

Inventário do Ciclo de Vida de Subprodutos do Processamento da Laranja

Jessyka S. Costa (Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia)
jessyakacosta07@yahoo.com.br

Leonardo R. Maia (Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia)
eng.leonardomaia@gmail.com

Henrique L. Maranduba (Instituto Federal da Bahia)
henrique.leo@gmail.com

José A. de Almeida Neto (Universidade Estadual de Santa Cruz)
jalmeida@uesc.br

Luciano B. Rodrigues (Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia)
rodrigueslb@uesb.edu.br

O trabalho apresenta o inventário do ciclo de vida (ICV) dos processos de extração do óleo essencial e pectina. O estudo utiliza uma abordagem do berço ao portão (cradle-to-gate), e unidade funcional de 1 kg de pectina. Os dados para elaboração do inventário foram obtidos por meio de uma revisão de literatura e cálculos que forneceram compreensão sobre os fluxos elementares e unidades de processo com possíveis déficits ambientais na produção de óleo essencial e pectina. Os principais pontos críticos identificados estão relacionados aos insumos na produção da pectina. A maior demanda de água e energia é relatada na unidade de processo da hidrólise. O ácido mineral (HCl) também se apresenta como um ponto crítico a ser solucionado. Os sistemas de produtos integrados são potencialmente promissores por empregar combinações de diferentes tecnologias na produção de múltiplos produtos visando o máximo aproveitamento dos resíduos e relatam a necessidade de considerar que há a possibilidades de cenários de melhoria nos processos.

Palavras-chave: Indústria de alimentos, Gestão ambiental, Óleo essencial, Pectina, Economia circular.



1. Introdução

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de citrículas. A laranja doce (*Citrus unshiu*) é o principal produto dessa cadeia, tendo mais de 70% da sua produção destinada para a indústria de suco. O processamento gera cerca de dez milhões de toneladas de resíduos (bagaço) que possui compostos que podem ser utilizados em diversas áreas, como é o caso do óleo essencial e da pectina (PUTNIK *et al.*, 2017).

O estudo integrado dos processos de extração do óleo essencial e pectina, aliado à produção de suco pode auxiliar na identificação no aproveitamento dos resíduos de produção. A melhoria dos sistemas de produção e consumo de alimentos está no centro de todos os discursos sobre o desenvolvimento sustentável, tanto do ponto de vista ambiental quanto socioeconômico. Estudos sugerem uma agenda de pesquisa com esta finalidade.

Becalli *et al.* (2009) estimaram o consumo de energia primária, consumo de água e o impacto do aquecimento global em produtos à base de citros (óleo essencial, suco natural e suco concentrado de laranjas e limões) na Sicília, Itália. Esse é um estudo pioneiro na estimativa de demanda energética em produtos cítricos. Peña *et al.* (2015) avaliaram os impactos ambientais em uma indústria de citros à base de limão em Tucumán (produção de óleo essencial, casca desidratada e suco concentrado). Os resultados apontaram para a fase agrícola como principal ponto crítico, principalmente devido ao uso de agroquímicos sintéticos.

Nesse contexto, o pensamento sobre o ciclo de vida é cada vez mais visto como um conceito-chave para garantir uma transição para padrões mais sustentáveis de produção e consumo (NOTARNICOLA *et al.*, 2017). Assim, define-se a avaliação do ciclo de vida (ACV) do produto como um método analítico, cujo objetivo é identificar e tentar descrever as consequências ambientais relacionadas a um produto, processo ou atividade, utilizando medidas quantitativas da necessidade de materiais, energia e emissões para a atmosfera, água e solo. No longo prazo, a ACV pode prover as mudanças tecnológicas fundamentais na produção e nos produtos, em parte devido ao efeito multiplicador ao longo da cadeia produtiva.

De acordo com as normas ISO 14040:2006 (ISO, 2006a) e ISO 14044:2006 (ISO, 2006b) a ACV está estruturada em quatro fases: a) definição dos objetivos e escopo, na qual se apresenta a descrição do sistema com base nas suas fronteiras e unidade funcional; b) inventário de ciclo de vida (ICV), que consiste no levantamento de dados e procedimentos de cálculo para quantificar todas as entradas (inputs) e saídas (outputs) do sistema (por exemplo: o consumo de energia, materiais, a geração de emissões e resíduos); c) avaliação de impactos ambientais do

ciclo de vida (AICV), a qual compreende e avalia a magnitude e significância dos potenciais impactos ambientais através da associação dos dados inventariados a categorias específicas e a indicadores de categoria, tentando assim compreendê-los; d) interpretação, fase na qual os resultados do inventário, da avaliação de impactos e/ou de ambas, são avaliados de acordo com o objetivo e escopo definidos, com vista à obtenção de conclusões e proposições de melhorias do objeto de estudo.

O objetivo desse estudo foi elaborar o ICV das operações unitárias (fluxos de entradas e saídas) da extração integrada de óleo essencial e pectina de laranja, com vistas a contribuir com a caracterização de parte do ciclo de vida desses produtos.

2. Materiais e métodos

2.1. Caracterização do objeto

O processo convencional concentra-se na produção de suco e óleo essencial. O resíduo gerado (bagaço) é encaminhado para alimentação animal, aterros ou compostagem. Neste estudo optou-se por um processo integrado – capaz de produzir óleo essencial e pectina em uma única planta industrial. Para tanto, adotou-se um modelo fabril de médio porte, operando 22 h/dia em 200 dias/ano (período de safra), com fluxo de processamento médio de 1500 caixas de laranja/hora – cada caixa de laranja equivale a 40,8 kg da fruta (TETRA PAK, 2018). Perante a capacidade produtiva, admitiu-se o processo em operação descontínua (batelada).

Dada a representatividade no cultivo de laranja, aproximadamente 21.000 ha de área plantada (Conab, 2011), a planta industrial foi modelada situada no município de Rio Real, litoral Norte da Bahia.

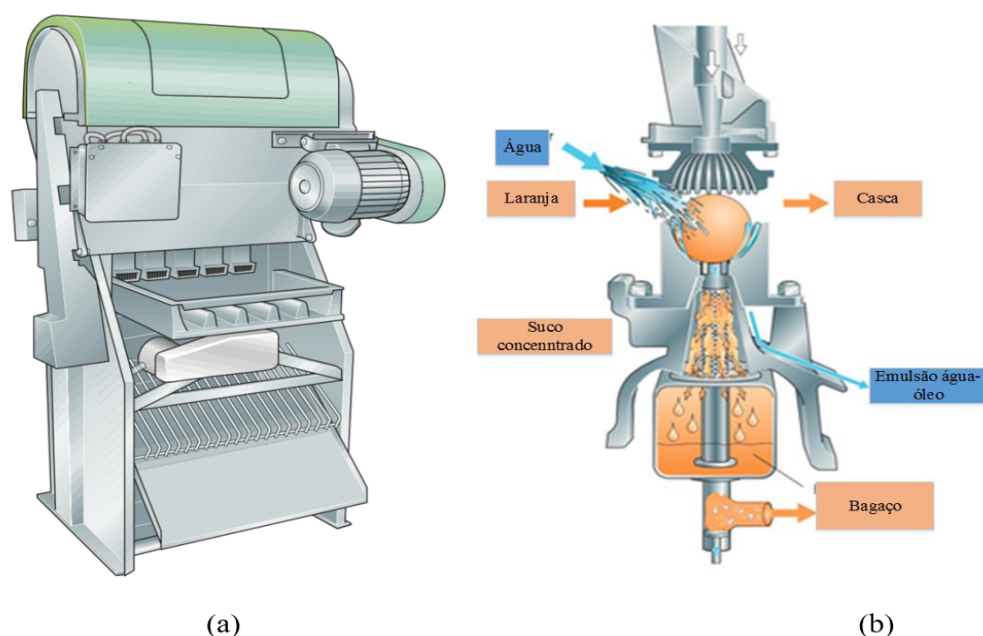
2.2. Descrição dos processos

No setor de recepção as laranjas são descarregadas dos caminhões, lavadas (para a remoção dos sujidades superficiais) e sanitizadas. As frutas higienizadas seguem para pré-seleção, afim de amover, por injeção manual, àquelas consideradas não-conformes. Posteriormente, as laranjas são transportadas por esteiras até os extratores nos quais, por meio de pressão mecânica, são espremidas e obtém-se suco e óleo essencial.

A extração é um ponto crítico de controle (PCC), visto que a condição operacional é fator determinante no rendimento e qualidade do produto final. Diante disso, optou-se por um extrator tipo “*FMC Citrus Juice Extractor*”, composto por dois copos côncavos (inferior e superior), nos quais a fruta se encaixa, é interpenetrada e comprimida, forçando a extração do

sumo das vesículas da laranja. Na sequência, o sumo segue por um tubo de pré-filtro no qual separam-se as partes sólidas residuais do suco. Durante a última etapa da extração, jatos d’água são adicionados ao bagaço até a liberação do óleo da casca – extração a frio. O óleo é descarregado dos extratores como uma emulsão (água + óleo), seguindo para operações sequenciais, conforme apresentado na Figura 01 (ACERBE e GARCIA, 2015; TETRA PAK, 2018). Destaca-se que o extrator tipo espremedor separa a fruta em três partes distintas: suco, emulsão e bagaço, evitando o contato entre as mesmas.

Figura 1. Extrator de suco de laranja do tipo espremedor (a) e Operação do extrator (b)



Fonte: Tetra Pak (2018).

A emulsão é direcionada para a seção de recuperação de óleo, ou filtração, na qual são removidos os fragmentos de casca e outros biocompostos presentes no bagaço (por exemplo, açúcares solúveis e pectina) responsáveis pela diminuição da qualidade final do óleo. A emulsão filtrada passa por três ciclos de centrifugação: separação, clarificação e polimento. O objetivo dessa operação unitária é separar a água do óleo essencial e obter um produto com alto grau de pureza (99%) que é armazenado sob refrigeração (-10 °C) até a distribuição.

As cascas resultantes do sistema descrito anteriormente seguem para a extração de pectina. Para a operação unitária de hidrólise foi estimado um reator descontínuo, contendo solvente aquecido em meio ácido, com parâmetros de pH, temperatura (T) e tempo (t) controlados e sob agitação constante – para evitar sedimentação das cascas no fundo do tanque. Os parâmetros

utilizados foram: pH: 2,2; temperatura: 90°C; tempo: 7200s; relação massa de casca/colume de solução ácida: 1/3; e, ácido clorídrico 250 mM.

Posteriormente o material segue para um filtro prensa que separa as frações líquidas e sólidas (tempo estimado: 45 min). O extrato filtrado segue para etapa de precipitação na presença de álcoois (tempo estimado: 30 min) e lavagem para dissolução da pectina. Por fim, o extrato é submetido a secagem (40°C) por 10h. A pectina seca é moída e embalada conforme os requisitos do cliente e/ou mercado (normalmente em embalagem de 25 kg) e armazenada a temperatura ambiente até ser distribuída (ARANGO e MENDES, 2013).

2.3. Inventário do ciclo de vida (ICV)

O estudo baseou-se no método da Avaliação do Ciclo de Vida sistematizado pelas normas NBR ISO 14040 e 14044 (ABNT, 2009a, b). Foram respeitadas as duas primeiras fases da estrutura das normas, a saber: definição do objetivo e escopo e análise de inventário.

O escopo desse estudo partiu das seguintes premissas:

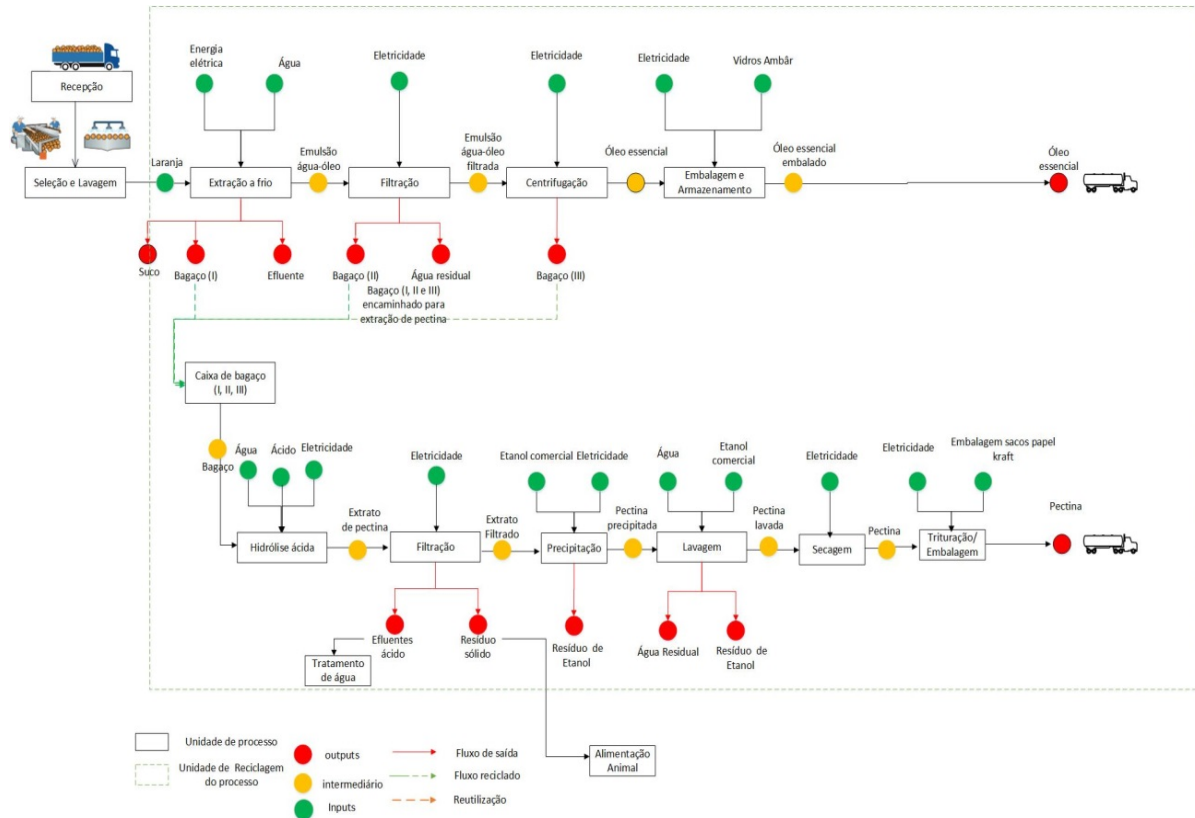
- a) As variáveis levantadas e avaliações feitas compreenderam as etapas de cultivo da matéria-prima (laranja) até a obtenção dos produtos finais (óleo essencial e pectina), logo, a fronteira do sistema é caracterizada como do berço ao portão (*cradle-to-gate*);
- b) A caracterização da cadeia produtiva foi baseada em dados secundários (artigos científicos, protocolos, sites de indústria, material bibliográfico, blogs);
- c) Os dados quantitativos foram coletados para cada operação unitária incluída em dois subsistemas: produção de óleo essencial e produção de pectina que delimitam a fronteira do sistema de produto (Figura 2);
- d) A função básica do estudo foi definida pela produção de pectina a partir dos resíduos obtidos no processo do óleo essencial;
- e) A unidade funcional do sistema é 1 kg (um quilograma) de pectina, sendo esta, considerada como produto principal por apresentar maior fator de alocação econômico.

Os dados de entrada e saída foram distribuídos proporcionalmente entre os coprodutos (processo multifuncional) por meio de alocação econômica (Equação 1). A escolha da alocação foi baseada no frequente uso deste procedimento em outros trabalhos de ACV de reaproveitamento de resíduos (BECCALI *et al.*, 2009; BECCALI *et al.*, 2010; POURBAFRANI *et al.*, 2013).

$$FA_{(economico)} = \frac{[VE * PR]_i}{\sum_{i=1}^n [VE * PR]} \quad \text{Eq 1}$$

Para qual: FA, fator de alocação; VE, valor econômico (R\$/kg); PR, produção (kg/ano); i, produto que se deseja obter o fator de alocação; n, número total de produtos elaborados.

Figura 2. Sistema de produto da obtenção do óleo essencial e da pectina



Fonte: Os autores.

Os fatores de alocação utilizados no estudo para cada um dos produtos avaliados são apresentados na Tabela 1.

O inventário foi baseado, portanto, em balanços de material de entradas (ex. matérias primas, água, energia) e saídas (ex.: emissões, resíduos). A energia elétrica (E) foi determinada pelo produto da potência (P) dos motores elétricos de todos os equipamentos dispostos em cada unidade operacional do limite do sistema pela quantidade de tempo em uso (Δt).

Tabela 1. Descrição da alocação econômica

Produto	Produção (kg/ano)	Valor econômico (R\$/kg)	Fator de alocação econômico (%)
Suco Concentrado	120.637,44	8,06	2,2
Óleo essencial	8.616,96	2200	40,5
Pectina	139.756,32	180	57,4
Total	269.010,72	----	100

Fonte: Os autores

3. Resultados e discussão

Considerado os processos, fluxos, quantidades requeridas e fonte da informação, os dados dos inventários do ciclo de vida para produção integral de óleo essencial e extração de pectina são apresentados nas tabelas 2 e 3, respectivamente.

Tabela 2. Inventário do Ciclo de Vida da produção integral de óleo essencial

Processos		Fluxos	Unidade	Quantidade	Fontes
Extração a frio	Entradas	Eletricidade	<i>kWh</i>	2,52	Estimativa baseada por Becalli <i>et al.</i> (2009), a partir do tempo de funcionamento e das potências dos equipamentos.
		Água	<i>kg</i>	125,04	
		Laranjas	<i>ton/h</i>	1	
	Saídas	Efluentes	<i>kg</i>	9,46	Calculado, considerando a distribuição de massa e energia descrito por Becalli <i>et al.</i> (2009).
		Emulsão de água-óleo	<i>kg</i>	147,86	
		Bagaço (produção de pectina)	<i>kg</i>	617,7	
Refino	Entradas	Eletricidade	<i>kWh</i>	0,76	Calculado considerando a distribuição de massa e energia descrito por Becalli <i>et al.</i> (2009).
		Emulsão de água-óleo	<i>kg</i>	147,86	
	Saídas	Emulsão água-óleo filtrada	<i>kg</i>	94,5	
		Bagaço	<i>kg</i>	53,3	
Centrifugação	Entradas	Eletricidade	<i>kWh</i>	3,38	Calculado, considerando a distribuição de massa e energia descrito por Becalli <i>et al.</i> (2009).
		Emulsão água-óleo filtrada	<i>kg</i>	94,5	
	Saídas	Óleo essencial	<i>kg</i>	2,3	
		Efluentes	<i>kg</i>	77,2	

Processos		Fluxos	Unidade	Quantidade	Fontes
Armazenamento e embalagem	Entrada	Eletricidade	<i>kWh</i>	1,15	Calculado a partir do tempo de funcionamento e potência do equipamento: www.webcontinental.com.br
		Óleo essencial	<i>L</i>	2,3	Becalli <i>et al.</i> (2009)
		Vidro âmbar	<i>kg</i>	0,585	https://casadasessencias.com.br
		Eletricidade	<i>kWh</i>	1,15	Calculado a partir do tempo de funcionamento e potência do equipamento: www.webcontinental.com.br
	Saída	Óleo essencial embalado	<i>kg</i>	2,3	

Fonte: Os autores

Tabela 3. Inventário do Ciclo de Vida da extração de pectina

Processos		Fluxos	Unidade	Quantidade	Fontes
Hidrólise	Entradas	Eletricidade	<i>kWh</i>	440	Calculado de acordo como modelo de caldeira G.V.E 2200, do fornecedor TECNIVAP em relação ao tempo de processo e potência do equipamento; e citada por Barreto (2013).
		Água	<i>L</i>	2058	Calculado de acordo com o Mendes e Arango (2013); Orozo <i>et al.</i> (2015).
		Bagaço	<i>kg</i>	686	Todo bagaço resultante da produção de óleo essencial, foi considerado como fonte de matéria-prima no subsistema 2 (Extração de pectina)
		Ácido (HCL)	<i>kg</i>	18,74	Calculado a partir da estimativa proposta por Mendes e Arango (2013)
Filtração	Entradas	Eletricidade	<i>kWh</i>	15	Estimado de acordo com o tempo de processamento e a potência do equipamento proposto por Orozo <i>et al.</i> (2015)
		Extrato de pectina	<i>kg</i>	2763,04	
	Saídas	Efluente	<i>L</i>	2076,74	
		Resíduo sólido	<i>kg</i>	618,6	Estimado considerando a distribuição de massa e energia descrito por Arango e Mendes (2013)
		Extrato de pectina filtrado	<i>kg</i>	67,4	
Precipitação	Entradas	Eletricidade	<i>kWh</i>	5,5	Calculado a partir do tempo de funcionamento e potência do reator químico industrial (http://www.alibaba.com)
		Solução de pectina	<i>kg</i>	67,4	

Processos	Fluxos	Unidade	Quantidade	Fontes
	Etanol (Isopropanol)	kg	33,7	Estimado considerando a distribuição de massa e energia descrito por Arango e Mendes (2013).
	Extrato de pectina	kg	67,4	
	Etanol comercial	kg	33,7	
Lavagem	Eletricidade	kWh	3,63	Eletricidade calculada a partir do tempo de funcionamento e potência do reator químico industrial (http://www.alibaba.com) Demais valores estimados considerando a distribuição de massa e energia descrito por Arango e Mendes (2013).
	Solução de pectina	kg	67,4	
	Água	L	67,4	
	Etanol comercial	kg	67,4	
	Extrato de pectina lavado	kg	67,4	
Secagem	Eletricidade	kWh	12	Estimado considerando a distribuição de massa e energia descrito por Arango e Mendes (2013).
	Extrato de pectina lavado	kg	134,8	
	Pectina seca	kg	67,4	
	Água e etanol evaporado	L	67,4	
Triuração e embalagem	Eletricidade	kWh	12,21	Calculado de acordo com o tempo e a potência do equipamento (Moinho de rotor tipo ciclone TE-651/2) Estimado considerando a distribuição de massa e energia descrito por Arango e Mendes (2013)
	Papel Kraft para embalagem 25 kg	kg	0,16	
	Pectina seca	kg	67,4	
	Pectina Embalada	kg	67,4	

Fonte: Os autores

A análise dos dados apresenta que a produção de óleo essencial demanda maior quantidade de laranja no fabrico quando comparado à extração de pectina. Enquanto no primeiro caso a relação é de 400 kg laranja por kg de óleo produzido, no segundo, é 15 kg laranja por kg de pectina (redução de aprox. 96%). É válido destacar que a pectina ainda pode ser extraída do subproduto originado na fabricação de óleo.

O inverso é observado quando considerada a demanda de água e energia. Apesar do rendimento parecer baixo, o óleo essencial é um produto de alto valor econômico no mercado, logo o impacto financeiro da alocação diluem o valor absoluto do consumo de água e energia. Além disso, o óleo possui menos operações unitárias envolvidas no processo de obtenção.

A partir do recorte por operação unitária de cada produto é possível apontar as etapas que requerem maiores quantidades de água e energia. A análise sob essas condições permite, por exemplo, identificar pontos críticos do processo e favorece a sistematização dos planos de ação para mitigação dos respectivos consumos.

Na produção do óleo essencial, é perceptível uma demanda energética elevada nas operações de centrifugação e prensagem a frio. O fator determinante para os valores apresentados é o tempo de funcionamento dos equipamentos nessas unidades. No caso da centrifugação, por exemplo, a emulsão precisa passar por, no mínimo três ciclos, para garantir a separação dos seus componentes (água e óleo), clarificação e polimento da fração de óleo para inativar biocompostos potencialmente degradantes que podem comprometer a qualidade do produto final. Para o consumo de água, destaca-se a operação de prensagem a frio. O método de adição contínua de água até formação da emulsão com frações rentáveis de óleo, faz dessa operação um ponto crítico à ser avaliado quanto aos potenciais impactos ambientais relacionados.

Outros estudos avaliando subprodutos a base de citros, relatam que o óleo essencial tem impacto ambiental negativo em todas as categorias avaliadas, e sempre menores que os outros produtos, como por exemplo, o resíduo da casca desidratado. As maiores contribuições são pelo uso de fertilizantes oriundos da fase de cultivo da laranja e não do seu processo de fabricação (Becalli *et al.*, 2009; Peña *et al.*, 2015).

Para o subsistema de extração de pectina, os maiores encargos energéticos foram identificados nas operações de hidrólise e filtração, secagem e moagem, respectivamente. A hidrólise disposta como etapa potencialmente impactante por apresentar um alto consumo de água, energia e o uso de ácido mineral. Esse fato é relatado por alguns autores como as principais problemáticas desta etapa de processamento (ARANGO e MENDES, 2013; CASAS-OROZCO *et al.*, 2015).

A sistematização de estratégias que buscam atenuar o consumo podem ser encontradas na literatura. Satari *et al.* (2018) ressaltam que a manutenção ou reuso da água residual oriunda do processo de hidrólise apresenta-se como uma alternativa de melhoria na qualidade do produto em termos de pontos críticos do processo, corroborando com o estudo. Nesse contexto, uma proposição é a duplicação dos tanques (reatores). Assim durante a operação, a temperatura do primeiro tanque seria mantida em um ciclo inicial, e posteriormente a suspensão hidrolisada seria transferida para um tanque secundário (Tanque auxiliar). Consequentemente, haveria uma mudança no regime do processo que passaria a ser contínuo.

5. Conclusões

A análise do inventário do ciclo de vida forneceu meios para quantificar os dados das entradas e saídas do sistema de produto, categorizando esses dados por operações unitárias realizadas, identificando as perdas e potenciais impactos. Assim, foi possível indicar que subsistema de extração de pectina apresentou pontos críticos relevantes à serem avaliados. Ressalta-se como ponto crítico a operação hidrólise, devido às contribuições oriundas do consumo de água, energia, e presença de ácido mineral em sua produção, mostrando-se como principal gargalo à ser solucionado em estudo futuros.

O estudo sinaliza ainda para a importância do aproveitamento de subprodutos pela integração de linhas de processo, visando a mitigação na utilização de insumos, otimização em etapas de processos e, conseqüentemente, minimização nos custos totais do produto.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) (Código de Financiamento 001), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (313293/2014-7; 167546/2017-1; 424824/2016-7), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (Fapesb) (PAM0017/2014) pelo apoio no desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas – **NBR ISO 14040:2009** – Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura. Rio de Janeiro, 2009a.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas – **NBR ISO 14040:2009** – Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Requisitos e Orientações. Rio de Janeiro, 2009b.

ACERBI, L.W.; GARCIA R. L. **Planta de Produção de Suco de Laranja Concentrado**. Trabalho de Conclusão de Curso II do curso de Engenharia Química, Universidade Federal de Alfenas– Campus de Poços de Caldas, MG.2015.

ARANGO F. A.; MENDES, R. E. M. **Propuesta de diseño del proceso productivo para la obtención de pectina a base de residuos cítricos en colombia,de acuerdo a las necesidades técnicas, comerciales y financieras requeridas**. Trabajo de grado para optar por el título em ingeniería industrial, Facultad de Ingeniería. Bogotá d.C, 2013.

BECCALI, M.; CELLURA, M.; IUDICELLO, M.; MISTRETTA, M. Resource Consumption and Environmental Impacts of the Agrofood Sector: Life Cycle Assessment of Italian Citrus-Based Products. **Journal of Environmental Management**, v. 43, p. 707-724, 2009.

BECCALI, M.; CELLURA, M.; IUDICELLO, M.; MISTRETTA, M. Life cycle assessment of Italian citrus-based products. Sensitivity analysis and improvement scenarios. **Journal of Environmental Management**, v.91, p. 415-1428, 2010.

CASAS-OROZCO, D.; VILLA, A.L.; BUSTAMANTE, F.; GONZÁLES, M.L. Process development and simulation of pectin extraction from orange peels. **Food and Bioproducts Processing**, 96, 86-98, 2015.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento: Acompanhamento da Safra Brasileira. Laranja, safra 2011/2012: p. 12. 2011.

NOTARNICOLA, B.; SALA, S.; ANTON, A.; MCLAREN, S. J.; SAOUTER, E.; SONESSON, U. The role of life cycle assessment in supporting sustainable agri-food systems: A review of the challenges. **Journal of Cleaner Production**, v. 140 (2), p. 399-409, 2017.

PEÑA, I.J.; APUD, B.M.; NUCCI, L.P.G.; SALAS H.; MELE, F.D.; HUN, A.L.N. Preliminary environmental study of the citrus industry or Tucuman (Argentina) based on the Life Cycle Assessment. Anais... Sixth International Conference on Life Cycle Assessment – CILCA 2015, Lima, Peru, 2015.

POURBAFRANI, M.; TAHERZADEH, M.J.; LOHRASBI, M.; NIKLASSON, C. Process design and economic analysis of a citrus waste biorefinery with biofuels and limonene as products. **Bioresour. Technol.**, v. 101, n. 19, p. 7382-7388, 2010.

PUTNIK, P.; BURSAĆ KOVAČEVIĆ, D.; REŽEK JAMBRAK, A; BARBA, F.J.; CRAVOTTO, G., BINELLO, A.; LORENZO, J.M.; SHPIGELMAN, A. (2017). Innovative "Green" and Novel Strategies for the Extraction of Bioactive Added Value Compounds from Citrus Wastes-A Review. **Molecules**, 22(5). pii: E680. doi: 10.3390/molecules22050680.

SATARI, B.; KARIMI, K. Citrus processing wastes: Environmental impacts, recent advances, and future perspectives in total valorization. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 129, p. 153-167, 2018.

TETRA PAK PROCESSING SYSTEMS AB. **The Orange Book**. 2018 [E-Book].