

PEGADA DE CARBONO ASSOCIADA À PRODUÇÃO DE BOLOS

Monica Carvalho¹

Ana Lyvia Tabosa da Silva²

Daniel de Paula Diniz³

Alexandre Magno Vieira Gonçalves de Brito⁴

Rommel de Santana Freire⁵

RESUMO: O que comemos também possui impacto climático, assim, a pegada de carbono dos alimentos compreende a quantidade de gases de efeito estufa que são produzidos nas etapas de cultivo, processamento, embalagem e transporte desses produtos. Dessa forma, a escolha por um determinado nutriente, ou outro, não afeta somente nossa saúde, mas também o meio ambiente. O objetivo deste artigo é calcular a pegada de carbono associada a dois sabores de bolo: inglês e cenoura, utilizando a metodologia de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV). Para a produção mensal de bolos, contabilizaram-se os ingredientes, o consumo de energia (eletricidade e gás de cozinha) e água, e a embalagem e transporte para a distribuição dos bolos. A pegada de carbono para uma unidade de bolo do tipo inglês foi de 0,91 kg CO₂-eq (0,81x10⁻³ kg CO₂-eq/kcal) e para uma unidade de bolo de cenoura foi de 1,52 kg CO₂-eq (1,42x10⁻³kg CO₂-eq/kcal). Os ovos foram os responsáveis pela parcela mais alta nas pegadas de carbono. A substituição do ovo por outro alimento capaz de exercer a mesma função, tanto nutricional quanto estrutural, pode ser objeto de estudos futuros.

PALAVRAS-CHAVE: Avaliação de ciclo de vida; Indústria alimentícia; Sustentabilidade.

¹ Doutora em Engenharia Mecânica pela Universidad de Zaragoza. Docente no Programa de Pós-Graduação em Energias Renováveis – CEAR/UFPB, João Pessoa (PB), Brasil. E-mail: monica@cear.ufpb.br

² Mestranda no Programa Internacional de Pós-Graduação em Economia Circular. Leiden University e Delft University of Technology, Holanda

³ Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (PPGEM). Universidade Federal da Paraíba - UFPB, João Pessoa (PB), Brasil

⁴ Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (PPGEM). Universidade Federal da Paraíba - UFPB, João Pessoa (PB), Brasil

⁵ Doutor em Administração pela Universidade Federal de Pernambuco - UFPE. Docente no Programa de Pós-Graduação em Administração (PROPADM) - UFPB, João Pessoa (PB), Brasil.

CARBON FOOTPRINT ASSOCIATED WITH THE PRODUCTION OF CAKES

ABSTRACT: The food we eat also has different climatic impacts, and the food carbon footprint comprises the amount of greenhouse gases that are emitted in the stages of cultivation, processing, packaging and transportation of food products. Thus, choosing one nutrient over another affects not only our health but also the environment. The objective of this study is to calculate the carbon footprint associated with two cake flavors, English pound cake and carrot cake, using the Life Assessment (LCA) methodology. For the production of cakes, the ingredients and consumption of energy (electricity and butane gas for cooking) and water were accounted for, along with packaging and transportation to points-of-sale. The carbon footprint for one English pound cake was 0.91 kg CO₂-eq (0,81x10⁻³ kg CO₂-eq/kcal) and for a carrot cake, 1.52 kg CO₂-eq (1,42x10⁻³ kg CO₂-eq/kcal). Eggs were responsible for the highest share of the carbon footprint. The substitution of eggs by another ingredient with the same function, both nutritional and structural, can be the subject of future studies.

KEY WORDS: Life Cycle Assessment; Food industry; Sustainability.

INTRODUÇÃO

Segundo a Associação Brasileira das Indústrias de Biscoitos, Massas Alimentícias e Pães e Bolos Industrializados (2018), em 2017 foram vendidos cerca de 3,5 x 10⁶ toneladas de bolos no Brasil. Este setor cresceu 2,81% em 2018, de acordo com a Associação Brasileira da Indústria de Panificação e Confeitaria (2019) e representa um faturamento de R\$ 92,63 bilhões. A evolução dos padrões de consumo alimentar evidenciou declínio no consumo de alimentos básicos e tradicionais da dieta do brasileiro, como o arroz e o feijão, com aumentos de até 400% no consumo de produtos industrializados entre 1974 e 2003 (LEVY-COSTA *et al.*, 2005). As transformações no mundo do trabalho e a reordenação do tempo vêm aumentando o número de refeições realizadas fora de casa (FONSECA *et al.*, 2011), com predominância de ingestão de alimentos industrializados (BEZERRA *et al.*, 2013) facilmente encontrados em supermercados.

Dentre os alimentos disponibilizados nas prateleiras dos supermercados, os consumidores já começam a se interessar pela sua origem e forma de produção (ROUSSEAU *et al.*, 2013) e também pela transparência na comunicação de impactos ambientais (BALDWIN *et al.*, 2011; SCARBOROUGH *et al.*, 2014). A Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) é uma metodologia que quantifica os potenciais impactos ambientais associados a um produto, e que já vem sendo aplicada ao setor de alimentos (CARVALHO *et al.*, 2018). Tal informação proporciona maior poder de decisão ao consumidor, o que se reflete no mercado econômico já que aumentará a competitividade das empresas para reduzir seus impactos ambientais.

O objetivo deste artigo é calcular as emissões de gases de efeito estufa (pegada de carbono) associadas a dois sabores de bolo, que são produzidos em uma pequena indústria do setor (produção mensal de 7580 bolos), na cidade de João Pessoa, na Paraíba. Os sabores aqui analisados são inglês e cenoura, e a pegada de carbono é calculada por meio do desenvolvimento de uma ACV e expresso em CO₂-eq/ kcal.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A quantificação do impacto ambiental gerado na produção e distribuição dos bolos foi feita por meio da metodologia da Avaliação de Ciclo de Vida (ACV). A Comissão Europeia recomenda a ACV como o método mais conveniente para a avaliação ambiental de produtos (VÁZQUEZ-ROWE *et al.*, 2016).

AACV compreende o ciclo de vida (ou uma etapa) de um processo produtivo, incluindo a extração de matérias-primas, processo de fabricação, transporte, distribuição, uso, manutenção, e depois seu destino final. Assim, por meio de uma base comparativa, pode-se proceder a escolha do sistema menos agressivo ao meio ambiente (ARAUJO *et al.*, 2018; NEVES *et al.*, 2018; ABRAHÃO *et al.*, 2018; GRILO *et al.*, 2018; CARVALHO *et al.*, 2019). A ACV é normatizada pela *International Organization for Standardization* (ISO), em suas normas ISO 14040 (2006) e ISO 14044 (2006). No Brasil, as normas foram traduzidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (ABNT, 2014a; ABNT, 2014b).

O processo para a realização da ACV contém quatro fases bem diferenciadas: i) definição de objetivo e escopo; ii) análise de inventário; iii) avaliação de impacto; e iv) interpretação dos resultados. Mais detalhes podem ser encontrados em Guinee (2001).

A ACV foi desenvolvida por meio do *software* SimaPro (2017), seguindo as recomendações da ISO 14040 (ISO, 2006). Nesse trabalho foi utilizada a versão 8.0.5.13 (SIMAPRO, 2016) do *software* e duas bases de dados para o inventário: *Ecoinvent 3* (ECOINVENT CENTRE, 2016) e *Agri-footprint* (AGRI-FOOTPRINT, 2016), as quais contêm consideráveis processos de energia e materiais necessários para a realização da análise e contabilização dos impactos.

Devido às preocupações com as mudanças climáticas, o método de avaliação de impacto ambiental escolhido foi o IPCC 2013 GPW 100a (IPCC, 2013), que expressa o impacto ambiental em termos de gases de efeito estufa, normalizados a kg CO₂ eq (pegada de carbono). O uso do termo “pegada de carbono” vem se popularizando e agora está bastante presente na mídia, já que as mudanças climáticas são prioridades corporativas e políticas (CARVALHO *et al.*, 2018). Já que a preocupação pública com as mudanças climáticas é bastante superior em comparação com outros problemas ambientais, esse indicador é apropriado para a comunicação de resultados ambientais e tem recebido bastante visibilidade devido à sua popularidade (CARVALHO *et al.*, 2019).

2.1 ESTUDO DE CASO

Decidiu-se por analisar o impacto ambiental associado à produção de bolos de uma pequena empresa do ramo, localizada na cidade de João Pessoa, na Paraíba. A marca detém 12 sabores diferentes: banana, mesclado, ameixa, formigueiro, inglês, baêta, macaxeira, nata, cenoura, limão, chocolate e laranja, que em diferentes quantidades somam uma produção mensal de 7.580 bolos. Para esse trabalho utilizou-se os sabores inglês e cenoura, devido à presença dos processos constituintes nas bases de dados (AGRI-FOOTPRINT, 2016; ECOINVENT CENTRE, 2016).

Os dados necessários para o cálculo do impacto ambiental associado à produção e distribuição dos bolos foram coletados por meio de consulta direta à proprietária da empresa em junho de 2016: ingredientes, consumo de energia elétrica, água, gás de cozinha, embalagem (prato de isopor e filme plástico) e combustível para transporte (distribuição dos bolos). Para a elaboração da ACV foram identificadas e quantificadas todas as entradas e saídas do sistema, considerando energia e materiais necessários para a produção e o envio dos bolos aos revendedores. A quantidade mensal produzida de cada sabor foi considerada na análise, sendo 468 unidades para o bolo do tipo inglês e 196 unidades para o bolo do tipo cenoura. A unidade funcional, que relaciona as entradas e saídas de matéria e energia, foi a emissão de CO₂-eq por unidade nutricional de bolo (kcal).

Na receita dos bolos foi fornecida a quantidade dos ingredientes por fornada e sua quantidade mensal. Para o gás de cozinha foi informado o número de botijões consumidos mensalmente, e uma vez conhecido seu poder calorífico foi possível calcular a quantidade de MJ mensais utilizados. Verificou-se que o tempo de cozimento dos bolos era muito similar e, portanto, o consumo mensal de gás foi dividido pela produção.

Os consumos mensais de água e de eletricidade foram obtidos por meio da análise de faturas, em m³ e kWh, respectivamente, apresentados pelas concessionárias nas contas de água e energia. Considerou-se que a lavagem de utensílios era comum a toda a produção, e que a mesma quantidade de água era empregada para cada forma de bolo. No caso do transporte, para a distribuição dos bolos, foi informada a quantidade de litros de gasolina abastecida por semana, sendo possível a partir desse dado calcular a quilometragem média mensal. Também se incluiu um prato de isopor e o filme plástico como embalagem. Esses valores mensais foram os dados de entrada no *software* SimaPro, e estão disponíveis na Tabela 1.

Todos os processos utilizados estão diretamente contidos nas bases de dados já citadas anteriormente, com exceção do processo da margarina. O processo da manteiga foi adaptado para resultar um processo representativo equivalente à margarina, incluindo óleo vegetal, cloreto de sódio e leite.

Tabela 1. Ingredientes e processos associados à produção mensal de bolos

Ingredientes mensais	Bolo tipo inglês	Bolo de cenoura
	468 unidades	196 unidades
Ovos	1040 unidades	196 unidades
Farinha de trigo	104 kg	29,4 kg
Açúcar	78 kg	29,4 kg
Óleo de girassol	-	15,72 kg
Margarina	78 kg	-
Cenoura	-	31,36 kg
Leite	53,44 kg	-
Processos mensais		
Eletricidade	53,82 kWh	22,54 kWh
Gás de cozinha	294,93 MJ	123,52 MJ
Embalagem	0,936 kg isopor, 0,585 kg filme plástico	0,392 kg isopor, 0,245 kg filme plástico
Transporte (10 km/l)	110,59 km	46,31 km
Água	1852,25 kg	775,73 kg
Valor nutricional por unidade	1121,4 kcal	1071,0 kcal

Fonte: Fábrica de bolos (2016).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com os dados do inventário descrito na Tabela 1, o impacto ambiental em kg de CO₂-eq foi calculado. A Tabela 2 apresenta as pegadas de carbono associadas a um bolo de tipo inglês e a um bolo de cenoura (matéria-prima, produção e distribuição).

Tabela 2. Pegada de carbono associada a um bolo tipo inglês e a um bolo de cenoura

Ingredientes	Pegada de carbono (kg CO ₂ -eq)	
	Bolo tipo inglês	Bolo de cenoura
Ovos	0,300	0,660
Farinha de trigo	0,060	0,080
Açúcar	0,210	0,240
Óleo de girassol	0,120	-
Margarina	-	0,220
Cenoura	0,070	-
Leite	-	0,180
Processos		
Eletricidade	0,030	0,030
Gás de cozinha	0,020	0,020
Embalagem	0,010	0,010
Transporte	0,080	0,080
Água	0,003	0,003
TOTAL (kg CO ₂ -eq/unidade)	0,903	1,523
TOTAL (kg CO ₂ -eq/kcal)	0,81·10 ⁻³	1,42·10 ⁻³

Fonte: Simapro, 2016.

É possível observar que o ovo é o maior contribuinte à pegada de carbono final dos bolos, seguido do açúcar. As emissões associadas à produção são equivalentes para ambos os sabores, pois apesar da diferente quantidade produzida, a quantidade mensal de água, gás, eletricidade, embalagem e transporte foi dividida pela produção mensal total da empresa, ficando assim cada bolo com um valor equivalente na quantização. Então a diferença nos impactos dos diferentes sabores deve-se fundamentalmente aos ingredientes e suas quantidades.

No desenvolvimento de ACVs, a definição de unidade funcional é essencial, segundo a ISO 14040 (2006). No caso específico dos bolos, identificaram-se duas funções: nutrir ou proporcionar prazer. Para o caso nutricional, a pegada de carbono é fornecida em termos de valor nutricional (kg CO₂-eq/kcal). Para o segundo caso, um estudo mais aprofundado é necessário a fim de identificar uma unidade funcional mais apropriada.

Aqui o aspecto nutricional do bolo foi considerado como a unidade funcional. A ACV de produtos alimentícios deveria incluir aspectos nutricionais na análise de produtos, já que pode proporcionar mais detalhes da sustentabilidade da produção de comida e sobre seu uso, para consumidores e tomadores de decisão em geral (SAARINEN *et al.*, 2010). A dimensão nutricional pode ser incluída em ACVs em diferentes tipos de unidade funcional, *e.g.*, combinando o conteúdo proteico com quantidade, ou até utilizando índice da Densidade Nutricional para Mudanças Climáticas (do inglês *Nutrient Density to Climate Impact, NDCI*) (SAARINEN *et al.*, 2010). O índice NDCI não é a unidade funcional da ACV, mas estima a densidade nutricional do componente em relação ao impacto climático de um produto. Ainda segundo Saarinen *et al.* (2010), existem vários desafios ao longo do caminho de tentar incluir aspectos nutricionais na ACV, já que os nutricionistas já vêm formulando diversos modelos genéricos para calcular e comparar a composição nutricional de diferentes produtos alimentícios, com fins educativos. Desde um ponto de vista de ACV, todas essas definições de unidade funcional merecem estudos mais avançados.

Após detalhada e exaustiva revisão bibliográfica, somente um trabalho foi encontrado que atendeu aos critérios da pesquisa. As palavras-chave utilizadas foram “avaliação de ciclo de vida + bolos” e “life cycle assessment + cakes”, depois mudando-se o produto para muffins, cupcakes e cookies. O estudo de Konstantas *et al.* (2019) desenvolveu ACVs para bolos inteiros, fatias de bolo, tortas, cupcakes e cheesecakes no Reino Unido, onde o setor de confeitaria é responsável por 2% do consumo de energia e 1% das emissões de gases de efeito estufa do setor alimentício. Verificou-se que produtos lácteos (manteiga, leite em pó e cream cheese) e açúcar foram os ingredientes que contribuíram para a maior parte dos impactos ambientais. Diminuir a quantidade de açúcar nos bolos em 30% reduziu os impactos ambientais em 3%-11%, enquanto a redução do plástico usado nas embalagens conseguiu alcançar reduções de 9%-23%.

Em outros produtos alimentícios, a ACV é mais comumente aplicada como, por exemplo, a biscoitos sem glúten (NOYA *et al.*, 2019), chips de batata (CARVALHO *et al.*, 2018), manteiga e margarina (CAMPOS *et al.*, 2019), pão (ANDERSSON *et al.*, 1999; BRASCHKAT *et al.*, 2004; ESPINOZA-ORIAS *et al.*, 2011; KULAK *et al.*, 2015; NOTARNICOLA *et al.*, 2017), sorvete (BEN; JERRY'S, 2016; MELQUIADES

et al., 2019), chocolate (ESU-SERVICES, 2016), doces, salgadinhos e refrigerantes (NILSSON *et al.*, 2011).

A ACV já ajudou a diversas empresas a aumentar seu conhecimento do processo produtivo (SP TECHNICAL RESEARCH INSTITUTE OF SWEDEN, 2016): a companhia de leite Svensk Mjölök pôde concentrar sua pesquisa ambiental onde gerava-se seu maior benefício; a panificadora Lantmännen Unibake agora produz seu pão de hambúrguer de maneira muito menos impactante ao meio ambiente; e a agência sueca de controle da batata (SWAK) agora possui conhecimento sobre a minimização dos resíduos desse tubérculo.

É importante reforçar que os cálculos aqui apresentados são estimativas, uma vez que não se dispõe de uma base de dados regional para desenvolver estudos de ACV. As boas práticas para implementação da ACV na Paraíba foram identificadas por Menezes *et al.* (2015). A base de dados Ecoinvent (2016), porém, já conta com vários processos brasileiros, em um esforço para internacionalização de seu banco de dados e melhoria da precisão das ACVs desenvolvidas. Para esse trabalho, uma investigação detalhada de cada processo utilizado foi realizada, e foram então escolhidos processos aproximados com uma boa representação das tecnologias empregadas a fim de obter resultados coerentes para os bolos.

A adaptação de bases de dados é um recurso que, se aplicado corretamente e com coerência, pode ajudar na obtenção de resultados representativos, como foi o caso de Neves *et al.* (2018), que adaptou o processo produtivo da cal (originalmente baseado em combustíveis fósseis) para operação com cavaco de madeira. Uma abordagem que pode ser aproveitada em trabalhos futuros, partindo da existência de bases de dados energéticas brasileiras, é estimar o impacto ambiental somente da parte energética envolvida na produção dos bolos, e desenvolver análises de sensibilidade para a possível inserção de energias renováveis no suprimento de energia.

A ideia mais ampla deste trabalho objetiva a criação de uma relação entre a quantificação-redução-evidenciação (QRE) do nível de emissão de poluentes, emitidos por empresas, com a sociedade em geral (CARVALHO *et al.*, 2016). Em outras palavras, promove-se a sustentabilidade por meio da quantificação e redução da pegada de carbono, gerando novas práticas para as organizações. Portanto,

empresas com maior foco no desenvolvimento sustentável, com aplicação prática da relação QRE, em processos e produtos, gera maior vantagem competitiva dentro do mercado, proporcionando melhores resultados econômicos para a organização (FREIRE *et al.*, 2016).

Para finalizar, esquemas de rotulagem ambiental já são uma realidade no Reino Unido, onde uma pesquisa revelou que 90% das famílias entrevistadas estavam consumindo produtos com rotulagem de carbono (ZHAO *et al.*, 2015). Porém, simplesmente informar a pegada de carbono coloca toda a responsabilidade no consumidor para que entenda e responda positivamente a essa informação. Segundo Upham *et al.* (2011), um rótulo que indique uma redução na pegada de carbono já garante uma melhor compreensão dos esforços empreendidos. Os resultados aqui apresentados podem auxiliar a indústria a compilar diferentes iniciativas para *benchmarking*, com vistas a futura redução de impactos ambientais. Os resultados também são interessantes para os consumidores identificarem quais escolhas do dia a dia impactam mais em suas pegadas de carbono individuais, por exemplo.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse trabalho utilizou-se a metodologia da Avaliação de Ciclo de Vida para estimar o impacto ambiental associado à produção de dois sabores de bolo por uma indústria do ramo. Como estudo de caso utilizamos os sabores inglês e cenoura para conduzir as análises. Os impactos foram calculados por meio do *software* SimaPro utilizando as bases de dados *Ecoinvent 3* e *Agri-footprint*, e o método de avaliação de impacto ambiental IPCC 2013 GPW 100a. O impacto do bolo de cenoura foi mais alto ($1,42 \cdot 10^{-3}$ kg CO₂-eq/kcal) que o do bolo inglês ($0,81 \cdot 10^{-3}$ kg CO₂-eq/kcal) e, em ambos, o componente mais impactante na análise foi o ovo. Como uma sugestão para trabalhos futuros sugere-se o desenvolvimento de análises de sensibilidade para a substituição de ingredientes. A substituição do ovo, em ambas as receitas, por outro alimento capaz de exercer a função daquele, tanto nutricional quanto estrutural, pode ser objeto de estudos futuros.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Bolsa de Produtividade 307394/2018-2), ao Instituto UFPB de Desenvolvimento da Paraíba - IDEP/UFPB, e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado.

REFERÊNCIAS

ABRAHAO, R.; CARVALHO, M. Environmental Impacts of the Red Ceramics Industry in Northeast Brazil. **International Journal of Emerging Research in Management and Technology**, v. 6, p. 310, 2018.

AGRI-FOOTPRINT. **Products included in Agri-footprint**. 2016. Disponível em: <http://www.agri-footprint.com/assets/ListofproductsinAgri-footprint.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2019.

ANDERSSON, K.; OHLSSON, T. Life cycle assessment of bread produced on different scales. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 4, n. 1, p. 25-40, 1999.

ARAÚJO, Y. R. V.; DE GÓIS, M. L.; COELHO JUNIOR, L. M.; CARVALHO, M. Carbon footprint associated with four disposal scenarios for urban pruning waste. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 25, n. 2, p. 1863-1868, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PANIFICAÇÃO E CONFEITARIA. **Indicadores da panificação e confeitaria**. 2018. Disponível em: <http://www.agenciazaga.com/INDICADORES-DA-PANIFICA%C3%87%C3%83O-E-CONFEITARIA%20BRASILEIRA%202018.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE BISCOITOS, MASSAS ALIMENTÍCIAS E PÃES & BOLOS INDUSTRIALIZADOS. **Estatísticas Pães e Bolos, Nacional**.

2018. Disponível em: <http://www.abimapi.com.br/estatistica-paes-bolos.php>. Acesso em: 17 jul. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Gestão Ambiental - Avaliação do Ciclo de Vida - Princípios e estrutura**: NBR ISO 14040, Rio de Janeiro: ABNT, 2009 - versão corrigida 2014a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Requisitos e orientações**: NBR ISO 14044, Rio de Janeiro: ABNT, 2009 - versão corrigida 2014b.

BALDWIN, C.; WILBERFORCE, N.; AMIT, K. Restaurant and food service life cycle assessment and development of a sustainability standard. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 16, n. 1, p. 40-49, 2011.

BEN; JERRY'S. A life cycle analysis study of some of our flavors. 2016 Disponível em: <http://www.benjerry.com/values/issues-we-care-about/climate-justice/life-cycle-analysis>. Acesso em: 17 jul. 2019.

BEZERRA, I. N.; SOUZA, A. D. M.; PEREIRA, R. A.; SICHIERI, R. Consumo de alimentos fora do domicílio no Brasil. **Revista de Saúde Pública**, v. 47, p. 200s-211s, 2013.

BRASCHKAT, J.; PATYK, A.; QUIRIN, M.; REINHARDT, G. A. **Life cycle assessment of bread production-a comparison of eight different scenarios**. DIAS report, 2004.

CAMPOS, S.; WEINSCHUTZ, R.; CHERUBINI, E.; MATHIAS, A. L. Avaliação comparativa da pegada de carbono de margarina e manteiga produzidas no Sul do Brasil. **Eng. Sanit. Ambient.**, v. 24, n. 1 Rio de Janeiro Jan./Feb. 2019.

CARVALHO, M.; GRILO, M. M. D. S.; ABRAHAO, R. Comparison of greenhouse gas emissions relative to two frying processes for homemade potato chips. **Environmental Progress & Sustainable Energy**, v. 37, n. 1, p. 481-487, 2018.

CARVALHO, M.; SEGUNDO, V. B. D. S.; DE MEDEIROS, M. G.; DOS SANTOS, N. A.; COELHO JUNIOR, L. M. Carbon footprint of the generation of bioelectricity from sugarcane bagasse in a sugar and ethanol industry. **International Journal of Global Warming**, v. 17, n. 3, p. 235-251, 2019.

CARVALHO, M.; MENEZES, V. L.; GOMES, K. C.; PINHEIRO, R. Carbon footprint associated with a mono-Si cell photovoltaic ceramic roof tile system. **Environmental Progress & Sustainable Energy**, 2019. DOI: 10.1002/ep.13120,

CARVALHO, M.; DE SANTANA FREIRE, R.; DE BRITO, A. M. V. G. Promotion of sustainability by quantifying and reducing the carbon footprint: new practices for organizations. *In*: ENERGY, transportation and global warming. Springer, Cham, 2016. p. 61-72.

ECOINVENT CENTRE. The ecoinvent Database. 2016. Disponível em: <http://www.ecoinvent.org/database/database.html>. Acesso em: 17 jul. 2019.

ESPINOZA-ORIAS, N.; STICHNOTHE, A. A. The carbon footprint of bread. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 16, n. 4, p. 351-365, 2011.

ESU-SERVICES. Life cycle assessment of Swiss chocolate. 2016. Disponível em: <http://www.esu-services.ch/fileadmin/download/jungbluth-2014-SETAC-chocolate.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2019.

FONSECA, A. B.; SOUZA, T. S. N. D.; FROZI, D. S.; PEREIRA, R. A. Modernidade alimentar e consumo de alimentos: contribuições sócio-antropológicas para a pesquisa em nutrição. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 16, p. 3853-3862, 2011.

FREIRE, R. S.; CARVALHO, M.; DE MONTREUIL CARMONA, C. U.; DE BRITO, A. M. V. G. Perspectives on the implementation of climate change public policies in Brazil. *In*: ENERGY, Transportation and Global Warming. Springer, Cham, 2016. p. 13-20.

GRILO, M. M. S.; FORTES, A. F. C.; DE SOUZA, R. P. G.; SILVA, J. A. M.; CARVALHO, M. Carbon footprints for the supply of electricity to a heat pump: Solar energy

vs. electric grid. **Journal of Renewable and Sustainable Energy**, v. 10, n. 2, p. 023701, 2018.

GUINÉE, J. B. (ed). **Life Cycle Assessment: An operational guide to the ISO Standards**. LCA in Perspective; Guide; Operational Annex to Guide. Centre for Environmental Science, Leiden University, The Netherlands, 2001.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Revised supplementary methods and good practice guidance arising from the Kyoto protocol**. 2013. Disponível em: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/kpsg/> Acesso em: 17 jul. 2019.

ISO 14040. **Environmental management: Life cycle assessment - Principles and framework**. International Organization for Standardization (ISO), Genebra, 2006.

ISO 14044. **Environmental management: Life cycle assessment - Requirements and guidelines**. International Organization for Standardization (ISO), Genebra, 2006.

KONSTANTAS, A.; STAMFORD, L.; AZAPAGIC, A. Evaluating the environmental sustainability of cakes. **Sustainable Production and Consumption**, v. 19, p. 169-180, 2019.

KULAK, M.; NEMECEK, T.; FROSSARD, E.; CHABLE, V.; GAILLARD, G. Life cycle assessment of bread from several alternative food networks in Europe. **Journal of Cleaner Production**, v. 90, p. 104-113, 2015.

LEVY-COSTA, R. B.; SICHIERI, R.; PONTES, N. D. S.; MONTEIRO, C. A. Disponibilidade domiciliar de alimentos no Brasil: distribuição e evolução (1974-2003). **Revista de Saúde Pública**, v. 39, p. 530-540, 2005.

MELQUÍADES, T. F.; CARVALHO, M.; ARAÚJO, Y. R. V.; COELHO JUNIOR, L. M. Pegada de carbono associada ao processo de pasteurização de sorvetes. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 12, n. 2, p. 609-629, 2019.

MENEZES, H. A. F.; CARVALHO, M.; FREIRE, R. S. Identificação de boas práticas para implementação da análise do ciclo de vida na Paraíba. *In*: CONGRESSO INTERNACIONAL DE BIOENERGIA, 10. **Anais** [...]. FEA-USP, Brasil, 2015.

NEVES, T. I.; UYEDA, C. A.; CARVALHO, M.; ABRAHÃO, R. Environmental evaluation of the life cycle of elephant grass fertilization - *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone-using chemical fertilization and biosolids. **Environmental monitoring and assessment**, v. 190, n. 1, p. 30, 2018.

NILSSON, K.; SUND, V.; FLORÉN, B. **The environmental impact of consumption of sweets, crisps and soft drinks**. Tema Nord, 2011.

NOTARNICOLA, B.; TASSIELLI, G.; RENZULLI, P. A.; MONFORTI, F. Energy flows and greenhouses gases of EU (European Union) national breads using an LCA (Life Cycle Assessment) approach. **Journal of cleaner production**, v. 140, p. 455-469, 2017.

NOYA, L. I.; VASILAKI, V.; STOJCESKA, V.; GONZALEZ-GARCÍA, S.; KLEYNHANS, C.; TASSOU, S.; KATSOU, E. An environmental evaluation of food supply chain using life cycle assessment: A case study on gluten free biscuit products. **Journal of Cleaner Production**, v. 170, p. 451-461, 2018.

ROUSSEAU, S.; VRANKEN, L. Green Market expansion by reducing information asymmetries: Evidence for labeled organic food products. **Food Policy**, v. 40, n. 1, p. 31-43, 2013.

SAARINEN, M.; KURPPA, S.; VIRTANEN, Y.; USVA, K.; MÄKELÄ, J.; NISSINEN, A. Life cycle assessment approach to the impact of home-made, ready-to-eat school lunches on climate and eutrophication. **Journal of Cleaner Production**, v. 28, p. 177-186, 2012.

SCARBOROUGH, P.; APPLEBY, P. N.; MIZDRAK, A.; BRIGGS, A. D.; TRAVIS, R. C.; BRADBURY, K. E.; KEY, T. J. Dietary greenhouse gas emissions of meat-eaters,

fish-eaters, vegetarians and vegans in the UK. **Climatic change**, v. 125, n. 2, p. 179-192, 2014.

SIMAPRO. Database. **Manual**: methods library. [s.l.; s.n.], 2017.

SP TECHNICAL RESEARCH INSTITUTE OF SWEDEN. Life cycle assessment of food products. 2016. Disponível em: <https://www.sp.se/en/index/services/life-cycle/Sidor/default.aspx>. Acesso em: 17 jul. 2019.

UPHAM, P.; DENDLER, L.; BLEDA, M. Carbon labelling of grocery products: public perceptions and potential emissions reductions. **Journal of Cleaner Production**, v. 19, n. 4, p. 348-355, 2011.

VÁZQUEZ-ROWE, R.; VILLANUEVA-REY, P.; MOREIRA, M. T.; FEIJOO, G. Opportunities and challenges of implementing life cycle assessment in seafood certification: a case study for Spain. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 21, p. 451-464, 2016.

ZHAO, R.; ZHONG, S. Carbon labelling influences on consumers' behaviour: A system dynamics approach. **Ecological indicators**, v. 51, p. 98-106, 2015.

Recebido em: 01/11/2018

Aceito em: 05/08/2019