

COMPARAÇÃO AMBIENTAL DA ORIGEM DA ENERGIA ELÉTRICA CONSUMIDA EM CERVEJARIAS

Daniel de Paula Diniz ¹
Danielle Bandeira de Mello Delgado ²
Monica Carvalho ³

RESUMO

A produção de cerveja no Brasil vem crescendo nos últimos anos, e um dos motivos desse crescimento é o grande número de micro e pequenas cervejarias inauguradas no país, principalmente na região Nordeste. O processo de produção de cerveja é grande consumidor de energia elétrica, principalmente em etapas em que a refrigeração é requerida. Este estudo comparou as emissões de gases de efeito estufa (GEE) associadas ao consumo de eletricidade da rede elétrica (mix elétrico brasileiro) com a eletricidade solar fotovoltaica, aplicando a um caso real de uma cervejaria localizada em João Pessoa, Paraíba. A metodologia utilizada foi a Avaliação de Ciclo de Vida (ACV), com o software SimaPro v.9.0.0.35 e base de dados Ecoinvent. O método de avaliação de impacto ambiental foi o IPCC 2013 GWP100a, que representa os valores em termos de GEE (kg CO₂-eq). A substituição parcial do mix elétrico pela energia solar fotovoltaica se mostrou bastante benéfica desde um ponto de vista ambiental, representando -180 kg CO₂-eq a cada 20% de substituição no caso do mix brasileiro. Esses valores são associados ao consumo de 1 kWh de energia elétrica, sendo que uma cervejaria consome cerca de 113,88 kWh por hectolitro de cerveja produzidos. Conclui-se que há potencial de mitigação de mudanças climáticas associado à transição energética em cervejarias.

Palavras-chave: Cerveja. Avaliação de Ciclo de Vida. Eletricidade. Energia Solar Fotovoltaica. Emissões de Gases de Efeito Estufa.

INTRODUÇÃO

Cerveja é a bebida alcoólica mais consumida no mundo e seu consumo global alcançou a marca de 2,5 bilhões de hectolitros (hL) em 2016 (STATISTA, 2018). O Brasil possui uma grande fatia desse mercado, de acordo com a Associação Brasileira da Indústria da Cerveja – CervBrasil, recentemente o país alcançou o patamar de 140 x 10⁶ hL de cerveja produzidos, colocando o país na terceira posição no ranking mundial, atrás apenas de China (460 x 10⁶ hL)

¹ Mestrando do Programa Pós-Graduação em Energias Renováveis da Universidade Federal da Paraíba - UFPB, danieldiniz@cear.ufpb.br;

² ORIENTADORA, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - IFBA, danielle.delgado@ifba.edu.br;

³ ORIENTADORA, Departamento de Eng. de Energias Renováveis, Centro de Energias Alternativas e Renováveis - UFPB, monica@cear.ufpb.br;

e dos Estados Unidos (221×10^6 hL), mas na frente de países tradicionais do ramo cervejeiro, como a Alemanha (95×10^6 hL) e da Rússia (78×10^6 hL) (CERVBRASIL, 2016).

Porém, a grande escala de produção de cerveja resultou em impactos ambientais substanciais devido ao uso intensivo de recursos. Estima-se que as bebidas alcoólicas, incluindo cerveja, sejam responsáveis por 0,7% das emissões globais de gases de efeito estufa (GEE) quando o ciclo de vida é considerado (CIMINI *et al.*, 2016). A maior parte destas emissões está associada ao consumo de energia necessário para a produção, transporte e distribuição das bebidas (RUSSELL *et al.*, 2008; BAI *et al.*, 2011; BREWERS ASSOCIATION, 2012; OLAJIRE, 2012; STROBL, 2019).

A descarbonização energética emprega combustíveis ou vetores energéticos que possuem uma baixa emissão de carbono, procurando assim diversificar a matriz energética, diminuir a dependência de combustíveis fósseis e mitigar as mudanças climáticas (SMIL, 2015; KAHN, 2016; SMIL, 2016). Uma forma eficiente de descarbonizar a energia é a inclusão de energias renováveis em substituição total ou parcial sobre os combustíveis fósseis.

No Brasil, foi comprovado o benefício ambiental da introdução da geração de energia com fontes renováveis, a exemplo da energia solar fotovoltaica no mix elétrico brasileiro (CARVALHO; DELGADO, 2017). Segundo as autoras, apesar de estar em pleno crescimento, a energia solar fotovoltaica ainda é inexpressiva na matriz energética brasileira.

De acordo com o Balanço Energético Nacional (BEN, 2019), ano base 2018, a geração de energia elétrica no Brasil atingiu o patamar de 636,4 TWh, sendo que a fonte hidráulica representa 66,6% desse montante enquanto a energia solar apenas 0,5%. Somando outras fontes renováveis, como a eólica e biomassa, 83,3% da geração total de energia elétrica no Brasil advém de fontes renováveis. Na região Nordeste, as fontes de geração de energia elétrica compõem uma matriz um pouco distinta do cenário nacional, com destaque para a fonte eólica. De acordo com os dados dos Informativos Preliminares Diários de Operação (IPDO) do Operador Nacional do Sistema (ONS), a fonte eólica, no ano de 2018, foi responsável por mais da metade da geração de energia elétrica do nordeste, atingindo um percentual de 50,36% da matriz dessa região (ONS, 2019).

O consumo de eletricidade pelo setor industrial representa 37,7% de toda energia elétrica gerada no país, sendo que 9,2% desse consumo é referente à indústria de alimentos e bebidas tornando assim esse ramo industrial o maior consumidor de energia elétrica no país (Empresa de Pesquisa Energética – EPE, 2018).

A fabricação de cerveja é um processo de uso intensivo de energia, e seu impacto ambiental tem sido objeto de vários estudos de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) (AMIENYO *et al.*, 2016; BIER, 2012; CIMINI *et al.*, 2018; CIMINI *et al.*, 2016; CLIMATE CONSERVANCY, 2008; CHICAGO MANUFACTURING CENTER, 2009; EPD, 2010, 2011a, 2011b, 2013, 2014a, 2014b; KORONEOS *et al.*, 2005; LALONDE *et al.*, 2013; MUNOZ *et al.*, 2012; NARAYANASWAMY *et al.*, 2005; TALVE, 2001; WILLIAMS *et al.*, 2014).

Trommer (2013) realizou um estudo em uma planta piloto cervejeira, onde o consumo total de energia elétrica para a produção de 72 litros de cerveja foi de 82 kWh (31,7% para acionamento de equipamentos e acessórios, 20,7% para aquecimento e 47,6% para resfriamento durante a fabricação da cerveja), totalizando 113,88 kWh/hL. Como a produção de cerveja no país chegou no patamar de 140 milhões de hectolitros (CervBrasil, 2016), a quantidade requerida de energia para sustentar esta produção pode alcançar $1,59 \times 10^7$ MWh. Esse montante demonstra a importância da inserção de energias renováveis no setor cervejeiro.

A região Nordeste vem se destacando como uma das maiores produtoras de cerveja do país. Nos últimos cinco anos a participação da região na produção do país cresceu 1,2%. No total, foi registrado um aumento de 26,2% na região nos últimos cinco anos, enquanto a média nacional foi um crescimento de 14,3%. O aumento do consumo foi impulsionado principalmente pelo interior do Nordeste, com aumento de 40,6% (CervBrasil, 2019).

Como o crescimento econômico está relacionado ao consumo de energia e consequentemente às emissões de gases de efeito estufa (GEE), indicadores ambientais e energéticos podem ser empregados para a avaliação de processos. A pegada de carbono é um indicador importante para analisar interações entre atividade econômica e humana, o consumo de energia e as emissões de GEE.

A pegada de carbono de um produto é uma quantificação das emissões de GEE ao longo do seu ciclo de vida. Todas emissões dentro do limite da cadeia de valor de um produto específico são contabilizadas e atribuídas a uma unidade funcional, que pode ser bem específica quanto a natureza do produto. Emissões agregadas de GEE de todas as atividades relacionadas a um produto a partir da extração da matéria-prima, passando pela fabricação e distribuição e incluindo o uso pelo consumidor e o fim da vida útil (reciclagem/descarte), estão incluídos na pegada de carbono do produto.

O objetivo desse estudo é aplicar a metodologia da Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) para quantificar a pegada de carbono associada ao consumo de energia elétrica no ramo

cervejeiro, utilizando como estudo de caso uma cervejaria instalada na cidade de João Pessoa, Paraíba, região Nordeste brasileira.

METODOLOGIA

A ACV é uma das metodologias mais difundidas, utilizadas e consolidadas para o cálculo de impactos ambientais, compreendendo desde a extração de matéria prima, fabricação, transporte ou distribuição, utilização e disposição final de resíduos de produtos ou serviços.

A ACV está internacionalmente normatizada pela *International Organization for Standardization* (ISO 14040, 2006; ISO 14044, 2006), que no Brasil foi traduzida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) nas NBR ISO 14040 e NBR ISO 14044 (ABNT, 2014a; ABNT, 2014b).

A ACV possui quatro fases inter-relacionadas (ABNT, 2014a; ABNT, 2014b): i) definição do objetivo e escopo, nessa fase se definem as fronteiras da análise e o objetivo do estudo e a unidade funcional que será utilizada; ii) formulação do inventário, que será um levantamento quantificado dos dados de todas as entradas (materiais, energia e recursos) e as saídas (produtos, subprodutos e emissões) todos associadas a unidade funcional previamente estabelecida; iii) identificação e avaliação em termos de impactos potenciais ao meio ambiente que podem ser associados aos dados levantados no inventário, esta etapa aplica um método de avaliação de impacto ambiental para expressar os resultados; iv) interpretação dos resultados.

Para o desenvolvimento da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) foi utilizado o *software Simapro 9.0.0.35* (Pré Consultants, 2019) com base de dados *Ecoinvent* (2018). O método de avaliação de impacto ambiental aplicado foi o IPCC 2013 GWP 100a (IPCC, 2013), o qual agrupa os gases do efeito estufa (GEE) emitidos em um horizonte de 100 anos, expressando os resultados alcançados em termos de kg CO₂-eq. A unidade funcional aqui considerada foi o consumo de 1 kWh de energia elétrica.

Para o consumo de eletricidade da rede elétrica nacional, foi utilizado como base o trabalho de Carvalho e Delgado (2017) para estimar as emissões de GEE associadas ao consumo de 1kWh de energia elétrica da rede elétrica no Brasil no ano de 2018, que utilizou os dados do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS, 2019) mais recentes no período, dividindo as fontes de geração de energia em: hidrelétricas 71,80%, térmica 16,70%, eólica 8,30%, nuclear 2,70% e solar 0,50%.

Para o consumo de eletricidade oriunda de painéis fotovoltaicos, selecionou-se o processo *Electricity, low voltage {BR}| electricity production, photovoltaic, 3kWp slanted-roof installation, multi-Si, panel, mounted | APOS, S* da base de dados Ecoinvent. O processo brasileiro compreende a geração de eletricidade (baixa tensão) em um sistema de 3 kW_p instalado em um telhado inclinado, com vida útil de 30 anos. Inclui a fabricação e instalação do painel de silício multi-cristalino (mc-Si, com eficiência de 13.5% e espessura da célula 270-300µm), equipamentos auxiliares, cabeamento, e água utilizada na manutenção (limpeza).

No caso da cervejaria instalada na cidade de João Pessoa – Paraíba, o desenvolvimento de uma pesquisa quantitativa por meio de visitas técnicas na planta fabril obteve os consumos de energia elétrica nos seis meses antecedentes, período entre dezembro de 2018 a maio de 2019, mostrados na tabela 1.

Tabela 1. Consumo de Energia Elétrica no período de dezembro/2018 a maio/2019.

Período	Consumo (kWh)
Dezembro	4519
Janeiro	6218
Fevereiro	5860
Março	6350
Abril	5857
Maio	6252

Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação ao mix elétrico nacional, seguindo a metodologia descrita por Carvalho e Delgado (2017), a pegada de carbono associada ao consumo de energia elétrica da rede elétrica nacional no ano de 2018 foi de 0,259 kg CO₂-eq/kWh. Para a eletricidade obtida dos painéis fotovoltaicos, a pegada de carbono foi de 0,0766 kg CO₂-eq/kWh.

A produção da fábrica tem uma média de 50 hL/mês, o que corresponde a 116,85 kWh/hl de cerveja produzidos, valor muito próximo do encontrado por Trommer (2013), que encontrou o valor de 113,88 kWh/hL em escala piloto.

A tabela 2 apresenta os resultados das emissões de GEE associadas às substituições parciais e totais da energia elétrica, do mix elétrico brasileiro por energia solar fotovoltaica, utilizando como base a cervejaria instalada em João Pessoa – PB.

Tabela 2. Emissões de gases de efeito estufa para fornecimento de 5.842 kWh de energia elétrica, com diferentes participações da energia fotovoltaica em uma cervejaria.

	Substituição do mix elétrico por energia solar fotovoltaica (kg CO ₂ -eq)					
	0%	20%	40%	60%	80%	100%
Mix Brasil	1513	1300	1087	874	661	448

Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

Com a substituição total da fonte energética, utilizando painéis fotovoltaicos para geração de energia elétrica, uma cervejaria de pequeno porte emite para a atmosfera cerca de 448 kg CO₂-eq/mês, valor bem menor se comparado com o mix elétrico brasileiro, que emite 1513 kg CO₂-eq/mês.

Em um caso mais realista, a substituição parcial já se mostra muito eficaz, representando cerca de -213 kg CO₂-eq/mês a cada 20% de substituição no caso do mix brasileiro. Ao longo do ano, considerando os 12 meses de operação, estes valores se mostram bastante expressivos: 2.556 kg CO₂-eq/ano para cada substituição de 20% nos casos do mix elétrico brasileiro.

Apesar do mix elétrico brasileiro ser considerado um mix *verde*, em termos da maior contribuição hidrelétrica, possui ainda grande participação de combustíveis fósseis. A utilização (mesmo que parcial) de eletricidade solar fotovoltaica é bastante benéfica em termos de GEE, como visto aqui. A introdução de fontes renováveis em geral sempre é benéfica. Estas foram as mesmas conclusões de Melo, Silvestre e Carvalho (2019), que compararam as emissões de GEE associadas à geração de eletricidade com diesel e depois gás de biomassa, de Melquíades *et al.* (2019) que verificaram a pegada de carbono associada ao processo de pasteurização de sorvetes, onde substituíram óleo combustível por energia solar térmica, Carvalho *et al.* (2019) que calcularam as emissões de GEE associadas à geração de eletricidade com bagaço de cana-de-açúcar e compararam com a geração à diesel, e finalmente de Grilo *et al.* (2018) que estudaram o fornecimento de eletricidade a uma bomba de calor, comparando o mix elétrico com a eletricidade solar fotovoltaica.

Os resultados encontrados neste estudo são extrapoláveis, pois foi utilizado para base de cálculo uma cervejaria de pequeno porte, que produz cerca de 50 hL mensais. Quando levamos para a realidade brasileira, com sua produção de cerca de 12 x 10⁶ hL mensais, alcança-se um potencial de emissões evitadas da ordem de 613 x 10³ t CO₂-eq por ano com apenas 20% de substituição de energia. Apresenta-se aqui a confirmação que a substituição, mesmo que parcial, da eletricidade oriunda da rede elétrica brasileira por energia solar fotovoltaica possui significativo potencial para mitigação de mudanças climáticas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho quantificou a pegada de carbono associada ao consumo de 1 kWh de eletricidade a uma cervejaria, utilizando eletricidade do mix elétrico nacional (rede elétrica) e depois comparou com a geração fotovoltaica de eletricidade.

Verificou-se que a pegada de carbono que a substituição da fonte energética proporciona, demonstra que a introdução, mesmo que parcial, de energia solar fotovoltaica é uma alternativa viável ambientalmente.

Os resultados encontrados nesse trabalho poderão diminuir os efeitos negativos das atividades das cervejarias. A aplicação de pesquisas semelhantes em empresas do setor de alimentos e bebidas poderá mitigar a intensificação do efeito estufa, uma vez que o somatório das emissões evitadas em diferentes setores poderá ser elevado.

Por meio dessas pesquisas e mudanças de paradigmas, será possível, em um futuro próximo, o estabelecimento de uma economia de baixo carbono.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Bolsa de Produtividade em Pesquisa, nº 307394/2018-2) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado.

REFERÊNCIAS

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

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

AMIENYO, D.; A. AZAPAGIC. **Life cycle environmental impacts and costs of beer production and consumption in the UK**. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 21(4): 492–509, 2016.

BAI, J.; PU, T; XING, J.; NIU, G.; ZHANG, S.; LIU, Q. **Research on energy consumption analysis of beer brewing process**. Proceedings of 2011 International Conference on Electronic & Mechanical Engineering and Information Technology. IEEE, p. 182-185, 2011.

BIER - Beverage Industry Environmental Roundtable, 2012. **Research on the carbon footprint of beer**. **Beverage Industry Environmental Roundtable**, Disponível em:

http://media.wix.com/ugd/49d7a0_70726e8dc94c456caf8a10771fc31625.pdf. Acessado em: 02 Ago 2019.

BEN Balanço Energético Nacional 2019: Ano base 2018. Disponível em:

<http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-377/topico-470/Relat%C3%B3rio%20S%C3%ADntese%20BEN%202019%20Ano%20Base%202018.pdf> Acesso em: 22 ago.2019.

BREWERS ASSOCIATION. Energy Usage, GHG Reduction, Efficiency and Load Management Manual. Boulder, Colorado: Brewers Association, 2012.

CARVALHO, M. et al. **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.; DELGADO, D. **Potential of photovoltaic solar energy to reduce the carbon footprint of the Brazilian electricity matrix.** LALCA - Revista Latino-Americana em Avaliação do Ciclo de Vida, v. 1, n. 1, p. 64-85, 2017.

CERVBRASIL – Associação Brasileira da Indústria da Cerveja **Participação do nordeste na produção nacional de cerveja cresce 1,2% nos últimos cinco anos.** Disponível em: http://www.cervbrasil.org.br/novo_site/participacao-do-nordeste-na-producao-nacional-de-cerveja-cresce-12-nos-ultimos-cinco-anos/ acessado em 12 Jul 2019.

CERVBRASIL Associação Brasileira da Indústria da Cerveja. **Anuário. 2016.** Disponível em: http://www.cervbrasil.org.br/novo_site/anuarios/CervBrasil-Anuario2016_WEB.pdf. Acesso em: 27 jun. 2019.

CHICAGO MANUFACTURING CENTER, 2009. **Product carbon footprint of Goose Island brewery 312 beer keg.** Disponível em: www.glproject.com/filebin/pdf/312_Keg_Footprint_Report.pdf. Acessado em 31 Jul 2019.

CIMINI, A.; MORESI, M. **Carbon footprint of a pale lager packed in different formats: Assessment and sensitivity analysis based on transparent data.** *Journal of Clean Production*, 112, 4196–4213, 2016.

CIMINI, A.; MORESI, M. **Carbon footprint of a pale lager packed in different formats: Assessment and sensitivity analysis based on transparent data.** *Journal of Cleaner Production* 112(pt 5): 4196–4213, 2016.

CIMINI, Alessio; MORESI, Mauro. **Mitigation measures to minimize the cradle-to-grave beer carbon footprint as related to the brewery size and primary packaging materials** *Journal of Food Engineering* n. 236, 2018.

CLIMATE CONSERVANCY, 2008. **The carbon footprint of Fat TireR amber ale.** Disponível em: www.newbelgium.com/Files/the-carbon-footprint-offat-tire-amber-ale-2008-public-fist-rfs.pdf. Acessado em 10 Ago 2019.

ECOINVENT, **Base de dados**, 2018. Disponível em: <http://www.ecoinvent.ch> Acesso em 22 mar.2019.

EPD, 2010. **EPDR Carlsberg and Tuborg beer. Reg. no S-EP-00264**. Disponível em: <http://www.environdec.com/Detail/?Epd=7819>. Acessado em 02 Jul 2019.

EPD, 2011a. **EPDR Tuborg beer. Reg. no S-P-00311**. Disponível em: <http://environdec.com/en/Detail/epd311>. Acessado em 02 Jul 2019.

EPD, 2011b. **EPDR BAP Bock chiara and BAP Bock rossa Beer. Reg. no. S-P-00314**. Disponível em: <http://www.environdec.com/en/Detail/epd314>. Acessado em 02 Jul 2019.

EPD, 2013. **UN CPC 2431 Beer made from malt. Version 1.01**, The International EPDR System. Disponível em: http://www.environdec.com/en/PCR/Detail/?show_login=true&error=failure&Pcr=7934. Acessado em 02 Jul 2019.

EPD, 2014a. **EPDR Birrificio Angelo Poretti luppoli bockchiara and Birrificio Angelo Poretti luppoli bock rossa Beer. Reg. no. S-P-00314**. Disponível em: http://gryphon.environdec.com/data/files/6/9938/epd314en_v4.pdf. Acessado em 02 Jul 2019.

EPD, 2014b. **EPDR Kronenbourg 1664R Beer. Reg. no. S-P-00533**. Disponível em: <http://www.environdec.com/en/Detail/?Epd=9931>. Acessado em 02 Jul 2019.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA **Análise da eficiência energética em segmentos industriais selecionados – alimentos e bebidas (2018)** Disponível em: <http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/projeto-de-assistencia-tecnica-dos-setores-de-energia-e-mineral-projeto-meta> acessado em 22 Ago 2019.

GRILO, M. M. S. et al. **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.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – ISO, **ISO 14040:2006: Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework**, Genebra, ISO 2006.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – ISO, **ISO 14044:2006: Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines**, Genebra, ISO 2006.

IPCC, **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 23 mar.2019.

KAHN, S. **Caminhos da oferta e demanda de energia ao longo do século XXI**. Boletim de Conjuntura, No.10, pp. 8-10, 2016.

KORONEOS, C.; ROUMBAS, G.; GABARI, Z.; PAPAGIANNIDOU, E.; MOUSSIOPOULOS, N. **Life cycle assessment of beer production in Greece.** *Journal of Cleaner Production* 13(4): 433–439, 2005.

LALONDE, S.; NICHOLSON, A.; SCHENCK, R. (2013). **Life cycle assessment of beer in support of an environmental product declaration.** Institute for Environmental Research and Education (IERE). Disponível em: http://iere.org/wp-content/uploads/2013/10/IERE_Beer_LCA_Final.pdf. Acessado em 28 Jun 2019.

MELO, F. M.; SILVESTRE, A. D.; CARVALHO, M. **Carbon footprints associated with electricity generation from biomass syngas and diesel.** *Environmental Engineering and Management Journal*, Vol. 18, No.7, 1391-1397, 2019.

MELQUÍADES, T.F. et al. Pegada de carbono associada ao processo de pasteurização de sorvetes. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, v. 12, n. 2, p. 609-629, 2019.

MUNOZ, E.; RIQUELME, C.; CARDENAS, J.P. **Carbon Footprint of beer—Analysis of a small scale processing plant in Chile.** Proceedings of the 2nd LCA Conference, 6–7 November, Lille, France, 2012.

NARAYANASWAMY, V.; VAN BERKEL, R.; ALTHAM, J.; MCGREGOR, M. **Application of life cycle assessment to enhance eco-efficiency of grains supply chains.** Proceedings of the 4th Australian LCA Conference, 23–25 February, Sydney, NSW, Australia, 2005.

OLAJIRE, A. A. **The brewing industry and environmental challenges.** *Journal of Cleaner Production*, 2012.

ONS - Operador Nacional do Sistema Elétrico, **Carga e Geração.** Disponível em: <http://www.ons.org.br/paginas/energia-agora/carga-e-geracao> Acessado em 11 jul 2019.

ONS - Operador Nacional do Sistema Elétrico, **IPDO Informativo Preliminar Diário de Operação** Disponível em: <http://www.ons.org.br/paginas/conhecimento/acervo-digital/documentos-e-publicacoes?categoria=IPDO> Acesso em 04 ago 2019.

PRÉ CONSULTANTS, **SimaPro website**, 2019. Disponível em: <http://www.simapro.nl> Acesso em 23 mar.2019.

RUSSELL, S.T.; SINGH, R.P.; BAMFORTH, C.W. **Alternative paradigms for the production of beer.** *Journal of the Institute of Brewing*, 114(4), 349-356, 2008.

SMIL, V. **Examining energy transitions: a dozen insights based on performance.** *Energy Research & Social Science*, No.22, pp.194-197, 2016.

SMIL, V. **Energy transitions, renewables and rational energy use: A reality check.** Organisation for Economic Cooperation and Development. *The OECD Observer*, No. 36, 2015

STATISTA, 2018. **Consumption of alcoholic beverages worldwide from 2016 to 2020 (in billion liters).** Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/726990/alcoholic-beverage-consumption-worldwide/> Acessado em 11 mar. 2018

STROBL, M. **Continuous Beer Production**. Beer and Brewing. IntechOpen, 2019.

TALVE, S. **Life cycle assessment of a basic lager beer**. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 6(5): 293–298, 2001.

TROMMER, M. W.; COUTINHO, A.R. **ACV do processo de produção da cerveja**. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 33., Salvador, 2013. Anais do ENEGEP. Salvador, ENEGEP, 2013.

WILLIAMS, A.G.; MEKONEN, S. **Environmental performance of traditional beer production in a micro-brewery**. *Proceedings of the 9th International Conference on Life Cycle Assessment in the Agri-Food Sector*, 8–10 October, edited by R. Schenck and D. Huizenga, 1535–1540. Vashon, WA, USA: American Center for Life Cycle Assessment, 2014.