



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS II LAGOA SECA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS- CCAA
CURSO DE AGROECOLOGIA**

ANDREZZA MAIA DE LIMA

**EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO DA ÁGUA DE AÇUDE PELO MÉTODO SODIS
COM CONCENTRADOR SOLAR ASSOCIADO À FILTRAGEM**

LAGOA SECA

2016

ANDREZZA MAIA DE LIMA

**EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO DA ÁGUA DE AÇUDE PELO MÉTODO SODIS
COM CONCENTRADOR SOLAR ASSOCIADO À FILTRAGEM**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Bacharelado em Agroecologia da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito à obtenção do título de Bacharel em Agroecologia.

Área de concentração: Ciências Agrárias

Orientadora: Profa DSc. Élide Barbosa Corrêa
Coorientadora: Profa MSc. Shirleyde Alves dos Santos

LAGOA SECA

2016

É expressamente proibida 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 da dissertação.

L732e Lima, Andrezza Maia de
Eficiência da filtragem associada ao SODIS com concentrador solar utilizando água de açude. [manuscrito] / Andrezza Maia de Lima. - 2016.
26 p. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agroecologia) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, 2016.

"Orientação: Prof. Dra. Élide Barbosa Corrêa, Departamento de Agroecologia e Agropecuária".

"Co-Orientação: Prof. Ma. Shirleyde Alves dos Santos, Departamento de Agroecologia e Agropecuária".

1. Contaminação biológica. 2. Tratamento físico. 3. Desinfecção. I. Título.

21. ed. CDD 628.1



CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
COORDENAÇÃO DO CURSO DE BACHARELADO EM AGROECOLOGIA

ATA DA DEFESA DO TCC

Aos 24 dias do mês de Outubro de 2016, às 14:30 horas, no Auditório do CCAA, Campus II, da UEPB, foi realizada a defesa pública do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: Eficiência de tratamento da água de açude pelo método SODIS com concentrador solar associado à filagem da educanda ANDREZZA MAIA DE LIMA, Matrícula 121363163, sob orientação da Profª Drª. ÉLIDA BARBOSA CORREA e coorientação da Profª. MSc. SHIRLEYDE ALVES DOS SANTOS, da UEPB. A **Banca Examinadora** foi composta pelo Prof Dr. FRANCISCO JOSÉ LOUREIRO MARINHO (UEPB) e pelo Pesquisador Dr. LEONARDO BEZERRA DE MELO TINOCO (INSA/UEPB) e foi presidida pela Co-Orientadora, que deu início aos trabalhos. A educanda teve o tempo de 20 minutos para a sua apresentação, e a **Banca Examinadora** teve igual tempo para as arguições. Encerrada a defesa, a **Banca Examinadora**, acompanhada da orientadora se reuniu para avaliar o Trabalho. Após a análise da **Banca Examinadora**, foi atribuído o conceito **APROVADA**, com a Nota 9,7 (nove vírgula sete), o qual foi proclamado pela presidência da banca, perante o público presente. A presente ata foi lida e aprovada, por unanimidade, ficando assinada por mim, Profª Drª. MSc. SHIRLEYDE ALVES DOS SANTOS, demais membros da Banca Examinadora, Educanda e Coordenadora do TCC. Lagoa Seca/PB, 24 de Outubro de 2016.

Profª MSc. SHIRLEYDE ALVES DOS SANTOS Shirleyde Alves dos Santos

Prof Dr. FRANCISCO JOSÉ LOUREIRO MARINHO Francisco José Loureiro Marinho

Dr. LEONARDO BEZERRA DE MELO TINOCO Leonardo Bezerra de Melo Tinoco

ANDREZZA MAIA DE LIMA Andreza Maia de Lima

Élida Barbosa Correa
Coordenadora do TCC

À minha mãe porque sem ela eu não teria chegado até aqui, DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Aos agricultores que durante este curso me proporcionaram um conhecimento amplo sobre a Agroecologia e me incentivaram a desenvolver um projeto que pudesse retornar para suas propriedades como forma de agradecer por tudo que me ensinaram. A vocês que quando poderiam ter sido apenas anfitriões foram verdadeiros mestres. Em especial ao Sr. Guimarães (*in memoriam*), Sr. Inácio Luna, Sr. Paulo Ferreira, Sr. Severino Moura, Sr. Gá, Dona Luzia, Sr. Erivan, Sandra e demais.

À professora Élide Barbosa Corrêa, minha orientadora por toda paciência e tempo dispensado durante este projeto.

À professora Shirleyde Alves dos Santos pela dedicação e empenho na coorientação deste projeto.

Aos técnicos agropecuários do CCAA/UEPB Josely Dantas Fernandes, licenciado em Química e Doutor em Recursos Naturais/UFCG e Antônio Fernandes Monteiro Filho Engenheiro Agrônomo e Doutor em Engenharia Agrícola/UFCG; e ao Yuri dos Santos Silva, técnico em Agropecuária e do laboratório de microbiologia.

A todos os companheiros de turma, que por quase cinco anos se fizeram presentes na minha vida, pela parceria nas pesquisas, pelas viagens e congressos, pelos trabalhos em grupo e por terem alcançado esse objetivo junto comigo.

Ao meu pai Francisco de Assis, à minha mãe Disanete Maia, aos meus irmãos, ao meu filho André Paulo, à minha avó Gercina Muniz, ao meu avô Alexis Maia (*in memoriam*), às minhas tias, tios, primos e amigos pela compreensão por minha ausência nas reuniões familiares.

Aos professores do Curso de Agroecologia da UEPB, em especial, Élide Correa, Shirleyde Alves, Beatriz Stamatto, Rodrigo Moreira, Socorro Duarte, Francisco Loureiro, Mário Sérgio, Suenildo, Cláudio e Camila Azevedo, que contribuíram ao longo deste curso, por meio das disciplinas e debates, para a minha formação profissional.

Aos funcionários da UEPB, Lurdinha, Marcos e Nem, pela presteza e atendimento quando nos foi necessário.

Agradeço à UEPB, que se não fosse por ela, não teria todas as oportunidades que tenho hoje. Toda a minha formação acadêmica e profissional devo a esta Instituição.

“Não dá mais para nos iludir, cobrindo as feridas da Terra com esparadrapos. Ou mudamos de curso, preservando as condições de vitalidade da Terra ou o abismo já nos espera”.

Leonardo Boff

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	08
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	10
2.1	Caracterização da área experimental.....	10
2.2	Caracterização dos experimentos.....	10
2.2.1	Montagem do Filtro.....	10
2.2.2	Montagem do SODIS	11
2.2.3	Montagem do Concentrador Solar	12
2.3	Tratamento da água do açude.....	13
2.4	Análises das amostras de água.....	14
2.4.1	Medição de pH, condutividade elétrica e temperatura.....	14
2.4.2	Análises Microbiológicas	14
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	16
3.1	Análises físico-químicas.....	16
3.2	Coliformes Totais.....	18
3.3	Coliformes Termotolerantes.....	21
4	CONCLUSÕES.....	23
	ABSTRACT.....	24
	REFERÊNCIAS	25

EFICIÊNCIA DA FILTRAGEM ASSOCIADA AO SODIS COM CONCENTRADOR SOLAR UTILIZANDO ÁGUA DE AÇUDE

Andrezza Maia de Lima *

RESUMO

A utilização da energia solar como forma de desinfecção das águas, além de ser uma fonte natural disponível é aplicável em regiões menos favorecidas em infraestrutura. Diante da importância em promover a qualidade da água para irrigação e consumo, o objetivo da presente pesquisa foi realizar o tratamento de água de açude, utilizando o processo de filtragem e energização solar, de forma a melhorar a sua qualidade. O processo de tratamento da água consistiu na filtragem da água, seguido de tratamento térmico pelo método SODIS, que é a desinfecção solar da água. O filtro foi construído com compartimentos de brita, cascalho, areia lavada e carvão ativado, respectivamente. O tratamento térmico foi realizado por meio da adição da água filtrada em garrafas PET, transparentes, com a metade pintada de preto com uso de um concentrador solar durante duas, quatro e seis horas. Os parâmetros de controle avaliados foram pH, condutividade elétrica, temperatura, coliformes totais, coliformes termotolerantes e *Escherichia coli*. A água do açude apresenta contaminação com coliformes fecais. O pH e a condutividade elétrica não foram influenciados pela filtragem e tratamento térmico. A filtragem não foi eficiente para eliminar as bactérias termotolerantes. *E. coli* incidiu nas amostras de água do açude, filtragem e após 2h de exposição ao sol. O uso do filtro associado ao método SODIS com concentrador solar atinge a temperatura de 59°C após quatro horas de exposição à radiação solar e eliminou 100% das bactérias termotolerantes, sendo os métodos potenciais para serem utilizados pelos agricultores para a desinfecção de água.

Palavras-Chave: Contaminação biológica. Tratamento físico. Desinfecção.

* Aluno de Graduação em Agroecologia na Universidade Estadual da Paraíba – Campus II.
E-mail: andrezzamaia2010@hotmail.com.br

1 INTRODUÇÃO

Em diferentes locais a disponibilidade de água para manter a produção agrícola é motivo de preocupação no presente e, sobretudo, para as futuras gerações. A escassez cada vez maior de água doce devido ao crescimento demográfico, a urbanização e provavelmente, as mudanças climáticas, tem dado lugar ao uso crescente de águas residuárias na agricultura. Em alguns casos, essa água é o único recurso hídrico que as comunidades rurais possuem para garantir sua subsistência através da agricultura, sendo assim, seu uso deve ser feito de maneira consciente (WHO, 2016).

A normatização dos padrões de qualidade da água para fins de irrigação e o seu uso no Brasil é regulamentada pela resolução nº 357 (CONAMA, 2005). Porém, não é exigido dos agricultores a análise e avaliação dos valores dos parâmetros de qualidade de água de que trata esta Resolução, as quais, segundo esta portaria, devem ser realizadas pelo Poder Público. Outros critérios complementares são adotados por entidades como a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), entre outras. Dentro das características analisadas na água para a irrigação por diferentes autores destacam-se as indicadores de contaminações por dejetos animais e esgoto doméstico, com a presença de coliformes termotolerantes e a demanda bioquímica de oxigênio; e as relacionadas aos aspectos físico-químicos, como o pH, a condutividade elétrica, a dureza e a concentração de elementos químicos, especialmente os metais pesados (SCIENTIA VITAE, 2016).

Em estudo de avaliação sanitária da água de irrigação e de alfaces (*Lactuca sativa* L.) produzidas no município de Lagoa Seca, Paraíba, constatou-se que tanto a água de irrigação como a alface produzida em diferentes propriedades apresentavam níveis de coliformes termotolerantes acima do padrão recomendado pela ANVISA (2016) (SOUTO, 2005).

Medidas de uso adequado e reaproveitamento da água e de controle da poluição dos recursos hídricos são necessárias para garantir a sua disponibilidade. O emprego de tecnologias simples e de baixo custo traria a possibilidade de viabilizar o reuso de efluentes e minimizar os impactos sobre os recursos hídricos, do ponto de vista qualitativo e quantitativo. Segundo Costa et al. (2013) o manejo agroecológico possibilita ao produtor rural um ambiente com sustentabilidade produtiva-ambiental, com o uso racional do solo e da água, amenizando assim os impactos adversos causados pela agricultura convencional, ao passo que promove a utilização de práticas de fácil execução com materiais já disponíveis no local, favorecendo a viabilidade econômica e tornando a área sustentável.

Um dos grandes desafios para a agricultura brasileira é desenvolver um “modelo sustentável” para utilizar águas impróprias para o consumo, existentes nas propriedades rurais, para que não se transmitam doenças aos alimentos que estão sendo produzidos com essa água. A aplicação de filtros de areia em sistemas de irrigação localizada é recomendada quando a água possui matéria orgânica e algas, com manutenção e operação simplificada, desde que haja uma quantidade suficiente de efluente produzido para a irrigação e que o mesmo obedeça aos padrões de lançamento ao reuso. Segundo Chernicharo (2007) alguns requisitos devem ser observados para a escolha de um sistema eficaz de tratamento de efluentes, dentre eles, estão: o baixo custo de implantação e operação, a sustentabilidade do sistema, a simplicidade operacional e de manutenção e a eficiência na remoção de poluentes.

Associado ao filtro, a radiação solar pode ser utilizada para inativar e destruir bactérias patogênicas e outros microrganismos presentes na água, resultando no processo denominado desinfecção solar da água, também chamado de SODIS (abreviação do termo em inglês *Solar Water Disinfection*). Este processo de desinfecção consiste em encher recipientes, limpos e transparentes, com a água a ser tratada e expô-los a luz do sol por várias horas. O uso da energia solar, que é universalmente disponível e gratuita é a base desta tecnologia sustentável e de baixo custo (WEGELIN *et al.*, 1994). Os micro-organismos patogênicos são vulneráveis a dois efeitos da luz solar, mas prioritariamente à radiação no espectro da luz no comprimento de onda 320 – 400 nm (R-UVA) e calor (aumento de temperatura da água), sendo que a combinação destes dois efeitos, torna o efeito em conjunto maior que a soma dos efeitos em separado (WEGELIN; MEIERHOFER, 2002). Para aumentar a eficiência do método SODIS, o IMTA- Instituto Mexicano de Tecnologia da Água- propôs o uso de um concentrador de raios solares, construído com uma base e quatro aletas e revestido com papel alumínio, aproveitando a energia solar e elevando a temperatura do sistema para 70°C e diminuindo o tempo de exposição solar para 4 horas. A sua função é captar a energia solar incidente numa área relativamente grande e concentrá-la numa área muito menor, de modo que a temperatura desta última aumente substancialmente (WEGELIN *et al.*, 1994).

Esta pesquisa objetivou realizar o tratamento de água procedente do açude pertencente à Universidade Estadual da Paraíba, Campus II em Lagoa Seca, Paraíba de forma a melhorar a sua qualidade, utilizando o método de filtragem e a energia solar, por meio do método SODIS e concentrador solar.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi realizado no Centro de Ciências Agrárias e Ambientais Campus II – da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), localizada no Sítio Imbaúba, no município de Lagoa Seca, Brejo Paraibano, coordenadas geográficas 7°10'15" S e 35°51'13" W, que está localizado na Mesorregião do Agreste e Microrregião de Campina Grande, na Superfície Aplainada do Planalto da Borborema. O clima da região é tropical úmido com temperatura média anual em torno de 22°C, sendo a mínima de 14°C e a máxima de 33°C (CRUZ, 2010).

A água utilizada na presente pesquisa foi coletada no açude que fica nas dependências da universidade. As análises laboratoriais foram feitas no Laboratório de Microbiologia da UEPB – Campus II.

2.2 Caracterização dos experimentos

O tratamento da água do açude foi realizado associando a técnica do filtro de areia com carvão ativado para a remoção das impurezas mais grosseiras (matéria orgânica, argila, areia e etc...) seguida da técnica SODIS com garrafas PET pintadas de preto apenas de um lado. O tratamento utilizando energia solar foi potencializado com o uso do concentrador solar proposto pelo IMTA- Instituto Mexicano de Tecnologia da Água para remoção de patógenos pela radiação solar. Na escolha do local para exposição das garrafas ao sol, o requisito indispensável foi a ausência de qualquer elemento que pudesse sombrear as garrafas durante o período de exposição, e assim impedir a incidência da radiação solar. A qualidade da água foi avaliada por testes de pH, condutividade elétrica, presença e quantidade de coliformes totais, coliformes termotolerantes e de *Escherichia coli*.

2.2.1 Montagem do Filtro

Para confeccionar o filtro de areia foram necessários quatro tubos PVC rígidos PN 80 de 100 mm, cada um medindo 50 cm, que foram os compartimentos que receberam os materiais filtrantes. As quatro partes foram unidas por três luvas roscadas de 4", 2 cap's de 100 mm e seis adaptadores de 100mm x 4" e posteriormente foram feitos testes para ajustar os vazamentos. O primeiro compartimento foi preenchido com quatro quilos de brita, quatro quilos de cascalho no segundo compartimento, quatro quilos de areia lavada no terceiro compartimento, e três quilos de carvão ativado no quarto compartimento. Antes de serem colocados no filtro, todos os materiais filtrantes foram lavados e autoclavados a 121°C, por 15

minutos. Cada parte do filtro foi fechada nos dois lados com um ralo de 100 mm e uma tela de PVC com espessura de 1mm. Na parte superior do filtro foi instalado um conector de $\frac{3}{4}$ " para saída de ar do sistema e uma torneira de jardim de $\frac{1}{2}$ " para que a água resultante da filtração pudesse ser coletada (Figura 1).



Figura 1: Filtro de areia e suas camadas.

2.2.2 Montagem do SODIS

Após a filtração a água foi coletada em garrafas PET de 2 litros, sendo em seguida as garrafas expostas ao sol pela técnica SODIS. As garrafas utilizadas foram adquiridas com o reuso de vasilhames PET descartados após o consumo de refrigerantes, sendo escolhidas as incolores, pois as garrafas de coloração verde e marrom absorvem a radiação UV. Para tanto, a metade da garrafa incolor que ficou voltada para baixo foi lixada e pintada com tinta esmalte na cor preto fosco como mostra a Figura 2. A limpeza das garrafas foi feita com água destilada.



Figura 2: Garrafas pintadas de preto

2.2.3 Montagem do Concentrador Solar

Para aumentar o efeito da SODIS foi utilizado o concentrador solar desenvolvido pelo Instituto Mexicano de Tecnologia da Água seguindo Desinfección Solar Del Agua (SILVA, 2004), este concentrador solar tem baixo custo, podendo ser construído com madeira e recoberto com folhas de papel alumínio. Para tornar o protótipo mais acessível ao agricultor familiar, o concentrador foi modificado e confeccionado com isopor revestido com papel alumínio, com as seguintes dimensões:

- ✓ Base = 55 x 55 cm: 1 unidade;
- ✓ Aletas = 35 x 35 cm: 4 unidades;
- ✓ Suportes triangulares = 8,5 x 15 x 17,5 cm: 8 unidades.

A estrutura tem o espaço de 38cm para se acondicionar as garrafas (Figura 3).

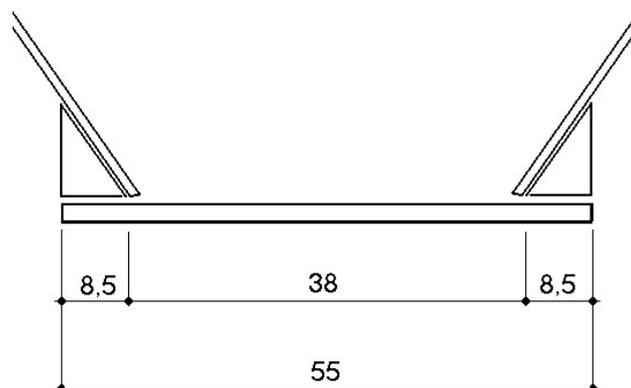


Figura 3: Dimensões do concentrador solar proposto pelo IMTA para três garrafas (em corte).

Para a montagem do concentrador foi utilizado isopor e cola, sendo fixados primeiramente os triângulos nas aletas e depois essas na base. O recobrimento de papel alumínio foi colado sobre o isopor. O concentrador solar montado é mostrado na Figura 4.

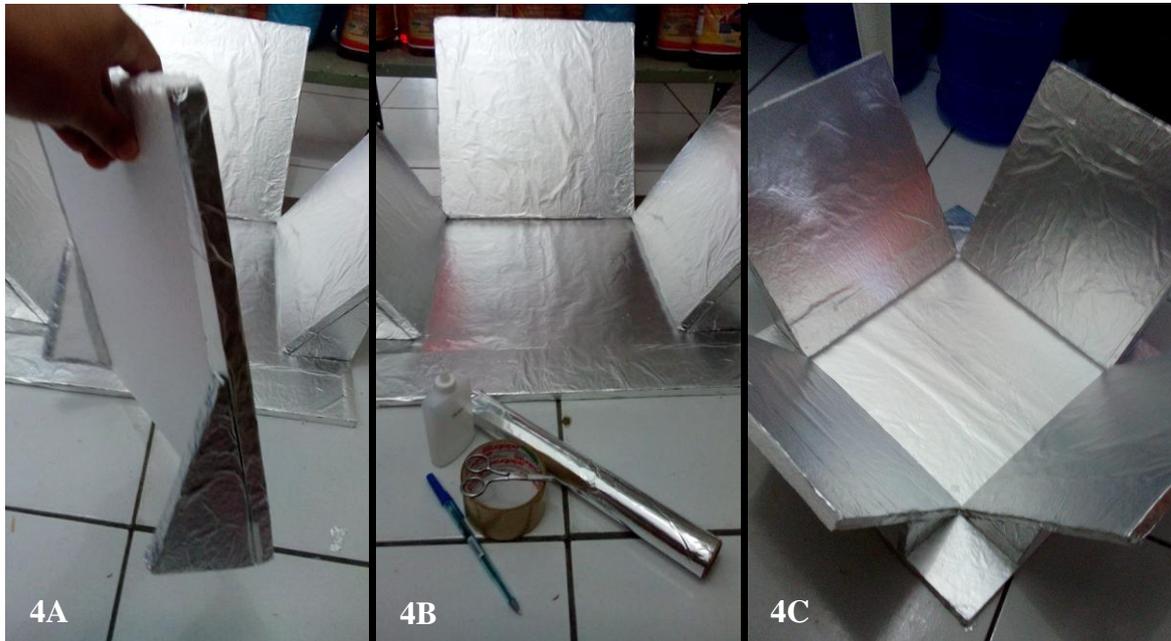


Figura 4: Montagem do concentrador solar. 4A: Confeção das aletas separadas. 4B: Colagem das aletas na base. 4C: Concentrador finalizado.

Foram adotados os tempos de exposição das garrafas PET de 2h, 4h e 6 h, cobrindo assim os pontos do intervalo de tempo entre 2 horas a 6 horas, conforme recomendado pela literatura para inativação completa de coliformes do Instituto Mexicano de Tecnologia de Água (SILVA, 2004). As três garrafas foram expostas ao sol a partir das 9 horas da manhã e conforme atingido um dos tempos de amostragem (2, 4 ou 6 horas) uma garrafa era retirada, ao acaso, até a última ser retirada após o tempo de exposição de 6h (às 15:00 h).

Após a exposição ao sol, a cada duas horas uma garrafa foi retirada do concentrador e foi levada para o Laboratório de Microbiologia da UEPB para fazer as análises das características da água (pH, condutividade elétrica e temperatura) e microbiológicas para avaliação da qualidade da água resultante do processo de desinfecção solar.

2.3 Tratamento da água do açude

Após a confecção do filtro, das garrafas PET e da montagem do concentrador solar foi realizado o tratamento da água. Por meio de uma bomba, a água do açude foi transportada até uma caixa d'água de polietileno (Figura 5) com capacidade para 3000 litros que impulsionou essa água por uma mangueira até o filtro, iniciando-se o processo de tratamento da água.



Figura 5: Água do açude saindo da caixa d'água e entrando no filtro.

No filtro, a água percorreu as quatro camadas filtrantes (brita, cascalho, areia lavada e carvão ativado) para remoção de partículas responsáveis pela cor e turbidez (argilas, micro-organismos, substâncias húmicas, partículas orgânicas, etc) provenientes da água bruta.

Após a filtragem a água foi coletada nas garrafas PET de 2 litros e em seguida as garrafas foram expostas ao sol pela técnica SODIS com concentrador solar, como descrito anteriormente. Foram avaliados no processo de tratamento da água a vazão do filtro, o pH, condutividade elétrica, temperatura, coliformes totais, coliformes termotolerantes e *Escherichia coli*.

2.4 Análises das amostras de água

2.4.1 Medição de pH, condutividade elétrica e temperatura

Para medir o pH e a condutividade elétrica foi utilizado um medidor da marca Benchtop Meter, modelo Sper Scientific. As calibrações do aparelho foram feitas conforme as instruções técnicas do fabricante.

Para monitoramento da temperatura da água nas garrafas foi utilizado um termômetro de bulbo de mercúrio da Equitherm, escala de $-38\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$. A temperatura foi verificada imediatamente após sua retirada do sol (Figura 6).

2.4.2 Análises Microbiológicas

As análises microbiológicas (Figura 6) foram conduzidas no laboratório de Microbiologia do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, Campus II da Universidade Estadual da Paraíba. As amostras foram analisadas pela Técnica dos Tubos Múltiplos, utilizando os meios de fermentação da lactose, para detecção de coliformes totais, termotolerantes e *Escherichia coli*, seguindo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (SILVA et al., 2005) que permite determinar o Número Mais Provável (NPM) de coliformes totais e termotolerantes e o número de unidades formadoras de colônia (UFC) para os micro-organismos. A combinação de tubos com crescimento positivo ou negativo, após a incubação, permite estimar, por probabilidade, a densidade original dos micro-organismos na amostra. Previamente foi realizado um teste com a água do açude com diluição até 10^{-5} (v/v) para verificar o índice de contaminação. Partindo deste resultado os testes para água do açude foram repetidos com diluição em triplicata até 10^{-3} .

Amostras de água foram coletadas nos seguintes pontos: ponto 1 (P1) corresponde à coleta da água diretamente do açude, decantada na caixa de polietileno, antes da entrada no filtro; ponto 2 (P2) corresponde à água resultante do processo de filtração nas quatro camadas do filtro de areia e, o ponto 3 (P3) refere-se ao efluente resultante do tratamento SODIS com concentrador solar. Foram coletadas amostras, de 100 ml das fontes (caixa e após a passagem pelo filtro) em frascos de 250 ml, de cor âmbar, com tampa rosqueável previamente autoclavados a $121^{\circ}\text{C}/30$ minutos.

Para a água do açude foram feitas diluições em triplicata até 10^{-3} (v/v). Para a água filtrada e água exposta ao sol os ensaios foram realizados em triplicata sem diluição, sendo coletadas três subamostras.

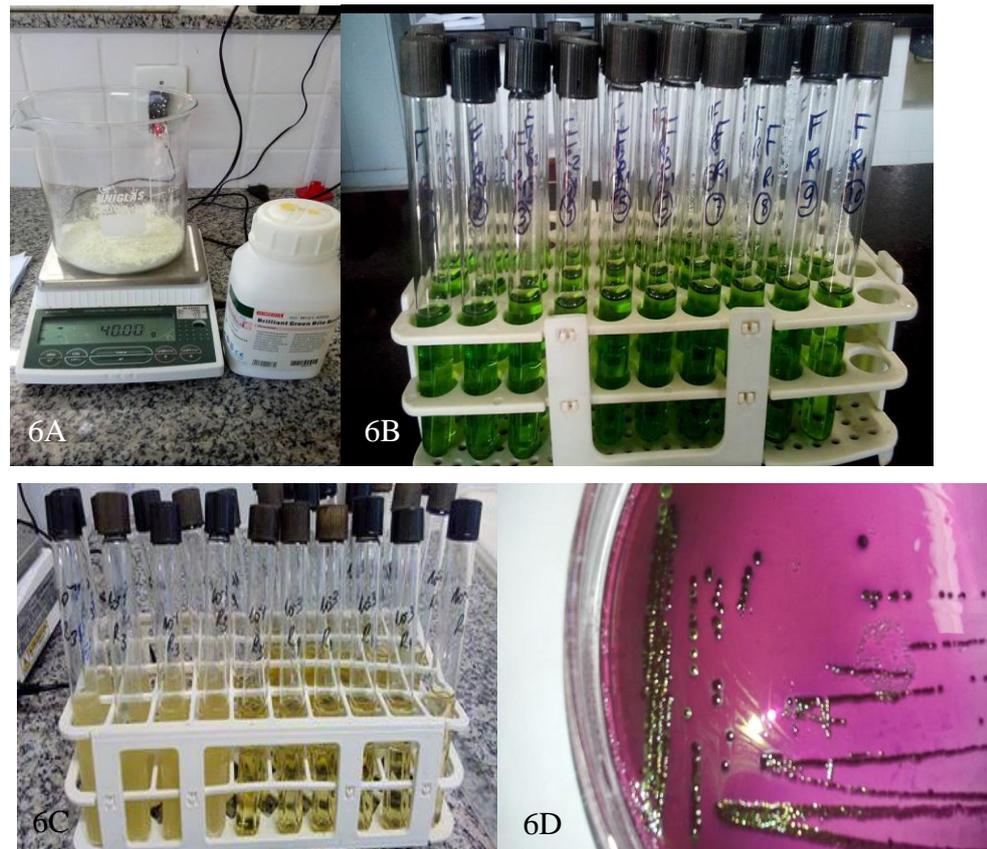


Figura 6: Materiais usados nas análises microbiológicas. 6A: Pesagem do meio de cultura; 6B: Tubos com caldo verde brilhante para teste de coliformes totais; 6C: Tubos com meio EMB para teste de coliformes termotolerantes e 6D: Colônias típicas de *E. coli*.

As amostras positivas para coliformes tolerantes foram semeadas para o meio agar Eosina Azul de Metileno (EMB), e foram incubadas a 35°C por 24 horas

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análises físico-químicas

Os valores encontrados nas amostras de água do açude, filtro e tratamentos térmicos para potencial hidrogeniônico variaram de 6,76 a 7,03 (Tabela 01).

Quanto à condutividade elétrica verificou-se que no tratamento testemunha (açude) obteve-se 1,97 mS cm⁻¹, para o tratamento pós-filtragem 2,05 mS cm⁻¹, para T1 (2h de radiação solar) 1,90 mS cm⁻¹, para T2 (4h de radiação solar) 1,87 mS cm⁻¹, para T3 (6h de radiação solar) 1,89 mS cm⁻¹. Os valores obtidos para condutividade elétrica (CE) oscilaram entre 1,87 e 2,05 (Tabela 01).

Quanto à temperatura verificou-se que no tratamento testemunha (açude) a temperatura da água chegou a 27,7°C, após o tratamento pós-filtragem 27°C, para T1 (2h de radiação solar) 42°C, para T2 (4h de radiação solar) 59°C (Figura 7), para T3 (6h de radiação solar) 47°C. Os valores obtidos para temperatura oscilaram entre 27°C e 59°C. A temperatura do ambiente no dia das coletas variou de 27°C a 37°C.



Figura 7: Verificação da temperatura da água às 13:00 hs (4h de exposição ao sol).

Em relação ao potencial hidrogeniônico verificou-se que no tratamento testemunha (açude) o pH foi a 7,0, após o tratamento filtragem de 6,9, para T1 (2h de radiação solar) foi de 6,9, para T2 (4h de radiação solar) de 6,7; e para T3 (6h de radiação solar) de 6,7. Os valores obtidos para pH oscilaram entre 6,7 e 7,0.

Tabela 01. Análises físico-químicas das amostras de água do açude, após tratamento com filtro e após o tratamento térmico por 2h, 4h e 6h.

Tratamentos	pH	Condutividade elétrica (mS cm ⁻¹)	Temperatura
Testemunha (Açude)	7,0	1,97	27,7°C
Filtro	6,9	2,05	27,0°C
2h de radiação solar	6,9	1,90	42,0°C
4h de radiação solar	6,7	1,87	59,0°C
6h de radiação solar	6,7	1,89	47,0°C

A condutividade elétrica da água está diretamente relacionada com os elementos nela dissolvidos. Os fatores que influenciam na composição iônica dos corpos d'água, estão relacionados com a geologia da bacia, o regime de precipitação, bem como ao grau de intemperismo dos solos, a topografia e a cobertura vegetal. A condutividade pode ainda ser relacionada às fontes poluidoras nos ecossistemas aquáticos e tem proporcionalidade direta com a concentração de sais dissolvidos na amostra.

O aquecimento da água nas garrafas que estavam colocadas no concentrador atingiu um valor máximo da ordem de 59,0°C com 4 horas de exposição e a partir de então tendendo a redução (Tabela 01). Esta redução da temperatura no tempo de exposição de 6 horas deve-se ao horário do dia. A amostra que representa 4 horas de exposição foi coletada às 13:00 horas e a amostra referente a 6 horas às 15:00 horas, mais afastado do meio dia. No período total de exposição ao sol (6 horas compreendidas entre 9:00 e 15:00) a radiação solar total é mais intensa às 13:00 horas.

Segundo Silva (2004), a eficiência do SODIS, está diretamente relacionada com a temperatura da água e com presença de radiação solar, sendo recomendado o mínimo de 50°C e tempo de exposição de 6 horas; entretanto em algumas regiões com baixa incidência de radiação solar ou presença de nuvens é recomendado que a exposição seja feita por períodos maiores, devido à fatores que possam limitar a eficiência da desinfestação, como a própria latitude do local, presença de nuvens, época do ano, entre outras. O uso do concentrador solar minimiza as interferências aumentando a eficiência do processo.

Os valores de pH encontrados no presente trabalho (Tabela 01) atendem a resolução 357/2005 do CONAMA (CONAMA, 2005). Conforme consta na Resolução, a faixa de pH dentro dos padrões para águas de irrigação está compreendida entre 6 e 9, se o pH estiver fora desta faixa é um indicativo de uma qualidade anormal da água ou ainda a presença de íons tóxicos. Assim, pelos resultados obtidos, percebe-se que para todas as amostras de água analisadas o pH encontra-se dentro do padrão estabelecido. Segundo (CETESB, 2015) o pH da água é afetado pela composição do solo por onde a precipitação escoar superficialmente ou percola no perfil. Outra fonte de alteração do pH é advinda de ações antropogênicas, através de despejos domésticos e industriais.

3.2 Coliformes Totais

A presença de coliformes totais foi identificada até a diluição 10^{-2} . O NPM encontrado foi de 50 UFC/100mL.

Os resultados referentes ao número mais provável (NPM) de coliformes totais (Ct) encontrados nas amostras de água do açude estão na Tabela 2. O número de coliformes totais encontrados na repetição 2 (≥ 1600 NMP 100 g^{-1}) apresentou-se acima do permitido para irrigação (≤ 1000 NMP/ 100 g^{-1}). Esses valores evidenciam alta contaminação de origem fecal, o que pode estar relacionada à entrada de dejetos provenientes da comunidade rural próxima ao açude, além da presença de animais próximos às margens.

A água do açude do Campus II atualmente está com sua qualidade prejudicada por estar próximo a uma comunidade rural que não tem sistema de captação e tratamento de esgotos. Além disso, a região está enfrentando um período de estiagem que faz com que concentre uma quantidade maior de contaminantes no reservatório.

Tabela 02. População (NMP) de coliformes totais na água do açude com diluição até 10^{-3} .

Amostra	Combinação de Tubos +	NMP 100 g^{-1}	Intervalo de confiança (95%)	
			Mínimo	Máximo
R1	4-1-1	21	9,0	55
R2	5-5-5	≥ 1.600	-	-
R3	5-5-0	240	100	940

Costa (2015) analisando a qualidade da água do rio Itapecuru no perímetro urbano do município de Caxias, Maranhão também encontrou o valor de ≥ 1600 NMP 100 g^{-1} em três amostras em locais diferentes do rio, sendo o mesmo valor para todas elas, evidenciando assim, que o rio em sua extensão encontra-se com alto índice de infecção. Segundo o autor, os altos índices do NMP podem ser justificados pelo lançamento de esgotos e resíduos no rio a montante e no meio do perímetro urbano da cidade, o que acarreta maior contaminação neste ponto.

Os resultados referentes ao número mais provável (NPM) de coliformes totais (Ct) encontrados nas amostras após tratamento com filtro e após o tratamento térmico por 2h, 4h e 6h estão na Tabela 3.

As amostras T2 (4h de exposição ao sol) e T3 (6h de exposição ao sol) não apresentaram nenhum tubo positivo com unidades formadoras de colônias, confirmando que o sistema SODIS associado ao concentrador solar inativou 100% dos coliformes totais após

esses tratamentos. Resultados semelhantes foram encontrados por Silva (2004) que avaliou a desinfestação de água utilizando energia solar (SODIS) na inativação e recrescimento bacteriano, tendo eliminado 100% das bactérias após quatro horas de exposição à radiação solar.

De acordo com os resultados demonstrados nas tabelas 02 e 03, as amostras de água proveniente do açude, do tratamento T1 (2h de exposição ao sol) e F (após tratamento com filtro) apresentaram resultado positivo para Coliformes Totais. Destacando-se a repetição 2 da água do açude, apresentando contaminação acima do limite permitido pelo CONAMA, 2005.

Tabela 03. Número Mais Provável (NMP) de coliformes totais na água do açude, após tratamento com filtro e após o tratamento térmico por 2h, 4h e 6h.

Tratamentos	Repetição	Número de Tubos +	de NMP 100 g-1	Intervalo de confiança (95%)	
				Mínimo	Máximo
2h de exposição a luz solar	R1	10	>23	13,5	Infinito
	R2	10	>23	13,5	Infinito
	R3	10	>23	13,5	Infinito
4h de exposição a luz solar	R1	0	<1,1	0	3,0
	R2	0	<1,1	0	3,0
	R3	0	<1,1	0	3,0
6h de exposição a luz solar	R1	0	<1,1	0	3,0
	R2	0	<1,1	0	3,0
	R3	0	<1,1	0	3,0
Filtro	R1	10	>23	13,5	Infinito
	R2	10	>23	13,5	Infinito
	R3	10	>23	13,5	Infinito

O grupo coliformes totais inclui as bactérias Gram negativas, não esporogênicas, anaeróbias facultativas, capazes de fermentar a lactose com produção de gás, em 24 a 48 horas a 35 °C. Sua quantificação na água e/ou alimentos é menos representativa como indicação de contaminação fecal, porque este grupo inclui também diversos gêneros e espécies de bactérias não entéricas (SILVA et al., 2005). Por isso, torna-se necessário analisar a presença de coliformes termotolerantes nas amostras que apresentaram contaminação por coliformes totais.

3.3 Coliformes Termotolerantes

Quanto à ocorrência de coliformes termotolerantes (45°C), os valores encontrados na água do açude variaram entre < 2 a 34 NPM g⁻¹ (Tabela 04).

Tabela 04. Número Mais Provável (NMP) de coliformes termotolerantes na água do açude.

Amostra	Combinação de Tubos +	NMP 100 g ⁻¹	Intervalo de confiança (95%)	
			Mínimo	Máximo
R1	0-0-0	< 2	-	-
R2	1-1-1	6	2,0	18
R3	4-4-0	34	16	80

Para a água após tratamento com filtro e após o tratamento térmico por 2h, também houve ocorrência de coliformes termotolerantes, onde os valores encontrados variaram entre 6,9 a 23 NPM g⁻¹ (Tabela 05).

Tabela 5: Número Mais Provável (NPM) de coliformes termotolerantes na água após o tratamento térmico por 2h e após tratamento com filtro.

Tratamentos	Repetição	Número de Tubos +	NPM 100 g ⁻¹	Intervalo de confiança (95%)	
				Mínimo	Máximo
2h de exposição a luz solar	R1	7	12	4,3	27,1
	R2	6	9,2	3,1	21,1
	R3	9	23	8,1	59,5
Filtro	R1	5	6,9	2,1	16,8
	R2	8	16,1	5,9	36,8
	R3	7	12	4,3	27,1

A presença de coliformes termotolerantes na água para irrigação de hortaliças é preocupante, visto que as hortaliças são consumidas em grande parte sem cozimento. Coliformes termotolerantes são bactérias indicadoras de contaminação fecal, que se confirma com a presença de *E.coli*. A presença deste micro-organismo provém de contaminação com

fezes de animais homeotérmicos ou com esgotos domésticos e, portanto, podem indicar a presença de micro-organismos patogênicos de transmissão hídrica e alimentar que podem favorecer o aparecimento de doenças infecciosas graves como cólera, salmoneloses, shigeloses e hepatites, entre outras.

Os valores de Coliformes termotolerantes encontrados nas amostras (Tabela 4 e 5) estão abaixo do valor estabelecido pela Resolução 357/2005 (CONAMA, 2005) que é de 200 NMP 100mL⁻¹. Das cinco amostras analisadas, três da água do açude apresentaram coliformes termotolerantes, uma da água após tratamento com filtragem e a uma da água após o tratamento térmico por 2h. A comparação dos tubos com (turvo) e sem (sem turbidez) coliformes termotolerantes pode ser visto na Figura 8.



Figura 8: Tubos com água do açude após incubação por 24h apresentando crescimento com produção de gás, confirmativo de coliformes termotolerantes.

Em todas as amostras semeadas houve o desenvolvimento de colônias típicas de *E. coli* (nucleadas com centro preto, com ou sem brilho metálico), como pode ser observado na Figura 9.



Figura 9: Colônias nucleadas com centro preto com brilho metálico em meio EMB, características de *E. coli* isolada de uma amostra de água do tratamento térmico por 2h.

Os resultados desta pesquisa serão replicados e posteriormente difundidos entre os agricultores familiares, através de uma cartilha informativa contendo toda a metodologia utilizada para confeccionar o filtro, o concentrador solar, a preparação das garrafas e a maneira de exposição ao sol. Será realizada também uma oficina na UEPB onde os agricultores serão convidados para dar suas contribuições para a melhoria da pesquisa.

4 CONCLUSÕES

A água do açude do campus II da UEPB apresenta contaminação com coliformes fecais.

Os parâmetros físico-químicos analisados (pH e condutividade elétrica) não foram influenciados pela filtragem e tratamento térmico.

A filtragem não elimina as bactérias termotolerantes.

Houve presença de *Escherichia coli* nas amostras de água do açude, filtragem e após 2h de exposição ao sol.

O uso do filtro associado ao método SODIS com concentrador solar após quatro horas de exposição à radiação solar eliminou 100% das bactérias termotolerantes, sendo os métodos potenciais para serem utilizados pelos agricultores para a desinfestação de água.

EFFICIENCY OF WATER RESERVOIR TREATMENT BY METHOD SODIS WITH CONCENTRATOR SOLAR ASSOCIATED WITH FILTERING

ABSTRACT

The use of solar energy as a means of disinfestation of the water is a natural source available and it is applicable in less-favored areas in infrastructure and financial resources. Given the importance of promoting the quality of water for irrigation and consumption, the objective of this research was to carry out the treatment of water reservoir, using the process of filtering and solar energy in order to promote its quality. The water treatment process consisted in filtering water, followed by heat treatment SODIS. The filter was constructed with gravel bays, gravel, washed sand and activated carbon, respectively. The heat treatment was performed through the addition of filtered water in PET bottles, transparent, with half painted black by using a solar concentrator for two, four and six hours. The parameters of control were pH, electrical conductivity, temperature, total coliforms, fecal coliforms and *Escherichia coli*. The water from the water reservoir has contamination with fecal coliforms. The pH and conductivity were not influenced by filtration and heat treatment. Filtering was not enough to eliminate the thermophilic bacteria. *E. coli* was isolated on water samples from the reservoir, filtering, and after 2 hours of exposure to the sun. The filter associated with the use SODIS and solar concentrator achieves 59°C after four hours of exposure to sunlight and eliminates 100% of thermophilic bacteria, and it is a potential method to be used by farmers for the disinfestation of water.

Keywords: Biological contamination. physical treatment. Disinfestation.

REFERÊNCIAS

ANVISA. Constituição (2001). Resolução nº 12, de 02 de janeiro de 2001. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**: Ministério da Saúde. 1. ed. Brasília, DF, v. 1, n. 1, Seção 1, p. 5-7.

Disponível em:

<http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/RDC_12_2001.pdf/15ffddf6-3767-4527-bfac-740a0400829b>. Acesso em: 26 ago. 2016.

CHERNICHARO, Carlos Augusto de Lemos (Org.). **Reactores anaeróbios**: Reatores Anaeróbios: Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias. Belo Horizonte: Ufmg, 2007. 246 p. (5).

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Assembleia Legislativa. Constituição (2005). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. **Dispõe Sobre A Classificação dos Corpos de água e Diretrizes Ambientais Para O Seu Enquadramento, Bem Como Estabelece As Condições Padrões de Lançamento de Efluente, e Dá Outras Providências**: Ministério do Meio Ambiente. 1. ed. Brasília, DF: Gráfica do Senado, 2005.

COSTA, Claudehany Farias *et al.* **Análise microbiológica da água do rio Itapecuru em Caxias, MA, Brasil**. Revista Interface, n.10, p. 274-283, 2015.

COSTA, Tarcisio Matos et al. **Manejo Agroecológico de Cacaueiros em áreas de Cabruca**. In: IX CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 9., 2013, Ilhéus. Anais. Ilhéus: Ifba, 2013. v. 1, p. 1 - 5. CD-ROM

CRUZ, Marcelo Pereira et al. **Identificação da macrofauna artrópoda no município de Lagoa Seca**. In: CONGRESSO PARAIBANO DE AGROECOLOGIA, 1., 2010, Lagoa Seca. Anais. Lagoa Seca: Uepb, 2010. v. 1, p. 1 - 5.

SCIENTIA VITAE: Verificação e identificação de formas parasitárias em culturas de alface (*Lactuca sativa*) na Estância turística de São Roque. Santos: Scientia Vitae, v. 1, n. 3, 2014. Mensal. Disponível em: <<http://www.revistaifpsr.com/contatorevista.htm>>. Acesso em: 27 ago. 2016.

SILVA, Marcelo Jacomini Moreira da. **Desinfecção de Água utilizando Energia Solar (SODIS): Inativação e Recrescimento Bacteriano**. 2004. 81 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

SILVA, Neusely da et al. **Manual de métodos de análises microbiológica da água**. São Paulo: Varela, 2005. 163 p. (1).

SOUTO, Rosângela Alves de. **Avaliação sanitária de água de irrigação e de alfaces (Lactuca sativa L.) produzidas no município de Lagoa Seca, Paraíba**. 2005. 70 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2005.

WEGELIN, M. *et al.* **Solar Water Disinfection: scope on the process and analysis of radiation experiments**. *Journal of American Water Works Association*, v. 43, n.3, p.154-169, 1994.

WEGELIN, Martin.; MEIERHOFER, Regula. **Desinfecção solar da água: Guia de aplicações do SODIS**. Instituto Federal Suíço de Ciências e Tecnologia Aquática – EAWAG. Departamento de Saneamento e água para países em desenvolvimento – SANDEC, Dubendorf, 2002.

WHO (Org.). **World Health Organization: O abastecimento de água, o saneamento e o uso de águas residuárias**. 2016. Disponível em: <<http://www.who.int/en/>>. Acesso em: 17 jul. 2016.