



VI - 404 – AVALIAÇÃO AMBIENTAL DE PROCESSOS EM UMA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS: CÁLCULO DO ÍNDICE DE PRESSÃO AMBIENTAL (IPA) POR MEIO DA SELEÇÃO DE INDICADORES AMBIENTAIS NO SOFTWARE SAAP

Jefferson de Sousa Borburema ⁽¹⁾

Gestor Ambiental pelo Instituto Federal de Pernambuco.

Carlos Eduardo Menezes da Silva ⁽²⁾

Graduado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Graduado em Gestão Ambiental pelo Instituto Federal de Pernambuco (IFPE). Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Professor do Instituto Federal de Pernambuco (IFPE).

Anselmo Cesar Vasconcelos Bezerra ⁽³⁾

Graduado em Gestão Ambiental pelo Instituto Federal de Pernambuco (IFPE). Graduado em Geografia pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Mestre em Geografia pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Doutor em Geografia pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Professor do Instituto Federal de Pernambuco (IFPE).

Devson Paulo Palma Gomes ⁽⁴⁾

Engenheiro Ambiental pela Universidade Estadual Sudoeste da Bahia (UESB). Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Doutor em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Professor do Instituto Federal de Pernambuco (IFPE).

Endereço ⁽¹⁾: Av. Prof. Luiz Freire, 500 - Cidade Universitária, Recife - PE, CEP:50740-545 - Brasil - Tel: (81) 9577-3858 e-mail: jdsb1@discente.ifpe.edu.br

RESUMO

O aumento dos efeitos relacionados as mudanças climáticas é uma crescente preocupação no meio corporativo das indústrias em todo o mundo. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o ciclo de vida dos processos produtivos por meio da aplicação do *software* SAAP em uma indústria de alimentos (salgadinhos de milho) localizada no Estado de Pernambuco. Com o auxílio do cálculo dos índices pertencentes ao *software* SAAP, verificou-se que os altos valores dos índices (ICE, IAG e IA) apresentaram uma maior probabilidade na geração de impactos ambientais e residem no alto consumo de energia e gás natural nos processos produtivos do empreendimento. Dessa forma, o emprego da biomassa oriunda do processo de manejo da cana-de-açúcar da região e a instalação de placas fotovoltaicas no empreendimento podem atenuar os custos para geração de energia e os impactos ambientais ao meio. Recomenda-se a utilização dos índices do *software* SAAP para efeito de comparação nas linhas de produção das indústrias do mesmo empreendimento localizadas em todo o Brasil, com o objetivo de tornar a gestão dos impactos ambientais mais homogênea, aplicável e efetiva.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão Ambiental, Impactos Ambientais, Indicadores de Desempenho Ambiental, Indústria, SAAP.

INTRODUÇÃO

O aumento dos efeitos relacionados as mudanças climáticas (acréscimo da temperatura e do nível dos mares, ocorrência de episódios de secas, inundações e alagamentos etc.) é uma crescente preocupação no meio corporativo das indústrias em todo o mundo. Dessa forma, a incorporação de ações ou estratégias (ex: maior eficiência no consumo de energia, água e matérias-primas; utilização de biocombustíveis; gerenciamento adequado dos resíduos e efluentes gerados etc.) associadas a gestão ambiental dos processos produtivos nas indústrias, além de reduzir os impactos ao meio ambiente, pode-se tornar uma oportunidade para novos negócios através da conquista de mercados consumidores mais restritos (Delavy, 2009).



Entre as técnicas ou ferramentas comumente aplicáveis para avaliação de impactos ambientais em processos produtivos ou industriais, pode-se citar a análise do ciclo de vida (ACV). A ACV de um produto, abrange desde a aquisição da matéria-prima até sua produção e utilização, potencial de reciclagem, reutilização e destinação final. Com a aplicação da ACV são avaliados os custos ambientais associados a vários processos, incluindo as emissões para a atmosfera, a geração de resíduos sólidos e efluentes, a utilização de energia e matérias-primas, a aplicação e a eliminação final do produto (Henri; Journeault, 2008)

Nesse contexto, o *software* SAAP – Sistema de Avaliação Ambiental de Processos foi projetado visando padronizar e facilitar a utilização de uma metodologia para avaliar a performance ambiental de processos industriais, baseada nas normas de ACV e na ISO 14031 (Gestão ambiental - Avaliação de desempenho ambiental). O *software* SAAP fundamenta-se no cálculo da avaliação de diferentes categorias de impacto ambiental, utilizando dez indicadores ambientais para o processo produtivo em análise.

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o ciclo de vida dos processos produtivos em uma indústria de alimentos (salgadinhos de milho) localizada no Estado de Pernambuco, a partir da aplicação do *software* SAAP, com auxílio de inventários de consumo de energia e água, análises de efluentes e geração de resíduos acompanhados pelo fluxograma do processo.

MATERIAIS E MÉTODOS

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Complexo Industrial Portuário Governador Eraldo Gueiros – SUAPE está localizado no litoral de Pernambuco, entre os municípios do Cabo de Santo Agostinho e Ipojuca, com uma área de 13.600 hectares e engloba 83 empresas de capital nacional e internacional. A indústria relatada neste estudo faz parte do Complexo de Suape e trata-se de uma empresa do ramo alimentício que produz salgadinhos de milho com farinha de milho, água e óleo vegetal como matérias-primas (Figura 1). No Brasil desde 1953, a empresa se expandiu para diversas regiões acompanhando o desenvolvimento do próprio país. Atualmente a operação em território nacional engloba 71 centros de distribuição e mais de 12 mil funcionários.

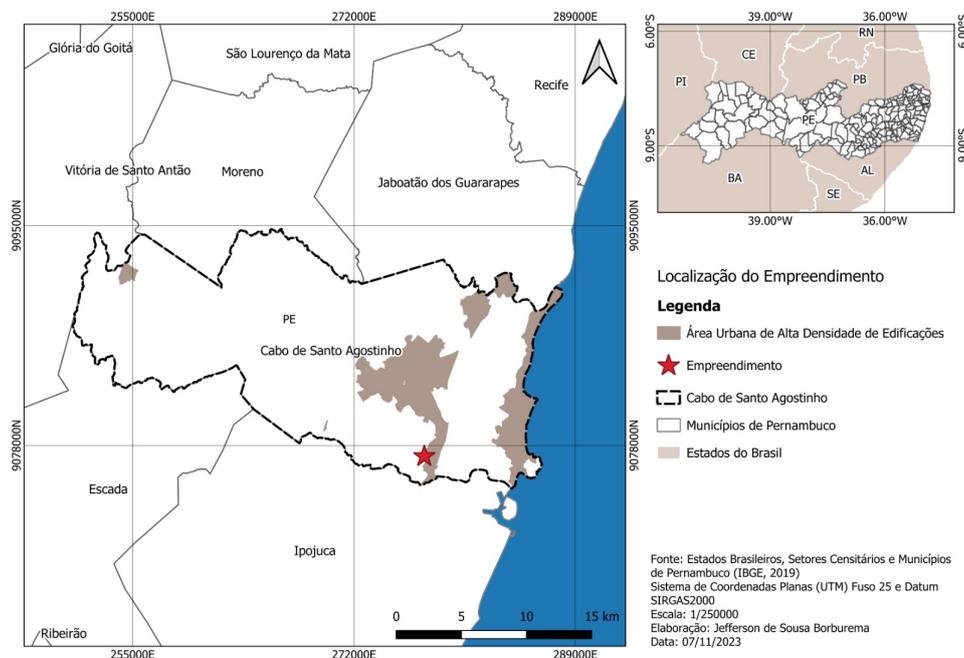


Figura 1: Mapa de localização do empreendimento em estudo.

ASPECTOS DO PRODUTO FABRICADO

Os salgadinhos de milho são produzidos em processos automatizados (maior parte sem contato manual), em que a farinha de milho é misturada com água e óleo originando uma massa homogênea. Essa massa homogênea segue para uma máquina extrusora, na qual é submetida a uma grande pressão e é prensada numa matriz que fornece a forma escolhida para o salgadinho. Depois de passarem pela matriz, os salgadinhos prensados entram em contato com uma pressão mais baixa e com uma temperatura mais fria, assim, eles “explodem” ficando com a massa aerada e uma consistência típica de isopor. Ao fim da extrusão, os salgadinhos passam por um cilindro rotativo, que tem sprays que lançam o aroma desejado sobre os *snacks*. Em seguida, o produto vai para uma empacotadora para sua finalização, armazenamento e distribuição (Soares; Pimenta, 2011). A Tabela 1 apresenta os detalhes envolvendo as principais etapas de fabricação do salgadinho de milho do empreendimento.

Tabela 1: Principais etapas relacionadas a produção do salgadinho de milho.

Etapa	Descrição da Operação	Processo
Coleta e Transporte	É realizada a coleta das matérias primas nas distribuidoras de óleo vegetal, usinas de moagem de milho e água mineral potável, em seguida transportado para a manufatura.	MA
Recebimento e pesagem	A matéria prima é recebida, identificada conforme a região de procedência e em seguida é pesada.	M
Triagem e análise laboratorial	É realizado o desembarque e a análise laboratorial de amostras das matérias primas.	M
Armazenagem	As matérias primas são armazenadas em big bags e tanques de aço inox, para então serem transportadas para a manufatura.	
Mistura	A farinha de milho é misturada com água e óleo vegetal através de um tanque misturador.	A
Extrusão	A mistura de farinha de milho, água e óleo é prensada e pré cozido na extrusora, onde sairá no formato do salgadinho.	A
Cozimento	Os salgadinhos pré-cozidos são transportados para o forno a gás para serem assados.	A
Agitação de aroma	O aroma, mistura de tempero, água e óleo vegetal que dá sabor, cor e aroma ao salgadinho, são constantemente agitados em tanques de mescla.	A
Adição de aroma	Após a saída do forno, os salgadinhos são levados para o tambor rotativo para adição de aroma através de pulverização a aderência do aroma na superfície do salgadinho de milho.	A
Empacotamento	Realizado após a adição de aroma, com dosagem e empacotamento automático.	A



Inspeção laboratorial	Cada pacote segue para inspeção em máquinas de raios x, amostras são coletadas e analisadas em laboratório para controle de qualidade seguindo os padrões do empreendimento.	MA
Armazenagem e Distribuição	Os fardos de salgadinhos são paletizados e armazenados no centro de distribuição, aguardando a retirada para distribuição.	MA

M= manual; A= automático; MA=misto

PROCESSOS PRODUTIVOS DA INDÚSTRIA

A primeira etapa do presente trabalho foi baseada no levantamento dos aspectos ambientais dos processos industriais relativos ao empreendimento. Nesta etapa, foram coletados dados quantitativos de cada setor, analisando as entradas e saídas de matérias-primas e energia correspondentes a cada etapa do processo, com o apoio de supervisores e operadores da empresa. Após a coleta dos dados, selecionou-se os seguintes aspectos ambientais mais significativos no empreendimento: gerenciamento de resíduos sólidos, uso dos recursos naturais e energéticos e as emissões atmosféricas emitidas pelos processos.

Com os dados coletados da primeira etapa, foi realizado uma análise de ciclo de vida a partir do inventário dos equipamentos e da descrição do balanço de massa (matéria-prima) e energia (combustíveis) para fabricação dos salgadinhos com a utilização do *software* SAAP. Como já relatado, para o processamento dos salgadinhos de milho, o empreendimento segue 7 etapas usuais: mistura, extrusão, cozimento, adição de aroma, análise laboratorial, empacotamento e distribuição (Figuras 2 e 3). O empreendimento em questão utiliza caminhões de coleta, balanças industriais, agitadores, separadores, misturadores, extrusoras, câmaras de raios x e empacotadoras, sendo os caminhões de coleta e distribuição de propriedade de empresas terceirizadas.

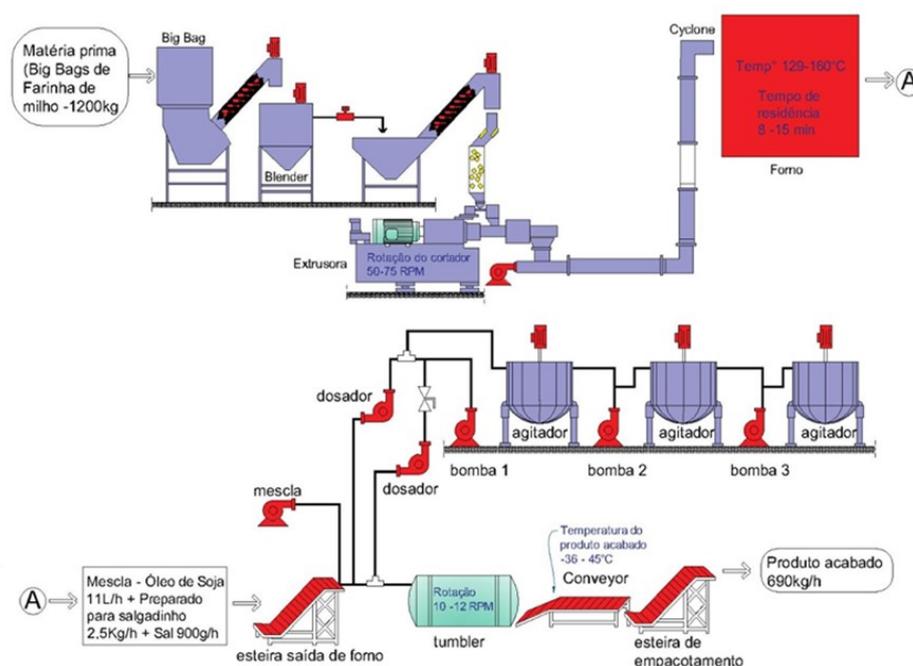


Figura 2: Fluxograma das etapas de manufatura do salgadinho de milho.

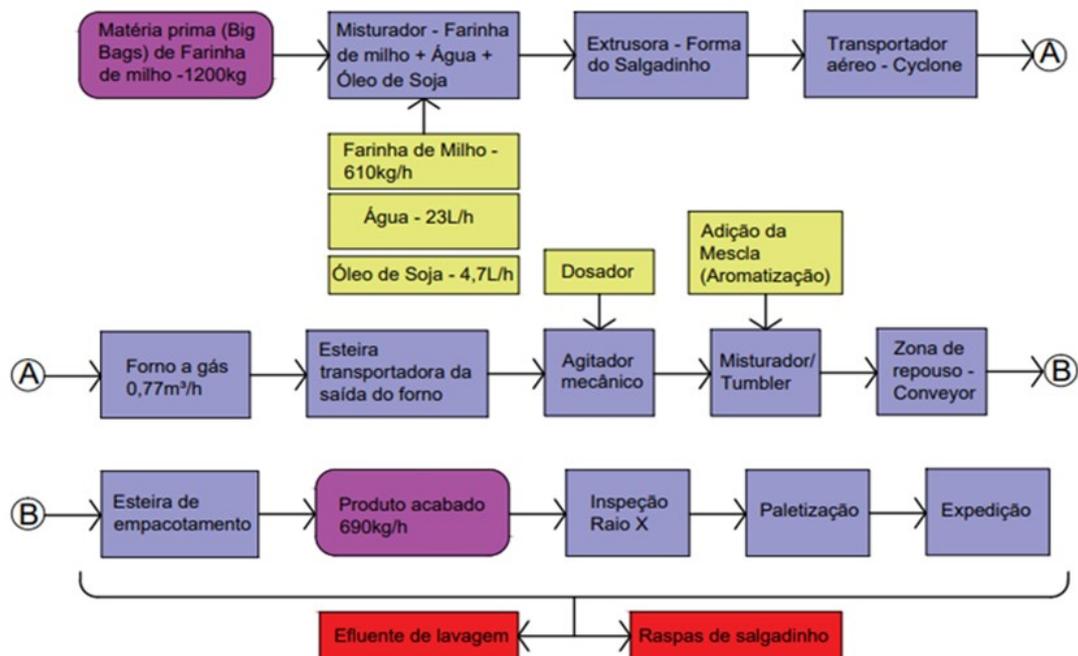


Figura 3: Aspectos do processo e dos produtos do empreendimento.

SOFTWARE SAAP

Com relação ao *software* SAAP, foram escolhidos os seguintes índices com base nas informações disponibilizadas pela indústria: Índice de Aquecimento Global (IAG), Índice de Acidificação (IA), Índice de Eutrofização (IE), Índice de Consumo de Energia (ICE) e o Índice de Oxigênio Dissolvido (IDOD). Como já relatado, o IPA é calculado pelo somatório do produto de cada índice por seu respectivo peso (Santos, 2002).

RESULTADOS

Através dos fluxogramas das figuras 2 e 3, é possível verificar que boa parte do processo produtivo submete o produto ao ambiente, principalmente nas etapas de transporte entre as esteiras, originando as chamadas “raspas de salgadinho”. As raspas de salgadinho consistem em resíduos do produto acabado que caem das máquinas e esteiras e, posteriormente, são armazenados e transportados para indústrias de ração animal.

Os efluentes gerados no processo de fabricação do salgadinho são oriundos da limpeza diária das máquinas e equipamentos, e em seguida, são escoados e transportados através de tubulações para a estação de tratamento de efluentes (ETE) do empreendimento.

A Tabela 2 apresenta o inventário com os dados (média mensal e anual) do consumo de energia elétrica, gás e água, juntamente com a quantidade efluentes gerados durante as lavagens das linhas de produção no ano de 2022. De acordo com a Tabela 2, verifica-se um elevado consumo energético médio de 31.766 kW/mês nas linhas de produção do empreendimento. Utilizando o *software* SAAP, calculou-se o índice de consumo energético (ICE) igual a 16.323,64. Apesar do software não estipular valores ideais ou padrões para o índice, o consumo de energia representa um elevado custo financeiro para o empreendimento.


Tabela 2: Inventário de análise da qualidade do ar e análise físico-química do efluente gerado.

Mês	Água (L)	Gás (m³)	Energia elétrica (Kw)	Efluente (L)
jan/22	9281,66	310,73	26340,80	60532,58
fev/22	11771,87	394,10	33407,84	76773,03
mar/22	12149,17	406,73	34478,60	79233,71
abr/22	13733,84	459,79	38975,81	89568,54
mai/22	14639,37	490,10	41545,64	95474,16
jun/22	8979,82	300,63	25484,18	58564,04
jul/22	11847,33	396,63	33621,99	77265,17
ago/22	10262,65	343,58	29124,78	66930,34
set/22	12677,39	424,42	35977,67	82678,65
out/22	9658,97	323,37	27411,56	62993,26
nov/22	8225,21	275,37	23342,66	53642,70
dez/22	11092,72	371,36	31480,46	72343,82
Total	134320	4496,8	381192	876000
Média	11193,33	374,73	31766	73000

A Tabela 3 apresenta as concentrações de Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Demanda Química de Oxigênio (DQO) dos efluentes tratados na estação de tratamento de efluentes (ETE) do empreendimento (Tabela 3). Salienta-se que os valores das concentrações citadas estão de acordo com os limites estabelecidos pela Conama 430/2011, que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes em corpos hídricos.

Tabela 3: Inventário de análise da qualidade do ar e análise físico-química do efluente gerado.

Parâmetros	Valores
N	6,0 mg/L
P	0,12mg/L
DQO	3,33 mg/L

Com os dados fornecidos pelo empreendimento nas tabelas 2 e 3, foram calculados os seguintes índices no software SAAP: IAG (Índice de Aquecimento Global), IA (Índice de Acidificação), IE (Índice de Eutrofização), IDOD (Índice de Destinação de oxigênio Dissolvido), ICE (Índice de Consumo de Energia) e IPA (Índice de Pressão Ambiental) (Tabela 4 e Figura 4).

Tabela 4: Valores dos cálculos dos índices no software SAAP.

Parâmetros	Valores
Índice de Aquecimento Global (IAG)	10.424,7122
Índice de Acidificação (IA)	6.667,795
Índice de Eutrofização (IE)	0,0092
Índice de Consumo de Energia (ICE)	16.323,6365
Índice de Oxigênio Dissolvido (IDOD)	0,0333
Índice de Pressão Ambiental (IPA)	10.128,9919

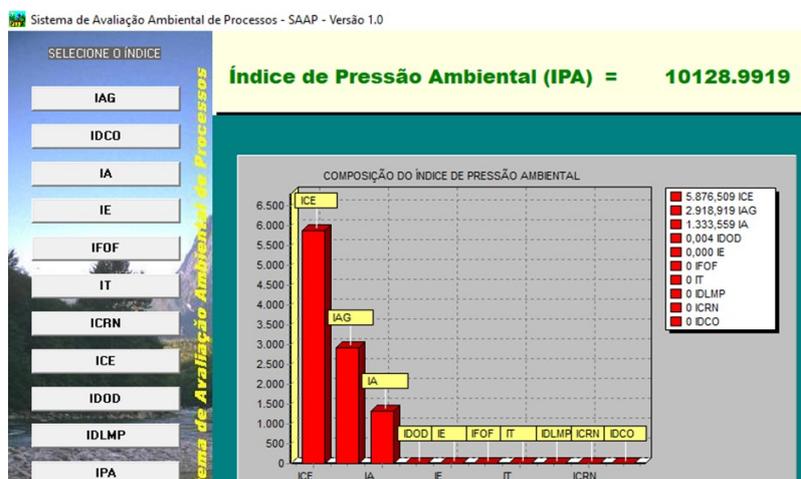


Figura 4: Cálculo do índice de Pressão Ambiental no SAAP.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

O presente trabalho demonstrou os principais pontos de maior vulnerabilidade nos processos que influenciaram negativamente o valor do Índice de Pressão Ambiental (IPA), entre eles pode-se citar os seguintes índices: ICE, IAG e IA. Os índices citados se relacionam principalmente com o consumo de energia nas linhas de produção e o gás natural nos fornos da fábrica e a consequente, geração de gases como o dióxido de enxofre (SO₂) nos processos produtivos do empreendimento. Dessa forma, verifica-se a necessidade da elaboração de programas de medidas mitigatórias e compensatórias dos impactos ambientais gerados, como por exemplo a utilização da biomassa oriunda do processo de manejo da cana-de-açúcar como fonte de combustível alternativo e a implantação de placas fotovoltaicas para redução no consumo de energia. Ressalta-se, que os cálculos dos índices oriundos do *software* SAAP poderão ser utilizados para comparar o impacto ambiental das linhas de produção entre as fábricas do empreendimento localizadas em todo Brasil, de forma a criar um indicador ambiental e definir metas para redução do índice de pressão ambiental nos setores produtivos.

CONCLUSÕES

O presente estudo demonstrou a grande aplicabilidade do *software* SAAP no mapeamento das vulnerabilidades relacionadas a geração de impactos ambientais oriundas dos processos produtivos em uma indústria. A indústria em análise com o auxílio do cálculo dos índices, verificou que os altos valores dos índices (ICE, IAG e IA) responsáveis pelos principais impactos ambientais residem no alto consumo de energia e gás natural nos processos produtivos. Dessa forma, o emprego da biomassa oriunda do processo de manejo da cana-de-açúcar da região e a instalação de placas fotovoltaicas no empreendimento podem atenuar os impactos ambientais ao meio.

Recomenda-se, a utilização dos índices do *software* SAAP para efeito de comparação nas linhas de produção das fábricas do mesmo empreendimento localizadas em todo Brasil, com o objetivo de tornar a gestão dos impactos ambientais mais homogênea, aplicável e efetiva.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. DELAVY, D. L. Gestão Ambiental e Avaliação da Sustentabilidade por meio das Práticas de P+L Baseado nos Indicadores do BSC - Balanced Scorecard. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental). Área de Concentração Gestão e Tecnologia, Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC, Santa Cruz do Sul, 2009.
2. HENRI, J. F.; M. JOURNEAULT. Environmental performance indicators: An empirical study of Canadian manufacturing firms. *Journal of Environmental Management*. Elsevier. N. 87, p. 165-176, 2008.



SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO
DE ENGENHARIA SANITÁRIA
E AMBIENTAL



3. HERVA, M., FRANCO, A., FDEZ-CARRASCO, E., Roca, E. (2008). *The ecological footprint of production processes as indicator of sustainability*. *Ingeniería Química*, v. 460, pp. 180-186.
4. SANTOS, L. M. M., Avaliação Ambiental de Processos Industriais. Minas Gerais, Ed. ETFOP, 2002
5. SOARES, D. C.; PIMENTA, H. C. D. *Auditoria de Sistema de Gestão Ambiental: Aplicação em uma indústria alimentícia em Natal/Rn*. *RGSA*, v. 51.162, 2011.