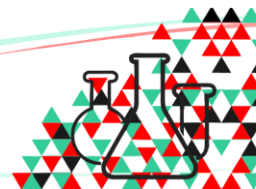




CONGRESSO BRASILEIRO  
DE ENGENHARIA QUÍMICA EM  
INICIAÇÃO CIENTÍFICA

21-24 Julho de 2019  
Uberlândia/MG



# COMPORTAMENTOS DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS NA PURIFICAÇÃO DE ÁGUA ATRAVÉS DE PROCESSO DE DESTILAÇÃO SOLAR

Y. G. PEDDE<sup>1</sup>, M. FUSSIEGER<sup>2</sup> e C. A. NASCIMENTO<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade Feevale, Graduando de Engenharia Química e Bolsista FAPERGS

<sup>2</sup> Universidade Feevale, Graduanda de Engenharia Química

<sup>3</sup> Universidade Feevale, Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas (ICET)

E-mail para contato: yuriprofissional16@gmail.com; nascimento@feevale.br

**RESUMO** – A água é essencial tanto para a vida do ser humano quanto para a maioria dos processos que o cercam. Consequentemente, o consumo de água tratada, de qualidade, é um importante fator para a erradicação de doenças transmitidas por vírus e bactérias. A destilação solar é um processo de uso simplificado, de baixo custo, o qual permite purificar água, tornando-a própria para consumo humano. Assim, esse estudo verificou o comportamento de parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água de três matrizes (subterrânea, superficial e da chuva) de acordo com os valores máximos permitidos da Portaria de Consolidação nº 05/2017 do Ministério da Saúde do Brasil, antes e depois do processo de destilação solar. Entre os parâmetros avaliados estão: turbidez, cor aparente, dureza, Cálcio, Magnésio e *Escherichia coli*. Para a realização dos ensaios observou-se o estabelecido em Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater. Pode-se observar que, com exceção de uma amostra avaliada, após o processamento, encontraram-se dentro dos valores máximos permitidos pelo Anexo XX da Portaria citada.

## 1. INTRODUÇÃO

Com o intuito de satisfazer as necessidades hídricas, já que a água é um importante elemento na manutenção da vida e sua apropriada qualidade é imprescindível, buscou-se por novos recursos e processos de tratamento da mesma para consumo humano. Em áreas do meio rural, a partir dos estudos já realizados no Brasil, evidenciou-se a utilização de fontes de abastecimento humano sem tratamento, o que ocasiona o aumento de doenças causadas por vírus e bactérias (AL-HINAI, 2002; NUNES, 2010; PINTO, 2010; SATAKE et al., 2012).

Atualmente já existem muitas tecnologias de tratamento capazes de eliminar tais microrganismos. O custo dessas, entretanto, é, normalmente, muito elevado, o que impossibilita sua aplicação para abastecimentos individuais ou de pequenas comunidades (CRABTREE; LEWIS, 2007).



A utilização de destiladores solares para tratamento de água em pequenas propriedades rurais, torna-se, devido ao seu baixo custo, com equipamentos de uso simplificado, uma das melhores alternativas. Praticamente sem custos operacionais, purifica a água contaminada ou salgada, tornando-a própria para o consumo humano (HANSON et al., 2004).

### 1.1. Qualidade da água e sua importância

A água constitui componente indispensável à existência da vida em todas as suas formas, embora, atualmente, a disponibilidade de água na natureza seja insuficiente para atender à demanda (VON SPERLING, 2005). No Brasil, existe grande diversidade geológica e climática, o que gera uma considerável rede hidrológica. Essa distribuição de recursos, entretanto, não é uniforme no território nacional (ANA, 2013; TUCCI, 2001).

No meio rural, em média, 32% da população é a que tem acesso à água canalizada, o que não é garantia de água tratada e potável, deixando essa população vulnerável a doenças (FUNASA, 2015). A falta de redes de abastecimento no meio rural leva as pessoas destas áreas à utilização de soluções alternativas individuais para suprir suas necessidades, porém, na maioria dos casos, estas fontes não são seguras, devido à sua contaminação. Além disto, a escolha de tecnologias de tratamento inadequadas ou a falta de manutenção dos sistemas pode levar a um baixo desempenho dos mesmos (WEGELIN et al., 1994; TUCCI, 2001).

Para estabelecer um padrão de potabilidade de água para consumo humano, criaram-se legislações de qualidade e potabilidade da água, responsáveis por apresentarem parâmetros e seus valores de referências, no que diz respeito às características físicas, químicas e biológicas da água (VON SPERLING, 2005).

A Portaria de Consolidação nº 05/2017 do Ministério da Saúde do Brasil, traz em seu Anexo XX, os procedimentos para controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seus padrões de potabilidade (físicos, químicos e microbiológicos) (BRASIL, 2017).

## 2. OBJETIVOS

O objetivo deste estudo foi verificar o comportamento de parâmetros físico-químicos e microbiológicos, em unidade domiciliar, na purificação de água para consumo humano, através de destilação solar. Mais especificamente, monitorar o comportamento das concentrações de parâmetros provindos de água de três diferentes matrizes (subterrânea, superficial e da chuva). Esses parâmetros são: turbidez e cor, dureza total, cálcio, magnésio e cloretos, além de quantificar bactérias *E. coli*. Por fim, foram comparados os resultados dos parâmetros obtidos com os valores máximos permitidos no Anexo XX da Portaria de Consolidação do Ministério da Saúde nº 05/2017.

## 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Esse estudo foi caracterizado como quantitativo e qualitativo, sendo os dados quantificados de amostras representativas, utilizando-se a contagem e estatística para



estabelecer os padrões e estes poderão ser generalizados para outras regiões (FONSECA, 2002; SAMPIERI; COLLADO; LUCIO, 2006).

O equipamento chamado de destilador solar, consiste em um tanque raso com uma tampa de vidro transparente, onde a radiação solar atravessa o vidro e aquece a água, iniciando o processo de evaporação, onde vapor d'água sobe, condensa em contato com o vidro mais frio, e a água destilada escorre até ser capturada por uma canaleta, deixando para trás os sais, outros minerais e a maioria das impurezas, incluindo microrganismos nocivos à saúde (SOARES, 2004).

As amostras foram provenientes de três matrizes, sendo a primeira de água subterrânea de poço tubular profundo, localizado junto à Universidade Feevale, em Novo Hamburgo, a segunda de água superficial coletada do Rio dos Sinos no ponto de captação de água para consumo humano do município de Taquara, localizada a 36Km de Novo Hamburgo e a terceira de água da chuva coletada em um reservatório após passar por um telhado, sem a presença de filtro.

O ensaio de coloração foi realizado através do equipamento colorímetro ou medidor de cor portátil DM-COR, previamente calibrado de acordo com o método Standard 2120 B (APHA, 2012). Já o ensaio de turbidez foi realizado através de turbidímetro, previamente calibrado de acordo com o método Standard 2130 B (APHA, 2012). A determinação da dureza total foi através do método Standard 2340 C, que consiste em uma titulação complexométrica em meio tamponado, usando o ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) como titulante e negro de eriocromo T, como indicador (APHA, 2012).

Para a determinação de Cálcio e Magnésio, foi utilizado um espectrômetro de absorção atômica. As análises foram realizadas de acordo com o método Standard 3111 D e 3111 B, respectivamente (APHA, 2012). O ensaio de cloretos foi realizado por cromatografia iônica de acordo com o método Standard 4500 Cl<sup>-</sup> (APHA, 2012).

A determinação microbiológica foi realizada através da contagem de *Escherichia coli*, pela metodologia (figura 6) de substrato definido, utilizando-se o kit comercial Colilert® Quanty-Tray/2000, indicado na Seção 9223 B do método Standard (APHA, 2012).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Quadro 1 identifica a matriz de cada amostra e sua situação em relação a destilação, isto é, se já foi processada pelo equipamento ou ainda é água bruta, através da nomeação das amostras. Além disso, evidencia as datas da coleta da água bruta e as datas de cada ensaio para tornar-se processada.

Quadro 1 – Datas das coletas e dos ensaios com a identificação da amostra de água bruta ou processada

Matriz	Data da coleta	Data do ensaio	Bruta	Processada
Subterrânea	08/07/2018	09/07/2018	PB1	PP1
Subterrânea	10/09/2018	11/09/2018	PB2	PP2
Superficial	26/08/2018	27/08/2018	RSB1	RSP1
Superficial	15/10/2018	16/10/2018	RSB2	RSP2

Chuva	30/07/2018	31/07/2018	CB1	CP1
Chuva	01/10/2018	02/10/2018	CB2	CP2

A Tabela 1 indica os resultados da destilação solar quanto à quantificação dos parâmetros em relação as amostras de cada matriz, ou seja, indica a quantidade de cada parâmetro antes e depois do processo de destilação.

Pode-se observar que todas as amostras, menos a amostra do dia 2/10 (por cor aparente), após o processamento encontraram-se dentro dos valores máximos permitidos pelo Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 05/2017, a partir da Tabela 1, enquanto na Tabela 2 encontram-se os resultados antes do processamento.

Tabela 1 - Resultados de todas as amostras processadas nas matrizes subterrânea, superficial e chuva

Parâmetro	Subterrânea		Superficial		Chuva		LQ*	VMP**
	9/7	11/9	27/8	16/10	31/7	2/10		
Turbidez (NTU)	1,593	1,46	0,728	1,29	0,777	2,383	0,1	5
Cor aparente (mg Pt-Co L <sup>-1</sup> )	<LQ	11,4	<LQ	9,4	6,8	16,5	6,4	15
Dureza (mg CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup> )	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	6,62	500
Cálcio (mg L <sup>-1</sup> )	2,301	1,716	1,39	1,065	1,867	1,702	0,021	-
Magnésio (mg L <sup>-1</sup> )	0,773	0,039	<LQ	<LQ	<LQ	0,149	0,003	-
Cloretos (mg L <sup>-1</sup> )	10,822	1,7	1,39	2	3,3	3,3	1,541	250
<i>E. coli</i> (NMP/100ml)	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1	1

\*<LQ= <Limite de Quantificação;

\*\*VMP= Valor máximo permitido.

Tabela 2 – Quantificação das amostras antes do processamento da água de cada matriz

Parâmetro	Subterrânea		Superficial		Chuva	
	9/7	11/9	27/8	16/10	31/7	2/10
Turbidez (NTU)	0,141	0,468	157,667	10,133	1,64	1,54
Cor aparente (mg Pt-Co L <sup>-1</sup> )	<LQ	<LQ	301,3	50,3	28,2	32,3
Dureza (mg CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup> )	194,16	199,24	22,38	17,76	15,18	<LQ
Cálcio (mg L <sup>-1</sup> )	49,72	38,721	4,451	4,729	2,727	1,429
Magnésio (mg L <sup>-1</sup> )	17,82	16,715	2,185	3,165	0,911	0,472
Cloretos (mg L <sup>-1</sup> )	17,136	10,7	4,451	7,1	5,1	5,2
<i>E. coli</i> (NMP/100ml)	<LQ	<LQ	24000	2400	58	23

Os valores de turbidez, para a água bruta subterrânea já se encontravam dentro do valor máximo permitido pela Portaria. Na amostra RSB1, houve uma redução de turbidez aproximada de 93,40% e na amostra RSB2 uma redução aproximada de 87,27%, que para Von Sperling (2005) é um indicativo de diminuição de sólidos suspensos, algas e outros microrganismos uma vez que ocorreu uma redução no parâmetro. Já nas amostras CP1 e CP2 os valores de remoção



não foram relevantes, devido às amostras CB1 e CB2 terem concentrações baixas de turbidez e dentro dos padrões estabelecidos pela portaria.

E para os valores de turbidez da água subterrânea processada não se pode traçar esse comparativo de remoção, uma vez que ocorreu um pequeno aumento das amostras PP1 e PP2 em relação às amostras PB1 e PB2, isso pode ter ocorrido segundo Matos (2003) pela agitação da amostra no momento da análise.

Em relação ao parâmetro cor, todas as amostras processadas encontram-se dentro do padrão estabelecido pela Portaria, onde o valor máximo permitido é de 15 mg Pt-Co L<sup>-1</sup>

Em relação ao Cálcio, ocorreram remoções aproximadas de 95,37% na amostra PB1, 95,57% PB2, 68,77% RSB1, 77,48% RSB2, 31,54% CB1 e um aumento de 19,10% na amostra CB2. Esse aumento pode estar relacionado com um erro no ensaio, ou contaminação da amostra durante o manuseio da coleta. Pode-se observar que os percentuais de remoção estão relacionados com a concentração inicial de cálcio na água bruta, sendo superiores nas amostras PB1 e PB2, posteriormente nas amostras RSB1 e RSB2 e menores nas amostras CB1 e CB2.

Para o magnésio, Ocorreram remoções aproximadas de 95,66% na amostra PB1, 99,77% PB2, 99,91% RSB1, 99,94% RSB2, 99,78% CB1 e 99,58% CB2. Pode-se observar que os percentuais de remoção são relativamente altos em todas as amostras, independente das concentrações na água bruta, sendo que quase ocorre a remoção total do parâmetro após o processamento.

Em relação ao parâmetro cloretos, todas as amostras processadas encontram-se dentro do padrão estabelecido pela Portaria. Pode-se observar que os percentuais de remoção não são homogêneos nas amostras PB1 e PB2. Já as amostras RSB1 e RBS2 mesmo em concentrações diferentes tiveram seus percentuais de remoção bem próximos e relativamente altos se comparados às amostras CB1 e CB2 que mostraram um comportamento praticamente igual.

Para o parâmetro dureza, ocorreram remoções aproximadas de 96,60% na amostra PB1, 96,68% PB2, 70,46% RSB1, 62,78% RSB2, 56,45% CB1, enquanto não tenha sido possível, relação a amostra CB2, determinar o percentual de remoção por já estar abaixo do limite de quantificação. Neste parâmetro não se pode relacionar o percentual de remoção com a concentração inicial das amostras, sendo que todas elas tiveram uma remoção inferior ao limite de quantificação de 6,62 mg CaCO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup>, mostrando então, que este parâmetro será reduzido em casos de águas com teores de dureza dura, mole ou branda.

Quanto a bactéria *Escherichia coli*, todas as águas analisadas após o processamento (tabela 8) encontraram-se abaixo do limite de detecção do método analítico (<1NMP/100mL), apresentando-se de acordo com os padrões estabelecidos pelo Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 05/2017, onde deve ser ausente em 100mL.

## 5. REFERÊNCIAS

AL-HINAI, H.; AL-NASSRI, M.S.; JUBRAN, B.A. Effect of climatic, design and operational parameters on the yield of a simple solar still. *Energy Conversion and Management*, v. 43, p. 1639–1650. 2002.





NUNES, A.P. et al. Qualidade da água subterrânea e percepção dos consumidores em propriedades rurais. Revista Nucleus., v.7, n. 2, out. 2010.

PINTO, F. R. et al. Características da água de consumo animal na área rural da microbacia do córrego rico, Jaboticabal, SP. Ars Veterinaria, Jaboticabal, v. 26, n. 3, p.153-159, ago. 2010.

SATAKE, F.M., ASSUNÇÃO, A. W. A., LOPES, L.G., AMARAL, L. A. Qualidade da água em propriedades rurais situadas na bacia hidrográfica do córrego rico, Jaboticabal. SP. São Paulo, ArsVeterinaria, v. 28, n. 1, p. 48-55, 2012.

CRABTREE, George W.; LEWIS, Nathan S. Solar energy conversion. American Institute of Physics, Physics Today, March 2007.

HANSON, A. et al. Distillate water quality of a single-basin solar still: laboratory and field studies. Solar Energy, v. 76, p. 635–645. 2004.

TUCCI, Carlos E. M. Gestão da água no Brasil. Brasília: UNESCO, 2001. 156 p.

VON SPERLING, Marcos. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3. ed. Belo Horizonte, MG: DESA - UFMG, 2005. 452 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias; v. 1)

ANA (Brasil). Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil. Brasil: Agência Nacional das Águas, 2013.

FUNASA. Manual de Saneamento. 4. ed. rev. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2015.

WEGELIN, M. et al. Solar water disinfection: scope of the process and analysis of radiation experiments. Aqua: Journal of Water Supply Research and Technology, v. 43, p.154-169. 1994.

APHA, 2012. Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater, 22nd Ed.: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. Washington, DC.

SOARES, Clarissa. Tratamento de água unifamiliar através da destilação solar natural utilizando água salgada, salobra e doce contaminada. 2004. 110p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina – SC.

FONSECA, J. J. S. Metodologia da pesquisa científica. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

SAMPIERI, Roberto Hernández; COLLADO, Carlos Fernández; LUCIO, Pilar Baptista. Metodologia de pesquisa. 3. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2006.

LIBANIO, Marcelo. Fundamentos de qualidade e tratamento de água. [2. ed.] São Paulo, SP: Átomo, [2008].

LION, C. A. P. Q., Construção e análise de desempenho de um fogão solar à concentração utilizando dois focos para cozimento direto. 2007. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal - RN.

BRASIL. Portaria de Consolidação Nº 5, de 28 de setembro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Brasil, Disponível em: <<https://alimentusconsultoria.com.br/wp-content/uploads/2017/12/Portaria-de-Consolidação-nº-5.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2018.