

DESINFECÇÃO DE ÁGUA DOCE POR RADIAÇÃO SOLAR

**Victor Hugo G. COSTA (1); José Henrique S. FERREIRA (2);
Alexsandro A. RODRIGUES (3)**

(1) Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte. Rua Arenópolis, 12, Qd. 2, Ponta Negra, Natal-RN, CEP: 59094-590, +55 (84) 3208-5118, e-mail: victorius_hugo@yahoo.com.br

(2) Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte, e-mail: jhsfquime@yahoo.com.br

(3) Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte, e-mail: alexsandrovic@hotmail.com

RESUMO

O Rio Grande do Norte figura como região em que a insolação atua intensamente. Dessa maneira, e diante do elevado potencial desinfetante da energia solar, desenvolveu-se este trabalho visando à quantificação da desinfecção de água utilizando sistemas simples e de baixo custo por intermédio de experimentos laboratoriais. As amostras foram coletadas na Lagoa do Jiqui (Natal/RN), que abastece boa parte da Zona Sul, e depois armazenadas em garrafão de 20 L, ficando em repouso durante 20h para que se decantassem os sólidos suspensos e ovos de helmintos. Posteriormente, filtraram-se as amostras (lãs de algodão esterilizado) e transferiram-nas para garrafas PET transparentes, que, em seguida, foram expostas à radiação solar durante 7h; dispuseram-se as garrafas nas circunstâncias com e sem reflexão por chapa laminada. O experimento contou com controles, quando amostras ficaram protegidas da radiação. Promoveram-se análises físico-químicas e microbiológicas após a coleta, a decantação e a insolação. Os parâmetros microbiológicos indicaram melhor eficiência quando da presença da chapa, com média de remoção de 79,95% para coliformes totais e de 85,72% para os termotolerantes, a um índice médio de radiação de 3,99. Em vista disso, constatou-se que, em Natal, a radiação ultravioleta atuando isoladamente foi incapaz de desinfetar plenamente as amostras.

Palavras-chave: Energia solar, desinfecção de água, garrafas PET, coliformes.

1. INTRODUÇÃO

A América Latina encara uma elevada incidência de doenças de veiculação hídrica, devidas principalmente pela ausência de um sistema de saneamento suficientemente eficaz, sendo mais afetadas as populações que vivem em localidades pobres e em zonas rurais. Devido à ausência de sistemas de drenagem ou de esgoto, essas zonas despejam seus dejetos nos corpos d'água superficiais ou nos lençóis freáticos, contaminando as fontes de água da região. Contaminam-se rios e lagoas que abastecerão diretamente povoados, comunidades e até mesmo, cidades sem o mínimo de tratamento necessário. Assim, doenças como cólera, febre tifóide, disenteria bacilar e giardíase têm todo um âmbito favorável à sua proliferação.

Uma vez que essas regiões muitas vezes não dispõem de recursos necessários à implantação de adequados sistemas de tratamento de água, busca-se desenvolver cada vez mais meios alternativos e baratos de melhoramento da qualidade dos recursos hídricos. Não apenas de fácil instalação, mas também sistemas cuja operação e manutenção possam ser gerenciadas e sustentadas com recursos locais. Dentre eles, mereceu destaque, nesta pesquisa, a desinfecção por intermédio da radiação solar.

No caso de países pobres ou em desenvolvimento, e em se tratando de métodos de desinfecção, depara-se com dificuldades como impossibilidade de aquisição de desinfetantes ou capacitação insuficiente dos técnicos encarregados da operação, manutenção e reparos. Em vista disso, sobressalta-se a desinfecção de água doce por radiação solar, que funciona como opção principalmente para sistemas individuais (unidade familiar). Revela-se como um sistema bastante simples e que não requer insumos.

O presente trabalho visa a averiguar a eficiência do tratamento por radiação solar, assim como otimizar o processo, facilitando a vida de comunidades carentes de sistemas de abastecimento de água adequados. Buscar-se-á atingir 100% em eficiência apenas por intermédio da radiação ultravioleta, sem interferência da temperatura na desinfecção.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O desenvolvimento de técnicas alternativas de desinfecção de água para consumo humano revela-se bastante recente, e a busca por outros meios foi devida à necessidade de se substituírem as tradicionais técnicas de cloração, por exemplo, que requerem gastos com o processo e geram resíduos nocivos à saúde. Merece especial destaque a técnica de desinfecção por intermédio da radiação solar, uma vez que se vale de um recurso universalmente disponível e gratuito, a luz solar, através da radiação ultravioleta com auxílio da radiação infravermelho. Ademais, o tratamento não gera resíduo.

Em vista disso, Brandão *et al.* (2000) utilizaram recipientes específicos com diversas características a fim de ver os possíveis comportamentos do processo, seja pelo binômio luz e calor ou apenas calor. Assim, seu experimento contou com três condições distintas: exposição à radiação solar em recipiente claro, exposição à radiação solar em recipiente escuro e, ainda, não exposição à luz sob temperatura constante. Ainda acondicionaram as amostras com dois níveis de profundidade, 5 cm e 10 cm. Os resultados indicaram que quanto maior a profundidade da lâmina de água, maior será o tempo necessário para a inativação dos microrganismos. Quanto às questões climáticas, confirmou-se que o tempo de exposição necessário é diretamente proporcional à nebulosidade.

As pesquisas direcionadas para esse trabalho levam em consideração o trabalho conjunto da radiação com o calor. Assim, Paterniani e Silva (2005) tomaram garrafas PET transparentes, lixaram a parte que veio a ficar voltada para baixo e pintaram-na com tinta esmalte na cor preta fosca. Para intensificar a desinfecção, utilizaram-se um concentrador solar construído com madeiras e recoberto com folhas de papel alumínio. Dessa forma, conseguiram alcançar a marca dos 50°C (sem o concentrador) e 70°C (com concentrador), atingindo a eficiência de 100% em, respectivamente, 6h e 4h. O experimento ainda constatou que a presença de nuvens reduz a incidência da luz solar, e que a nebulosidade é diretamente proporcional ao tempo de exposição das amostras.

Souza, Sartori e Daniel (2000) verificaram a influência da cor e turbidez no processo de desinfecção, e sua fonte de radiação ultravioleta foi artificial. Constataram que, para uma concentração inicial da mesma ordem de grandeza, as amostras com baixa cor e turbidez precisaram de um tempo menor de exposição do que para as de elevada concentração de material suspenso. Perceberam que as partículas em suspensão e as substâncias químicas dissolvidas dificultam a transmissão da radiação, além daquelas atuarem como um “escudo” para as bactérias.

Daniel (2001) afirma que o efeito bactericida da radiação se deve principalmente aos raios UV-A (320 a 400 nm), em detrimento daqueles cuja faixa de comprimento de onda está entre 400 a 450 nm (neste caso, quando atua isoladamente). No entanto, a radiação solar proporciona um efeito sinérgico dessas duas faixas de radiação e, conseqüentemente, um aumento significativo da taxa de inativação dos microrganismos.

3. METODOLOGIA

As amostras a serem estudadas foram coletadas na Lagoa do Jiqui, com garrafão de 20L, simulando situações reais e cotidianas de coleta em açudes, lagos, rios, etc. Imediatamente após a coleta, foi realizada a análise de oxigênio dissolvido (OD); na chegada ao laboratório, verificou-se ainda o pH, a cor, os sólidos totais dissolvidos (STD), a turbidez, a temperatura, os coliformes totais e os coliformes termotolerantes.

A água ainda passou 20h em repouso, no garrafão, para que os sólidos suspensos decantassem. Esse evento revela notável importância, visto que as partículas atuam como “escudos” para as bactérias contra a radiação solar. Outra importância da decantação reside na remoção prévia de ovos de helmintos. Após a decantação, a água foi repassada para garrafas transparentes PET 2 litros, através da virada do garrafão. A transição foi auxiliada por um funil forrado com lã de algodão esterilizadas; realizaram-se ainda novas análises físico-químicas e microbiológicas - o estudo microbiológico consistiu na técnica de tubos múltiplos, com análises presuntiva (meio de cultura Lactosado) e confirmativa (meios EC e Verde Brilhante Lactose Bile 2%).

As amostras, agora nas garrafas PET 2 litros, foram expostas ao sol em duas circunstâncias: com e sem reflexão da energia solar por chapa laminada, conforme exposto nas figuras 1 e 2. Ainda foi inserido, em cada garrafa, um termômetro esterilizado (por álcool), realizando-se a leitura da temperatura de hora em hora. O objetivo da verificação da temperatura reside em se comprovar que a desinfecção é promovida pela radiação, sem relevante contribuição térmica. Após 7h de exposição (geralmente das 9h20min às 16h20min), promoveu-se uma terceira bateria de testes físico-químicos, além da inoculação das amostras no meio de cultura Lactosado (teste presuntivo).

No terceiro dia, iniciaram-se as análises confirmativas, inoculando-se nos meios EC (para coliformes termotolerantes) e Verde Brilhante Lactose Bile 2% (para coliformes totais) aqueles caldos que apresentaram sinais de vida no teste presuntivo.



Figura 1 – Vista geral do local da exposição



Figura 2 - Situações com e sem chapa laminada

4. RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES

Esta pesquisa se desdobrou em sete séries, e os resultados aqui expostos tratarão de suas médias aritméticas.

Logo após a coleta, realizaram-se análises físico-químicas e microbiológicas, e a tabela 1 indica seus resultados. Já a tabela 2 aponta as conseqüências das 20 horas de decantação.

OD (mg/L)		6,24
pH		6,23
Cor (uH)		68,60
STD (mg/L)		51,80
Turbidez (NTU)		12,00
Temperatura (°C)		25,12
NMP	Totais	1.400
	Termotolerantes	130

Tabela 1 – Análises após a coleta

OD (mg/L)		6,40
pH		6,38
Cor (uH)		31,75
STD (mg/L)		49,25
Turbidez (NTU)		5,50
Temperatura (°C)		25,35
NMP	Totais	280
	Termotolerantes	26

Tabela 2 – Análises após a decantação

Consoante Amaral et al. (2006 apud WEGELIN et. al., 1994), a água deve apresentar turbidez menor que 30 NTU para que a desinfecção pela luz solar seja eficiente.

Em seguida, expuseram-se as amostras ao sol durante 7h (9h20min às 16h20min). A tabela 3 revela os efeitos da insolação.

PARÂMETRO		CONTROLE	SEM CHAPA	COM CHAPA
OD (mg/L)		6,40	6,28	6,40
pH		6,37	6,42	6,41
Cor (uH)		58,33	44,20	50,40
STD (mg/L)		55,67	53,40	55,80
Turbidez (NTU)		10,0	7,40	9,00
Temperatura (°C)		25,47	28,90	28,14
NMP	Totais	200	60,68	56,14
	Termotolerantes	21	4,82	3,71

Tabela 3 – Análises após a exposição ao sol

Durante a exposição das amostras ao sol, verificou-se ainda a temperatura no interior das garrafas a cada hora, revelando uma temperatura média de 33,11°C (máximo de 40,00°C) para o meio sem a chapa de alumínio e de 33,27°C (máximo de 40,00°C) para o meio com reflexão pela chapa laminada. Lembrando que os coliformes fecais continuam vivos mesmo a 44°C e que os coliformes totais têm crescimento a 35°C, pode-se afirmar que a desinfecção foi devida à ação da radiação solar.

A partir de dados do Laboratório de Variáveis Ambientais Tropicais, da unidade Centro Regional do Nordeste (CRN) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), constatou-se que o índice médio da radiação solar (UV-A / UV-B) nos períodos de exposição foi de 3,99 DU. Conforme diretrizes compiladas por dermatologistas, esses índices apresentam nível de risco baixo para a saúde humana, mas o suficiente para dar ao processo, conforme tabela 4, uma eficiência de:

PARÂMETRO		SEM CHAPA	COM CHAPA
NMP	Totais	78,33 %	79,95 %
	Termotolerantes	81,46 %	85,72 %

Tabela 4 – Eficiência do processo

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com as determinações da Portaria 518 do Ministério da Saúde de 25/3/2004 (BRASIL, 2004), vide tabela 5, os parâmetros físico-químicos devem atender os seguintes padrões para consumo humano:

PARÂMETRO	VMP ¹
Cor aparente (uH)	15
pH ²	6,0 a 9,5
STD (mg/L)	1.000
Turbidez (NTU)	5

Tabela 5 – Análises após a exposição ao sol

À exceção dos parâmetros cor e turbidez, os experimentos proporcionaram água dentro das exigências do Ministério da Saúde.

No tocante aos aspectos microbiológicos, a Portaria determina ausência em 100 mL tanto para coliformes totais como termotolerantes. De acordo com a legislação vigente, o tratamento aplicado não obteve água com qualidade suficiente para o consumo humano, necessitando de outro tratamento auxiliar ao processo. A utilização de substâncias que favoreçam a diminuição da turbidez e da cor e o uso de material que faça aumentar a temperatura do sistema de tratamento utilizado podem ser meios viáveis de suprir às necessidades da desinfecção por intermédio da radiação solar.

¹ Valores máximos permitidos

² Faixa de variação permitida

REFERÊNCIAS

AMARAL, L. A.; NUNES, A. P.; CASTANIA, J.; LORENZON, C. S.; BARROS, L.S.S.; NADER FILHO, A. **Uso da radiação solar na desinfecção da água de poços rasos**. Arq. Inst. Biol. São Paulo, v. 73. 2006.

BRANDÃO, Cristina Célia Silveira. **Avaliação da desinfecção solar na região centro - oeste do Brasil usando diferentes organismos indicadores de contaminação**. XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2000.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. Portaria MS n.º 518/2004 – Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2005.

DANIEL, Luiz Antonio et al. **Métodos alternativos de desinfecção da água**. 1. ed. São Carlos: 2001. p. 61-64.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Ministério da Ciência e Tecnologia - Centro Regional do Nordeste.

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**. Nota técnica. Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental. Vol.10. Nº 1 - jan/mar 2005, 9-13.

SOUZA, Jeanette Beber de; SARTORI, Luci; DANIEL, Luiz Antonio. **Influência da cor e turbidez na desinfecção de águas de abastecimento utilizando-se cloro e radiação ultravioleta**. XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2000.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Professor de Físico-Química Milton Bezerra do Vale, pela orientação nos momentos mais difíceis no andamento do trabalho; ao Professor de Microbiologia Luiz Eduardo de Melo, pela assistência fornecida; e ao Diretor do Departamento de Recursos Naturais - DAREN, Professor Erivan Sales do Amaral, por facilitar o acesso aos recursos do Departamento.