

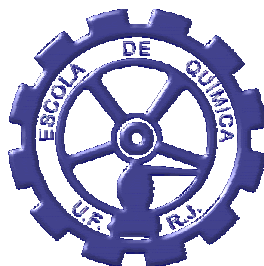


bd



## **PROGRAMA EQ-ANP**

**Processamento, Gestão e Meio Ambiente na Indústria do  
Petróleo e Gás Natural**



### **Aplicação do Programa SimaPro na Avaliação do Impacto Ambiental causado na Produção e Exploração *Offshore* de Petróleo**

**Paula Geandra Coutinho Aragão de Carvalho**

### **Projeto de Final de Curso**

**Orientadores**

**Juacyara Carbonelli Campos, D. Sc.  
Lídia Yokoyama, D. Sc.**

**Julho de 2008.**

# Aplicação do Programa SimaPro na Avaliação do Impacto Ambiental causado na Produção e Exploração *Offshore* de Petróleo

***Paula Geandra Coutinho Aragão de Carvalho***

Projeto de Final de Curso submetido ao Corpo Docente do Programa Escola de Química/Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – Processamento, Gestão e Meio Ambiente na Indústria de Petróleo e Gás Natural, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheira Química com ênfase na área de Petróleo e Gás Natural – Tratamento de Resíduos e Meio Ambiente.

Aprovado por:

---

Joana D'Arc Machado Pereira, MSc.

---

Denize Dias de Carvalho, D.Sc.

---

Oswaldo Galvão Caldas da Cunha, Ph.D.

Orientado por:

---

Juacyara Carbonelli Campos, D. Sc.

---

Lídia Yokoyama, D. Sc.

Rio de Janeiro, RJ - Brasil.

Julho, 2008.

Carvalho, Paula G.C.A.

Aplicação do Programa SimaPro na Avaliação do Impacto Ambiental causado na Produção e Exploração *Offshore* de Petróleo.

Paula Geandra Coutinho Aragão de Carvalho Rio de Janeiro: UFRJ/EQ, 2008.

xiii, 64 p.; il.

(Projeto Final de Curso) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, 2008. Orientadores: Juacyara Carbonelli Campos e Lídia Yokoyama

1. SimaPro 2. ACV. 3. Petróleo. 4. Projeto Final de Curso (Graduação – UFRJ/EQ). 5. Juacyara Carbonelli Campos, D. Sc e Lídia Yokoyama, D. Sc I. Aplicação do Programa SimaPro na Análise do Impacto Ambiental causado pela Água de Produção na Produção e Exploração *Offshore* de Petróleo.

A Deus...Onisciente, onipresente e onipotente.

“De tudo ficaram três coisas...  
A certeza de que estamos começando...  
A certeza de que é preciso continuar...  
A certeza de que podemos ser interrompidos antes de terminar...

Façamos da interrupção um caminho novo...  
Da queda, um passo de dança...  
Do medo, uma escada...  
Do sonho, uma ponte...  
Da procura, um encontro!”

Fernando Sabino

## **AGRADECIMENTOS**

**A Deus,**

pelo apoio incondicional e pela presença sempre presente e sutilmente revelada.

**Aos meus pais, Veridiano e Cleusa,**

de quem tudo recebi. Agradeço pelo exemplo de honestidade, integridade, moral e caráter. Agradeço pelo apoio constante e por tudo que até hoje fazem.

**Ao meu irmão, Diogo,**

a quem me espelho diariamente. Agradeço pelo exemplo bem sucedido em todas as áreas de sua vida, que muito tem me inspirado e o qual eu tenho tentado seguir. Pessoa detentora de tamanha força de vontade e determinação e que, a cada dia, me orgulha mais.

**Aos meus amigos,**

que amenizaram muitas dificuldades durante esses 5 anos. Àqueles que, de alguma forma, colaboraram para que eu chegasse até aqui.

**Às minhas orientadoras, Juacyara e Lídia,**

pela orientação e conhecimentos transmitidos.

**Ao Professor Osvaldo,**

pelo apoio e paciência nas dificuldades no acesso ao programa.

Ao apoio financeiro da **Agência Nacional do Petróleo – ANP** – e da **Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP** – por meio do Programa de Recursos Humanos da ANP para o Setor de Petróleo e Gás – PRH-ANP/MCT, em particular ao **PRH 13**, da Escola de Química - Processamento, Gestão e Meio Ambiente na Indústria do Petróleo e Gás Natural.

Resumo do Projeto Final apresentado à Escola de Química como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Engenheira Química com ênfase na área de Petróleo e Gás Natural – Tratamento de Resíduos e Meio Ambiente.

## **Aplicação do Programa SimaPro na Avaliação do Impacto Ambiental causado na Produção e Exploração *Offshore* de Petróleo**

Paula Geandra Coutinho Aragão de Carvalho  
Julho, 2008.

Orientadores: Prof. Juacyara Carbonelli Campos, D. Sc

Prof. Lídia Yokoyama, D. Sc

A sustentabilidade do planeta é uma responsabilidade coletiva e ações para melhorar o ambiente global são necessárias, o que implica na adoção de práticas de produção e consumo sustentáveis.

Neste contexto, a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) surgiu da necessidade de se estabelecer uma metodologia que facilitasse a análise dos impactos ambientais entre as atividades de um setor, incluindo todas as etapas do ciclo de vida de um produto ou processo, desde a extração e processamento de matérias-primas, fabricação e embalagem, transporte e distribuição, uso e reemprego, reciclagem ou reutilização, se for o caso, até a disposição final. É uma metodologia fundamental que auxilia na coleta de dados e interpretação dos resultados, buscando soluções para problemas ambientais globais.

Desta forma, a Análise do Ciclo de Vida tem como objetivo estudar a complexa interação entre um produto e o ambiente, utilizando para tanto a avaliação dos aspectos ambientais e dos impactos potenciais associados ao ciclo de vida do produto. A partir dessa análise pode-se verificar que a prevenção à poluição se torna mais racional, econômica e efetiva do que uma ação na direção dos efeitos gerados.

Um dos primeiros sistemas de peso desenvolvido para a determinação de valores associados aos aspectos ambientais é o método Eco-Indicador 95. Este método utiliza uma etapa de distribuição de pesos que resulta em um número indicador do impacto ambiental de um material ou processo baseado em dados de uma análise de ciclo de vida. Os cálculos podem ser realizados manualmente ou através de programas de computador como o SimaPro 7.0.

O SimaPro é uma ferramenta profissional, confiável e flexível para coletar, analisar e acompanhar o desempenho ambiental dos produtos e serviços. Pode-se modelar e analisar os complexos ciclos de vida, de modo sistemático e de forma transparente. Utilizado por grandes indústrias, consultorias e universidades, com usuários em mais de 50 países, o SimaPro continua a ser o mais bem sucedido ACV *software* em todo o mundo.

O principal objetivo do presente trabalho foi obter a capacitação na ferramenta SimaPro e avaliar a sua aplicabilidade na avaliação do impacto ambiental causado na produção e exploração *offshore* de Petróleo. Aliado a isso foi avaliada a facilidade de uso do programa, através da comparação entre os dados reais e a disponibilidade de dados semelhantes na base de dados.

*Abstract of a Final Project presented to Escola de Química/UFRJ as partial fulfillment of the requirements for the degree of Chemistry Engineering with emphasis on Petroleum and Natural Gas – Environment and Waste Treatment.*

***Implementation of the SimaPro Program in Environmental Impact Assessment caused in the Production and Exploration of Offshore Oil***

Paula Geandra Coutinho Aragão de Carvalho  
July, 2008

Supervisors: Prof. Juacyara Carbonelli Campos, D. Sc

Prof. Lídia Yokoyama, D. Sc

*The sustainability of the planet is a collective responsibility and actions to improve the global environment are needed, which implies the adoption of practices of sustainable production and consumption.*

*In this context, the Life Cycle Assessment (LCA) arose from a need to establish a methodology to facilitate the analysis of environmental impacts between the activities of an industry, including all stages of the life cycle of a product or process from the extraction and processing of raw materials, manufacturing and packaging, transport and distribution, use and re, recycling or reuse, if any, until the final disposal. It is a fundamental methodology that helps in data collection and interpretation of results, seeking solutions to global environmental problems.*

*Thus, the analysis of the Life Cycle aims to study the complex interaction between a product and the environment, using both for the assessment of environmental aspects and potential impacts associated with the life cycle of the product. From this analysis it is found that pollution prevention becomes more rational, economical and effective than an action in the direction of the effects generated.*

*One of the first weight systems developed for the determination of values associated with environmental aspects is the method Eco-Indicator 95. This method uses a stage of distribution of weights that results in a number indicator of the environmental impact of a material or process based on data from an analysis of life cycle. The calculations can be performed by hand or computer programs such as SimaPro 7.0.*

*The SimaPro is a professional tool, reliable and flexible to collect, analyse and monitor the environmental performance of products and services. You can model and analyze the complex life cycles of a systematic and transparent way. Used by large industries, consultancies and universities, with users in over 50 countries, the SimaPro remains the most successful LCA software worldwide.*

*The main objective of this study was to obtain training in SimaPro tool and evaluate its applicability in assessing the environmental impact on production and exploitation of offshore oil. Allied to that was rated the ease of use of the program, by comparison between actual data and the availability of similar data in the database.*



## ÍNDICE

<b>Capítulo 1 – Introdução</b> -----	<b>1</b>
1.1 Motivação e Objetivo do Trabalho	2
1.2 Organização do Estudo	3
<b>Capítulo 2 –Revisão Bibliográfica</b> -----	<b>5</b>
2.1 Indicadores Ambientais	5
2.2 Avaliação do Ciclo de Vida	6
2.2.1 ACV na Sociedade	8
2.2.2 ACV na Indústria	10
2.2.3 ACV no Governo	11
2.3 Normas: Série ISO	12
2.3.1 Série ISO 14040: Gestão Ambiental	14
2.4 Aspectos Ambientais das Atividades de Exploração e Produção <i>offshore</i> de Petróleo e Gás Natural	16
2.4.1 Composição Química dos Efluentes	18
2.4.1.1 Impactos sobre o Meio Aquático	19
2.4.1.2 Os Impactos Atmosféricos	23
<b>Capítulo 3 – Detalhamento do Sistema SimaPro</b> -----	<b>26</b>
3.1 Eco-Indicador 99	26
3.2 SimaPro	27
3.2.1 Definição do Objeto e do escopo	28
a) Bibliotecas	29
b) Requisitos de qualidade de dados (RQD)	29
3.3 Inventário do Ciclo de Vida	31
3.4 Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida	33
3.5 Interpretação da Avaliação do Ciclo de Vida	35
3.6 Limitações na Elaboração do Estudo de ACV	36

**Capítulo 4 – Aplicação da Metodologia de ACV no Estudo de Caso: impactos ambientais causados pela geração de água de produção e pela queima de gás natural na Produção e Exploração *offshore* de Petróleo-----38**

4.1 Apresentação dos Indicadores nos RSDAs	39
4.1.1. Indicador Ambientais	39
a)Emissão de Efluentes	39
b)Emissões Atmosféricas	42
4.2 Estudo de Caso	43
4.2.1 Análise do Inventário	43
4.2.1.1 Biblioteca: <i>BUWAL 250</i>	45
4.2.1.2 Análise do Eco-indicador	46
4.3 Avaliação do Impacto	49
a)Petróleo	50
b)Gás Natural	52

**Capítulo 5 – Conclusões e Sugestões-----57**

5.1 Conclusões	57
5.2 Sugestões	58

**Referência Bibliográfica-----60**

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 3.1</b> Etapas de uma ACV	28
<b>Figura 3.2</b> Definição do objetivo e do escopo do trabalho	31
<b>Figura 3.3</b> Análise do Inventário	32
<b>Figura 3.4</b> Etapas da avaliação do impacto ambiental	34
<b>Figura 4.1</b> Caracterização dos impactos ambientais	47
<b>Figura 4.2</b> Consistência dos requisitos	50
<b>Figura 4.3</b> Substâncias presentes na água de produção	50
<b>Figura 4.4</b> Gráfico de impacto ambiental causado pela água de produção, gerado pelo sistema SimaPro	51
<b>Figura 4.5</b> Gráfico normalizado de impacto ambiental causado pela queima de Gás Natural, gerado pelo sistema SimaPro	52
<b>Figura 4.6</b> Gráfico de impacto ambiental causado pela queima de Gás Natural, gerado pelo sistema SimaPro	55

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 3.1</b> Diferentes tipos de Eco-indicadores e suas considerações	26
<b>Tabela 4.1</b> Volume de água de produção gerada na Bacia de Campos	40
<b>Tabela 4.2</b> Volume de petróleo produzido na Bacia de Campos	40
<b>Tabela 4.3.</b> Concentrações médias das principais substâncias presentes na água de produção da Bacia de Campos	41
<b>Tabela 4.4</b> Volume de Gás Natural produzido na Bacia de Campos	42
<b>Tabela 4.5</b> Volume de Gás Natural queimado na Bacia de Campos	43

## ÍNDICE DE SIGLAS E ABREVIACÕES

ANP – Agência Nacional de Petróleo

ACV – Avaliação do Ciclo de Vida

Ba – Bário

BTX – Benzeno, Tolueno, Etil xileno.

Cd – Cádmio

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

COPPE – Coordenação dos Programas de Pós-graduação de Engenharia

COT – Carbono Orgânico Total

DQO – Demanda Química de Oxigênio

E&P – Exploração e Produção

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

H<sub>2</sub>S – Ácido Sulfídrico

LCA – *Life Cycle Assessment*

NBR – Normas Brasileiras

ISO – *International Standartization Organization.*

HAPs – Hidrocarbonetos Aromáticos Polinucleares

Pb – Chumbo

RQD – Requisito de Qualidade dos Dados

RSDAs – Relatórios Simplificados de Desempenho Ambiental

SGA – Sistema de Gestão Ambiental

TC – Conselho Técnico

TR – Relatório Técnico

Zn – Zinco

## **CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO**

A crescente preocupação mundial em se desenvolver as atividades *offshore* de E&P, exploração e produção, mantendo o controle sobre as fontes de poluição ambiental tem levado ao desenvolvimento de novas ferramentas de gerenciamento, que permitem o acompanhamento, avaliação e controle cada vez mais efetivo das atividades e suas interações com o meio ambiente. Esta tendência se insere no contexto de uma legislação ambiental cada vez mais restritiva, e de uma crescente conscientização e preocupação das partes interessadas em relação às questões ambientais.

Devido às descobertas recentes de óleo e gás no litoral brasileiro e ao aumento do preço do barril de petróleo, as operações de exploração e produção *offshore* de petróleo têm recebido grandes estímulos.

No entanto, as companhias de petróleo que atuam no país possuem diferentes níveis de amadurecimento no que se refere aos cuidados e práticas ambientais.

No Brasil, entre as diversas variáveis que compõem a realização da exploração e produção de petróleo, a variável ambiental ocupa posição de destaque, devendo haver o comprometimento das empresas petrolíferas com a mesma, antes mesmo da execução da atividade, através de exigências do IBAMA e da ANP (CATARINO, 2003).

---

O estabelecimento de exigências inclui o acompanhamento das atividades de E&P através de indicadores ambientais, considerando o potencial impacto da atividade e a sensibilidade da região em que a mesma irá ocorrer.

O artigo 12 da Resolução CONAMA 237/97 declara que o processo de licenciamento pode (ou deve) ser simplificado para as empresas que possuam ou estejam implementando um Sistema de Gestão Ambiental – SGA. Entretanto, o Sistema de Gestão Ambiental baseado na norma ISO 14001 (1996), não estabelece requisitos para o desempenho ambiental além do comprometimento, expresso na política, de atender à legislação e regulamentos aplicáveis, visando sempre à melhoria contínua. Assim, a implantação de um SGA não garantirá, por si só, resultados ambientais satisfatórios (CATARINO, 2003).

Dessa forma, o acompanhamento e a avaliação do desempenho ambiental de determinada atividade, a partir de indicadores ambientais, tornam-se essenciais para obtenção de dados importantes a fim de que seja possível a verificação do andamento da atividade, bem como sua interação com o meio ambiente.

### **1.1 Motivação e Objetivo do Trabalho**

A sustentabilidade do planeta é uma responsabilidade coletiva e ações para melhorar o ambiente global são necessárias, o que implica na adoção de práticas de produção e consumo sustentáveis.

Neste contexto, a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é uma metodologia fundamental que auxilia na coleta de dados e interpretação dos resultados, buscando soluções para problemas ambientais globais.

A ACV surgiu da necessidade de se estabelecer uma metodologia que facilitasse a análise e os impactos ambientais entre as atividades de um setor, incluindo todas as etapas do ciclo de vida de um produto ou processo, desde a extração e processamento de matérias-primas, fabricação e embalagem, transporte e distribuição, uso e reemprego, reciclagem ou reutilização, se for o caso, até a disposição final (CHEHEBE, 1998).

Parte de tal avaliação será feita, neste estudo, a partir de um sistema chamado SimaPro, que é uma ferramenta profissional, confiável e flexível para coletar, analisar e acompanhar o desempenho ambiental de produtos e serviços.

O principal objetivo do presente trabalho foi obter a capacitação na ferramenta SimaPro e avaliar a sua aplicabilidade na avaliação do impacto ambiental causado na produção e exploração *offshore* de Petróleo. Aliado a isso foi avaliada a facilidade de uso do programa, através da comparação entre os dados reais e a disponibilidade de dados semelhantes na base de dados.

## **1.2 Organização do Estudo**

O conteúdo deste trabalho foi dividido em 6 (seis) capítulos, a saber:

Capítulo 1: situa o leitor sobre o contexto no qual foi elaborado o trabalho, dá os objetivos e motivações centrais da obra e a organização da mesma;



Capítulo 2: aborda os principais conceitos necessários à compreensão da obra;

Capítulo 3: detalha a aplicação computacional adotada, o SimaPro;

Capítulo 4: aplica a metodologia de ACV em um estudo de caso, exhibe e comenta os principais resultados obtidos com a utilização do programa;

Capítulo 5: por fim, responde às indagações traçadas nos objetivos do trabalho, concluindo o estudo à luz dos resultados do capítulo anterior e sugerindo futuros trabalhos nessa área.

---

## **CAPÍTULO 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

As diferentes fases da exploração e produção de petróleo apresentam aspectos e impactos potenciais próprios da atividade, alguns típicos e outros específicos. Por isso, necessitam de orientações distintas e de diretrizes eficazes para o acompanhamento dos órgãos ambientais, a fim de que haja a mitigação dos danos ao meio ambiente. No entanto, na avaliação dos potenciais impactos está inserido um alto grau de subjetividade.

O intuito deste trabalho é abordar apenas os impactos típicos, a uma ou várias atividades de E&P, os quais não dependem de tecnologias específicas.

Embora haja ações pró-ativas por parte de algumas empresas em relação à preservação do meio ambiente, outras procuram apenas cumprir as restrições determinadas através da legislação ambiental e aquelas dadas através das condicionantes das licenças ambientais. Além disso, o acompanhamento não sistemático dos resultados ou desempenho ambiental e a ausência de instrumentos aplicados para esse fim, têm levado ao direcionamento de esforços limitados à gestão sistemática e integrada das atividades de E&P em relação ao controle da poluição (CATARINO, 2003).

### **2.1 Indicadores Ambientais**

Os indicadores ambientais têm como objetivo ajudar no controle e gestão necessária para realizar a avaliação do impacto ambiental. Desta maneira, busca-se definir as ações necessárias visando à melhoria contínua das

---

operações executadas e da condição ambiental que se encontra sob a influência da atividade.

A partir da série histórica de potenciais impactos ambientais e da análise das interações das atividades com os elementos críticos do sistema, os indicadores são capazes de identificar problemas e estimar tendências, colaborando para a tomada de decisão nas fases iniciais de uma atividade (CATARINO, 2003).

## **2.2 Avaliação do Ciclo de Vida**

Todo produto causa de alguma forma um impacto sobre o meio ambiente. Esse impacto pode ocorrer durante a extração das matérias-primas utilizadas no processo de fabricação do produto, no próprio processo produtivo, na sua distribuição, no seu uso, ou na sua disposição final.

A Avaliação do Ciclo de Vida é uma técnica para avaliação dos aspectos ambientais e dos impactos potenciais associados a um produto, compreendendo as etapas que vão desde a retirada da natureza das matérias-primas elementares que entram no sistema produtivo (berço) até a disposição do produto final (túmulo) (CÓ, 2005).

Ela estabelece vínculos entre esses aspectos e categorias de impactos potenciais, ligados: ao consumo de recursos naturais, à saúde humana e à ecologia, considerando inclusive (IBICT, 2008):

- a produção de energia;
- os processos que envolvem a manufatura;

- as questões relacionadas com as embalagens;
- o transporte;
- o consumo de energia não renovável;
- os impactos relacionados com o uso, ou aproveitamento;
- o reuso do produto ou mesmo questões relacionadas ao resíduo ou recuperação / reciclagem.

Uma demanda crescente, tanto de consumidores como de outras partes interessadas, como governos, acionistas, concorrentes e outras, vem criando uma pressão para a redução dos impactos ambientais, não apenas na fase do uso do produto, mas onde eles são verdadeiramente significativos, e, dessa forma, a ferramenta da Avaliação de Ciclo de Vida pode ser de grande utilidade para (IBICT, 2008):

- o desenvolvimento de produtos;
- a escolha de tecnologias;
- a identificação da fase do Ciclo de Vida em que os impactos ocorrem;
- a seleção de indicadores ambientais relevantes para avaliação de projetos;
- a reformulação de produtos ou processo.

Em linhas gerais, uma Avaliação do Ciclo de Vida de um produto ou serviço consiste da definição do seu objetivo e escopo, da realização de um levantamento quantificado de dados (inventário) de todas as entradas (materiais, energia e recursos) e saídas (produtos, subprodutos, emissões, etc) durante todo o ciclo de vida, da identificação dos impactos ambientais

---

potenciais ao longo do ciclo de vida e da interpretação dos resultados do estudo (PRÉ CONSULTANTS, 2006).

A técnica da Avaliação do Ciclo de Vida tem limitações, que devem ser consideradas tanto na elaboração dos estudos quanto no uso dos seus resultados e devem seguir o estabelecido em normas internacionais.

O desenvolvimento tecnológico e a crescente sofisticação dos processos de produção possibilitaram a existência de diversas alternativas para produtos ou serviços com finalidades semelhantes. Em particular, desde a primeira crise do petróleo (no início da década de 70), o mundo intensificou a busca de formas alternativas de energia e a melhoria dos processos para otimizar a utilização dos recursos naturais (TAKAHASHI, 2006).

Um dos primeiros problemas surgidos foi como comparar produtos ou processos distintos, do ponto de vista das suas conseqüências ambientais. Esta tarefa, aparentemente fácil, mostrou-se extremamente complexa em função da necessidade de estabelecimento de critérios comuns de comparação e da necessidade de uma abordagem completa do que se passou a chamar o ciclo de vida do produto (IBICT, 2008).

Logo, fica evidente que não é suficiente comparar as conseqüências ambientais apenas de um processo sem levar em consideração as conseqüências ambientais de todas as outras fases da vida do produto.

### **2.2.1 ACV na Sociedade:**

A sociedade cada vez mais se preocupa com a exaustão dos recursos naturais e com a degradação ambiental. Muitas empresas têm respondido a

---

essas preocupações elaborando produtos e utilizando processos cada vez mais “verdes” (IBICT, 2008).

Por essa razão, de uma forma crescente, as empresas vêm envidando esforços para pesquisar novas formas de minimizar seus impactos sobre o meio ambiente. Várias dessas empresas têm identificado nesse processo grandes vantagens econômicas e têm ido além das exigências legais ou daquelas estabelecidas nas normas de sistemas de gestão ambiental, como a NBR ISO 14001.

A ACV nesse contexto é uma ferramenta importante de aprimoramento do processo produtivo e dos produtos de uma empresa. Sua abordagem de todo o ciclo de vida do produto permite a identificação e avaliação das fases críticas do processo industrial ou do produto ou serviço.

Além disto, a ACV permite a estimativa dos impactos potenciais cumulativos resultantes de todos os estágios do processo produtivo, freqüentemente incluindo impactos não considerados nos outros processos tradicionais de análise. A inclusão desses impactos permite uma visão mais abrangente dos aspectos ambientais dos produtos ou processos e um quadro mais apurado das efetivas trocas ambientais na seleção de produtos.

Dessa forma, a ACV ajuda os tomadores de decisão a selecionar seus produtos e processos de forma a causar o menor impacto ao meio ambiente. Essas informações podem ser usadas juntamente com outros fatores, tais como custos e dados de performance, para a seleção dos produtos e processos (IBICT, 2008).

---

Os dados da ACV identificam as transferências dos impactos ambientais de um meio para outro (por exemplo, a eliminação de uma emissão para o ar acarretando uma emissão de efluentes para a água) ou de um estágio do ciclo de vida para outro (por exemplo, do uso ou reúso do produto para a fase anterior de aquisição de matérias-primas).

Se uma ACV não for realizada, tais transferências podem não ser identificadas e apropriadamente incluídas nas análises, já que estão fora dos escopos típicos das análises tradicionais ou do foco dos processos de seleção de produtos.

Ao se fazer uma seleção, por exemplo, entre duas alternativas de produtos utilizando-se critérios puramente ambientais, pode-se ser tentado a escolher a alternativa 1 porque gera menos resíduo sólido que a alternativa 2. No entanto, depois da realização de um estudo de ACV, é possível concluir que a alternativa 1 acarreta, na realidade, maior impacto ambiental para todo o ciclo de vida quando é medido o impacto nos três meios (ar, água e terra).

### **2.2.2 ACV na Indústria:**

A indústria tem utilizado essa ferramenta, entre outros, para os seguintes usos (IBICT, 2008):

- desenvolvimento de uma avaliação sistemática das conseqüências ambientais associadas com um dado produto;
- análise das trocas ambientais associadas com um ou mais produtos ou processos específicos para obter dados tomadores de decisão

(Estado, comunidade e outros) aprovação para alguma ação planejada;

- quantificação das emissões ambientais para o ar, água e terra em relação a cada estágio do ciclo de vida ou ao processo que mais contribui;
- avaliação dos efeitos dos consumos de materiais e das emissões ambientais sobre o meio ambiente e sobre o homem;
- identificação de áreas de oportunidade para uma maior eficiência econômica;
- na concepção e desenvolvimento de produtos.

A partir disto, a ACV facilita o gerenciamento ambiental na indústria, uma vez que sistematiza as questões associadas ao sistema de produção, melhora a compreensão do processo de produção e facilita a identificação de prioridades para tomadas de decisão.

É importante ressaltar ainda que uma pequena ou média empresa talvez não tenha condições de conduzir um estudo deste tipo. Porém, ainda assim, a idéia e o conceito da ACV podem ser aplicados pelas pequenas e médias empresas ao conceberem e desenvolverem os seus produtos ou serviços.

### **2.2.3 ACV no Governo:**

Os governos de diversos países têm utilizado a ACV no estabelecimento de suas políticas ambientais.



---

O uso da ACV auxilia na definição de políticas mais consistentes, evitando que impactos ambientais sejam transferidos para outra fase do ciclo de vida do produto ou serviço.

Países que são exemplos de utilização da ACV: a Áustria, o Canadá, a Finlândia, a França, a Alemanha, o Japão, a Holanda, a Noruega, a Suécia e os Estados Unidos da América.

### **2.3 Normas: Série ISO**

De acordo com Soares (1998), as normas da série ISO 14000 ajudam qualquer organização a tratar o meio ambiente de uma forma sistemática, melhorando, portanto o seu desempenho ambiental. Uma das prioridades desta norma ambiental é a proteção dos empregados, através do cumprimento de toda a legislação e regulamentos. A norma prevê o estabelecimento de metas e objetivos que são acompanhados nas auditorias internas e nas avaliações da alta administração.

A série ISO 14000 foi desenvolvida pela Comissão Técnica 207 da ISO (TC 207), como resposta à demanda mundial por uma gestão ambiental mais confiável, onde o meio ambiente foi introduzido como uma variável importante na estratégia dos negócios, e foi estruturada basicamente em duas grandes áreas (ABNT/CB-38):

- Foco nas organizações empresariais:

Esta área teve por objetivo orientar a implementação de uma gestão ambiental verificável, com qualidade e consistência, para reduzir os riscos

---

nas suas atividades e facilitar o comércio internacional. Esta área foi dividida em três subcomitês:

- Sistemas de Gerenciamento Ambiental, que trata das normas de gestão onde foi elaborado a ISO 14001, que é a única norma certificável da série;
- Auditorias Ambientais, que trata das normas que dão o suporte às verificações (auditorias) do sistema e as qualificações dos profissionais que devem atuar nestas atividades;
- Avaliação de Performance Ambiental, que traz orientações para desenvolverem indicadores para o acompanhamento da performance ambiental da organização.

- Foco nos produtos e serviços:

Esta área teve por objetivo construir uma base comum e racional aos vários esquemas, privados, nacionais e regionais de avaliações de produtos. Esta área foi dividida em dois subcomitês:

- Rotulagem Ambiental, que trata de todas as declarações ambientais colocadas nos produtos, de terceira parte (Selo Verde) ou não;
- Análise de Ciclo de Vida, que define uma metodologia consistente para se fazer uma análise completa do ciclo de vida do produto;

A visão e o objetivo das normas de Sistema de Gestão Ambiental é fornecer uma assistência às organizações coerente com o conceito de desenvolvimento sustentável.

---

A Norma NBR ISO 14004 consiste em diretrizes gerais sobre princípios, sistemas e técnicas de apoio e apresenta de forma global os sistemas de gestão ambiental e estimula o planejamento ambiental ao longo do ciclo de vida do produto ou do processo. Um dos componentes do sistema de gestão é o planejamento das atividades da organização para se atingir as metas e objetivos ambientais.

A Avaliação do Ciclo de Vida e as normas da família ISO 14040 podem e devem ser usadas como ferramentas de apoio ao planejamento do sistema de gestão. É neste contexto que a ACV, uma ferramenta focalizada nos produtos ou serviços, é utilizada de maneira complementar aos sistemas de gestão ambiental.

A abordagem do desenvolvimento de produtos ou serviços considerando os conceitos de Ciclo de Vida (chamado de *Life Cycle Thinking*) é uma ferramenta poderosa que pode subsidiar o processo de planejamento da empresa e a sua consistência.

### **2.3.1 Série ISO 14040: Gestão Ambiental (ABNT/CB-38)**

#### ISO 14040: Princípios e Estrutura

Esta norma especifica a estrutura geral, princípios e requisitos para conduzir e relatar estudos de avaliação do ciclo de vida, não incluindo as técnicas de avaliação do ciclo de vida em detalhes.

#### ISO 14041: Definições de escopo e análise do inventário

Esta norma orienta como o escopo deve ser suficientemente bem definido para assegurar que a extensão, a profundidade e o grau de detalhe do estudo sejam compatíveis e suficientes para atender ao objetivo estabelecido. Da mesma forma, esta norma orienta como realizar a análise de inventário, que envolve a coleta de dados e procedimentos de cálculo para quantificar as entradas e saídas pertinentes de um sistema de produto.

#### ISO 14042: Avaliação do impacto do ciclo de vida

Esta norma especifica os elementos essenciais para a estruturação dos dados, sua caracterização, a avaliação quantitativa e qualitativa dos impactos potenciais identificados na etapa da análise do inventário.

#### ISO 14043: Interpretação do ciclo de vida

Esta norma define um procedimento sistemático para identificar, qualificar, conferir e avaliar as informações dos resultados do inventário do ciclo de vida, facilitando a interpretação para criar uma base onde as conclusões e recomendações serão materializadas no Relatório Final.

#### ISO TR 14047: Exemplos para a aplicação da ISO 14042

Este relatório técnico fornece exemplos de algumas das formas de aplicação da Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida conforme descrito conforme a norma ISO 14042.

---

### ISO TS 14048: Formato da apresentação de dados

Esta especificação técnica fornece padrões e exigências para a forma de apresentação dos dados que serão utilizados no Inventário e na Avaliação do Inventário do Ciclo de Vida de uma forma transparente e inequívoca.

ISO TR 14049: Exemplos de aplicação da ISO 14041 para definição de objetivos e escopo e análise de inventário.

Este relatório técnico apresenta exemplos para facilitar a definição de objetivos e escopos e análise de inventários, orientando uma padronização para diversos tipos de ACV.

## **2.4 Aspectos Ambientais das Atividades de Exploração e Produção *offshore* de Petróleo e Gás Natural**

Nesta seção, será traçado um breve panorama dos principais impactos ambientais das atividades de exploração e produção (E&P) de petróleo e gás natural em áreas *offshore*.

As atividades de exploração e produção de petróleo e gás natural em áreas *offshore* têm, particularmente, o potencial de causar uma grande variedade de impactos sobre o meio ambiente.

É importante destacar, que os impactos descritos neste capítulo são impactos potenciais, que, com cuidado e atenção apropriados, podem ser evitados, minimizados e/ou mitigados. Práticas operacionais e tecnologias de engenharia vêm sendo desenvolvidas e aprimoradas com o objetivo de minimizar os impactos das atividades sobre o meio ambiente, e tal fato

---

contribuiu significativamente para a redução do número de acidentes ambientais.

As atividades de exploração e produção podem afetar negativamente os ecossistemas, a cultura local e a saúde humana, podendo causar, muitas vezes, danos maiores do que aquelas decorrentes de um grande derramamento de óleo.

Sugundo Mariano (2007), o planejamento apropriado, o projeto e o controle das operações em cada fase da produção e exploração de petróleo irão evitar, minimizar ou mitigar os impactos. É importante salientar que as implicações ambientais de todos os estágios dos processos de exploração e desenvolvimento podem ser previstas e avaliadas de forma sistemática antes do início dos projetos e, desta forma, medidas apropriadas podem ser tomadas o mais cedo possível.

É necessário levar em consideração no momento da avaliação dos impactos potenciais os seguintes quesitos: escala geográfica (se global, regional ou local) sobre a qual irão provavelmente ocorrer, a percepção e a magnitude dos impactos potenciais, das quais dependerão, freqüentemente, a interpretação subjetiva e a aceitabilidade da significância do impacto.

A mais difundida e perigosa consequência das atividades da indústria *offshore* é a poluição. A poluição está associada com praticamente todas as atividades de todos os estágios da produção de petróleo e gás natural. Os efluentes líquidos, sólidos e gasosos e os aerossóis gerados durante as operações de perfuração, produção (responsável pela maior parte) e transporte incluem mais de oitocentas substâncias químicas, entre as quais

prevalecem, evidentemente o petróleo e seus derivados (MARIANO, 2007).

As quantidades e proporções dos efluentes gerados podem variar consideravelmente durante a produção. Por exemplo, a quantidade de cascalhos de perfuração, normalmente, decresce na medida que o poço se torna mais profundo e, correspondentemente, seu diâmetro diminui. O volume de água de produção aumenta proporcionalmente à depleção dos recursos de hidrocarbonetos, e a medida que a produção caminha do início para o final da vida útil do poço (PATIN, 1999).

#### **2.4.1 Composição Química dos Efluentes**

Conforme anteriormente mencionado, o espectro de substâncias químicas que penetra no ambiente marinho em consequência das diferentes atividades de E&P é bastante amplo, e inclui muitas centenas de compostos e de suas combinações.

Em relação às emissões atmosféricas, o potencial de impacto das atividades de exploração é geralmente considerado baixo. Entretanto, durante a etapa de produção, níveis elevados de emissões são gerados na vizinhança imediata das instalações de produção. Por outro lado, muitas vezes a questão da poluição atmosférica na etapa de E&P não recebe a devida atenção, por causa, principalmente, do fato de a maior parte dos desenvolvimentos *offshore* ficar em áreas remotas e pouco povoadas. As medidas de controle para a prevenção da poluição atmosférica durante a produção *offshore* são idênticas àquelas utilizadas para outras indústrias, largamente difundidas e já efetivamente usadas (MARIANO, 2007)

### 2.4.1.1 Impactos sobre o Meio Aquático

Os principais efluentes hídricos resultantes das atividades de exploração e produção de petróleo e gás natural são (PATIN, 1999):

- Águas de produção;
- Fluidos de perfuração, cascalhos e substâncias químicas para o tratamento dos poços;
- Águas de drenagem, de processo e de lavagem;
- Esgotos, águas sanitárias e domésticas;
- Vazamentos e derramamentos;
- Águas de refrigeração.

Os volumes de efluentes produzidos dependem do estágio dos processos de exploração e produção. Na etapa de perfuração exploratória os principais efluentes hídricos são os fluidos de perfuração e os cascalhos, enquanto que na etapa de produção – após o desenvolvimento dos poços ser completado – o principal efluente produzido é a água de produção.

Fluidos de Perfuração e Cascalhos – Os cascalhos separados dos fluidos (lamas) de perfuração têm uma composição complexa que pode variar bastante. Tal composição depende do tipo de rocha, do regime de perfuração, da formulação do fluido de perfuração, da tecnologia utilizada para separar e limpar os cascalhos, além de outros fatores. Entretanto, em todos os casos, os fluidos de perfuração desempenham um papel fundamental na determinação da composição dos cascalhos (PATIN, 1999).



---

A composição dos fluidos de perfuração depende das necessidades operacionais de cada situação, e estas variam consideravelmente em diferentes regiões e podem mudar, radicalmente durante cada processo de perfuração, quando da perfuração de rochas com estruturas muito diferentes (desde formações sólidas de granito até sal ou ardósia).

Os efeitos dos metais (Ba, Cd, Zn, Pb) pesados associados aos fluidos de perfuração a base de água mostraram ser mínimos, pois os metais estão sob a forma mineral e, desta forma, possuem limitada biodisponibilidade. Fluidos de perfuração a base de óleo e cascalhos oleosos possuem elevado potencial de impacto, devido à toxicidade ao seu potencial redox. O conteúdo de óleo nesse tipo de efluente é, provavelmente, o principal determinante de seus efeitos (MARIANO, 2007).

Patin (1999) cita que em razão das diversas operações e procedimentos, as lamas e cascalhos de perfuração são saturados com centenas de diferentes compostos e substâncias. Seu descarte no mar representa uma das principais ameaças ecológicas das atividades de E&P *offshore*. Em particular, muitos países se preocupam com a utilização de biocidas, usados para eliminar os microorganismos nos fluidos de perfuração e circulação.

Os resíduos da perfuração também contêm metais pesados (mercúrio, chumbo, cádmio, zinco, cobre e outros), também tóxicos para os ecossistemas.

Pelo fato das águas de produção constituírem uma das principais fontes de poluição por óleo nas áreas offshore de produção de petróleo e gás natural, e por apresentarem o volume consideravelmente maior do que o de outros efluentes, neste estudo será dada maior ênfase a este tipo de efluente.

---

Água de Produção – A água de produção inclui a água das formações rochosas do reservatório, as salmouras, as águas de produção e outras águas de processo. A água da formação e a salmoura são extraídas juntamente com o petróleo do gás.

Hidrocarbonetos de petróleo, inclusive hidrocarbonetos aromáticos polinucleares poliaromáticos (HAPs), estão sempre presentes na água de produção, especialmente quando de sua mistura com outras águas de operação e com soluções de outros agentes. Estes compostos têm alto potencial para bioacumulação (CAMPOS, 2000).

A concentração de petróleo nos efluentes varia enormemente, dependendo não apenas da situação tecnológica específica, da composição do petróleo e da eficiência dos métodos de separação. Os separadores de óleo removem o óleo disperso e os particulados, enquanto que os hidrocarbonetos dissolvidos permanecem no efluente, em concentrações variáveis.

A composição química da maior parte das águas de produção é caracterizada pelo alto grau de mineralização, causada pela presença de íons dissolvidos de sódio, potássio, magnésio, cloreto, sulfato. Além disso, elas possuem elevados níveis de alguns metais pesados, contaminação por agentes desincrustantes, inibidores de corrosão, biocidas, dispersantes e outros compostos químicos (HANSEN E DAVIES, 1994). Também contêm, freqüentemente, elementos radioativos e seus produtos de decaimento, que são arrastados do reservatório juntamente com as águas da formação e levados para a superfície com a água de produção, o petróleo e o gás. Durante o contato com a água do mar, esses radionuclídeos reagem com os sulfatos, precipitam e formam incrustações radioativas. Apesar de os níveis de radioatividade serem relativamente baixos, existem

---

preocupações com a possibilidade de formação de zonas de concentração de risco radioativo (FREIRE, 1999).

Apesar de ser uma tarefa difícil estabelecer parâmetros médios de composição, especialmente devido ao fato de que são raros estudos analíticos completos e confiáveis sobre tal tipo de efluente, mais adiante serão apresentadas as concentrações médias de algumas substâncias presentes da água de produção e o volume produzido, no entanto, a extensão dos impactos de seu descarte nos corpos hídricos somente pode ser verificada por uma avaliação de impactos ambientais.

Outros Resíduos – Os efluentes dos dutos normalmente contêm inibidores de corrosão e substâncias antiincrustantes, agentes redutores e outros (HANSEN E DAVIES, 1994). Os volumes gerados podem variar consideravelmente. Situações similares também surgem durante outras atividades técnicas e de manutenção. Tais operações incluem procedimentos de limpeza e de proteção contra corrosão, purga da água de lastro de tanques de armazenamento de hidrocarbonetos, reparo e *workover* de poços, substituição de equipamentos e outros.

Outros efluentes hídricos, tais como esgotos, vazamentos e esgotos sanitários e domésticos não são prejudiciais ao ambiente marinho nas áreas de produção de petróleo e gás, e são tratados e descartados em acordo com as normas e regulamentos das embarcações e instalações de produção. Os maiores impactos podem ocorrer principalmente quando locais usados para o desenvolvimento de atividades pesqueiras e áreas ecologicamente importantes são afetados (MARIANO, 2007).

### 2.4.1.2 Os Impactos Atmosféricos

Devido aos problemas ambientais globais das mudanças climáticas e da depleção da camada de ozônio, procedimentos e tecnologias para minimizar suas emissões atmosféricas vêm sendo desenvolvidos.

A queima do gás natural produzido em tochas (*flares*) é a fonte mais significativa de emissões atmosféricas, principalmente quando não há infraestrutura ou mercado disponível para o gás. Entretanto, sempre que viável, o gás é processado e distribuído, e, desta forma, através de um desenvolvimento integrado, e da provisão de mercados, a necessidade de queima é significativamente reduzida (MARIANO, 2007).

Progressivamente, a queima do gás natural em *flares* tem sido reduzida em todo o mundo, especialmente em decorrência da legislação. Isso se deve também ao fato da construção de gasodutos e da utilização do gás para reinjeção. Espera-se que nos novos desenvolvimentos, o gás somente seja queimado em *flares* em razão de necessidade de alívio da pressão dos poços (operação de segurança), pois as rotinas de queima zero são atualmente já consideradas como metas realistas de projeto para os programas de desenvolvimento planejados.

No entanto, em muitos países, a queima do gás natural é proibida por ser um dos principais problemas ambientais de emissões atmosféricas da etapa de exploração e produção de petróleo. No Brasil, a queima de gás associado em *flares* é regulamentada pela Agência Nacional do Petróleo, através da Portaria nº 249, de 10 de Novembro de 2000, que aprova o Regulamento Técnico de Queimas e Perdas de Petróleo e Gás Natural. Esta Portaria trata de questões relacionadas com as perdas de gás natural e

---

queimas em *flares*, e estabelece os limites máximos autorizados para queima e perda do gás não sujeita ao pagamento de *royalties* e os parâmetros para o controle das queimas e perdas de gás natural (ANP, 2000).

Na verdade, a queima de gás também pode ocorrer em outras ocasiões: razões de segurança, durante a partida das plantas, manutenção ou perturbações durante as operações normais de processamento.

Uma parte dos gases queimados nos *flares* são aqueles que no reservatório encontram-se dissolvidos no petróleo e que ao se aproximarem da superfície passam para a fase gasosa pelo fato da pressão atmosférica ser menor do que a pressão do reservatório. Os gases associados representam cerca de 30% da produção bruta de hidrocarbonetos gasosos, entretanto, devido ao não desenvolvimento tecnológico e à falta de capacitação e equipamentos em muitos campos de petróleo, mais de 25% do gás associado extraído dos reservatórios de petróleo é queimado em *flares*.

A poluição atmosférica causada pelas atividades de exploração e produção não é proveniente somente da queima de hidrocarbonetos mas também da evaporação de produtos gasosos, bem como partículas de aerossóis de combustíveis não queimados. Na etapa de produção, em especial, a principal fonte de emissões atmosféricas consiste na combustão interna de hidrocarbonetos em motores térmicos para a geração de energia pelas instalações de produção, terminais de abastecimento, embarcações e aeronaves. Também contribuem as operações de ventilação, assim como as emissões fugitivas de hidrocarbonetos. Também nas instalações de produção, a compressão de fluidos para injeção e/ou transporte, com a

---

geração de energia por gás ou por gás/diesel, é a operação que mais consome energia.

Os principais gases emitidos em E&P incluem o dióxido de carbono (que, apesar de não ser um poluente atmosférico, pois ocorre na natureza, é o principal gás de Efeito Estufa), monóxido de carbono, metano, óxidos de nitrogênio e compostos orgânicos voláteis. Emissões de óxidos de enxofre e sulfeto de hidrogênio (gás sulfídrico – H<sub>2</sub>S) podem ocorrer, e dependem da quantidade de enxofre presente no combustível queimado, particularmente o óleo diesel, quando utilizado para a geração de energia. Em alguns casos, o conteúdo de enxofre pode ocasionar odores perto das instalações (MARIANO, 2007).

Sob a perspectiva ecológica, os poluentes mais perigosos são os óxidos de nitrogênio e enxofre, o monóxido de carbono e os produtos da queima incompleta dos hidrocarbonetos. Estes compostos reagem com a água das chuvas, formando as chuvas ácidas, que precipitam nas superfícies marítimas e terrestres, formando zonas de poluição local e regional. As chuvas ácidas causam impactos sobre a flora, a fauna, a saúde humana e também sobre as atividades agrícolas, prejudicando as colheitas.

## CAPÍTULO 3 – DETALHAMENTO DO SISTEMA SIMAPRO

### 3.1 Eco-Indicador 99

Baseado na abordagem do ciclo de vida, o método Eco-indicador 99 atribui uma “nota” a cada impacto, permitindo a comparação dos vários tipos de impactos e oferecendo uma perspectiva sobre as maneiras de procurar superá-los.

No entanto, o exercício não é simples: baseando-se em pesquisas científicas, para cada impacto é atribuído um peso específico.

A Tabela 3.1 a seguir destaca os diferentes tipos de Eco-indicadores e suas principais considerações:

Tabela 3.1: Diferentes tipos de Eco-indicadores e suas considerações

Categorias de Impacto	Ecoindicador 99	CML 2000	EDIP	TRACI
Mudança Climática	x	x	x	x
Destruição da camada de ozônio	x	x	x	x
Acidificação	x	x	x	x
Eutrofização	x	x	x	x
Ecotoxicidade	x			x
Ecotoxicidade águas doces		x	x	
Ecotoxicidade marinha		x	x	
Ecotoxicidade terrestre		x	x	
Toxicidade humana		x	x	
Cancerígenos	x			x
Não cancerígenos				x
Respirações orgânicos	x			
Respirações inorgânicos	x			
Uso do solo	x			
Minerais	x			
Combustíveis fósseis	x			
Exaustão abiótica		x		
Uso de recursos			x	
Smog fotoquímico			x	x
Água doce		x		
Água marinha		x		
Radiação	x			
Resíduos sólidos			x	
Resíduos perigosos			x	
Resíduos radioativos			x	
Escória / cinzas			x	

Fonte: Ugaya, (2006).

---

Para este projeto escolheu-se o Eco-indicador 99, desenvolvido no âmbito de um projeto específico sob a liderança do Ministério da Habitação, Planejamento Espacial e Meio Ambiente da Holanda.

### **3.2 SimaPro**

SimaPro é uma ferramenta comercial de ACV que permite recolher, analisar e monitorizar o desempenho ambiental de produtos e serviços.

O usuário pode modelar e analisar ciclos de vida complexos de produtos e serviços, de forma sistemática e transparente, de acordo com os princípios da norma ISO 14040.

Utilizado por grandes indústrias, consultorias e universidades, com usuários em mais de 50 países, o SimaPro continua a ser o mais bem sucedido *software* para ACV em todo o mundo.

Para iniciar o ACV, o SimaPro vem com um inventário na forma de bases de dados de materiais e processos, acoplados com ferramentas de cálculo de impactos.

Desta forma, a ACV divide-se em quatro principais etapas que podem ser visualizadas na Figura 3.1:



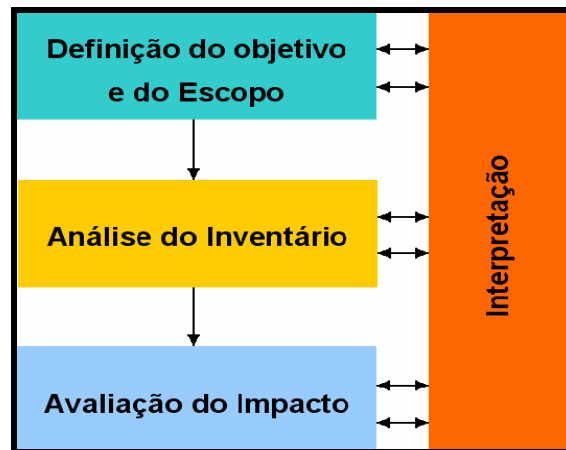


Figura 3.1 Etapas de uma ACV

Fonte: Rocha (2007).

### 3.2.1 Definição do Objeto e do escopo

Uma clara e inequívoca definição do “Objetivo” e “Escopo” (NBR ISO 14041) é fundamental para a condução do estudo. Embora pareça simples e óbvia, esta fase é crucial para o sucesso da condução do estudo e para a sua relevância e utilidade. De fato, o processo de estabelecer estas definições pode ser bastante complexo (PRÉ CONSULTANTS, 2006).

Nesta fase, definem-se também as fronteiras e limites do estudo, simplificações adotadas, modelos matemáticos, bem como outros aspectos cruciais para o desenvolvimento do estudo. Nesta etapa do estudo deve-se considerar:

- o sistema a ser estudado;
- a definição dos limites do sistema;
- a definição das unidades do sistema;
- o estabelecimento da função e da unidade funcional do sistema;
- os procedimentos de alocação;

- os requisitos dos dados;
- as hipóteses de limitações;
- a avaliação de impacto, quando necessária e a metodologia a ser adotada;
- a interpretação dos dados, quando necessária e a metodologia a ser adotada;
- o tipo e o formato do relatório importante para o estudo e a definição dos critérios para a revisão crítica, se necessário.

A Avaliação do Ciclo de Vida é uma técnica interativa. Durante o decorrer do estudo, em função de uma série de fatores, podendo ser necessária a modificação do escopo do estudo.

#### **a) Bibliotecas**

Podem-se predefinir bibliotecas que se pretende utilizar para o projeto. As bibliotecas são um tipo especial de projeto. Eles são um recurso que pode ser utilizado em todos os projetos e não se destinam as editorações.

Neste estudo, a biblioteca utilizada foi a *BUWAL 250*, que será descrita no Capítulo 4.

#### **b) Requisitos de Qualidade de Dados (RQD)**

Estes requisitos são: tempo, geografia, tipo, sistema de repartição e de fronteiras. Estes termos referem-se às escolhas metodológicas que precisam ser feitas no âmbito de cada meta e ACV.

---

O objetivo destes indicadores é ajudar a compreender em que medida os dados a partir de bibliotecas são compatíveis com as exigências do seu próprio projeto.

Depois de ter fixado estes indicadores de qualidade dos dados, cada campo será designado por uma cor que depende da correspondência entre os dados e as propriedades desejadas. Há quatro cores para indicar em que extensão de um processo coincide com o projeto a ser desenvolvido. Observa-se que a cor verde indica que o material ou processo escolhido é aplicável ao seu projeto. A correspondência amarela ou laranja é menos estreita e, finalmente, vermelha significa que, embora utilizável, o processo ou o material não se adequa aos requisitos do seu projeto (PRÉ CONSULTANTS, 2006).

A seqüência das atividades a serem desenvolvidas ao longo desta etapa inicial está descrita na Figura 3.2:

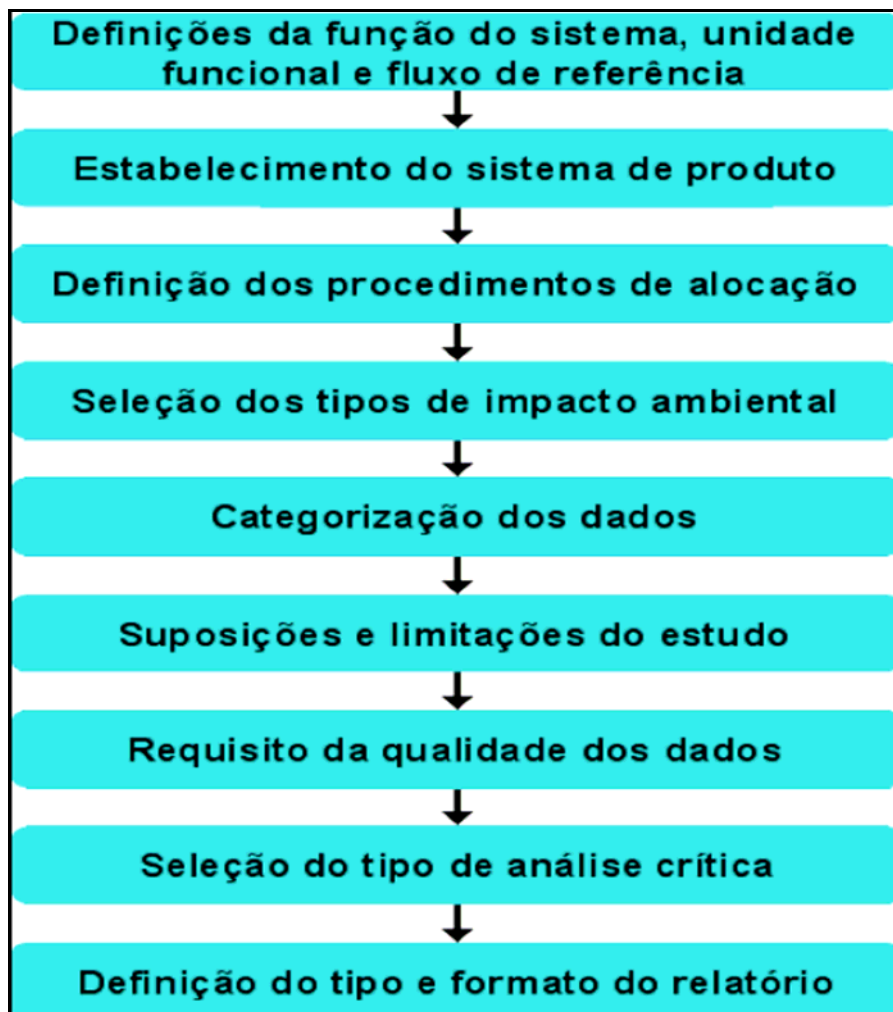


Figura 3.2 Definição do objetivo e do escopo do trabalho

Fonte: Rocha (2007).

### 3.3 Inventário do Ciclo de Vida

A “Análise do Inventário” (NBR ISO 14041) refere-se à coleta de dados e ao estabelecimento dos procedimentos de cálculo para que seja possível facilitar o agrupamento destes dados em categorias ambientais normalmente utilizáveis e comparáveis, de modo semelhante a um balanço contábil.

---

Considera-se nessa fase que tudo que entra deve ser igual ao que sai do sistema em estudo, em termos de energia ou massa, desde a extração das matérias-primas até o descarte final do produto.

Esta fase da Avaliação do Ciclo de Vida pode se tornar uma das mais difíceis e trabalhosas em função da não-disponibilidade de dados, da qualidade dos dados disponíveis ou da necessidade de estimá-los.

Portanto, é importante considerar os seguintes itens:

- a necessidade de uma estratégia cuidadosa na preparação para a coleta de dados;
- a coleta de dados;
- o refinamento dos limites do sistema;
- a determinação dos procedimentos de cálculo e
- os procedimentos de alocação.

As etapas da análise do inventário podem ser visualizadas na Figura 3.3:

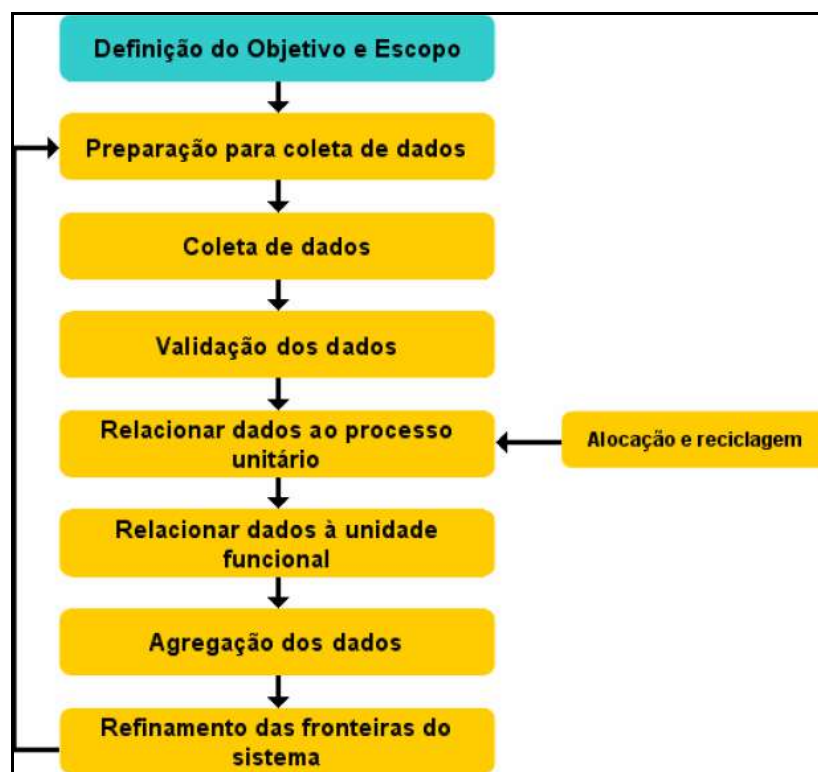


Figura 3.3 Análise do Inventário

Fonte: Rocha (2007).

### 3.4 Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida

A “Avaliação do Impacto” (NBR ISO 14042) refere-se à identificação e avaliação dos impactos potenciais ao meio ambiente que podem ser associados aos dados levantados no inventário.

Algumas avaliações mais simples podem ser realizadas apenas com os dados obtidos na fase do inventário. Entretanto quando forem detectadas grandes diferenças nos vários parâmetros de impacto ou quando houver necessidade de se relacionar os dados do inventário aos problemas ambientais, o uso de uma metodologia específica, como a estabelecida na norma NBR ISO 14042 será de grande utilidade.

---

As diferentes formas existentes para avaliação do impacto ambiental têm gerado grandes debates científicos. Há que se considerar as limitações do conhecimento científico no estabelecimento dos impactos potenciais, aspectos como subjetividade nas análises ou diferenças entre indicadores e impactos.

A norma ISO 14042 propõe uma estrutura para o processo de avaliação incluindo basicamente três etapas:

- seleção e definição das categorias: as categorias devem ser estabelecidas com base no conhecimento científico;
- classificação: os dados são classificados e apurados nas diversas categorias selecionadas;
- caracterização: os dados são modelados por categoria de forma que cada um possa ter o seu indicador numérico.
- a conversão dos dados deve ser feita através de fatores de equivalência baseados em conhecimentos científicos.

Alguns técnicos poderão atribuir pesos aos resultados da avaliação de impacto. Como a ponderação é um processo baseado em valores e pode envolver critérios subjetivos, essa etapa é considerada como não científica e sujeita a distorções. A Figura 3.4 representa as etapas da avaliação do impacto ambiental.

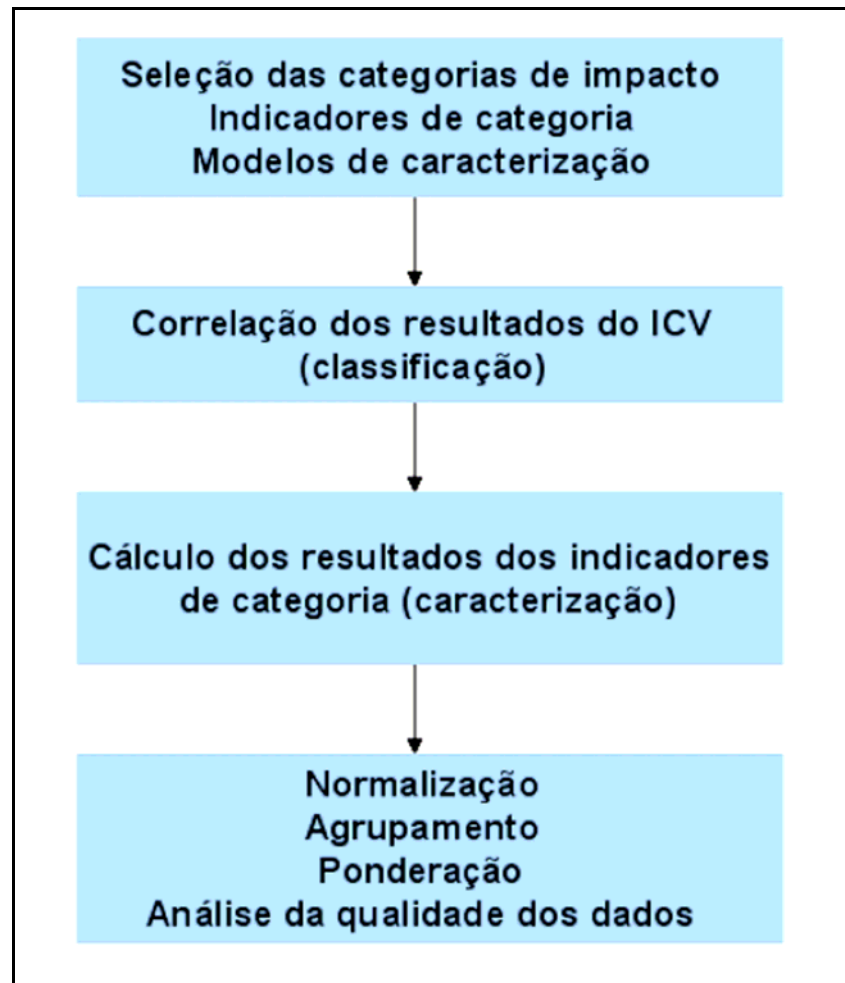


Figura 3.4 Etapas da avaliação do impacto ambiental

Fonte: Rocha (2007).

### 3.5 Interpretação da Avaliação do Ciclo de Vida

A Interpretação dos Resultados de ACV (ISO 14043) é uma das etapas mais sensíveis, pois as hipóteses estabelecidas durante as fases anteriores, assim como as adaptações que podem ter ocorrido em função de ajustes necessários, podem afetar o resultado final do estudo.

O relatório final deve ser elaborado de forma a possibilitar a utilização dos resultados e sua interpretação de acordo com os objetivos estabelecidos



---

para o estudo. Este relatório deve seguir as prescrições das normas NBR ISO 14.040 e NBR ISO 14.041.

Por apresentar um alto grau de subjetividade, para reduzir os riscos de manipulações, abusos na condução ou mesmo erros involuntários devido à complexidade dos estudos, a norma NBR ISO 14.040 salienta que uma revisão crítica pode ser realizada por um especialista independente do estudo de ACV.

Contudo, quando se tratar de afirmações comparativas ou públicas, estas devem passar obrigatoriamente por uma revisão crítica externa independente. Isto porque o uso de resultados de ACV para apoiar afirmações comparativas levanta preocupações especiais e requer análise crítica, uma vez que esta aplicação provavelmente afeta partes interessadas que são externas ao estudo de ACV.

As análises críticas para diminuir a probabilidade de mal-entendidos ou efeitos negativos em relação às partes interessadas externas, devem ser realizadas em estudos de ACV quando os resultados são usados para apoiar afirmações comparativas. O fato de uma análise crítica ter sido conduzida não implica de modo algum um endosso de qualquer afirmação comparativa que seja baseada num estudo de ACV.

A análise crítica externa pode ser efetuada tanto por um especialista externo quanto por uma comissão, a qual pode incluir representantes das partes interessadas. A declaração sobre a análise crítica e o relatório da comissão de análise crítica, assim como comentários do especialista e quaisquer respostas às recomendações feitas pelo analista ou pela comissão, devem ser incluídos no relatório de estudo de ACV.

### **3.6 Limitações na Elaboração do Estudo de ACV**

A elaboração de estudos que utilizam a metodologia da Avaliação do Ciclo de Vida quase sempre acarreta em grande consumo de tempo, recursos financeiros e humanos. Dependendo da profundidade do estudo que se pretende conduzir, a coleta de dados pode ainda ser dificultada por várias outras razões. A não disponibilidade de dados importantes pode afetar o resultado final do estudo e, por conseqüência, a sua confiabilidade.

Torna-se importante, portanto, uma avaliação criteriosa da relação custo-benefício para se atingir a qualidade desejada para o estudo, levando-se em consideração que tipo de dado deverá ser pesquisado, o custo e o tempo para sua coleta e os recursos disponíveis para a condução do estudo.

É importante ter em mente que a ACV, por sua natureza, não é uma ferramenta capaz de medir qual produto ou processo é o mais eficiente tanto em relação ao custo quanto em relação a outros fatores, já que não mede, por exemplo, impactos reais ambientais, e sim impactos potenciais.

Por outro lado, as informações resultantes da ACV podem e devem ser utilizadas como mais um componente de um amplo processo decisório que leve em consideração outros fatores. A ACV é uma ferramenta técnica ainda em evolução. Por essa razão, análises comparativas de processos ou produtos devem ser evitadas. Nos casos de comparações levadas ao conhecimento público, dadas as limitações da ACV, deve-se obedecer ao estabelecido na norma NBR ISO 14040.

---

## **CAPÍTULO 4 – APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE ACV NO ESTUDO DE CASO: IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELA GERAÇÃO DE ÁGUA DE PRODUÇÃO E PELA QUEIMA DE GÁS NATURAL NA PRODUÇÃO E EXPLORAÇÃO *OFFSHORE* DE PETRÓLEO**

A metodologia de ACV está padronizada pelas normas ISO. Visando facilitar sua aplicação, diversos *softwares* têm sido desenvolvidos. No âmbito desse projeto utilizou-se o programa SimaPro versão 7.0. Portanto, sua aplicação será descrita de acordo com os passos realizados pelo programa, conforme seu manual (PRÉ CONSULTANTS, 2006).

O objetivo dessa ACV é identificar e analisar os potenciais impactos ambientais causados especificamente pela água de produção e pela queima de gás natural na exploração e produção *offshore* de petróleo, na Bacia de Campos.

A utilização única e exclusivamente desses parâmetros supracitados deve-se ao fato de serem a fonte de maior impacto ambiental nas áreas *offshore* de exploração e produção de petróleo e gás natural.

O indicador definido neste trabalho buscou abordar um tema relevante da operação de unidades produtoras de petróleo *offshore* do ponto de vista ambiental. Levou-se em consideração a concentração média das principais substâncias presentes no efluente em mg/L e seu volume mensal, no caso da produção de petróleo, e do volume produzido e queimado de gás natural.

---

De uma forma geral, as principais questões que precisam ser trabalhadas para assegurar que os resultados fornecidos pelos indicadores possam ser utilizados em processos de tomada de decisão são:

- i) Diferenças na definição do indicador: definições vagas, e diferenças no entendimento relacionados à aplicação e mensuração do indicador por parte do Órgão Ambiental e empresa.
- ii) Método de Mensuração: o uso de métodos diferentes por unidades diferentes, ou o uso de estimativas através de métodos não científicos ao invés de dados reais, podem conduzir a erros de interpretação.
- iii) Dificuldades conceituais e técnicas de medida: os indicadores de impacto ambiental aplicados precisam de desenvolvimento científico adicional para serem adotados através da sua mensuração em campo.

## **4.1 Apresentação dos Indicadores nos RSDAs**

Não é escopo deste projeto avaliar se os resultados foram bons ou não do ponto de vista ambiental, mas sim, se a aplicação dos indicadores foi consistente qualitativamente, e para servir como um instrumento de tomada de decisão.

### **4.1.1. Indicadores Ambientais**

#### **a)Emissão de efluentes**

Para o tema “efluente”, o IBAMA definiu o “volume mensal descartado” como um indicador para acompanhar a quantidade de efluentes descartados, que por sua vez foi subdividido em água de produção, esgoto, água de injeção e água de testes hidrostáticos (CATARINO, 2006). Neste

estudo, somente a água de produção referente à Bacia de Campos será levada em consideração.

Os resultados do indicador apresentado nos RSDAs trimestrais encaminhados ao IBAMA no período entre julho de 1999 e junho de 2000, referentes à geração de água de produção gerada na Bacia de Campos, são apresentados na Tabela 4.1.

Tabela 4.1. Volume de água de produção gerada na Bacia de Campos.

Volume de água de Produção (m <sup>3</sup> )												
Plataformas	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
PPM-1	352499	402368	346494	342512	333449	252896	350040	229610	39043	278230	328310	258777
PGP-1	226567	176203	194360	146829	134159	193991	88458	120596	40053	67524	12420	15899
PNA-1	66742	70057	2156	57040	82124	52692	58717	63154	20315	0	1052	0
PNA-2	126963	124710	126053	126250	127026	124177	122623	120569	45088	21584	3216	0
PCH-1	52991	62126	44453	43989	46778	45384	51460	38026	12576	5610	0	0
PCH-2	46489	46280	52755	51803	39915	36799	48234	41874	17940	38166	58984	47722
PPG-1	293892	301858	288978	294781	284172	293772	297758	301469	91633	287982	631159	47223
<b>TOTAL</b>	<b>1166143</b>	<b>1183602</b>	<b>1055249</b>	<b>1063204</b>	<b>1047623</b>	<b>999711</b>	<b>1017290</b>	<b>915298</b>	<b>266648</b>	<b>699096</b>	<b>1035141</b>	<b>369621</b>

Fonte: Elaboração própria baseada nos dados de Catarino (2003).

É válido ressaltar que o volume médio de petróleo produzido neste mesmo intervalo de tempo também foi levado em consideração na análise do impacto ambiental calculado pela ferramenta SimaPro 7.0. O volume nos anos de 1999 e 2000 pode ser verificado na Tabela 4.2.

Tabela 4.2. Volume de petróleo produzido na Bacia de Campos.

Bacia Sedimentar	Produção Média de Petróleo (m <sup>3</sup> )	
	1999	2000
Bacia de Campos	49.109.972	57.036.883

Fontes: Elaboração própria baseada nos dados da ANP, conforme o Decreto n.º 2.705, de 03/08/98, a partir de 1999.

Nota: Inclui condensado e óleo de xisto. Não inclui LGN.

As concentrações médias das principais substâncias presentes na água de produção da Bacia de Campos estão disponíveis na Tabela 4.3.

Tabela 4.3. Concentrações médias das principais substâncias presentes na água de produção da Bacia de Campos.

Parâmetro	Média
pH	6,8
Cl <sup>-</sup> (mg/L)	45380
Cálcio (mg/L)	769
Bário (mg/L)	<0,1
Amônia (mg/L)	100
Sólidos Totais	80640
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	1667
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	80470
<b>Metais Pesados</b>	
Cádmio (mg/L)	0,6
Cromo (mg/L)	<0,2
Chumbo (mg/L)	0,2
Mercúrio (mg/L)	1,5
Cobre	0,2
Prata (mg/L)	0,03
Níquel (mg/L)	1,3
Ferro	3,2
Zinco (mg/L)	0,4
<b>Poluentes Orgânicos</b>	
COT (mg/L)	550
DQO	2100
O&G (mg/L)	218
BTX (mg/L)	8
Naftaleno (mg/L)	1,5
Fenóis (mg/L)	4,3
<b>Produtos Químicos</b>	
Inibidor de corrosão <sup>1</sup> (mg/L)	4
Demulsificante <sup>2</sup> (mg/L)	1
Anti-incrustante <sup>3</sup> (mg/L)	10
Polieletrólito (mg/L)	2

(\* ) Dados não disponíveis

<sup>1</sup>tipicamente contendo compostos de amida/amidazolina

<sup>2</sup>tipicamente contendo resinas oxilquiladas, ésteres poliglicólicos e aril sulfonatos

<sup>3</sup>tipicamente contendo compostos ester fosfatos/fosfanatos

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados obtidos em Campos (2000) e E. Bessa (2001).

Como as substâncias encontram-se com a unidade de concentração e este tipo de unidade não está disponibilizada no programa, algumas conversões

terão que ser feitas utilizando o volume de água de produção gerada. Dessa forma, será possível encontrar a massa de cada substância em solução.

### b) Emissões atmosféricas

Em relação às emissões atmosféricas ocorridas durante as operações normais, serão avaliados os volumes, em m<sup>3</sup>, de produção e queima de gás natural na Bacia de Campos.

As metodologias de mensuração, porém, variaram entre estimativa, balanço de massa e medição direta (CATARINO, 2003). Os resultados do indicador apresentado nos RSDAs trimestrais encaminhados ao IBAMA no período entre julho de 1999 e junho de 2000, referentes à produção e queima de gás natural na Bacia de Campos, são apresentados na Tabela 4.4 e 4.5, respectivamente:

Tabela 4.4 Volume de Gás produzido na Bacia de Campos.

Volume de Gás Produzido (m <sup>3</sup> )												
Plataformas	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
P-07	8737	9621	7604	4688	4520	6701	7798	7135	5512	6256	5636	4318
P-09	10990	11649	11495	12511	11609	12857	13355	13334	11272	10164	7933	4670
P-12	8833	6459	8253	9515	9399	6941	8205	8460	8039	7548	6946	7199
P-15	2557	2083	2643	4914	3427	2588	2381	2235	2093	2677	2179	1930
P-21	2777	3549	3121	2977	2764	2488	1970	1714	0	0	0	0
PGP-1	7953	7537	7411	6743	5433	6898	7456	7564	6292	8633	7606	5432
PNA-1	11875	10309	10125	8898	8211	8005	7318	7742	6321	6476	5900	4929
PNA-2	18508	15688	17681	16645	18878	18967	14852	14208	12297	10303	11234	9726
PCH-1	6220	6380	5675	4938	5284	5999	5986	4560	5059	5914	6501	6540
PCH-2	4099	7196	8321	9333	12242	11770	10190	5872	6456	6747	8815	5585
PCE-1	26394	25406	25555	24671	27722	25385	27234	23446	16768	27260	28351	18975
PPM-1	10118	10332	10413	8428	7688	8351	9155	8767	7507	6883	7282	6638
PPG-1	10326	9280	9488	9732	8085	8272	8990	7980	8593	7487	6540	6144
SS-1	761	963	772	614	741	732	711	634	649	735	745	590
<b>TOTAL</b>	<b>130148</b>	<b>126452</b>	<b>128557</b>	<b>124607</b>	<b>126003</b>	<b>125954</b>	<b>125601</b>	<b>113651</b>	<b>96858</b>	<b>107083</b>	<b>105668</b>	<b>82676</b>

Fonte: Elaboração própria baseada nos dados de Catarino (2003).

Tabela 4.5 Volume de Gás queimado na Bacia de Campos.

Volume de Gás Queimado (m <sup>3</sup> )												
Plataformas	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
P-07	3647	3580	3036	1407	1713	2927	2998	2413	2006	1217	788	981
P-09	9523	10257	10154	10584	5157	4034	3590	4980	2685	1927	2244	1834
P-12	1057	1002	948	1227	1282	1091	903	743	742	645	687	581
P-15	686	815	989	834	596	743	655	542	560	550	512	432
P-21	573	511	460	556	411	702	1270	1292	0	0	0	0
PGP-1	523	828	543	1065	1452	2230	1755	1950	1815	3691	4350	2645
PNA-1	357	313	250	330	290	433	289	219	423	393	464	410
PNA-2	1126	1112	741	941	795	796	1864	364	688	1528	1992	2873
PCH-1	158	206	189	593	4176	2254	1204	409	1089	1656	11459	6042
PCH-2	2126	2959	1594	1883	1930	2335	2422	2971	3176	6874	7655	9067
PCE-1	5601	3791	8134	8568	6329	8060	6858	5760	3702	6503	6527	6461
PPM-1	4058	3163	1899	2282	2679	2172	2833	2162	2079	1715	1429	941
PPG-1	174	697	881	813	801	509	1021	525	580	1791	2564	675
SS-1	406	188	444	166	385	187	202	246	177	999	1841	1150
<b>TOTAL</b>	<b>30015</b>	<b>29422</b>	<b>30262</b>	<b>31249</b>	<b>27996</b>	<b>28473</b>	<b>27864</b>	<b>24576</b>	<b>19722</b>	<b>29489</b>	<b>42512</b>	<b>34092</b>

Fonte: Elaboração própria baseada nos dados de Catarino (2003).

## 4.2 Estudo de Caso

A idéia básica desta aplicação de ACV é analisar o impacto ambiental potencial causado pela geração de água de produção e pela queima do gás natural. Alguns tópicos já vistos no Capítulo 3 serão revistos nesta seção com mais detalhamento.

### 4.2.1 Análise do Inventário

Como relatado anteriormente, o programa permite que seja definido o perfil das informações de acordo com as características de qualidade consideradas relevantes para cada estudo de ACV. Todos os dados das bases possuem seu próprio perfil de qualidade, seguindo os seguintes critérios:

- a) Período de coleta de dados.
- b) Região geográfica na qual os dados foram coletados.



- c) Representatividade e tipo de tecnologia, relacionadas aos dados coletados.
- d) Tipo de alocação para os processos.
- e) Limites dos sistemas nos quais os dados foram coletados.

O *software* compara, então, os perfis dos dados com aquele definido para estudo. Essa comparação tem o objetivo de auxiliar o entendimento sobre o nível de consistência entre os dados das bases e os requerimentos de qualidade de cada estudo de ACV. Para facilitar essa análise o programa mostra até que ponto os dados preenchem esses requisitos com base na seguinte escala de cores:

- a) Verde: Os dados são aplicáveis ao estudo
- b) Amarelo: Os dados são relativamente aplicáveis ao estudo.
- c) Laranja: Há pouco relacionamento entre os dados e os requerimentos de qualidade do estudo.
- d) Vermelho: Embora possam ser utilizados, os dados estão fora do alcance dos requerimentos de qualidade de estudo.

Ressalta-se que é possível verificar esse resultado para cada critério (período, região geográfica, representatividade tecnologia, tipo de alocação, e limites dos sistemas). Logicamente, o ideal seria utilizar dados nacionais, no entanto, não existem bases de dados brasileiras para estudos de ACV nem para a exploração e produção *offshore* de petróleo.

Foram utilizados como base os Projetos “*Petrol B300*” e “*Natural gas B300*” já existentes na base de dados, por possuírem um perfil mais próximo do que é proposto neste estudo de caso. De acordo com o RQD e

com a descrição do projeto, ambos se referem à produção de exploração de petróleo e gás, respectivamente.

Apesar da grande quantidade de informações existentes na base de dados, algumas substâncias presentes na água de produção não foram encontradas. Decidiu-se, então, substituir algumas delas por outras semelhantes, visto que o *software* possui flexibilidade de permitir a adaptação da base de dados para cada estudo de ACV realizado.

Substâncias presentes na água de produção substituídas por outras semelhantes no *software*:

- Cobre por “*copper compounds*”
- Cádmio por “*cadmium compounds*”
- Cálcio por “*calcium compounds*”

No caso da queima do gás natural, foram utilizadas as informações existentes na base de dados, por existir um item referente a esse tipo específico de emissão. Logicamente, seria preferível o uso de dados da Bacia de Campos, mas tais dados não foram obtidos.

A matriz energética da base de dados não foi utilizada visto que as fontes de energia na Europa (termelétricas, energia nuclear e carvão) não são semelhantes às utilizadas no Brasil.

#### **4.2.1.1 Biblioteca: *BUWAL 250***

Como dito anteriormente, neste estudo de caso foi utilizada a biblioteca BUWAL 250, que é uma base desenvolvida pela Agência Suíça para o

Meio Ambiente, Florestas e Paisagens. O inventário inclui emissões da produção de matérias-primas, energia, produtos semimanufaturados e materiais auxiliares, transportes e o processo de produção dos insumos (inputs). A descrição dos sistemas contidos na base é fundamentada nos padrões suíços de consumo, assim como nas importações e exportações de produtos. A origem das matérias primas e o uso de energia e eletricidade são determinados principalmente pela situação da Suíça. Nesse sistema de energia, não são incluídos bens de capital. As emissões para o solo são incluídas apenas em conexão com processos de deposição de embalagens, após a fase de consumo de produtos. Sempre que possível, os processos são determinados considerando a fase de extração das matérias primas. As emissões ou potenciais impactos ambientais de processos que resultam em diversos produtos são alocados com base na distribuição de massa. A base possui diversos modelos de transporte que relacionam potenciais impactos em função da massa e distância de transporte (PRÉ CONSULTANTS, 2001b).

#### **4.2.1.2 Análise do Eco-Indicador**

Tradicionalmente num estudo de ACV, as emissões e as extrações de recursos são expressas em dez ou mais diferentes categorias de impacto, tais como, acidificação, redução da camada de ozônio, ecotoxicidade, extração de recursos naturais, entre outras. No entanto, esse tipo de resultado é difícil de ser ponderado.

O uso de eco-indicadores, por um lado, ajuda a resolver esse problema, facilitando o manejo dos resultados da ACV, pois transforma os dados da tabela de inventário em escores de danos que podem ser agregados em

categorias de danos ou até em um único escore, dependendo da necessidade do usuário (Goedkoop e Spriensma, 2001).

Esse indicador permite agregar os resultados na forma de um valor, mas também pode visualizar as categorias de danos e categorias de impacto associadas a esse valor, utilizando procedimentos diferenciados para estabelecer relações entre os resultados do inventário e dos danos potenciais em cada categoria, como pode ser visualizado na Figura 4.1.

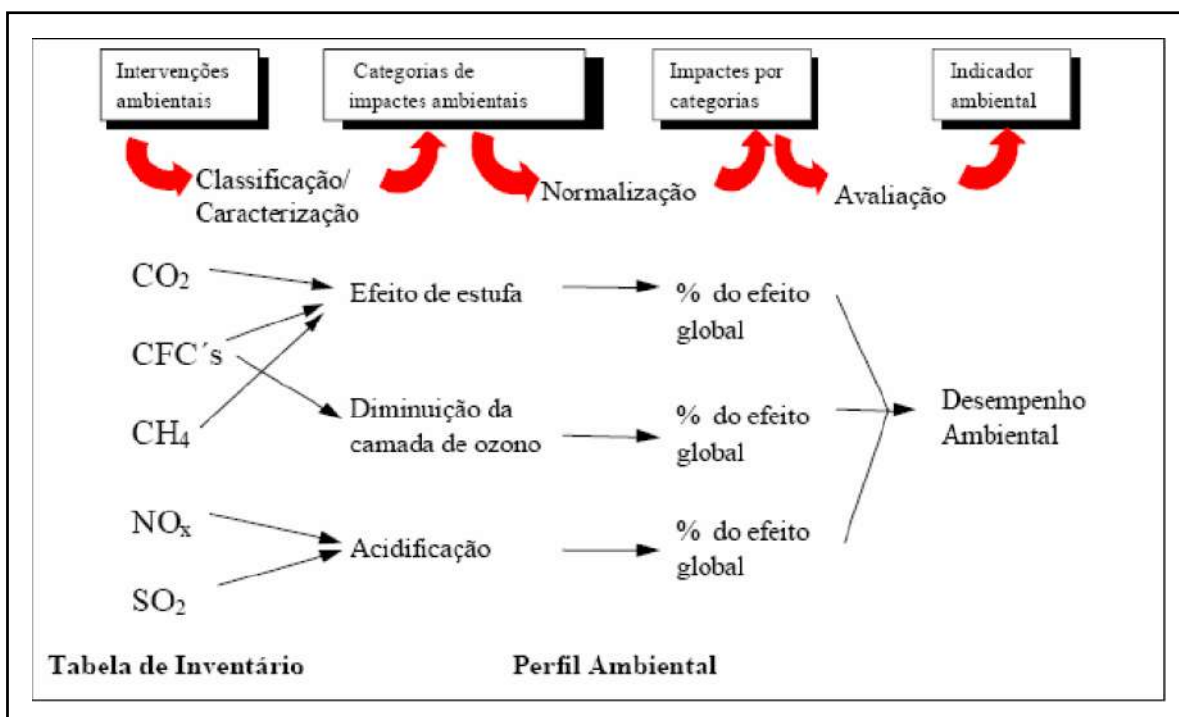


Figura 4.1: Caracterização dos impactos ambientais.

Fonte: Ferrão (1998).

Por outro lado, à medida que os resultados são agregados perde-se em objetividade, uma vez que diversos aspectos do impacto ambiental passam a não ser explicados. Assim, é fundamental refletir sobre os níveis de praticidade e objetividade necessários para utilização dos resultados da ACV.

Algumas considerações iniciais merecem ser feitas. Inicialmente, o método refere-se às condições europeias. Assim, os danos de muitas categorias de impacto ambiental também estão relacionados a essa condição, exceto aqueles que ocorrem numa escala mais global, tais como, redução da camada de ozônio, efeitos dos gases do efeito estufa, efeitos das substâncias radioativas, e danos relacionados à redução dos recursos naturais. Os danos advindos da persistência de substâncias cancerígenas são levados em conta em relação à Europa e regiões adjacentes. Segundo, o Eco-indicador baseia-se numa definição específica de meio ambiente, entendido como um conjunto de parâmetros biológicos, físicos e químicos influenciados pelo homem que são condicionantes (requisitos) para o funcionamento e do próprio homem. Esses requisitos incluem a saúde humana, a qualidade dos ecossistemas e o suficiente suprimento de recursos naturais. Finalmente, esse método utiliza uma abordagem orientada aos danos. Isto é, ele relaciona as categorias de impacto ambiental a danos à saúde humana ou ao ecossistema.

Um estudo de ACV trabalha com três campos do conhecimento científico. Esses campos normalmente são chamados de esferas (PRÉ CONSULTANTS, 2006):

- a) Esfera tecnológica (*techcosphere*): Envolve a descrição do ciclo de vida, as emissões dos processos, os procedimentos de alocação, que são baseados até onde for possível em relações causais.
- b) Esfera ecológica (*ecosphere*): Modelagem das alterações (danos) que são impostas ao meio ambiente.

c) Esfera de valores (*valuesphere*): Envolve a percepção de tais alterações (danos) assim como gerenciamento das escolhas feitas nas esferas anteriores.

Com base nessas esferas é possível construir os três estágios básicos do Eco-indicador (XAVIER, 2000):

a)O modelo do ciclo de vida é construído no âmbito da esfera tecnológica e seu resultado é a tabela do inventário.

b)A modelagem no âmbito da esfera ecológica é utilizada para relacionar a tabela de inventário às três categorias de danos.

c)A esfera de valores é usada para orientar as escolhas feitas na esfera ecológica e também para ponderar as três categorias de danos transformando-as em um indicador.

Os impactos ambientais são agrupados em três categorias de danos: saúde humana, qualidade dos ecossistemas e recursos naturais (XAVIER, 2000):

A categoria saúde humana contém a idéia de que toda a humanidade, no presente e no futuro, deve ser livre de doenças causadas por impactos ambientais, inaptidões causadas por essas doenças ou morte prematura.

A qualidade dos ecossistemas relaciona-se ao pensamento de que outras espécies, à exceção do homem, não devem estar sujeitas a mudanças em suas populações nem em sua distribuição geográfica.

Finalmente, a categoria recursos naturais refere-se à idéia de que o suprimento de recursos naturais, essencial para a humanidade, deve estar disponível também para futuras gerações.

### **4.3 Avaliação do Impacto**

Conforme dito anteriormente, quando se diz respeito à produção *offshore* de petróleo e gás natural, os requisitos “período de tempo e geografia” não estão consistentes com a base de dados utilizada neste estudo, como pode ser identificado na Figura 4, 2.



Figura 4.2 Consistência dos requisitos

### a) Petróleo

As substâncias presentes no inventário que causam maior impacto ambiental no sistema são o cloreto e hidrocarbonetos em geral, como pode ser visto na Figura 4.3, em ordem decrescente de quantidade mássica produzida. Esses valores foram inseridos no sistema com base nos valores presentes na Tabela 5.3.

NBo	Substância	Compartimento	Unidade	Total	Petroleo produzido na Bacia de Campos
1	Solvid solids	Água	kg	8,71E8	8,71E8
2	Chloride	Água	kg	4,91E8	4,91E8
3	DOC, Dissolved Organic Carbon	Água	kg	2,72E7	2,72E7
4	Suspended solids, unspecified	Água	kg	1,8E7	1,8E7
5	TOC, Total Organic Carbon	Água	kg	1,12E7	1,12E7
6	Calcium compounds, unspecified	Água	kg	8,32E6	8,32E6
7	Oils, unspecified	Água	kg	2,36E6	2,36E6
8	Ammonia	Água	kg	1,08E6	1,08E6
9	Hydrocarbons, unspecified	Água	kg	5,33E5	5,33E5
10	Phosphorus compounds, unspecified	Água	kg	1,08E5	1,08E5
11	Phenol	Água	kg	4,87E4	4,87E4
12	Iron	Água	kg	3,46E4	3,46E4
13	Naphthalene	Água	kg	1,62E4	1,62E4
14	Mercury	Água	kg	1,62E4	1,62E4
15	Lead	Água	kg	1,62E4	1,62E4
16	Nickel	Água	kg	1,41E4	1,41E4
17	Cadmium compounds	Água	kg	6,49E3	6,49E3
18	Zinc	Água	kg	4,33E3	4,33E3
19	Copper compounds	Água	kg	2,16E3	2,16E3
20	Chromium	Água	kg	2,16E3	2,16E3
21	Barium	Água	kg	2,16E3	2,16E3
22	Silver	Água	kg	325	325

Figura 4.3 Substâncias presentes na água de produção

A avaliação do impacto ambiental causado pela água de produção consistiu na classificação das substâncias em categorias de impacto ambiental (método Eco-indicator 99) seguida de caracterização.

Os resultados inventariados foram posteriormente normalizados, de modo a perceber a magnitude do impacto na globalidade do problema ambiental. Uma maneira mais prática de visualizar tais informações é através do Gráfico apresentado na Figura 4.4, gerado pelo próprio sistema.

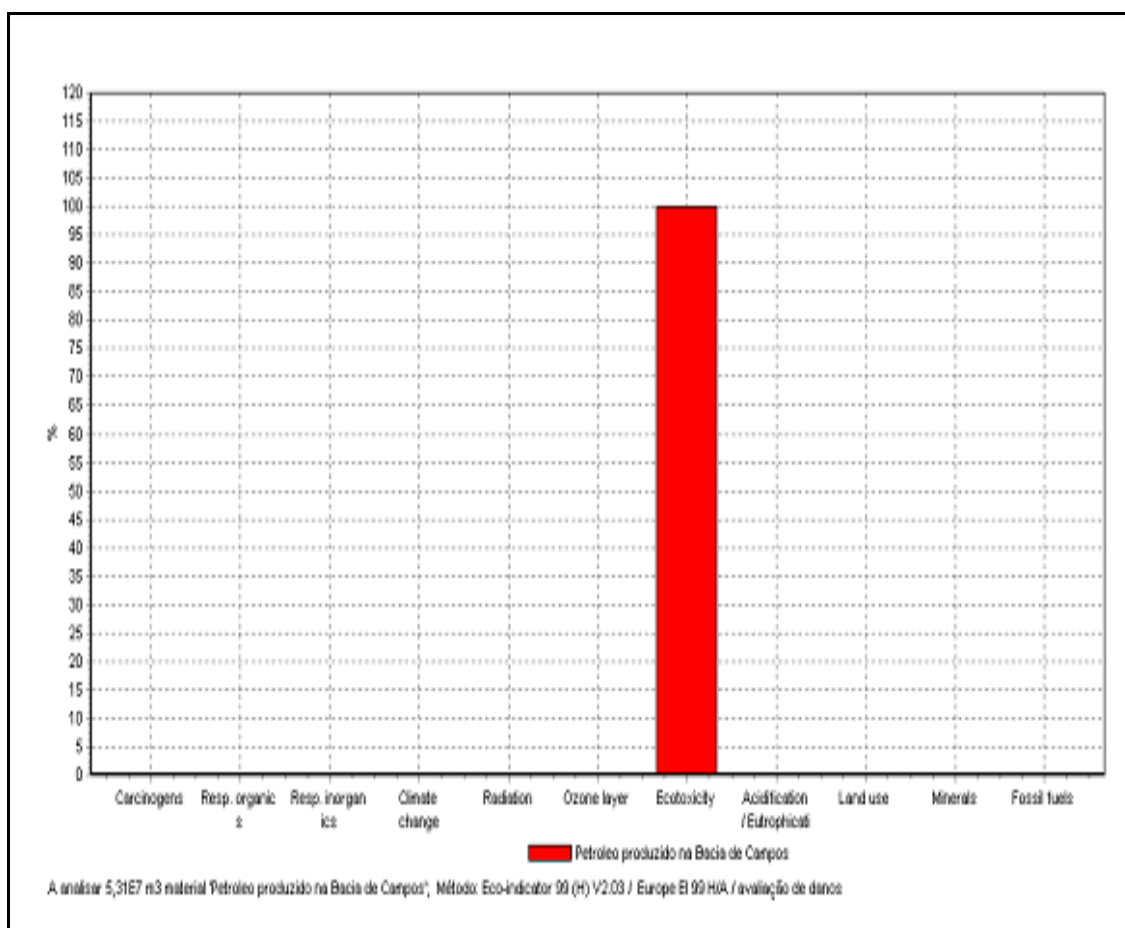


Figura 4.4 Gráfico de impacto ambiental causado pela água de produção, gerado pelo sistema SimaPro

De acordo com os resultados da normalização, observa-se que a ecotoxicidade constitui a categoria de impacto com valor mais acentuado,



---

contribuindo com aproximadamente 100% dos impactos ambientais medidos. Os demais impactos não apresentaram valores significativos.

Tal resultado pode ser confirmado por Campos (2000), que menciona em sua tese a complexidade da água de produção, com a presença de alcanos na faixa de C<sub>14</sub> até C<sub>32</sub>, de compostos fenólicos, aromáticos e de elevado teor salino. Além das análises cromatográficas, os testes com o organismo *Artemia salina* evidenciaram a toxicidade do efluente, indicando uma toxicidade de CL<sub>50</sub> (concentração letal para 50% dos organismos) igual a 1,2% de água de produção diluída em água do mar sintética. A CL<sub>99</sub> foi calculada em 21,5%, isto é, este efluente diluído até mesmo em 5 vezes, matará 100% desse microcrustáceos.

### **b)Gás Natural**

No caso do gás natural os impactos ambientais foram diversos e tomaram diferentes proporções.

Os resultados inventariados foram posteriormente normalizados, de modo a perceber a magnitude do impacto na globalidade do problema ambiental.

Uma maneira mais prática de visualizar tais informações é através dos Gráficos apresentados nas Figuras 4.5 e 4.6 gerados pelo próprio sistema.

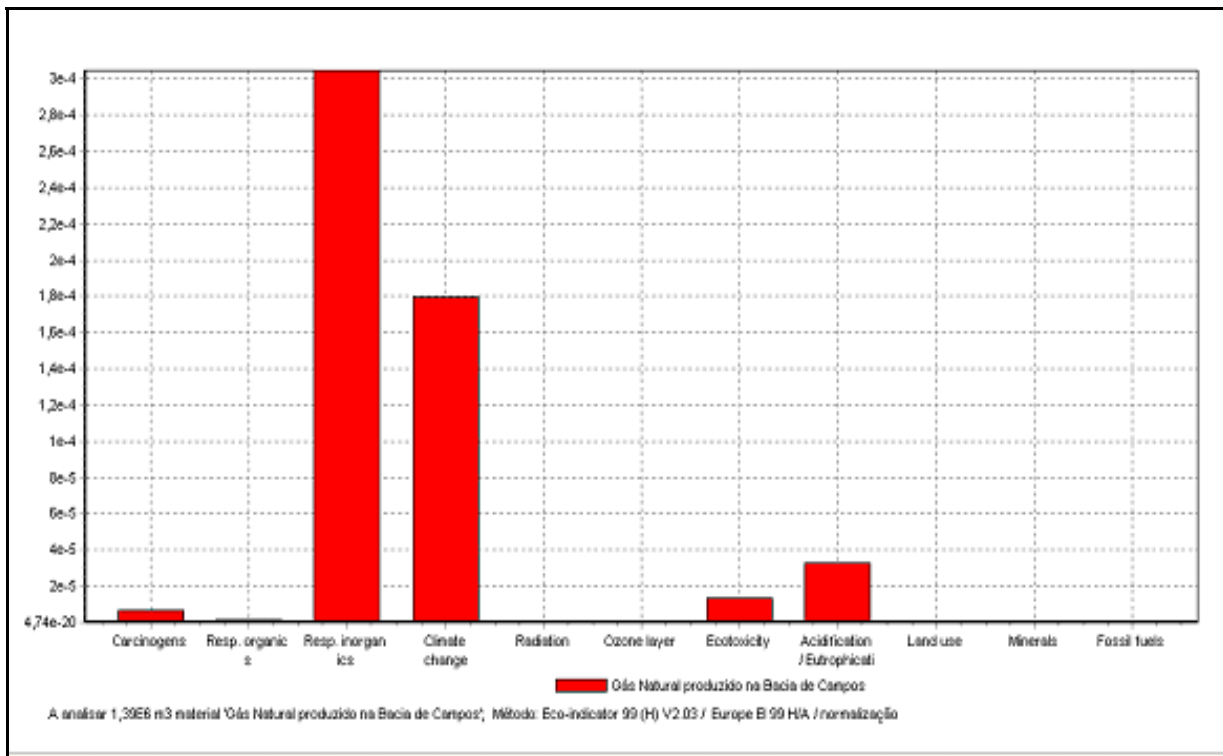


Figura 4.5 Gráfico normalizado de impacto ambiental causado pela queima de Gás Natural, gerado pelo sistema SimaPro

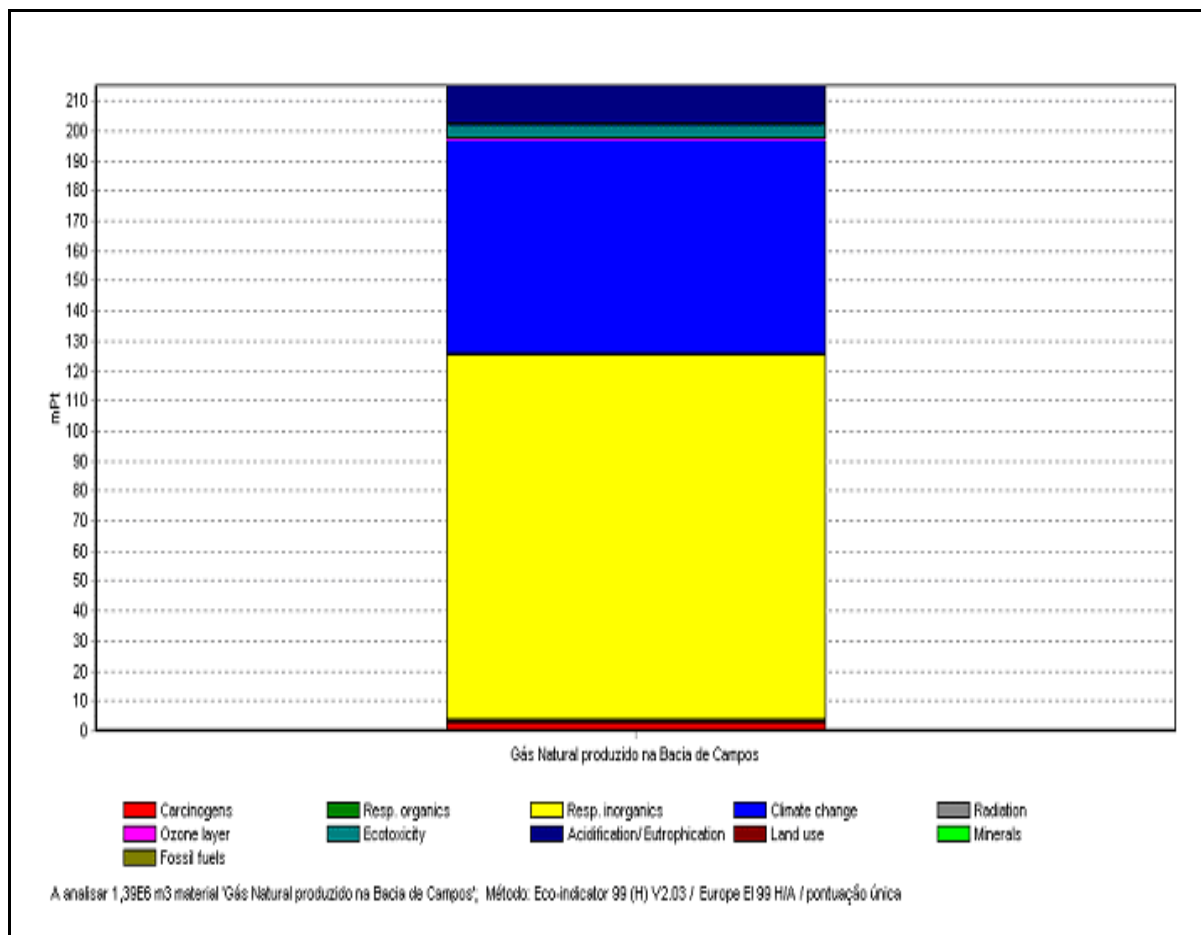


Figura 4.6 Gráfico de impacto ambiental causado pela queima de Gás Natural, gerado pelo sistema SimaPro

De acordo com os resultados da normalização, observa-se que a categoria *Respiratory Inorganics* (emissões para o ar, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>) constitui a categoria de impacto com valor mais elevado, seguido pelas mudanças climáticas. No entanto, os demais impactos (ecotoxicidade, emissões orgânicas e emissão de substâncias cancerígenas) também são consideráveis, em menor escala.

Segundo a Superintendência de Comercialização e Movimentação de Gás Natural, é na Bacia de Campos onde ocorrem os maiores níveis de queima. Com base nos dados de 1999 a 2002, o Estado do Rio de Janeiro responde por 83%, em média, de toda a queima de gás natural no Brasil, sendo

---

seguido pelo Estado do Amazonas (média de 4%) e o Estado do Rio Grande do Norte (média de 3%).

Segundo o Centro de Tecnologia do Gás, satélites militares norte-americanos, que fotografam a emissão de calor, fotografam o leste do Estado do Rio de Janeiro freqüentemente. Comparando-se fotografias feitas em abril de 1992 e em abril de 2002, verificaram-se duas manchas brancas, que representam emissão de calor: uma, que apresentou pequeno crescimento, onde fica localizada a cidade do Rio de Janeiro; e outra, que mostrou substancial incremento, no mar, local das plataformas *offshore* da Bacia de Campos.

Dessa forma, fica claro que a queima do gás natural é um dos grandes responsáveis pelo lançamento de gases do efeito estufa na atmosfera. O efeito estufa é um fenômeno natural para manter o planeta aquecido. No entanto, ao lançar muitos desses gases na atmosfera, sobretudo o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), o planeta se torna cada vez mais quente. Esses gases formam uma espécie de cobertor cada dia mais espesso que não permite a saída de radiação solar.

Assim, quando são lançados mais gases de efeito estufa (GEEs) do que as florestas e os oceanos são capazes de absorver, são várias as conseqüências. Algumas delas já podem ser sentidas em diferentes partes do planeta como o aumento da intensidade de eventos de extremos climáticos (furacões, tempestades tropicais, inundações, ondas de calor, seca ou deslizamentos de terra). Além disso, os cientistas hoje já observam o aumento do nível do mar por causa do derretimento das calotas polares e o aumento da temperatura média do planeta em 0,8 °C desde a Revolução Industrial. Acima de 2° C, efeitos potencialmente catastróficos poderiam acontecer,

comprometendo seriamente os esforços de desenvolvimento dos países. Em alguns casos, países inteiros poderão ser engolidos pelo aumento do nível do mar e comunidades terão que migrar devido ao aumento das regiões áridas (WWF-Brasil).

## **CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES E SUGESTÕES**

### **5.1 Conclusões**

A ecotoxicidade é principal impacto causado pela geração de água de produção com aproximadamente 100% dos impactos analisados, o que é extremamente pertinente devido à sua complexa composição.

Os impactos causados pela queima do gás natural também já eram esperados devido à grande emissão de gases poluentes e causadores do efeito estufa.

Dessa forma, os resultados aqui discutidos permitem dizer que a ACV mostrou-se uma ferramenta poderosa para auxiliar o monitoramento dos sistemas de produção, bem como para gerar informações que permitam melhorar sua performance ambiental.

No entanto, apesar de toda a orientação normativa, os estudos de ACV continuam a ser descrições imperfeitas do sistema de produção. Existe um potencial de incerteza relativa à qualidade dos dados, e mesmo involuntariamente, uma certa subjetividade pode estar presente desde o início dos estudos.

Além da subjetividade, as limitações decorrentes do uso de bases de dados europeias poderiam ser contornadas pelo estabelecimento de projetos de pesquisa com o objetivo de confeccionar bases nacionais.

---

No entanto, considerando as limitações impostas pelo *software* SimaPro 7 na aplicação a estes tipos de impacto ambiental, os resultados aqui apresentados devem ser validados utilizando dados à escala real, no caso do gás natural, e outro software de apoio a esta análise.

É necessário considerar todas as fases do ciclo de vida do petróleo e do gás natural e avaliar os diferentes tipos de efluentes gerados bem como as emissões.

Logo, fica evidente que não é suficiente comparar as conseqüências ambientais apenas de um processo sem levar em consideração as conseqüências ambientais de todas as outras fases da vida do produto.

## **5.2 Sugestões**

As conclusões obtidas permitiriam a realização da análise espacial dos resultados apresentados pelos indicadores de poluição e impacto em relação ao ambiente no qual se insere, além do estabelecimento de inter-relações com as informações conhecidas previamente pelo IBAMA sobre as questões socioeconômicas, comunidade biológica, fatores físico-químicos e oceanográficos presentes naquele local e na região.

Com as informações semelhantes à utilizada neste estudo de caso, seria possível a relativização dos indicadores de poluição e assim avaliar a eficiência de cada plataforma, do campo de produção e da Bacia Sedimentar em relação ao controle das principais fontes de impacto ambiental. Os indicadores relativizados poderiam ser comparados em relação à eficiência de controle ambiental ao longo do tempo, entre as

plataformas de um mesmo campo, entre os campos de produção e entre as Bacias Sedimentares.

Estas comparações permitiriam também avaliar diferentes níveis de gestão entre plataformas e Bacias, além da sua evolução em termos de eficácia na proteção ambiental ao longo do tempo.



---

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ABNT NBR 9898/87 – Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores.

ABNT/CB-38 – Comitê Brasileiro de Gestão Ambiental, 1999.

AMARAL, S. P & LA ROVERE, E. L. Indicators to Evaluate Environmental, Social and Economic Sustainability. A Proposal for Brazilian Oil Industry. *Oil & Gas Journal*, May, 12, p.20-35, 2003.

ANP - Agência Nacional do Petróleo. 2008. Boletim Mensal de Produção submetido a ANP.

[http://www.anp.gov.br/doc/dados\\_estatisticos/Producao\\_de\\_Petroleo\\_m3.xls](http://www.anp.gov.br/doc/dados_estatisticos/Producao_de_Petroleo_m3.xls). Acessado em 05/2008.

API, *Oil and Gas Waste Management – Preliminary Results from API Survey*, American Petroleum Institute, 1997.

Bessa, E., Sant’Anna, G. L. Jr., and Dezotti, M. (2001). “Photocatalytic/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> treatment of oil field produced waters.” *Applied Catalysis B: Environmental*, pág 127.

CAMPOS, J. C. Processos Combinados Aplicados ao Tratamento de Água de Produção de Petróleo. Tese D.Sc. PEQ/COPPE/UF RJ, Rio de Janeiro, Brasil, 2000.

CANTARINO, ANDERSON AMERICO ALVES. Indicadores de Desempenho Ambiental como Instrumento de Gestão e Controle nos

---

Processos de Licenciamento Ambiental de Empreendimentos de Exploração e produção de Petróleo nas Áreas *Offshore*. Tese D.Sc. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, 2003.

CHEHEBE, J.R.B. Análise do Ciclo de vida dos Produtos: ferramenta gerencial da ISO 14000. Rio de Janeiro: Qualitymark Ed.,CNI, 1997.

CONAMA, Resolução CONAMA 237/1997 - Revisa procedimentos e critérios utilizados no licenciamento ambiental, de forma a incorporar ao sistema de licenciamento os instrumentos de gestão ambiental e a integrar a atuação dos órgãos do SISNAMA na execução da Política Nacional do Meio Ambiente.

CONAMA, Resolução CONAMA 393/2007 - Dispõe sobre o descarte contínuo de água de processo ou de produção em plataformas marítimas de petróleo e gás natural, e dá outras providências.

CÓ, FÁBIO ALMEIDA, et al, 2005; “A transdisciplinaridade fomentando o pensamento enxuto e sustentável na indústria da construção civil: a criação do modelo lean + green”.

CUNHA, RUDEMAR SILVEIRA DA 2001; Avaliação do desempenho ambiental de uma indústria de processamento de alumínio. Tese M.Sc., Florianópolis, Brasil, 2001.

E&P SEAL - Petrobras, Relatório de Atendimento a condicionante 2.3 da LPper no 11/98. Julho/2000.

FERRÃO, P. C. Introdução à gestão ambiental: avaliação do ciclo de vida de produtos. Coleção Ensino da Ciência e da Tecnologia. Lisboa: IST Press. 219 p. 1998.

FERREIRA, C.S.S., et al; Aplicação da ferramenta ACV na avaliação do desempenho de opções de tratamento de águas residuais à escala piloto. Centro de Estudos em Recursos Naturais, Ambiente e Sociedade – Escola Superior Agrária de Coimbra, Bencanta, 3060-316 Coimbra, Portugal, 2005.

FREIRE, D. D. C., 1999, “Tratamento Aeróbio de Efluentes de Alta Salinidade”, Tese D.Sc. PEQ/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

GOEDKOOOP, M.; SPRIENSMA, R. The eco-indicator 99: a damage oriented method for life cycle impact assessment – Methodology Report. Netherlands: Pré Consultants, 2001. 132p. Disponível em: <http://www.pre.n1>. Acesso em: 04 Ago. 2003.

HANSEN B. R., DAVIES, S. R. H., 1994, “*Review of Potential Technologies for the Removal of Dissolved Components from Produced Water*”, *Chemical Engineering Research and Design*, v. 72, Part A, 176, 188.

HUANG, S.. Merging information from different resources for new insights into climate change in the past and future, *Geophys. Res. Lett.*, 31, L13205, doi:10.1029/2004GL019781, 2005.

IBAMA. Orientação para a 5<sup>a</sup> rodada de licitações de blocos exploratórios pela ANP, 2003.

IBICT. Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia. 2008. <http://acv.ibict.br/> Acessado em 05/2007

MALHEIROS, Telma Maria Marques, O Controle Ambiental Federal das Atividades de E&P de Petróleo no Novo Cenário de Flexibilização do Monopólio Estatal do Brasil, Tese de D.Sc., PPE/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2002.

MARIANO, Jacqueline Barbosa, Proposta de metodologia de avaliação integrada de riscos e impactos ambientais para estudos de avaliação ambiental estratégica do setor de petróleo e gás natural em áreas *offshore*, Tese D.Sc. COPPE/UF RJ, Rio de Janeiro, Brasil, 2000.

ORGANIZAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO PETRÓLEO,; “Impacto Econômico da Expansão da Indústria do Petróleo” – Relatório Final, ONIP, 2000, disponível em [www.onip.org.br](http://www.onip.org.br).

PATIN, S., 1999; “*Environmental impact of the offshore oil and gas industry*. *EcoMonitor*, New York, 425 p.”

PRÉ CONSULTANTS SimaPro:version 5.0, [S.I]: *Product Ecology* Consultants, 2001b.

PRÉ CONSULTANTS, 2006; “*Introduction to LCA with SimaPro 7*”.

PRÉ CONSULTANTS, 2006; “*SimaPro 7 Tutorial*”

---

ROCHA, Mateus Henrique; Avaliação da Eco-Eficiência Ambiental da Vinhaça para diferentes formas de disposição aplicando ACV. II Workshop de Gestão de Energia e Resíduos na Agroindústria Sucroalcooleira , Pirassununga, Brasil, 2007.

SOARES, SEBASTIÃO ROBERTO, 1998. Aula: Fundamentos de gestão ambiental/ISO 14000. UFSC. Florianópolis

TAKAHASHI, FABIANA, et.al. Avaliação do Ciclo de vida dos Produtos: Uma Ferramenta de Controle Ambiental. II Encontro de Engenharia e Tecnologia dos Campos, Ponta Grossa, Brasil, 2006.

UGAYA, C. M. L. Análise de Ciclo de Vida para o Pneu Automotivo no Brasil: Estudo de Caso Qualitativo. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

WWF – BRASIL, *Worldwide Fund for Nature*

[http://www.wwf.org.br/wwf\\_brasil/index.cfm](http://www.wwf.org.br/wwf_brasil/index.cfm) Acessado em 06/2008

XAVIER, JOSÉ HUMBERTO VALADARES, 2003; Análise do Ciclo de Vida (ACV) da Produção Agrícola familiar em Unaí (MG): Resultados econômicos e impactos ambientais, Tese M. Sc., Brasília, Brasil, 2003.