



ALBA LUCIA ANDRADE COELHO

**VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DO
APROVEITAMENTO PARA CONSUMO HUMANO DA ÁGUA
EVAPORADA NA INDUSTRIALIZAÇÃO DE SUCO DE
LARANJA CONCENTRADO**

CAMPINAS
2013



UNICAMP

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**

ALBA LUCIA ANDRADE COELHO

**VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DO APROVEITAMENTO
PARA CONSUMO HUMANO DA ÁGUA EVAPORADA NA
INDUSTRIALIZAÇÃO DE SUCO DE LARANJA CONCENTRADO**

Orientador: Prof. Dr. JOSÉ EUCLIDES STIPP PATERNIANI

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Agrícola da Faculdade de Engenharia Agrícola da
Universidade Estadual de Campinas para obtenção do título de
Doutor em Engenharia Agrícola, na área de concentração em Água e Solo

**ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA TESE
DEFENDIDA PELA ALUNA ALBA LUCIA ANDRADE COELHO
E ORIENTADA PELO PROF. DR. JOSÉ EUCLIDES STIPP PATERNIANI**

**CAMPINAS
2013**

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Área de Engenharia e Arquitetura
Rose Meire da Silva - CRB 8/5974

C65v Coelho, Alba Lucia Andrade, 1960-
Viabilidade técnica e econômica do aproveitamento para consumo humano da água evaporada na industrialização de suco de laranja concentrado / Alba Lucia Andrade Coelho. – Campinas, SP : [s.n.], 2013.

Orientador: José Euclides Stipp Paterniani.
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Água recuperada. 2. Suco de laranja - Indústria. 3. Suco de laranja - Indústria - Subprodutos. I. Paterniani, José Euclides Stipp, 1957-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Technical and economic viability of use for human consumption of the evaporated water in the concentrated orange juice industrialization.

Palavras-chave em inglês:

Recovered water

Orange juice - Industry

Orange juice - Industry - Byproducts

Área de concentração: Água e Solo

Titulação: Doutora em Engenharia Agrícola

Banca examinadora:

José Euclides Stipp Paterniani [Orientador]

José Gasparino Filho

José Maurício de Aguirre

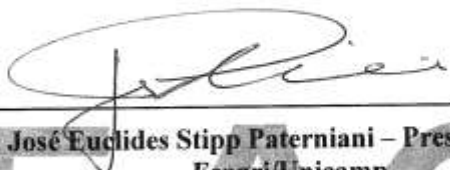
Marco Roberto Pires

Ariovaldo José da Silva

Data de defesa: 07-06-2013

Programa de Pós-Graduação: Engenharia Agrícola

Este exemplar corresponde à redação final da **Tese de Doutorado** defendida por **Alba Lucia Andrade Coelho**, aprovada pela Comissão Julgadora em 07 de junho de 2013, na Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas.



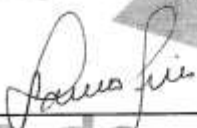
Prof. Dr. José Euclides Stipp Paterniani – Presidente e Orientador
Feagri/Unicamp



Dr. José Gasparino Filho - Membro Titular
ITAL



Dr. José Mauricio de Aguirre – Membro Titular
ITAL



Prof. Dr. Marco Roberto Pires - Membro Titular
FAM



Prof. Dr. Ariovaldo José da Silva - Membro Titular
Feagri/Unicamp

Aos meus filhos Vítor, Livia e Marcelo

AGRADECIMENTOS

Aos meus Pais, Paulo e Lúcia pelo apoio e carinho.

Ao meu orientador, Prof. Dr. José Euclides Stipp Paterniani, por mais que orientar, ao transmitir espírito de parceria, otimismo, amizade e confiança, determinantes para a condução do presente trabalho.

Ao Pesquisador Rogerio Tocchini, que além de ter compartilhado a idéia original deste trabalho, esteve presente como um co-orientador informal durante toda a execução deste e também de inúmeros trabalhos realizados no Fruthotec do Ital.

Ao Pesquisador Dr. José Gasparino Filho pelas decisivas colaborações e sugestões na área de engenharia e instalações industriais.

Ao Prof. Dr. Luis Antonio Viotto, pela generosidade, disponibilidade e colaboração essencial na área de processos de separação por membranas e também à técnica Camila do LAMEF/FEA

Ao Fruthotec/Ital pela permissão e apoio para participação em Programa de Pós-Graduação

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pelo financiamento deste trabalho.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa pela concessão de bolsa de estudos

À Louis Dreyfus Commodities pela colaboração ao ceder a matéria-prima para condução dos experimentos, especialmente na pessoa de Antonio Carlos Gonçalves pelo incentivo e decisivo apoio e a Antonio Donizetti Martins pela franca disponibilidade em colaborar.

Aos meus colegas do Ital que colaboraram na execução deste trabalho: Valéria Cristina Amstalden Junqueira, Eliete Vaz de Faria, Marcelo Morgano, Marisa Padula, José Roberto Cavichiolo e José Mauricio de Aguirre.

Aos funcionários de apoio do Fruthotec Fabíola, Eliseu, Roseli, Sebastião, Lília, Marlene, pelo valioso empenho nos experimentos em Planta Piloto e também à Ana, Regina e Chrissiane pelo apoio administrativo.

Aos estagiários Daniel Gonçalves, Larissa Portela, Tatiana Sakamoto, Livia Abrahão e Renan B. Lima pela colaboração na realização dos experimentos.

A Roberto Nonato, da Frings do Brasil, pela sempre pronta disponibilidade para trocar informações técnicas sobre membranas.

Aos funcionários da Feagri, que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho, especialmente ao Giovani Brota pela disponibilidade e tranquilidade transmitidas.

Ao Prof. Dr. Ariovaldo José da Silva pelos comentários e sugestões sobre tratamento de efluentes.

Ao Dr. Marcelo Pohlmann pelas informações e sugestões sobre equipamentos utilizados nos tratamentos de efluentes líquidos visando reuso potável.

À Feagri – Unicamp, pela oportunidade e acolhida, e em especial aos Professores Denis Miguel Roston, Raquel Gonçalves, Mauro José Andrade Tereso, José Teixeira Filho pelos conhecimentos que ofereceram nas disciplinas cursadas.

“A verdadeira viagem de descobrimento não consiste em procurar novas paisagens, mas em ter novos olhos”

Marcel Proust

RESUMO

Além do suco de laranja concentrado congelado, as indústrias do setor produzem vários subprodutos. A água evaporada é produzida na etapa de concentração do suco, sendo separada por condensação no próprio evaporador. Essa água evaporada é totalmente aproveitada pelas próprias indústrias em várias operações, porém de forma pouco nobre. Considerando que trata-se de produto oriundo da própria fruta, o presente trabalho teve como proposta o seu aproveitamento para comercialização na forma de “água da fruta” envasada para consumo humano, avaliando ainda a viabilidade econômica dessa forma de aproveitamento. Também foi proposta uma tecnologia para tratamento dos efluentes líquidos das indústrias cítricas, permitindo sua recirculação. Para avaliar a viabilidade técnica e econômica do aproveitamento para consumo humano, de parte da água evaporada durante a produção de sucos cítricos concentrados, foram realizadas as etapas de caracterização da água evaporada de suco de laranja, identificando os parâmetros que necessitavam correção (cor e turbidez), adotando padrão brasileiro para água envasada para consumo humano como referência. Em seguida, foi identificada tecnologia para adequar os parâmetros de qualidade da água evaporada, para alcançar padrões para consumo humano, envolvendo filtração em carvão ativado, ultrafiltração (membrana Celulose 30 KDa) e desinfecção por ultravioleta. O produto obtido foi então caracterizado por análises de substâncias inorgânicas e orgânicas, agrotóxicos, propriedades físicas e perfil de voláteis, se enquadrando no padrão brasileiro para águas minerais e mineralizadas, comprovando assim, a viabilidade técnica do aproveitamento para consumo humano. Quanto à análise sensorial, a aceitação foi de cerca de 50%, quando a água de laranja foi produzida a partir de água evaporada de suco de laranja concentrado em final de safra. Por outro lado, foram observadas tendências de aceitação superior a 90% quando o produto foi processado a partir de fruta de pico de safra. Para avaliar a viabilidade econômica, foi elaborado anteprojeto de instalação industrial hipotética para produção de 1.000 litros/hora de água de laranja envasada. O ponto de equilíbrio obtido com a estrutura de custos e receitas recomendou uma utilização da capacidade produtiva superior a 57,04% e revelou possibilidade de sucesso devido a significativa taxa interna de retorno de 28,30% ao ano e um tempo de recuperação do capital ao redor de 3,5 anos. Quanto ao tratamento de efluentes da

indústria cítrica visando reuso potável, a estimativa realizada apontou que os recursos gerados pela unidade industrial de produção de água de laranja não são suficientes para implantar e operar uma estação de tratamento de efluentes no cenário atual, se membrana MBR for utilizada, podendo contribuir apenas parcialmente para tal implantação.

PALAVRAS CHAVE: Água recuperada; Suco de laranja - Indústria; Suco de laranja - Indústria - Subprodutos

ABSTRACT

Besides the frozen concentrated orange juice, industry sector produce several byproducts. The evaporated water is produced in the juice concentration step, being separated by condensation in the evaporator itself. This evaporated water is fully exploited by the industries themselves in various operations, but so little noble. Whereas it is a product from the fruit itself, the present study proposed its use for marketing in the form of "fruit water" bottled for human consumption, still assessing the economic viability of this form of exploitation. It was also proposed a wastewater treatment for citrus industries, allowing their reuse, and its costs estimated. To evaluate the technical and economic viability of utilization for human consumption of the water evaporated during the production of citrus juice concentrates, the following steps took place: characterization of evaporated water orange juice, identifying parameters that needed correction (color and turbidity), adopting the Brazilian standards for bottled water for human consumption as a reference. Then, a technology was identified to match the quality parameters of the evaporated water, to achieve standards for human consumption, involving activated carbon filtration, ultrafiltration (30 kDa cellulose membrane) and ultraviolet disinfection. The product was then characterized by analysis of inorganic and organic substances, pesticides, physical properties and volatiles profile. The technical viability of "orange water" was proved by the results obtained. As for the sensory analysis, the acceptance was about 50%, when the "orange water" was produced from evaporated water from concentrated orange juice at the end of harvest. Furthermore, acceptance trends observed were above 90% when the product was processed from fruit crop peak. To evaluate the economic feasibility, it was prepared an hypothetical industrial facility draft for production of 1000 liters / hour of bottled orange water. The equilibrium point achieved with the costs and revenues recommended a capacity utilization of more than 57.04%; the chance of success was revealed due to significant internal rate of return of 28.30% per year and a capital recovery time around 3.5 years. About the citrus industry wastewater treatment aiming reuse, the performed estimation showed that the resources generated by the orange water producing plant are not enough to deploy and operate a wastewater treatment plant in the current scenario, if MBR membrane is used, but it may

contribute only partially for such deployment.

KEY WORDS: Recovered water; Orange juice - Industry; Orange juice – Industry - Byproducts

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Fluxograma básico de industrialização de suco concentrado congelado de laranja.....	6
Figura 2. Processos de separação por membranas.....	12
Figura 3. Curva típica do fluxo de permeado.....	14
Figura 4. Esquema de unidade de micro, ultra e nanofiltração de uso laboratorial.....	30
Figura 5. Unidade Laboratorial, Laboratório de Medidas Físicas, FEA/UNICAMP...	30
Figura 6. Esquema de Unidade Piloto.....	32
Figura 7. Unidade Piloto, Laboratório de Medidas Físicas, FEA/UNICAMP.....	33
Figura 8 – Vista lateral de linha de processamento de água de laranja.....	35
Figura 9. Vista superior da linha de processamento de água de laranja	35
Figura 10. Fluxograma de processamento para obtenção de três lotes de água de laranja.....	36
Figura 11. Vista lateral da instalação de ultrafiltro e ultravioleta.....	37
Figura 12. Vista frontal da instalação de ultrafiltro e ultravioleta.....	38
Figura 13. Operação de acondicionamento do produto na fase de enchimento de garrafas.....	38
Figura 14. Operação de acondicionamento do produto na etapa de fechamento manual de tampas de metal.....	39
Figura 15. Túnel de exaustão.....	40
Figura 16. Cestos de aço inoxidável após exaustão.....	40
Figura 17. Imersão em água em ebulição	40
Figura 18. Resfriamento	40

Figura 19. Fluxograma quantitativo básico para obtenção de água da laranja envasada.....	46
Figura 20. Cromatograma típico obtido para caracterização da água evaporada.....	53
Figura 21. Fluxo de permeado através de membranas CEL30 sob pressão de 1 e 2 bar (P1 e P2 respectivamente) em experimentos de UF realizados em unidade laboratorial.....	55
Figura 22. Fluxo de permeado de água de limão filtrada em unidade piloto utilizando membrana CEL30 sob pressão de 1 bar.....	57
Figura 23. Fluxo de permeado através de membranas CEL30 sob pressão de 1 bar em experimentos de UF realizados em unidade laboratorial utilizando água de laranja.....	59
Figura 24. Fluxo de permeado através de membranas CEL30 sob pressão de 1 bar em experimento de UF realizado em planta piloto utilizando amostra de água de laranja.....	59
Figura 25. Amostras de Água de Laranja obtidas nos três processamentos; Lote I (12/12/12), Lote II (07/01/13) e Lote III (10/01/13).....	62
Figura 26. Cromatograma típico obtido para Água de Laranja processada em Planta Piloto.....	64
Figura 27. Faixa etária (a) e classe social (b) médias dos grupos de consumidores recrutados para avaliação de Água de Laranja.....	66
Figura 28. Frequência de consumo de água engarrafada (a), tipos de água mais consumidos (b e c), marcas mais consumidas (d) e razões de preferência pelas marcas indicadas (e) em média pelos grupos de consumidores recrutados para avaliação das amostras.....	66
Figura 29. Distribuição em frequência dos valores da escala atribuídos pelos consumidores à amostra de <i>água de laranja</i> - Lote I, quanto à aceitabilidade do produto de modo global (a), intensidade de aroma (b) e sabor (c) cítrico e intenção de compra (d)	68

Figura 30. Distribuição em frequência dos valores da escala atribuídos pelos consumidores à amostra de *água de laranja – Lote II*, quanto à aceitabilidade do produto de modo global (a), intensidade de aroma (b) e sabor (c) cítrico e intenção de compra (d)..... 72

Figura 31. Distribuição em frequência dos valores da escala atribuídos pelos consumidores à amostra de *água de laranja – Lote III*, quanto à aceitabilidade do produto de modo global (a), intensidade de aroma (b) e sabor (c) cítrico e intenção de compra (d)..... 76

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Variedades de laranjas <i>Citrus sinensis</i> processadas em cada uma das dez datas de coleta de amostras de água evaporada em 2010.....	25
Tabela 2. Resultados das análises de propriedades físicas da água evaporada nas dez datas de coleta de amostras.....	48
Tabela 3. Resultados das análises microbiológicas da água evaporada nas dez datas de coleta de amostras.....	49
Tabela 4. Resultados das análises de substâncias inorgânicas da água evaporada nas dez datas de coleta de amostras.....	51
Tabela 5. Resultados da caracterização do perfil de voláteis da água evaporada nas dez datas de coleta de amostras.....	52
Tabela 6. Características das membranas utilizadas nos ensaios preliminares, em unidade laboratorial.....	54
Tabela 7. Análises físicas de alimentação, permeado e retentado de água de limão filtrada em membranas CEL 30 sob pressão de 1 bar e CEL30 sob pressão de 2 bar, em unidade laboratorial.....	56
Tabela 8. Análises físicas de alimentação, permeado e retentado de água de limão filtrada em unidade piloto utilizando membrana CEL30 sob pressão de 1 bar.....	58
Tabela 9. Análises físicas alimentação, permeado e retentado de água de laranja filtradas em unidade laboratorial e piloto utilizando membrana CEL30 sob pressão de 1 bar.....	60
Tabela 10. Propriedades físicas dos três lotes de água evaporada coletados para o processamento de três lotes de água de laranja.....	61
Tabela 11. Propriedades físicas dos três lotes de Água de Laranja processados em Planta Piloto.....	62

Tabela 12. Análises de substâncias inorgânicas nos três lotes de Água de Laranja processados em Planta Piloto.....	63
Tabela 13. Resultados das análises microbiológicas nos três lotes de Água de Laranja processados.....	65
Tabela 14. Resultados obtidos no teste para avaliação da aceitabilidade do produto de modo global, intensidade de aroma e sabor cítrico e intenção de compra da amostra de Água de laranja - Lote I	67
Tabela 15. Gostos e desgostos descritos pelos consumidores em relação à amostra de Água de Laranja - Lote I	69
Tabela 16. Razões para a intenção de compra indicadas pelos consumidores em relação à amostra de Água de laranja - - Lote I	70
Tabela 17. Resultados obtidos no teste para avaliação da aceitabilidade do produto de modo global, intensidade de aroma e sabor cítrico e intenção de compra da amostra de Água de laranja – Lote II	71
Tabela 18. Gostos e desgostos descritos pelos consumidores em relação à amostra de Água de Laranja - Lote II	73
Tabela 19. Razões para a intenção de compra indicadas pelos consumidores em relação à amostra de Água de laranja – Lote II	75
Tabela 20. Resultados obtidos no teste para avaliação da aceitabilidade do produto de modo global, intensidade de aroma e sabor cítrico e intenção de compra da amostra de Água de laranja – Lote III	76
Tabela 21. Gostos e desgostos descritos pelos consumidores em relação à amostra de Água de laranja – Lote III	77
Tabela 22. Razões para a intenção de compra indicadas pelos consumidores em relação à amostra de Água de laranja – Lote III	78

Tabela 23. Resultados obtidos no teste para avaliação da aceitabilidade do produto de modo global, intensidade de aroma e sabor cítrico e intenção de compra da amostra de Água de Laranja - LOTE Junho/12	80
Tabela 24. Gostos e desgostos descritos pelos consumidores em relação à amostra de Água de Laranja - LOTE Junho/12	80
Tabela 25. Razões para a intenção de compra indicadas pelos consumidores em relação à amostra de Água de Laranja - LOTE Junho/12	81
Tabela 26. Estimativa do investimento fixo necessário para a implantação da unidade industrial de água de laranja.....	86
Tabela 27. Estimativa do capital de giro necessário para a implantação da unidade industrial de água de laranja.....	86
Tabela 28. Estimativa do custo fixo anual necessário para a implantação de uma unidade industrial para obtenção de água de laranja.....	87
Tabela 29. Estimativa do custo variável anual incorrido na industrialização de água de laranja.....	88
Tabela 30. Resultados da análise de sensibilidade obtida com a implantação da unidade industrial de processamento de água de laranja.....	96
Tabela 31. Sumário dos indicadores econômicos da unidade de tratamento e engarrafamento de água da concentração do suco de laranja.	98

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. Histórico da industrialização de suco de laranja concentrado congelado.....	3
2.2. O aproveitamento da água evaporada durante concentração de sucos.....	9
2.3. Tecnologia de industrialização de água evaporada.....	11
2.4. Aspectos do tratamento de efluentes líquidos e perspectivas de reuso.....	17
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	25
3.1. Matéria-prima.....	25
3.2. Caracterização da matéria-prima.....	25
3.2.1. Substâncias Inorgânicas.....	26
3.2.2. Substâncias Orgânicas	26
3.2.3. Agrotóxicos	26
3.2.4. Microrganismos	26
3.2.5. Propriedades Físicas	27
3.2.6. Perfil de voláteis	27
3.3. Seleção da Tecnologia de Membrana para correção de cor e turbidez	28
3.3.1. Ensaio em Unidade Laboratorial	29
3.3.2. Ensaio em Unidade Piloto	31
3.3.3. Avaliação dos processos de filtração por membranas	34
3.4. Processamento de “água de laranja” em escala piloto	34
3.4.1. Avaliação da segurança microbiológica da tecnologia	34

3.4.2. Processamento de três lotes experimentais de água de laranja	34
3.5. Caracterização do produto	41
3.6. Viabilidade Econômica de uma unidade produtora de água de laranja	42
3.6.1. Estrutura de custos e receitas	44
3.6.2. Estimativa da viabilidade econômica do projeto	44
3.7. Estimativa da viabilidade do tratamento de efluentes líquidos visando reuso ..	44
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
4.1. Matéria-prima	47
4.2. Caracterização da matéria-prima	47
4.3. Seleção da Tecnologia de Membrana para correção de cor e turbidez	54
4.4. Processamento de “água de laranja” em escala piloto	60
4.5. Caracterização do produto	62
4.6. Viabilidade Econômica de uma unidade produtora de água de laranja	82
4.7. Estimativa da viabilidade do tratamento de efluentes líquidos visando reuso ..	99
5. CONCLUSÕES	102
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	104
APÊNDICES	111

1. INTRODUÇÃO

As indústrias produtoras de suco concentrado utilizam tecnologias avançadas e são um dos exemplos de sucesso no aproveitamento integral de um produto agrícola. Além do suco de laranja concentrado congelado, produzem vários subprodutos, entre eles: pulp-wash ou suco de polpa lavada (suco secundário), D-Limoneno, farelo de polpa cítrica (ração animal), óleo essencial, de tal forma que praticamente nenhuma fração da fruta é descartada; todos os resíduos incorporam valor e transformam-se em subprodutos de valor comercial.

Nesse contexto, a água evaporada durante a concentração de sucos pode ser considerada exceção, pois é o maior volume gerado nos processos, representando cerca de 40% da fruta que adentra a indústria. Atualmente, ela é utilizada totalmente pelas próprias indústrias, de várias formas pouco nobres, compreendendo a limpeza/lavagem das frutas, a extração/recuperação de sólidos residuais da polpa para obtenção do pulp-wash, reposição de água no processo de recuperação de óleo essencial da casca, recuperação de calor para uso em caldeiras, limpeza de pisos, equipamentos e banheiros.

A água evaporada é produzida na etapa de concentração do suco, sendo separada por condensação no próprio evaporador. Trata-se portanto, de uma água oriunda da própria fruta, trazendo consigo um apelo muito interessante para consumo humano, com potencial para ser comercializada como “água da fruta”.

Considerando que o suco de laranja é concentrado aproximadamente seis vezes em termos de sólidos solúveis, pode-se calcular por um simples balanço de massa que para cada quilo de suco concentrado congelado, são produzidos teoricamente cerca de 4,9 quilos de água evaporada. Outrossim, considerando-se uma exportação média histórica brasileira de 1 milhão e 200 mil toneladas de suco concentrado por ano, pode-se inferir que são produzidos ao ano cerca de 5,9 bilhões de litros de água evaporada, ou “água da fruta”.

Todo esse volume de água ainda é insuficiente para suprir as diversas operações industriais do setor, que continuam captando um volume significativo de água de mananciais para complementar suas demandas. Estima-se que a água evaporada em cada planta industrial represente atualmente cerca de 35 a 40% de suas necessidades. Segundo informações de

profissionais do setor, existe um questionamento pelas instâncias públicas competentes, no sentido de reduzir essa captação.

O presente trabalho levantou a hipótese de que o aproveitamento da água evaporada de suco concentrado congelado, na forma de “água da fruta” envasada para consumo humano é técnica e economicamente viável, sendo comercializada de modo similar ao de água mineral ou mineralizada..

Também foi estimada, teoricamente, a viabilidade dos recursos provenientes da industrialização de “água de laranja” custearem o tratamento da água efluente de outras operações da planta industrial, promovendo o reuso ou recirculação dessa água, com objetivo de reduzir o volume de captação extra de água de mananciais para tais operações.

Para testar a hipótese levantada, foram delineados os seguintes objetivos:

- Caracterização experimental da água evaporada de sucos cítricos produzida por planta industrial instalada no município de Engenheiro Coelho no estado de São Paulo, identificando aspectos de qualidade que necessitassem correção, adotando como referência as RDCs 274 e 275, que contemplam o regulamento técnico brasileiro para água mineral e mineralizada.
- Identificação experimental de tecnologia para industrialização de “água de laranja”, e caracterização do produto obtido.
- Elaboração de anteprojeto de instalação industrial para produção da água de laranja envasada e avaliação da viabilidade econômica do empreendimento.
- Proposição de tecnologia de tratamento para efluentes líquidos de outras operações industriais, visando seu reuso.
- Estimativa de custo dos tratamentos propostos para os efluentes líquidos, para comparação com o lucro obtido pela instalação industrial envasadora de água projetada neste trabalho.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O capítulo de Revisão Bibliográfica irá contemplar um breve histórico sobre a industrialização de suco concentrado congelado de laranja no Brasil, contextualizando o panorama do atual aproveitamento de água evaporada pelas indústrias deste setor. Em seguida, apresenta-se uma revisão sobre o estado da técnica sobre o aproveitamento da água evaporada durante a concentração de sucos cítricos. Serão também reportadas brevemente, as tecnologias utilizadas para compor o processo de acondicionamento de águas industrializadas. Ao final, será abordado o tratamento de efluentes líquidos gerados pelas indústrias cítricas, bem como as perspectivas de seu reuso.

2.1. Histórico da industrialização de suco de laranja concentrado congelado

A primeira fábrica de suco concentrado congelado, implantada no Brasil nos anos 50, foi praticamente um transplante feito dentro dos moldes norte-americanos. Foi somente na década de 60 que a indústria brasileira de suco e outros subprodutos da laranja ganhou impulso. A motivação foi a grande geada que, em 1962, destruiu grande parte da citricultura dos Estados Unidos, segundo a Associação Brasileira dos Exportadores de Cítricos (2009), a Abecitrus.

A falta de suco provocada pela geada transformou o Brasil em um promissor polo alternativo para os mercados norte americanos e europeus. Foram sendo criadas então pequenas fábricas, quase experimentais, no interior paulista.

As estatísticas oficiais registram algumas exportações de suco de laranja em 1961 e 1962. Mas, a indústria brasileira de cítricos voltada para a exportação nasceu em 1963, quando exportou mais de 5 mil toneladas de suco, arrecadando pouco mais de 2 milhões de dólares.

O Brasil, impulsionado pelo crescimento das exportações e pelo desenvolvimento da indústria citrícola, é hoje o maior produtor mundial de laranjas e o estado de São Paulo é responsável por 70% da produção nacional de laranjas e 98% da produção de suco.

Segundo a Abecitrus (2009) o sistema agroindustrial da laranja brasileiro atende cerca de 50% da demanda e 75% das transações internacionais, trazendo anualmente mais de US\$1 bilhão em divisas para o Brasil, no centro de uma cadeia produtiva que gera PIB equivalente a US\$5 bilhões de dólares.

O setor emprega diretamente cerca de 400 mil pessoas e é atividade econômica essencial de 322 municípios paulistas e 11 mineiros, constituindo-se na maior citricultura do mundo.

Depois de crescer substancialmente, o parque citrícola encolheu em 2000 para 700 mil hectares e 180 milhões de árvores. Apesar da redução de 12% na área plantada e de 11% no número de árvores, a produção cresceu 30%, o que demonstra o significativo aumento de produtividade e capacitação do setor produtivo brasileiro.

As indústrias do setor utilizam tecnologias avançadas e é um dos exemplos de sucesso no aproveitamento integral de um produto agrícola.

A Figura 1 apresenta um fluxograma simplificado dos processos industriais envolvidos na obtenção de suco concentrado congelado de laranja (FCOJ), e seus principais subprodutos: pulp-wash ou suco de polpa lavada (suco secundário), D-Limoneno, óleo essencial e farelo de polpa cítrica (ração animal).

Observando a Figura 1, é possível perceber que praticamente nenhuma fração da fruta é descartada; todos os resíduos incorporam valor e transformam-se em subprodutos de valor comercial.

Nesse ciclo, a água evaporada pode ser considerada exceção, pois é o maior volume gerado, cerca de 40% da fruta que adentra a indústria. Atualmente, ela é utilizada de várias formas, como também pode ser observado na Figura 1.

A água evaporada é produzida durante a etapa de concentração. Segundo Tocchini *et al* (1995), o suco é concentrado em evaporador que funciona a vácuo. Neste equipamento, o suco é submetido inicialmente a um aquecimento à temperatura de 90°C durante 30 a 40 segundos. Esse tratamento térmico tem por finalidade principal promover a inativação dos enzimas pectinolíticos.

Este enzima apresenta o máximo de atividade por volta de pH 7,0 a 7,5. É motivo de grande atenção no processamento de frutas cítricas, por ser uma das principais causas da instabilidade conhecida como perda de opacidade e geleificação no suco não-pasteurizado ou em concentrados congelados.

A temperatura de tratamento do suco e o tempo de retenção são dependentes do pH, o qual se eleva com o avanço da safra, aproximando-se cada vez mais do pH ideal para a atividade do enzima, no final da safra. Assim, tratamentos mais severos são empregados para o suco de fim de safra.

O equipamento para concentração do suco pode funcionar com até 8 estágios e 6 efeitos. Este equipamento possibilita uma economia de energia, pois evapora, para cada quilo de vapor introduzido, 5,3 quilos de água. A temperatura de evaporação do suco varia de 85°C no primeiro estágio até 40°C no último.

Nestas condições, o suco entra em ebulição às temperaturas acima mencionadas, devido ao vácuo existente no respectivo estágio de evaporação. A água na forma de vapor é separada do suco de laranja e serve como meio de aquecimento para estágios que trabalham a temperaturas menores (vácuo maior), onde ela se condensa. Esta água condensada é geralmente encaminhada à área de lavagem das frutas, visando à economia de água na fábrica. Uma parte dos vapores separados nos últimos estágios é condensada numa coluna barométrica, proporcionando, assim, um vácuo suplementar ao evaporador.

Durante a concentração do suco, parte dos componentes aromáticos é carregada pela água evaporada, visto que são elementos químicos de baixo ponto de ebulição, como ésteres, éteres, etc.; assim, a unidade evaporadora deverá vir acompanhada de uma outra unidade para recuperação dos aromas, o recuperador de aromas. Por meio da destilação, os aromas, que são elementos de cabeça, são separados do restante. O aroma assim recuperado pode ser readicionado ao suco posteriormente.

Tanto o equipamento de evaporação como o recuperador de aromas têm que trabalhar em perfeito sincronismo, para obtenção de um produto final de alta qualidade.

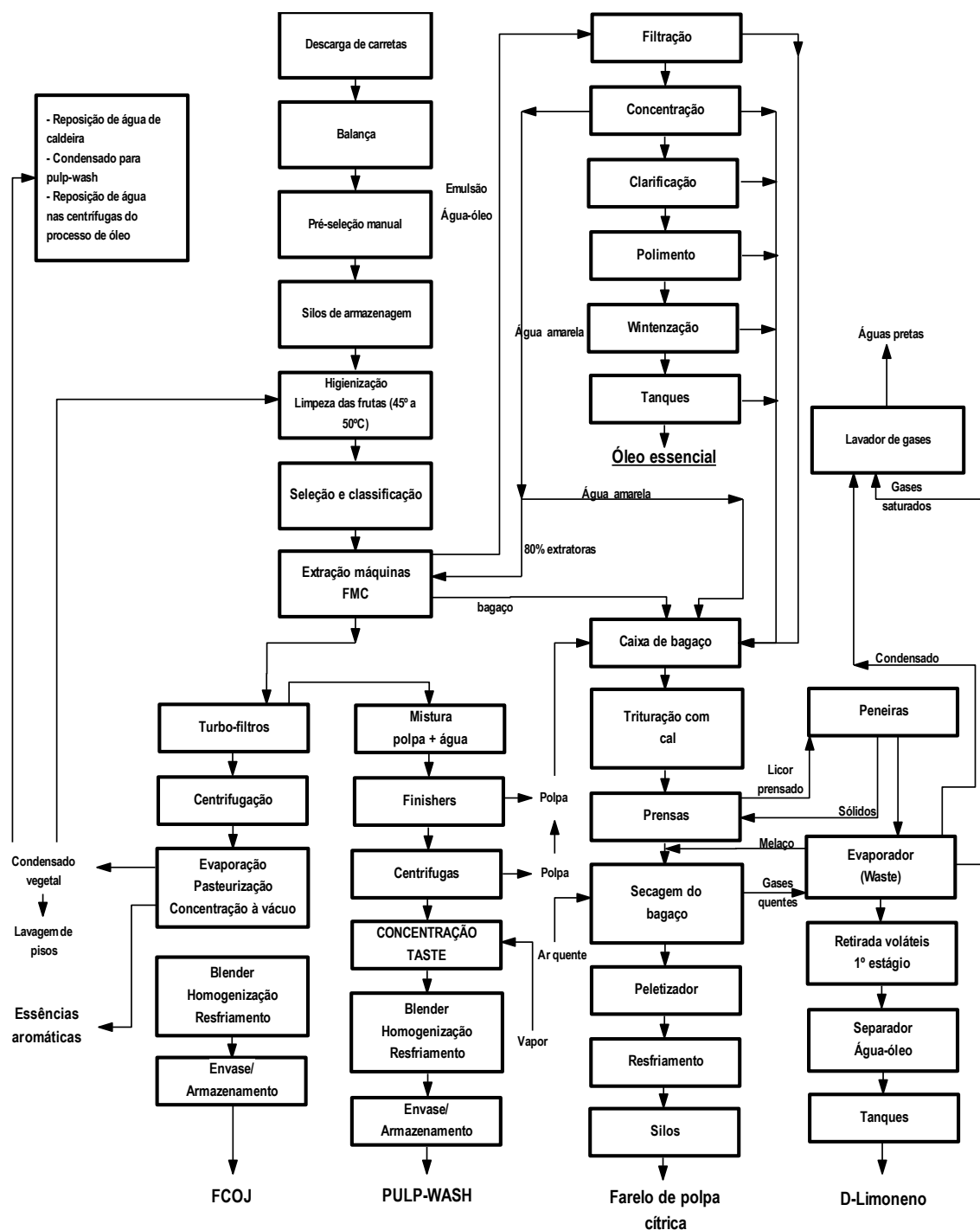


FIGURA 1. Fluxograma básico de industrialização de suco concentrado congelado de laranja. Fonte: YAMANAKA(2005)

Durante a concentração, o suco passa de aproximadamente 11°Brix para 65°Brix. Segundo Angelucci (1988), usa-se a leitura refratométrica, ou o correspondente grau Brix, para expressar os sólidos solúveis em bebidas não alcoólicas. Assim, controla-se o fluxo de suco em função do valor de Brix final desejado. Normalmente, para os mercados de exportação e interno, a preferência ocorre por sucos com 65°Brix, visto que o custo do armazenamento e de transporte é bem menor, como também é mais facilitada a sua conservação, de acordo com Tocchini *et al* (1995).

Segundo Yamanaka (2005) a utilização da água evaporada pelas próprias indústrias atualmente, compreende a limpeza/lavagem das frutas, a extração/recuperação de sólidos residuais da polpa para obtenção do pulp-wash, reposição de água no processo de recuperação de óleo essencial da casca, limpeza de pisos, equipamentos e banheiros.

Essas utilizações são ambientalmente adequadas, uma vez que reduzem a captação e uso de água potável de mananciais para essas finalidades (YAMANAKA, 2005). Braddock (1999) relata essas utilizações e recomenda cuidados especiais para a utilização na lavagem de frutas e de equipamentos; o autor detalha que o uso de água evaporada, reciclada numa torre de resfriamento, pode contaminar a fruta durante a lavagem, pois esporos de bactérias ácido tolerantes presentes no solo, do gênero *Alicyclobacillus*, estão presentes na água condensada dos evaporadores. Esses microrganismos já foram isolados em sucos concentrados e podem causar perdas de produto, por problemas de sabor e aroma, durante o armazenamento e distribuição. Tais esporos são muito resistentes ao calor, e podem se alojar nos equipamentos e superfícies de tanques, resistindo às operações de lavagem e enxague.

Yamanaka (2005) apresenta um levantamento de ações desenvolvidas no processo produtivo, capazes de minimizar ou mesmo eliminar diversos impactos ambientais adversos da indústria cítrica, tendo como base diversas experiências desenvolvidas no Brasil e no exterior. O autor aborda vários aspectos como o aproveitamento da água evaporada, citada como condensado do T.A.S.T.E (Thermally Accelerated Short-Time Evaporator), como são conhecidos os evaporadores de múltiplo efeito, ou condensado vegetal, reciclagem de resíduos gerados nos processos de fabricação do suco de laranja, redução no uso de produtos químicos, redução na geração de resíduos de processo, redução de odores, uso racional de energia, listando para cada um desses aspectos medidas já implementadas pelas indústrias, ou

oferecendo sugestões para análise pelo setor, ou mesmo medidas ainda em fase de testes/projeto piloto.

Ao abordar a água evaporada, o autor afirma que ela é usada em várias etapas da fabricação do suco de laranja, sendo gerada em quantidades abundantes dentro do processo, chegando a fornecer metade da água consumida no processo produtivo.

Dentre as várias etapas listadas, destaca-se como uma das práticas já adotadas pelo setor a lavagem de frutas, após desinfecção da água. O autor relata que as empresas utilizam várias técnicas para desinfecção como UV, dióxido de cloro e ozonização, além da tradicional cloração. Relata ainda estudos que mostram que ao se lavar os frutos com solução de limpeza com pH próximo a 11, há diminuição da quantidade de microrganismos na casca, reduzindo a carga microbiana no suco de laranja. A exigência legal é de que a água reusada, no caso o condensado, atenda aos padrões de potabilidade.

Quanto ao uso de água evaporada para reposição da água de caldeira, Yamanaka (2005) também classifica essa operação como adotada pelas empresas do setor, após verificação da condutividade elétrica, afirmando que como a água já sai com uma temperatura inicial mais alta que a temperatura ambiente, reduz-se o choque térmico na entrada da caldeira e gasta-se menos energia para gerar vapor. Finalmente, recomenda o cuidado de analisar o condensado quanto ao seu teor de sódio, para diminuir a ocorrência de incrustações.

Com relação ao aproveitamento da água evaporada para produção do suco de polpa lavada (pulp-wash), o autor o classifica igualmente como prática já adotada pelas indústrias do setor, afirmando que nesse caso é necessário averiguar os teores de sódio do condensado antes de utilizá-lo e realizar sua desinfecção por ionização ou por ultra-violeta, sem a adição de produtos químicos.

Neves e Scare (2010) ressaltam a importância do setor manter uma pauta de temas para pesquisas, que inclua e articule os órgãos governamentais e a iniciativa privada. Os autores propõem dez tópicos para a agenda 2010-2020, com objetivo de obter a sustentabilidade das operações do setor. O tema clima e meio ambiente está presente entre as prioridades, e mais especificamente expressa a preocupação com o gerenciamento de resíduos e da água nas plantas industriais.

Essa prioridade também pode ser observada em outras iniciativas deste setor industrial; foi criada em junho de 2009, a Associação Brasileira dos Exportadores de Sucos Cítricos – CitrusBR, incluindo em sua formação o Sub-Comitê Técnico de Sustentabilidade (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS EXPORTADORES DE SUCOS CÍTRICOS, 2009).

2.2. O aproveitamento da água evaporada durante concentração de sucos

Poucos foram os artigos encontrados sobre a recuperação da água evaporada, com objetivo de identificar um aproveitamento para esse subproduto da industrialização de frutas cítricas.

Braddock e Crandall (1978) realizaram estudo, apresentando um fluxograma de processo e o balanço de massa para obtenção de pectina cítrica a partir da casca de lima e de limão. Considerando o alto custo de tratamento dos efluentes líquidos do processo de lavagem da casca, e os grandes volumes envolvidos, os autores caracterizaram esses efluentes líquidos. Os resultados apresentaram alta concentração de pectina solúvel e também elevada viscosidade relativa, dificultando sua concentração por evaporação. Em analogia com outros subprodutos cítricos concentrados utilizados como agentes de turbidez em bebidas, os autores avaliaram essa alternativa. Outrossim, relataram a necessidade de tratamento enzimático prévio, com uso de enzimas pectinolíticas para redução da viscosidade para então realizar concentração por evaporação. Porém, o produto concentrado obtido desenvolveu rápido escurecimento, mesmo com a adição de 0,1% de bissulfito e armazenamento congelado, além de sabor amargo intenso. Após a aplicação desse concentrado como agente turvador em bebidas, ainda que em proporção de 2-3%, tanto o sabor amargo como o escurecimento da bebida eram perceptíveis.

El-Nawawi e Heikal (1996) realizaram estudo semelhante, avaliando o processo de obtenção de pectina a partir de casca de laranja. Obtiveram resultados muito semelhantes para o efluente da operação de lavagem, embora o objetivo do estudo fosse o de reduzir o custo de tratamento desse efluente e de fornecer informações que possibilitassem o monitoramento do processo.

Destefano (1994) registrou sua invenção como um método para recuperação de água a partir de frutas. Pelo método patenteado, realiza-se a extração do suco de fruta, para em seguida concentrar o produto para remoção da água na forma de vapor, embora outras tecnologias de concentração possam ser empregadas, como crioconcentração, sublimação ou mesmo combinação dessas tecnologias. Segundo o autor, a água é recuperada do vapor d'água e pode ser envasada e comercializada. No estudo, foi realizado um sistema de evaporação de simples efeito, constituído de quatro etapas ou operações: aquecimento, nebulização ou evaporação, separação suco concentrado/vapor d'água e condensação do vapor d'água. Segundo o autor, a água obtida por esse processo pode ser pasteurizada, microfiltrada, ou opcionalmente carbonatada para então ser submetida ao envase.

O sabor do produto obtido foi avaliado como de alta qualidade. O gosto adequado do produto foi atribuído à elevada pureza da água, quando comparada com águas obtidas de fontes convencionais. Como a água foi recuperada de uma fonte natural, mais especificamente do interior de uma fruta, não esteve exposta a contaminantes externos.

O autor afirma que o método pode ser aplicado para várias frutas como laranja, pomelo, maçã, cereja, uva, etc.. Em seguida, relata exemplo de caracterização do produto obtido, analisando detalhadamente uma amostra, porém sem informar a partir de qual fruta foi recuperada. São apresentados resultados de análises microbiológicas, físicas, químicas, incluindo metais e substâncias orgânicas voláteis.

Num segundo exemplo, Destefano (1994) comparou a água recuperada de fruta com uma amostra de água de marca comercial americana, considerada de alta qualidade, segundo os padrões federais americanos vigentes à época do estudo. Os resultados indicaram que a água recuperada estava de acordo com os padrões da legislação americana para água envasada. O produto apresentou teores muito inferiores ao da marca comercial nos parâmetros cloreto, nitrato, sulfato e teor de sólidos.

Moussi e Kambouris (2010) descrevem um método para recuperação de água a partir de suco concentrado de frutas e/ou vegetais, incluindo duas etapas; a primeira etapa envolve a recuperação do efluente líquido da concentração do suco, sendo denominado de “LSJ” (*Low Sugar Juice*); numa segunda etapa, este efluente é purificado numa sequência de operações,

finalizando com tratamento por carbono ativado, resultando em água potável. O autor relata a recuperação de água potável a partir de suco de uva concentrado, caracterizando esse material antes e após a sequência de operações do tratamento de purificação. São apresentados resultados de algumas determinações químicas e sensoriais que comprovam a potabilidade do produto obtido.

2.3. Tecnologia de industrialização de água evaporada

Não foram encontrados artigos relacionados à tecnologia de tratamento da água evaporada. Como a proposta do presente trabalho foi de utilização de métodos físicos de tratamento, foram buscadas informações sobre tratamento de água utilizando tecnologia de membranas na primeira fase do presente estudo. 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.

A partir do início da década de 1970, em adição aos processos clássicos de separação como destilação, filtração, absorção, troca iônica, centrifugação, extração por solvente, cristalização e outros, surge uma nova classe de processos que utilizam membranas sintéticas como barreira seletiva. As membranas sintéticas surgem como uma tentativa de imitar as membranas naturais, em particular quanto as suas características únicas de seletividade e permeabilidade. Uma membrana consiste em uma barreira seletiva que separa duas fases e que restringe de modo total ou parcial o transporte de uma ou várias espécies químicas presentes nas fases (DEBIEN, 2010).

Estas fases, essencialmente homogêneas e uniformes, realizam trocas de matéria e energia entre si a taxas governadas por propriedades de uma terceira fase que as separa. A função da membrana é, então, formar uma barreira física para prevenir ou reduzir a transferência de massa, permitindo a passagem de diferentes espécies a diferentes taxas. A transferência de massa e a seletividade da membrana dependem de propriedades tanto da própria membrana quanto dos elementos permeantes (CHERYAN, 1998).

Os componentes da solução são diferencialmente separados de acordo com suas massas moleculares ou tamanho de partícula. A capacidade de filtração do processo resulta da diferença de pressão aplicada à membrana, das propriedades físicas da alimentação e do tamanho dos poros da membrana. A fase que atravessa a membrana denomina-se permeado e a fase que fica retida denomina-se retentado (DEBIEN, 2010).

As membranas podem ser classificadas de acordo com a sua estrutura morfológica (membranas densas ou porosas), natureza (membranas naturais ou sintéticas) e configuração modular (tubular, quadro e placa, fibra oca ou espiral) (DEBIEN, 2010).

As características mais importantes das membranas envolvem espessura, o diâmetro dos poros (seletividade), a permeabilidade à água e a porosidade. Outras características são os fluxos de permeado e as resistências térmica, química e mecânica (SILVA, 2010).

Existem diferentes processos que utilizam a tecnologia de membrana como princípio de separação. Os processos de separação utilizados na indústria de alimentos possuem em comum o uso do gradiente de pressão (ΔP) como força motriz, como pode ser observado na Figura 2.

Processos	Força Motriz	Material Retido	Material que permeia
Microfiltração (MF)	ΔP (0,5 - 2 atm)	Material em suspensão, bactérias. Massa Molecular > 500KDa (0,01 μm)	Água e sólidos dissolvidos
Ultrafiltração (UF)	ΔP (1 - 7 atm)	Colóides e Macromoléculas. Massa Molecular > 5KDa	Água (solvente) e sais solúveis de baixa massa molecular.
Nanofiltração (NF)	ΔP (5 - 25 atm)	Moléculas de Massa Molar média. $500 < MM < 2000 Da$	Água, sais e moléculas de baixa massa molecular.
Osmose Reversa (OR)	ΔP (15 - 80 atm)	Todo material solúvel ou em suspensão.	Água (solvente).

Figura 2. Processos de separação por membranas (Fonte: HABERT *et al.*, 2006).

Na medida em que se reduz o tamanho do poro, o processo de filtração torna-se mais complexo devido a maior pressão de operação e, portanto, de maior custo. O presente trabalho buscou focar sua atenção em processos de separação por membranas que seriam, em teoria, relativamente mais simples e baratos, viabilizando o reaproveitamento da água evaporada. Assim, foram realizados experimentos com membranas de micro e ultrafiltração.

As membranas de Microfiltração são definidas de acordo com o tamanho de seus poros, medidos em μm ($1\mu\text{m} = 10^{-6}\text{m}$). Já as membranas de Ultrafiltração são, normalmente, especificadas através da retenção nominal (*cut-off value*) – definida como sendo o valor da massa molecular em Dalton ($1\text{ Da} = 1\text{ g.mol}^{-1}$) para a qual a membrana apresenta um coeficiente de rejeição de 95% (HABERT *et al.*, 2006).

A microfiltração (MF) é o processo de separação com membranas mais próximo da filtração clássica. Utiliza membranas com poros na faixa entre 0,1 e $10\mu\text{m}$ (100 e 10.000 nm) de diâmetro, sendo indicada para a retenção de materiais em suspensão e emulsão. Como as membranas de MF são relativamente abertas, as pressões empregadas como força motriz para o transporte são pequenas, dificilmente ultrapassando 3 bar. Na MF todo o material solúvel permeia a membrana (HABERT *et al.*, 2006).

Por outro lado, a ultrafiltração (UF) é um processo utilizado quando se deseja purificar e fracionar soluções contendo macromoléculas. Seus poros encontram-se na faixa de 1 e 100 nm, sendo mais fechados do que os de membranas de MF (HABERT *et al.*, 2006), e as pressões de operação são da ordem de 1 a 10 bar (SILVA, 2010).

Com relação à composição das membranas, dentre os vários materiais disponíveis, podem ser citadas:

- Celulose (CEL) material de baixo custo que segundo CHERYAN (1998) é um polímero de unidades de glicose ligadas por ligações do tipo β -1,4, cuja molécula apresenta hidrofiliidade, característica considerada importante para a aplicação em UF e responsável por minimizar a incrustação da membrana.

- Polifluoreto de vinilideno (PVDF) é um material hidrofóbico, sendo por isto comum a modificação de sua superfície para possibilitar a hidratação (CHERYAN, 1998), proporcionando maior desempenho anti-*fouling* e maior fluxo de permeação (DU *et al.*, 2009). É um material especialmente popular para a clarificação de sucos devido a sua resistência ao limoneno (CHERYAN, 1998).

- Polietersulfona (PES) caracterizada por possuir em sua estrutura repetições de difenil-sulfona. Os oxigênios desse grupo possuem pares de elétrons livres para realizar fortes pontes de hidrogênios com moléculas de soluto ou solvente. Este material – altamente utilizado atualmente – é considerado um divisor de águas devido a sua alta resistência a temperatura (125°C) e pH (faixa de 1 a 13) (CHERYAN, 1998).

A curva típica do fluxo de permeado é ilustrada pela Figura 3. Segundo SILVA (2010) e DEBIEN (2010), o primeiro estágio (I) é caracterizado por uma queda brusca do fluxo nos primeiros minutos devido a concentração dos solutos na superfície da membrana. Nesse estágio, a perda do fluxo é reversível. Já no estágio II, o fluxo decresce, iniciando-se a precipitação dos solutos acumulados, fato que leva ao bloqueio dos poros e à adsorção dos componentes na membrana, ocasionando a formação da camada polarizada e da incrustação (*fouling*). Este fenômeno provoca a diminuição do fluxo de modo irreversível e contribui para modificar a seletividade da membrana. Isto porque a camada polarizada acaba funcionando como um meio filtrante adicional. Por fim, no terceiro estágio (III) ocorre a consolidação da incrustação, caracterizado pelo decréscimo de fluxo de maneira lenta e contínua.

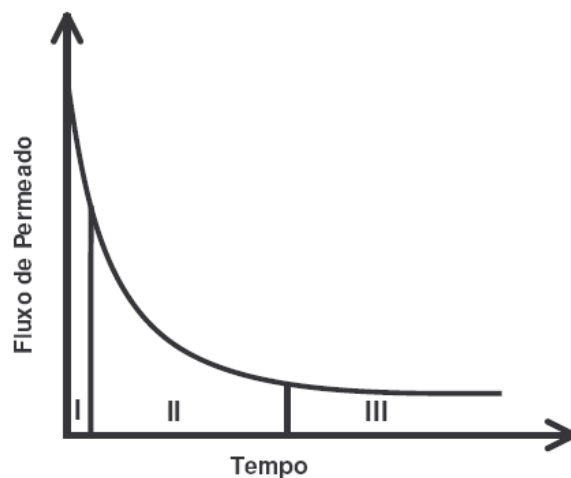


Figura 3. Curva típica do fluxo de permeado (Fonte: SILVA, 2010).

Atualmente, mais de 2 milhões de m³/dia de água potável de origem superficial são produzidos em escala mundial utilizando tecnologia de membrana a baixa pressão, incluindo tanto microfiltração (MF) quanto ultrafiltração (UF). A tecnologia de UF tem superado os valores limites exigidos para água potável quanto à redução de turbidez, *Giardia* e também na remoção de vírus (LAÎNÉ *et al.*, 2000).

Com objetivo de clarificar suco de romã, Mirsaeedghazi *et al.* (2010) conduziram experimentos utilizando de membranas de PVDF (0,22 e 0,45 µm) e de ésteres mistos de celulose (0,22, 0,1 e 0,025 µm). Todos os parâmetros avaliados sofreram redução significativa, independentemente do tamanho de poro ou material de membrana, resultando em eficácia na clarificação. Dentre os parâmetros avaliados, a redução de turbidez alcançou índices superiores a 99%.

Debien (2010) com o objetivo de garantir a estabilidade microbiológica e inibir a ação de enzimas que causam mudança de cor da água de coco, realizou estudos com a utilização de membranas. Membranas de micro (PES 150KDa e PVDF 150KDa) e ultrafiltração (CEL 10KDa e 30KDa e PES 10KDa) foram avaliadas quanto ao fluxo do permeado e retenção enzimática. Todas essas membranas apresentaram retenção enzimática de 100%, além de redução de turbidez, variando de 76 a 92%. A membrana CEL30 obteve bons resultados, de 87,82% de redução, além de ótimo fluxo de permeado.

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, se constituindo em técnica consagrada para a adsorção de materiais orgânicos, sendo confiável e econômico como já relatava Culp e Culp (1971).

Culp e Culp (1974) relata o papel do carvão ativado no processo de filtração é baseado na atração e acumulação dos materiais orgânicos na superfície do carbono, através de forças físicas ou químicas. Em geral, a natureza química do carbono é de importância secundária quando comparada à área superficial e distribuição de poros do carbono.

Estudos realizados por Tsujimoto *et al.* (1998) comprovaram que a utilização de filtração prévia com carbono granular ativado minimiza a frequência da limpeza química da membrana, além de diminuir as incrustações irreversíveis. Esse experimento foi realizado

com pré tratamento de carbono granular ativado seguido de ultrafiltração com membrana de acetato de celulose de 150KDa e água do rio Onga (Japão). Nos experimentos realizados, a operação de filtração com a membrana se mostrou estável por 530 dias, sem necessidade de limpeza química, evitando assim a redução da vida útil da membrana.

Para concluir o processo de acondicionamento da água evaporada no presente trabalho, foi realizada desinfecção da água após a filtração por membranas, assegurando a segurança microbiológica dos produtos obtidos.

A desinfecção é uma operação realizada com objetivo de inativação de microrganismos patogênicos e pode ser por promovida por meios físicos ou químicos, através de diferentes mecanismos: destruição ou danificação da organização estrutural da célula, interferência no nível energético do metabolismo, na biossíntese e no crescimento da célula (DANIEL *et al.*, 2001).

O cloro é considerado o desinfetante mais utilizado. Mas a partir da constatação da formação de subprodutos de sua reação, com potencial cancerígeno (SEVERIN,1980), necessidade de alto tempo de contato e altas dosagens (ZUKOVIS *et al.*, 1986) a sua utilização entrou em questionamento. Desse modo, alternativas a cloração estão sendo frequentemente estudadas e desenvolvidas.

No presente trabalho, foi feita opção pela desinfecção do produto por ultravioleta, dando continuidade à opção por tratamentos físicos. Pires (1997) relata que a radiação ultravioleta atua fisicamente, não produzindo resíduos tóxicos que afetam o meio aquático. Com o passar dos anos, ela tem ganho popularidade, pois os problemas de confiabilidade de equipamentos e da tecnologia vem sendo superados. Além de possuir alto grau de inativação de microrganismos patogênicos em curto tempo de contato, pode ser utilizado para grande ou pequeno volume de água e é economicamente competitivo à cloração. De acordo com o autor, a desinfecção é feita por lâmpadas especiais de baixa pressão de mercúrio que emitem radiação em comprimento de onda letal para os microrganismos.

A desvantagem do método é de que os parâmetros de dosagem são previamente determinados, além das câmaras de radiação serem fechadas, pois a radiação é nociva, principalmente aos olhos. (PIRES, 1997)

A utilização da radiação ultravioleta tem sua eficácia comprovada. Análises de água desinfetada realizadas por Dedini (2006) comprovaram a remoção de bactérias do grupo Coliformes totais em 91,91% e *Escherichia coli* em 98,98%, e análises realizadas por Pires (1997) mostraram eliminação de *Enterococcus faecalis* em 99,81%.

2.4. Aspectos do tratamento de efluentes líquidos e perspectivas de reuso

Os efluentes líquidos gerados em indústrias cítricas possuem alta carga orgânica segundo Dornellas (1994).

Yamanaka (2005) afirma ainda que um fator que pode prejudicar o tratamento desses efluentes é a presença do d-limoneno, agente bacteriostático, ou seja, um inibidor do crescimento de bactérias. Os sistemas de tratamento usados nas indústrias cítricas são os biológicos, em geral lodos ativados e lagoas. O autor salienta que as lagoas, empregadas por empresas que dispõem de amplas áreas, podem causar incômodos à vizinhança, em função de má operação ou dimensionamento inadequado, criando áreas de anaerobiose e emissão de H₂S (ácido sulfídrico).

As etapas de processo que dão origem aos efluentes líquidos das indústrias cítricas são elencadas a seguir e podem ser observadas no processo produtivo apresentado na **Figura 1**:

- lavagem das frutas;
- extração;
- moagem de bagaço;
- lavagem de evaporadores, tanto W.H.E (Waste Heat Evaporator ou ECR, evaporador de calor residual), como o T.A.S.T.E. (Thermally Accelerated Short Time Evaporator, evaporador à vácuo usado para concentrar o suco de laranja);
- purga das caldeiras e das colunas barométricas;
- lavador de gases do W.H.E

Segundo Freire *et al.*(2000), devido à complexidade e diversidade de composição dos efluentes industriais, cada estudo de viabilidade de tratamento deve ser realizada

isoladamente, ou seja, deve ser direcionado a um tipo particular de efluente, já que não existem procedimentos padronizados que possam ser aplicados a um grande número de efluentes. De maneira geral, tais estudos têm como objetivo a identificação de uma alternativa que permita não somente a remoção de substâncias contaminantes, mas sim a sua completa mineralização.

Os principais métodos de tratamento de efluentes podem ser físicos, químicos ou biológicos, segundo Metcalf & Eddy (2002). Os processos físicos permitem uma depuração dos efluentes, ao transferir os contaminantes para uma nova fase, sem promover sua eliminação ou degradação. Nestas novas fases, embora o volume seja significativamente reduzido, os problemas persistem, pois os poluentes encontram-se concentrados. Apesar disto, os processos físicos contribuem para a efetividade do tratamento como um todo, sendo empregados como etapa de pré-tratamento ou polimento do processo final. Neste sentido, os autores afirmam que a tecnologia de filtração com membranas vem demonstrando alto potencial, principalmente no tratamento e reaproveitamento de águas residuárias de processos industriais (FREIRE *et al*, 2000).

Ainda segundo Freire *et al.* (2000), os processos biológicos são os mais frequentemente utilizados, uma vez que permitem o tratamento de elevados volumes de efluentes, transformando compostos orgânicos tóxicos em CO₂ e H₂O (ou CH₄ e CO₂), com custos relativamente baixos. O tratamento biológico fundamenta-se na utilização de compostos tóxicos de interesse como substrato para crescimento e manutenção de microorganismos. Dependendo do aceptor de elétrons, o processo biológico pode ser aeróbio ou anaeróbio. A remoção de matéria orgânica dos efluentes industriais é a principal aplicação deste processo.

Os processos aeróbios se baseiam em bactérias e fungos que requerem oxigênio molecular, sendo as formas mais comuns de aplicação industrial representadas por lagoas aeradas e sistemas de lodos ativados. Nas lagoas aeradas, os efluentes são submetidos à ação de consórcio de microorganismos, muitas vezes de composição desconhecida, por vários dias, resultando em efetiva remoção de toxicidade aguda. No entanto, cor e toxicidade crônica não são efetivamente reduzidos, além de haver o risco de perdas de substratos tóxicos por volatilização, e contaminação do lençol freático por percolação.

O tratamento por lodos ativados talvez seja mais eficiente e versátil, segundo Freire *et al.* (2000); opera com pouco substrato auxiliar, sendo eficiente na remoção de toxicidade crônica e aguda, com menor tempo de reação, se comparado com as lagoas aeradas. Os principais inconvenientes associados ao tratamento biológico por lodos ativados são o alto custo de implantação e a formação de grandes quantidades de lodo ou biomassa, havendo uma forte tendência de reutilização dessa biomassa como adubo. No entanto, alguns estudos mostraram uma grande capacidade desse material para adsorção de compostos orgânicos diversos, o que poderia inviabilizar esta utilização. Jacobsen *et al.* (1996 *apud* Freire *et al.*, 2000) por exemplo, demonstraram que aproximadamente 50% do pentaclorofenol pode ser retido por adsorção nos lodos ativados, quando o período de tratamento é menor que 3 dias.

Os processos biológicos anaeróbios consistem na biodegradação sob condições anaeróbias e tem ganhado interesse nos últimos anos. De acordo com Freire *et al.* (2000), a mais moderna tendência relacionada com o tratamento de efluentes é representada pelos processos anaeróbios-aeróbios alternados. Esse sistema aumenta significativamente a eficiência do tratamento, o que permite a redução de tamanho das instalações de tratamento e dos tempos de residência. Tshantz *et al.* (1995 *apud* Freire *et al.*, 2000) propuseram a utilização de um reator anaeróbio contendo uma espécie mutante da bactéria *Methylosinus trichosporium*, para a degradação de tricloroetileno (TCE), registrando uma degradação superior a 90% de um efluente contendo aproximadamente 3 miligramas por litro de TCE, em 4,5 horas de tratamento.

As indústrias processadoras de alimentos geram águas residuárias com características de alta Demanda Biológica de Oxigênio (BOD) e alto teor de Sólidos Suspensos. Tais características são majoritariamente devidas a compostos biodegradáveis e não tóxicos, porém de difícil previsão. Algumas das variações observadas nos efluentes de indústrias processadoras de frutas e vegetais são atribuídas às variações inerentes ao período da safra onde a matéria-prima foi colhida para o processamento, e também ao ponto de maturação da matéria-prima no momento do processamento, segundo Rao *et al.* (2012). Como tratamentos avançados para esses efluentes, os autores elencam os lodos ativados combinados com meios fluidizados, sistemas em série de reatores por batelada, reatores anaeróbios de manta de lodo ou UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*).

Pohlmann (2010) descreve os reatores anaeróbios como reatores biológicos com fluxo através de lodo anaeróbio ativo com a biomassa aderida e retida em um leito fixo. Entre os reatores com fluxo através de lodo ativo, os com biomassa aderida ao leito fixo são menos susceptíveis à perda de sólidos biológicos, e mais estáveis e menos dependentes das variações do afluente.

O autor conduziu estudo visando reuso de esgotos sanitários, avaliando um sistema de tratamento configurado na sequência : reator anóxico, valo de oxidação, decantador, filtro biológico, tanque de re-aeração, pré-filtração ascendente, filtração lenta, desinfecção por ultravioleta (UV) e cloração em linha, sendo o projeto implantado em indústria eletro-eletrônica no município de Itu – SP. Os resultados obtidos demonstraram remoções médias de 94% de sólidos suspensos totais, 96,4% de DBO, 97,5% de DQO e 99% de cor aparente. A contagem de coliformes totais e *E. coli* foi reduzida de 17,4 NMP/100mL e 1,54 NMP/100mL respectivamente, após desinfecção por UV. Os valores obtidos para turbidez (0,92 NTU) e oxigênio dissolvido (5,16 mg/L) na água de reuso atingiram valores similares ao da água potável de torneira, enquanto a cor aparente (média de 25 UH) foi percebida pelos usuários. Assim, o autor concluiu ainda que a cloração (na forma de hipoclorito) na rede de distribuição se mostrou importante para o controle de cor aparente e demonstrou maior necessidade de controle, por ter observado variações entre 19 e 95%.

Ao estudar possibilidades de tratamentos de esgotos visando reuso potável, Rezende (2010) propôs como tratamento biológico a associação de reator do tipo UASB com tanque anóxico, e biofiltro aerado submerso. Os argumentos apresentados pelo autor para seleção do UASB envolveram várias vantagens como baixo consumo de energia, menor produção de lodo de excesso, possibilidade de recuperação e utilização do gás metano como combustível, possibilidade de bom funcionamento mesmo após longos períodos de interrupção de operação, embora também tenha apresentado os aspectos negativos como longo período de partida, sensibilidade do processo a mudanças ambientais (pH, temperatura, sobrecargas orgânicas e hidráulicas) e possível emissão de odores ofensivos.

A proposta de tratamento de esgoto sanitário (400mg/L de DBO; 800mg/L de DQO; 1×10^8 UFC/100mL coliformes termotolerantes) avaliada teoricamente pelo autor contemplou a seguinte configuração: peneira estática, caixa de areia por ar dissolvido, caixa de gordura,

reator UASB com tanque anóxico e biofiltro aerado submerso, filtração lenta, cloração (breakpoint), desinfecção por UV + ozônio e separação por membranas (ultrafiltração seguida de osmose reversa). O autor projetou como resultado a remoção de todos os parâmetros a limites não detectados pelas metodologias empregadas para avaliação, porém conclui que o sistema deve ser analisado em escala piloto para comprovação de sua eficácia, bem como deve ser avaliado o custo da produção da água de reuso por esse sistema.

Santos *et al.* (2010) relata que as vantagens oferecidas pelo emprego da tecnologia de biorreatores com membranas (MBR) vêm sendo reconhecidas. A tecnologia MBR compreende o processo de lodo ativado convencional acoplado a uma membrana de separação que retém a biomassa. Como o tamanho do poro da membrana é geralmente menor que 0,1µm, a tecnologia resulta em efluente substancialmente clarificado e desinfetado. Além disso, tende a concentrar a biomassa, e assim, reduzir o tamanho de tanque e a eficiência do tratamento por processo biológico. Dessa forma, a tecnologia MBR tende a produzir água de qualidade superior, segundo os autores.

Quanto aos processos de desinfecção, Kumar e Pandit (2012) relatam que processos alternativos como os de membrana são efetivos tanto para os requisitos microbiológicos, como para remoção de uma gama de contaminantes químicos, afirmando ainda que é possível operar tais processos sem a ajuda de desinfecção por agentes químicos, ou pelo menos reduzindo a participação desses agentes no processo de desinfecção como um todo. Outra alternativa para a substituição total ou parcial da desinfecção por agentes químicos é a irradiação por ultravioleta (UV), efetiva na remoção de bactérias, vírus e possivelmente protozoários.

Segundo Kumar e Pandit (2012) as ondas eletromagnéticas da radiação UV estão compreendidas na faixa de comprimento entre 100 e 400 nm, sendo classificada como UV vácuo (100-200 nm), UVC (200-280 nm), UVB (280-315 nm) e UVA (315-400 nm). A faixa de interesse germicida está situada entre 245 e 285 nm. Diferentemente de outros agentes desinfetantes, a radiação UV não inativa microrganismos por mecanismos químicos, e sim por reações fotoquímicas com o RNA ou DNA desses organismos. A radiação é rapidamente dissipada na água por absorção ou reflexão, sem deixar residuais; assim, não há a possibilidade de reações com geração de compostos indesejáveis, estranhos à água.

Por outro lado, os autores afirmam que uma desinfecção química secundária é necessária, para manter um residual ao longo do sistema de distribuição, com objetivo de proteger a água contra recontaminação, relatando ainda bons resultados quando a cloração é usada como desinfecção secundária.

A cloração é o método de desinfecção química mais comum, universalmente utilizado há várias décadas, com o principal objetivo de destruir microrganismos patogênicos da água, e promovendo o benefício secundário de remoção de odores. Os agentes à base de cloro são os únicos desinfetantes com a capacidade de oferecer proteção residual ao longo da rede de distribuição até o ponto de utilização ou consumo da água. Métodos alternativos à cloração, como ozonização ou ultravioleta não oferecem essa proteção residual.

As substâncias que interferem na habilidade dos compostos de cloro de exercerem atividade de desinfecção se constituem na chamada “demanda de cloro”, que pode ser definida como a diferença entre a quantidade de cloro adicionada e a quantidade (livre ou combinada) residual na água, medida após o tempo de contato especificado para o tratamento. A dosagem de cloro adicionada à água, responsável pela produção da primeira quantidade detectável de cloro residual é denominada de cloração “breakpoint”, e é criticamente dependente do pH do sistema. Os autores ressaltam a recomendação de remoção prévia de substâncias como matéria orgânica, e outras presentes na água na forma de sólidos suspensos, para redução das dosagens de cloro necessárias para promover a desinfecção.

Após adição à água, o cloro está presente em duas formas, quais sejam, o ácido hipocloroso (HOCl) que é eletricamente neutro, e na forma de íon hipoclorito (OCl^-) com carga negativa. O ácido hipocloroso é a forma mais reativa dentre as duas, com maior poder oxidante, entre 40 e 80 vezes superior, segundo Metcalf & Eddy (2002). Assim, a relação ou proporção entre as duas formas (concentração de equilíbrio) é um fator importante, que por sua vez é determinada pelo pH do sistema. Ou seja, a eficácia da cloração como processo de desinfecção é dependente do pH da água.

Metcalf & Eddy (2002) apontam a eficiência germicida do composto de cloro adicionado, o pH do sistema a ser submetido à desinfecção, a eficácia de mistura do sistema com o cloro adicionado, a reação de “breakpoint”, o tempo de contato, as características dos

efluentes ou sua composição, e as características dos microrganismos presentes, como fatores críticos a serem considerados no delineamento do processo, visando a eficácia da desinfecção por cloro.

A partir da década de 80, o conceito de concentração multiplicado pelo tempo de contato (CxT) tornou-se um critério estruturado para o controle da desinfecção por cloro, segundo Kumar e Pandit (2012); o conceito envolve a multiplicação da concentração final de cloro (mg/L) pelo tempo mínimo de contato em minutos. Assim, se houver interesse em reduzir a concentração de cloro no processo, o tempo de contato deverá ser aumentado para respeitar o CxT delineado previamente. Por outro lado, se houver necessidade de reduzir o tempo de contato, a fórmula CxT permite um ajuste rápido da concentração de cloro.

Os autores elencam várias formas de cloro disponíveis para uso no processo de desinfecção, como o gás cloro, soluções de hipoclorito de sódio, hipoclorito de cálcio, todas efetivas. Outrossim, relatam as características de cada uma delas, comentando suas vantagens e limitações para aplicações específicas, concluindo que a grande maioria dos sistemas de desinfecção utilizam algum processo a base de cloro, quer seja exclusivamente ou em combinação com outros processos de desinfecção.

Sobre tratamentos de efluentes das indústrias cítricas, não foram recuperados estudos na literatura que tivessem o reuso potável como objetivo.

Dornellas (1994) realizou estudo em escala piloto de laboratório, avaliando a aplicabilidade de processos de Lodo Ativado por Batelada (LAB) no tratamento de águas residuárias do processamento de frutas cítricas, utilizando dois reatores construídos em acrílico aos quais foram aplicados oxigênio puro e ar comprimido separadamente. Os resultados obtidos demonstraram boa remoção de matéria orgânica, sendo superiores quando o oxigênio puro foi aplicado e, crescente quanto maior foi o tempo de reação. As percentagens máximas de remoção para DQO alcançaram 83 e 96%, e 87 e 97% para DBO, respectivamente para ar e oxigênio puro, levando à conclusão que o processo LAB se mostrou uma alternativa viável para o tratamento de despejo cítrico.

Ponezzi (2000) também conduziu estudos utilizando processo LAB para tratamento de águas residuárias do processamento de frutas cítricas em escala de laboratório, investigando

as características microbiológicas do lodo e os subprodutos formados por este tipo de efluente; também foram utilizados dois reatores de acrílico com a aplicação de ar comprimido. Quanto à remoção de DBO e DQO, o autor relata eficiência dos reatores, alcançando valores de 79 e 78% respectivamente, enquanto a remoção de sólidos suspensos foi de 98% em ambos os reatores.

Silva (2002) estudou o desempenho hidráulico do sistema de sulcos largos, utilizado para disposição e o tratamento do efluente das indústrias de sucos cítricos, com finalidade de determinar os parâmetros para dimensionamento desses sulcos. Os estudos foram conduzidos em três plantas industriais de sucos cítricos no interior do estado de São Paulo, instaladas nos municípios de Limeira, Matão e Mirassol que utilizavam o sistema de sulcos largos de infiltração para disposição de seus efluentes líquidos, com a cultura do eucalipto como eliminador de umidade. O autor desenvolveu um programa computacional denominado “Infiltração”, em linguagem de programação Delphi, que permitiu a análise dos dados obtidos em campo, indicando os parâmetros hidráulicos relacionados com melhor desempenho.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Matéria-prima

Água evaporada e condensada durante o processo de obtenção do suco de laranja (*Citrus sinensis*) concentrado congelado, foi fornecida em colaboração, pela Louis Dreyfus Commodities, unidade de Engenheiro Coelho.

Foram coletadas 10 (dez) amostras em único ponto da linha industrial definido previamente, que reúne a água evaporada de todos os efeitos de evaporação, em dez diferentes datas de produção de suco, ao longo da safra de laranjas *Citrus sinensis*, entre os meses de setembro e outubro de 2010, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Variedades de laranjas *Citrus sinensis* processadas na indústria em cada uma das dez datas de coleta de amostras de água evaporada em 2010.

Amostra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Data de coleta	01/09	15/09	22/09	27/09	29/09	06/10	14/10	19/10	21/10	27/10
Variedades	Pera Rio	Natal	Natal	Natal	Natal	Pera Rio	Natal	Charmute e Natal	Natal	Natal

3.2. Caracterização da matéria-prima

A matéria-prima foi caracterizada através de algumas das determinações previstas pelo Regulamento Técnico para Águas Envasadas e Gelo, descrito pela Anvisa nas Resoluções nº 274 (BRASIL, 2005a) e nº275 (BRASIL, 2005b) pertinentes à matéria-prima em estudo, além de outras determinações como segue:

3.2.1. Substâncias Inorgânicas

Foram analisadas as seguintes substâncias, utilizando metodologia descrita por APHA (Eaton *et al.*, 2005) : Antimônio, Arsênio, Bário, Boro, Cádmio, Cromo, Cobre, Cianeto, Chumbo, Manganês, Mercúrio, Níquel, Nitrato, Nitrito, Selênio. As determinações de Nitrato e Nitrito foram realizadas nos laboratórios TASQA Serviços Analíticos Ltda., em Paulínia-SP, e as demais determinações no Centro de Ciência e Qualidade de Alimentos do Ital.

3.2.2. Substâncias Orgânicas

Foram analisadas as seguintes substâncias, utilizando metodologias descritas por EPA(2010) 524.2: 1,1 Dicloroetano, 1,2,3-Triclorobenzeno, 1,2,4-Triclorobenzeno, 1,2-Dicloroetano, Benzeno, Cloreto de vinila, Diclorometano, Estireno, Tetracloroeto de carbono, Tetracloroetano, Triclorobenzenos, Tricloroetano, além de Acrilamida descrita por EPA(2010) 8032 A e Benzenopireno descrita por EPA 525.2. Tais determinações foram realizadas nos laboratórios TASQA Serviços Analíticos Ltda., em Paulínia-SP.

3.2.3. Agrotóxicos

Foram analisadas as seguintes substâncias, utilizando metodologias descritas por EPA(2010) 525.2: 2,4-D, Alaclor, Atrazina, Bentazona, Hexaclorobenzeno, Metolacloro, Molinato, Pendimetalina, Pentaclorofenol, Permetrina, Propanil, Simazina, Trifluralina; Aldrin e Dieldrin, Clordano, DDT(isômeros), Endossulfan, Endrin, Heptacloro e Heptacloro Epóxido, Lindano(g BHC), Metoxicloro descritas por EPA 508.1 e Glifosato descrita por EPA(2010) 547. Tais determinações foram realizadas nos laboratórios TASQA Serviços Analíticos Ltda., em Paulínia-SP.

3.2.4. Microrganismos

Foram analisados os seguintes microrganismos, utilizando metodologias descritas por Downes & Ito (2001) e APHA (Eaton *et al.*, 2005): *Escherichia coli* ou coliformes termotolerantes, em 100mL; Coliformes totais, em 100mL; Enterococos, em 100mL; Contagem Total; Bolores e Leveduras, no laboratório de Microbiologia do Centro de Ciência e Qualidade de Alimentos do Ital. Também foram analisados *Alicyclobacillus* e

Alicyclobacillus acidoterrestris no laboratório da empresa Louis Dreyfus Commodities, em Engenheiro Coelho-SP.

3.2.5. Propriedades Físicas

Foram analisadas no Laboratório de Saneamento da Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP, segundo metodologias descritas por APHA (Eaton *et al.*, 2005) as seguintes propriedades: 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).

3.2.6. Perfil de voláteis

Avaliação realizada no Centro de Tecnologia de Embalagens e Acondicionamento do Itai, utilizando metodologia prevista pela NBR 13058 (ABNT, 2003), Winne e Dirinck (2010) e Padula e Borghetti (2008).

Foi utilizada a técnica de concentração de voláteis microextração em fase sólida (SPME). Uma alíquota de 12 mL de água evaporada foi colocada em frasco de vidro de 20 mL que foi hermeticamente fechado. A fibra *gray (50/30 μ m DVB/CarboxenTM /PDMS StableFlexTM)* foi introduzida no frasco através do septo e exposta durante 60 minutos à água evaporada (metade da fibra ficou em contato com a água e a outra metade ficou exposta ao espaço-livre do frasco). Após este período a fibra foi retirada do frasco e acoplada ao injetor do cromatógrafo a gás operando com detecção por espectrometria de massas onde os voláteis adsorvidos na fibra foram retirados, analisados e tentativamente identificados utilizando-se como referência a biblioteca NIST. O período de dessorção dos voláteis foi de 30 minutos.

Para análise foi utilizado cromatógrafo a gás modelo Agilent Technologies HP 6890 acoplado ao detector espectrômetro de massas modelo HP 5973 operando com coluna capilar HP-5MS (5% fenil metil siloxano) (30 m x 0,25 mm x 2,5 μ m), programação de temperatura: inicial de 40°C/2 minuto, aumentando com uma razão de 10°C/minuto até 125°C, permanecendo nessa temperatura por 1 minuto e aumentando novamente a razão de 25°C/minuto até 250°C onde permaneceu por mais 10 minutos. A temperatura do injetor foi de 230 °C e do detector de 280 °C. Fluxo de hélio 25,8mL.min⁻¹ (fluxo constante – pressão de 7,6 psi), velocidade linear de 36 cm.s⁻¹, injeção *splitless*.

3.3. Seleção da Tecnologia de Membrana para correção de cor e turbidez

Os experimentos foram realizados no laboratório e na planta piloto do Laboratório de Medidas Físicas (LAMEF), Departamento de Engenharia de Alimentos, Faculdade de Engenharia de Alimentos (FEA) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Utilizou-se unidade laboratorial e equipamento piloto de Separação por Membranas (PSM).

O período de realização dos experimentos ocorreu entre Janeiro e Maio de 2011, coincidindo inicialmente com a entre-safra da laranja. Dessa forma, foi utilizada, de janeiro a abril, água evaporada de suco de limão. Os resultados obtidos com esta água foram posteriormente confirmados para água evaporada de laranja.

Para a análise do desempenho e eficiência do PSM foram considerados os seguintes parâmetros (SILVA, 2010):

a) **Fluxo de Permeado (J):** a quantidade obtida de permeado em litros ou quilogramas por m² de membrana por hora ($\text{l.h}^{-1}.\text{m}^{-2}$ ou $\text{kg.h}^{-1}.\text{m}^{-2}$) e foi calculado de acordo com a Equação 1.

Equação 1 $J = M_p / A_p.t$ (kg/h.m^2), onde:

M_p = Massa de permeado (kg)

A_p = Área de permeação (m^2)

t = Tempo (h)

b) **Fator de concentração (FC):** calculado como a razão entre a massa inicial na alimentação e a massa final de retentado, segundo a Equação 2. O FC quantifica a redução de massa atingida pelo processo.

Equação 2 $FC = M_{\text{lim}} / M_{\text{ret}}$, onde:

M_{lim} = massa na alimentação

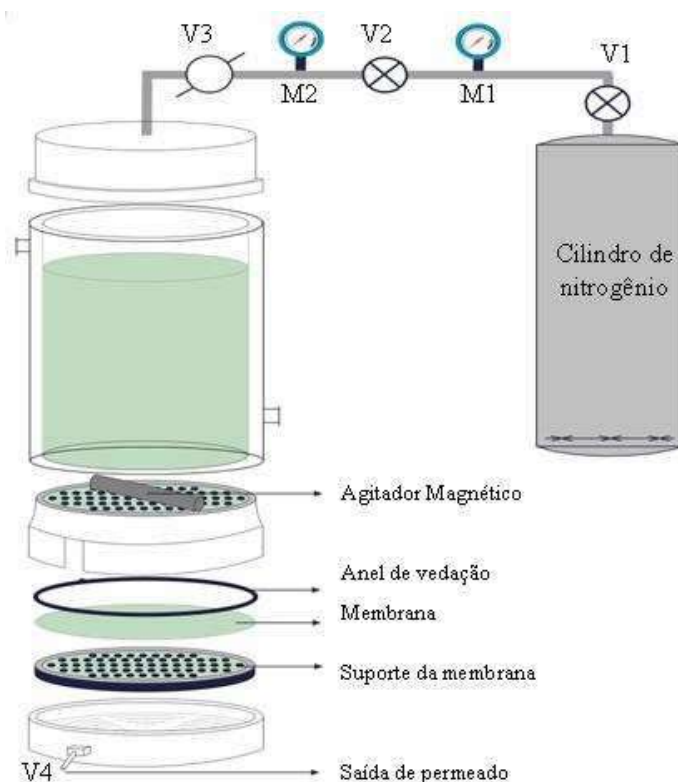
M_{ret} = massa no retentado.

3.3.1. Ensaios em Unidade Laboratorial

Após ensaios preliminares, a membrana de celulose de 30KDa (CEL 30) foi selecionada para os ensaios com objetivo de reduzir a cor da água evaporada para valor igual ou inferior a 5 unidades de Pt/Co e simultaneamente para reduzir a turbidez para valor igual ou inferior a 1 NTU. Foram conduzidos ensaios com a membrana CEL30 a pressões de filtração de 1 e 2 bar para água de limão e em seguida o processo de ultrafiltração a pressão de 1 bar foi testado com água evaporada de laranja.

A unidade laboratorial (Figuras 4 e 5), usinada em aço inoxidável AISI 304, consiste em cilindro encamisado de diâmetro interno de 8,1 cm e altura de 27 cm, com 800 mL de capacidade e cujo valor máximo de pressão de operação é de 40 bar. A saída do permeado ocorre por meio de válvula instalada na base do cilindro. Sobre esta é montado um suporte que serve de apoio ao disco de membrana. Anéis de vedação (padrão sanitário) impedem o vazamento entre as partes. Abaixo do cilindro encamisado é acoplado um agitador magnético operando sob rotação aproximada de 500 rpm, que promove a agitação da alimentação, com o intuito de aumentar o fluxo de permeado, diminuindo o efeito da resistência devido à camada polarizada que se forma sobre a membrana. Na parte superior, existe a entrada de gás nitrogênio que cria a pressão no interior da célula, gerando a força motriz necessária ao processo. A temperatura é controlada por meio da circulação de água na camisa do equipamento através de um banho termostático de marca Nova Técnica e modelo NT281.

Na saída do permeado é posicionado um béquer de 1000 ml sobre balança eletrônica ($\pm 0,01$ g, Marte AS 2000) para a obtenção da massa em função do tempo (Figura 5). A alimentação foi concentrada até fator de concentração (FC) igual a 5.



Legenda:

V1 – Válvula abre/fecha do cilindro de Nitrogênio;

M1 – Manômetro 1: fornece a leitura da pressão interna do cilindro de nitrogênio quando V1 está aberta;

V2 – Válvula de regulação: regula a pressão no interior da célula;

M2 – Manômetro 2: fornece a leitura da pressão no interior da célula;

V3 – Válvula de 3 vias (escape);

V4 – Válvula de saída de permeado.

Figura 4. Esquema de unidade de micro, ultra e nanofiltração de uso laboratorial (Fonte: SILVA, 2010).



Figura 5. Unidade Laboratorial, Laboratório de Medidas Físicas, FEA/UNICAMP.

3.3.2. Ensaaios em Unidade Piloto

A partir dos resultados obtidos na unidade laboratorial, foram conduzidos experimentos em Unidade Piloto, utilizando a membrana CEL30 a pressão de 1 bar para água evaporada de limão e de laranja.

A planta piloto (Figuras 6 e 7) é composta por um tanque de aço inoxidável encamisado e isolado (parede tripla) com capacidade para 30 litros, uma bomba centrífuga (marca ALFA LAVAL, modelo ALC 1/140 S 4.0 kW), um medidor magnético de vazão (0 – 6m³/h) (Conaut), dois manômetros (0 – 9,8 bar), sendo um posicionado na entrada e outro na saída da membrana, uma válvula borboleta na saída do tanque e outra debaixo do módulo com a membrana, e uma válvula agulha na saída da membrana. O módulo da membrana é constituído de aço inoxidável AISI 304 com 7,5 cm de largura e 52 cm de comprimento, com área de seção transversal de 40 mm x 1 mm e com área de permeação (A_p) calculada considerando as dimensões: 400 x 40 mm (0,016 m²). Tubos, válvulas e curvas com diâmetro de 1” de construção sanitária. Nesse equipamento, o ajuste das condições operacionais (pressão e vazão) é feito por meio do controle simultâneo da rotação da bomba através de um inversor de frequência e da válvula agulha, enquanto que a temperatura é controlada por meio da circulação de água na temperatura adequada ao processo na camisa do tanque.

Um balde (20 litros) foi posicionado sobre uma balança eletrônica (± 5 g, Marte, modelo LC 20) sob a saída do permeado para coletá-lo e obter a sua massa em função do tempo.

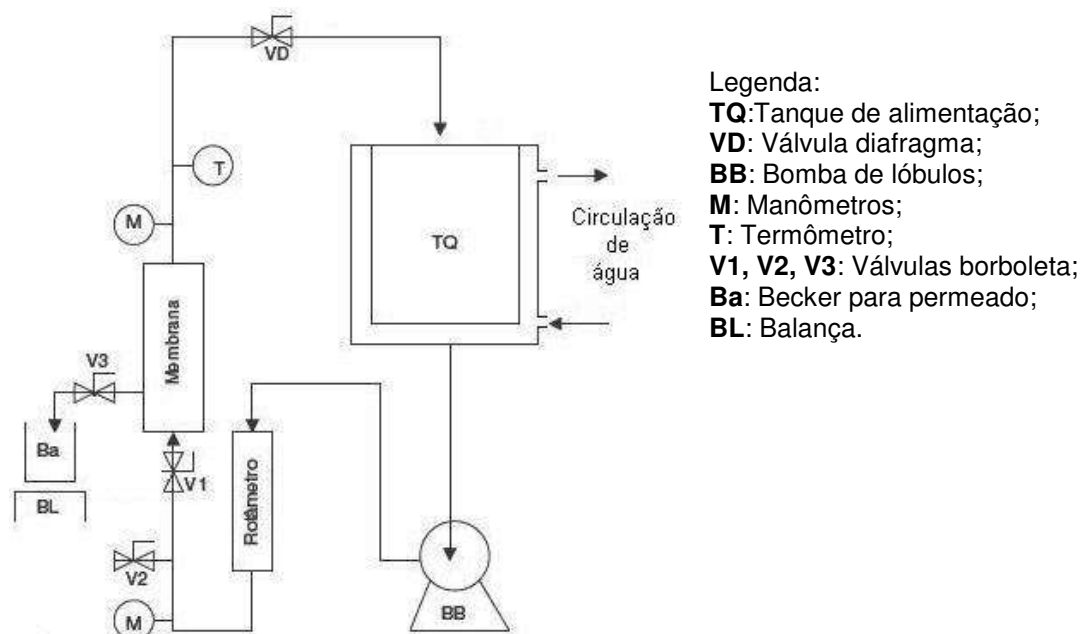


Figura 6. Esquema de Unidade Piloto (Fonte: DEBIEN, 2010).

A segunda etapa utilizou a membrana de melhor desempenho na etapa anterior, Celulose 30 KDa, em unidade piloto. Esta possui a vantagem de apresentar condições operacionais mais semelhantes àsquelas encontradas em um processo industrial. Além disso, nesta unidade são monitoradas a pressão transmembrana (PT), calculada pela média aritmética da pressão na entrada (Pe) e na saída (Ps) da membrana (Equação 3), e a velocidade tangencial v.

Equação 3 $PT = (P_e + P_s) / 2$



Figura 7. Unidade Piloto, Laboratório de Medidas Físicas, FEA/UNICAMP.

Antes de se iniciar a filtração, o sistema foi operado com água filtrada até que o equipamento fosse ajustado às condições de operação. Em seguida, transferiu-se 37 litros de água evaporada para o tanque de alimentação, previamente aquecida à temperatura de operação (60°C). A bomba é colocada em funcionamento e são ajustadas: a pressão transmembrana (1 bar) e a vazão (0,86 m³/h a uma velocidade tangencial de 6 m/s).

Para o cálculo da vazão utilizou-se valor da área de escoamento (Ae) ou Área da seção transversal igual a 40 x 1 mm, segundo a Equação 4.

Equação 4 $V = v \cdot Ae$

V= vazão (l/h)

v=velocidade tangencial (m/s)

Ae=área de escoamento

A válvula de saída de permeado é aberta ao início do processo e assim que a primeira gota de permeado é obtida, inicia-se o cronometragem. Coletaram-se os dados de massa referentes a intervalos pré-determinados até a alimentação ser concentrada a FC igual a 5.

3.3.3. Avaliação dos processos de filtração por membranas

Para cada ensaio foram coletadas amostras de alimentação, permeado e retentado e realizadas análises físicas, em triplicata, dos aspectos físicos: cor e turbidez utilizando Colorímetro HACH DR 2010 e Turbidímetro HACH 2100 NA, respectivamente. Tais análises foram realizadas no Laboratório de Saneamento da Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP.

3.4. Processamento de “água de laranja” em escala piloto

3.4.1. Avaliação da segurança microbiológica da tecnologia

Foi realizado experimento na Planta Piloto do Centro de Tecnologia de Frutas e Hortaliças do Itai, partindo de matéria-prima coletada na data do ensaio, seguindo as etapas previstas na tecnologia proposta no item 3.4.2. até a operação de acondicionamento do produto processado em garrafas de vidro. Foram coletadas amostras na saída de cada operação, a saber: filtração em carvão ativo, ultrafiltração em membrana CEL30, desinfecção por ultravioleta e bico de enchimento da enchadeira. Utilizando metodologias descritas por APHA (EATON *et al.*, 2005), foram realizadas análises no Laboratório de Microbiologia do Centro de Ciência e Qualidade de Alimentos do Itai: *Escherichia coli* ou coliformes termotolerantes, em 100 mL; Coliformes totais, em 100 mL; Aeróbios mesófilos, em 100 mL; Bolores e leveduras, em 100 mL.

3.4.2. Processamento de três lotes experimentais de água de laranja

Foram realizados 3 (três) processamentos em três datas distintas (12/12/12, 07/01/13 e 10/01/13), partindo de matérias-primas coletadas na Dreyfus, unidade de Engenheiro Coelho-SP., na data de cada processamento para obtenção de três lotes de amostras de “água de laranja” acondicionada em garrafas de vidro, sendo identificados em seguida como Lote I, Lote II e Lote III. Os processamentos foram conduzidos nas instalações da planta piloto do

Instituto de Tecnologia de Alimentos – ITAL, ilustrada nas Figuras 8 e 9 . O fluxograma de processamento é apresentado na Figura 10, e as etapas descritas a seguir:



Figura 8 . Vista lateral de linha de processamento de água de laranja



Figura 9. Vista superior da linha de processamento de água de laranja

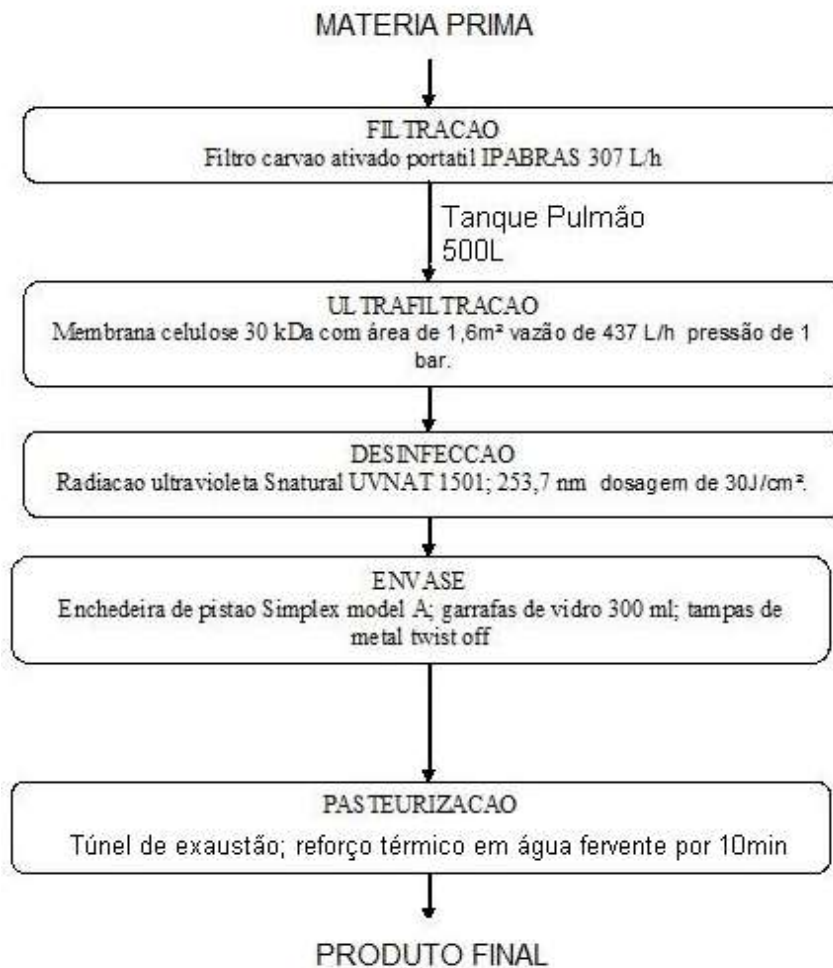


Figura 10. Fluxograma de processamento para obtenção de três lotes de água de laranja

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 1,6m² e vazão de 437 L/h a pressão de 1 bar.(Figuras 11 e 12)

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/cm². (Figuras 11 e 12)

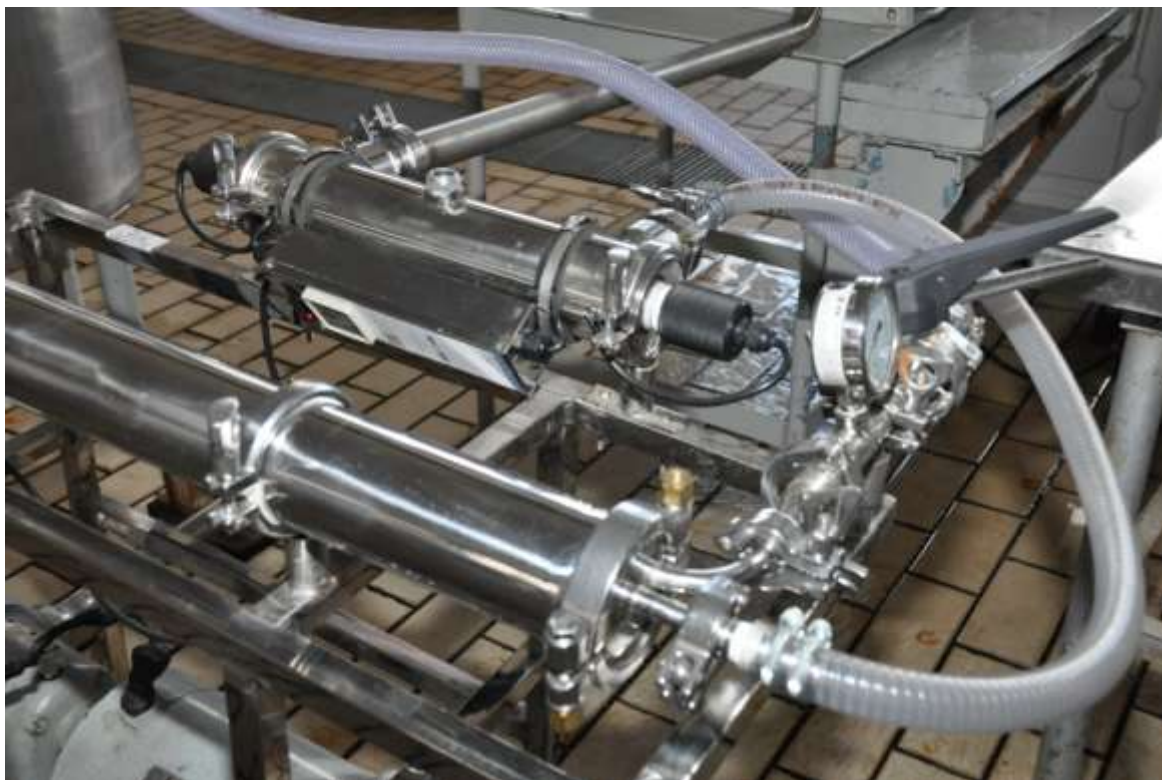


Figura 11. Vista lateral da instalação de ultrafiltro e ultravioleta

Acondicionamento do produto: Após a desinfecção, o produto foi acondicionado em garrafas de vidro de 300mL em enchedeira 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 à uma determinada pressão aplicada em um ambiente à pressão atmosférica.(Figuras 13 e 14)



Figura 12. Vista frontal da instalação de ultrafiltro e ultravioleta



Figura 13. Operação de acondicionamento do produto na etapa de enchimento de garrafas



Figura 14. Operação de acondicionamento do produto na etapa de fechamento manual com tampas de metal

Pasteurização: O produto acondicionado em garrafas de vidro foi submetido a tratamento térmico de pasteurização. Esta etapa foi adicionada ao processo de obtenção dos três lotes, para conferir segurança microbiológica às amostras de produto, tendo em vista que não havia disponibilidade de enchedeira com proteção no bico de enchimento contra recontaminação pelo ar ambiente, nem de sala de enchimento com ar filtrado e pressão positiva. A pasteurização foi realizada em duas etapas constando de passagem das garrafas em túnel de exaustão com vapor à pressão atmosférica (Figura 15), e em seguida imersão em água à temperatura de ebulição por 10 minutos em cestos de aço inoxidável (Figuras 16 e 17). O resfriamento foi conduzido por imersão dos cestos em água clorada (10 mg por litro) também em duas etapas para evitar choque térmico das garrafas, sendo a primeira etapa realizada com água à temperatura de 50°C, e a seguir à temperatura ambiente (Figura 18).



Figura 15. Túnel de exaustão



Figura 16. Cestos após exaustão



Figura 17. Imersão em água em ebulição



Figura 18. Resfriamento

3.5. Caracterização do produto

A matéria-prima coletada nas instalações da Dreyfus para processamento de cada um dos três lotes descritos no item 3.4., foi caracterizada por suas propriedades físicas no Laboratório de Saneamento da Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP.

Os três lotes de água de laranja em garrafas de vidro foram analisados por determinações de Substâncias Inorgânicas, Substâncias Orgânicas, Agrotóxicos, Microrganismos, Propriedades físicas e Perfil de Voláteis, conforme descrito no item 3.2.

Além dessas avaliações, cada lote de água de laranja foi submetido à análise sensorial no Laboratório de Análise Sensorial (LAFISE), do Centro de Ciência e Qualidade de Alimentos do Itai, por Testes de Aceitação e Intenção de Compra.

Foram recrutados 132 consumidores de água engarrafada em geral, sem restrições quanto ao sexo, idade, classe social ou frequência de consumo. Estes consumidores declararam ter lido o termo de consentimento livre e esclarecido apresentado antes da amostra e estarem de acordo com a participação voluntária na avaliação. O termo de consentimento livre e esclarecido foi constituído pelo seguinte texto: “Você estará participando de uma pesquisa com água recuperada do processo de concentração de suco de laranja em indústria produtora de suco concentrado. Trata-se de água oriunda de laranja, que eventualmente pode arrastar consigo compostos aromáticos da fruta. A tecnologia de obtenção desta água empregou somente métodos físicos, portanto sem contato algum com agentes químicos (cloração, alúmen, etc). Não existe nenhum risco ou incômodo previsto na participação desta pesquisa, porém, não devem participar pessoas que não tenham hábito de consumir água engarrafada/industrializada. Caso deseje mais esclarecimentos, o telefone da pesquisadora responsável é xxxx-xxxx”.

As amostras foram avaliadas monadicamente, de modo que entre os 132 consumidores recrutados, três grupos de 102 consumidores avaliaram cada amostra em três sessões de avaliação distintas.

Conforme diretrizes gerais para testes afetivos descritas por Meilgaard *et al.* (2006), cada amostra foi avaliada quanto à aceitabilidade do produto de modo global por meio de escala hedônica de nove pontos (9 = gostei muitíssimo, 5 = não gostei nem desgostei e 1 =

desgostei muitíssimo), quanto à presença de aroma e sabor cítrico por meio de escalas de seis pontos (1 = nenhum a 6 = muito forte) e quanto à intenção de compra por meio de escala de cinco pontos (5 = certamente compraria, 3 = talvez sim, talvez não e 1 = certamente não compraria), solicitando-se a descrição de gostos e desgostos associados a cada amostra e das razões da resposta em relação à intenção de compra, conforme modelo de ficha apresentado no Apêndice 1.

Cada amostra foi apresentada com código de três números aleatórios e servida em temperatura entre 15 e 20°C em copos descartáveis contendo cerca de 50ml.

Os testes foram conduzidos em cabines individuais com iluminação de lâmpadas fluorescentes e equipadas com o sistema computadorizado *Compusense Five versão 5.4* para coleta e análise dos dados, tendo sido obtidas as médias e desvio padrão relativos a cada atributo considerado e as porcentagens de aceitação, indiferença e rejeição, associadas à amostra por meio da escala hedônica utilizada e correspondentes às porcentagens de valores da escala de 9 a 6 (acima do ponto médio), 5 (ponto médio) e de 4 a 1 (abaixo do ponto médio), respectivamente, atribuídos pelos consumidores consultados, bem como as porcentagens agrupadas para a intensidade de aroma e de sabor cítrico associados à pontuação 1 (nenhum aroma/sabor), 2 e 3 (aroma/sabor cítrico muito fraco ou fraco) e 4 a 6 (aroma/sabor cítrico moderado a forte) e de intenção de compra positiva (valores 5 e 4 da escala), incerta (valor 3) e negativa (valores 2 e 1 da escala).

Além das questões relacionadas à avaliação do produto, os consumidores responderam a questões sobre 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 2011 (ABEP, 2011).

3.6. Viabilidade Econômica de uma unidade produtora de Água de Laranja

A partir da comprovação da viabilidade técnica do aproveitamento da “água de laranja”, a fase seguinte foi a de avaliação da viabilidade econômica desse aproveitamento. Para tanto, foi elaborado um anteprojeto para instalação de unidade hipotética de tratamento e engarrafamento de água da concentração do suco de laranja, com capacidade para processar

1.000 litros de água por hora, obtendo-se 16.000 garrafas de vidro de 500ml de água por dia, considerando que essa capacidade é bastante conservadora, se comparada com a escala de produção de qualquer unidade industrial processadora de suco de laranja concentrado atualmente instalada. Adotou-se como premissa que como 1.000 litros de água por hora é uma escala bastante reduzida, a viabilidade econômica, se alcançada, seria mais favorável em caso de aumento da escala de produção.

Para a elaboração do anteprojeto da unidade industrial hipotética, utilizou-se a tecnologia descrita no item 3.4., procurando ampliar a produção para uma escala industrial do processamento de água de laranja e a sistematização das fases do controle de qualidade. Desta feita, não foi incluída a etapa de pasteurização das garrafas de vidro. Ao projetar a instalação industrial, foi prevista a instalação de equipamento para realizar simultaneamente as etapas de enxágüe das garrafas, enchimento e colocação de tampas, dotado de paredes de acrílico que isolam essas operações de interferências do ambiente da fábrica, com finalidade de prevenção contra recontaminação do produto processado pelo ar ambiente.

Foi elaborado o fluxograma quantitativo básico do tratamento e engarrafamento dessa água apresentado na Figura 19 , e dos insumos básicos necessários; a partir desse fluxograma, foram realizadas: especificação dos equipamentos de processamento, auxiliares e de laboratório, veículos de movimentação de carga para a unidade industrial; determinação dos insumos necessários (água, energia elétrica, material de embalagem e outros.). Finalmente foram consideradas as recomendações sobre o acabamento da construção civil e das instalações para facilitar a sanificação da unidade industrial. Após tais definições foram elaborados : “lay-out” da instalação hipotética , a planta baixa, e implantação da unidade industrial, utilizando Programa AutoCad , versão 2006 (Apêndice 2).

Após a definição dos equipamentos, sua distribuição na planta industrial, definição da área necessária e levantamento de preços e consumos de energia (Apêndices 3, 4 e 5) , foram elaboradas as estimativas da estrutura de custo da unidade industrial para produção de água de laranja.

Para análise econômica do empreendimento, considerou-se para efeito de cálculo da estrutura de custos e receitas, que a unidade industrial estará sendo operada cerca de 300 dias

por ano, em regime de turno diário de 8 horas de trabalho, em 7 dias por semana, durante 10 meses de safra, produzindo 4.800.000 garrafas de 500ml de água de laranja. A Base de Cálculo encontra-se no Apêndice 6. Para atender a sua capacidade nominal de produção anual, a unidade industrial necessitará de 2.505.000 litros de água evaporada por ano durante a concentração do suco de laranja.

A análise econômica foi realizada segundo Almeida *et al.*(1984), Melnick (1972), e Noronha (1981) e compreendeu:

3.6.1. Estrutura de custos e receitas

- Estimativa do investimento fixo, capital de giro, custo fixo e custo variável
- Estimativa do custo total e unitário do produto industrializado
- Estimativa da receita total e lucro bruto do empreendimento
- Determinação do ponto de equilíbrio

3.6.2. Análise da viabilidade econômica do projeto

- Determinação da taxa interna de retorno
- Análise de sensibilidade

3.7. Estimativa da viabilidade do tratamento de efluentes líquidos visando reuso

A partir de características de efluentes líquidos fornecidas pela Louis Dreyfus Commodities, unidade de Engenheiro Coelho - SP, foi elaborada proposta teórica de tratamento desses efluentes visando reuso.

As características informadas pela indústria se referem aos efluentes coletados no período de julho a dezembro, durante a safra 2011/2012 e são apresentadas a seguir:

- Vazão - 130 m³/h
- pH - 4,19
- temperatura - 32,2° C
- Sólidos Dissolvidos Totais - 100,0 mg/L
- Sódio - 3,0 mg/L

- Nitrogenio Kjeldahl Total - 1,11 mg/L
- DQO (estimado) – 6.000 mg/L

A proposta de tratamento foi elaborada visando reuso potável, ou seja, reuso nas próprias operações industriais, que adotando as definições de Hespanhol *et al.* (2004) se enquadram como uma combinação de Reuso de efluentes após tratamento adicional e Reuso macro interno, ao se considerar que os efluentes brutos dessa indústria tem origem na mistura da água captada para suas demandas industriais, com a água evaporada durante o processo industrial originária da fruta. A proposta de tratamento foi elaborada com base na revisão de literatura apresentada no item 2.4. e na experiência acumulada pela área de Saneamento Ambiental e Rural da Faculdade de Engenharia Agrícola da Unicamp.

A configuração proposta para a Estação de Tratamento de Efluentes envolveu a seguinte sequência: Peneira rotativa, Flotador de ar dissolvido, Reator UASB + MBR, Aeração, Desinfecção por ultravioleta seguida de Cloração.

Após definição da configuração do tratamento, o custo de implantação foi estimado junto a fornecedores e profissionais do setor, para permitir um exercício e comentários sobre a viabilidade de instalação desse sistema, custeado pelo lucro obtido pela unidade industrial produtora de água de laranja projetada no item 3.6.

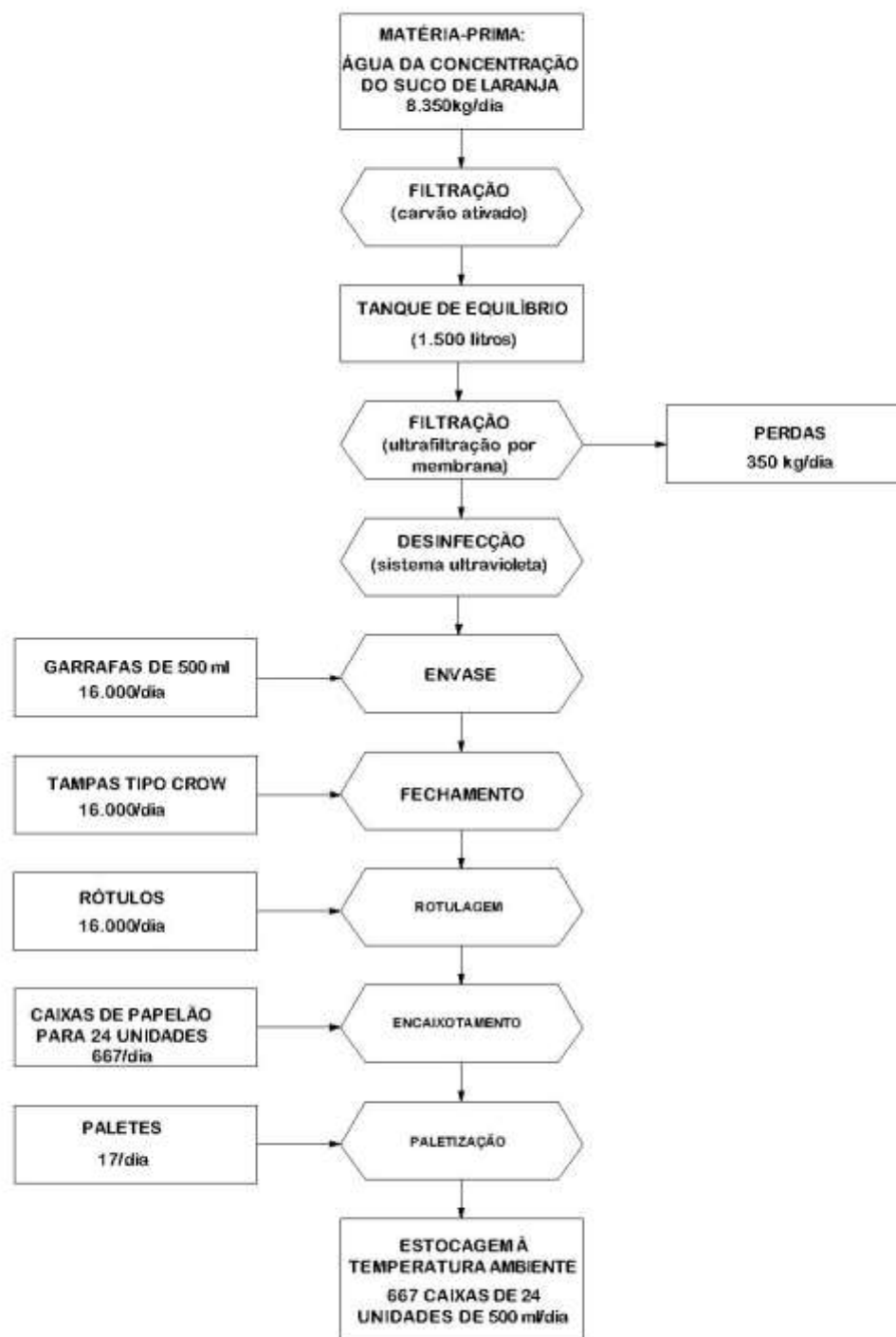


Figura 19. Fluxograma quantitativo básico para obtenção de água da laranja envasada.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Matéria-prima

As variedades de laranja *Citrus sinensis* estudadas variaram entre as datas de coleta de amostras, contemplando Pera Rio, Charmute e, principalmente, Natal. A blendagem de diferentes variedades de laranjas ao longo do período de produção é uma prática usual nas plantas industriais, e tem a finalidade de produzir sucos concentrados que atendem às especificações definidas para cada contrato em termos de relação brix/acidez total titulável (ratio) e cor do produto. Dessa forma, o estudo envolveu amostras que representavam a rotina de produção de uma planta industrial, que por sua vez, representava a dinâmica de atuação desse setor.

4.2. Caracterização da matéria-prima

Os resultados das determinações de propriedades físicas das dez amostras de água evaporada são apresentados na Tabela 2.

A variação do pH e da dureza da água não foi significativa entre as 10 amostras, como mostrado na Tabela 2 ao se observar os desvios padrão. Pelos resultados das análises de substâncias inorgânicas apresentados a seguir (Tabela 4), percebe-se que a água evaporada possui baixos níveis de sais, o que está de acordo com a baixa dureza da água.

A condutividade elétrica da água mostrou variações, porém este não é um parâmetro limitante para a qualidade da água para consumo humano, segundo a RDC nº274 (BRASIL, 2005a). Já os parâmetros de cor e turbidez estão acima do padrão para água envasada de acordo com a mesma RDC nº274 (BRASIL, 2005a). Esses valores variaram de amostra para amostra, chegando a um pico de 364 unidades de Pt-Co e 39,37 NTU. Esse pico foi atribuído à baixa eficiência do recuperador de aromas em operação na data da coleta da amostra 6, em 06 de outubro de 2010, conforme relatado pela Gerência da Fábrica onde foi realizada a coleta, após nossa consulta sobre circunstâncias diferentes da rotina da fábrica naquela data.

Tabela 2. Resultados das análises de propriedades físicas da água evaporada nas dez datas de coleta de amostras

Amostra (Número)	pH	Condutividade (mS/cm)	Cor (un. PtCo)	Turbidez (NTU)	Dureza (mg CaCO₃/L)
1	4,17	47,20	80,00	11,80	3,24
2	4,00	61,00	81,00	11,40	2,35
3	4,12	43,67	23,33	4,12	2,35
4	3,75	57,67	8,00	1,94	1,18
5	3,65	95,13	24,67	3,50	2,65
6	4,04	28,47	364,00	39,37	1,16
7	3,98	52,17	40,67	6,06	1,47
8	4,08	30,07	39,00	5,71	1,47
9	3,44	53,50	28,00	4,67	1,77
10	4,02	47,20	24,33	5,01	1,47
Média	3,92	51,61	71,30	9,36	1,91
Desvio Padrão	0,24	18,63	105,61	11,02	0,70

Não foram encontradas referências para comparação dos resultados obtidos de cor e turbidez em água recuperada de suco de laranja concentrado. Estes podem estar associados à presença dos óleos essenciais, compostos aromáticos e eventualmente ao nível de nitrito encontrado.

Com relação aos resultados obtidos na avaliação microbiológica apresentada na Tabela 3, a RDC 275 (BRASIL, 2005b) prevê, entre outros microrganismos, a determinação de Coliformes totais e Enterococos, pois estes são indicadores de condições higiênicas em geral, não necessariamente de origem fecal. O grupo dos coliformes totais inclui cerca de 20 espécies, dentre as quais encontram-se tanto bactérias originárias do trato gastrointestinal de humanos e outros animais de sangue quente, como também diversos gêneros e espécies de bactérias não entéricas, como *Serratia* e *Aeromonas*, por exemplo. Por essa razão, sua enumeração em água e alimentos é menos representativa, como indicação de contaminação fecal, do que a enumeração de *E. coli*, segundo Silva *et al* (2005).

Tabela 3. Resultados das análises microbiológicas da água evaporada nas dez datas de coleta de amostras. Valores em Unidades Formadoras de Colônias (UFC)/mL.

AMOSTRA (Número)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Contagem Total	0	10	0	0	10	0	0	10	0	0
Bolores e Leveduras	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alicyclobacillus	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
A. acidoterrestris ¹	Neg.	Pos.	Neg.	Neg.	Pos.	Neg.	Neg.	Pos.	Neg.	Neg.
Coliformes Totais	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	2	1	<1
Coliformes Termotolerantes	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Escherichia coli	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Enterococos	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	54

¹ – Neg.=Negativo; Pos.=Positivo

A presença de coliformes totais foi detectada em duas amostras e a de Enterococos em uma amostra, porém a ausência de *Escherichia coli* indica que esses resultados não são representativos de contaminação de origem fecal. Estes microrganismos são facilmente eliminados nas etapas usuais de tratamento da água.

Como a água evaporada possui características próximas à água destilada, não há nutrientes suficientes para o crescimento de *Alicyclobacillus*. Assim, a presença da bactéria na água evaporada não deve ser considerada como fator crítico, pois sua eliminação é assegurada na etapa do tratamento de desinfecção.

A Tabela 4 apresenta os resultados obtidos na avaliação das substâncias inorgânicas das 10 amostras coletadas.

A função mais conhecida do selênio é a de antioxidante, levada a cabo por meio da associação desse elemento com a enzima glutathione peroxidase, conforme descrito por Brody (1994), Levander *et al*, (1997), Reilly (1996) e Silva *et al*, (1993). No final da década de 90, constatou-se que o selênio é um constituinte da 5'-iodinase, enzima atuante no metabolismo dos hormônios da tireóide, e que as síndromes de deficiência de iodo são mais graves quando há deficiência simultânea de selênio (OMS, 1998).

A amostra nº3, coletada em 22 de setembro, apresentou nível de selênio acima de 0,01 mg/l, valor máximo permitido pela RDC nº274 (BRASIL, 2005a). Inúmeras pesquisas

mostram que a concentração de selênio nos alimentos pode apresentar grande variação, dependendo dos teores presentes no solo. Segundo o estudo apresentado por Ferreira *et al* (2002), a presença de selênio em determinadas formulações de fertilizantes e rações animais e o teor de selênio no solo podem ser a explicação para variações na concentração de selênio entre amostras do mesmo tipo de alimento.

O nível de nitrito apresentou-se acima do permitido (0,02 mg/l) pela RDC nº 274 (BRASIL, 2005a) em 3 amostras: nº2, nº3 e nº7, porém em nível inferior ao preconizado pela Portaria 2.914 (BRASIL, 2011). Rezende (2010) relacionou a contaminação de água por nitrito a escoamento superficial de terras adubadas quimicamente, esgoto e erosão de depósitos naturais.

Não há limite máximo estabelecido para presença de ferro em águas envasadas para consumo humano (BRASIL, 2005a). Todas as outras substâncias apresentaram níveis abaixo do limite máximo permitido nas 10 amostras de água evaporada.

Os resultados obtidos para análise de substâncias orgânicas e para agrotóxicos apresentaram valores abaixo do limite quantificável dos métodos utilizados em todas as dez amostras, demonstrando que sob esses aspectos a água evaporada durante o processo de concentração de suco de laranja atende à Resolução Brasileira para águas envasadas e gelo (BRASIL, 2005a).

Os resultados da caracterização do perfil de voláteis da água evaporada são apresentados na Tabela 5. A Figura 20 apresenta um exemplo do cromatograma obtido para caracterização da água evaporada. Os principais voláteis detectados foram o limoneno (TR=8,30min), etil-3-hidroxi hexanoato (TR=9,88), valenceno (TR=14,38 min) e nootkatone (TR=16,17 min). Todos os voláteis tentativamente identificados são naturalmente presentes na laranja ou na sua casca.

As amostras 2, 3, 4, 5, 7, 9, e 10 foram obtidas da água evaporada de suco da variedade de laranja Natal enquanto que as amostra 1 e 6 foram obtidas da variedade Pera Rio. A amostra 8 foi obtida da mistura das variedades Charmute e Natal. Embora de variedades diferentes os principais voláteis tentativamente identificados nas amostras foram os mesmos.

Tabela 4. Resultados das análises de substâncias inorgânicas da água evaporada nas dez datas de coleta de amostras.

Amostras	1 (01/09)	2 (15/09)	3 (22/09)	4 (27/09)	5 (29/09)	6 (06/10)	7 (14/10)	8 (19/10)	9 (21/10)	10 (27/10)
Cálcio	nd < 0,003	0,23 ± 0,01	0,12 ± 0,01	nd < 0,005	0,063 ± 0,003	nd < 0,01	nd < 0,01	0,021 ± 0,005	nd < 0,003	nd < 0,003
Alumínio	nd < 0,003	nd < 0,003	0,008 ± 0,002	nd < 0,005	0,012 ± 0,000	nd < 0,005	nd < 0,005	nd < 0,005	nd < 0,005	0,006
Antimônio	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003
Arsênio	nd < 0,005	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003
 Mercúrio	nd < 0,00025	nd < 0,0003	nd < 0,0003	nd < 0,0003	nd < 0,0003	nd < 0,0003	nd < 0,0003	nd < 0,0003	nd < 0,0003	nd < 0,0003
Boro	nd < 0,005	nd < 0,005	nd < 0,005	nd < 0,005	nd < 0,005	nd < 0,005	nd < 0,005	nd < 0,005	nd < 0,005	nd < 0,005
Cobre	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003
Ferro	0,006 ± 0,002	0,016 ± 0,001	0,005 ± 0,000	nd < 0,003	0,015 ± 0,004	0,004 ± 0,000	0,004 ± 0,000	0,003 ± 0,000	nd < 0,003	nd < 0,003
Fósforo	0,305 ± 0,003	0,353 ± 0,001	0,087 ± 0,011	0,023 ± 0,001	0,131 ± 0,002	0,017 ± 0,002	0,105 ± 0,002	0,156 ± 0,014	0,139 ± 0,008	0,132 ± 0,002
Potássio	2,16 ± 0,08	4,24 ± 0,18	1,02 ± 0,02	0,149 ± 0,003	1,52 ± 0,09	0,118 ± 0,001	1,704 ± 0,207	1,653 ± 0,032	1,245 ± 0,052	0,855 ± 0,002
Sódio	0,305 ± 0,003	0,014 ± 0,001	nd < 0,005	nd < 0,005	0,034 ± 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,01	nd < 0,003
Magnésio	0,011 ± 0,000	0,193 ± 0,002	0,044 ± 0,001	0,006 ± 0,001	0,088 ± 0,001	0,010 ± 0,000	0,074 ± 0,001	0,104 ± 0,002	0,07 ± 0,001	nd < 0,003
Bário	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003
Cádmio	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003
Selênio	0,008 ± 0,003	nd < 0,003	0,015 ± 0,002	0,009 ± 0,002	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003
Níquel	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003
Chumbo	nd < 0,003	0,006 ± 0,002	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003
Manganês	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003
Cromio	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003
Zinco	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003	nd < 0,003
Cianeto	< 0,005	0,0076	0,019	0,0092	0,011	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,042	< 0,005
Nitrato	0,89	1,33	0,89	0,44	0,44	< 0,44	0,44	0,89	0,44	1,33
Nitrito	< LQ	0,033	0,03	< 0,0066	0,013	< 0,0066	0,027	0,012	< 0,0066	< 0,0066

*Valores em mg/l

Tabela 5. Resultados da caracterização do perfil de voláteis da água evaporada nas dez datas de coleta de amostras

T.R. (min)	No. CAS	Voláteis Tentativamente Identificados	NÚMERO DA AMOSTRA									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1,46	64-17-5	Etanol	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3,01	513-86-0	3-hidroxi-2-butanona (acetoína)	ND	X	X	X	X	NI	NI	NI	NI	ND
7,64	123-35-3	Beta mirreno	NI	ND	X	ND	ND	X	X	X	X	ND
8,30	138-86-3	Limoneno	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
9,50	124-19-6	Nonanal	X	X	X	X	X	X	NI	X	ND	ND
9,88	2305-25-1	3-hidroxi-etil-ester do ácido hexanoico (etil-3-hidroxi hexanoato)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
10,90	144-39-8	Linalil propanoato	X	X	X	X	X	NI	X	X	X	X
11,08	112-31-2	Decanal	X	X	NI	NI	NI	X	NI	NI	ND	ND
12,93		NI	ND	ND	ND	X	X	X	ND	ND	X	X
14,38	10219-75-7	1,2,3,5,6,7,8,8a-octahidro-1,8a-dimetil-7-(1-metiletenil)-, [1R-(1.alfa.,7.beta.,8a.alfa)] naftaleno (valenceno)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
14,55	483-76-1	1,2,3,5,6,8a-hexahidro-4,7-dimetil-1-(1-metiletenil)-,(1S-cis)-naftaleno	X	X	X	X	X	X	X	X	X	NI
16,17	4674-50-4	4,4a,6,7,8-hexahidro-4,4a-dimetil-6-(1-metiletenil)-, [4.alfa.,4a.alfa.,6.beta)] 2 (3H) naftalenona (nootkatone)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
17,69	484-12-8	7-Metoxi-8-(3-metil-2-butenil)-coumarin (Ostole)	NI	NI	X	X	ND	ND	ND	NI	ND	ND

ND= Não detectado, NI= volátil detectado porém não confirmada a identificação tentativa

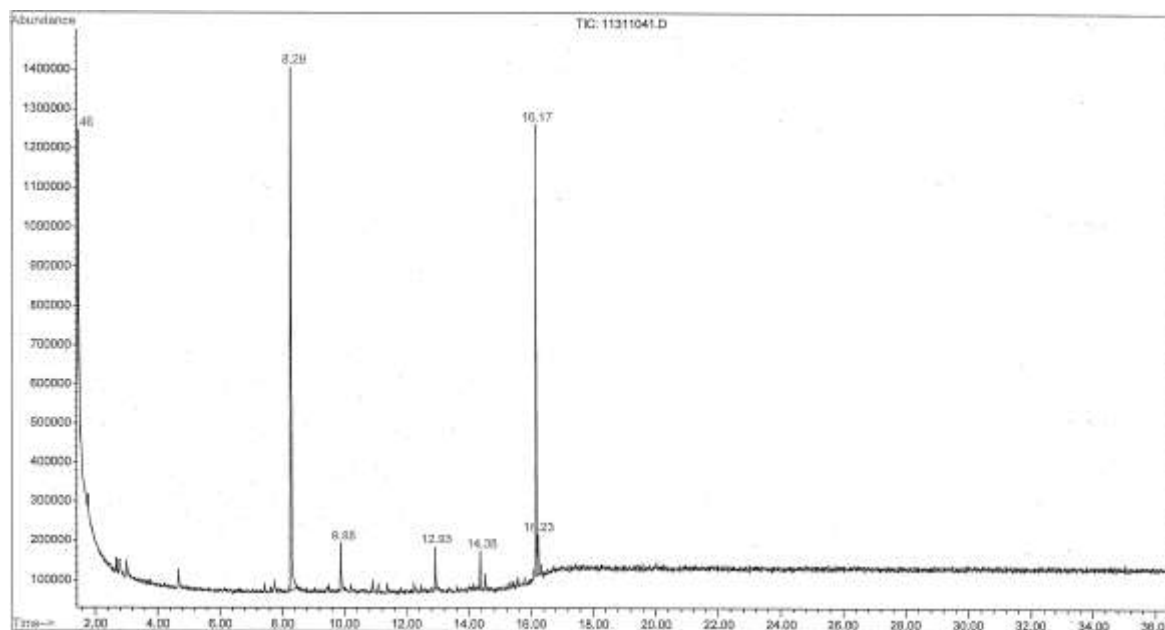


Figura 20. Cromatograma típico obtido para caracterização da água evaporada.

A amostra 6 analisada em 07/10 apresentou, além dos voláteis descritos na Tabela 5, outros componentes tentativamente identificados como: butanoato de etila, α -pineno, sabineno, β -pineno, octanal, 3-careno, α -terpineno, β -ocimeno, γ -terpineno, 1-octanol, terpinoleno, Linalool, 4-terpineol, α e β -citral, nerol acetato, cariofileno, γ -selineno entre outros, os quais não foi possível identificar nas condições de análise utilizadas. Esses resultados estão de acordo com os registros de produção da indústria onde as amostras foram coletadas, que relataram baixa eficiência do recuperador de aromas em operação naquela data de coleta.

Como os únicos parâmetros que ultrapassaram os limites estabelecidos pela RDC 274 (BRASIL, 2005a) para águas envasadas foram turbidez e cor, a correção desses parâmetros para 1 NTU e 5 unidades Pt-Co respectivamente, passou a ser o objetivo do estudo na fase seguinte do presente trabalho. Como a proposta foi de utilização de métodos físicos de tratamento, a opção adotada foi a de estudos para utilização de tecnologia de membranas.

4.3. Seleção da Tecnologia de Membrana para correção de cor e turbidez

Na primeira etapa, foi avaliado o desempenho de duas membranas de Microfiltração (MF): polietersulfona 0,05 μ m (PES0,05) e polifluoreto de vinilideno 0,2 μ m (PVDF0,2); cinco membranas de Ultrafiltração (UF): polietersulfona de 30KDa (PES30), de 50KDa (PES50) e de 100KDa (PES100), Celulose de 30KDa (CEL30) e de 100KDa (CEL100). Foram testadas pressões entre 0,5 e 2,0 bar, conforme apresentado na Tabela 6. Todos os ensaios foram conduzidos à temperatura de 60°C, considerando que esta é a temperatura média de saída da água do condensador dos evaporadores industriais.

Tabela 6. Características das membranas utilizadas nos ensaios preliminares, em unidade laboratorial.

Processo	Material da Membrana	Tamanho do poro	Pressão de operação (bar)
MF	polietersulfona (PES)	0,05 μ m	0,5
	polifluoreto de vinilideno (PVDF)	0,2 μ m	0,5
Processo	Material da Membrana	Massa molecular de corte	Pressão de operação (bar)
UF	polietersulfona (PES)	30KDa	1 e 2
	polietersulfona (PES)	50KDa	1 e 2
	polietersulfona (PES)	100KDa	1
	celulose (CEL)	100KDa	1
	celulose (CEL)	30KDa	1 e 2

Os resultados obtidos nos experimentos envolvendo as membranas PES 0,05 μ m, PVDF 0,2 μ m, PES 30KDa, PES 50KDa, 100KDa e CEL 100KDa não serão aqui apresentados, considerando que tais ensaios não se enquadram nos objetivos principais do presente estudo. As razões que levaram à descontinuidade de utilização dessas membranas envolveram a ineficácia em atingir redução de cor e turbidez para os níveis propostos como objetivo, ou redução com pequena margem de segurança, fluxos de permeado baixos, fluxo de estabilização não atingido, razões essas observadas isolada ou conjuntamente nos experimentos.

Os experimentos sob pressão de 1 e 2 bar conduzidos em unidade laboratorial utilizando membrana de celulose 30 KDa (CEL30) estão representados na Figura 21.

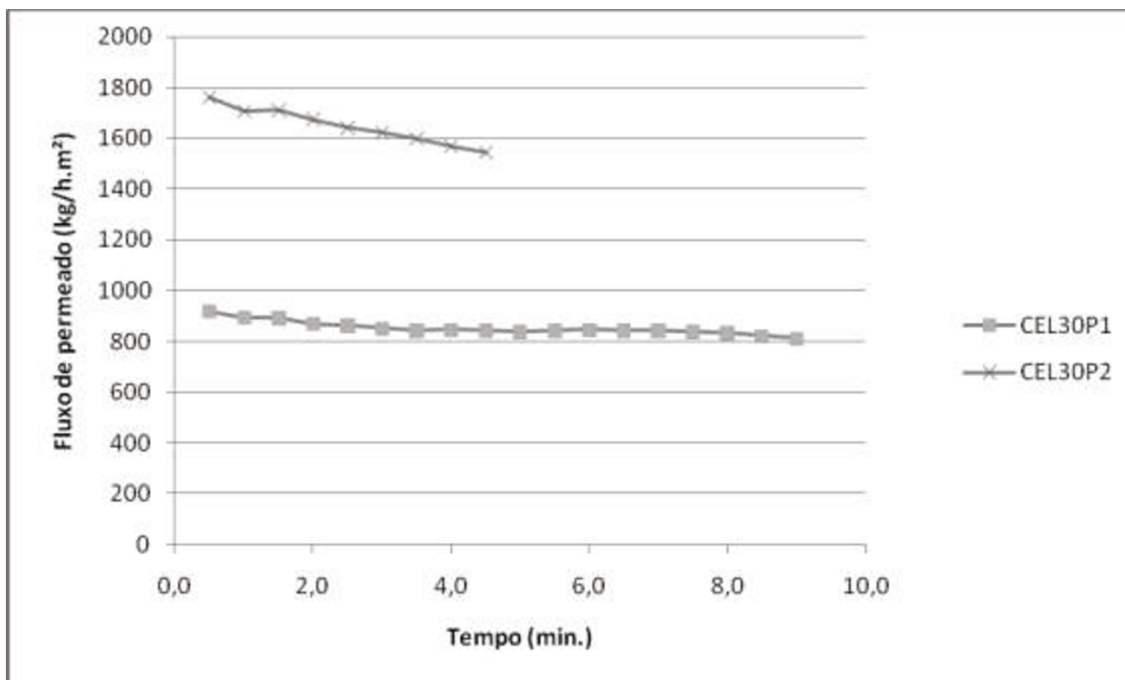


Figura 21. Fluxo de permeado através de membranas CEL30 sob pressão de 1 e 2 bar (P1 e P2 respectivamente) em experimentos de UF realizados em unidade laboratorial

A Figura 21 permite concluir que o aumento da pressão na membrana de CEL30 de 1 bar para 2 bar eleva o fluxo de permeado, consequentemente, reduzindo o tempo para se atingir o fator de concentração estabelecido. O aumento da pressão não comprometeu a eficácia da filtração, produzindo resultados satisfatórios do ponto de vista da redução dos parâmetros considerados na Tabela 7. Ainda assim, o uso da pressão menor, de 1 bar, foi selecionado visando reduzir futuros custos industriais de operação.

Tabela 7. Análises físicas de alimentação, permeado e retentado de água de limão filtrada em membranas CEL 30 sob pressão de 1 bar e CEL30 sob pressão de 2 bar, em unidade laboratorial.

	Turbidez (NTU)		Cor (unidades Pt-Co)	
	Média	Desvio	Média	Desvio
ALIMENTAÇÃO A	2,74	0,03	13,5	1,64
CEL30P1				
Permeado	0,22	0,03	1,22	0,67
Retentado	12,13	2,23	62,67	11,52
ALIMENTAÇÃO B	4,05	0,05	26,33	1,63
CEL30P2				
Permeado	0,24	0,04	2,11	0,6
Retentado	15,78	0,6	108,33	4,74

Pode-se ainda observar pela Figura 21, que a membrana CEL30 sob pressão de 1 bar não apresentou curva exponencial típica. O fluxo de estabilização ocorreu na faixa de 800 a 900 kg/h.m², sendo esses valores considerados relativamente altos para experimentos realizados em unidade laboratorial. Além disso, os níveis de cor e turbidez do permeado apresentaram-se inferiores aos exigidos pela RDC 274 (BRASIL, 2005a) em todos os ensaios realizados em escala laboratorial, com margem de segurança adequada.

Observa-se no início do experimento em planta piloto (Figura 22), a ocorrência de aumento abrupto de fluxo com posterior estabilização, ao invés da queda característica dos Processos de Separação por Membranas (PSM). O fenômeno de aumento do fluxo com o tempo é denominado “fluxo paradoxal” e é caracterizado pelo arraste de partículas menores através da membrana pelo permeado. Estas partículas se depositam na membrana provocando o entupimento momentâneo dos poros, sendo posteriormente arrastadas pelo permeado. Após o arraste, há a deposição majoritária de macropartículas na camada polarizada, de modo que o

fluxo tende a aumentar até que o processo de incrustação da membrana seja iniciado. A partir deste momento, ocorre leve declínio do fluxo de permeado até a sua estabilização. A importância da teoria do fluxo paradoxal consiste na sinalização de que há uma modificação na composição e no arranjo da interface alimentação-membrana durante o processo de filtração. Tais mudanças seriam responsáveis por gerar alterações no fluxo de permeado como foi verificado por Silva (2010) e Debien (2010). É importante ressaltar que a ocorrência do fluxo paradoxal está diretamente relacionada ao predomínio do fluxo tangencial no processo de filtração efetuado na planta piloto. Nos experimentos realizados em laboratório não foi observado fluxo paradoxal, pois ocorre predomínio do fluxo frontal.

A Figura 22 ainda permite verificar que o fluxo de permeado estabilizou-se em torno de 700 kg/h.m², valor semelhante ao obtido em escala laboratorial. É possível que a maior concentração (de cor e turbidez) da amostra de alimentação utilizada em escala piloto tenha contribuído para que o fluxo de permeado se estabilizasse em nível mais próximo ao limite inferior da faixa de valores obtidos em filtração realizada em escala laboratorial.

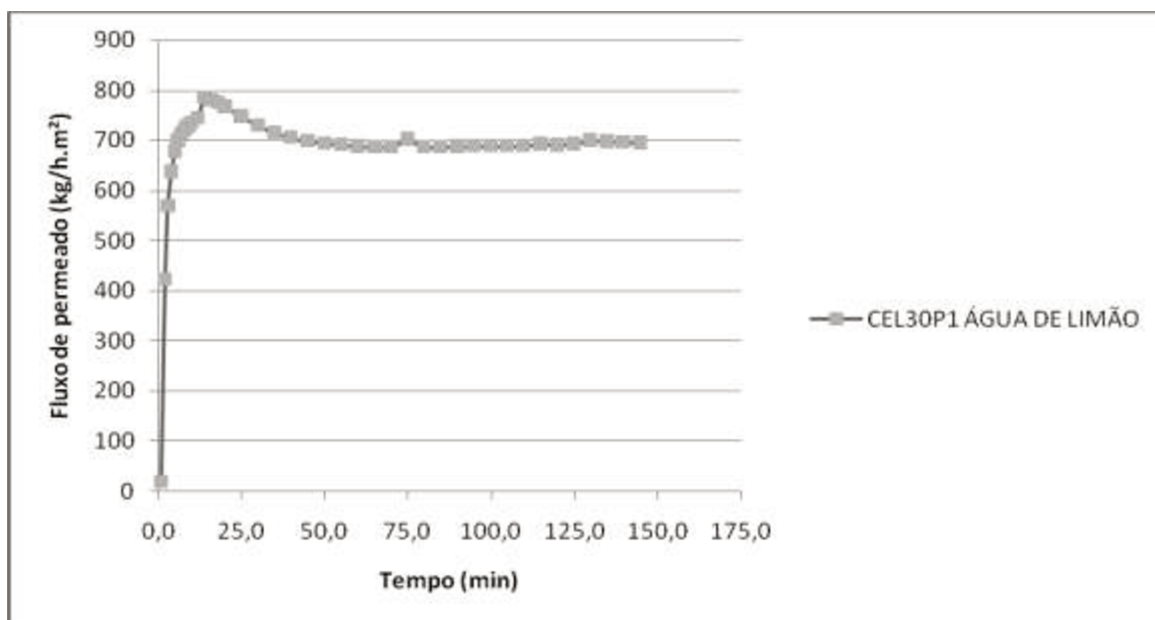


Figura 22. Fluxo de permeado de água de limão filtrada em unidade piloto utilizando membrana CEL30 sob pressão de 1 bar.

Pode-se observar pela Tabela 8 que os níveis de redução dos parâmetros de cor e turbidez atenderam às exigências expressas pela ANVISA na RDC 274 (BRASIL, 2005a), superando a porcentagem de redução obtida experimentalmente em escala laboratorial. Os dados da tabela permitem concluir que o nível inicial de concentração da amostra de alimentação não comprometeu o desempenho do processo de ultrafiltração.

Tabela 8. Análises físicas de alimentação, permeado e retentado de água de limão filtrada em unidade piloto utilizando membrana CEL30 sob pressão de 1 bar.

	Turbidez (NTU)		Cor (unidades Pt-Co)	
	Média	Desvio	Média	Desvio
ALIMENTAÇÃO	63,7	0,01	471,33	11,72
UNIDADE PILOTO				
Permeado	0,23	0,01	0,33	0,58
Retentado	76,9	0,26	497,33	8,33

Os experimentos realizados com água evaporada de laranja reproduziram os resultados obtidos com água de limão, tanto em escala laboratorial quanto em escala piloto, como podemos verificar pelas Tabela 9 e Figuras 23 e 24.

Não foram encontrados na literatura artigos que estudassem o tratamento de água evaporada de laranja ou de limão. Arnal *et al.* (2009) afirmam que a ultrafiltração é eficiente na redução de turbidez de águas superficiais, porém os resultados apresentados envolvem o uso de membranas de poros mais abertos do que os utilizados no presente estudo. Além disso, águas superficiais possuem características diferenciadas da água evaporada.

Já Debien (2010) utilizou membrana CEL30 com o objetivo de clarificar água de coco, relatando redução de cerca de 90% na turbidez do produto. Essa redução está de acordo com os resultados obtidos no presente estudo, especialmente em ensaios em unidade de laboratório, tendo sido superada nos ensaios realizados em planta piloto.

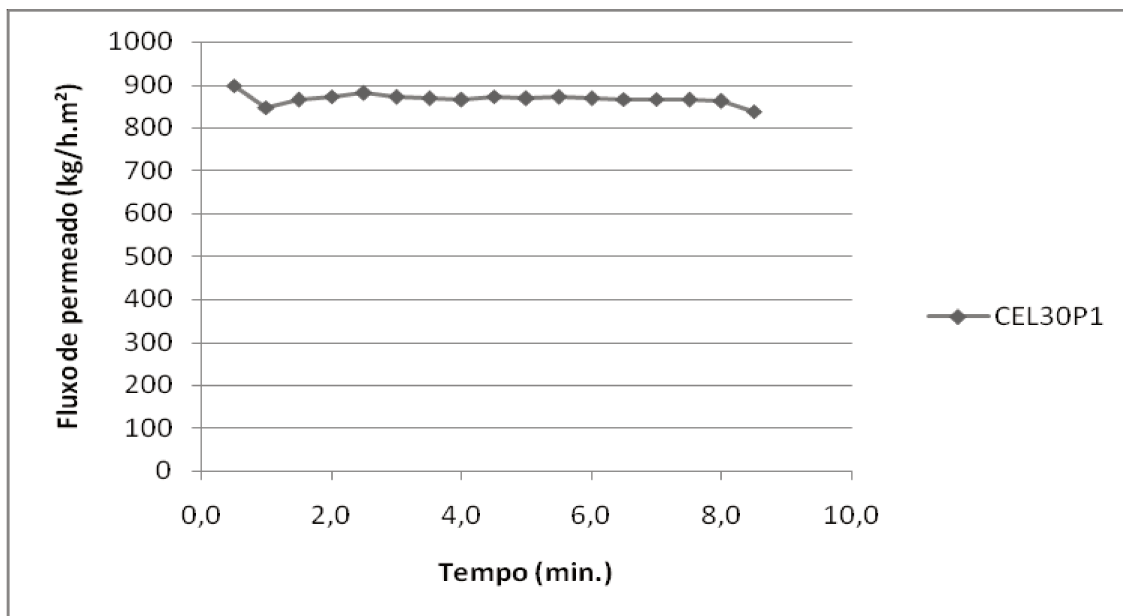


Figura 23. Fluxo de permeado através de membranas CEL30 sob pressão de 1 bar em experimentos de UF realizados em unidade laboratorial utilizando água de laranja.

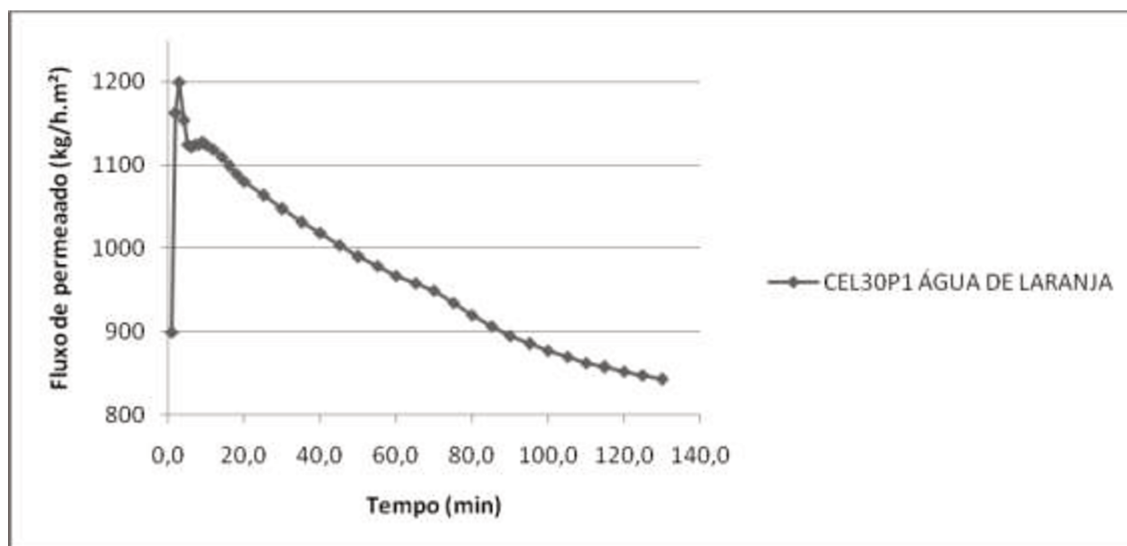


Figura 24. Fluxo de permeado através de membranas CEL30 sob pressão de 1 bar em experimento de UF realizado em planta piloto utilizando amostra de água de laranja.

Tabela 9. Análises físicas alimentação, permeado e retentado de água de laranja filtradas em unidade laboratorial e piloto utilizando membrana CEL30 sob pressão de 1 bar.

	Turbidez (NTU)		Cor (unidades Pt-Co)	
	Média	Desvio	Média	Desvio
ALIMENTAÇÃO	2,04	0,13	11,33	0,52
UNIDADE LABORATORIAL				
Permeado	0,24	0,07	1,00	0,75
Retentado	8,66	1,47	55,67	9,56
UNIDADE PILOTO				
Permeado	0,38	0,02	0,33	0,58
Retentado	8,7	0,02	46,67	0,58

Dessa forma, a ultrafiltração da água evaporada do suco de laranja em membrana CEL30 a pressão de 1 bar foi selecionada como a etapa da tecnologia de envase responsável pela correção da cor e turbidez da água de laranja para os níveis preconizados pela RDC 274 (BRASIL, 2005a) para águas envasadas.

4.4. Processamento de “água de laranja” em escala piloto

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 residuárias, para a adsorção de materiais orgânicos, sendo confiável e econômico, principalmente para a eliminação de substâncias que causam odores, sabores e coloração, além de realizar a própria purificação da água (CULP e CULP, 1971).

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).

No experimento realizado com objetivo de verificar a segurança microbiológica do processo, avaliando cada etapa envolvida na tecnologia proposta, não foram detectadas contagens microbianas em nenhum dos parâmetros avaliados. Assim, a partir da comprovação de segurança do processo até a fase de enchimento do produto nas embalagens de vidro, optou-se pela realização de uma operação adicional qual seja, a de pasteurização do produto envasado em seguida ao processo, considerando que o sistema garrafa/tampa utilizado no presente trabalho era suscetível a recontaminação pós-processo do produto, pela indisponibilidade de um ambiente com ar filtrado e pressão positiva para a operação de acondicionamento.

A caracterização das matérias-primas quanto às suas propriedades físicas, utilizadas no processamento dos três lotes do produto “água de laranja” é apresentada na Tabela 10, enquanto a Figura 25 apresenta as amostras obtidas Lote I, Lote II e Lote III, processadas em 12/12/12, 07/01 e 10/01/13 respectivamente.

Tabela 10. Propriedades físicas dos três lotes de água evaporada coletados para o processamento de três lotes de água de laranja

Data de coleta	12/12/12	07/01/2013	10/01/13
	Lote I	Lote II	Lote III
pH	4,28 ± 0,02	4,33 ± 0,01	4,27 ± 0,01
Condutividade(μs/cm)	31,31 ± 0,08	31,27 ± 0,06	31,40 ± 0,10
Turbidez(NTU)	7,792 ± 0,014	8,027 ± 0,035	7,001 ± 0,009
Cor (ptCo)	46,00 ± 1,00	58,33 ± 1,53	47,00 ± 1,00
Dureza(mg CaCO₃/L)	0,895 ± 0,179	0,895 ± 0,000	1,074 ± 0,179

Observa-se pela Tabela 10 que as matérias-primas utilizadas nos processamentos dos três lotes apresentavam turbidez próxima à média identificada na etapa inicial do estudo de caracterização. Os valores de cor também se apresentaram dentro da faixa de variação identificada à época, assim como os valores de pH, condutividade e dureza.



Figura 25. Amostras de Água de Laranja obtidas nos três processamentos; Lote I (12/12/12), Lote II (07/01/13) e Lote III (10/01/13)

4.5. Caracterização do produto

Quanto à caracterização dos produtos obtidos nos três processamentos realizados em Planta Piloto, os resultados da avaliação de propriedades físicas são apresentados na Tabela 11, enquanto os resultados de substâncias inorgânicas são apresentados na Tabela 12.

Tabela 11. Propriedades físicas dos três lotes de Água de Laranja processados em Planta Piloto

Água de Laranja	Lote I	Lote II	Lote III
pH	4,24 ± 0,00	4,15 ± 0,01	4,72 ± 0,00
Condutividade(μs/cm)	45,2 ± 0,1	51,3 ± 0,1	29,2 ± 0,2
Turbidez(NTU)	0,61 ± 0,00	0,51 ± 0,00	0,49 ± 0,00
Cor (ptCo)	1,00 ± 0,50	1,95 ± 0,80	1,20 ± 0,80
Dureza(mg CaCO₃/L)	0,447 ± 0,000	0,298 ± 0,052	0,328 ± 0,052

Tabela 12. Análises de substâncias inorgânicas nos três lotes de Água de Laranja processados em Planta Piloto

Minerais (mg/L)	Lote I	Lote II	Lote III	LMP*
Cálcio	1,32 ±0,16	0,476±0,013	0,769±0,014	250***
Alumínio	0,011±0,001	0,012±0,000	ND<0,003	0,2*
Antimônio	0,006±0,000	0,004±0,000	0,004±0,003	0,05*
Arsênio	ND<0,003	ND<0,003	ND<0,003	0,01*
Mercúrio	ND<0,0001	ND<0,0001	ND<0,0001	0,001*
Boro	ND<0,003	ND<0,003	ND<0,003	5**
Cobre	0,007±0,001	0,004±0,000	ND<0,003	2*/1**
Ferro	0,211±0,020	0,186±0,016	0,021±0,004	0,3*
Fósforo	0,118±0,000	0,145±0,003	0,168±0,017	-
Potássio	2,56±0,29	2,89±0,32	3,22±0,16	500**
Sódio	2,710±0,230	0,439±0,005	0,304±0,003	200*/600***
Magnésio	0,229±0,002	0,172±0,001	0,180±0,002	65***
Bário	0,013±0,000	0,006±0,000	0,008±0,000	0,7*
Cádmio	ND<0,003	ND<0,003	ND<0,003	0,005*/0,003**
Selênio	ND<0,005	ND<0,005	ND<0,005	0,01*
Níquel	0,020±0,003	0,005±0,001	ND<0,003	0,07*/0,02**
Chumbo	ND<0,003	ND<0,003	ND<0,003	0,01*
Manganês	0,005±0,001	0,004±0,000	ND<0,003	0,1*/0,5**
Crômio Total	0,032±0,000	ND<0,005	ND<0,005	0,05*
Zinco	0,041±0,002	ND<0,005	ND<0,005	5*
Cianeto	ND<0,005	ND<0,005	ND<0,005	0,07**
Nitrato	ND<0,44	ND<0,44	ND<0,44	50**
Nitrito	ND<0,0066	ND<0,0066	ND<0,0066	0,02**

ND = Não Identificado, abaixo do limite de quantificação

*LMP = Limite Máximo permitido pela Portaria 2.914

**LMP = Limite Máximo Permitido pela RDC 274 (águas envasadas e gelo)

***LMP = Água adicionada de sais.

A análise da Tabela 12 permite afirmar que todos os minerais estão abaixo do limite previsto pela RDC 274 (BRASIL, 2005a) em todos os três lotes de produtos processados. Tais resultados estão de acordo com o observado na Tabela 4 de caracterização da matéria-prima na fase inicial do estudo.

Os resultados obtidos para análise de substâncias orgânicas e para agrotóxicos nos três lotes de produtos processados apresentaram valores abaixo do limite quantificável dos métodos utilizados conforme esperado, tendo em vista que na caracterização inicial da matéria-prima o mesmo resultado já havia sido encontrado.

A avaliação do perfil de voláteis foi realizada nos três lotes de produtos processados, verificando-se ausência de compostos característicos de laranja, demonstrando sua remoção durante o processamento. Um exemplo de cromatograma típico observado para os três lotes de água de laranja é apresentado na Figura 26.

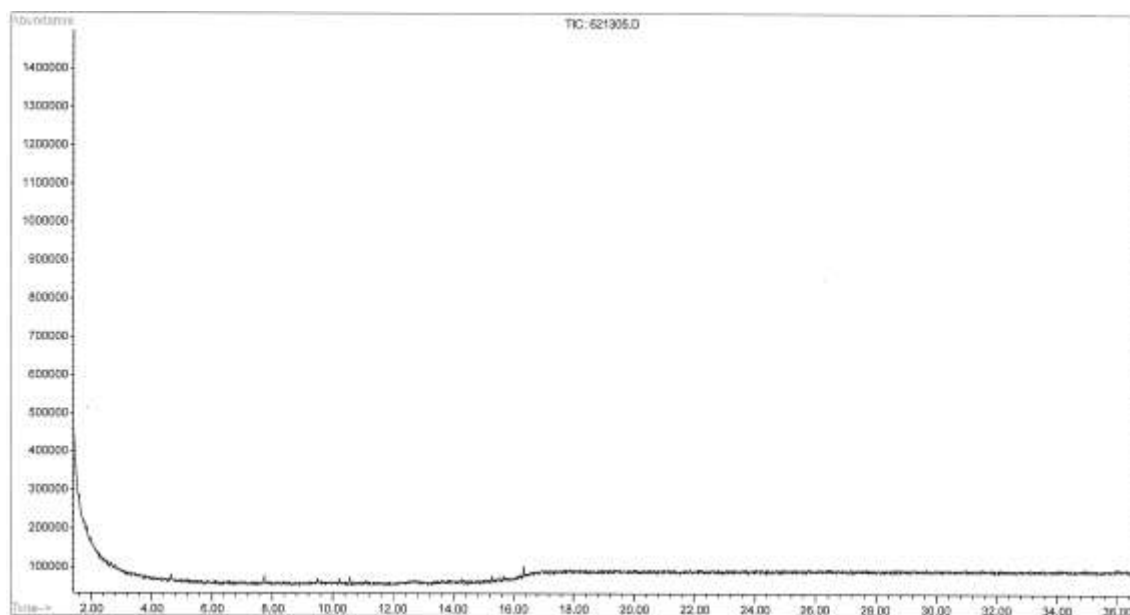


Figura 26. Cromatograma típico obtido para Água de Laranja processada em Planta Piloto

Com relação à avaliação microbiológica, os resultados das análises nos três lotes de produtos é apresentado na Tabela 13.

Tabela 13. Resultados das análises de microbiológicas nos três lotes de água de laranja processados em Unidades Formadoras de Colônias ou UFC/mL

Água de Laranja	Lote I		Lote II		Lote III	
Contagem aeróbios mesófilos	5*	<1	<1	<1	<1	<1
Contagem bolores e leveduras	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Coliformes totais	<1	<1	<1	<1	2*	<1
Escherichia coli	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Alicyclobacillus	0		0		0	
A. acidoterrestris	Negativo		Negativo		Negativo	

*Contagem estimada, abaixo do limite de quantificação do método

Os resultados da contagem de aeróbios mesófilos no Lote I e de coliformes totais no lote III, em uma das duplicatas de cada lote, detectaram uma contagem baixa de microorganismos, que não compromete a qualidade do produto final. Tais contagens indicam flora variada, tipicamente associada à contaminação pós-processo, causada por vazamento do sistema embalagem/tampa utilizada. A explicação para tal vazamento reside no fechamento manual das tampas tipo “twist of” sujeito a falhas. Para reduzir substancialmente esse risco, seria necessário utilizar outro tipo de tampa, como a “Crow” que é colocada na garrafa de vidro automaticamente, por recravação em equipamento específico denominado “tampadeira” ou “recravadeira”. Porém, não houve disponibilidade de infraestrutura de recravação para os presentes experimentos.

Quanto à avaliação sensorial dos três lotes de produtos processados, três grupos de 102 consumidores habituais de água engarrafada com as características médias quanto à faixa etária e classe social apresentadas na Figura 27, avaliaram cada lote de produto individualmente. A frequência de consumo, os tipos de água mais consumidos, as marcas em média mais consumidas por estes grupos e as razões de preferência pelas marcas indicadas são apresentadas na Figura 28. Em cada grupo havia 21 a 23 homens e 79 a 81 mulheres.

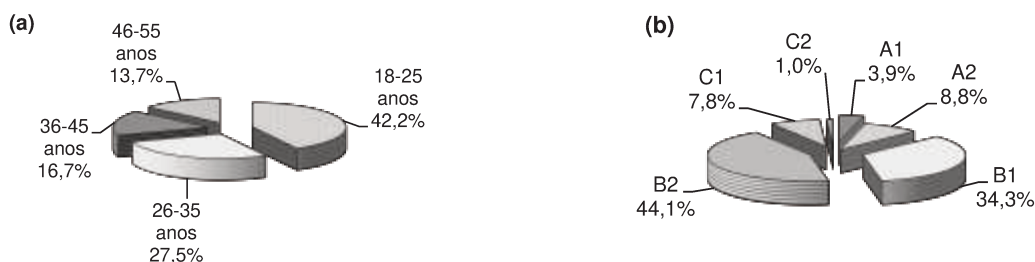


Figura 27. Faixa etária (a) e classe social (b) médias dos grupos de consumidores recrutados para avaliação de Água de Laranja

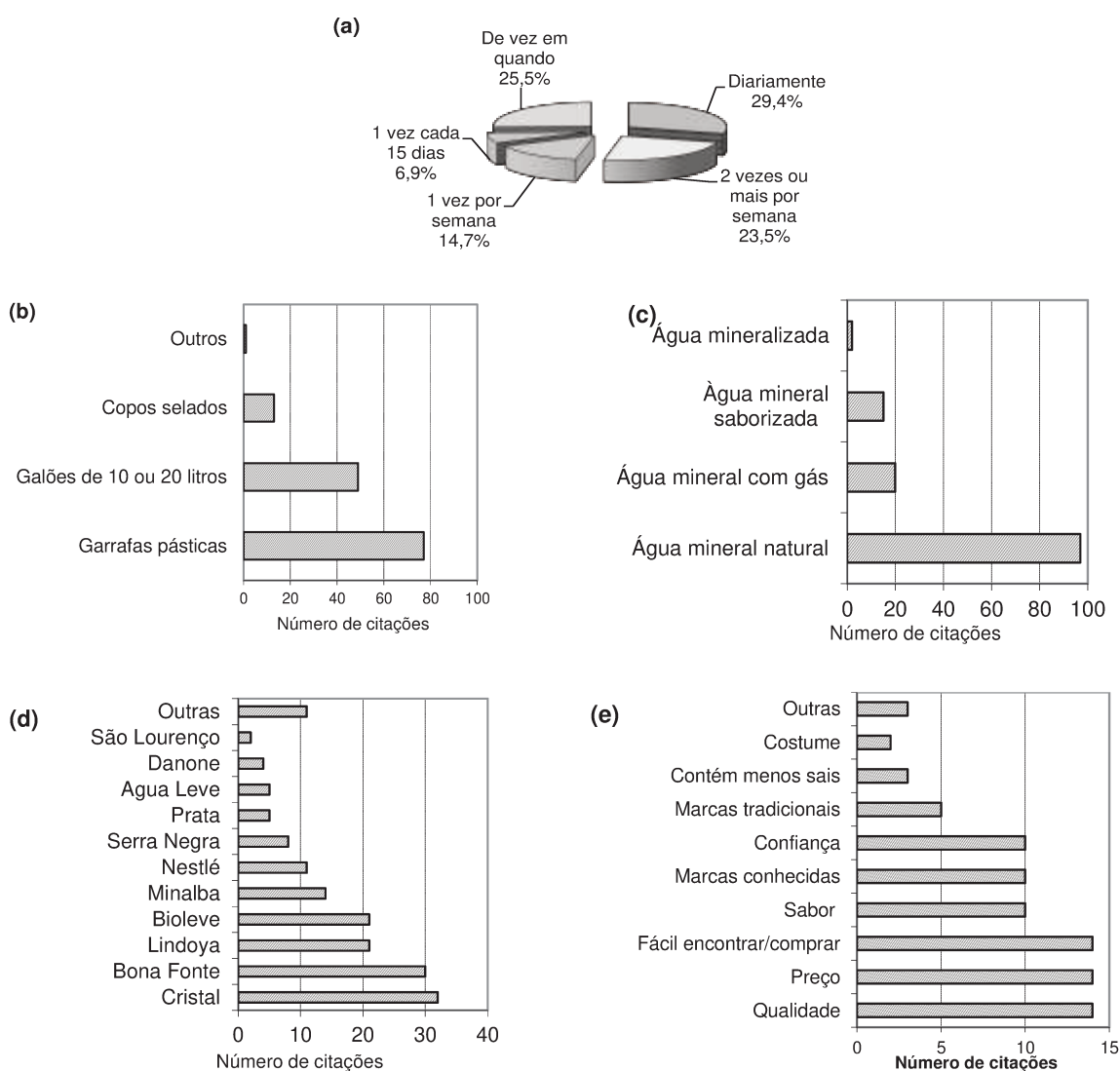


Figura 28. Frequência de consumo de água engarrafada (a), tipos de água mais consumidos (b e c), marcas mais consumidas (d) e razões de preferência pelas marcas indicadas (e) em média pelos grupos de consumidores recrutados para avaliação das amostras.

Os resultados médios obtidos no teste de aceitabilidade do primeiro lote de produto (Lote I) de modo global, quanto à intensidade de aroma e sabor cítrico e quanto à intenção de compra da amostra de água de laranja são apresentados na Tabela 14. Na Figura 29 são apresentadas as distribuições em frequência dos valores da escala atribuídos pelos consumidores ao produto em relação aos atributos considerados na avaliação, constando na Tabela 14 as porcentagens de aceitação, indiferença e rejeição, as porcentagens agrupadas para a intensidade de aroma e de sabor cítrico e de intenção de compra positiva, incerta e negativa.

Quanto à aceitabilidade do produto de modo global, verifica-se que a amostra obteve média correspondente a “não gostei nem desgostei” na escala utilizada. Em relação à intensidade de aroma e de sabor cítrico, a amostra obteve médias correspondentes a “muito fraco” e “fraco,” respectivamente, na escala utilizada. Para a intenção de compra, a amostra obteve média próxima a “talvez sim, talvez não comprasse” na escala utilizada.

A amostra obteve porcentagens de aceitação e de intenção de compra positiva relativamente baixas, observando-se que 32,4% e 48,1% dos consumidores indicaram ter percebido, respectivamente, aroma e sabor cítrico no produto variando entre “muito fraco” a “fraco”.

Tabela 14. Resultados obtidos no teste para avaliação da aceitabilidade do produto de modo global, intensidade de aroma e sabor cítrico e intenção de compra da amostra de **Água de laranja - Lote I.**

	Aceitabilidade do produto de modo global	Intensidade do aroma cítrico	Intensidade do sabor cítrico	Intenção de compra
Valor médio ¹	4,9 (2,2)	2,1 (1,4)	3,1 (1,4)	2,8 (1,3)
	Aceitação = 47,1%	Nenhum = 48,0%	Nenhum = 15,7%	Positiva = 33,4%
Porcentagens ²	Indiferença = 7,8%	Muito fraco a fraco = 32,4%	Muito fraco a fraco = 48,1	Incerta = 14,7%
	Rejeição = 45,2%	Moderado a forte = 19,7%	Moderado a forte = 36,3%	Negativa = 52,0%

¹ Resultado expresso como *média (desvio padrão)* entre 102 avaliações.

² Frequência dos valores da escala atribuídos pelos consumidores.

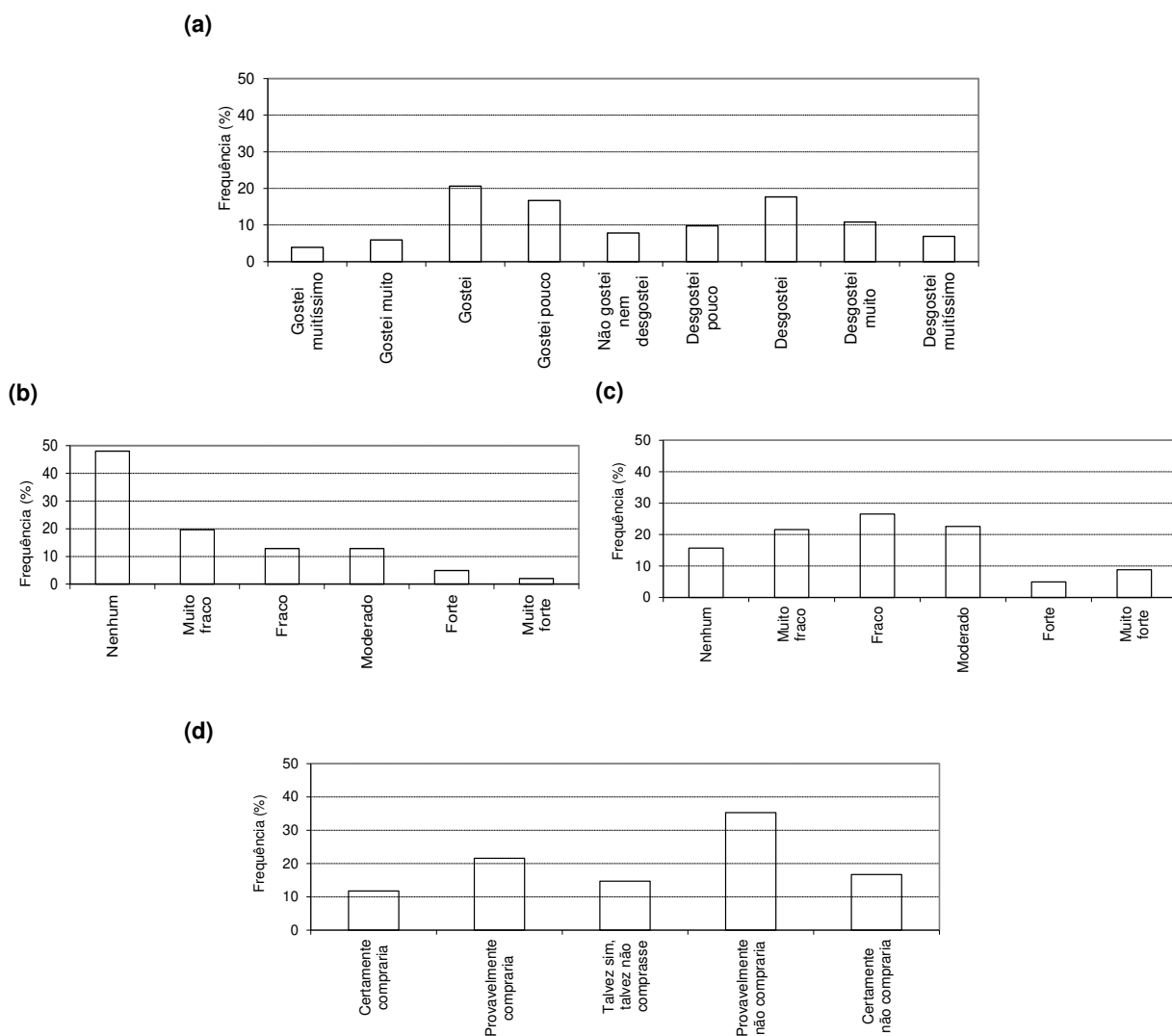


Figura 29. Distribuição em frequência dos valores da escala atribuídos pelos consumidores à amostra de *água de laranja - Lote I*, quanto à aceitabilidade do produto de modo global (a), intensidade de aroma (b) e sabor (c) cítrico e intenção de compra (d).

Os gostos e desgostos descritos pelos consumidores são apresentados na Tabela 15. Verifica-se que o número total de citações negativas supera o de citações positivas e que as maiores frequências de menções positivas referem-se à aparência, cor e aroma, enquanto as maiores frequências de citações negativas referem-se ao sabor.

As razões para a intenção de compra indicada encontram-se na Tabela 16, observando-se que os maiores números de citações favoráveis à compra referem-se ao aspecto

de sustentabilidade e benefícios ao meio ambiente que a tecnologia oferece e 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, com indicação de que aspectos ligados à sustentabilidade podem favorecer a compra.

Tabela 15. Gostos e desgostos descritos pelos consumidores em relação à amostra de *água de laranja - Lote I*; (números indicam a frequência com que foram citados).

Gostos	Amostra	Água de laranja
Aparência		15
Cor		15
Aroma		15
Transparência, limpidez		6
Sabor (em geral)		4
Leveza		4
Sem aroma / fraco aroma cítrico		3
Refrescante		2
Sabor cítrico, sabor de laranja		2
Sabor característico de água mineral (neutro, sem sabor cítrico ou estranho)		2
Sabor suave		2
Sacia a sede		1
Temperatura		1
Gostou de tudo		3
Total de menções positivas		75
Desgostos	Amostra	Água de laranja
Sabor (em geral)		24
Sabor cítrico forte, acentuado		15
Sabor estranho (indefinido, plástico, fermento, velho, terra, bagaço, mato, soja)		15
Aroma		7
Sabor residual metálico		5
Amargo		4
Sabor de laranja passada / cozida		3
Sabor residual (em geral)		3
Sabor ácido / azedo		2
Sabor cítrico/de laranja fraco		1
Cor		1
Salgado		1
Adocicado		1
Água pesada		1
Desgostou de tudo		9
Total de menções negativas		92

Tabela 16. Razões para a intenção de compra indicadas pelos consumidores em relação à amostra de **Água de laranja - Lote I**, (números indicam a frequência com que foram citados).

Razões para a intenção de compra positiva (valores 5 e 4 da escala utilizada)	
Benefícios para o meio ambiente, sustentabilidade, produto ecologicamente correto, reutilização	17
Bom sabor, sabor agradável, gostei	8
Sem sabor estranho, sabor não difere do produto que consumo usualmente, gosto de água	5
Sabor suave	2
Sem produtos químicos	3
Compraria se o preço fosse acessível	1
Razões para a intenção de compra incerta (valor 3 da escala utilizada)	
Sustentabilidade	4
Sabor não agradou	4
Sabor diferente	3
Sabor estranho (terra, metal, azedo)	3
Depende do custo	3
Sabor residual	1
Razões para a intenção de compra negativa (valores 2 e 1 da escala utilizada)	
Sabor não agradou	33
Sabor estranho (metal, terra)	5
Água não deve ter cheiro ou sabor	5
Sabor residual	4
Amargo	2
Sem sabor, sem aroma, gosto de água	1

Os resultados médios obtidos no teste de aceitabilidade do segundo lote de produto (Lote II) de modo global, quanto à intensidade de aroma e sabor cítrico e quanto à intenção de compra da amostra de água de laranja são apresentados na Tabela 17. Na Figura 30 são apresentadas as distribuições em frequência dos valores da escala atribuídos pelos consumidores ao produto em relação aos atributos considerados na avaliação, constando na Tabela 17 as porcentagens de aceitação, indiferença e rejeição, as porcentagens agrupadas para a intensidade de aroma e de sabor cítrico e de intenção de compra positiva, incerta e negativa.

Quanto à aceitabilidade do produto de modo global, verifica-se que a amostra obteve média situada entre “não gostei nem desgostei” e “gostei pouco” na escala utilizada. Em relação à intensidade de aroma e de sabor cítrico, a amostra obteve média correspondente a “muito fraco” e situada “muito fraco” e “fraco,” respectivamente, na escala utilizada. Para a intenção de compra, a amostra obteve média correspondente a “talvez sim, talvez não comprasse” na escala utilizada.

A amostra obteve porcentagens de aceitação e de intenção de compra positiva relativamente baixas, observando-se que 43,2% e 52,0% dos consumidores indicaram ter percebido, respectivamente, aroma e sabor cítrico no produto variando entre “muito fraco” a “fraco”.

Tabela 17. Resultados obtidos no teste para avaliação da aceitabilidade do produto de modo global, intensidade de aroma e sabor cítrico e intenção de compra da amostra de **Água de laranja – Lote II**

	Aceitabilidade do produto de modo global	Intensidade do aroma cítrico	Intensidade do sabor cítrico	Intenção de compra
Valor médio ¹	5,3 (1,9)	1,9 (1,1)	2,7 (1,3)	3,1 (1,2)
Porcentagens ²	Aceitação = 54,9%	Nenhum = 48,0%	Nenhum = 22,6%	Positiva = 35,4%
	Indiferença = 4,9%	Muito fraco a fraco = 43,2%	Muito fraco a fraco = 52,0%	Incerta = 33,3%
	Rejeição = 40,2%	Moderado a forte = 8,8%	Moderado a forte = 25,6%	Negativa = 31,4%

¹ Resultado expresso como *média (desvio padrão)* entre 102 avaliações.

² Frequência dos valores da escala atribuídos pelos consumidores.

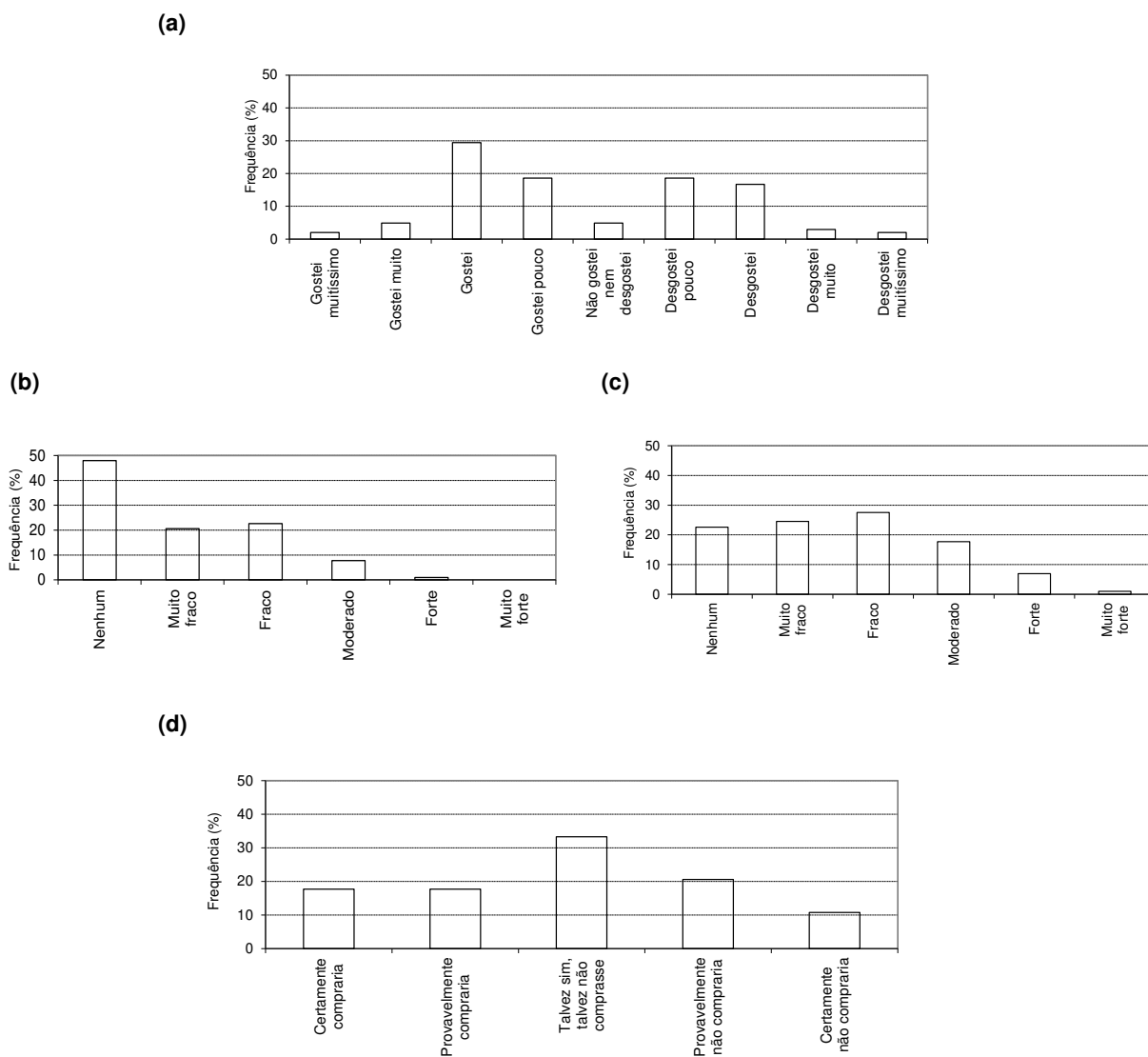


Figura 30. Distribuição em frequência dos valores da escala atribuídos pelos consumidores à amostra de *água de laranja – Lote II*, quanto à aceitabilidade do produto de modo global (a), intensidade de aroma (b) e sabor (c) cítrico e intenção de compra (d).

Os gostos e desgostos descritos pelos consumidores são apresentados na Tabela 18. Verifica-se que o número total de citações negativas supera o de citações positivas e que as maiores frequências de menções positivas referem-se à aparência e cor, enquanto as maiores frequências de citações negativas referem-se ao sabor.

Tabela 18. Gostos e desgostos descritos pelos consumidores em relação à amostra de *água de laranja Lote II* (números indicam a frequência com que foram citados).

	Amostra	Água de laranja
Gostos		
Aparência		15
Cor		10
Sabor característico de água mineral (neutro, sem sabor cítrico ou estranho)		8
Aroma		8
Transparência, limpidez		6
Sabor (em geral)		6
Sem aroma		5
Refrescante		5
Leveza		5
Sabor cítrico, sabor de laranja		3
Acidez		2
Aroma suave de laranja		2
Gostou de tudo		1
Total de menções positivas		76
	Amostra	Água de laranja
Desgostos		
Sabor (em geral)		29
Ácido, cítrico		12
Sabor estranho		9
Amargo		8
Sabor cítrico/de laranja fraco		8
Aroma		8
Sabor residual amargo		4
Sabor residual metálico		3
Sabor residual (em geral)		2
Incolor		2
Adstringência		2
Desgostou de tudo		2
Total de menções negativas		89

As razões para a intenção de compra indicada pelos consumidores consultados encontram-se na Tabela 19, observando-se que os maiores números de citações favoráveis à

compra referem-se ao aspecto de sustentabilidade e benefícios ao meio ambiente que a tecnologia oferece e 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, havendo indicação que aspectos ligados à sustentabilidade podem favorecer à compra incerta devido ao sabor não agradável.

Os resultados médios obtidos no teste de aceitabilidade do terceiro lote de produto (Lote III) de modo global, de modo global, quanto à intensidade de aroma e sabor cítrico e quanto à intenção de compra da amostra de água de laranja são apresentados na Tabela 20. Na Figura 31 são apresentadas as distribuições em frequência dos valores da escala atribuídos pelos consumidores ao produto em relação aos atributos considerados na avaliação, constando na Tabela 20 as porcentagens de aceitação, indiferença e rejeição, as porcentagens agrupadas para a intensidade de aroma e de sabor cítrico e de intenção de compra positiva, incerta e negativa.

Quanto à aceitabilidade do produto de modo global, verifica-se que a amostra obteve média situada entre “não gostei nem desgostei” e “gostei pouco” na escala utilizada. Em relação à intensidade de aroma e de sabor cítrico, a amostra obteve média correspondente a “muito fraco” e situada “muito fraco” e “fraco,” respectivamente, na escala utilizada. Para a intenção de compra, a amostra obteve média próxima a “talvez sim, talvez não comprasse” na escala utilizada.

A amostra obteve porcentagens de aceitação e de intenção de compra positiva relativamente baixas, observando-se que 41,2% e 44,1% dos consumidores indicaram ter percebido, respectivamente, aroma e sabor cítrico no produto variando entre “muito fraco” a “fraco”.

Tabela 19. Razões para a intenção de compra indicadas pelos consumidores em relação à amostra de **Água de laranja – Lote II** (números indicam a frequência com que foram citados).

Razões para a intenção de compra positiva (valores 5 e 4 da escala utilizada)	
Benefícios para o meio ambiente, sustentabilidade, produto ecologicamente correto, reutilização	20
Bom sabor, sabor agradável, gostei	8
Sem sabor estranho, sabor não difere do produto que consumo usualmente, gosto de água	8
Produto de origem natural	3
Opção de fonte de água que seria descartada	2
Leveza	2
Sem produtos químicos	2
Compraria se o preço fosse acessível	2
Sabor suave	1
Não prejudicial à saúde, saudável	1
Razões para a intenção de compra incerta (valor 3 da escala utilizada)	
Sabor não agradou	14
Sustentabilidade	11
Sabor fraco, sem sabor da fruta, parece água normal	5
Só compro se o sabor agradar	3
Sem produtos químicos	1
Com consumo frequente acho possível acostumar com o sabor	1
Aroma fraco	1
Compraria se estiver procurando água saborizada	1
Compraria se fosse benéfico à saúde	1
Provavelmente só compraria uma vez	1
Razões para a intenção de compra negativa (valores 2 e 1 da escala utilizada)	
Sabor não agradou, sabor ruim, estranho	18
Água não deve ter cheiro ou sabor	7
Sem sabor, gosto de água, sem aroma	2
Amargo	1
Pela sustentabilidade, compraria esporadicamente	1
Muito adstringente	1
Não confiaria em água reprocessada	1

Tabela 20. Resultados obtidos no teste para avaliação da aceitabilidade do produto de modo global, intensidade de aroma e sabor cítrico e intenção de compra da amostra de **Água de laranja – Lote III**

	Aceitabilidade do produto de modo global	Intensidade do aroma cítrico	Intensidade do sabor cítrico	Intenção de compra
Valor médio ¹	5,3 (2,0)	2,2 (1,3)	2,8 (1,4)	2,8 (1,3)
Porcentagens ²	Aceitação = 56,9% Indiferença = 5,9% Rejeição = 37,2%	Nenhum = 45,1% Muito fraco a fraco = 41,2% Moderado a forte = 13,8%	Nenhum = 21,6% Muito fraco a fraco = 44,1% Moderado a forte = 34,4%	Positiva = 34,4% Incerta = 23,5% Negativa = 42,2%

¹ Resultado expresso como *média (desvio padrão)* entre 102 avaliações.

² Frequência dos valores da escala atribuídos pelos consumidores.

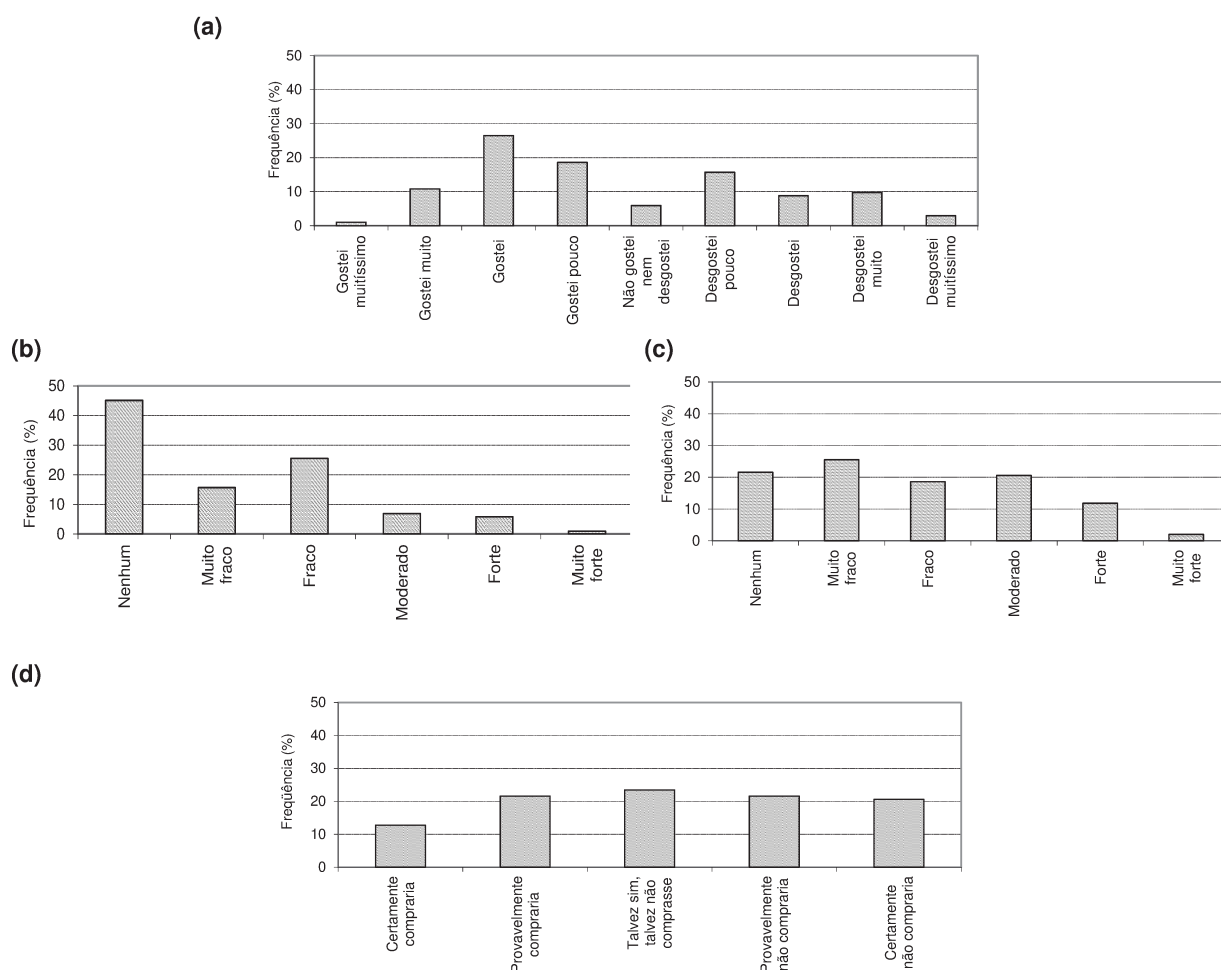


Figura 31. Distribuição em frequência dos valores da escala atribuídos pelos consumidores à amostra de **água de laranja – Lote III**, quanto à aceitabilidade do produto de modo global (a), intensidade de aroma (b) e sabor (c) cítrico e intenção de compra (d).

Os gostos e desgostos descritos pelos consumidores são apresentados na Tabela 21. Verifica-se que o número total de citações negativas supera o de citações positivas e que as maiores frequências de menções positivas referem-se à aparência, cor e sabor em geral, enquanto as maiores frequências de citações negativas referem-se ao sabor.

Tabela 21. Gostos e desgostos descritos pelos consumidores em relação à amostra de **Água de laranja – Lote III** (números indicam a frequência com que foram citados).

Gostos	Amostra	Água de laranja
Aparência		17
Sabor (em geral)		16
Cor		9
Aroma		9
Sabor característico de água mineral (neutro, sem sabor cítrico ou estranho)		7
Transparência, limpidez		6
Sem aroma cítrico / aroma fraco		6
Leveza		3
Sabor cítrico, sabor de laranja		3
Aroma cítrico		2
Sacia a sede		2
Refrescante		1
Temperatura		1
Gostou de tudo		2
Total de menções positivas		84
Desgostos	Amostra	Água de laranja
Sabor (em geral)		28
Sabor cítrico/de laranja forte		13
Sabor residual (em geral)		12
Sabor estranho (indefinido, plástico, soja, fermento, metálico)		10
Sabor cítrico/de laranja fraco		8
Aroma (em geral)		7
Amargo		6
Sabor residual amargo		3
Sabor residual metálico		2
Aroma cítrico		2
Acidez		1
Adstringência		1
Desgostou de tudo		4
Total de menções negativas		97

As razões para a intenção de compra indicada encontram-se na Tabela 22, observando-se que os maiores números de citações favoráveis à compra referem-se ao aspecto de sustentabilidade e benefícios ao meio ambiente que a tecnologia oferece e 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.

Tabela 22. Razões para a intenção de compra indicadas pelos consumidores em relação à amostra de **Água de laranja – Lote III** (números indicam a frequência com que foram citados).

Razões para a intenção de compra positiva (valores 5 e 4 da escala utilizada)	
Benefícios para o meio ambiente, sustentabilidade, produto ecologicamente correto, reutilização	19
Bom sabor, sabor agradável, gostei	12
Sem sabor estranho, sabor não difere do produto que consumo usualmente, gosto de água	4
Opção de fonte de água que seria descartada	2
Compraria se o preço fosse acessível	2
Boa qualidade	1
Produto de origem natural	1
Compraria, mas precisaria melhorar o sabor	1
Acredito ser saudável	1
Razões para a intenção de compra incerta (valor 3 da escala utilizada)	
Sabor não agradou	9
Sustentabilidade	8
Sabor razoável, aceitável	5
Sabor fraco, sem sabor da fruta	2
Depende do custo	2
Compraria se estivesse procurando água saborizada	1
Com consumo frequente acho possível acostumar com o sabor	1
Produto diferente, incomum	1
Depende da qualidade e segurança	1
Razões para a intenção de compra negativa (valores 2 e 1 da escala utilizada)	
Sabor não agradou	26
Água não deve ter cheiro ou sabor	7
Sabor residual	3
Sem sabor, sem aroma, gosto de água	2
Amargo	2
Sabor estranho (terra)	1
Aroma forte	1

Os resultados obtidos na análise sensorial dos três lotes permite observar que o Lote I teve uma resposta sensorial inferior aos Lotes II e III. Neste ponto, cabe ressaltar que os três lotes foram processados entre a segunda quinzena de dezembro de 2012 e a primeira quinzena de janeiro de 2013, período coincidente com final de safra da laranja. Além disso, houve relato da indústria sobre registro de reprocesso de sucos de baixa qualidade e de extração de suco de polpa lavada durante a noite anterior à coleta de água evaporada (matéria-prima) para processamento do Lote I. Como isso não ocorreu antes da coleta de matéria-prima para processamento dos Lotes II e III, os resultados sensoriais sugerem que embora as características químicas, físicas e microbiológicas sejam reproduzidas durante o processamento da água de laranja desenvolvido neste trabalho, a qualidade sensorial deste produto é afetada pela qualidade do suco original que foi concentrado na indústria, para dar origem à água evaporada aqui utilizada como matéria-prima.

Também foram observadas evidências de que a qualidade da matéria-prima utilizada na indústria, o fruto da laranja, afeta a qualidade sensorial da água evaporada e consequentemente a qualidade sensorial da água de laranja. Essa evidência pode ser observada a seguir, quando são apresentados resultados sensoriais mais elevados (Tabelas 23, 24 e 25), obtidos numa fase intermediária do presente estudo, para um lote (Lote Junho/12) de produto processado a partir de laranja de pico de safra, em junho de 2012. Nessa ocasião, o painel de provadores foi composto por 52 julgadores.

Quanto à aceitabilidade do produto de modo global, verifica-se que o Lote Junho/12 obteve média situada correspondente a “gostei” na escala utilizada. Em relação à intensidade de aroma e de sabor cítrico, a amostra 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.

A amostra obteve ainda porcentagens de aceitação e de intenção de compra positiva bastante elevadas, observando-se que 67,3% e 42,3% dos consumidores indicaram não ter percebido, respectivamente, aroma e sabor cítrico no produto.

Tabela 23. Resultados obtidos no teste para avaliação da aceitabilidade do produto de modo global, intensidade de aroma e sabor cítrico e intenção de compra da amostra de **Água de Laranja - LOTE Junho/12.**

	Aceitabilidade do produto de modo global	Intensidade do aroma cítrico *	Intensidade do sabor cítrico	Intenção de compra
Valor médio ¹	7,0 (1,2)	1,5 (0,9)	2,0 (1,2)	4,2 (1,0)
Porcentagens ²	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%

¹ Resultado expresso como *média (desvio padrão)* entre 52 avaliações.

² Frequência dos valores da escala atribuídos pelos consumidores.

Tabela 24. Gostos e desgostos descritos pelos consumidores em relação à amostra de **Água de Laranja - LOTE Junho/12.** (números indicam a frequência com que foram citados).

	Amostra	Água de laranja
Gostos		
Sabor (em geral)		9
Transparência, limpidez		7
Leveza		6
Parecido com água mineral		5
Sabor cítrico suave		5
Sem sabores secundários ou estranhos		4
Sem aroma		3
Aparência		3
Refrescante		3
Cor		1
Pureza		1
Boa para uma água não natural		1
Muito forte		1
Gostou de tudo		24
Total de menções positivas		73
Desgostos		
	Amostra	Água de laranja
Adstringente		3
Esperava mais sabor cítrico de laranja		3
Sem aroma ou sabor		2
Sabor que fica na boca		2
Azedo, ácido		2
Amargo		2
Sabor		2
Sabor residual metálico		1
Desgostou de tudo		2
Total de menções negativas		19

Tabela 25. Razões para a intenção de compra indicadas pelos consumidores em relação à amostra de **Água de Laranja - LOTE Junho/12**. (números indicam a frequência com que foram citados).

Amostra	Água de laranja
Razões para a intenção de compra positiva (valores 5 e 4 da escala utilizada)	
Benefícios para o meio ambiente, sustentabilidade, produto ecologicamente correto, reutilização	19
Bom sabor, sabor agradável, gostei	12
Sem sabor estranho, sabor não difere do produto que consumo usualmente, gosto de água	9
Opção de fonte de água que seria descartada	6
Leveza	3
Boa qualidade	3
Sabor suave	2
Sem produtos químicos	2
Compraria se o preço fosse acessível	2
Ser extraída de sucos	1
Não percebi aroma/sabor da fruta	1
Razões para a intenção de compra incerta (valor 3 da escala utilizada)	
Não gostei	2
Sem produtos químicos	1
Não diferença entre a amostra e a água comum que justifique a compra	1
Com consumo frequente acho possível acostumar com o sabor	1
Não gostei do sabor residual metálico	1
Só se consumir bem gelada	1
Se fosse a única opção	1
Sabor não agradou	1
Adstringente	1
Leve sabor ácido	1
Não confiaria em água reprocessada	1
Razões para a intenção de compra negativa (valores 2 e 1 da escala utilizada)	
Sem sabor, gosto de água	1
Não gostei do sabor azedo	1

Dessa forma, os resultados sensoriais obtidos no presente trabalho recomendam estudos posteriores para identificação das condições de processos industriais e de matérias-primas mais indicadas para darem origem à água de laranja de boa aceitação sensorial.

4.6. Viabilidade Econômica de uma unidade produtora de Água de Laranja

A partir da comprovação da viabilidade técnica do aproveitamento da “água de laranja”, a fase seguinte foi a de avaliação da viabilidade econômica desse aproveitamento. Para tanto, foi elaborado um anteprojeto para instalação de unidade de tratamento e engarrafamento de água recuperada da concentração do suco de laranja, ou “água de laranja”, com capacidade para processar 1.000 litros de água por hora, obtendo-se 16.000 garrafas de vidro de 500ml de água por dia, considerando que essa capacidade é bastante conservadora, se comparada com a escala de produção de qualquer unidade industrial processadora de suco de laranja concentrado atualmente instalada. Adotou-se como premissa que como 1.000 litros de água por hora é uma escala bastante reduzida, a viabilidade econômica, se alcançada, seria mais favorável em caso de aumento da escala de produção.

Para a elaboração do anteprojeto da instalação industrial hipotética, utilizou-se a tecnologia descrita no item 3.6., apresentada no Fluxograma Quantitativo (Figura 19), procurando ampliar a produção para uma escala industrial do tratamento da água de laranja e a sistematização das fases do controle de qualidade, além de estimar os insumos básicos necessários. Em seguida, foram especificados os equipamentos de processamento, auxiliares e de laboratório, veículos de movimentação de carga para a unidade industrial de forma compatível à escala de produção projetada de 1.000 litros de água por hora.

A seguir são apresentados os equipamentos selecionados para composição da linha industrial hipoteticamente projetada:

- Uma (01) bomba centrífuga sanitária
- Dois (02) tanques depósito de 1.500 litros
- Uma(01) bomba centrífuga sanitária
- Um (01) filtro de carvão ativado
- Um (01) tanque pulmão de 1.500 litros

- Um (01) sistema de cavalete (estrutura metálica) para fixação da ultra filtração e desinfecção por ultra violeta.
- Uma (01) bomba positiva sanitária
- Um (01) sistema de membrana de ultra filtração
- Um (01) sistema de desinfecção por ultra violeta.
- Um (01) mesa acumuladora de frascos no depósito.
- Uma (01) esteira transportadora para garrafas do depósito até a enxaguadora.
- Uma (01) Máquina TRIBLOC MEI 10-12-04 composto de enxaguadora, enchedora, tampadora.
- Um (01) sistema de esteira transportadora para garrafas da enchedeira/tampadeira até a rotuladeira.
- Uma (01) rotuladora para rótulos auto adesivos.
- Um (01) sistema de esteira transportadora para garrafas da rotuladeira até mesa acumuladora para encaixotamento
- Um (01) mesa acumuladora de garrafas prontas.
- Uma (01) mesa de madeira para encaixotamento manual
- Um (01) grampeador para caixas de papelão
- Uma (01) fechadeira de caixas de papelão da 3M
- Duas (02) esteira de roletes para passagem das caixas de papelão para área do processo e outra através do óculo para o depósito de produto acabado.
- Um (01) painel elétrico para controle e proteção

A seguir, são listados os equipamentos auxiliares para unidade industrial:

- Uma (01) Caixa de água elevada de 10m³
- Duas (02) Bombas para água de 5m³/hora
- Um (01) clorador para água (bomba dosadora)
- Uma (01) lavadora de alta pressão HD 7/15 MAXI
- Um (01) compressor de ar comprimido
- Uma (01) cabina medidora transformadora

Equipamentos de laboratório para a unidade industrial:

- Uma (01) balança de laboratório semi-analitica
- Um (01) destilador de água de 5 litros /hora
- Turbidímetro portátil 2.100Q, marca HACH
- Módulo de alimentação bivolt para o item acima
- Colorímetro DR 890 e maleta, marca HACH
- Uma (01) geladeira com freezer para amostras
- Um (01) conjunto de vidraria

E, veículos para movimentação de carga da unidade industrial:

- Uma (01) empilhadeira à gás
- Uma (01) empilhadeira manual elétrica
- Duas (02) paleteiras modelo BYG – 2000

Na elaboração do lay-out da instalação industrial (Apêndice 2), foram consideradas as etapas do processo e a distribuição física mais adequada, buscando o aproveitamento racional das instalações e equipamentos de linha existentes no mercado nacional.

A área de processamento foi projetada de modo a evitar a contaminação cruzada, permitir a menor movimentação possível do produto durante o tratamento/engarrafamento. Os equipamentos foram escolhidos de modo a permitir a obtenção de um produto de boa qualidade, sem, no entanto, tornar o processo totalmente mecanizado, possibilitando assim, o aproveitamento de mão-de-obra.

Após a definição dos equipamentos, sua distribuição na planta industrial, definição da área necessária para implantação, necessidades de mão-de-obra, levantamento de preços e consumos de energia (Apêndices 2, 3, 4 , 5 e 6) , a partir deste ponto, serão apresentados os resultados da estrutura de custo da unidade industrial para o processamento da água de laranja.

Para efeito de cálculo da estrutura de custos e receitas, pressupõe-se que a unidade industrial estará sendo operada cerca de 300 dias por ano, em regime de turno diário de 8 horas de trabalho, 7 dias por semana, durante 10 meses de safra, produzindo 4.800.000 garrafas de 500ml de água de laranja. A Base de Cálculo encontra-se em Apêndice 6. Para atender à capacidade nominal de produção anual, a unidade industrial necessitará de 2.505.000 litros de água evaporada durante a concentração do suco de laranja.

Estimativa de Investimento fixo e capital de giro:

Os investimentos necessários para a implantação da unidade industrial foram estimados a partir dos dados de capacidade contidos no fluxograma quantitativo básico de produção apresentado na Figura 19.

O investimento total foi subdividido em dois itens: os investimentos fixos e o capital de giro. A Tabela 26 indica o investimento fixo previsto, segundo os itens que o compõem, enquanto na Tabela 27, figuram os valores correspondentes ao capital de giro.

O investimento fixo refere-se ao conjunto de bens da empresa que não será objeto de transações correntes. O capital de giro permite iniciar o processo produtivo da empresa. Em sua estimativa levam-se em conta as quantidades mínimas de venda, os prazos de entrega, a indivisibilidade dos itens de despesa e a capacidade de estocagem da empresa.

Tabela 26. Estimativa do investimento fixo necessário para a implantação da unidade industrial de água laranja

Investimento Fixo	R\$
Estudo, projetos e serviços técnicos	30.000,00
Terreno necessário de 2.494,0 m ²	24.940,00
Redes externas (água, energia elétrica, esgoto, etc)	55.435,10
Obras civis (Apêndice 5, A)	554.351,00
Equipamentos para o processamento (Apêndice 3, A)	442.943,00
Equipamentos auxiliares (Apêndice 3, B)	30.943,00
Equipamentos de laboratório (Apêndice 3, C)	19.210,00
Móveis de escritório (Apêndice 5, B)	25.800,00
Veículos de movimentação de carga (Apêndice 3, E)	72.600,00
Paletes	4.000,00
Montagens e instalações dos equipamentos	49.309,60
Imprevistos	32.738,30
	1.342.270,00
Total em US\$(*)	657,975.50

(*) US\$1.00 = R\$2,04 em 07/03/2013

Tabela 27. Estimativa do capital de giro necessário para a implantação da unidade industrial de água de laranja.

Capital de Giro	R\$
Matéria-prima	zero
Material de limpeza	1.275,00
Combustível	2.160,00
Produto acabado (estoque para 10 dias)	184.000,00
Peças de reposição	5.424,10
Material de embalagem	474.680,40
Caixas e bancos	4.821,50
TOTAL	672.361,00
TOTAL EM US\$(*)	329,588.70

(*) US\$1.00 = R\$2,04 em 07/03/2013

A somatória do investimento fixo e do capital de giro, respectivamente **Tabelas 26 e 27**, resulta no Investimento Total, que corresponde a **R\$ 2.014.631,00 ou US\$987,564.20.**

Estimativa dos custos fixos e variáveis para obtenção de água de laranja

Os custos fixos, apresentados na **Tabela 28** oneram a empresa obrigatoriamente, independente do nível de produção obtido (logicamente dentro da capacidade nominal de produção instalada), sendo necessários para estrutura e funcionamento normal da empresa.

Os custos variáveis, apresentados na **Tabela 29**, variam de acordo com as quantidades dos bens produzidos a uma determinada faixa dentro da escala de produção nominal instalada.

Tabela 28. Estimativa do custo fixo anual necessário para a implantação de uma unidade industrial **para obtenção de água de laranja.**

Custos Fixos Anual	R\$
Mão-de-obra fixa	141.792,00
Encargos sociais	85.075,20
Depreciação	96.478,00
Seguros	13.345,00
Juros sobre o investimento fixo (11,0%)	147.649,70
Despesas gerais	8.417,10
TOTAL	492.757,00
TOTAL EM US\$^(*)	241,547.60

(*) US\$1.00 = R\$2,04 em 07/03/2013

Tabela 29. Estimativa dos custos variáveis anual incorrido na industrialização de **água de laranja**.

Custos Variáveis Anual	R\$
Mão-de-obra variável	105.768,00
Encargos sociais	63.460,80
Manutenção	26.364,00
Energia elétrica	39.890,00
Matéria-prima	zero
Água industrial	16.974,00
Material de limpeza	12.750,00
Combustível	21.600,00
Material de embalagem	4.746.804,00
Paletes	400,00
Despesas gerais	7.180,20
TOTAL	5.041.191,00
TOTAL EM US\$ (*)	2,471,172.10

(*) US\$1.00 = R\$2,04 em 07/03/2013

Estimativa do Custo Total e Unitário do Produto Industrializado

O custo total (CT) é determinado pela soma do custo fixo (CF), e dos custos variáveis (C.V.). O custo unitário por sua vez é obtido quando se divide o custo total de produção específico para o produto, pela quantidade de produto produzido durante o ano.

Considerando-se sua participação no custo fixo contido na **Tabela 28** e do custo variável na **Tabela 29.**, tem-se o Custo Total para a Produção (C.T.P) de água de laranja tratada e engarrafada em garrafas de vidro de 500ml.

$$\text{C.T.P.}_{\text{alt}} = \text{R\$}492.757,00 + \text{R\$ } 5.041.191,00$$

$$\text{C.T.P.}_{\text{alt}} = \text{R\$ } 5.533.948,00$$

Logo, para se obter o custo unitário de produção (C.U.P.) da água de laranja, engarrafada em garrafas de vidro de 500ml, com tampas tipo “crow” é só dividir C.T.P._{alt} pela sua produção anual.

$$\text{C.U.P} = \frac{\text{R\$5.533.948,00}}{4.800.000 \text{ garrafas}} = \text{R\$1,152906/ garrafa}$$

ou **C.U.P._{alt}= R\$ 1,15/ garrafa de 500ml**

Estimativa da Receita Total, e Lucro Bruto do Empreendimento

Receita Total Anual (R.T.A.)

Para a determinação da receita total anual da unidade produtora de água da concentração do suco de laranja tratada e engarrafada, estipulou-se um preço de venda, que suportasse a carga tributária incidente 27,25%, assim distribuídos (18% de ICMS e 9,25% de PIS/COFINS), além das despesas de comercialização (4,0%) e despesas de transporte (4,0%) e ainda tivesse uma margem de lucro em torno de 18% sobre o custo unitário de produção do produto.

Dessa forma, o preço médio de venda FOB- fabrica estabelecido é o que segue:

$$P_1 - \text{Água de laranja} = \text{R\$ 1,90 /garrafa de 500ml.}$$

Considerando-se o preço e quantidade produzida do produto, tem-se a receita parcial e total:

$$R_1 = P_1 \times Q_1, \text{ onde } Q_1 \text{ representa a quantidade de garrafas de 500 ml produzidas ao ano}$$

Substituindo-se os valores correspondentes, tem-se:

$$R_1 = \text{R\$ 1,90} \times 4.800.000 = \text{R\$ 9.120.000,00}$$

Portanto, a Receita Total Anual (R.T.A) do empreendimento de industrialização da água da concentração do suco de laranja tratada e engarrafada é a própria receita parcial R_1 , ou seja:

$$R.T.A. = R_1$$

$$\mathbf{R.T.A. = R\$ 9.120.000,00}$$

Impostos Incidentes (I.I.)

Os impostos incidentes, para comercialização deste produto são basicamente em número de dois (ICMS = 18%, PIS/COFINS=9,25%), totalizando 27,25%, além de mais 4,0% de comissão sobre as vendas, que deverão ser calculado sobre a Receita Total, o que no caso monta a R\$ 2.850.000,00.

Custo de Distribuição (C.D.)

É o custo do transporte (frete) desse produto para os pontos de entrega/ distribuição, que no caso consideramos apenas 4,0% , que deverá ser calculado sobre a Receita Total, o que no caso monta a R\$ 364.800,00.

Receita Total Real Anual (R.T.R.A.)

A receita total real anual (R.T.R.A.), é calculada através da receita total anual (R.T.A) menos os impostos incidentes (I.I.) e menos o custo de distribuição (C.D.), o que no caso nos fornece:

$$R.T.R.A. = R.T.A. - I.I. - C.D.$$

$$R.T.R.A. = R\$ 9.120.000,00 - R\$ 2.850.000,00 - R\$ 364.800,00$$

$$\mathbf{R.T.R.A. = R\$ 5.905.200,00}$$

Lucro Bruto (L.B)

O lucro bruto (L.B.) é definido como a receita total real anual (R.T.R.A.) menos o custo total de produção (C.T.), ou seja:

$$L.B. = R.T.R.A. - C.T.$$

$$\text{onde: } C.T. = C. \text{ Fixo} + C. \text{ Variáveis}$$

Substituindo-se os valores correspondentes encontrados anteriormente, tem-se:

$$L.B. = R\$ 5.905.200,00 - (R\$492.757,00 + R\$5.041.191,00)$$

$$L.B. = R\$ 371.252,00$$

Determinação do Ponto de Equilíbrio:

Com os dados até então obtidos pode-se determinar o ponto de equilíbrio do empreendimento de industrialização da água da laranja envasada. Essa medida mostra a que nível da produção o custo total e a receita total real da unidade industrial são igualados (C.T. = R.T.R.A.), ou ainda, em que nível da capacidade instalada de produção a unidade industrial deve operar para não ter lucros nem prejuízos.

O ponto de equilíbrio (P.E.) é definido matematicamente por:

$$P.E. = \frac{\text{Custo Fixo}}{\text{Receita Total Real Anual} - \text{Custo Variável}} \times 100$$

Substituindo-se os valores correspondentes, tem-se:

$$P.E. = \frac{R\$ 492.757,00}{R\$ 5.905.200,00 - R\$ 5.041.191,00}$$

$$P.E. \cong 57,03\%$$

ou ainda, o que corresponde a uma produção anual de 2.737.440 garrafas de vidro de 500ml de água de laranja.

Determinação da Taxa Interna de Retorno:

A avaliação econômica do investimento foi realizada pelo método da taxa interna de retorno, a qual é dada pela raiz real e positiva do polinômio:

$$\sum_{j=0}^N x_j (1+i)^{-j} = 0$$

x = fluxo de caixa ao fim de cada período

$j = 0, 1, \dots, N$

i = taxa interna de retorno

N = número de períodos de vida do projeto

A taxa interna de retorno, TIR pode ser interpretada como a taxa de desconto que faz o valor presente dos fluxos líquidos de caixa do investimento igualar-se a zero.

Comparando-se a TIR do projeto com a taxa de juros reais vigentes no mercado, se a taxa de juros for inferior à taxa de retorno, as receitas futuras compensarão o capital e o investimento é considerado como viável. Se a taxa de juros real do mercado for igual ou superior à taxa de retorno encontrada, o investimento não se revela favorável.

Outra análise resulta da comparação da TIR, obtida com as taxas de rendimento de alternativas de investimento, tais como caderneta de poupança, empréstimos a prazo fixo, entre outras.

O horizonte econômico do projeto de instalação da unidade industrial foi fixado em 20 anos, admitindo-se que os preços contados no ano 0 (zero) permaneçam inalterados. Pressupõe-se que a taxa de inflação afeta igualmente os preços de insumos e produtos do projeto.

Foram estabelecidos os programas de investimentos, receitas e custos operacionais esperados, para cada ano de vida do projeto, conforme as alternativas propostas. Essa programação fornece os fluxos de caixa, ao fim de cada período de operação da unidade.

Os fluxos de caixa são calculados, subtraindo-se da receita total os investimentos, mais o custo operacional:

$$X = R - (I + C)$$

onde:

X = fluxo de caixa

I = total de investimento

C = custo operacional

R = receita

A análise de viabilidade econômica desconsidera a necessidade de utilização de capital de terceiros (empréstimos bancários), sendo os fluxos de caixas calculados sem os juros sobre o capital investido, anteriormente apresentado na estrutura de custos.

Pretende-se medir a lucratividade do capital investido, independente de como o capital é obtido e qual o pagamento anual realizado para sua utilização; essas informações passam a ser relevantes em uma análise financeira do empreendimento.

Do custo operacional é também retirada a depreciação, uma vez que no fluxo de caixa já estão sendo depreciados os equipamentos, edificações e veículos, em função da vida útil estipulada.

Para o cálculo do valor residual do projeto, ao final de sua duração (20 anos), considerou-se a vida útil dos prédios e instalação em 20 anos; no 20º ano, 50% do valor investido na construção civil foram considerados como valor residual no final de vida do projeto.

Para os equipamentos, a vida útil foi estipulada em 10 anos; novos investimentos nesse item serão efetuados no 10º ano, considerando-se um valor residual de 40% no final do projeto. Quanto ao item referente aos veículos, a vida útil foi estipulada em 5 anos e novos

investimentos serão realizados, respectivamente no 5º, 10º e 15º ano, considerando-se um valor residual de 40% nos novos investimentos e no final do projeto. O valor residual, mais o montante do capital de giro, foram computados como receita no 20º ano.

Os dados do projeto foram organizados e analisados computacionalmente, utilizando-se de programas desenvolvidos por *PHILLIPS RICHARD et al.* do “*Food and Feed Grain Institute*” *Kansas State University, USA, 1977* e adaptado ao sistema Polimax. A taxa interna de retorno obtida foi da ordem de aproximadamente 28,30% ao ano, e leva a concluir que o projeto ora analisado é interessante do ponto de vista de uma empresa, ao se considerar que a taxa de juros vigente do Banco de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) para empreendimento dessa natureza é de 11,0% ao ano, já incluída a taxa de serviços.

No projeto ora considerado previu-se no caso base, que a unidade industrial deverá operar com 100% de sua capacidade nominal instalada. Simulação de 10%, 20% e 30% de ociosidade são realizados a seguir na análise de sensibilidade.

Análise de Sensibilidade:

Análise de sensibilidade em um projeto de viabilidade econômica é utilizada como uma forma de examinar o comportamento da rentabilidade do investimento, quando houver variações nos itens considerados na estrutura de custo e/ou na receita. É uma tentativa de tornar a análise do projeto mais próxima da realidade e um meio de trabalhar com as incertezas.

A metodologia utilizada é a de proporcionar variações em certos itens componentes do custo e/ou da receita, mantendo os demais constantes. Essas variações permitem que as despesas e/ou receitas variem, alterando, desta forma, os fluxos de caixa e proporcionando novas taxas internas de retorno.

A comparação das novas taxas encontradas com a obtida no caso base informa sobre a sensibilidade da taxa interna de retorno em relação a variações de determinados parâmetros.

Para o propósito deste estudo, a análise sensitiva foi conduzida variando os preços da mão-de-obra e de outros insumos exigidos no tratamento e engarrafamento da água da laranja.

Dos custos anuais de industrialização, tem-se que os componentes de maior peso, pôr ordem decrescente de importância são: material de embalagem; mão-de-obra fixa + variável + encargos sociais e finalmente a energia elétrica +combustível+água industrial+material de limpeza. O exame de vulnerabilidade do empreendimento, aos possíveis acréscimos nos preços dos componentes de custo figura a seguir na Tabela 30.

O principal item dos custos refere-se ao material de embalagem; com uma representatividade de 85,78%do custo total, reduções de 4% elevam a TIR para 38,29% a.a. ou praticamente um acréscimo de 10 pontos percentuais, enquanto que acréscimos de 4% proporcionam uma TIR de 17,78% a.a. Quando se analisa reduções de 6%, elevam a TIR para 43,19% ou 18 pontos percentuais, por outro lado acréscimos de 6 % nesse mesmo item proporcionam uma TIR de 11,98% a.a, tendendo praticamente para a inviabilidade do empreendimento.

Como a representatividade do material de embalagem chega a 85,78% do custo total, e como pode ocorrer a situação de variação nos preços, mostra-se que se faz necessário o estabelecimento de contratos bem definidos de compra.

O segundo principal item refere-se ao custo da folha de pagamento da empresa, com uma representatividade de 7,16% do custo total. Trata-se de um empreendimento que deverá gerar aproximadamente, 25 empregos diretos. Acréscimos de 15% na folha de pagamento da empresa reduzem a taxa interna de retorno para 25,10% ao ano, ou 3 pontos percentuais. Reduções nas despesas com esse item em 15% elevam a taxa de retorno para 31,46%.

O terceiro principal item do custo é o que se refere a energia elétrica, combustível + água industrial + material de limpeza; o qual representa 1,65% do custo total de produção dos produtos. Neste item, reduções de 20% elevam a TIR para 29,28% a.a., enquanto que acréscimos de 20% proporcionam uma TIR de 27,33% a.a. Nota-se que, quando aumentamos ou diminuimos esse item em 20%, ocorre uma variação de apenas 1 ponto percentual para mais ou para menos, quando comparada com a taxa do caso base de 28,30%, concluindo-se portanto que esse item não é significativo.

Tabela 30. Resultados da análise de sensibilidade obtida com a implantação da unidade industrial de processamento de água de laranja

Item	Variação nos preços (%)	Taxa Interna de Retorno TIR (%) anual
Caso base	0	28,30
Material de embalagem	-6	43,19
	-4	38,29
	4	17,78
	6	11,98
Mão-de-obra fixa + variável + encargos sociais	-15	31,46
	-10	30,41
	10	29,82
	15	25,10
Energia elétrica + combustível+água industrial+ material de limpeza+	-20	29,28
	-15	29,03
	15	27,57
	20	27,33
Equipamentos + montagens e instalações	-10	29,19
	-5	28,74
	5	27,88
	10	27,42
Receita total	-5	11,29
	-4	15,03
	4	40,69
	5	43,73
Receita total e material de embalagem	5	18,39
	10	
Receita total e material de embalagem	5	12,65
	12	
Receita total e mão de obra fixa+variável +encargos	5	39,64
	20	
Utilização de 90% da capacidade instalada	-	25,94
Utilização de 80% da capacidade instalada	-	23,36
Utilização de 70% da capacidade instalada	-	20,51

Quanto à receita, a sensibilidade mostra que redução de 4% não compromete a atratividade do empreendimento, ao apresentar uma TIR de 15,03% ao ano. Porém redução de 5% apresenta uma TIR de apenas 11,29%. Isto nos mostra que reduções de 5% devem ser

consideradas como limite de atratividade para o empreendimento. Pôr outro lado, acréscimos de 4% e 5% na Receita elevam a taxa interna de retorno para 40,69% e 43,73%, respectivamente.

Variações conjuntas da receita total e material de embalagem mostram uma certa flexibilidade do empreendimento, pois um aumento de 10% no valor do material de embalagem, contra aumento de 5% na receita total diminuem a atratividade do projeto em relação ao caso base, chegando a uma TIR de 18,39% ao ano, ou uma queda de 10 pontos percentuais.

O mesmo já não se pode dizer, quando ocorrerem variações conjuntas da receita total e material de embalagem, acima destes valores, ou seja, um aumento de 12% no valor da material de embalagem e de apenas 5% na receita, pois diminuem a atratividade do empreendimento, chegando-se a uma TIR de 12,65% ao ano, ou 25,5 pontos percentuais abaixo do caso base, praticamente inviabilizando o empreendimento.

Da mesma forma, quando se eleva os custos de mão-de-obra fixa + variável + encargos e receita, conjuntamente; um aumento de 20% e 5% respectivamente nestes itens citados, aumenta a atratividade inicial do empreendimento quando se passa a obter uma TIR de 39,64% ao ano, aproximadamente 11 pontos percentuais acima do caso base.

Analisando a possibilidade de uma ociosidade de 10% para a unidade industrial, a análise de sensibilidade fornece uma nova TIR de 25,94% ao ano, ou seja, uma redução de aproximadamente 2,5 pontos percentuais na taxa obtida no caso base. Pôr outro lado, uma ociosidade de 20% nos indica uma TIR de 23,36% ou uma redução de quase 5,5 pontos percentuais em relação ao caso base do projeto. Quando a análise considera uma ociosidade de 30%, obtém-se uma TIR de 20,51% ou uma redução de quase 8 pontos percentuais em relação ao caso base do projeto (TIR de 28,30%).

Concluindo, os resultados apresentados, levando-se em conta as taxas de juros reais vigentes do BNDES para implantação de projetos agroindustriais (11,0% a.a.), demonstram que o projeto em questão tem possibilidade de sucesso devido a significativa taxa interna de retorno de 28,30% a.a. e um tempo de recuperação do capital ao redor de 3,5 anos.

Uma atenção muito especial como ficou comprovada na presente análise, deve ser dada às variações de preço do material de embalagem, mesmo com acréscimos na receita total. O ponto de equilíbrio obtido com a estrutura de custos e receitas recomenda uma utilização da capacidade produtiva superior a 57,03% ou seja, uma produção mínima de 2.737.440 garrafas de vidro de água de 500ml, no ano.

A Tabela 31 apresenta o sumário dos indicadores econômicos para a implantação da unidade industrial processadora de água de laranja

Tabela 31. Sumário dos indicadores econômicos da unidade de processamento de água de laranja

Itens	Quantidade, valor e ou Percentagem
<i>Utilização de matéria-prima por ano:</i> Água evaporada do suco de laranja	2.505.000 litros
<i>Capacidade de produção/ano:</i> Água de laranja engarrafada em garrafas de 500ml.	4.800.000 garrafas
<i>Investimentos e custos:</i>	
Investimento fixo	R\$ 1.342.270,00
Capital de giro	R\$ 672.361,00
Investimento total	R\$ 2.014.631,00
Custo fixo anual	R\$ 492.757,00
Custo variável anual p/ a unidade industrial	R\$ 5.041.191,00
Custo total anual	R\$5.533.948,00
<i>Custo unitário de produção:</i> Água de laranja engarrafada em garrafas de vidro de 500ml.	R\$ 1,15/garrafa
<i>Preço de venda:</i> Água de laranja engarrafada em garrafas de 500ml.	R\$ 1,90/garrafa
<i>Indicadores:</i>	
Receita Total Anual	R\$ 9.120.000,00
Impostos Incidentes	R\$ 2.850.000,00
Custo de Distribuição	R\$ 364.800,00
Receita Total Real Anual	R\$ 5.905.200,00
Lucro Bruto	R\$ 371.252,00
Ponto de Equilíbrio	57,03%
Taxa Interna de Retorno (T.I.R.)	28,30%

4.7. Estimativa da viabilidade do tratamento de efluentes líquidos visando reuso

Inicialmente, cabe comentar que a estimativa de custo de implantação da Estação de Tratamento dos Efluentes (ETE) foi restrita ao levantamento de preços dos equipamentos envolvidos na configuração proposta no item 3.7. Como o processo de tratamento não foi desenvolvido experimentalmente em escala piloto, e tampouco foram encontradas informações na literatura, não foram obtidos dados que permitissem detalhar a estrutura de custos de forma similar à realizada para a instalação industrial para produção de água de laranja (item 4.6.).

A estimativa de custo de uma ETE, proposta no item 3.7., obtida junto a profissionais do setor foi da ordem de R\$ 4.650.000,00 em abril de 2013, incluindo equipamentos e instalações para tratamento de 150 m³/hora de efluentes.

Vale ressaltar que o equipamento mais caro da linha de tratamento de efluentes proposta (item 3.7.) foi a MBR, estimada em R\$ 3.500.000,00, a exemplo do que ocorreu na linha de processamento de água de laranja, onde o ultrafiltro foi o equipamento mais caro, ao se desconsiderar as etapas de envase.

Pela impossibilidade de cálculos mais detalhados, adotou-se como base para o raciocínio de comparação entre o processamento de água de laranja e o tratamento de efluentes para reuso potável, os preços dos equipamentos de membranas, os mais caros em ambos os processos.

Assim, para permitir a comparação, foi cotado também o preço do ultrafiltro com membrana CEL30 utilizado no processamento de água de laranja, para operar em capacidade de 150m³/hora, ou seja, na mesma capacidade projetada para os efluentes, obtendo-se a informação junto ao fornecedor que em função de economia de escala, o valor passaria de R\$ 15.000,00 (1m³/hora) para R\$ 1.000.000,00 (150 m³/hora), também em abril de 2013.

Dessa forma, a análise do preço da membrana MBR, 3,5 vezes superior ao preço da membrana CEL 30 para a mesma capacidade de produção, sugere que dificilmente a indústria de água de laranja irá custear o tratamento dos efluentes da indústria cítrica para reuso, se a tecnologia proposta no presente trabalho for utilizada. A inviabilidade se intensifica ainda mais, ao se considerar que a indústria não tem disponibilidade de condensado suficiente para

operar na mesma capacidade de produção que a ETE. Estima-se que o condensado represente no máximo 50% do volume de água utilizado pela planta industrial.

De certa forma, essa conclusão poderia ser conceitual, pois ambos os tratamentos por membranas, da água de laranja e dos efluentes visando reuso, visam alcançar a potabilidade partindo de materiais de qualidades iniciais bem distintas. A remoção de matéria orgânica e contaminantes a ser feita nos efluentes é bem mais severa, requerendo para tanto um processo com vazões mais baixas e condições de operação mais drásticas. Já a água evaporada é um material mais “limpo” que permite vazões mais altas, provavelmente o dobro da necessária para os efluentes segundo fornecedor de membranas, para se enquadrar nas regulamentações Brasileiras.

Assim, a fábrica de água de laranja poderá contribuir para que o tratamento dos efluentes seja implementado visando reuso potável, porém apenas parcialmente, se for utilizada membrana MBR. Essa estimativa poderá se modificar ao longo do tempo, caso os custos da tecnologia de membranas MBR sejam proporcionalmente reduzidos. No cenário atual, outras configurações de tratamentos podem ser testadas, mais clássicas e com custo mais baixo, para uma análise mais detalhada que permita estimativa da viabilidade de implementação.

Neste ponto, vale lembrar que atualmente o reuso não potável já é uma prática das indústrias do setor. A Louis Dreyfus, unidade de Engenheiro Coelho, por exemplo, onde foi coletada a água evaporada para o presente trabalho, realiza tratamento de efluentes e os utiliza para fertirrigação. Conforme já mencionado, Yamanaka (2005) afirma que os sistemas de tratamento usados nas indústrias cítricas são os biológicos - em geral lodos ativados e lagoas.

Hespanhol (2004) afirma que numa avaliação econômica convencional a tomada de decisão sobre implantação ou não de qualquer atividade ou projeto depende, basicamente, do montante de recursos, em geral financeiros, a ser investido e do retorno esperado após tal implantação. O autor acrescenta que por outro lado, quando questões ambientais estão envolvidas no processo de tomada de decisão, os conceitos de custo e benefício adquirem uma dimensão adicional a ser considerada, a de custos e benefícios indiretos ou intangíveis, citando

como exemplo mudança da imagem corporativa da empresa, relação com consumidores, com órgãos de controle ambiental, entre outros.

5. CONCLUSÕES

- O processo de separação por membranas (PSM) é eficiente na redução de turbidez e cor da água recuperada da concentração de suco de laranja.
- Adotando a Resolução Brasileira para águas minerais e mineralizadas (RDC 274) como referência, onde os limites de turbidez e cor são de 1NTU e 5 unidades de Pt-Co respectivamente, a utilização de tecnologia de ultrafiltração em membrana celulose de 30KDa (CEL30) a pressão de 1 bar é eficiente para adequar esses parâmetros da água recuperada da concentração de suco de laranja, reduzindo-os para valores abaixo dos limites previstos pela RDC 274.
- A tecnologia de acondicionamento da água de laranja, envolvendo as etapas de filtração em carvão ativado, ultrafiltração em membrana celulose 30KDa a 1 bar e desinfecção por ultravioleta viabiliza a produção de água de laranja, resultando em produto que respeita a legislação brasileira para águas minerais e mineralizadas, desde que a operação de enchimento das embalagens seja efetuada em ambiente protegido, isolado do ar ambiente.
- O desenvolvimento do produto água de laranja em escala piloto demonstrou que a tecnologia proposta, de filtração em carvão ativado, ultrafiltração em membrana CEL30 a pressão de 1 bar, e desinfecção por ultravioleta se traduz em processos reprodutíveis, ao se considerar as características dos produtos obtidos sob os aspectos de substâncias orgânicas, inorgânicas, agrotóxicos, propriedades físicas, contagem microbiana e perfil de voláteis.
- Sob o ponto de vista da qualidade sensorial da água de laranja processada pela tecnologia proposta, foram observadas evidências que para obtenção de produto de alta aceitação sensorial é recomendável utilizar como matéria-prima a água evaporada de suco primário (de qualidade superior à do suco secundário, ou suco de polpa lavada) extraído de laranjas obtidas no período central (pico) de safra.
- Recomenda-se estudos posteriores para identificação dos períodos de safra onde são obtidas águas evaporadas de boa aceitação sensorial.

- A implantação de unidade industrial se mostrou viável economicamente ao se projetar hipoteticamente uma instalação para produção de água de laranja, utilizando a tecnologia proposta no presente trabalho, com capacidade para processar 1.000 litros de água de laranja por hora, acondicionada em garrafas de vidro de 500mL com tampas tipo Crow, em turnos de produção de 8 horas diárias, em 7 dias por semana, durante 10 meses de safra de laranja, ou em 300 dias por ano, obtendo portanto 4.800.000 garrafas de 500ml de água de laranja por ano.
- O ponto de equilíbrio obtido com a estrutura de custos e receitas projetada recomenda uma utilização da capacidade produtiva superior a 57,03% ou seja, uma produção mínima de 2.737.440 garrafas de vidro de água de 500ml ao ano para operar sem prejuízos.
- A significativa taxa interna de retorno (TIR) de 28,30% obtida demonstra que o empreendimento projetado no presente trabalho tem possibilidade de sucesso, com um tempo de recuperação do capital ao redor de 3,5 anos.
- A curto prazo, os recursos gerados pela unidade industrial de produção de água de laranja não serão suficientes para implantar e operar uma estação de tratamento de efluentes líquidos visando reuso potável, se membrana MBR for utilizada, podendo contribuir apenas parcialmente para tal implantação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Laura Aparecida Savitci Brochado de; GASPARINO FILHO, José; MORETTI, Vasco Antonio; CANTO, Wilson Leite do **Economia de energia e redução de custo na indústria de suco de laranja**. Campinas: ITAL, 1984. 98p. Série Estudos Econômicos – Alimentos Processados.

ANGELUCCI, Eidiomar. **Análises químicas de sucos e refrigerantes**. Campinas, ITAL/SBCTA, 1988.171p. (Manual de Curso).

ARNAL, J.M.; GARCIA-FAYOS, B.; VERDU, G.; LORA, J. Ultrafiltration as an alternative membrane technology to obtain safe drinking water from surface water: 10 years of experience on the scope of the AQUAPOT project. **Desalination**, v. 248, p. 34–41, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE PESQUISA - ABEP. **Critério de Classificação Econômica Brasil**. Dados com base no levantamento Sócio Econômico 2009 – IBOPE. ABEP, 2011, 4p.. Disponível em www.abep.org. Acesso em 10/09/2011.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS EXPORTADORES DE CÍTRICOS-ABECITRUS. **História da laranja**. Disponível em: < http://www.abecitrus.com.br/historia_br.html >. Acesso em: 06/04/2009.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS EXPORTADORES DE SUCOS CÍTRICOS–CITRUSBR. **Sustentabilidade**. Disponível em: <<http://www.citrusbr.com.br/exportadores-citricos/sustentabilidade/sustentabilidade-151242-1.asp>>. Acesso em: 22/06/2010.

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.

BRADDOCK, R.J. **Handbook of citrus by-products and processing technology**.Lake Alfred, FL:John Wiley & Sons, Inc., 1999. 247 p.

BRADDOCK, R.J.; CRANDALL, P.G. Properties and recovery of waste liquids from citrus pectin pomace manufacture. **Journal of Food Science**, v. 43, p. 1678-1679, 1978.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 2.914**; Procedimentos de Controle e Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano e seu Padrão de Potabilidade. Brasília, 12 de dezembro de 2011.

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.

BRODY, T. **Nutritional biochemistry**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 1994. 658p.

CHERYAN, M. **Ultrafiltration and Microfiltration Handbook**. Lancaster: Technomic Publ. Co., Illinois, 1998.

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

CULP, R. L.; CULP, G. L. **New concepts in water purification**. New York, 1974, 230p.

DANIEL, L. A.; BRANDÃO, C. C. S.; GUIMARÃES, J. R.; LIBÂNIO, M.; LUCA, S. J. **Processos de Desinfecção e Desinfetantes alternativos na Produção de Água Potável**. Rio de Janeiro, 2001, 139p.

DEBIEN, I. C. N. **Produção de água de coco (*Cocos nucifera*) utilizando membranas de micro e ultrafiltração de celulose, PES e PVDF**. 2010. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

DEDINI, D. **Avaliação de um sistema de fluxo contínuo de desinfecção de água por radiação solar, cloração e radiação ultravioleta**. 2006. 87f. Tese (Mestrado)-Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

DESTEFANO, Donald. Recovering water from fruit – by extracting the juice, concentrating it by removing water, and collecting the water. PCT n. WO9419967-A; WO9419967-A1; AU9464055-A; US5534274-A; MX193775-B; BR1101182-A3, 11 mar. 1993, 15 set. 1994.

DORNELLAS, J.C. **Tratamento do efluente líquido da indústria cítrica pelo processo de lodo ativado por batelada (LAB) com aplicação de oxigênio puro**. 1994. 142f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

DOWNES, F. P. & ITO, K. (eds.). 2001. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4 ed. American Public Health Association, Washington, D. C., 2001.

DU, J.R.; PELDSZUS, S.; HUCK, P.M.; FENG, X. Modification of poly(vinylidene fluoride) ultrafiltration membranes with poly(vinyl alcohol) for fouling control in drinking water treatment. **Water Research**, v.43, p. 4559-4568, 2009.

EATON, A. D.; CLESCERI, L. S.; RICE, E. W.; GREENSBERG, A. E; FRANSON, M. A. (eds), **Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater**, 21st ed. Washington, D.C.: American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) & Water Environment Federation (WEF), 2005, 1368p..

EL-NAWAWI, S.A.; HEIKAL, Y.A. Production of pectin pomace and recovery of leach liquids from orange peel. **Journal of Food Engineering**, Amsterdam, v. 28, n. 3-4, p. 341-347, maio 1996. Disponível em: <www.sciencedirect.com/science>. Acesso em: 20/04/2010.

EPA – Environmental Protection Agency - SW 846 : Testing methods for evaluating solid wastes. Disponível em : < <http://www.epa.gov/epawaste/hazard/testmethods/index.html>>. Acesso em : 21/06/2010.

FERREIRA, K.S.; GOMES, J.C.; BELLATO, C.R.; JORDÃO, C.P. Concentrações de selênio em alimentos consumidos no Brasil. **Revista Panamericana de Salud Publica**, v. 11, n. 3, p. 172-177, 2002.

FREIRE, Renato Sanches; PELEGRINI, Ronaldo; KUBOTA, Lauro T.; DURÁN, Nelson; PERALTA-ZAMORA, Patrício. Novas tendências para o tratamento de resíduos industriais contendo espécies organocloradas. **Química Nova**, v.23, n.4, p. 504-511, 2000.

HABERT, A.C., BORGES, C.P., NOBREGA, R. **Processos de separação por membranas**. Rio de Janeiro, R.J. Ed. E-papers, 2006, 180p.

HESPANHOL, I. *et al.* **Conservação e Reúso de Água**: Manual de orientações para o setor industrial. São Paulo: FIESP, 2004, v.1, 92p.

JACOBSEN, B. N.; ARVIN, E.; REINDERS, M. Wat. Res. 1996, 30, 13. *apud* FREIRE, Renato Sanches; PELEGRINI, Ronaldo; KUBOTA, Lauro T.; DURÁN, Nelson; PERALTA-ZAMORA, Patrício. Novas tendências para o tratamento de resíduos industriais contendo espécies organocloradas. **Química Nova**, v.23, n.4, p. 504-511, 2000.

KUMAR, Jyoti Kishen; PANDIT, Aniruddha Bhalchandra. Chemical Disinfection; Physical Disinfection. In: _____. **Drinking Water Disinfection Techniques**. CRC Press, 2012, cap. 2 e 3, p. 21-106.

LAÎNÉ, J.M.; VIAL, D.; MOULART, P. Status after 10 years of operation – overview of UF technology today. **Desalination**, v.131, p 17-25, 2000.

LEVANDER, O.A.; BURK, R.F. Selenio. Em: Organización Mundial de la Salud/Organización Panamericana de la Salud. **Conocimientos actuales sobre nutrición**. 7. ed. Washington, D.C.; ILSI Press, 1997. p. 342–351. (Publicación Científica 565).

MELNICK, J. **Manual de Projetos de Desenvolvimento Econômico**. Rio de Janeiro: Forum, 1972. 294p.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. **Sensory evaluation techniques**. 4 ed. Boca Raton, FL: CRC Press, Inc., 2006, 448p.

METCALF & EDDY Inc. **Wastewater engineering treatment and reuse**. 4 ed. Mc Graw-Hill, 2002.

MIRSAEEDGHAZI, H.; EMAM-DJOMEH, Z.; MOHAMMAD MOUSAVI, S.; AHMADKHANIHA, R.; SHAFIEE, A. Effect of membrane clarification on the physicochemical properties of pomegranate juice. **International Journal of Food Science and Technology** n° 45, p. 1457–1463, 2010.

MOUSSI, A. V., KAMBOURIS, A. Recovering palatable potable storable water from a process for concentrating extracted juice, comprises supplying concentrator waste stream from a concentrator for concentrating extracted juice, and purifying concentrator waste stream. PCT n. WO2010083574- A1; AU2010100800-A4; AU2010101445-A4; AU2010100800-B4; AU2010100800-B9, 15 jan. 2010, 29 jul. 2010.

NEVES, Marcos Fava.; SCARE, Roberto Fava. Defining an Agribusiness Strategic Agenda for 2010-2020. **International Food and Agribusiness Management Review**, v.13, n.1, p.83-90, 2010.

NORONHA, J. **Projetos Agropecuários – Administração Financeira, orçamentação e avaliação econômica**. São Paulo: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz – Fealq, 1981, 274p.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE - OMS. **Elementos traço na nutrição e saúde humanas**. São Paulo: Editora Roca, 1998, 318 p.

PADULA, M.; ITO, D.; BORGHETTI, J. Interação embalagem/alimentos: legislação e contaminação sensorial. In: OLIVEIRA, L.M.; QUEIROZ, G.C. (Ed.). **Embalagens plásticas rígidas: principais polímeros e avaliação da qualidade**. Campinas: CETEA/ITAL, 2008. cap. 10, p. 285-320.

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.

POHLMANN, M. **Tratamento de esgotos sanitários visando reuso**. 2010. 102f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

PONEZZI, A.N. **Tratamento de efluente líquido da indústria cítrica por lodo ativado por batelada (LAB): Tratabilidade e microbiologia**. 2000. 204f. Dissertação (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

RAO, D. G.; MEYYAPPAN, N.; FERROZ, S. Treatment of Effluent Waters in Food Processing Industries. In: RAO, D. G.; SENTHILKUMAR, R.; ANTHONY BYRNE, J.; FERROZ, S. **Wastewater Treatment Advanced Processes and Technologies**. CRC Press, 2012, cap. 10, p. 239–274

REILLY, C. **Selenium in food and health**. New York: Blackie Academic & Professional; 1996

REZENDE, C. C. S. **Reúso potável de esgoto sanitário: possibilidades e riscos**. 2010. 235p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

SANTOS, A.; MA, W.; JUDD, S. J. Membrane bioreactors: Two decades of research and implementation. **Desalination**. n.273, p.148-154, 2011.

SEVERIN, B. F. Desinfection of municipal wastewater effluents with ultraviolet lights. **Journal of Water Pollution Control Federation**. v.52, n.7, p 2018, 1980.

SILVA, F.C. **Aplicação de Membranas poliméricas para obtenção de licopeno concentrado a partir de polpa de mamão (*Carica papaya L.*)**. 2010. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia de Alimento, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

SILVA, J. J. R. F.; WILLIAMS, R. J .P. **The biological chemistry of the elements: the inorganic chemistry of life**. New York: Oxford University Press, 1993.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V.C.A.; CANTÚSIO NETO, R.; SILVEIRA, N.F.A. **Manual de métodos de análise microbiológica da água**. São Paulo: Livraria Varela; 2005.

SILVA, R.T. **Parâmetros de projeto de sulcos largos de infiltração**. 2002. 110p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

TSHANTZ, M. F. *et al.* Environ.Sci. Technol. 1995, 29, 2073 *apud* FREIRE, Renato Sanches; PELEGRINI, Ronaldo; KUBOTA, Lauro T.; DURÁN, Nelson; PERALTA-ZAMORA, Patrício. Novas tendências para o tratamento de resíduos industriais contendo espécies organocloradas. **Química Nova**, v.23, n.4, p. 504-511, 2000.

TOCCHINI, Rogerio Perujo; NISIDA, Alba Lucia Andrade Coelho; DE MARTIN, Zeno José **Industrialização de polpas, sucos e néctares de frutas**: Campinas: ITAL, 1995. 85p.(Manual Técnico).

TSUJIMOTO, W.; KIMURA, H.; IZU,T.; IRIE, T. Membrane filtration and pre-treatment by GAC. **Desalination** nº 119, p. 323-326, 1998.

YAMANAKA, Hélio Tadashi. **Sucos cítricos**. São Paulo:CETESB, 2005. 45p. (Série P+L).

WINNE, A. de; DIRINCK, P. HS-SPME GC-MS analysis of fresh and reconstituted orange juices. In: WEURMAN SYMPOSIUM, 2., 2008, Interlaken, Switzerland. **Proceedings...** Wissenschaften, Winterthur: Zürcher Hochschule für Angewandte, 2010. p. 223-226.

ZUKOVIS, G.; KOLLAR, J.; MONTEITH, H. D.; HO, K.W.A.; ROSS, S. A. Desinfection of low quality wastewaters by ultraviolet light irradiation. **Journal Water Pollution**, v.58, n.3, p.206, 1986.

APÊNDICES

APÊNDICE 1

Modelo da ficha de avaliação utilizada no teste sensorial

Modelo da ficha de avaliação utilizada no teste sensorial

AVALIAÇÃO DE ÁGUA RECUPERADA DO PROCESSO DE CONCENTRAÇÃO DE SUCOS DE FRUTAS CÍTRICAS EM INDÚSTRIAS PRODUTORAS DE SUÇO CONCENTRADO

Nome: _____ Produto: 345

Muito obrigado por participar de nosso teste. Sua colaboração é muito importante para nós!

Você receberá uma amostra de ÁGUA DE LARANJA para avaliar.

Trata-se de água oriunda de laranja, que eventualmente pode arrastar consigo compostos aromáticos da fruta. A tecnologia de obtenção e envase desta água empregou somente métodos físicos, portanto sem contato algum com agentes químicos (cloração, alúmen, etc.)

1. Por favor, indique o quanto você gostou do produto de **MODO GLOBAL**:

Gostei muitíssimo	Gostei muito	Gostei	Gostei pouco	Não gostei nem desgostei	Desgostei pouco	Desgostei	Desgostei muito	Desgostei muitíssimo
()	()	()	()	()	()	()	()	()

2. Indique se você percebeu a **PRESENÇA DE AROMA CÍTRICO** no produto:

Nenhum	Muito fraco	Fraco	Moderado	Forte	Muito forte
()	()	()	()	()	()

3. Indique se você percebeu a **PRESENÇA DE SABOR CÍTRICO** no produto:

Nenhum	Muito fraco	Fraco	Moderado	Forte	Muito forte
()	()	()	()	()	()

4. Por favor, descreva o que em particular você **gostou ou desgostou** nesta amostra de água.

Mais gostei:

Menos gostei:

_____	_____
_____	_____

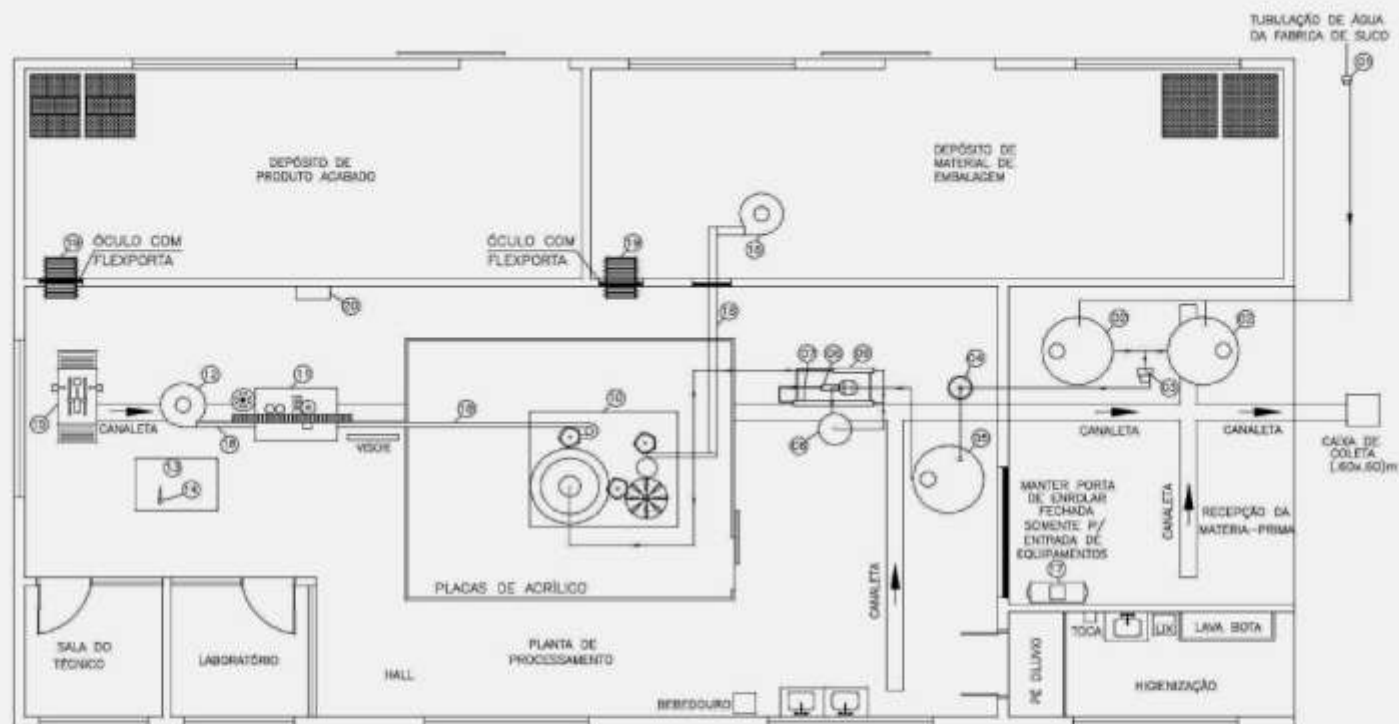
5. Qual seria sua **ATITUDE EM RELAÇÃO À COMPRA** desta “ÁGUA DE FRUTA” considerando que o processo não envolve o uso de agentes químicos e que visa contribuir para o desenvolvimento sustentável na medida em que permite recuperar grandes volumes de água extraídos dos sucos de frutas que normalmente são descartados?

Certamente compraria	Provavelmente compraria	Talvez sim, talvez não comprasse	Provavelmente não compraria	Certamente não compraria
()	()	()	()	()

6. Por favor, comente sobre as **RAZÕES DE SUA RESPOSTA EM RELAÇÃO À COMPRA** desta água:

APÊNDICE 2

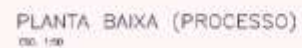
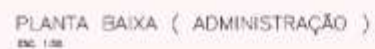
- **Implantação da unidade de processamento de água de laranja**
- **Lay-Out da unidade de processamento de água de laranja**
- **Planta Baixa da unidade de processamento de água de laranja**



LAY-OUT
ESC. 1:50

20	PAINEL DE COMANDO ELÉTRICO	10	SISTEMA DE ENROLAR/DESCOILADORA/TAMPADORA AUTOMÁTICA P/ BARRAS DE MEMO
19	COLUNA DE INJEÇÃO	9	SISTEMA DE DESCONTAMINAR POR ULTRA-SONO
18	ACIONAR TRANSPORTADORA DE BARRAS DE MEMO DE 300 mm	8	TANQUE DE SERVIÇO PARA RETORNAÇÃO DO SISTEMA DE ULTRA-FILTRAÇÃO
17	COMPRESSOR DE AR COMPRIMIDO DE 22 psig/minuto a pressão de 90 psi	7	SISTEMA DE ULTRA-FILTRAÇÃO POR MEMBRANA
16	MED. ACUMULADORA PARA GARRAFAS DE 500 ml	6	BOMBA POSITIVA SANITÁRIA DE 4,5 m³/hora e pressão de 6,0 bar
15	FEEDER DE CAVAS DE PAPELÃO COM ROTA GOMADA DA 3M	5	TANQUE PULMÃO PARA EQUILÍBRIO DA LINHA 1.500litros
14	GRANDEZAS PRECISADAS PARA ABRIRAR DAS CAVAS DE PAPELÃO	4	FILTRO DE CARVÃO ATIVADO PARA 1.500litros/hora
13	MESA DE AÇO INOXIDÁVEL PARA ENCAIXOTANDO DAS GARRAFAS DE 500 ml	3	BOMBA CENTRÍFUGA SANITÁRIA DE 17 m³/hora e pressão de 17 bar
12	MED. ACUMULADORA PARA GARRAFAS PRONTAS DE 500ml	2	TANQUES DE FLOCÇÃO DA MATÉRIA PRIMA E ÁGUA DA CONDENSADORA 1.500litros
11	ROTULADORA MECÂNICA P/ BOTTLES AUTO-ACIONADA	1	BOMBA CENTRÍFUGA SANITÁRIA DE 22 m³/hora e pressão de 22 bar
ITEM	DENOMINAÇÃO	ITEM	DENOMINAÇÃO

CONVERSÃO-2020



- | | |
|-----|---|
| ESQ | ESCALERA DE ALUMINIO (2,00 x 1,20 x 1,00m) |
| ESQ | ESCALERA DE ALUMINIO (2,00 x 1,20 x 0,80m) |
| ESQ | ESCALERA DE ALUMINIO (2,00 x 0,80 x 1,00m) |
| ESQ | ESCALERA DE ALUMINIO (2,00 x 0,80 x 1,60m) |
| PU | PUERTA DE ALUMINIO DE ABRE (0,80 x 2,10m) |
| PU | PUERTA DE ALUMINIO DE CORRIE (2,00 x 2,10m) |
| PU | PUERTA DE ALUMINIO DE ABRE (1,00 x 2,10m) |
| PU | PUERTA DE BIPOLAR METALICA (2,00 x 2,10m) |

APÊNDICE 3

- A. Lista dos equipamentos para industrialização de água de laranja**
- B. Lista dos equipamentos auxiliares para a unidade industrial.**
- C. Lista de equipamentos de laboratório para a unidade industrial**
- D. Lista de vidraria para laboratório**
- E. Lista dos veículos de movimentação de carga da unidade industrial**

A. Lista dos equipamentos para industrialização de água de laranja

Item	Quan	Denominação	Preço (R\$)	Energia elétrica (C.V.)	Ar (m³/hora)	Água (m³/hora)
01	01	Bomba centrífuga sanitária	5.500,00	5,0		-
02	02	Tanques depósito de 1.500 litros	13.000,00	-		-
03	01	Bomba centrífuga sanitária	4.500,00	3,0		
04	01	Filtro de carvão ativado	3.640,00	Tomada 220volts		
05	01	Tanque pulmão de 1.500 litros	6.500,00	-		-
06	01	Sistema de cavalete de aço inoxidável para fixação da ultra filtração e desinfecção por ultra violeta.	2.000,00	-		-
07	01	Bomba positiva sanitária	6.600,00	3,0		-
08	01	Sistema de membrana de ultra filtração	15.000,00	-		-
09	01	Sistema de desinfecção por ultra violeta.	3.000,00	-		-
10	01	Mesa acumuladora de frascos no depósito	8.500,00	0,5		-
11	01	Esteira transportadora para garrafas do depósito até a enxaguadora	7.200,00	1,0		-
12	01	Máquina TRIBLOC MEI 10-12-04 composto de enxaguadora, enchedora, tampadora	275.623,00	3,0	0,25	0,3
13	01	Esteira transportadora para garrafas da TRIBLOC até a rotuladeira	10.800,00	1,0	-	-
14	01	Rotuladeira para rótulos auto adesivos	48.565,00	3,5		
15	01	Esteira transportadora para garrafas da rotuladeira até a mesa acumuladora para encaixotamento manual	10.800,00	1,0		-
16	01	Mesa acumuladora de frascos no depósito	8.500,00	0,5	-	-
17	01	Mesa de madeira para encaixotamento manual	1.600,00	-	-	-
18	01	Grampeador para caixas de papelão	915,00	-	1,20	-
19	01	Fechadora de caixas de papelão da 3M	comodato	0,5	-	-
20	02	Esteiras de roletes para passagem das caixas de papelão para área de encaixotamento e outra através do óculo para o depósito do produto acabado.	3.900,00	-	-	

21	01	Painel de proteção e comando elétrico	6.800,00	-	-	-
TOTAL			442.943,00	22,0	1,45	0,3
TOTAL EM US\$ (*)			217,128.90	-	-	-

(*) US\$1.00 = R\$2,04 em 07/03/2013

B. Lista dos equipamentos auxiliares para a unidade industrial.

Item	Quant.	Denominação	Preço (R\$)	Energia elétrica (C.V.)	Água (m ³ /hora)
22	01	Caixa de água de 10,0 m ³	6.950,00	-	-
23	02	Bombas para água de 5m ³ /hora	1.800,00	5,0 (5,0)	
24	01	Clorador para água (bomba dosadora)	2.715,00	0,25	-
25	01	Lavadora de alta pressão, HD 7/15 MAXI	5.428,00	6,00	0,6
26	01	Compressor de ar comprimido	1.200,00	2,0	-
27	01	Cabina medidora transformadora para 100 kVA	14.650,00	-	-
TOTAL			30.943,00	13,25(5,0)	0,6
TOTAL em US\$(*)			15,168.10	-	-

(*) US\$1.00 = R\$2,04 em 07/03/2013

C. Lista de equipamentos de laboratório para a unidade industrial

<i>Item</i>	Qtde	Denominação	Preço (R\$)	Energia elétrica	Água (l/h)
28	01	Balança semi- analítica	1.570,00	25	-
29	01	Destilador para água – 5l/hora	1.900,00	4.000	5,0
30	01	Turbidímetro portátil 2.100Q, marca HACH	4.998,00	-	-
31	01	Módulo de alimentação bivolt para o item 3 acima	1.208,00	60	-
32	01	Colorímetro DR 890 e maleta, marca HACH	6.904,00	100	-
33	01	Geladeira	1.250,00	170	-
34	01	Conjunto de vidraria (QUADRO D)	1.380,00	-	-
TOTAL			19.210,00	4.355	5,0
TOTAL em US\$(*)			9,416.70		

(*) US\$1.00 = R\$2,04 em 07/03/2013

D. Vidraria para laboratório

<i>Item</i>	Qtde	Denominação
01	02	Balões volumétricos, fundo redondo, 800ml p/ destilador
02	02	Balões volumétricos, de 20ml
03	02	Erlenmeyer de 250ml
04	02	Beckers de 1.000ml
05	01	Funil de vidro de 15cm
06	01	Proveta de vidro de 1.000ml, sem graduação
07	01	Proveta de vidro de 500ml, graduadas
08	01	Balão de vidro, fundo chato, de 1.000ml
09	01	Balão volumétrico, fundo chato, de 500ml
10	01	Lote de material de consumo:
		- <i>rolha de borracha diversos tamanhos</i> - <i>um quilo de algodão</i> - <i>quatro caixas de papel de filtro</i> - <i>cinquenta folhas de papel de filtro</i> - <i>bastonetes de vidro</i> - <i>tubos de vidro</i> - <i>lápiz de vidro</i> - <i>dois rolos de papel indicador, reagen, pH1-10</i> - <i>dois termômetros</i>
TOTAL R\$		1.380,00

E. Lista dos veículos de movimentação de carga da unidade industrial.

Item--	Quant-	Denominação	Preço (R\$)	Gás (Kg/hora)	Energia elétrica (kwh.)
35	01	Empilhadeira à gás	59.800,00	4,0	-
36	01	Empilhadeira manual elétrica	10.900,00	-	2,7
37	02	Paleteiras, modelo BYG -2000	1.900,00	-	-
TOTAL			72.600,00	4,0	2,7
TOTAL EM US\$ (*)			35,588.20		

(*) US\$1.00 = R\$2,04 em 07/03/2013

APÊNDICE 4

Resumo dos consumos de utilidades da unidade industrial.

Resumo dos consumos de utilidades da unidade industrial.

Itens	Energia elétrica	Água tratada	Gás (Kg/dia)
Linha de tratamento e engarrafamento de água do suco concentrado de laranja	131,24	2,4	-
Equipamentos auxiliares	79,06	1,8	-
Equipamentos de laboratório	17,42	-	-
Iluminação da fábrica (interna)	73,62	-	-
Iluminação da fábrica (externa)	10,73	-	-
Veículos de movimentação de carga	10,80		24,0
Lavagem da planta e dos equipamentos	-	2,1	-
TOTAL	322,90	6,3	24,0

APÊNDICE 5

- A. Estimativa do investimento em obras civis**
- B. Lista de móveis e instalações de escritório, utensílios, informática, telefonia e sistema de proteção contra incêndio**
- C. Estimativa da mão-de-obra fixa**
- D. Estimativa da mão-de-obra variável**
- E. Encargos sociais incidentes sobre as folhas de pagamento fixa e variável**

A. Estimativa do investimento em obras civis.

Edificação	Área (m²)	Preço por m².	Preço Total R\$
Construção da planta de processamento	302,9	700,00	212.030,00
Construção do prédio Administrativo	216,0	800,00	172.800,00
Portaria; Casa de Força; Caixa d'água	22,0	600,00	13.200,00
Depósito de garrafas cimentado	52,0	300,00	15.600,00
Área de lazer	53,30	400,00	21.320,00
Calçadas	197,2	300,00	59.160,00
- Ruas (britas)	998,0	40,00	39.920,00
- Gramado e plantas	580,6	35,00	20.321,00
TOTAL	-	-	554.351,00
TOTAL EM US\$ (*)	-	-	271,740.70

(*) US\$1.00 = R\$2,04 em 07/03/2013

B. Lista de móveis e instalações de escritório, utensílios, informática, telefonia e sistema de proteção contra incêndio.

Material	Preço (R\$)
Móveis e instalações de escritório	10.850,00
Telefonia: (uma linha)	1.200,00
Informática:(01 Pentium IV, 300mhz, uma impressora HP Deskjet 3745 e um fax Panassonic)	6.400,00
Utensílios diversos	2.350,00
Sistema de segurança e proteção contra incêndio	5.000,00
TOTAL	25.800,00
TOTAL em US\$	12,647.10

(*) US\$1.00 = R\$2,04 em 07/03/2013

C. Estimativa da mão-de-obra fixa

Qtde	Função	Salário base	Total (R\$)
01	Nível médio responsável pelo processamento dos produtos e chefe do laboratório	1.800,00	1.800,00
01	Controlador de estoques, matéria-prima e produto acabado	900,00	900,00
01	Mecânico e eletricista de manutenção/responsável pela caixa d'água/sistema hidráulico e esgotos	1.050,00	1.050,00
01	Contador/ caixa	1.200,00	1.500,00
01	Recepcionista / telefonista /Digitadora / secretária	850,00	850,00
01	Caixa/expedidor de faturas e operador de arquivos	950,00	950,00
02	Porteiros/vigias	850,00	1.700,00
03	Faxineiros	678,00	2.034,00
01	Operador da empilhadeira	1.000,00	1.200,00
12	TOTAL		11.816,00

Fonte: Folha de São Paulo – Bolsa de Salários – Março /13

D. Estimativa da mão-de-obra variável

Função	Nº de Operários
- Recepção da matéria-prima e operador da bomba	01
- Operador do filtro de carvão ativado	01
- Operador da ultra filtração e do sistema de ultravioleta	01
- Recepção do material de embalagem e alimentadores das garrafas no sistema	02
- Operadores da enxaguadora / envasadora / tampadora /	02
- Operadores do sistema de encaixotamento/ fechamento e transferência para o depósito	02
- Paletizadores do depósito de produto acabado	02
- Ajudantes geral	02
TOTAL de operários	13
Salário mínimo (março/2013)	R\$ 678,00
TOTAL da folha mensal	R\$ 8.814,00

E. Encargos sociais incidentes sobre as folhas de pagamento fixa e variável

Discriminação	(%)
1. Imposto incidente sobre a folha mensal	32,0
2. Assistência médica	28,0
TOTAL	60,0

OBS: Informações retiradas do STF

APÊNDICE 6

Base de Cálculo

BASE DE CÁLCULO

1. Matéria-prima:

- **água evaporada:** 8.350 litros/dia X 30 dias/mês X 10 meses/ano, ou um consumo total de 2.505.000/ano x R\$zero/litro = R\$zero

TOTAL DO ITEM = R\$ ZERO

2. Paletes

- 200 paletes a R\$20,00/unidade R\$ 4.000,00

TOTAL DO ITEM R\$ 4.000,00

3. Quadro A: Cálculo da depreciação, seguros e manutenção

Depreciação		Seguros		Manutenção		
Itens	(%)	R\$	(%)	R\$	(%)	R\$
Obra civil R\$554.351,00	5	27.717,40	0,12	665,10	1,0	5.543,90
Equipamentos R\$ 542.405,60	10	54.240,60	1,2	6.508,90	2,5	13.560,10
Veículos R\$ 72.600,00	20	14.520,00	8,5	6.171,00	10	7.260,00
TOTAL		96.478,00		13.345,00		26.364,00

4.MATERIAL DE LIMPEZA:

- Sabão neutro $15,0\text{kg}/\text{dia} \times 30 \times 10 = 4.500 \text{ kg}/\text{ano} \times \text{R\$}1,20/\text{kg} = \text{R\$} 5.400,00$
- Soda em escamas – $5\text{kg}/\text{dia} \times 30 \times 10 = 1.500 \text{ kg}/\text{ano} \times \text{R\$} 4,90/\text{kg} = \text{R\$} 7.350,00$

TOTAL DO ITEM R\$ 12.750,00 / ano

5.COMBUSTÍVEL (gás):

- Gás GLP para a empilhadeira $4,0\text{kg}/\text{hora} \times 6 \times 30 \times 10 = 7.200 \text{ kg}/\text{ano} \times \text{R\$}3,00/\text{kg} = \text{R\$} 21.600,00$

TOTAL DO ITEM R\$ 21.600,00/ano

6.ENERGIA ELÉTRICA

- Motores: $35,25 \text{ C.V.} \times 0,7457 \times 8\text{h}/\text{dia} = 210,30 \times 30 = 6.309,0 \text{ Kwh}/\text{mês}$
- Iluminação interna: $15 \text{ Watts}/\text{m}^2 \times 613,6\text{m}^2 \times 8 \times 30 = 2.209,0 \text{ kwh}/\text{mês}$
- Iluminação externa: $10 \text{ Watts}/\text{m}^2 \times 1.073,0 \times 10 \times 30 = 3.219,0 \text{ kwh}/\text{mês}$

Consumo: $= 11.737,0 \text{ kwh} \times \text{R\$}0,1425 = \text{R\$}1.672,50$

Potência instalada: $26,30\text{kw} \times \text{R\$}50,4290/\text{kw} = \text{R\$}1.326,50$

Total sem impostos R\$2.999,00

Total com impostos R\$3.989,00

Total R\$ 3.989,00 X 10meses= R\$ 39.890,00 / ano

7. MATERIAL DE EMBALAGEM:

- 16.000 garrafas/dia X 30 X 10= 4.800.000 garrafas de 500ml, (GFA500ml STD Euro ow) X 30X10XR\$825,15/mil, o que totaliza R\$ 3.960.720,00
- 16.000 tampas metálicas/dia X 30 X 10= 4.800.000 tampas de 28 mm tipo “crow”,R\$30,00/mil, o que totaliza R\$ 144.000,00
- 16.000 rótulos/dia X 30 X 10= 4.800.000 rótulos para cola quente, R\$90,00/mil, o que totaliza R\$ 432.000,00
- FRETE: R\$2.500,00/ carreta com 24 paletes ou 57.120 garrafas, o que totaliza R\$43,768/mil ou R\$ 210.084,00

TOTAL DO ITEM R\$ 4.746.804,00/ano

8. ÁGUA INDUSTRIAL:

- Equip. Processo: 2,4m³/dia
- Equip. Auxiliares: 0,6m³/h X3h/dia=1,8m³/dia
- Planta: 2,1 m³/dia
- Higiene pessoal:(12x50l/dia) +(13X100l/dia)=1,90 m3 /dia
- Total 8,2 m³/dia x R\$ 6,90/m³ x 30 = R\$1.697,40/ mês X 10 = R\$16.974,00

TOTAL DO ITEM R\$ 16.974,00/ano

9. MÃO DE OBRA FIXA :

- Salários de R\$ 11.816,00 X12 = **R\$141.792,00**
- Encargos sociais **de R\$ 85.075,20**

10.MÃO DE OBRA VARIÁVEL:

- Salários de R\$ 8.086,00 X12 = **R\$97.032,00**
- Encargos sociais de **R\$ 58.219,20**

11. CAPITAL DE GIRO:

- matéria - prima: água evaporada: R\$ ZERO
- Material de limpeza: Total de R\$ 12.750,00/ano /10meses X 01 mês de estoque= R\$ 1.275,00
- Peças de reposição: 1% a.m sobre somatória dos equipamentos. (R\$ 542.405,60)= R\$ 5.424,10
- Combustível (gás) –R\$21.600,00/ano /10meses x 01 mês de estoque = R\$ 2.160,00
- Material de embalagem: R\$4.746.804,00/ano /10meses x 01 mês de estoque = R\$ 474.680,40
- Produto acabado (estoque para 10 dias) →16.000 garrafas de 500ml/dia X 10 dias X R\$ 1,15/garrafa = R\$ 184.000,00
- Caixa e Bancos (2,5% sobre a somatória R\$192.859,10)= R\$ 4.821,50

TOTAL DO ITEM R\$ 672.361,00