

DESINFECÇÃO SOLAR DA ÁGUA EM COMUNIDADE RURAL NO CERRADO PIAUIENSE

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/congea.15.24.IX-016>

Lorraine Stéfani Martins de Miranda (*), Ryan Douglas Alves 2, Andriella Maciel da Cruz 3, Israel Lobato Rocha 4, Caio Freitas Cavalcante Barros 5

* Instituto Federal do Piauí – Campus Corrente (lorranestefani@gmail.com)

RESUMO

Nas áreas mais distantes dos centros urbanos, a falta de acesso a redes de água e esgoto é um problema comum, gerando preocupações relacionadas à saúde pública. Nesse contexto, um protótipo de baixo custo baseado no método SODIS (Desinfecção Solar da Água) foi desenvolvido para ser validado na comunidade de Itagi, localizada no município de Corrente, Piauí. O objetivo deste estudo consistiu em avaliar a eficácia de um protótipo acessível e de baixo custo para tratar a água de um poço em comunidade rural. Durante a pesquisa, foram coletadas três amostras de água, sendo duas provenientes de poço e uma do rio Corrente. Essas amostras passaram por análises de turbidez, oxigênio dissolvido, pH e coliformes termotolerantes. Os resultados obtidos confirmaram a eficácia do protótipo na desinfecção da água, mesmo com um custo reduzido. Observou-se que a desinfecção por radiação solar foi capaz de remover de forma eficiente as bactérias heterotróficas e indicadores de contaminação fecal, resultando em uma taxa de desinfecção de 100% para a amostra de água do poço tratado.

PALAVRAS-CHAVE: *Desinfecção solar*, água potável, SODIS, saúde pública, comunidade rural.

INTRODUÇÃO

A água potável é essencial para a saúde e a sobrevivência de todas as formas de vida. No entanto, a imensa maioria da água em nosso planeta é salgada, deixando apenas uma pequena fração de água doce, cerca de 3%, adequada para consumo humano. Essa escassa quantidade de água doce está dispersa em diversos reservatórios, o que significa que apenas uma ínfima parte do total de água disponível está acessível para suprir as necessidades humanas (Reis, 2021). A escassez de água potável e a ausência de tratamento de esgoto constituem fatores facilitadores para a propagação de doenças e são responsáveis por um alto índice de mortalidade em crianças e idosos de comunidades carentes e rurais, devido à falta de acesso à água potável.

A técnica SODIS, que significa Desinfecção Solar da Água em inglês, é uma abordagem simples e de baixo custo para desinfetar a água. Consiste em expor a água contaminada a recipientes transparentes, como garrafas PET, e deixá-la sob a luz solar direta. A radiação solar, especialmente os raios UVA e infravermelhos, ajudam a eliminar os micro-organismos patogênicos presentes na água, tornando-a segura para o consumo humano. A técnica SODIS tem sido amplamente utilizada em áreas com acesso limitado a água potável e sistemas de tratamento convencionais. É uma solução eficaz e de fácil implementação para melhorar a qualidade da água em comunidades carentes (Cavallini; Araujo; Lima, 2018).

Ademais, é importante mencionar que a temperatura média atingida pelo processo SODIS, em torno de 50 °C, nem sempre é suficiente para inativar todos os microrganismos presentes na água, o que pode resultar no crescimento bacteriano posterior. Também é relevante ressaltar que a técnica requer um tempo de exposição das garrafas ao sol, geralmente de 4 a 6 horas diárias, o que pode ser um desafio em condições climáticas desfavoráveis. (Rodrigues, 2011).

O objetivo deste estudo consistiu em avaliar a eficácia de um protótipo acessível e de baixo custo chamado SODIS para tratar a água de um poço na comunidade de Itagi na cidade de Corrente-PI. Pretende-se verificar se esse método é capaz de purificar a água de forma adequada, visando propor alternativas mais eficientes que permitam que todos os membros da comunidade desfrutem de uma melhor qualidade de água.

METODOLOGIA

ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa foi conduzida no município de Corrente, localizado no extremo Sul do estado do Piauí. A cidade está situada a uma distância de cerca de 818 km da capital Teresina. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 2022, Corrente possui uma população de 26.709 habitantes, com uma densidade demográfica de 8,8 habitantes por quilômetro quadrado. O bioma predominante na área é o Cerrado (Figura 1).

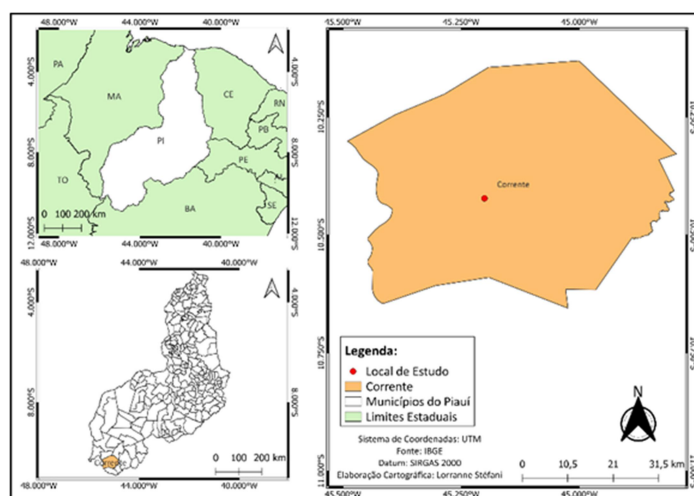


Figura 1: Mapa de localização do município de Corrente – PI. Fonte: Autor do Trabalho.

A comunidade objeto de estudo está localizada na zona rural de Itagi, a aproximadamente 6 km do centro da cidade. A área de pesquisa abrange as proximidades do Rio Corrente, que faz parte da região hidrográfica do Rio Parnaíba, especificamente na sub-bacia do Paraíba. Foram selecionados dois pontos de coleta para amostragem: o Ponto (P1), situado no Poço Cacimbão, e o Ponto (P2), localizado no Rio Corrente (Figura 2).

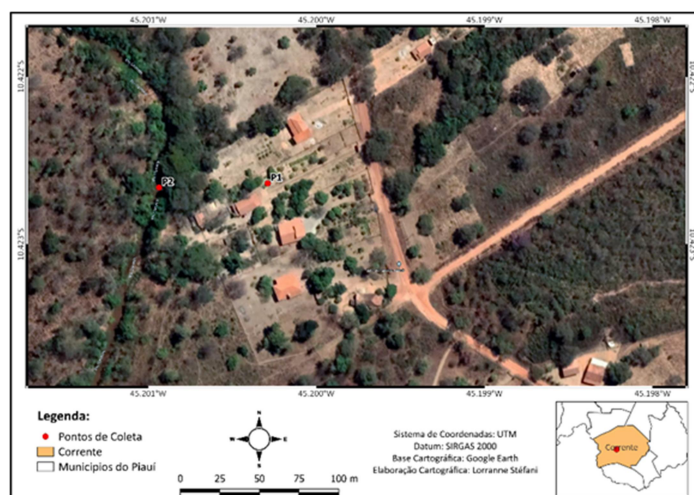


Figura 2: Mapa de localização da Área de Estudo. Fonte: Autor do Trabalho.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

No estudo, foram realizadas análises de vários parâmetros físico-químicos e microbiológicos para verificar o Índice de Qualidade das Águas (IQA). Os parâmetros avaliados incluíram oxigênio dissolvido (OD), coliformes termotolerantes (CT), potencial hidrogeniônico (pH), temperatura e turbidez. A escolha desses parâmetros visou a avaliação detalhada da qualidade da água e a identificação de possíveis contaminações.

Para a confecção do protótipo utilizado neste estudo, foram empregados materiais reciclados, como latas de alumínio e uma gaveta de madeira (Figura 3). Inicialmente, as bases das latas foram removidas e as latas foram cortadas ao meio (Figura 3A). Em seguida, as latas de alumínio foram fixadas na gaveta com pregos, com a parte interna voltada para cima (Figura 3B). As áreas da gaveta não cobertas por alumínio foram pintadas de preto para otimizar a absorção dos raios solares (Figura 3C).

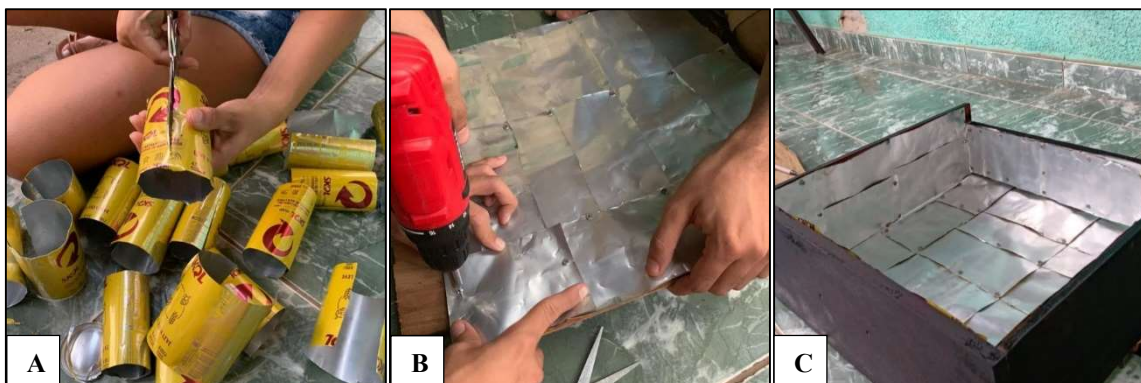


Figura 3: Materiais utilizados no estudo: latas de alumínio sendo cortadas (A), alumínio sendo fixado na base da gaveta (B) e protótipo finalizado (C). Fonte: Autor do Trabalho.

No segundo dia, a equipe se deslocou para a localidade selecionada, Itagi, onde realizou a coleta das amostras de água. Primeiramente, foram obtidas amostras do poço cacimbão, uma delas foi destinada ao tratamento solar e a outra foi reservada para comparação. Durante esta etapa, foram também realizadas medições da temperatura e do nível de oxigênio dissolvido na água do poço (Figura 4A). A equipe então se dirigiu ao Rio Corrente, onde foram coletadas amostras adicionais para comparação, e novamente foram feitas medições da temperatura e do oxigênio dissolvido no local (Figura 4B).

Após a coleta das amostras, o protótipo foi exposto ao sol por um período de 48 horas (2 dias), utilizando uma garrafa de 1 litro. O protótipo foi posicionado no topo da casa, local que recebe uma boa quantidade de radiação solar ao longo do dia, visando maximizar o aproveitamento da energia solar (Figura 4C).

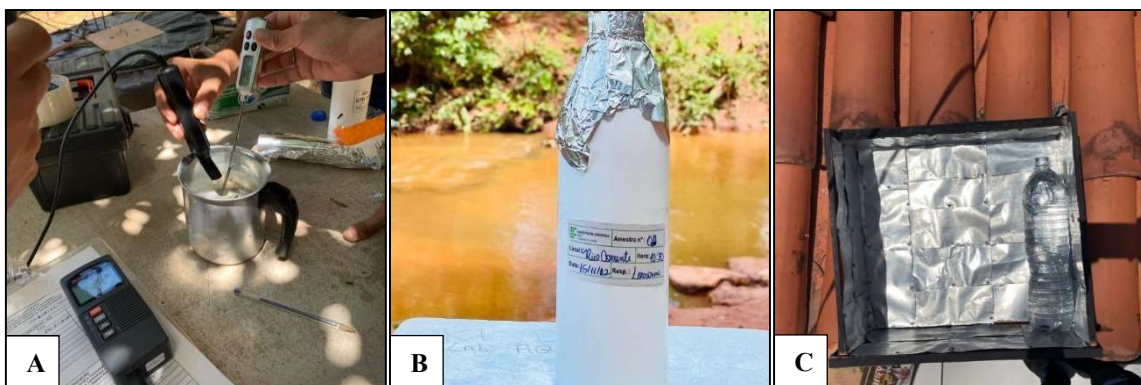


Figura 4 : Coleta e análise da água: medição da temperatura e oxigênio dissolvido no poço (A), amostra de água coletada no Rio Corrente (B) e protótipo instalado para tratamento solar (C). Fonte: Autor do Trabalho.

Por fim, as amostras coletadas foram encaminhadas para o laboratório, onde foram realizadas as análises do restante dos parâmetros selecionados.

RESULTADOS

Os valores aceitáveis dos parâmetros foram estabelecidos de acordo com a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA nº 357/2005, a qual estabelece os critérios de classificação dos corpos de água de acordo com suas características.

No presente estudo, foram coletadas três amostras de água. As duas primeiras foram realizadas no poço cacimbão (amostra 01) no ponto P1, que é utilizado para consumo humano. A primeira amostra foi destinada ao protótipo que foi exposto ao sol, enquanto a segunda foi destinada à comparação. A terceira amostra foi coletada do Rio Corrente (amostra 02) no ponto P2, onde a água é utilizada para a irrigação das plantações e para os animais. Para a análise das amostras coletadas, a equipe utilizou a tabela seguinte (Tabela 1).

Tabela 1. Informações sobre as metodologias das análises laboratoriais, equipamentos utilizados e unidades de medida dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos. Fonte: Laboratório de Recursos Naturais, 2021.

PARÂMETRO	MÉTODO/EQUIPAMENTO	UNIDADE DE MEDIDA
Temperatura	Termômetro digital - TE07	°C
Oxigênio Dissolvido	Oxímetro (Lutron) - DO-5519	mg/L
pH	pHmetro (Lutron) – PH 221	UpH
Turbidez	Turbidímetro microprocessado (Alfakit)	UNT
C. termotolerantes	Meio cromogênio em DIP em papel Colipaper	NPM/100 mL

A temperatura influencia propriedades da água e processos biológicos (Araújo; Santos; Oliveira, 2018). Em amostras coletadas (01T, 01, 02), registrou-se 24,05°C, 30,15°C e 27,3°C, respectivamente. Um aumento de 6,1°C entre a primeira e a segunda amostra, ambas do mesmo local, pode ser devido ao calor humano na coleta. A média foi de 27,16°C, dentro dos padrões estabelecidos.

A turbidez indica a interferência na passagem da luz em líquidos, sendo causada por partículas sólidas em suspensão (Ministério da Saúde, 2014). Os valores obtidos (0,73 UNT, 0 UNT e 4,43 UNT) estão abaixo do limite legal de 100 UNT ressaltando que estão em conformidade. É importante ressaltar que as duas primeiras amostras foram coletadas no mesmo local, porém a amostra 01T foi coletada primeiro, representando a água do "fundo" que geralmente contém mais partículas em suspensão em comparação com a parte superior da coluna d'água. Essa diferença de valores de turbidez entre as amostras reflete essa variação.

O pH é uma medida que indica se uma solução aquosa é ácida, neutra ou alcalina. No caso da amostra em questão, o pH médio foi de 6,58, o que é considerado um valor ácido e satisfatório. Estudos anteriores destacam que corpos d'água com pH entre 6 e 9 são propícios para o desenvolvimento saudável da vida aquática (Rocha et al., 2019).

Conforme mencionado por Pinto et al. (2010), o oxigênio dissolvido pode ser utilizado como um indicador de qualidade das águas superficiais, uma vez que a proliferação bacteriana está diretamente relacionada às suas concentrações. Os resultados das análises revelaram que as amostras de água do poço apresentaram uma concentração de oxigênio dissolvido de 10,05 mg/L, enquanto a amostra do Rio Corrente registrou um valor de 9,8 mg/L. De acordo com CRISPIM et al. (2017), o valor encontrado para o rio Corrente e para o poço está dentro dos parâmetros considerados adequados, uma vez que é inferior a 5,0 mg/L.

A amostra 01 do poço apresentou 2800 UFC e a amostra 02 do Rio 3520 UFC, onde mostraram níveis elevados de coliformes (Figura 5), o que está em desacordo com a Portaria GM/ Ministério da Saúde n.888 do Ministério da Saúde, que estabelece a ausência tanto de coliformes totais quanto de E. coli em 100 ml de água (BRASIL, 2021). A presença de coliformes nas águas analisadas pode ser atribuída às condições inadequadas de construção dos poços e à proximidade de fossas sépticas, que podem resultar em contaminação fecal de origem humana (Oliveira et al.2021). A amostra 01T, que foi submetida ao tratamento, apresentou ausência de coliformes (0 UFC), estando em conformidade com os parâmetros estabelecidos pelo Ministério da Saúde.

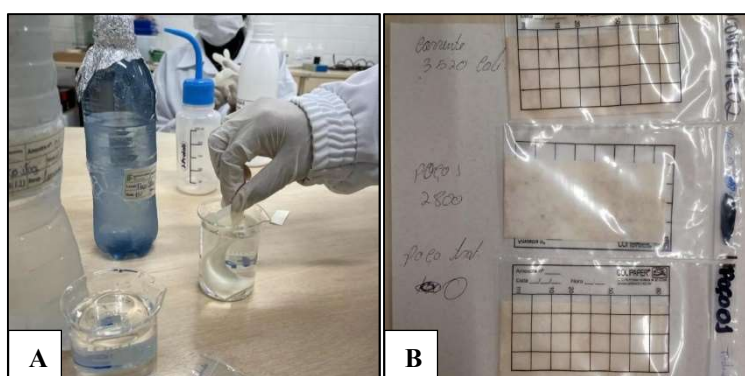


Figura 5 : Realização das análises laboratoriais: Preparação dos colipaper para incubação na estufa bacteriológica (A), Resultados das análises microbiológicas (B). Fonte: Autor do Trabalho.

As amostras 01 do poço e 02 do rio apresentaram níveis elevados de coliformes (2800 UFC e 3520 UFC, respectivamente), violando os padrões estabelecidos pela Portaria GM/Ministério da Saúde n.888, que exige ausência de coliformes totais e *E. coli* em 100 ml de água (BRASIL, 2021). A presença desses coliformes pode ser atribuída a condições inadequadas de construção do poço e proximidade de fossas sépticas, indicando contaminação fecal de origem humana (Oliveira et al. 2021). A amostra 01T, tratada, não apresentou coliformes, cumprindo os requisitos do Ministério da Saúde. Todos os resultados estão representados na Tabela 2.

Tabela 1. Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas realizadas . Fonte: Laboratório de Recursos Naturais, 2021.

Parâmetro	Unidade de Medida	Locais e Amostras			VMP*
		Amos.01(T)	Amos.01	Amos. 02	
Temperatura	°C	24,05°C	30,15°C	27,3°C	-
OD	mg/L	10,05 mg/L	10,05 mg/L	9,8 mg/L	≥5
pH	-	6,60	6,17	6,97	6 a 9
Turbidez	UNT	0,73 UNT	0 UNT	4,43 UNT	Até 100
C.T.	UFC/ 100 m	0 UFC/100mL	2800 UFC/100mL	3520 UFC/100mL	Ausente

*Valor Máximo Permitido para consumo humano, Portaria GM/ Ministério da Saúde n.888 (BRASIL, 2021); AMOS.01(T) - Amostra 01 (tratada) Poço; AMOS.01 - Amostra 01 Poço; AMOS.02 – Amostra 02 Rio Corrente.

CONCLUSÕES

A análise das amostras revelou os seguintes resultados:

- A amostra 01 do poço apresentou parâmetros físico-químicos dentro dos limites normais, porém com níveis elevados de coliformes, tornando-a imprópria para consumo humano.
- A amostra 02 do Rio Corrente também apresentou parâmetros aceitáveis, mas com níveis preocupantes de coliformes, inviabilizando seu uso tanto para consumo humano quanto animal.
- A amostra 01 tratada pelo método SODIS demonstrou eficácia na remoção de coliformes fecais, atingindo uma taxa de desinfecção de 100%, com todos os demais parâmetros dentro dos padrões estabelecidos.

Os resultados evidenciam a eficácia da desinfecção solar na remoção de bactérias e contaminantes fecais, ressaltando sua importância como alternativa de baixo custo para melhorar a qualidade da água. A divulgação e aplicação desse método são cruciais para atender às necessidades de tratamento de água em comunidades como Itagi, em Corrente, e em todo o Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Agência Nacional de Águas (ANA), **HIDROWEB**. Disponível em: www.ana.gov.br, acessado em: 17 de janeiro de 2023.
2. BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria GM/ Ministério da Saúde n.888, de maio de 2021. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União**, Brasília, p. 39,12.
3. BRASIL. Ministério da Saúde; 2014. **Fundação Nacional de Saúde**. Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. Brasília: Funasa.
4. CAVALLINI, G.S.; ARAUJO, D.L.B.S; LIMA, J.G.F; 2018. Desinfecção de água de poço por radiação solar (sodis): um estudo na região sul do Tocantins. **Revista Desafios**, v. 5, n. Especial, p.66-73.
5. CRISPIM, D. L. et al. Análise Físico-Química das Águas de Três Poços Amazonas no Centro da Cidade de Pombal-PB. **Geografia, Ensino & Pesquisa**, v. 21, n. 2, p. 155-163, 2017. ISSN: 2236-4994. DOI: 10.5902/2236499422445.
6. IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Brasileiro de 2022**. Piauí: IBGE, 2022.

7. PINTO, A. L.; OLIVEIRA, G. H; de, PEREIRA, G. A; 2010. Avaliação da eficiência da utilização do oxigênio dissolvido como principal indicador da qualidade das águas superficiais da bacia do córrego Bom Jardim, Brasilândia/MS. Revista **GEOMAE - Geografia, Meio Ambiente e Ensino**, Campo Mourão, PR, v. 01, n. 01.
8. REIS, V. C. S. **Aplicação de redes neurais convolucionais na classificação de amostras de carne suína por meio da capacidade de retenção de água.** 2021.
9. ROCHA, I. L.; SALOMÃO, L. C.; IWATA, B. F.; SOUZA, J. A. R.; MOREIRA, D. A.; 2019. Qualidade ambiental das nascentes do Rio Paraim, extremo sul do Piauí. Revista **Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.10, n.3, p.385-399. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2019.003.0032>.
10. RODRIGUES, D. G. **Desinfecção da Água por Pasteurização Solar (SOPAS) em Comunidades Rurais.** Dissertação de mestrado. Campinas. 2011.