



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA  
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**ANA LYVIA TABOSA DA SILVA**

**AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA APLICADA A UMA FÁBRICA DE  
BOLOS: ESTUDO DE CASO EM JOÃO PESSOA, PARAÍBA**

**JOÃO PESSOA  
2018**

**ANA LYVIA TABOSA DA SILVA**

**AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA APLICADA A UMA FÁBRICA DE BOLOS: ESTUDO DE CASO EM JOÃO PESSOA, PARAÍBA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia Mecânica, do Departamento de Engenharia Mecânica, do Centro de Tecnologia, da Universidade Federal da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do grau em Engenharia Mecânica, tendo como orientadora a professora Monica Carvalho, PhD

**JOÃO PESSOA  
2018**

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

S586a Silva, Ana Lyvia Tabosa da.

Avaliação de Ciclo de Vida Aplicada a uma Fábrica de Bolos: Estudo de caso em João Pessoa, Paraíba / Ana Lyvia Tabosa da Silva. - João Pessoa, 2018.  
27 f. : il.

Orientação: Monica Carvalho.  
Monografia (Graduação) - UFPB/CT.

1. Avaliação do ciclo de vida; pegada de carbono. 2. indústria alimentícia; bolos. I. Carvalho, Monica. II. Título.

UFPB/BC

**ANA LYVIA TABOSA DA SILVA**

**AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA APLICADA A UMA FÁBRICA DE BOLOS: ESTUDO DE CASO EM JOÃO PESSOA, PARAÍBA**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal da Paraíba como requisito parcial à obtenção do grau em Engenharia Mecânica.

João Pessoa, 03 de julho de 2018.

**BANCA EXAMINADORA**

Monica Carvalho

**Orientadora: Professora PhD. Monica Carvalho**

Rafael Evaristo Caluête

**Professor Dr. Rafael Evaristo Caluête**

Daniel Fernandes Queiroga Leite

**Eng. Daniel Fernandes Queiroga Leite**

*Dedico esse trabalho ao meu Pai e a  
minha Mãe do Céu, aos meus pais Ana e  
Washington e ao meu irmão Pablo.*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus toda honra, poder e glória!

Ao Espírito Santo de Deus que com seus 7 dons me levanta a cada dia mostrando-me os caminhos a seguir.

A Jesus Cristo que em sua misericórdia me sustenta.

A minha mãe do Céu pelo cuidado e constante interseção.

A São Miguel Arcanjo, que está sempre a defender-me nos combates!

Aos meus pais, Ana e Washington, e irmão, Pablo, pela paciência, suporte, dedicação, cuidado, carinho e compreensão.

Ao professor José Maurício Gurgel, que primeiro me acolheu em seus projetos e acreditou em meu potencial.

A professora Monica Carvalho que recebeu-me em suas pesquisas e mostrou-me a competência, dedicação, compromisso, persistência e simplicidade no âmbito profissional.

Aos meus amigos, pela compreensão, companheirismo, orações, escuta e diversão!

Aos colegas de curso que compartilharam conhecimentos, sofrimentos, receios, alegrias e experiências.

Aos amigos feito no período de graduação sanduíche, em Buffalo State College e The University of Kansas, pelo período memorável de aprendizado, descontração e pelo suporte “abroad”.

Aos meus amigos da Raízen por tornarem o meu “dia-a-dia” mais leve ou pesado, mas que ensinaram-me a ser mais forte. Em especial a Roberto e Fabiano pela credibilidade, paciência e conhecimentos transmitidos.

A todas as pessoas que contribuíram, nesses 7 anos de minha dedicação, para essa formação... o meu infindável agradecimento!

*“Aqueles que confiam no Senhor  
revigoram suas forças, suas forças se  
renovam. Posso até cair ou vacilar,  
mas consigo levantar pois recebo  
Dele asas e como águia me preparo  
para voar...”*

(Celina Borges).

# AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA APLICADA A UMA FÁBRICA DE BOLOS: ESTUDO DE CASO EM JOÃO PESSOA, PARAÍBA

## RESUMO

O mercado consumidor está cada vez mais interessado em produtos cujo processo associe-se a preservação ambiental e ao desenvolvimento social. No setor alimentício, a busca por alimentos saudáveis está cada vez maior, o que é confirmado pelo sucesso dos produtos que evidenciam seus diferenciais através da etiquetagem, mostrando o crescente interesse do consumidor por mudanças na produção e processamento dos alimentos. O que comemos também possui impacto climático, 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. Vários são os fatores que contribuem para a pegada de carbono de um determinado alimento: a quantidade de energia necessária em sua produção, a quantidade de produtos químicos utilizados (pesticidas, herbicidas, fertilizantes, etc.), transporte, etc. Dessa forma, a escolha por um determinado nutriente, ou outro, não afeta somente nossa saúde, mas também o meio ambiente. Nesse contexto as etiquetas ecológicas aparecem como uma alternativa para ajudar o consumidor no seu poder de decisão, contribuindo, assim, para a formação de um sistema sustentável de produção de alimentos. O objetivo deste trabalho é calcular a pegada de carbono mensal associada a dois sabores de bolo: inglês e cenoura, utilizando o software SimaPro. Considerou-se uma pequena indústria alimentícia, cuja produção mensal é de 7580 bolos, que está localizada na cidade de João Pessoa/ Paraíba. Para a produção mensal de bolos do tipo inglês (468 bolos por mês), contabilizaram-se os ingredientes como também o consumo de energia, consumo de água e o transporte para a distribuição dos bolos. Para a produção de bolos de cenoura (196 bolos por mês), considerou-se os ingredientes além da energia e água utilizados no processo, e o transporte. Incluiu-se também nas análises a embalagem do produto. A pegada de carbono para uma unidade de bolo de cenoura foi de 0,91 kg CO<sub>2</sub>-eq ( $0,84 \cdot 10^{-3}$  kg CO<sub>2</sub>-eq/kcal) e para uma unidade de bolo do tipo inglês foi de 1,52 kg CO<sub>2</sub>-eq ( $1,36 \cdot 10^{-3}$  kg CO<sub>2</sub>-eq/kcal). Observou-se que os ovos foram os responsáveis pela parcela mais alta nas emissões.

Palavras-chave: Avaliação do ciclo de vida; pegada de carbono; indústria alimentícia; bolos.

# LIFE CYCLE ASSESSMENT APPLIED IN A CAKE FACTORY: A CASE STUDY IN JOAO PESSOA, PARAIBA

## ABSTRACT

The consumer market is increasingly interested in products whose process is associated with environmental preservation and social development. In the food sector, the search for healthy food is increasing, which is confirmed by the success of products that show their differentials through labeling, showing the growing consumer interest in changes in food production and processing. What we eat also has a climatic impact, the food carbon footprint comprises the amount of greenhouse gases that are produced in the stages of cultivation, processing, packaging and transportation of these products. A lot of factors contributes to the carbon footprint of a determined food: the amount of energy necessary to its production, the amount of chemicals used (pesticides, herbicides, fertilizers, etc.), transportation, etc. Thus, choosing one nutrient, or another, affects not only our health but also the environment. In this context, eco-labels appear as an alternative to help the consumer in their decision-making, thus contributing to the formation of a sustainable food production system. The objective of this article is to calculate the monthly carbon footprint associated with two cake flavors: English and carrot, using SimaPro software. It was considered a small food factory, whose monthly production was 7,580 cakes, which it is in Joao Pessoa/ Paraiba. For the monthly production of an English-type cake (468 units/ month) the ingredients, energy and water consumption and transport for the distribution of cakes were counted. For the monthly production of a carrot type cake (196 units/ month) the ingredients, energy and water consumption and transport for the distribution of cakes were counted. Also it was included in the analyses the packaging of the product. The carbon footprint for a carrot cake unit was 0.91 kg CO<sub>2</sub>-eq ( $0.84 \cdot 10^{-3}$  kg CO<sub>2</sub>-eq/kcal) and for an English-type cake unit was 1.52 kg CO<sub>2</sub>-eq ( $1.36 \cdot 10^{-3}$  kg CO<sub>2</sub>-eq/kcal). It was observed that the eggs were responsible for the highest share in the emissions.

Keywords: Life Cycle Assessment; carbon footprint; food industry; cakes.

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1- Ingredientes e processos associados a produção mensal. Fonte: Fábrica de bolos.

Tabela 2- Impactos ambientais associados a fabricação de bolos de cenoura e tipo inglês, respectivamente (kg CO<sub>2</sub>-eq/unidade). Fonte: Simapro.

## LISTA DE SÍMBOLOS

ACV	Avaliação de Ciclo de Vida	
$GWP_i$	potencial de aquecimento global da substância i	[CO <sub>2</sub> eq]
$a_i$	efeito de uma unidade de massa de substância (i)	
$c_i(t)$	é a concentração da substância (i) no tempo (t)	
$a_{CO_2}/C_{CO_2}$	são parâmetros correspondentes para a substância de referência (CO <sub>2</sub> )	
T	Tempo	[anos]
MJ	Mega Joule	[10 <sup>6</sup> J]

## **Significado de citações em latim no texto**

*et al.*      E outros

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	16
1. <i>Introdução</i> .....	16
1.1. <i>Objetivo Geral</i> .....	17
1.2. <i>Objetivos Específicos</i> .....	17
1.3. <i>Estrutura do Trabalho</i> .....	17
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	19
2. <i>Materiais e Métodos</i> .....	19
2.1. <i>Avaliação de Ciclo de Vida</i> .....	179
2.2. <i>Estudo de Caso</i> .....	20
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	23
3. <i>Resultados e Discussão</i> .....	23
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	27
4. <i>Conclusões e Sugestões</i> .....	27
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	28
5. <i>Referências Bibliográficas</i> .....	28

# CAPÍTULO 1

## 1. Introdução

Produtos com responsabilidade social e ambiental e que sejam saudáveis são os que despertam maior interesse de compra nos consumidores (ROUSSEAU; VRANKEN, 2013). Portanto, a preocupação com os impactos ambientais já começam a ir além do consumo de água e energia associado a atividades ou serviços, e começa a incluir também a alimentação (BALDWIN; WILBERFORCE; KAPUR, 2011).

Segundo a Associação Brasileira das Indústrias de Biscoitos, Massas Alimentícias e Pães & Bolos Industrializados (ABIMAPI,2015), em 2014 foram vendidos cerca de 31,336 mil toneladas de bolos no Brasil e o número de empresas no setor, segundo a Associação Brasileira da Indústria de Panificação e Confeitaria, chega a ser igual a 63,2 mil no país (ABIP,2016).

A preocupação com a indústria alimentícia se comprova pelo sucesso de iniciativas alternativas como os selos, por exemplo, dos alimentos orgânicos, o que confirma o interesse pela mudança do modo de produção, processamento e venda dos alimentos (HOWARD; ALLEN, 2010). Sendo assim, as etiquetas ajudam no poder de decisão do consumidor, contribuindo para a formação de um sistema de produção de alimentos detentor de maior valores éticos e políticos e capaz de gerar sistemas de produção sustentáveis (HOWARD; ALLEN, 2010). Segundo Freire *et al.* (2015), o Brasil está numa boa posição para atingir suas metas de mitigação de emissões até 2020; porém, depois de 2020, haverá desafios para combinar o crescimento econômico com baixas emissões associadas ao consumo de energia.

A metodologia da Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) acessa quantitativamente os impactos ambientais de produtos e processos do “berço ao túmulo”. Ela modela relações de causa e efeito no meio ambiente, e então ajuda a entender as consequências das ações humanas no meio (HELLWEG; CANALS, 2014). Em outras palavras, por essa metodologia é possível contabilizar os impactos resultantes da extração de matérias primas, do processo de fabricação, do transporte ou distribuição do produto, seu uso, e depois seu destino final, e assim, através de uma base comparativa, é possível proceder à escolha do sistema menos agressivo ao meio ambiente (CARVALHO *et al.*, 2015) ajudando, dessa forma, na

tomada de decisão de consumidores, empresas e gestores públicos, quanto aos impactos ambientais gerados.

A utilização dessa metodologia vem mostrando-se próspera para o controle do impacto ambiental de produtos e serviços. Isso deve-se a variedade das categorias de impactos que podem ser acessadas de maneira integrada e também à perspectiva da Avaliação do Ciclo de Vida, que considera a cadeia completa das entradas e saídas de um sistema produtivo; o que permite gerar, por último, a quantificação da redução do impacto ambiental em diferentes dimensões (categorias). Esse último fato coloca a ACV como uma ferramenta bastante interessante para a evidenciação da sustentabilidade de uma produto, uma vez que por meio dela são geradas análises quantitativas ao invés de qualitativas (VÁZQUEZ-ROWE et al., 2016).

### **1.1. Objetivo Geral**

O objetivo geral desse trabalho é a utilização da metodologia da Avaliação de Ciclo de Vida para a contabilização da pegada de carbono.

### **1.2. Objetivos Específicos**

Os objetivos específicos desse trabalho são:

- Conhecer a atividade produtiva de uma pequena fábrica de bolos;
- Fazer o inventário com a compilação dos dados obtidos, para dois sabores de bolos;
- Calcular a pegada de carbono associada aos dois sabores de bolo;
- Contabilizar o impacto ambiental em kg de CO<sub>2</sub>-eq/ kcal;
- Analisar os resultados.

### **1.3. Estrutura do Trabalho**

A descrição e apresentações das etapas desse trabalho, seu desenvolvimento, conclusões e considerações são organizadas em cinco capítulos.

No *capítulo 1* é feita uma introdução geral, situando a indústria alimentícia e a tendência do mercado pela preferência por produtos ecologicamente corretos e logo a necessidade de diminuir os impactos ambientais gerados nesse tipo de indústria e evidenciá-los a sociedade. Também é apresenta a Avaliação de Ciclo de Vida e sua

pertinência para a contabilização de impactos ambientais de produtos e processos através do cálculo da pegada de carbono.

No *capítulo 2* são apresentados os materiais e métodos utilizados para essa contabilização bem como é descrito o estudo de caso: serão relatados os aspectos considerados para o cálculo da pegada de carbono

No *capítulo 3* são apresentados os resultados e discussão. Será mostrada a pegada de carbono de cada ingrediente, processo e transporte dos bolos.

No *capítulo 4* são relatadas as conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

No *capítulo 5* são apresentadas as referências bibliográficas utilizadas para o desenvolvimento desse trabalho.

## CAPÍTULO 2

### 2. Materiais e Métodos

#### 2.1 Avaliação de Ciclo de Vida

A atual definição aceita para Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) é “a compilação e avaliação das entradas, saídas, e potencial de impacto ambiental de um sistema de um produto, ao longo de seu ciclo de vida” (HELLWEG; CANALS, 2014), o que ocorre em 4 fases distintas estabelecidas pelas normas ISO 14040 e ISO 14044 (NBR ISO, 2006), são elas: i) objetivos e alcance da análise; ii) inventário com a compilação de dados e modelização de sistemas (nessa etapa são definidas as entradas, como materiais e energia, e saídas, como emissões a atmosfera ou resíduos sólidos); iii) análise do impacto do ciclo de vida, que avalia a contribuição deste ciclo de vida às categorias de impacto definidas; e iv) interpretação dos resultados (as contribuições mais importantes são analisadas, assim como as incertezas e sensibilidade dos resultados). A ACV é uma ferramenta internacionalmente aceita e reconhecida, e já é bastante utilizada na Europa. Mais detalhes sobre a metodologia da ACV podem ser encontrados em Guinée (GUINÉE, 2001), (GUINÉE, 2002).

A Comissão Europeia recomenda a ACV como o método mais conveniente para a avaliação ambiental de produtos (VÁZQUEZ-ROWE *et al.*, 2016). A quantificação do impacto ambiental gerado na produção e distribuição dos bolos foi desenvolvida por meio do software SimaPro, que permite modelar e analisar dos mais complexos aos mais simples ciclos de vida de uma forma sistemática e transparente, seguindo as recomendações da *International Standardization Organization* (ISO) 14040 e 14044 (NBR 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.

Dentre os métodos dispostos pelo programa para o cálculo dos impactos, o método IPCC 2013 GPW 100a foi o escolhido. Esse método utiliza as tabelas de conversão publicadas pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), que

é uma comissão internacional dedicada ao estudo de assuntos relacionados às mudanças climáticas. O método surgiu da necessidade em existir uma maneira de avaliar o impacto ambiental causado pelos gases que contribuem para o aquecimento global, haja vista a crescente preocupação mundial nesse assunto. Sendo assim o GPW (*Global Warming Potential*) expressa o impacto ambiental em termos das emissões de gases de efeito estufa (GRILO; CARVALHO, 2015) gerando uma resposta expressa em CO<sub>2</sub>-eq (IPCC, 2014). O cálculo desse método baseia-se na relação entre o poder para a absorção do calor de radiação por 1 kg de um gás com efeito de estufa e 1 kg de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), integrada ao longo do tempo. Assim (GRILO; CARVALHO, 2015):

$$GWP_i = \frac{\int_0^T a_i c_i(t) dt}{\int_0^T a_{CO_2} c_{CO_2}(t) dt} \quad (1)$$

Onde  $GWP_i$  representa o potencial de aquecimento global da substância  $i$  expresso em CO<sub>2</sub> equivalentes;  $a_i$  é efeito de uma unidade de massa de substância ( $i$ );  $c_i(t)$  é a concentração da substância ( $i$ ) no tempo ( $t$ );  $a_{CO_2}$  e  $c_{CO_2}$  são parâmetros correspondentes para a substância de referência (CO<sub>2</sub>); e  $T$  é o tempo (em anos). O IPCC recomenda intervalo de tempo de 100 anos pois isso permite a verificação dos efeitos cumulativos das emissões

## 2.2 Estudo de caso

Será descrito a seguir o estudo de caso considerado nesse trabalho e os aspectos contabilizados para o cálculo da pegada de carbono.

Decidiu-se por analisar o impacto ambiental associado a produção e distribuição 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. Os dados necessários para o cálculo do impacto ambiental associado a produção e distribuição dos bolos foram coletados por meio de consulta direta a proprietária da empresa: 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 um dos dois sabores foi a considerada na análise, sendo 468 unidades para o do tipo inglês e 196 unidades para o do tipo cenoura. A unidade funcional para a análise foi a emissão de CO<sub>2</sub>-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. Os consumos mensais de água e de eletricidade foram obtidos por meio da análise de faturas, em m<sup>3</sup> e kWh, respectivamente, apresentados pelas concessionárias nas contas de água e energia. 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 SimaPro, e estão disponíveis na Tabela 1.

Tabela 1: Ingredientes e processos associados a produção mensal.

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 ( $\rho = 891 \text{ kg/m}^3$ )	-	15,72 kg
Margarina	78 kg	-
Cenoura	-	31,36 kg
Leite ( $\rho = 1027,7 \text{ kg/m}^3$ )	53,44 kg	-
Processos mensais		
Eletricidade	53,82 kWh	22,54 kWh
Gás de cozinha ( $99,20 \text{ MJ/m}^3$ , $2,15 \text{ kg/m}^3$ )	294,93 MJ	123,52 MJ
Embalagem	0,936 kg isopor, 0,585 kg filme plástico	0,392 kg isopor, 0,245 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.

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 num processo representativo equivalente à margarina, incluindo óleo vegetal, cloreto de sódio e leite.

## CAPÍTULO 3

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos da aplicação das técnicas da ACV no estudo de caso.

### 3. Resultados e Discussão

Com os dados do inventário descrito na Tabela 1, a quantificação do impacto ambiental em kg de CO<sub>2</sub>-eq foi calculada. A Tabela 2 apresenta a tabela para as emissões envolvidas no processo produtivo e distributivo dos bolos inglês e de cenoura. É possível observar que dos ingredientes, o ovo é o maior responsável pelo impacto nos bolos, seguido do açúcar. O impacto gerado pelos processos são equivalentes para ambos os sabores pois, apesar da diferente quantidade produzida dos sabores, 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.

Tabela 2: Impactos ambientais associados a fabricação de bolos de cenoura e tipo inglês, respectivamente (kg CO<sub>2</sub>-eq/unidade)

Ingredientes	Bolo de cenoura	Bolo tipo inglês
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 <sub>2</sub> -eq/unidade)	0,903	1,523
TOTAL (kg CO <sub>2</sub> -eq/kcal)	0,84·10 <sup>-3</sup>	1,36·10 <sup>-3</sup>

Fonte: Simapro.

A ideia inicial deste trabalho era incentivar a rotulagem ou etiquetagem ambiental para alimentos, porém isso se demonstrou difícil já que a definição de unidade funcional é essencial. No caso específico dos bolos, identificaram-se duas funções: nutrir ou proporcionar prazer. Para o segundo caso, um estudo mais aprofundado é necessário a fim de identificar qual a melhor forma de expressar o impacto ambiental. Para o caso nutricional, a pegada de carbono é fornecida em termos de valor nutricional (kg CO<sub>2</sub>-eq/kcal). Fornecer o impacto ambiental por unidade de bolo pode proporcionar a impressão de que um bolo de cenoura é diretamente comparável com um bolo inglês (caso em que a rotulagem poderia influenciar uma opção de compra).

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 (SAARIEN *et al.*, 2010). A dimensão nutricional pode ser incluída em ACVs em diferentes tipos de unidade funcional, *e.g.*, combinando o conteúdo protéico com quantidade, ou até utilizando índice da Densidade Nutricional para Mudanças Climáticas (do inglês *Nutrient Density to Climate Impact, NDCI*) (SAARIEN *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 vem 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, não se encontrou na literatura científica, disponível no portal da Capes, trabalhos similares para comparação. 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. Outras iniciativas, entretanto, já começam a aplicar a ACV em produtos alimentícios, como por exemplos *chips* de batata (GRILO; CARVALHO, 2015), pão (ESPINOZA-ORIAS; STICHNOTHE, 2011; MELQUIADES *et al.*, 2015),

sorvete (BEN & JERRY'S, 2016), chocolate (ESU- SERVICES, 2016), doces, salgadinhos e refrigerantes (NILSSON; SUND; FLÓREN, 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 Mjök 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, Freire e Carvalho (2015). A base de dados Ecoinvent porém, já conta com vários processos brasileiros, num 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 com coerência, pode ajudar na obtenção de resultados representativos, como foi o caso de Neves *et al.* (2016), 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 trabalho 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 contabilização do impacto ambiental da produção de uma fábrica de bolos servirá para um projeto mais amplo, que 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; FREIRE, 2014), que pode ser traduzida como a promoção da sustentabilidade por meio da quantificação e redução da pegada de carbono, gerando novas práticas para as organizações (CARVALHO; FREIRE; BRITO, 2015). Para tanto, considera-se

também o direcionamento da política ambiental brasileira, que busca incentivar o desenvolvimento sustentável em diversos setores produtivos, sobretudo naqueles com maior impacto ambiental como o agronegócio e a geração de energia elétrica (FREIRE *et al.*, 2015). 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 (CARVALHO; FREIRE, 2014).

## CAPÍTULO 4

### 4. Conclusões e Sugestões

Nesse trabalho utilizou-se a metodologia da Avaliação de Ciclo de Vida para estimar o impacto ambiental associado a 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 inglês foi mais alto ( $1,36 \cdot 10^{-3}$  kg CO<sub>2</sub>-eq/kcal) do que o do bolo de cenoura ( $0,84 \cdot 10^{-3}$  kg CO<sub>2</sub>-eq/kcal) e em ambos, o componente mais impactante na análise foi o ovo.

Como uma sugestão para trabalhos futuros tem-se o desenvolvimento de análises de sensibilidade para a substituição de ingredientes e/ou, partindo da existência de bases de dados energéticas brasileiras, desenvolver também análises de sensibilidade para a possível inserção de energias renováveis no suprimento de energia. A substituição do ovo, em particular, em ambas as receitas, por outro alimento capaz de exercer a função daquele, tanto nutricional quanto estrutural, pode ser objeto de estudos futuros.

## CAPÍTULO 5

### 5. Referências Bibliográficas

AGRI- FOOTPRINT. Products included in Agri-footprint. Disponível em: <<http://www.agri-footprint.com/assets/List%20of%20products%20in%20Agri-footprint%202.pdf>>. Acesso em 29 fev 2016.

Associação Brasileira das Indústrias de Biscoitos, Massas Alimentícias e Pães & Bolos Industrializados. Estatísticas Pães e Bolos, Nacional. Disponível em: <<http://www.abimapi.com.br/estatistica-paes-bolos.php>>. Acesso em 17 dez 2015.

Associação Brasileira da Indústria de Panificação e Confeitaria. Sobre o Setor 2015. Disponível em: <<http://www.abip.org.br/site/sobre-o-setor-2015/>>. Acesso em 04 jan 2016.

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. Disponível em: <<http://www.benjerry.com/values/issues-we-care-about/climate-justice/life-cycle-analysis>>. Acesso em 18 mar 2016

CARVALHO, M. et al. Oportunidade para empresas limpas. In: ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO EMPRESARIAL E MEIO AMBIENTE, 17.,2015, São Paulo. **Anais...** São Paulo: FEA-USP, 2015.

CARVALHO, M.; FREIRE, R. S. Quantificar, reduzir, evidenciar: uma nova prática para empresas sustentáveis. In: ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO EMPRESARIAL E DO MEIO AMBIENTE, 2014, São Paulo. **Anais...** São Paulo: FEA USP, 2014.

CARVALHO, M.; FREIRE, R. S. ; MAGNO, A. H. Promotion of sustainability by quantifying and reducing the carbon footprint: new practices for organizations. In: GLOBAL CONFERENCE ON GLOBAL WARMING, 2015, Atenas, Grécia. **Proceedings...** Atenas: CERTH, 2015.

ECOINVENT CENTRE. The ecoinvent Database. Disponível em: <<http://www.ecoinvent.org/database/database.html>>. Acesso em 11 fev 2016.

- ESPINOZA-ORIAS, N., STICHNOTHE, A. A. The carbon footprint of bread. The International Journal of Life Cycle Assessment, 16, (4), 351-365, 2011.
- ESU- SERVICES. Life cycle assessment of Swiss chocolate. Disponível em: <<http://www.esu-services.ch/fileadmin/download/jungbluth-2014-SETAC-chocolate.pdf>>. Acesso em 18 mar 2016.
- FREIRE, R. S. ; CARVALHO, M. ; CARMONA, C. U. M. ; MAGNO, A. H. Perspectives on the implementation of climate change public policies in brazil. In: GLOBAL CONFERENCE ON GLOBAL WARMING, 2015, Atenas, Grécia. **Proceedings...** Atenas: CERTH, 2015.
- GRILO, M. M., CARVALHO, M. Utilização racional de energia: análise de ciclo de vida da produção caseira de chips de batata. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE BIOENERGIA, 10., 2015, São Paulo. **Anais...** São Paulo: FEA-USP, 2015.
- 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.
- GUINÉE, J.B. Handbook on life cycle assessment: operational guide to the ISO standards. Kluwer Academic Publishers, Boston, 2002.
- HELLWEG, S., CANALS L. M. Emerging approaches, challenges and opportunities in life cycle assessment. Science, v.344, n. 6188, p.1109-1113, 2014.
- HOWARD, P. H., ALLEN, P. Beyond organic and fair trade? Analysis of ecolabel preferences in the United States. Rural Sociology, v.75, n.2, p. 244-269, 2010.
- INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE IPCC. Climate Changes 2014: Synthesis report – Summary for policy makers. Genebra: Secretariat of the WMO, 2014.
- MELQUIADES, T. F. ; COELHO, I. M. A. ; COELHO JUNIOR, L. M. ; CARVALHO, M. Quantificação dos impactos ambientais do processo produtivo do pão francês. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE BIOENERGIA, 10., 2015, São Paulo. **Anais...** do 10º Congresso Internacional de Bioenergia, 2015. São Paulo: FEA-USP, 2015.
- 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., 2015, São Paulo. **Anais...** São Paulo: [s.n.], 2015.
- NBR ISO 14040: Gestão Ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura. Rio de Janeiro, 2006.

NBR ISO 14044: Gestão Ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Requisitos e Orientações. Rio de Janeiro, 2006.

NEVES, T. I. et al. Avaliação de ciclo de vida da fertilização no plantio de capim elefante utilizando bio sólido e fertilizante comercial. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DO CICLO DE VIDA, 10., 2016, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: EMBRAPA, 2016.

NILSSON, K., SUND, V., FLORÉN, B. The environmental impact of consumption of sweets, crisps and soft drinks. *Tema Nord*, 509, 2011.

ROUSSEAU S., VRANKEN, L. Green Market expansion by reducing information asymmetries: Evidence for labeled organic food products. *Food Policy*, v. 40, 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.

SIMAPRO Database Manual: methods library. 2016

SP TECHNICAL RESEARCH INSTITUTE OF SWEDEN. Life cycle assessment of food products. Disponível em: <<https://www.sp.se/en/index/services/life-cycle/Sidor/default.aspx>>. Acesso em 18 mar 2016.

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, n.4, n.451-464, 2016.