

## TECNOLOGIA DE ENVASE DA ÁGUA RECUPERADA DA CONCENTRAÇÃO DE SUCOS CÍTRICOS

LIVIA P. **ABRAHÃO**<sup>1</sup>; ALBA L. A. **COELHO**<sup>2</sup>; JOSÉ E. S. **PATERNIANI**<sup>3</sup>; LUIZ  
A. **VIOTTO**<sup>4</sup>; ROGÉRIO P. **TOCCHINI**<sup>5</sup>

Nº12231

### RESUMO

A água evaporada é produzida em grande volume no processo de concentração de suco de frutas cítricas, sendo separada por condensação no próprio evaporador. Esta água atualmente é utilizada nas indústrias de forma pouco nobre, para limpeza de máquinas, lavagem de frutas e outros processos semelhantes. Considerando que trata-se de produto oriundo da própria fruta o presente trabalho objetivou a obtenção da água, recuperada de laranja, envasada.

Em fase anterior do estudo, foi constatado que os únicos parâmetros da água evaporada que possuíam valores fora dos limites do padrão de potabilidade eram os de cor e turbidez, e ainda que a tecnologia de ultrafiltração por membranas era eficiente na correção desses valores.

Dessa forma, o presente trabalho foi realizado com tecnologia envolvendo as etapas de filtração com carvão ativado, ultrafiltração por membrana, desinfecção por ultravioleta e acondicionamento do produto em garrafas de vidro. A avaliação do produto foi realizada através de análises físico-químicas, perfil de voláteis, substâncias inorgânicas, análise microbiológica e análise sensorial. Foram obtidos resultados sensoriais positivos bastante elevados quanto à aceitação do produto (92,3%) e intenção de compra (75,0%), comprovando assim a viabilidade técnica de aproveitamento da água evaporada, na forma industrializada, para consumo humano.

<sup>1</sup>Bolsista CNPq: Graduação em Eng. de Alimentos, UNICAMP, Campinas, SP.  
livia\_abr@hotmail.com

<sup>2</sup>Orientadora: Pesquisadora, FRUTHOTEC/ITAL, Campinas, SP.

<sup>3</sup>Colaborador: Professor Titular, FEAGRI/UNICAMP, Campinas, SP.

<sup>4</sup>Colaborador: Professor Doutor, FEA/UNICAMP, Campinas, SP.

<sup>5</sup>Colaborador: Pesquisador, FRUTHOTEC/ITAL, Campinas, SP.

## ABSTRACT

The evaporated water is produced in large volume in the process of concentration of citrus juice, being separated by condensation on the evaporator itself. This water is fully exploited by the industry itself, but so ignoble, as cleaning machines, washing fruits and other similar processes. Whereas it is the product from the fruit itself the present work aimed to obtain bottled orange water.

In the previous phase of the study, it was found that the only parameters of the evaporated water that were outside of the limits of potability standards were the color and turbidity, and also the ultrafiltration technology was effective in correcting these values.

Therefore, the present study was conducted with technology involving the steps of filtration with activated carbon, ultrafiltration, ultraviolet disinfection and packaging in glass bottles. The product was evaluated by physical-chemical, inorganic substances, microbiological, sensory analysis and volatiles profile. Sensory results were very positive, showing high acceptance of the product (92.3%) and purchase intent (75.0%), thus proving the technical feasibility of using the evaporated water for human consumption in industrialized form.

## INTRODUÇÃO

O Brasil detém 50% da produção mundial de suco de laranja e exporta 98% do que produz. O estado de São Paulo se destaca, sendo responsável por 70% da produção nacional de laranjas e 98% da produção do suco (Associação Nacional Dos Exportadores De Sucos Cítricos– CitrusBR, 2012).

A indústria citrícola é exemplo de sucesso no aproveitamento integral da matéria prima. Além do suco de laranja concentrado, vários subprodutos são gerados, como produção de “pulp-wash” ou suco de polpa lavada (suco secundário), D-Limoneno, farelo de polpa cítrica (ração animal) e outros em menor volume, não descartando nenhuma parcela da fruta.

Segundo Yamanaka (2005), várias operações na indústria utilizam grande volume de água. Baseiam-se na limpeza/lavagem das frutas, extração/recuperação de sólidos residuais da polpa para obtenção de “pulp-wash”, reposição de água no processo de recuperação de óleo essencial da casca, limpeza dos pisos, equipamentos e banheiros. E, mesmo parte desta água sendo proveniente do evaporador de suco e da fábrica de ração, um volume razoável ainda é captado de mananciais a fim de completar a demanda necessária.

A água evaporada é produzida na etapa de concentração do suco de laranja, a qual ocorre em um evaporador que funciona a vácuo. A unidade evaporadora vem acompanhada de um recuperador de aromas, uma vez que durante a concentração do suco parte dos componentes aromáticos é carregada pela água evaporada, por serem elementos químicos de baixo ponto de ebulição. A separação ocorre por meio da destilação, e o aroma pode ser readicionado ao suco (TOCCHINI et al 1995).

Considerando que trata-se de produto oriundo da própria fruta, o presente trabalho objetivou o aproveitamento da água evaporada, de forma industrializada, para consumo humano, de modo similar à água mineral. Para tanto a caracterização da água foi realizada baseando-se nas RDCs nº 274 e 275 (BRASIL, 2005 a e b) e Portaria 2914 (BRASIL, 2012), verificando-se necessidade de correção nos parâmetros de cor e turbidez. Sakamoto et al (2011) concluíram que a membrana de celulose 30KDa apresentou melhor desempenho para a redução desses parâmetros, além de viabilidade operacional, considerando pressão de operação e nível de estabilização de fluxo.

De acordo com Barreto (2008), os processos de separação por membranas são energeticamente favoráveis, pois geram a separação dos componentes de uma mistura à temperatura ambiente baseando-se na permeabilidade seletiva através de uma membrana.

Para compor a tecnologia de envase, foram utilizados também filtro de carvão ativado e na etapa de desinfecção, radiação ultravioleta. O filtro com carvão ativado é amplamente utilizado para águas residuais, para a adsorção de materiais orgânicos, sendo confiável e econômico (CULP, 1971), principalmente para a eliminação de substâncias que causam odores, sabores e coloração, além de realizar a própria purificação da água (CALGON, 1988).

A radiação ultravioleta possui alto grau de inativação de microrganismos patogênicos em um curto tempo de contato, podendo ser utilizado para grande ou pequeno volume de água, além de atuar fisicamente, não produzindo resíduos tóxicos (PIRES, 1997).

## MATERIAL E MÉTODOS

**Matéria-Prima:** Água evaporada de laranja fornecida pela Louis Dreyfus Commodities, unidade de Engenheiro Coelho - SP.

**Caracterização da Matéria-Prima:** Determinação de propriedades físico-químicas segundo metodologias descritas por APHA (EATON et al., 2005): pH

(pHmetro Digimed DM20), cor (colorímetro HACH DR 2010), turbidez (turbidímetro HACH 2100 NA), condutividade elétrica (condutivímetro Digimed DM31) e dureza (titulometria com EDTA 0,01 N).

**Processamento para obtenção do produto:** Realizado na planta piloto do Instituto de Tecnologia de Alimentos – ITAL, seguindo as seguintes etapas:

Filtração: A matéria prima foi submetida à filtração com carvão ativado, da marca IPABRÁS, modelo portátil de carvão ativado e vazão de 307L/h, sendo o filtrado armazenado em tanque pulmão.

Ultrafiltração: O filtrado foi bombeado do tanque pulmão e submetido à ultrafiltração com membrana de celulose de 30KDa, com configuração espiral, marca NADIR e modelo C030FM fornecida pela FRINGS, de área de 1,6m<sup>2</sup> e vazão de 437 L/h a pressão de 1 bar.

Desinfecção: O permeado do ultrafiltrado foi submetido à desinfecção por radiação ultravioleta, de marca SNatural, modelo UVNAT 1501, com radiação de comprimento de onda de 253,7nm, e dosagem de 30J/cm<sup>2</sup>.

Acondicionamento do produto: Após a desinfecção, o produto foi acondicionado em garrafas de vidro de 300mL em enchadeira de pistão, e fechado manualmente com tampas de metal tipo twist off. As garrafas de vidro e tampas foram previamente lavadas com água filtrada e sanitizadas com vapor indireto à pressão atmosférica.

**Avaliação do produto:** Realizada através de determinações previstas pela ANVISA nas Resoluções nº 274 (BRASIL, 2005a) e nº275 (BRASIL, 2005b), além de propriedades físico-químicas e outras determinações como segue:

Substâncias Inorgânicas: Antimônio, Arsênio, Bário, Boro, Cádmio, Cromo, Cobre, Cianeto, Chumbo, Manganês, Mercúrio, Níquel, Nitrato, Nitrito, Selênio, utilizando metodologia descrita por APHA (EATON et al., 2005).

Microrganismos: Foram analisados utilizando metodologias descritas por APHA (EATON et al., 2005): *Escherichia coli* ou coliformes termotolerantes, em 100mL; Coliformes totais, em 100mL; Enterococos, em 100mL.

Perfil de voláteis: Utilizando metodologia prevista pela NBR 13058 (ABNT, 2003), em condições analíticas descritas a seguir:

Cromatógrafo a gás HP6890 com detecção por espectrometria de massas HP5973; Coluna de sílica fundida: HP-5MS (5% fenil metil siloxano) com comprimento de 30m e diâmetro interno de 0,25 mm; Velocidade linear: 36 cm/s; Temperatura da coluna: inicial: 40 °C/2 min. 10 °C/min. até 125 °C/1 min. 25°C/min. até 250°C/10 min.; Temperatura do vaporizador: 230 °C; Temperatura do detector: 280 °C; Injeção:

*Splitless*; *Solvent Delay*: 1,30 minutos; Fibras: Gray 57328U; Tempo de exposição da fibra na amostra (Adsorção): 60 minutos; Tempo de exposição da fibra no vaporizador (Dessorção): 30 minutos; Técnica utilizada para a concentração dos voláteis *SPME* (micro extração em fase sólida)

Análise sensorial: Realizado no Instituto de Tecnologia de Alimentos – ITAL, conforme diretrizes gerais para testes afetivos descritas por Meilgaard et al. (2006), recrutando 52 consumidores de água engarrafada em geral, sem qualquer tipo de restrição, sendo a amostra apresentada com código de três números aleatórios e servida em temperatura entre 15 e 20°C em copos descartáveis contendo cerca de 60ml. Para a avaliação da aceitabilidade do produto de modo global, presença de aroma e sabor cítrico, e intenção de compra do produto, foi utilizada escala. Questões relacionadas à avaliação do produto, como solicitação de gostos e desgostos associados a cada amostra e razões da resposta em relação à intenção de compra, foram realizadas, além de questões de hábitos de consumo de água engarrafada/industrializada e características pessoais relacionadas à idade e definição de classe social segundo o critério de classificação econômica Brasil 2009 (ABEP, 2011).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises da água recuperada de laranja (matéria prima) foram realizadas em triplicata, e os resultados são apresentados a seguir. Com os dados da Tabela 1 observa-se que o valor médio de condutividade elétrica foi compatível com os resultados obtidos por Sakamoto et al. (2011), não sendo um parâmetro limitante para a qualidade da água para consumo humano, segundo a RDC nº274 (BRASIL, 2005a). Os valores médios de dureza, turbidez e cor aparente também não ultrapassaram os valores máximos permitidos de acordo com a Portaria 2914 (BRASIL, 2012), de 500mg/L, 5 unidades de turbidez e 15 mgPtCo/L, respectivamente.

**TABELA 1.** Análises físico-químicas da água recuperada (matéria prima)

Turbidez (NTU)	Cor (unid. PtCo)	Condutividade (µs/cm a 25°C)	pH	Dureza (mg/L CaCO <sub>3</sub> )
0,96 ± 0,01	4,67 ± 0,6	21,93 ± 0,7	4,50 ± 0,1	0,9 ± 0,01

Convém destacar que a matéria prima utilizada no experimento do presente trabalho foi de qualidade acima da média, possuindo valores de turbidez e cor muito abaixo dos valores médios obtidos na caracterização da água evaporada (de 9,4 NTU e 71 PtCo, respectivamente), quando realizada em trabalho anterior, ao longo da safra de Setembro a Outubro de 2010, por Sakamoto et al. (2011).

Os baixos valores desses parâmetros podem estar relacionados ao funcionamento eficaz do recuperador de aromas, uma vez que essas substâncias podem influenciar na cor e turbidez.

As análises físico-químicas da água recuperada de laranja envasada (produto) também foram realizadas em triplicata, e os resultados obtidos são apresentados na Tabela 2, onde observa-se que os parâmetros de condutividade, dureza, cor aparente e turbidez mantiveram valores dentro dos limites previstos pela RDC 274 (BRASIL, 2005a) e Portaria 2914 (BRASIL, 2012).

**TABELA 2.** Análises físico-químicas da água recuperada envasada (produto)

Turbidez (NTU)	Cor (unid. PtCo)	Condutividade (µs/cm a 25°C)	pH	Dureza (mg/L CaCO <sub>3</sub> )
1,12 ± 0,01	8,33 ± 0,06	6,85 ± 0,1	4,50 ± 0,1	1,49 ± 0,5

Os resultados obtidos na avaliação de substâncias inorgânicas do produto são apresentados na Tabela 3. Apenas o potássio apresentou valor acima do permitido de 0,05mg/L, se enquadrando na categoria de água adicionada de sais, com o limite máximo de 500mg/L de acordo com a Portaria 2.914. Os valores das outras substâncias inorgânicas estão abaixo do valor máximo permitido de acordo com a RDC nº274 (BRASIL, 2005a) e Portaria 2.914 (BRASIL, 2012).

**TABELA 3.** Substâncias inorgânicas da água recuperada envasada (produto)

Elementos	Água	LMP* ** ***
Alumínio (mg/L)	0,017 ± 0,005	0,2*
Antimônio (mg/L)	Nd < 0,003	0,005*
Arsênio (mg/L)	ND < 0,005	0,01*
Bário (mg/L)	0,005 ± 0,001	0,7*
Boro (mg/L)	ND < 0,011	0,7* / 5**
Cádmio (mg/L)	Nd < 0,003	0,005* / 0,003**
Cálcio (mg/L)	0,602 ± 0,003	250***
Chumbo (mg/L)	Nd < 0,003	0,01*
Cobre (mg/L)	ND < 0,003	2* / 1**
Cromo (mg/L)	Nd < 0,003	0,05*
Ferro (mg/L)	0,092 ± 0,003	0,3*
Fósforo (mg/L)	0,013 ± 0,001	-
Magnésio (mg/L)	0,082 ± 0,000	0,5* / 65***
Manganês (mg/L)	Nd < 0,003	0,1* / 0,5**
Níquel (mg/L)	Nd < 0,003	0,07* / 0,02**
Potássio (mg/L)	0,308 ± 0,011	0,05* / 500***
Selênio (mg/L)	Nd < 0,003	0,01*
Sódio (mg/L)	0,273 ± 0,027	200* / 600***
Zinco (mg/L)	0,010 ± 0,002	5*

Nd = não detectado, abaixo do limite de quantificação.

\*LMP = Limite máximo permitido de acordo com Portaria 2914, de 12/12/2011 (água para consumo humano)

\*\*LMP = Limite máximo permitido de acordo com RDC n. 274, de 22/09/2005(Regulamento técnico para águas envasadas e gelo)

\*\*\* Água adicionada de sais

Os resultados obtidos na avaliação microbiológica são apresentados na Tabela 4. Observa-se uma microflora variada, típica de recontaminação pós processo, por “vazamento”, sendo a causa mais provável a de utilização de tampas que não garantiram a hermeticidade da embalagem.

**TABELA 4.** Análises microbiológicas da água recuperada envasada (produto)

Determinação	Resultado
Coliformes totais (UFC/100 ml)	1,3x10 <sup>2</sup>
<i>Escherichia coli</i> (UFC/100ml)	<1
Enterococcus (UFC/100ml)	13

UFC=Unidades Formadoras de Colônias

Quando à avaliação do perfil de voláteis, foi verificada ausência de compostos característicos de laranja, demonstrando sua remoção durante o processamento; tais compostos foram identificados durante a caracterização da matéria prima por Sakamoto et al. (2011).

Tais resultados estão de acordo com os resultados subjetivos, obtidos na avaliação sensorial do produto apresentada a seguir.

Com os resultados obtidos pelo questionário da análise sensorial, obteve-se um perfil dos provadores onde pelo menos 40,4% possuem consumo diário de água engarrafada e somente 9,6% possui um consumo mais raro desse produto (uma vez a cada quinze dias). A maioria citou qualidade e preço, seguido de sabor e facilidade de compra quando informou o que buscava na compra do produto, e o consumo de água em garrafas plásticas possuiu número de citações muito superior ao consumo de água de outros tipos.

Os resultados médios obtidos da análise sensorial são apresentados na Tabela 5. Verifica-se que a amostra obteve média de aceitabilidade do produto de modo global correspondente a “gostei”, e em relação à intensidade de aroma e de sabor cítrico, obteve respectivamente, média situada entre “nenhum” e “muito fraco” e correspondente a “muito fraco” na escala utilizada. Para a intenção de compra, a amostra obteve média correspondente a “provavelmente compraria” na escala utilizada.

Pela Tabela 5 também pode-se observar que em relação à intensidade de aroma e sabor cítrico, 67,3% e 42,3% dos consumidores indicaram não ter percebido esses parâmetros, respectivamente. As maiores frequências de menções positivas referem-se a sabor e aparência, e de menções negativas, ao sabor fraco e adstringência da amostra.



A amostra obteve porcentagens de aceitação e de intenção de compra positiva bastante elevadas, de 92,3% e 75,0 %, respectivamente, ainda de acordo com os valores da Tabela 5.

**TABELA 5.** Resultados obtidos no teste para avaliação da aceitabilidade da água recuperada envasada (produto) de modo global, intensidade de aroma e sabor cítrico e intenção de compra da amostra de água de laranja.

	<b>Aceitabilidade do produto de</b>	<b>Intensidade do aroma cítrico</b>	<b>Intensidade do sabor cítrico</b>	<b>Intenção de compra</b>
Valor médio <sup>1</sup>	7,0 (1,2)	1,5 (0,9)	2,0 (1,2)	4,2 (1,0)
Porcentagens <sup>2</sup>	Aceitação = 92,3%	Nenhum = 67,3%	Nenhum = 42,3%	Positiva = 75,0%
	Indiferença = 1,9%	Muito fraco a fraco = 30,8%	Muito fraco a fraco = 46,2%	Incerta = 21,2%
	Rejeição = 5,8%	Moderado a forte = 1,9%	Moderado a forte = 11,6%	Negativa = 3,9%

<sup>1</sup> Resultado expresso como *média (desvio padrão)* entre 52 avaliações.

<sup>2</sup> Frequência dos valores da escala atribuídos pelos consumidores.

Na ficha de avaliação fornecida, foi solicitado aos provadores que ao expressar a intenção de compra do produto, considerassem que o processo de obtenção do produto não envolveu o uso de conservadores químicos e ainda que esta utilização visa contribuir para o desenvolvimento sustentável na medida em que permite recuperar grandes volumes de água extraídos de sucos de frutas que normalmente seriam descartados. Ao analisar a resposta dos provadores, os maiores números de citações favoráveis à intenção de compra referem-se ao aspecto de sustentabilidade e benefícios ao meio ambiente que a tecnologia oferece e também ao sabor, considerado agradável e similar ao da água normalmente consumida. A maioria das razões relacionadas à intenção de compra incerta ou negativa refere-se ao sabor.

O perfil de agrotóxicos e de substâncias orgânicas foi realizado em trabalho anterior, para a caracterização da matéria prima, e os resultados apresentaram valores abaixo do limite quantificável em todas as amostras. (SAKAMOTO et al.,2011)

## CONCLUSÃO

O produto obtido atendeu aos padrões brasileiros de potabilidade e também à Resolução Técnica para Água mineral e mineralizada, adotados como referência no presente trabalho. Além disso, o produto foi bem aceito sensorialmente, com percentual positivo elevado de intenção de compra e aceitação do produto. Desse modo, a viabilidade técnica de aproveitamento da água evaporada na forma



industrializada para consumo humano foi comprovada; quanto à detecção de recontaminação pós processo do produto, será realizada adequação, através da substituição das embalagens utilizadas na continuidade do trabalho.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pelo financiamento do estudo e pela concessão de Bolsa de Iniciação Científica PIBIC.

Ao FRUTHOTEC/ITAL, pela oportunidade de estágio, e à Louis Dreyfus Commodities Agroindustrial Ltda., pela colaboração.

## REFERÊNCIAS

ABEP - Associação Brasileira de Empresas de Pesquisa. **Critério de Classificação Econômica Brasil**. Dados com base no levantamento Sócio Econômico 2009 – IBOPE. ABEP, 2011. Disponível em [www.abep.org](http://www.abep.org). Acesso em 12/06/2012. 4p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **Embalagens flexíveis- análise de solventes residuais. NBR 13058**. Rio de Janeiro: ABNT, 2003, 4 p.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS EXPORTADORES DE SUCOS CÍTRICOS – CITRUSBR. **O retrato da citricultura brasileira**. <[http://www.citrusbr.com.br/download/biblioteca/o\\_retrato\\_da\\_citricultura\\_brasileira\\_baixa.pdf](http://www.citrusbr.com.br/download/biblioteca/o_retrato_da_citricultura_brasileira_baixa.pdf)> Acesso em: 12 de Junho de 2012.

BARRETO, A. G. **Clarificação e concentração do suco de camu camu por processo de separação com membranas**. 2008. 75f. Tese (Mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro

BRASIL. Ministério da saúde. **Portaria 2914**. Qualidade da água para consumo humano e padrão de potabilidade. Resolução ANVISA, Brasília, 12 de dezembro de 2012. 10p

BRASIL. Ministério da Saúde. **RDC nº 274**. Regulamento Técnico para Águas Envasadas e Gelo. Resolução ANVISA, Brasília, 22 de setembro de 2005 a). 8p.

BRASIL. Ministério da Saúde. **RDC nº 275**. Regulamento Técnico de Características Microbiológicas para Água Mineral e Água Natural. Resolução ANVISA, Brasília, 22 de setembro de 2005 b). 3p.

CALGON CARBON CORPORATION. **For liquid phase applications**. Pittsburg, 1988. 7p.

CULP, R. L; CULP, G. L. **Advanced Wastewater Treatment**. New York, 1971, 230p.



- MEILGAARD, M., CIVILLE, G. V., CARR, B. T. **Sensory Evaluation Techniques**, 4<sup>th</sup> edition, CRC Press, Inc., Boca Raton, FL, 2006. 448 p.
- EATON, A. D.; CLESCERI, L. S.; RICE, E. W.; GREENSBERG, A. E; FRANSON, M. A. (eds), **Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater**, 21<sup>st</sup> ed. Washington, D.C.: American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) & Water Environment Federation (WEF), 2005. Part 9000.
- PIRES, R. M. **Desinfecção de água para abastecimento com radiação ultravioleta: Eficiência bactericida e uma análise econômica e energética**. 1997. 85f. Tese (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.
- SAKAMOTO, T.; PORTELA, L. V.; COELHO, A. L. A.; PATERNIANI, J. E. S. **Viabilidade técnica do aproveitamento para o consumo humano da água evaporada na industrialização do suco de laranja concentrado**. 5º CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA – CIIC 2011. Campinas – SP, 2011, 8p.
- YAMANAKA, H. T. **Sucos cítricos**. São Paulo: CETESB, 2005. 16;26;45p. (Série P+L).
- TOCCHINI, R. P., NISIDA, A. L. C. A., DE MARTIN, Z. J. **Industrialização de polpas, sucos e néctares de frutas**: Campinas: ITAL, 1995. 85p. (Manual Técnico).