaru – Abril de 2017.

Horários:	Tempo de Exposição	Cumeeira Preta		Portaria MS nº 2.914 de 12/12/2011	
		Coliformes Totais	Coliformes Termotolerantes (<i>E.Coli.</i>)	Coliformes Totais	Coliformes Termotolerantes (<i>E.Coli.</i>)
Bruta 09h00min	0 Hora	3.040 UFC/100 mL	80 UFC/100 mL	Ausência em 100 mL	Ausência em 100 mL
Clorada (Hipoclorito)	0 Hora	0 UFC/100 mL *	0 UFC/100 mL *	Ausência em 100 mL	Ausência em 100 mL
Amostra SODIS 1 12h00min	3 Horas	0 UFC/100 mL *	0 UFC/100 mL *	Ausência em 100 mL	Ausência em 100 mL
Amostra SODIS 2 14h00min	5 Horas	0 UFC/100 mL *	80 UFC/100 mL	Ausência em 100 mL	Ausência em 100 mL
Amostra SODIS 3 16h00min	7 Horas	80 UFC/100 mL	0 UFC/100 mL *	Ausência em 100 mL	Ausência em 100 mL

Fonte: Próprio Autor.

Os resultados apresentados na Tabela 5 para a amostra bruta apresentaram uma concentração de microrganismos bem maior se comparada com a amostra bruta que passaria por testes na cumeeira prata. Entretanto, quando foi adicionado o hipoclorito de sódio a 2,5% notou-se que houve eliminação completa dos coliformes totais e termotolerantes da devida amostra. As amostras que passaram por 3 (três) horas de exposição solar obtiveram resultados de ausência total dos coliformes totais e termotolerantes. Após 5 (cinco) horas de exposição solar, observou-se que, para a análise de coliformes totais, o procedimento de tratamento foi eficaz, eliminando/inativando totalmente os coliformes. O que não aconteceu para a amostra que foi analisada após 5 (cinco) horas de exposição solar no quesito dos coliformes termotolerantes, resultando em 80 UFC/100 mL de amostra analisada.

Caso semelhante aconteceu com as amostras que ficaram por 7 (sete) horas em exposição, sendo que foi identificada a presença de coliformes totais, resultando em 80 UFC/100 mL e, para coliformes termotolerantes a ausência total deles, embora ambos em valores mínimos. O motivo pelo qual esses resultados comportaram-se fora dos padrões, foram por uma provável recontaminação laboratorial, tendo em vista que os resultados após as 3 horas de exposição solar já demonstram que para as amostras coletadas da cumeeira prata e preta elas apresentavam total eliminação da carga microbiana. Muito provavelmente no momento em que foi inserido o colipaper

no saco estéril específico para coleta de água onde encontrava-se alíquotas das amostras em estudo, tenham ocorrido a contaminação do colipaper por algum microrganismo.

Na pesquisa realizada por Oliveira (2014), percebeu-se que para inativação dos coliformes totais sem o uso de concentrador, somente com a garrafa PET pintada de preto e exposta sobre a superfície de telha de fibrocimento ondulada (brasilit), não houve inativação completa dos microrganismos de acordo com o tempo de exposição (2 horas, 4 horas e 6 horas) ao qual a amostra foi submetida. Contudo, quando utilizado o concentrador e com as garrafas PET também pintadas de preto, a inativação dos coliformes totais foi completamente atingida nas amostras que passaram 4 horas e 6 horas em exposição à radiação solar. Com relação aos coliformes termotolerantes, a inativação também não foi completa sem o uso de concentrador, e com a garrafa PET pintada de preto, somente exposta na superfície da telha de fibrocimento ondulada (brasilit) em todos os momentos que a amostra ficou exposta a radiação solar, ou seja, em 2 horas, 4 horas e 6 horas. Entretanto, os coliformes termotolerantes foram completamente inativados quando a amostra passou pela exposição solar com uso de concentrador e garrafa PET pintada de preto após 4 horas e 6 horas de exposição solar. No presente estudo, nota-se que a inativação dos coliformes totais e termotolerantes foram observados após 3 horas de exposição onde foram coletadas alíquotas das amostras de água expostas a radiação solar, percebendo-se uma redução de uma hora a menos de exposição solar quando comparado ao trabalho de Oliveira (2014), resultado este constatado tanto com a utilização da cumeeira prata como da cumeeira preta que foram utilizadas no processo SODIS.

Segundo Beter (2006), ocorre a possibilidade de existir uma recontaminação durante os procedimentos e manuseio de vidrarias e equipamentos que são adotados no próprio laboratório.

Além de contar com uma possível reativação de raros microrganismos que ficaram em estado de estresse devido à luz que é associada a altas temperaturas, podendo haver esse recrescimento bacteriológico. Salienta-se que, embora bastante raro de se acontecer, situações semelhantes ocorrem mesmo não sendo corriqueiro pela literatura (BETER, 2006).

4.3 RESULTADOS DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

4.3.1 pH e Turbidez da Amostra Bruta

Na Tabela 6 apresentam-se dados do pH e da Turbidez que analisada da amostra bruta antes do processo de filtração simples que, por sua vez, utilizou-se de filtro para coar café, levando em consideração a realidade da comunidade rural, acesso ao tipo de material, tendo em vista o custo para se adquirir o mesmo.

Tabela 6 – pH e Turbidez da amostra bruta antes do processo de filtração simples com filtro de coar café no município de Caruaru – Abril de 2017.

	Amostra (Água) Bruta
pH	7,28
Turbidez	131 NTU

Fonte: Próprio Autor.

Percebe-se que o pH ou potencial hidrogeniônico que se encontra a água em estudo está dentro dos padrões da legislação vigente, Portaria MS nº 2.914 de 12 de Dezembro de 2011, que estabelece que o pH que atenda ao padrão de potabilidade da água esteja entre 6,0 e 9,0.

Nos resultados obtidos para turbidez, percebe-se que se faz necessário um processo de filtração para que a concentração de sólidos suspensos e de materiais mais grosseiros para que os valores referentes à turbidez possam entrar nos padrões exigidos pela legislação que possa ser dirimido para que o resultado venha a atender o que a legislação preconiza, que de 5 NTU.

4.3.2 pH e Turbidez das Amostras após Filtração e aplicação da SODIS na Cumeeira Prata

A Tabela 7 apresenta resultados que se obtiveram após o processo de filtração simples e após a exposição solar tanto para a acidez quanto para turbidez das alíquotas que foram retiradas da garrafa PET da cumeeira prata.

Tabela 7 – pH e Turbidez da amostra bruta, após utilização do Hipoclorito e das amostras que passaram pela SODIS após a filtração com filtro de coar café da cumeieira prata no Município de Caruaru – Abril de 2017.

	Cumeieira Prata					Portaria MS nº 2.914 de 12/12/2011
	Amostra Bruta	Amostra clorada (Hipoclorito)	Amostra SODIS 1 12h00min	Amostra SODIS 2 14h00min	Amostra SODIS 3 16h00min	
pH	7,28	7,27	7,27	7,29	7,28	6,0 – 9,0 5 NTU
Turbidez	87,6 NTU	88,4 NTU	80,8 NTU	78,8 NTU	82,8 NTU	

Fonte: Próprio Autor.

Observa-se que os resultados do pH após a filtração permanecem dentro dos padrões que a legislação preconiza. Contudo, também se observa que os resultados dos níveis de turbidez variaram de maneira expressiva, mesmo assim ainda não houve a possibilidade das amostras entrarem nos padrões da legislação vigente, sendo necessário um processo de filtração mais eficiente.

4.3.3 pH e Turbidez das Amostras após Filtração e aplicação da SODIS na Cumeieira Preta

A Tabela 8 também apresenta resultados inerentes a acidez e turbidez das alíquotas que estavam acondicionadas na garrafa PET da cumeieira preta após filtração e exposição solar.

Tabela 8 – pH e Turbidez da amostra bruta, após utilização do Hipoclorito e das amostras que passaram pela SODIS após a filtração com filtro de coar café da cumeieira preta no Município de Caruaru – Abril de 2017.

	Cumeieira Preta					Portaria MS nº 2.914 de 12/12/2011
	Amostra Bruta	Amostra clorada (Hipoclorito)	Amostra SODIS 1 12h00min	Amostra SODIS 2 14h00min	Amostra SODIS 3 16h00min	
pH	7,28	7,27	7,28	7,27	7,26	6,0 – 9,0 5 NTU
Turbidez	67,2 NTU	65,6 NTU	68 NTU	66 NTU	66,8 NTU	

Fonte: Próprio Autor.

De acordo com os dados que apresentaram-se na Tabela 8, se percebe que os resultados relacionados a pH também permaneceram dentro do padrão que preconiza a legislação vigente, trazendo resultados bastante semelhantes com os do pH que analisou-se das alíquotas que retiraram-se da cumeieira prata.

Também percebe-se uma variação dos níveis de turbidez quando relacionado aos níveis que foram analisados das amostras que se encontravam na cumeeira prata. Entretanto, ainda assim, não entrando nos padrões legislativos e adotando como medida um melhoramento no processo de filtração para que, venha a ser possível enquadrar-se no padrão de potabilidade.

No futuro, podem-se efetuar estudos para identificar se a radiação solar, juntamente com o tempo de exposição pode ter influenciado no decaimento desses níveis de turbidez, assim como as elevadas temperaturas que atingiram-se na cumeeira preta.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto ao longo dessa pesquisa científica no que diz respeito a utilização da técnica de Desinfecção Solar de água (SODIS – Solar Water Desinfection) para tratamento de uma alíquota de água bruta de uma pequena barragem localizada no sítio Japecanga pertencente a cidade de Caruaru-PE avalie-se que:

- Para a realização da parte experimental e obtenção de resultados foram utilizadas 2 (duas) cumeeiras, uma prata e outra pintada na cor preta, como uma maneira de concentrar mais radiação solar e, conseqüentemente obter maiores temperaturas durante o processo de tratamento da SODIS. Durante o processo da SODIS foi verificado uma maior absorção de energia solar na cumeeira que foi pintada na cor preta no que diz respeito as temperaturas observadas, ou seja, atingindo maiores temperaturas em relação a cumeeira prata.

- As condições microbiológicas da água em questão foram analisadas antes e após tratamento com a SODIS, visto que havia presença de concentração microbiana antes de efetuar o tratamento, na amostra bruta. Para inativação de tais microrganismos foi adotada a desinfecção solar da água que, por sua vez, para os horários iniciais e de exposição solar mostrou-se eficiente e inativaram completamente os coliformes totais e termotolerantes, especificamente o *E.Coli*.

- Durante as análises microbiológicas das alíquotas retiradas da cumeeira preta, houve recontaminação no que diz respeito ao uso do colipaper, material este extremamente delicado e de usabilidade minuciosa. Tendo em vista que as alíquotas analisadas no horário das 12h00min, com tempo equivalente a 3 horas de exposição solar, tiveram os coliformes totais e termotolerantes totalmente inativados. Para a alíquota retirada as 14h00min, com tempo de exposição solar de 5 horas existiu reaparecimento de unidades formadoras de colônias do tipo termotolerante. Já para a alíquota que foi retirada as 16h00min, com tempo total de exposição solar de 7 horas, houve reaparecimento de unidades formadoras de colônias no que diz respeito aos coliformes totais. Evidenciando assim, a recontaminação no ato das análises efetuadas no laboratório com o uso do colipaper, mesmo com todos os cuidados necessários para não acontecer uma nova contaminação. Desse modo, reforça-se e

se faz necessário redobrar a atenção quando se trata do manuseio do colipaper, a fim de evitar uma contaminação do meio de cultura.

- Com relação às análises de pH (parâmetro químico), verificou-se que todas as alíquotas estavam em conformidade com o que preconiza a legislação vigente do ministério da saúde, Portaria MS nº 2.914 de 12 de Dezembro de 2011, que estabelece padrões de potabilidade da água. Ela, por sua vez, estabelece que o potencial hidrogeniônico da água se esteja com valores que se situam na faixa de 6,0 a 9,0 unidades de pH. Portanto, no presente estudo, avalia-se que o pH da água da pequena barragem da comunidade Japecanga encontra-se nos níveis do padrão de potabilidade.

- Tendo em vista a realidade econômica-financeira, o acesso a determinados tipos de materiais e a proposta de utilizar filtro de papel de coar café para tal processo nas zonas rurais, especificamente na comunidade Japecanga, o material que foi utilizado não atendeu as expectativas. Dessa forma, verificou-se a necessidade de um processo de filtração mais eficiente ou de serem efetuadas várias filtrações para que se atingisse resultados relacionados a clarificação do líquido e, assim, atingir bons índices de turbidez para enquadramento na legislação vigente do ministério da saúde, Portaria MS nº 2.914 de 12 de Dezembro de 2011.

- Os níveis de turbidez (parâmetro físico) demonstram que houve filtração e que parte dos materiais ou sólidos suspensos na água ficaram no meio filtrante durante a passagem do líquido. Entretanto, os níveis que foram alcançados não se enquadram com o que preconiza a legislação vigente, Portaria MS nº 2.914 de 12 de Dezembro de 2011, que estabelece padrões de potabilidade da água e que, nesse estudo, não entrou em conformidade. Como medida preventiva, que venha a garantir um melhor aspecto visual da água em questão, torna-se extremamente necessário um melhoramento no processo de filtração simples ou um novo mecanismo de filtração que se enquadre nas perspectivas econômico-financeiras da comunidade e que seja de fácil acesso.

- O método SODIS torna-se bastante adequado e viável para ser implantando em lugares aonde a população não venha a ter uma rede de distribuição pública de água potável, sendo possível a utilização dessa técnica de tratamento, por se tratar de um processo simples e de baixo custo, principalmente em comunidades como a do Japecanga. Normalmente as comunidades rurais são lugares onde possuem

características ideais para aplicação do método e disseminação da informação do mesmo por meio de uma forte e incisa educação ambiental.

- Também é importante salientar que, muitas vezes, a disponibilização de hipoclorito de sódio não atende as zonas rurais, como no caso da comunidade do sítio Japecanga. Tornando assim, evidente a necessidade de aplicação do método SODIS nesses casos.

- É de extrema importância a educação sanitária na comunidade, principalmente pelo fato dos próprios moradores aceitarem e darem a credibilidade devida ao processo de tratamento que, por muitas vezes, pode contribuir para a vida no campo.

REFERÊNCIAS

ANGELIM, J. **As relações entre água e a energia elétrica**. 23 mar. 2014. Disponível em: <https://www.portal.ufpa.br/imprensa/noticia.php?cod=8862>. Acesso em: 23 ago. 2016.

APAC – ASSOCIAÇÃO PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMAS. Disponível em: <http://g1.globo.com/pe/caruaru-regiao/noticia/2014/10/parnambuco-tem-escassez-cronica-de-agua-diz-representante-da-apac.html>. Acesso em: 24 ago. 2016.

APHA. **Standard Methods for the examination of water and wastewater**. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, 20th ed. Washington, 2005.

ARAÚJO, G. F. R., et al. Qualidade físico-química e microbiológica da água para consumo humano e a relação com a saúde: estudo em uma comunidade rural no estado de São Paulo. **O MUNDO DA SAÚDE**, São Paulo: 2011 ;32(1): 98-104.

BARRETO, P. H. **História – Seca, fenômeno secular na vida dos nordestinos**. Brasília, ano 6, ed. 48, mar. 2009. Disponível em: http://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com_content&view=article&id=1214:reportagens-materias&Itemid=39. Acesso em: 24 ago. 2016.

BETER, A. S. R. **IMPLEMENTAÇÃO DO MÉTODO SODIS (SOLAR WATER DESINFECTION) EM DUAS COMUNIDADES DO SEMI-ÁRIDO PARAIBANO: ACEITABILIDADE E APECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS**. Dissertação (Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa – PB, 2006.

BOTTO, M. P. **AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE DESINFECÇÃO SOLAR (SODIS) E DE SUA VIABILIDADE SOCIAL NO ESTADO DO CEARÁ**. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil), Universidade Federal do Ceará, departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Fortaleza – CE, 2006.

BRASIL. **Decreto nº 79.367 de 09 de Março de 1977**. Dispõe sobre normas e o padrão de potabilidade da água e da outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1970-1979/D79367.htm. Acesso em: 07 set. 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. **Portaria MS nº 518 de 25 de Março de 2004**. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água par consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providencias. Disponível em http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/portaria_518_2004.pdf. Acesso em: 23 ago. 2016.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **PORTARIA Nº 2.914, 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. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html. Acesso em: 07 set. 2016.

BRASIL, P. (04 de Junho de 2008). Fonte: Portal Brasil – Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2012/06/agencia-de-aguas-alerta-para-ma-distribuicao-dos-recursos-hidricos-no-pais>. Acesso em: 26 ago. 2016.

CANGELA, G. L. C. **TRATAMENTO DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO EM COMUNIDADES RURAIS COM UTILIZAÇÃO DE MORINGA OLEIFERA E DESINFECÇÃO SOLAR.** Dissertação (Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Porto Alegre – RS, Dezembro de 2014.

CESAN. **Apostila de Tratamento de Água.** Vila Velha – ES, 2013. Disponível em: http://www.cesan.com.br/wp-content/uploads/2013/08/APOSTILA_DE_TRATAMENTO_DE_AGUA-.pdf. Acesso em: 28 ago. 2016.

CLAUDINO, C. R. **AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA NA REMOÇÃO DE FERRO E MANGANÊS EM ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA PELO MÉTODO DE FLOTAÇÃO POR AR DISPERSO. ESTUDO DE CASO: ETA DA COMUNIDADE PRAIA PARAÍSO, TORRES, RS.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental), Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, Junho de 2009.

CREMASCO, M. A. **OPERAÇÕES UNITÁRIAS EM SISTEMAS PARTICULADOS E FLUIDOMECÂNICOS.** 2ª ed. Edgard Blucher: 2014. 423p.

FREITAS, V. P. S., et al. **Padrão físico-químico da água de abastecimento público da região de Campinas.** Rev. Inst. Adolfo Lutz, 61(1):51-58, 2002. Disponível em: <http://ses.sp.bvs.br/lildbi/docsonline/get.php?id=4294>. Acesso em: 26 ago. 2016.

GALVINCIO, J. D.; MOURA, M. S. B. **ASPECTOS CLIMÁTICOS DA CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO ESTADO DE PERNAMBUCO.** UFPE, 2009.

GOMES, M. A. F. **Água: sem ela seremos o planeta Marte de amanhã.** 2011. Disponível em: <http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=24160&secao=Artigos%20Especiais>. Acesso em: 25 ago. 2016.

(INPE), I. N. (02 de Julho de 2008). Fonte: Notícias Terra. Disponível em: <http://noticias.terra.com.br/ciencia/interna/0,,OI2985371-EI299,00-Amazonas+e+o+maior+rio+do+mundo+afirma+INPE.html>. Acesso em: 26 ago 2016.

LARSEN, D. **DIAGNÓSTICO DO SANEAMENTO RURAL ATRAVÉS DE METODOLOGIA PARTICIPATIVA. ESTUDO DE CASO: BACIA CONTRIBUINTE**

AO RESERVATÓRIO DO RIO VERDE, REGIÃO METROPOLITAN DE CURITIBA, PR. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos), Universidade Federal do Paraná, Departamento de Hidráulica e Saneamento, Curitiba, 2010.

MACÊDO, J. A. B., **Águas & Águas.** Belo Horizonte: Editora Varela, 2001.

OLIVEIRA, B. S. S. **QUALIDADE DA ÁGUA ASSOCIADA À VULNERABILIDADE CLÍMATICA E RISCOS SANITÁRIOS NO BAIXO RIO JARÍ – AP.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Ambientais), Fundação Universidade Federal do Amapá, Pró-Reitoria de Ensino de Graduação, Macapá, 2013.

OLIVEIRA, C. S. **Avaliação da eficiência do método SODIS com e sem uso de concentrador solar para desinfecção de água de cisterna localizada na zona rural de Alagoa Nova – PB.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária), Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologias, 2014.

OLIVEIRA, Leo. **Manual de procedimentos do Colipaper para análises microbiológicas Alfakit.** Florianópolis – SC, 2003.

PATERNIANI, J. E. S.; SILVA, M. J. M. **DESINFECÇÃO DE EFLUENTES COM TRATAMENTO TERCIÁRIO UTILIZANDO ENERGIA SOLAR (SODIS): AVALIAÇÃO DO USO DO DISPOSITIVO PARA CONCENTRAÇÃO DOS RAIOS SOLARES.** v. 10, n. 1, p. 9-13, jan/mar 2005. Eng. Sanit. Ambient. FEC/UNICAMP, Campinas, São Paulo.

PEDROSA, M. S. **CONTROLE DA QUALIDADE DA ÁGUA DE UMA CIDADE DE PEQUENO PORTE DO ESTADO DA PARAÍBA.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial), Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2014.

PELCZAR, M. J. **Microbiologia: conceitos e aplicações.** Vol. 1, 2ª ed. São Paulo: Makron Book, 1996.

PELCZAR, M. J. **Microbiologia: conceitos e aplicações.** Vol. 2, 2ª ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 1997.

Portal Brasil - ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2012/06/agencia-de-aguas-alerta-para-ma-distribuicao-dos-recursos-hidricos-no-pais>. Acesso em: 25 ago. 2016.

RICHTER, C. A., NETTO J. M. A. **Tratamento de água: tecnologia atualizada.** São Paulo: Edgard Blucher, 2002.

MIRANDA, L. A. S. **Sistemas e processos de tratamento de águas de abastecimento.** Porto Alegre: (S. n.), 2007. 148p.

SÃO PAULO - CONAB. **Problemas com Água não tratada.** São Paulo – SP, 2011. Disponível em:

<http://www.conab.com.br/site/menu.asp?page=noticiasDetalhe&cod=23&tipo=M>. Acesso em: 06 set. 2016.

SCURACCHIO, P. A. **QUALIDADE DA ÁGUA UTILIZADA PARA CONSUMO EM ESCOLAS NO MUNICÍPIO DE SÃO CARLOS – SP**. Dissertação (Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição), Universidade Estadual Paulista “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição, Araraquara, 2010.

SILVA, D. **A importância da água para os seres vivos**. 14 mar. 2016. Disponível em: <http://www.estudopratico.com.br/a-importancia-da-agua-para-os-seres-vivos/>. Acesso em: 25 ago. 2016.

SILVA, N.; NETO, R. C.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A. Contagem de coliformes totais e termotolerantes. **Revista Higiene Alimentar**, São Paulo, 2007.

SILVA, N.; NETO, R. C.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A. **Manual de métodos de análise microbiológica da água**. São Paulo: Livraria Varela, 2005.

SILVA, T. T. C. **AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO OFERTADA NAS ESCOLAS ESTADUAIS DA CIDADE DE CARUARU-PE**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental), Centro Universitário Tabosa de Almeida – ASCES/UNITA, Caruaru, 2014.

SPERLING, M. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 2007.

SILVA, N., et al. **Manual de métodos de análise microbiológica da água**. São Paulo: Livraria Varela, 2005.

SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3ª ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 2005.

WACHINSKI, M. C. **Análise microbiológica da água consumida diretamente de bicas d'água na cidade de Canoinhas/SC**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Biológicas. Florianópolis – SC, 2013.

WEGELIN, M., et al. **Solar Water Disinfection: Scope on Process and Analysis of Radiation Experiments**, *Journal of Water Supply: Research and Technology - Aqua*, 1994.