

LEANDRO BIEZUS RISSATO

**ANÁLISE DE CICLO DE VIDA EM UMA
EMPRESA DO SETOR PETROQUÍMICO**

São Carlos

2012

LEANDRO BIEZUS RISSATO

ANÁLISE DE CICLO DE VIDA EM UMA EMPRESA DO SETOR PETROQUÍMICO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
à Escola de Engenharia de São Carlos da
Universidade de São Paulo

Curso de Engenharia Elétrica com Ênfase em
Sistemas de Energia e Automação

ORIENTADOR: Prof. Dr. Marcelo Seido Nagano

São Carlos

2012

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTA TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Atendimentos ao Usuário do Serviço de
Biblioteca – EESC/USP.

R596a Rissato, Leandro Biezus
Análise de ciclo de vida em uma empresa do setor
petroquímico. / Leandro Biezus Rissato; orientador
Marcelo Seido Nagano. São Carlos, 2012.

Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica com
ênfase em Sistemas de Energia e Automação) -- Escola de
Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo,
2012.

1. Análise de ciclo de vida. 2. Petroquímica. 3.
Sustentabilidade. 4. Estratégia. I. Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome: Leandro Biezu Rissato

Título: "Análise de Ciclo de Vida em uma Empresa do Setor Petroquímico"

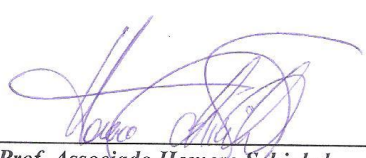
Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado
em 25/06/2012,

com NOTA 7,8 (sete, oito), pela comissão julgadora:


Prof. Dr. Marcelo Seido Nagano (Orientador) - EESC/USP


Prof. Assistente Carlos Goldenberg - EESC/USP


Prof. Dr. Fernando César Almada Santos - EESC/USP


Prof. Associado Homero Schiabel
Coordenador da CoC-Engenharia Elétrica
EESC/USP

Agradecimentos

Ao Professor Doutor Marcelo Seido Nagano, pelo apoio incondicional oferecido desde o momento de escolha do tema de estudo até a conclusão do trabalho.

À minha família, que me mostrou o caminho para chegar até onde estou hoje e nunca deixou de me incentivar a evoluir profissionalmente. Os valores que me ensinaram e a experiência compartilhada foram fatores fundamentais para meu progresso durante a graduação, e continuarão sendo essenciais para toda minha vida.

Aos meus amigos e colegas, por me mostrarem como o trabalho em grupo e o espírito de equipe são determinantes no caminho para o sucesso.

À Escola de Engenharia de São Carlos e à Universidade de São Paulo, instituições que não medem esforços para fornecer o melhor aos alunos e ajudá-los a cumprirem seus objetivos.

SUMÁRIO

Resumo	xi
Abstract	xiii
LISTA DE FIGURAS	xv
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	xvii
1 Introdução	19
1.1 Objetivos do Trabalho	20
1.2 Método de Pesquisa	20
1.3 Estrutura do trabalho	20
2 Análise de Ciclo de Vida	21
2.1 Histórico	21
2.2 ACV no Brasil	22
2.3 O Conceito de Ciclo de Vida	23
2.4 Etapas do estudo de ACV	24
2.4.1 Definição do Objetivo e Escopo	25
2.4.2 Análise de Inventário	27
2.4.3 Avaliação do Impacto	28
2.4.4 Interpretações	30
3 ACV em uma Empresa Petroquímica Brasileira	31
3.1 Perfil da Empresa	32
3.1.1 Estrutura Organizacional	32
3.1.2 Visão e Estratégia	33
3.2 Utilização da Análise de Ciclo de Vida Pela Empresa	35
3.2.1 Primeiros Contatos com a ACV	35
3.2.2 Capacitação das Equipes e Estudos Piloto	36
3.2.3 Evolução dos Estudos e Comunicação Externa	38
3.2.4 ACV na Estratégia da Empresa Petroquímica	41
4 Conclusões	44
Referências Bibliográficas	46

Resumo

RISSATO, L. B. (2012). *Análise de Ciclo de Vida em uma empresa do setor petroquímico*. Trabalho de Conclusão de Curso – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2012.

Com a disseminação do conceito de sustentabilidade e de fatores que evidenciam os danos causados ao meio ambiente pelo ser humano, pessoas jurídicas buscam constantemente formas de otimizar sua utilização de recursos naturais. A Análise de Ciclo de Vida é um estudo que aponta os impactos ambientais de um produto, sendo assim extremamente útil para empresas que visam melhorias sustentáveis em suas operações. Este trabalho procura identificar e analisar de que formas a ACV é usada por uma empresa brasileira do setor petroquímico. Foi realizada uma revisão bibliográfica que contribuiu para a elaboração da definição do conceito e etapas da ACV, além da observação de sua empregabilidade em casos gerais. Uma empresa nacional do setor petroquímico foi estudada de maneira que sua visão e sua estratégia de negócios foram pesquisadas para mostrar como o uso da ACV influenciou a companhia ao longo do tempo e qual a importância da ferramenta para a empresa atualmente. A pesquisa foi desenvolvida durante o período em que o autor ocupou o cargo de estagiário na área de Planejamento Estratégico da Empresa Petroquímica Brasileira. Como a maioria dos dados utilizados para realização da pesquisa são confidenciais, muitos destes não puderam ser incluídos no trabalho.

Palavras Chave: Análise de Ciclo de Vida, Petroquímica, Sustentabilidade, Estratégia

Abstract

RISSATO, L. B. (2012). *Life Cycle Analysis in a petrochemical company*. Dissertation, Graduation – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2012.

With the spread of the concept of sustainability and the factors that damage the environment by humans being more and more highlighted, corporations are constantly seeking ways to optimize their use of natural resources. The Life Cycle Analysis is a study that shows the environmental impacts of a product, and thus is extremely useful for companies that seek sustainable improvements in their operations. This paper seeks to identify and analyze the ways in which LCA is used by a company in the petrochemical sector. A literature review that contributed to the elaboration of the definition of the concept and steps of the LCA was performed, and its employability in general cases was observed. A national company in the petrochemical sector was studied so that its vision and business strategy were surveyed to show how the use of LCA influenced the company over time and how important the tool is for business today. The research was conducted during the period in which the author served as an intern in the area of Strategic Planning of the Brazilian Petrochemical Company. Most of the data used to perform the research is confidential; therefore much of it could not be included in the study.

Keywords: Life Cycle Analysis, Petrochemical, Sustainability, Strategy

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Representação simplificada do ciclo de vida de um produto	23
Figura 2.2 - Estrutura de ACV (Fonte: ISO 14040, 2001)	25
Figura 2.3 - Exemplo de um sistema (produção de polietileno) com as fronteiras delimitadas	26
Figura 2.4 - Exemplo de uma unidade de processo genérica	27
Figura 2.5 - Sub-etapas da AICV (Fonte: TAKEDA (2008))	29
Figura 3.1 - Resultado da análise de ecoeficiência: situação sem incinerador (Fonte: Empresa Petroquímica Brasileira, 2004)	37
Figura 3.2 - Resultado da análise de ecoeficiência: situação com incinerador (Fonte: Empresa Petroquímica Brasileira, 2004)	37
Figura 3.3 - Resultado da análise de ecoeficiencia do PE Verde (Fonte: Relatório Estudo de Ecoeficiência Sacolas de Supermercado Fundação Espaço Eco, 2008)	39
Figura 3.4 - Matriz de ecoeficiencia de sacolas plásticas (Fonte: Relatório Estudo de Ecoeficiência Sacolas de Supermercado Fundação Espaço Eco, 2008)	39
Figura 3.5 - Resultado da ACV <i>packless</i> (Fonte: Empresa Petroquímica Brasileira)	41

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABCV	Associação Brasileira de Ciclo de Vida
ACV	Análise de Ciclo de Vida
REPA	Resource and Environmental Profile Analysis
MRI	<i>Midwest Research Institute</i>
ISO	International Standardizing Organization
SETAC	Sociedade Internacional para a Química e Toxicologia Ambiental
PE	Polietileno
PP	Polipropileno
PVC	Policloreto de Vinila
GANAP	Grupo de Apoio à Normalização
ABCV	Associação Brasileira de Ciclo de Vida
ETBE	Éter Etil Terbutílico
MTBE	Éter Metil Terbutílico
GEE	Gás de Efeito Estufa
DFE	Design for Environment
LCT	<i>Life Cycle Thinking</i>

1 Introdução

O conceito de sustentabilidade vem ganhando cada vez mais relevância na medida em que é amplamente difundido pela sociedade através da mídia, e se tornou foco de muitas discussões e debates em organizações ao redor do globo. O contexto mundial em que vivemos, onde os efeitos negativos da interferência do homem na natureza são inegavelmente mais perceptíveis que no passado, onde o processo de esgotamento de fontes de energia fósseis acontece de forma cada vez mais acelerada, e onde regulamentações ambientais são frequentemente impostas por governos e autoridades, faz com que empresas adotem diversas práticas para alinhar sua estratégia de negócios com um modelo de desenvolvimento sustentável. Gestores devem tomar suas decisões não apenas baseados em questões econômicas e projeções financeiras, mas também no impacto ambiental que as escolhas irão causar, já que as metas de crescimento de uma companhia estão sendo fortemente associadas aos esforços de redução dos efeitos nocivos ao meio ambiente. Empresários buscam a geração de lucro, mas também procuram garantir que um número cada vez maior de práticas sustentáveis seja adotado.

A Análise de Ciclo de Vida é uma ferramenta que fornece apoio às companhias que precisam fazer escolhas baseadas no desenvolvimento sustentável. Através da utilização da ACV, engenheiros podem observar como cada produto em seu pipeline de projetos interfere no ambiente: seja em seu processo de fabricação, durante sua utilização ou no momento de seu descarte, para assim escolher qual o mais sustentável. Uma companhia que emprega a Análise de Ciclo de Vida em seus estudos tem a oportunidade de melhorar sua produtividade e de se manter competitiva ao mesmo tempo em que aumenta a sua eficiência na utilização de recursos e minimiza os danos ao meio ambiente. Fundamentalmente, a ACV pode melhorar o desempenho de uma empresa, aumentar sua credibilidade e criar valor para o acionista, além de disseminar o conceito de sustentabilidade para clientes e fornecedores e melhorar sua imagem frente à sociedade.

1.1 Objetivos do Trabalho

O principal objetivo deste trabalho é analisar as formas de que a ferramenta de Análise de Ciclo de Vida pode ser usada para contribuir para o desenvolvimento sustentável em um caso prático de uma empresa nacional do setor petroquímico. Também objetiva-se observar como o conceito de ACV foi sendo introduzido na estratégia de negócios da empresa ao longo dos anos e como isso favoreceu a difusão da conscientização a respeito do desenvolvimento sustentável dentro e fora da companhia, além de identificar tendências para a utilização da ACV pela empresa no futuro.

1.2 Método de Pesquisa

Este trabalho foi desenvolvido durante o período em que o autor ocupou o cargo de estagiário na área de Planejamento Estratégico da Empresa Petroquímica Brasileira. Na pesquisa realizada durante o estudo houve forte integração com diversos integrantes de das áreas de Sustentabilidade, Inovação e Tecnologia, Marketing e Produtos Verdes, o que possibilitou o acesso a fontes de informação, relatórios, e dados da indústria, além da participação de um workshop com participação de membros acadêmicos.

1.3 Estrutura do trabalho

Este trabalho está dividido em quatro capítulos principais, sendo que o primeiro é focado em demonstrar o contexto no qual o estudo está inserido e introduzir os conceitos mais relevantes, além de descrever seus objetivos e sua estrutura. No capítulo 2, uma revisão bibliográfica sobre Análise de Ciclo de Vida é feita para melhor entendimento de sua estrutura e funcionamento, bem como de seu histórico de utilização ao redor do mundo. O terceiro capítulo apresenta a empresa petroquímica estudada, identifica sua estratégia em relação à sustentabilidade, explica como a empresa utilizou a ACV ao longo dos anos e qual a importância da ferramenta para a empresa nos dias hoje, além de traçar paralelos com a literatura e analisar como a teoria foi aplicada em uma situação real. Por fim, no capítulo 4 são apresentadas as conclusões e pensamentos finais sobre os resultados do trabalho e tema escolhido.

2 Análise de Ciclo de Vida

Análise do Ciclo de Vida é um instrumento de avaliação do impacto ambiental associado a um produto ou processo, compreendendo etapas que vão desde a retirada das matérias-primas elementares da natureza que entram no sistema produtivo (berço) à disposição do produto final, após uso (túmulo). O estudo inclui extração, processamento da matéria prima, manufatura, transporte, distribuição, uso, reuso, manutenção, reciclagem e disposição final. A ACV permite uma visão abrangente dos diversos impactos provocados ao meio ambiente, possibilitando a identificação das medidas mais adequadas do ponto de vista ambiental e econômico para sua minimização, constituindo-se assim numa técnica de gerenciamento ambiental e de desenvolvimento sustentável (CHEHEBE, 1998; JENSEN, 1997; GRAEDEL, 1998; LIMA, 2001).

2.1 Histórico

Os primeiros estudos precursores da ACV no mundo foram realizados pela Coca-Cola em 1969, pelo *Midwest Research Institut* (MRI) nos EUA, com o objetivo de analisar diferentes tipos de embalagens para refrigerantes (garrafa retornável de vidro e garrafa descartável de plástico) e qual apresentava índices menores de emissões. Nos EUA, esse processo de quantificação do uso de recursos e de emissões ficou conhecido como *Resource and Environmental Profile Analysis* – REPA (CHEHEBE, 1998).

Os Repa desempenharam importante papel durante a primeira crise do petróleo, um período durante o qual a sociedade começa a se questionar sobre o limite da extração dos recursos naturais, especialmente de combustíveis fósseis e de recursos minerais. Segundo Christiansen (1996), particularmente entre os anos 1973 e 1975, foram realizados, por encomenda dos governos de diversos países industrializados, estudos detalhados avaliando o potencial energético do planeta que incluíam não apenas um diagnóstico situacional do problema, mas propostas de alternativas ao uso dos combustíveis fósseis.

Após a crise do petróleo, durante a década de 80, alguns estudos foram publicados principalmente na Europa, porém não havia ainda um método ou estrutura teórica comum para que mais organizações adotassem a análise. A falta de bancos de dados amplos e confiáveis e os elevados custos envolvidos na realização de tais estudos contribuíram para que a diminuição do interesse da comunidade científica pelo assunto (KULAY, 2004).

No início da década de 90, com o retorno das discussões sobre sustentabilidade, surgiu o primeiro guia sobre aspectos metodológicos de ACV. A Sociedade Internacional para a Química e Toxicologia Ambiental (SETAC), após diversos fóruns com representantes da comunidade internacional, publicou o SETAC *Guidelines for Life Cycle Assessment – A Code of Practice* em 1993. Este “Código de Prática” foi usado como base para a padronização da metodologia da ACV, dentro da Organização Internacional de Padronização (ISO), que culminou com a publicação da série de normas 14040 (LIMA, 2001).

A SETAC continuou formando parcerias e criando iniciativas para colocar o conceito de ciclo de vida em prática em todo o mundo, tanto em países industrializados quanto naqueles em desenvolvimento, e melhorar as ferramentas de apoio a partir de melhores dados e indicadores de impacto. Em 2006, a ISO publicou a segunda edição das normas de ACV (14040 e 14044), com o objetivo de melhorar a legibilidade e remover erros e outras inconsistências.

2.2 ACV no Brasil

Trabalhos sobre ACV no Brasil tiveram início com a criação do Grupo de Apoio à Normalização (GANNA) junto à Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) em 1993. Como resultado, em 1998 foi lançado o primeiro livro “Análise de ciclo de vida de produtos: ferramenta gerencial da ISO 14000”, de José Ribamar Chehebe, militante da área ambiental que detinha laços tanto com a academia quanto com o meio empresarial e fazia parte do GANNA.

Empresas e demais instituições brasileiras tiveram interesse pela ACV para avaliação de processos produtivos com ênfase ambiental, com o lançamento em novembro de 2001 da primeira norma ISO da série 14040 (NORMAS BRASILEIRAS - NBR ISO 14040, 2001) traduzida pela ABNT (RIBEIRO, 2009). Com a necessidade da divulgação e do desenvolvimento e uso da ferramenta ACV no Brasil e também para a criação de um inventário nacional, foi criada a Associação Brasileira do Ciclo Vida (ABCV) no final de 2002. Aberta à manifestação dos diversos segmentos da sociedade,

essa instituição tem por missões a construção do banco de dados nacional para realização de estudos de ACV, a formação de massa crítica capacitada à sua prática e a manutenção dos vínculos com a comunidade internacional envolvida com o tema (KULAY, 2004).

2.3 O Conceito de Ciclo de Vida

O conceito de ciclo de vida é baseado na premissa de que os produtos têm um berço (extração de recursos para a fabricação do produto) e um túmulo (descarte final, quando o produto não tem mais pode servir a sua função), e entre eles está contido o processo de manufatura, uso e reuso e reciclagem do produto, ou seja, os produtos são feitos a partir de matérias-primas, transportados, utilizados e, eventualmente, eliminados. Durante cada fase do ciclo de vida, produtos e processos interagem com o ambiente (substâncias são extraídas, modificadas, e adicionadas; terra é utilizada, e as substâncias são emitidas). A filosofia de ciclo de vida considera as implicações das ações do berço ao túmulo e reconhece que as responsabilidades de organizações não estão limitadas a estas fases do ciclo de vida em que estão diretamente envolvidos (ELCOCK, 2007).

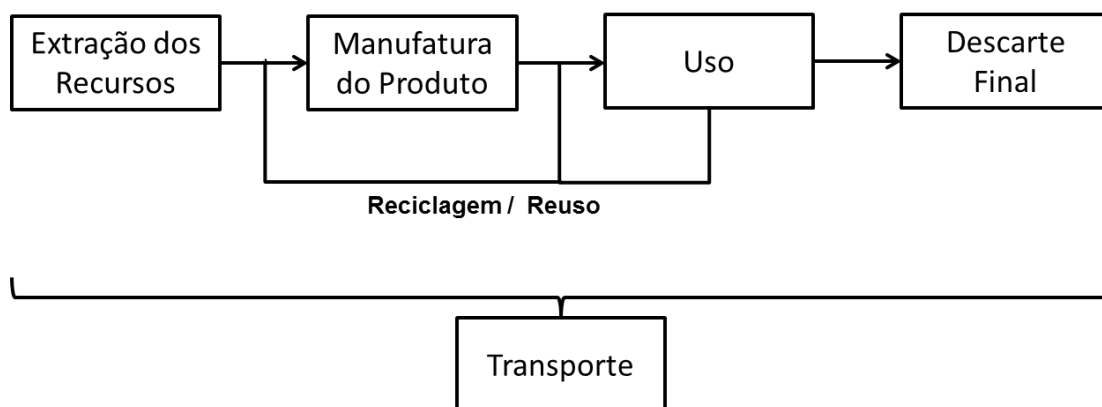


Figura 2.1 – Representação simplificada do ciclo de vida de um produto

A reflexão da sociedade em relação à atitude preventiva trouxe a conscientização de um aspecto ligado ao desenvolvimento sustentável. Rejeitos materiais e energéticos são gerados a partir do consumo e da transformação de recursos naturais em bens e serviços. Assim, prevenir a disposição de rejeitos significa não apenas reduzir níveis de poluição, como também minimizar consumo de recursos naturais materiais e energéticos. Além disso, lembrando que o manuseio de recursos,

como o tratamento e a disposição de rejeitos, implicam custos para qualquer organização, a redução das perdas do processo produtivo se traduz em economia de capital.

A evolução dessa linha de pensamento, juntamente com o fenômeno da globalização, originou uma abordagem que amplia o foco de atuação para além da unidade individual de cada organização. A chamada *Life Cycle Thinking* (LCT), pode ser entendida como a consciência de que o bom desempenho ambiental de uma unidade isolada da cadeia produtiva não é suficiente para garantir que a mesma tenha sua sustentabilidade garantida; essa condição será atingida apenas se a totalidade dos elos dessa cadeia apresentarem desempenho ambiental adequado (SONNENMAN, 2002)

Algumas empresas agora adotam o conceito de ciclo de vida, entendendo que os impactos dos produtos não se restringem apenas aos processos de fabricação, mas tem também impactos ambientais associados ao seu uso e descarte. Melhorias na concepção do produto podem trazer tanto benefícios econômicos ao longo do seu ciclo de vida (menor geração de resíduo, substituição de produtos perigosos), quanto organizacionais (vantagem competitiva).

2.4 Etapas do estudo de ACV

Embora existam muitas definições, a ACV é essencialmente constituída por uma técnica para avaliação dos aspectos ambientais e dos impactos potenciais associados a um produto, compreendendo etapas que vão desde a extração das matérias primas elementares que entram no sistema produtivo (berço), à disposição do produto final (túmulo). A avaliação é feita a partir da visão sistêmica e da perspectiva do deslocamento de uma carga ambiental entre estágios do ciclo de vida identificando pontos negativos e a possibilidade de se evitá-los (FINKBEINER et al., 2006).

A série de normas ISO 14000 auxilia na especificação e definição do método, além de conter protocolos que auxiliam a analisar e elaborar relatórios de estudos de ACV. As versões revisadas e atualizadas das principais normas são as seguintes:

ISO 14040 – Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura. Esta norma define os principais termos do processo, descrevendo e determinando princípios gerais na definição de objetivo e escopo, análise de inventário, avaliação de impactos e interpretação. Descreve os critérios de confecção de relatórios e análises. A forma como a divisão de etapas é feita não é detalhada e a metodologia aplicada não é especificada.

ISO 14044 – Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida – Requisitos e orientação. Esta norma apresenta a fase de análise de inventário do ciclo de vida (ICV), em que são levantados os dados referentes a insumos, gastos energéticos e emissões durante o ciclo de vida do produto. Apresenta também a fase de avaliação do impacto do ciclo de vida (AICV), em que são caracterizados os impactos ambientais relacionados ao objeto de estudo e a fase de interpretação que apresenta os resultados partindo de uma revisão crítica do estudo, confrontando com os objetivos descritos no princípio da análise.

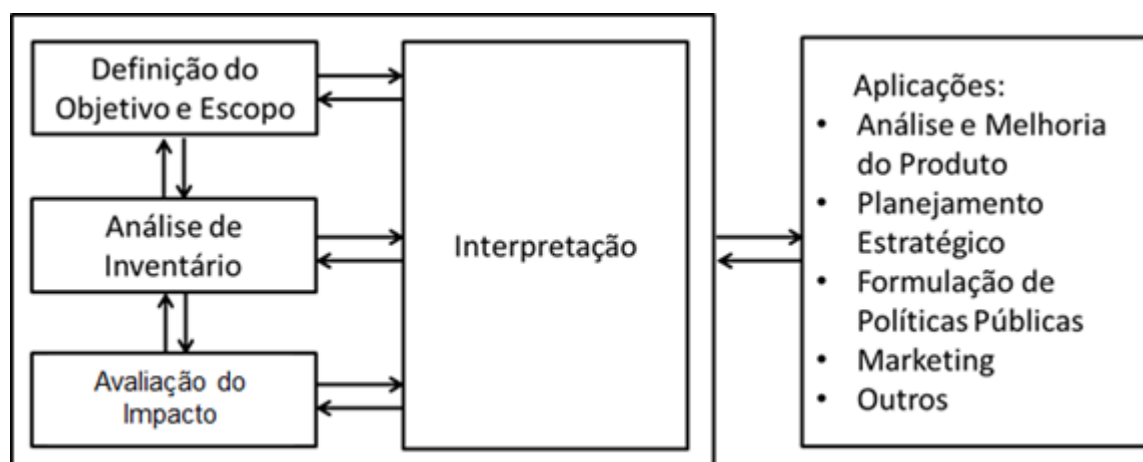


Figura 2.2 – Estrutura de ACV (Fonte: ISO 14040, 2001)

2.4.1 Definição do Objetivo e Escopo

O primeiro passo na Análise de Ciclo de Vida compreende a definição de um objetivo de forma clara e consistente para que a aplicação da metodologia seja viável. Além disso, as razões para condução do estudo e o público-alvo também devem estar claramente definidos (ELCOCK, 2007). O objetivo não deve ser provar que um produto é mais sustentável que outro, e sim gerar informações que possam ajudar na tomada de decisões.

Segundo a norma ISO 14041, na definição do escopo de um estudo da ACV devem ser considerados e claramente descritos alguns itens.

O primeiro deles é o conjunto de função do sistema (finalidade para a qual o produto estudado se destina), unidade funcional (uma medida que permite a quantificação da função definida) e o fluxo de referência (referência em relação a qual os dados de entrada e saída serão normalizados).

Também deve constar nesta primeira etapa do estudo de ACV o sistema de produto a ser estudado e suas fronteiras, que definem quais processos elementares ou subdivisões dos sistemas de produto dentro do fluxo produtivo serão incluídas no sistema a ser modelado. As fronteiras do sistema viabilizam os estudos de ACV, pois restringem os impactos causados pela manufatura do produto que serão considerados na análise a apenas aqueles mais importantes, e deixando de fora impactos indiretos causados pelas ramificações da produção e pelos coprodutos. Para facilitar a identificação de entradas e saídas, o sistema deve ser dividido em processos elementares e os limites devem ser determinados de acordo com o grau de detalhamento necessário ao estudo (HINZ, 2007).

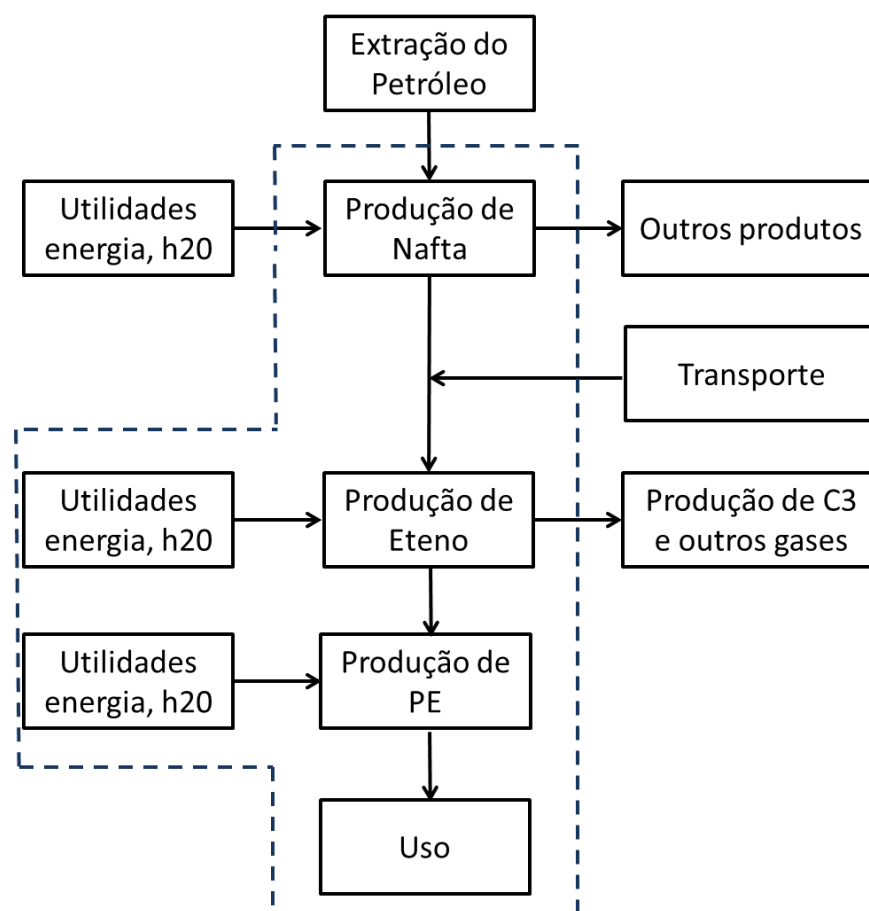


Figura 2.3 – Exemplo de um sistema (produção de polietileno) com as fronteiras delimitadas

Outro item importante na definição do escopo são os procedimentos de alocação, necessários quando se lida com sistemas que envolvem produtos múltiplos. Os fluxos de materiais e de energia, assim como as liberações ao ambiente associadas, devem ser alocados aos diferentes produtos, de acordo com procedimentos claramente estabelecidos.

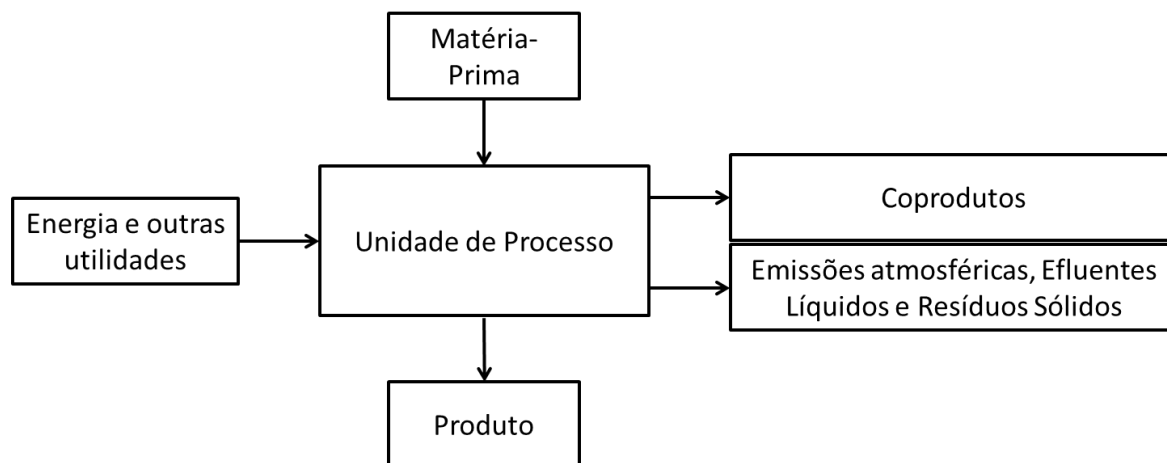


Figura 2.4 – Exemplo de uma unidade de processo genérica

Além das sub-etapas citadas, é importante também mencionar os tipos de impacto e metodologia de avaliação de impacto e interpretação subsequente que serão usados, os requisitos dos dados, a análise crítica, o tipo e formato do relatório requerido para o estudo. Os resultados da ACV devem ser relatados ao público-alvo de forma fiel, completa e exata.

2.4.2 Análise de Inventário

A Análise de Inventário representa a identificação e quantificação de todas as interações entre o ciclo de vida do produto e o meio ambiente. Conforme a norma ISO 14041, a análise de ICV envolve a coleta de dados e os procedimentos de cálculo, a fim de quantificar: as entradas de energia, de matéria-prima, auxiliares e outras entradas físicas; e os produtos e as emissões atmosféricas, os efluentes líquidos, os resíduos sólidos e outros aspectos ambientais.

O início dessa etapa envolve a coleta de dados primários e secundários, medidos junto ao processo elementar em estudo e obtidos em outras fontes de referência, respectivamente. Os dados podem ser retirados de um processo elementar de uma instalação, de um processo de várias instalações ou ainda uma média da indústria (amostragem representativa dos processos que representam o “mix” de tecnologia).

Além da cobertura, (ou abrangência) tecnológica, explorada no parágrafo anterior, outros parâmetros referentes à coleta de dados devem ser observados como a cobertura temporal (idade desejada dos dados e o período mínimo de tempo indicado para a coleta dos dados de amostragem) e cobertura geográfica (área indicada para a

coleta dos dados dos processos elementares, a fim de serem geograficamente compatíveis com os objetivos do estudo).

É importante lembrar que os dados coletados devem ser constantemente avaliados em relação à precisão, representatividade (avaliação qualitativa do grau com que os dados refletem o valor verdadeiro das coberturas temporal, tecnológica e geográfica), consistência da aplicação da metodologia e finalmente reprodutibilidade (o quão terceiros conseguiriam reproduzir os dados).

Após a coleta de dados, a próxima etapa é a correlação destes à unidade funcional. Os dados devem ser selecionados ou organizados em categorias como: materiais, energia, emissões e outros. Deve-se sempre lembrar que a organização depende do objetivo proposto pelo estudo. Os fluxos de entrada e saída de energia devem ser quantificados em unidade de energia e massa e volume de materiais da mesma forma, ou seja, quantificados em unidades específicas de massa e volume. A preparação da coleta de dados deve ser feita de forma a assegurar que as informações solicitadas sejam bem claras. Assim, a documentação em que os dados coletados serão alçados deve ser de simples entendimento, pois será feita durante a pesquisa de campo (CHEHEBE, 1998).

2.4.3 Avaliação do Impacto

Após a etapa de coleta de dados, validação e quantificação, deve-se relacionar o inventário de aspectos ambientais com os problemas ambientais deles decorrentes. Para isso, são selecionadas categorias de impacto em que se utilizam indicadores para quantificar emissões, uso de recursos e demais impactos de acordo com as categorias escolhidas.

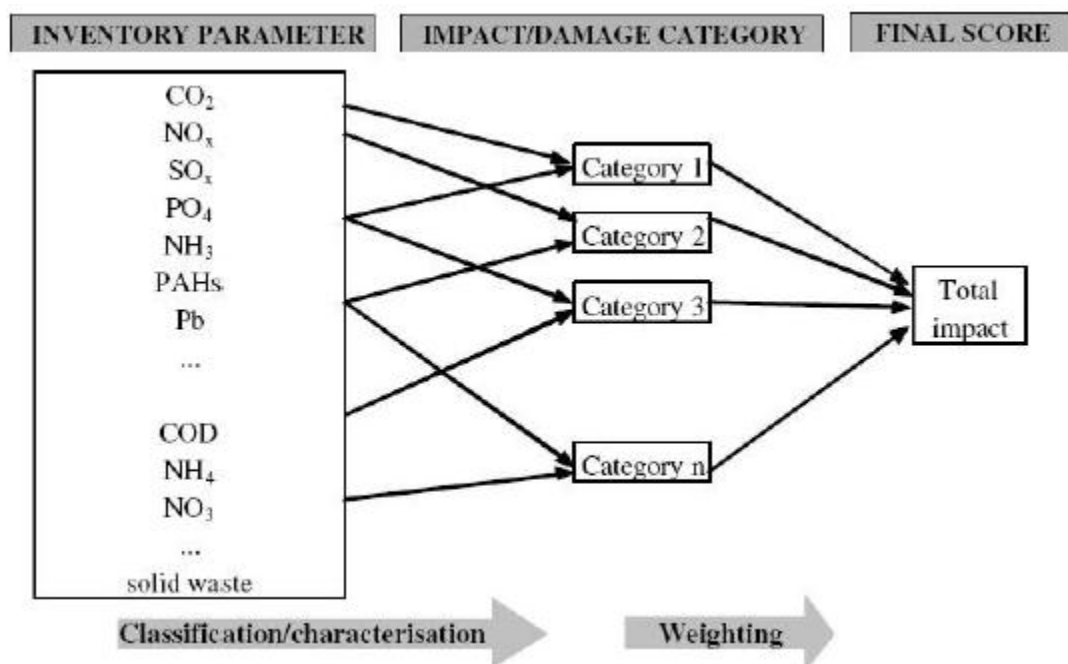


Figura 2.5 – Sub-etapas da AICV (Fonte: TAKEDA (2008))

Segundo a ISO 14040, a avaliação de impacto é, geralmente, constituída por três elementos.

O primeiro deles é a seleção das categorias, onde categorias de impacto ambiental são escolhidas dependendo do efeito no meio ambiente que o estudo deseja explorar. Cada categoria engloba uma série de emissões ao meio ambiente e cabe àquele que conduz o estudo de ACV decidir qual é a mais significativa, ou mais significativas, para cada caso. As principais categorias são:

- Potencial de aquecimento global (aumento da radiação térmica junto à superfície do globo, que eleva sua temperatura podendo trazer desequilíbrios ecológicos, devido principalmente à crescente quantidade de CO_2 , óxido nitroso (N_2O), metano (CH_4), aerossóis e outros gases na atmosfera terrestre, os quais impedem a dispersão dos raios solares que atingem o planeta);
- Potencial de formação fotoquímica de ozônio troposférico (óxidos de nitrogênio reagem com substâncias voláteis pela ação de raios ultravioletas, gerando oxidantes fotoquímicos que por sua vez criam nevoeiros, reduzindo a taxa de luminescência solar e dificultando a fotossíntese);
- Potencial de acidificação do meio (aumento da acidez do solo ou da água devido à liberação de óxidos de nitrogênio e enxofre, podendo causar efeitos nocivos em plantas, seres humanos, animais e também em edificações);

- Potencial de eutrofização (o aumento de nutrientes, principalmente em meios aquáticos, provoca o crescimento populacional de microrganismos e, por consequência, a diminuição da taxa de oxigênio necessária aos peixes e outros organismos vivos);
- Potencial de ecotoxicidade (danos causados à fauna e à flora por substâncias tóxicas, em meio aquático ou terrestre);
- Potencial de toxicidade humana (contaminação por exposição a substâncias tóxicas liberadas em atividades antrópicas. O valor do potencial de toxicidade humana (PHT) para uma dada substância é medido como a massa do corpo humano que estaria exposta ao limite toxicológico aceitável por 1 kg de substância).

A segunda sub-etapa é a classificação, onde os dados do inventário, (as emissões atmosféricas, os efluentes líquidos, os resíduos sólidos e outros aspectos ambientais, todos já quantificados e alocados) são classificados e agrupados nas determinadas categorias.

Por fim, tem-se o terceiro elemento da AICV, a Caracterização, onde os dados atribuídos a cada categoria são normalizados de forma que todos os impactos sejam medidos em relação ao efeito de uma referência, como por exemplo, o potencial de aquecimento global (categoria que engloba diferentes tipos de gases, como CO₂, CH₄ e N₂O), que pode ser medido em relação ao efeito da emissão de 1 kg de CO₂.

2.4.4 Interpretações

Essa é a fase da ACV em que os resultados obtidos nas fases anteriores são avaliados de acordo com os objetivos propostos no início da análise. Embora todo o processo de levantamento de dados, montagem de fluxos de massa e energia e cálculo de impacto já tenham sido executados, a interpretação constitui uma fase de grande importância no estudo ACV. É nela que são conferidos e avaliados os resultados de forma que pontos críticos sejam identificados, possibilitando a implementação de estratégias de melhorias como substituição e recuperação de materiais e a reformulação ou substituição de processos, visando à preservação ambiental (VALT, 2004).

Na fase de interpretação deve-se identificar os pontos significativos baseados nos resultados do estudo tais como emissões, energia e outros. Deve-se também assegurar que toda a informação relevante para a interpretação esteja completa, verificando se os resultados são afetados pela incerteza durante a aplicação de métodos ou cálculos. Por fim, verificar se as conclusões estão consistentes com os requisitos do objetivo e âmbito do estudo, incluindo, em particular, requisitos de qualidade dos dados, suposições e valores pré-definidos (RIBEIRO, 2009).

3 ACV em uma Empresa Petroquímica Brasileira

Nos meados da década de 1970, as empresas utilizavam como primeira solução aos problemas ambientais práticas como o tratamento de esgoto e incineração, as denominadas tecnologias de “fim de tubo”. Segundo a ISO 14062, norma que trata essencialmente de uma técnica para a inserção de ACV no processo de desenvolvimento de produtos (*Design for Environment*, ou DfE), o uso de tais tecnologias pode reduzir a poluição e outros impactos gerados por um produto, entretanto, pode também criar outras fontes de poluição tais como lodo de esgoto, cinzas e resíduos sólidos.

Após a primeira crise do petróleo, empresas começaram a adotar o conceito de ciclo de vida e perceberam que melhorias na concepção do produto podem trazer tanto benefícios econômicos ao longo do seu ciclo de vida (menor geração de resíduo, substituição de produtos perigosos), quanto organizacionais (vantagem competitiva) (SONNEMANN, 2005).

Segundo o Instituto Brasileiro de Ciência e Tecnologia, as empresas priorizam a utilização do estudo de Análise de Ciclo de Vida para as mais variadas aplicações:

- Desenvolvimento de uma avaliação sistemática das consequências ambientais relacionadas a um determinado produto;
- Análise das trocas ambientais associadas com um ou mais produtos ou processos específicos para obter dos tomadores de decisão (estado, comunidade e outros) aprovação para alguma ação planejada;
- Quantificação das emissões de poluentes para o ar, água e terra durante cada estágio do ciclo de vida ou ao processo que mais contribui para essas emissões;
- Avaliação dos efeitos do consumo de materiais e das emissões de poluentes sobre o meio ambiente e sobre o homem, e finalmente;
- Identificação de áreas de oportunidade para atingir uma maior eficiência econômica na concepção e desenvolvimento de produtos.

No setor petroquímico nacional não é diferente. Os polímeros provenientes do petróleo, principais produtos de muitas empresas do setor e cujo desenvolvimento tecnológico tem sido realizado nas últimas décadas, são hoje imprescindíveis tanto para

peessoas físicas como para indústrias. O plástico se mostra presente facilmente na vida doméstica e profissional através de vasos, sacolas, toalhas, embalagens, cortinas, bijuterias, roupas, peças automotivas, fios, cabos e tubulações. Entretanto, fontes do tipo fóssil não são de maneira nenhuma inesgotáveis, e o incessante aproveitamento de suas qualidades vem causando claros sinais de degradação do ecossistema mundial. Além disso, a indústria química é bastante conhecida também pelo altíssimo número de processos e coprodutos que originam destes, portanto existem diversas oportunidades de se aplicar a ACV e buscar alternativas mais sustentáveis nesse meio.

3.1 Perfil da Empresa

A Com atuação no setor químico e petroquímico, a Empresa Petroquímica Brasileira surgiu em 2002 com a integração de seis empresas e é atualmente a maior produtora de resinas termoplásticas polietileno (PE), polipropileno (PP), e policloreto de vinila (PVC), além de insumos químicos básicos, como eteno, propeno, butadieno, benzeno, tolueno, cloro, soda e solventes, entre outros. Juntos, compõem um dos portfólios mais completos do mercado, ao incluir também produtos diferenciados a partir de matérias-primas renováveis.

As unidades industriais da Empresa Petroquímica Brasileira concentram-se no Brasil, nos Estados Unidos e na Alemanha, sendo que nos dois primeiros a companhia também mantém escritórios para condução de seus negócios. Além disso, escritórios e bases comerciais na Argentina, México, Peru, Venezuela, Chile, Colômbia, Holanda e Cingapura permitem maior proximidade com os Clientes do mundo inteiro. A estratégia de negócios da Empresa Petroquímica Brasileira prioriza o atendimento qualificado a Clientes em todo o mundo, tendo como premissa uma atuação responsável e ativa em linha com o desenvolvimento sustentável. Para isso, a empresa conta com uma estrutura com suporte de duas unidades de seu Centro de Tecnologia & Inovação, laboratórios, assistência técnica e uma equipe composta por profissionais multidisciplinares, identificando oportunidades que gerem benefícios para os clientes e a sociedade.

3.1.1 Estrutura Organizacional

As operações da Empresa Petroquímica Brasileira estão estruturadas em três unidades de negócio, que coordenam as áreas industrial, comercial, de marketing, logística, suprimentos, exportação, recursos humanos, planejamento e controladoria.

Cada unidade tem autonomia de decisão para desenvolver seu negócio, focada em seu segmento:

- Unidade de Petroquímicos Básicos: responsável pela primeira geração de petroquímicos, a unidade de petroquímicos básicos produz eteno, propeno, intermediários químicos e aromáticos. O eteno é utilizado, por exemplo, para produzir polietileno e PVC, e o propeno é matéria-prima para o polipropileno. As plantas desta unidade localizam-se na Bahia (Camaçari), no Rio de Janeiro (Duque de Caxias), no Rio Grande do Sul (Triunfo) e em São Paulo (Mauá).

- Unidade de Polímeros: reúne as operações de segunda geração da cadeia petroquímica, com destaque para as resinas polietileno, polipropileno e PVC, além de cloro e soda. Suas unidades fabris estão localizadas nos cinco estados onde a empresa petroquímica brasileira opera: Alagoas (Maceió e Marechal Deodoro), Bahia (Camaçari), São Paulo (Paulínia, Mauá e Cubatão), Rio de Janeiro (Duque de Caxias) e Rio Grande do Sul (Triunfo).

- Unidade de Negócios Internacionais: responsável pela expansão internacional da companhia, incluindo a gestão dos negócios na América do Norte e na Europa, e pela área de Negócios Verdes, cujo objetivo é consolidar as oportunidades em matérias-primas renováveis e biopolímeros.

3.1.2 Visão e Estratégia

A Em 2010, a empresa petroquímica brasileira redefiniu sua visão de longo prazo, formalizando a incorporação dos princípios do desenvolvimento sustentável em sua condução estratégica. Ao final desta década, a companhia quer desempenhar o seguinte papel, no Brasil e no mundo: Ser a líder mundial da química sustentável, inovando para melhor servir às pessoas.

Essa visão, chamada de Visão 2020, associa duas ambições da empresa. Primeiramente, prosseguir na expansão internacional e aproveitar oportunidades de negócios com foco nas Américas, tornando-se um player global cada vez mais importante no setor químico. Ao mesmo tempo, a empresa petroquímica brasileira pretende avançar em sua estratégia para se firmar como referência em química sustentável ao aprimorar a ecoeficiência de suas operações, gerar riqueza de forma responsável para todas as partes interessadas e investir contínua e crescentemente em inovação, o que fortalecerá a criação de soluções para melhorar a qualidade de vida das pessoas. Na visão da empresa, os dois aspectos – negócios e sustentabilidade – estão intrinsecamente relacionados, uma vez que o mercado já valoriza, e tenderá a valorizar

ainda mais, no futuro, as empresas inovadoras, éticas e comprometidas com o desenvolvimento sustentável.

Com o objetivo de criar condições para que a Visão 2020 seja atingida, a empresa petroquímica brasileira definiu três eixos principais de atuação com foco na sustentabilidade:

- Tornar suas operações e fontes de recursos cada vez mais sustentáveis;
- Fortalecer seu portfólio de produtos de forma a torná-lo cada vez mais sustentável, ampliando, por exemplo, a participação dos produtos a partir de matéria-prima renovável;
- Encontrar soluções para uma vida mais sustentável através do desenvolvimento, por meio de pesquisa e inovação, resinas ainda mais úteis, destinadas a novas aplicações de produtos plásticos que contribuam para a qualidade de vida e a sustentabilidade.

Além disso, a Empresa Petroquímica Brasileira definiu sete objetivos para a década, todos eles baseados em fatores determinantes para o desenvolvimento sustentável:

- Ser referência no uso e na produção responsável de produtos químicos no mundo e não utilizar substâncias incluídas em listas negras globais (listas de produtos químicos potencialmente danosos ao homem).
- Alcançar a mesma intensidade de emissões de Gases de efeito estufa que as melhores empresas químicas do mundo e tornar-se um importante sequestrador de emissões indiretas de GEE, através do uso de matérias-primas renováveis.
- Ser referência em uso de recursos hídricos, reutilizando 100% da água nas localidades de estresse hídrico.
- Alcançar a mesma intensidade de consumo energético que as melhores empresas químicas de grande porte no mundo e tornar-se uma importante usuária de energia de fonte reciclável.
- Ser a maior produtora de biopolímeros do mundo.
- Ser percebida pela sociedade como empresa presente e que contribui para melhorar o desenvolvimento humano nas localidades onde mantém projetos.

3.2 Utilização da Análise de Ciclo de Vida Pela Empresa

Este capítulo objetiva identificar a utilização da ACV pela empresa petroquímica brasileira através dos anos, exemplificando o histórico com estudos e situações que demonstrem a evolução do conceito de ciclo de vida dentro da companhia.

3.2.1 Primeiros Contatos com a ACV

As primeiras demandas de estudos de ACV surgiram externamente, no final da década de 90 e no início dos anos 2000, principalmente de clientes internacionais que já tinham mais contato com a metodologia e havia mais experiência com o seu uso. Esses clientes eram principalmente transformadores, que compravam resina da empresa petroquímica brasileira e, após transformá-la no produto final, desejavam deixar claro para o seus clientes que impacto aquele produto causava no meio ambiente. Segundo Tosta (2004), no início dos anos 2000 havia uma expectativa mundial em relação à Rotulagem Ambiental tipo III, norma ISO 14025, que contém uma série de informações ambientais baseados em ACV, de ser utilizada nas relações comerciais *business to business*, porém no Brasil o assunto era ainda muito restrito, e pouquíssimas empresas tinham contato com a ferramenta.

O primeiro contato com o conceito foi interessante e chamou a atenção da empresa petroquímica por chamar a atenção para um olhar mais sistêmico e abrangente da forma como conduzia seus negócios e suas operações, entretanto, houve certo receio quanto à forma como a companhia estava conduzindo os estudos. Segundo Elcock (2007), quando a ACV começou a ser mais usada externamente para fins de marketing, houve problemas em relação a aspectos cruciais como a necessidade de suposições, dados questionáveis e avaliações subjetivas. A falta de transparência fez com que a confiança na Análise de Ciclo de Vida diminuísse por um tempo. A empresa petroquímica brasileira percebeu que precisava capacitar suas equipes antes de passar para a próxima etapa na utilização da ACV, já que não desejava ter sua imagem manchada devido a divulgação de informações inconsistentes ou subjetivas, mas sim oferecer um serviço completo e esclarecedor aos clientes. A preocupação em relação a segurança e confiabilidade dos dados demandados nos estudos também foi um fator importante para que a empresa procurasse se especializar no assunto nos anos seguintes.

3.2.2 Capacitação das Equipes e Estudos Piloto

Pouco contato com análises de ciclo de vida com resultados significativos foram feitos até o ano de 2004, quando a empresa petroquímica se uniu com a Fundação Espaço Eco e começou a desenvolver análises de ecoeficiência após um contato inicial positivo.

No mesmo ano, iniciou-se um processo de capacitação interna envolvendo as equipes de produção da área industrial, com a finalidade de usar os resultados em decisões de investimento. É importante lembrar que nesse período os estudos ainda eram feitos do “berço à porta”, ou seja, não correspondiam processos de reutilização ou reciclagem.

Segundo a norma 14062, o sucesso de integrar aspectos ambientais no desenvolvimento de produtos em uma organização é depende do envolvimento de diversas áreas de uma empresa como: tecnologia e inovação, engenharia industrial, marketing, desenvolvimento sustentável, entre outras. O objetivo é assegurar que todas as funções desempenhadas por essas áreas contribuam para que a sustentabilidade seja agregada em todos os processos do desenvolvimento do produto. Membros da área de inovação devem pesquisar e implementar soluções criativas para o escopo do produto, engenheiros devem estar atentos a viabilidade técnica do processo, a área de desenvolvimento sustentável deve promover workshops e treinamentos para fortalecer a comunicação interna, enquanto a área de marketing promove meios de comunicação externa.

Os primeiros estudos pilotos relacionavam a eficiência ambiental com a eficiência econômica de um projeto de PVC na Bahia com um projeto de PVC genérico no mundo. O objetivo era saber qual alternativa causava mais dano ao meio ambiente: aquela que utilizava um incinerador no processo de fabricação da resina ou aquela que não utilizava.

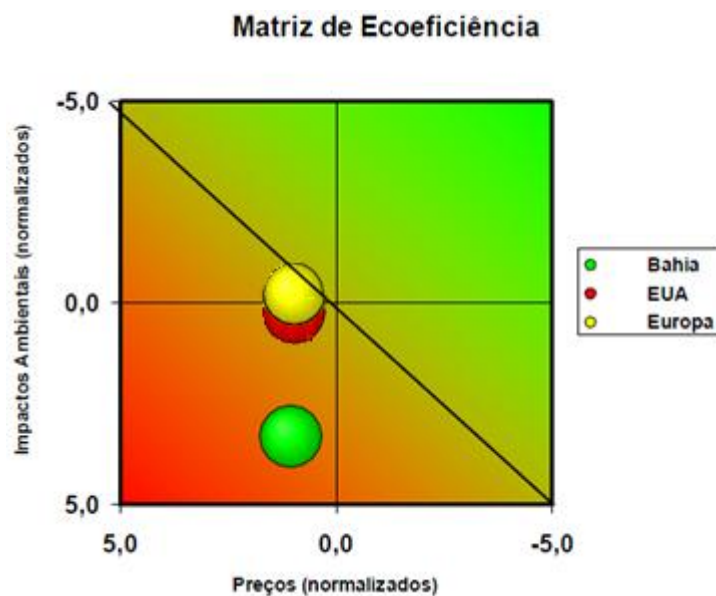


Figura 3.1 - Resultado da análise de ecoeficiência: situação sem incinerador (Fonte: Empresa Petroquímica Brasileira, 2004)

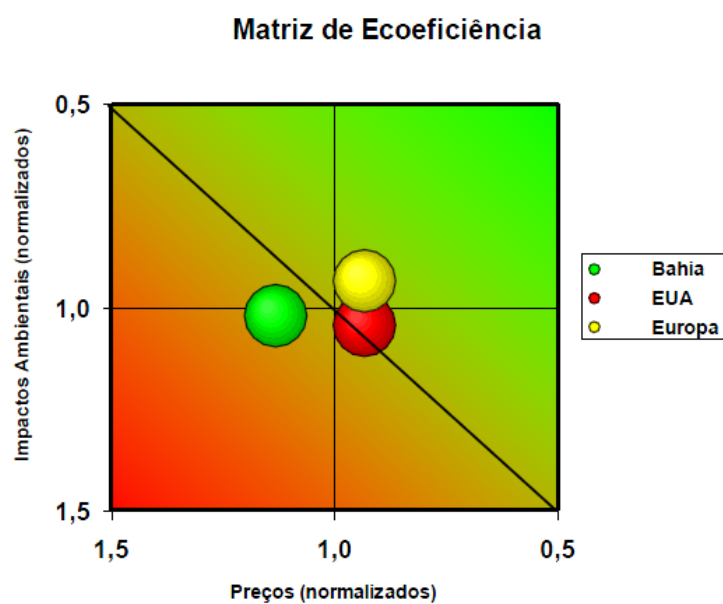


Figura 3.2 - Resultado da análise de ecoeficiência: situação com incinerador (Fonte: Empresa Petroquímica Brasileira, 2004)

No ano de 2006, com o surgimento da estratégia verde e forte introdução do conceito de sustentabilidade na empresa (como descrito no capítulo 3.1.1), novos estudos piloto são feitos e outros são remodelados para atender outro processo ou situação em que pode ser adaptado. A equipe de tecnologia é envolvida no estudo de análise de ciclo de vida para que, junto com a equipe industrial, produza subsídios de estudo.

3.2.3 Evolução dos Estudos e Comunicação Externa

Em 2007, A 1ª ACV concreta conduzida pela empresa petroquímica brasileira foi realizada, após a proposta de substituir o MTBE (Éter Metil Terbutílico) pelo ETBE (Éter Etil Terbutílico) nos processos da companhia ter sido apresentada. O ETBE é um bioaditivo para gasolina, produzido parcialmente com etanol da cana-de-açúcar. O produto, que demandou aproximadamente três anos de pesquisas, é uma inovação que substitui o aditivo tradicional, o MTBE, e reduz os riscos químicos, já que o último é potencialmente cancerígeno e já possui restrições no mercado internacional. Por ser produzido com matéria-prima de fonte renovável, o ETBE evita emissões de CO₂ quando comparado com o MTBE. Através da ACV concluiu-se que para cada tonelada produzida de ETBE evita-se a emissão de 783 Kg de CO₂, o que contribui para mitigação das mudanças climáticas. O resultado alcançado com o estudo permitiu que as plantas da empresa evitassem a emissão de 265.000 toneladas de gás carbônico ao ano em substituição ao MTBE, contribuindo assim para a redução do efeito estufa, além de eliminar a produção de uma substância potencialmente cancerígena. Dessa forma, a empresa petroquímica ficou mais perto de alcançar dois dos seus objetivos citados no capítulo 3,2.1, a redução da emissão de GEEs e a não utilização de substâncias incluídas em listas negras globais em seus processos.

No ano seguinte, em 2008, é realizado a ACV (baseado em dados teóricos), do Polietileno Verde, produto obtido a partir de fonte renovável (ao invés de combustíveis fósseis), o etanol da cana-de-açúcar, e preserva as características de desempenho de um polietileno tradicional, podendo ter utilização imediata nas mesmas aplicações. Na análise ficou constatado que a mudança do processo fóssil para o processo verde resultava na captura e fixação de 2,5 toneladas de gás carbônico por tonelada de PE, ou seja, a primeira planta de polietileno verde promove a captura de 500.000 toneladas de gás carbônico ao ano (o que equivale ao plantio de um milhão de árvores), já que sua capacidade de produção é de 50.000 toneladas de resina por ano. O estudo mostrou também a relação dos impactos ambientais de diversos tipos de sacolas plásticas.

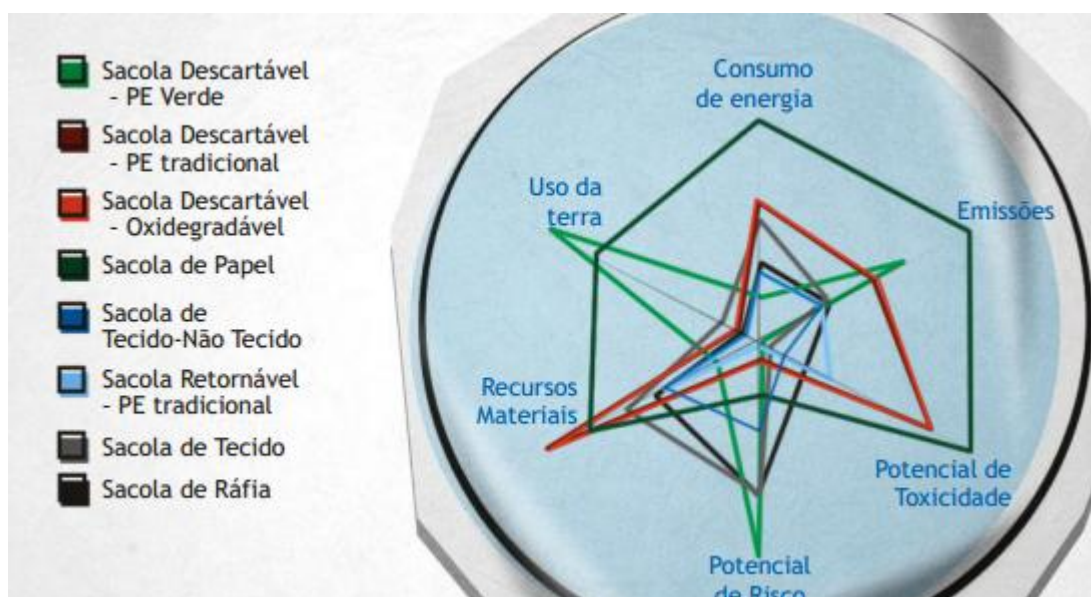


Figura 3.3 - Resultado da análise de ecoeficiência do PE Verde (Fonte: Relatório Estudo de Ecoeficiência Sacolas de Supermercado Fundação Espaço Eco, 2008)

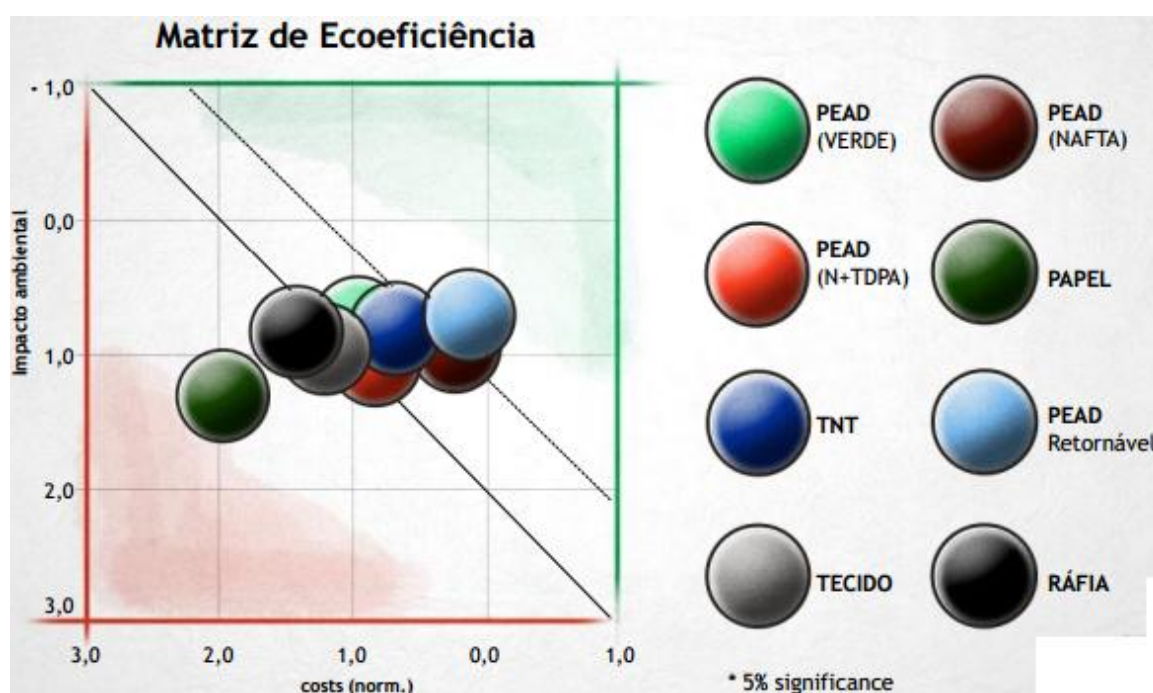


Figura 3.4 - Matriz de ecoeficiência de sacolas plásticas (Fonte: Relatório Estudo de Ecoeficiência Sacolas de Supermercado Fundação Espaço Eco, 2008)

A partir do ano de 2009, O estudo de ACV se torna uma ferramenta de apoio a estratégia de desenvolvimento de mercado e começa a ir além da porta da fábrica para ser comunicado externamente. Estudos mais complexos são feitos, já com o modelo de berço ao berço, considerando a reciclagem e reuso do produto. Com o crescente

envolvimento do pessoal de marketing foram dados os primeiros passos no apoio de relacionamento com os clientes. A comunicação foi difícil no início já que a empresa petroquímica brasileira tinha como objetivo transmitir uma informação de forma simples, mas que mostrasse todo o conceito de sustentabilidade por trás dos números.

Segundo a ISO 14062, a comunicação é parte integrante da incorporação dos aspectos ambientais no desenvolvimento de produtos. A informação externa à organização contribui no aumento do valor agregado para os clientes e na divulgação das propriedades dos produtos. O lançamento do produto no mercado deve incluir a apresentação de informação e comunicação sobre as características do produto de forma clara e objetiva, preferencialmente seguindo normas internacionais.

No primeiro semestre de 2010, antecipando-se ao início da produção de polietileno verde, a empresa petroquímica lançou um selo que identifica um produto como sendo feito a partir de matéria prima renovável, agregando valor ao mesmo. O uso do selo está condicionado ao cumprimento de algumas regras, que levam em consideração a transparência de comunicação e o atendimento a normas internacionais de selos verdes. Tais critérios têm como principal objetivo o uso de uma forte identificação, que transmita credibilidade ao consumidor final, evitando qualquer associação de greenwashing (procedimento de marketing com o objetivo de dar à opinião pública uma imagem ecologicamente responsável dos serviços ou produtos de determinada organização quando esta tem, porém, uma atuação contrária aos interesses e bens ambientais.) aos produtos que utilizarem o polietileno verde da empresa petroquímica brasileira. O selo foi criado para ser simples e direto na comunicação com os diversos públicos, e seu desenvolvimento realça a identidade de produtos que têm em sua essência a relação com a natureza, além de transferir valor para a marca e para o consumidor que busca inserir, em seu dia a dia, a prática do consumo sustentável. De acordo com as regras da companhia, sempre que o selo for utilizado em produtos ou em sua aplicação final, devem ser incluídos o percentual de resina de fonte renovável e a verificação utilizada, ou seja, a inscrição “verificada por ASTM D6866”, norma internacional emitida pela *Beta Analytic*, líder mundial na análise de isótopos de carbono. Para ter direito ao uso do selo, o produto deve ter mais de 51% de conteúdo renovável.

É realizada, em 2010, a análise de ecoeficiência de embalagens do tipo packless na comparação com a embalagem pallet de madeira. Críticas surgem do fato das análises compararem regiões diferentes, impactos ambientais diversos e, portanto utilizar premissas diferente por produto, inviabilizado a relevância do estudo.

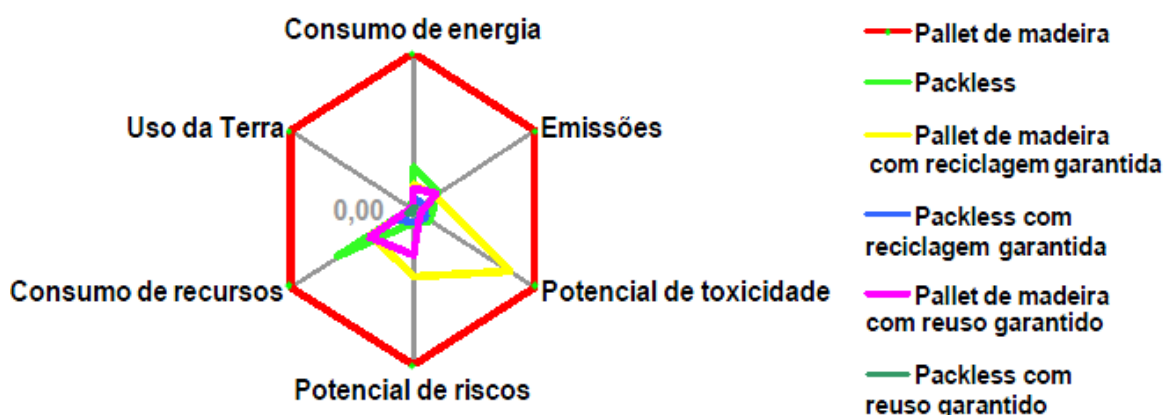


Figura 3.5 - Resultado da ACV *packless* (Fonte: Empresa Petroquímica Brasileira)

Projetos futuros da empresa petroquímica brasileira envolvem uma análise de ciclo de vida que incorpora o pilar social da sustentabilidade, em contraste com a maioria dos estudos de ACV que englobam apenas os pilares econômicos e ambientais. Um estudo atualizado de ACV do PE Verde também está em desenvolvimento, utilizando agora dados reais adquiridos após a partida da planta. Este estudo será validado por um painel acadêmico revisor, e espera-se poder identificar melhorias no processo.

3.2.4 ACV na Estratégia da Empresa Petroquímica

A empresa petroquímica brasileira apresentou em seu relatório anual de sustentabilidade de 2010, indicadores que apontam para uma grande evolução em prol do desenvolvimento sustentável:

- Geração de efluentes: redução de 39% em relação a 2002 (de 2,11m³/t para 1,28m³/t)
- Geração de resíduos sólidos: redução de 61% em relação a 2002 (de 6,67 kg/t para 2,21kg/t)
- Consumo de energia: redução de 15% em relação a 2002 (de 12,58 GJ para 10.65 GJ/t)
- Consumo de água: redução de 18% em relação a 2002 (de 5,07 m³/t para 4,12 m³/t)
- Intensidade de emissões de CO₂: redução de 24% em relação a 2002 (de 0,81 CO₂e**/t para 0,71 CO₂e/t)

Após apresentados diversos exemplos de aplicação de ACV pela companhia, é possível observar que tais indicadores têm ligação direta com a adoção da ACV pela

empresa, seja pelas decisões tomadas a partir dos resultados gerados nos estudos ou simplesmente pela forma de pensar adotada por todos os integrantes da empresa. Esses resultados reforçam também a atuação da empresa petroquímica brasileira nos três eixos com foco na sustentabilidade definidos anteriormente (portfolio de produtos e operações cada vez mais sustentáveis, e criar soluções para uma vida mais sustentável).

A empresa petroquímica brasileira ainda não aperfeiçoou ao máximo a utilização da Análise de Ciclo de Vida e melhorias podem ser identificadas. Chehebe (2002) afirma que, para a introdução e implementação de um enfoque gerencial baseado na Avaliação do Ciclo de Vida em atividades estratégicas e de decisão em uma empresa, deve-se procurar integrar a performance ambiental dos produtos com os conceitos de qualidade e valor agregado para o consumidor, de tal forma que tanto os fatores econômicos quanto ambientais sejam considerados sob a ótica do ciclo de vida. A empresa deve incorporar o enfoque da ACV aos conceitos de Qualidade Total, estabelecendo times integrados para a discussão e execução de projetos sobre desenvolvimento estratégico e desenvolvimento de produtos, incluindo também a participação de representantes de consumidores e fornecedores. Devem-se elaborar programas de médio e longo prazo visando à organização de um banco de dados, à formação de um grupo interno de “experts”, à realização de programas educacionais, à elaboração de manuais internos de procedimentos e ao uso sistemático da ACV para estabelecer uma base de conhecimento técnico.

Segundo Andrade (1997), as empresas que forem proativas, no sentido de fazer mais do que a legislação determina, terão a possibilidade de liderar um processo de transformação no mercado, além de converter sua experiência em oportunidade de negócio.

No início do contato da empresa petroquímica com a ferramenta de ACV, a iniciativa veio externamente, porém, nos anos seguintes a empresa petroquímica demonstrou alta proatividade na procura por parcerias, capacitação de pessoas e comunicação. A evolução do conceito de ACV na empresa permitiu que cada vez mais equipes fossem sendo incluído nos estudos, o que contribuiu para a maior presença de provocações durante o desenvolvimento de produtos. Por outro lado, a ACV dentro da empresa ainda tem espaço para crescer em diversos níveis de tomada de decisão, o que provavelmente acontecerá num futuro próximo, caso os esforços observados nesse trabalho se mantiverem.

4 Conclusões

O sucesso das empresas depende cada vez mais de como as mesmas conseguem atender as demandas do desenvolvimento sustentável. Nesta realidade, a Análise de Ciclo de Vida se mostra uma ferramenta excepcional e imprescindível para qualquer organização que deseja se manter competitiva.

No caso de uma companhia nacional do segmento petroquímico, a ACV mostrou ser um instrumento de grande proveito nas decisões internas, seleção de indicadores ambientais e planejamento estratégico para obtenção de maiores retornos econômicos e ambientais. A aplicação de ACV na empresa petroquímica brasileira permite a diminuição de emissão de poluentes no meio ambiente pela companhia e faz com que seus integrantes, clientes e fornecedores tenham uma visão mais abrangente do negócio. Entretanto, a ferramenta ainda possui algumas limitações, sendo a dependência geográfica (falta de bancos de dados regionais para algumas localidades) e, dependendo do produto ou processo, o elevado custo e alto tempo requerido para conduzir o estudo as principais delas. A ACV pode encontrar obstáculos quando aplicada em uma empresa de pequeno porte, mas a contratação de empresas de consultoria e a parceria com organizações experientes são opções viáveis.

É importante saber que para se utilizar o estudo de Análise de Ciclo de Vida com sucesso, é necessário conhecer muito bem a estratégia de uma empresa e ser capaz de integrar pessoas de diferentes áreas e competências para difundir uma filosofia tanto internamente quanto externamente. Como no próprio conceito de ciclo de vida, em todas as etapas do estudo são necessários forte espírito de equipe e capacidade de trabalhar em grupo para que a empresa alcance os seus objetivos sustentáveis.

Referências Bibliográficas

- ANDRADE, J.C. (1997). O. Desenvolvimento sustentado e competitividade – tipos de estratégias ambientais empresariais. TECBAHIA – Rede Baiana de Tecnologia. Camaçari, V.12.
- CHEHEBE, J.R. (1997) Análise do ciclo de vida de produtos: ferramenta gerencial da ISO 14000. Rio de Janeiro: Qualitymark. CNI.
- FERNANDES, R. A. S. (2008). Identification of Harmonic Current Sources with Artificial Neural Networks. Dissertation (Master's Degree) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- FUNDAÇÃO ESPAÇO ECO (2008) Relatório Estudo de Ecoeficiência de Sacolas de Supermercado. Disponível em: http://www.braskem.com.br/Portal/Principal/Arquivos/Download/Upload/SOAP_Estud o%20sacolas_FINAL%20WEBSITE_26.pdf. Acessado em 02/06/2012.
- CHRISTIANSEN, K. (1996). Life Cycle Assessment in a Historical Perspective. In. Anais. 1. Workshop Internacional sobre Análise do Ciclo de Vida, Rio de Janeiro.
- ELCOCK, D., (2007), Life-Cycle Thinking for the Oil and Gas Exploration and Production Industry, ANL/EVS/R-07/5, prepared by the Environmental Science Division, Argonn National Laboratory.
- EMPRESA PETROQUÍMICA BRASILEIRA. (2010). Relatório Anual de sustentabilidade.
- FINKBEINER, Matthias; MATSUNO, (2006). Yasunari. LCA in Japan – the past, the present, the future. International Journal of Life Cycle Assessment.
- GRAEDEL, T. E. Streamlined Life Cycle Assessment. (1998). By Bell Laboratories, Lucent Technologies. Published by Pretice Hall, Inc. New Jersey.
- HINZ, R.T.P (2007). Aspectos e impactos ambientais associados ao processo de injeção da blenda PPO/PSAI através do inventário do ciclo de vida. Programa de Pós Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais – PGCEM. Universidade do Estado de Santa Catarina – Santa Catarina, Joinville.
- ISO - *INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION*. (2001). Environmental management – Life cycle assessment: Principles and framework – ISO 14040. Genebra: ISO,

- ISO - *INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION*. (2001). Environmental management – Life cycle assessment: Goal and scope definition and inventory analysis – ISO 14041. Genebra: ISO,
- JENSEN, A. Life-Cycle Assessment (LCA). (1997): A guide to approaches, experiences and information sources. Copenhagen: Report to the European Environmental Agency,
- KULAY, L. (2004). Uso da Análise de Ciclo de Vida para a Comparação do Desempenho Ambiental das Rotas Úmida e Térmica de Produção de Fertilizantes Fosfatados. Tese (Doutorado) Engenharia Química. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- LIMA, A. M. F. (2007). Avaliação do Ciclo de Vida no Brasil, Inserção e Perspectivas. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo) - Universidade Federal da Bahia. Escola Politécnica.
- RIBEIRO, P.H. (2009). Contribuição ao banco de dados brasileiro para apoio a avaliação do ciclo de vida: fertilizantes nitrogenados. 2009. 341 f. Tese Doutorado Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Química, São Paulo.
- SEO, E.S.M.; KULAY, L.A (2006). Avaliação do ciclo de vida: ferramenta gerencial para tomada de decisão. Interfacehs - Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente, São Paulo, v. 1, n. 1, art. 4.
- SONNEMANN, Guido. JENSEN, Allan Astrup; REMMEN, Arne. (2005). Background report for a UNEP guide to Life Cycle Management – A bridge to sustainable products.
- TAKEDA, A (2008). Levantamento de métodos de avaliação de impacto de ciclo de Vida (AICV) e análise comparativa dos métodos mais utilizados. USP. Departamento de Engenharia Ambiental. São Carlos, São Paulo.
- TOSTA, Cristiane S. (2004). Inserção da Análise de Ciclo de Vida no Estado da Bahia através da atuação do órgão ambiental. 187 p. Dissertação (Mestrado e Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo), Escola Politécnica, Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal da Bahia, Salvador.
- VALT, Renata B. G. (2004). Análise do Ciclo de Vida de embalagens de PET, de alumínio e de vidro para refrigerantes no Brasil variando a taxa de reciclagem dos materiais. Dissertação (Mestrado). Pós-Graduação em Engenharia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.