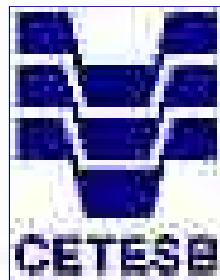


# **Análise de Ciclo de Vida**

**Uma ferramenta da gestão ambiental**

**Flávio de Miranda Ribeiro**

**Gerente do Setor de Tecnologias mais Limpas**



**Novembro 2006**

# Estrutura do Mini-Curso

## **PARTE A: Conceito de ciclo de vida e “life-cycle thinking”**

2. Introdução

3. Avaliação ambiental de foco sobre produto

4. ACV- Análise de Ciclo de Vida: Conceitos

- Definição
- Histórico
- Normas
- Usos e aplicações

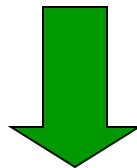
## **PARTE B: Metodologia e Exemplo**

- Conclusão

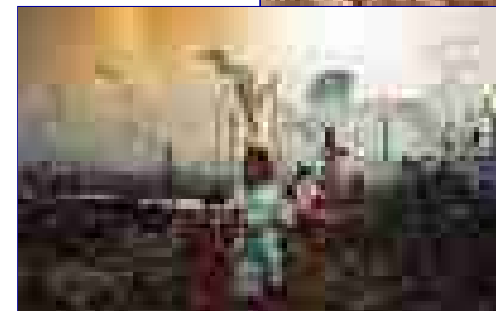
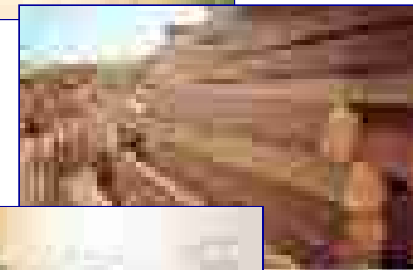
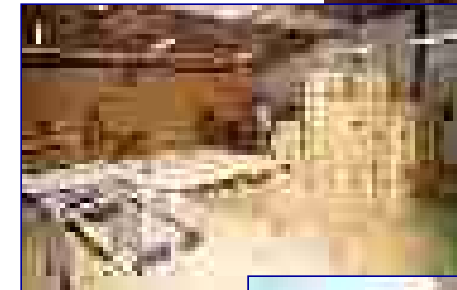
# I . INTRODUÇÃO

## DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Aquela forma de desenvolvimento que permite às gerações atuais satisfazerem suas **necessidades** sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazer as suas.



satisfazer as necessidades com mínimo impacto ambiental



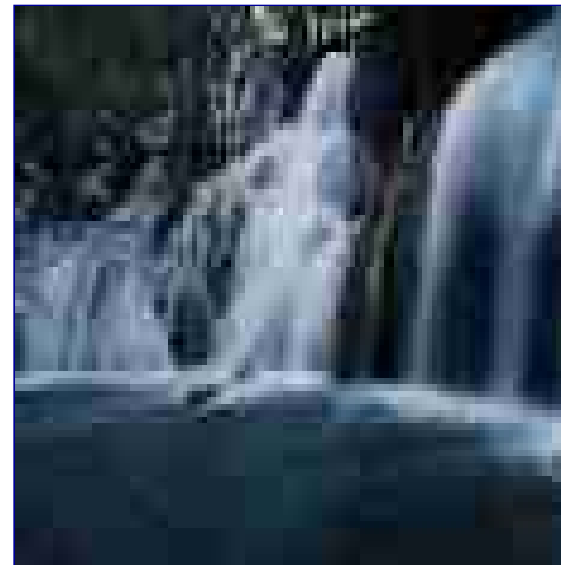
## Em Resumo:

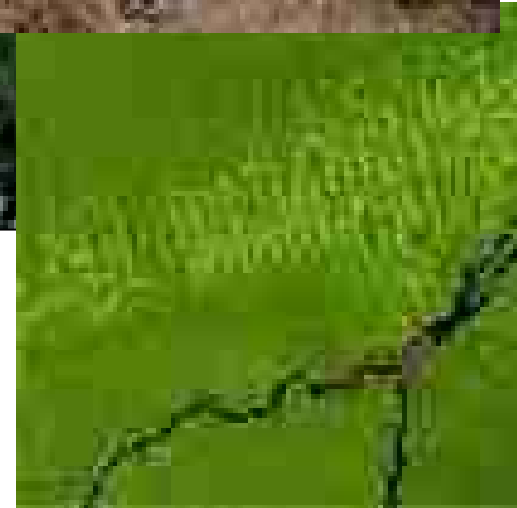
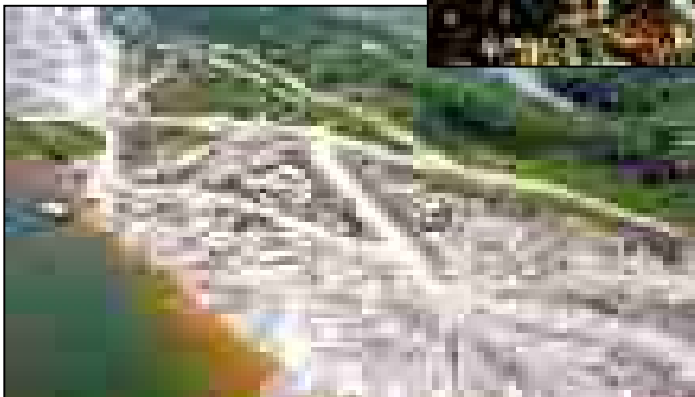
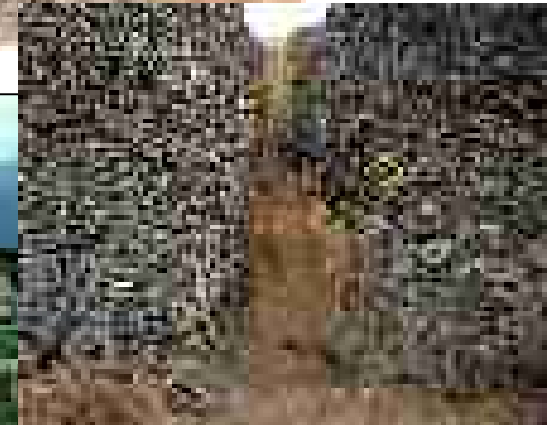
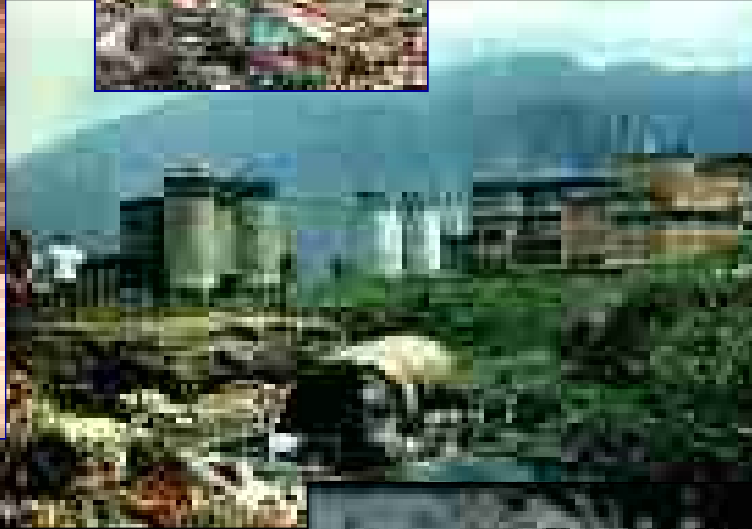
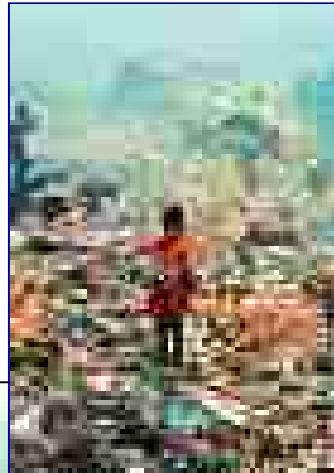
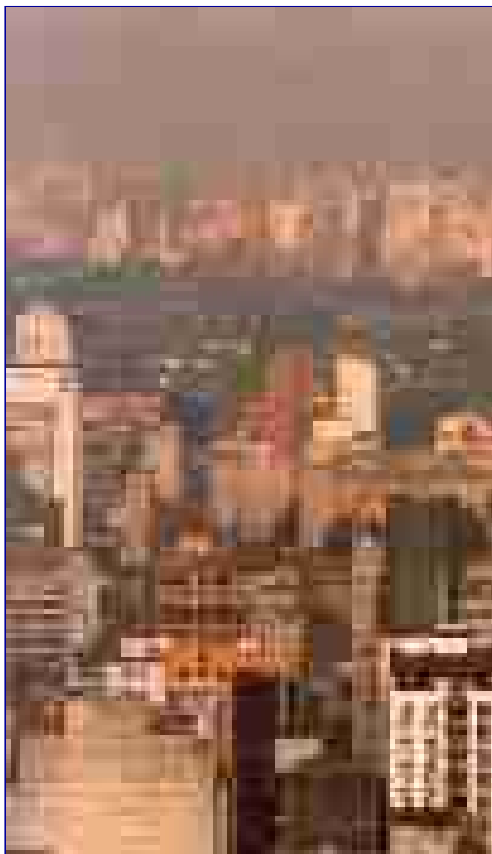
Para satisfazer necessidades, humanidade interage com o meio natural, gerando produtos e podendo causar degradação ambiental

Para evitar (ou minimizar) degradação

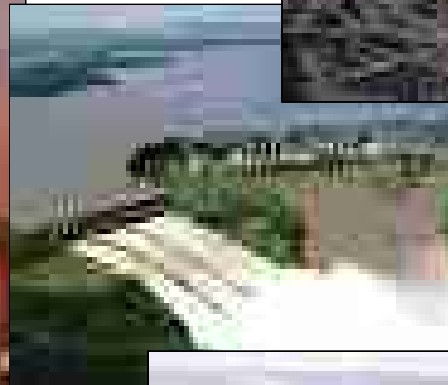
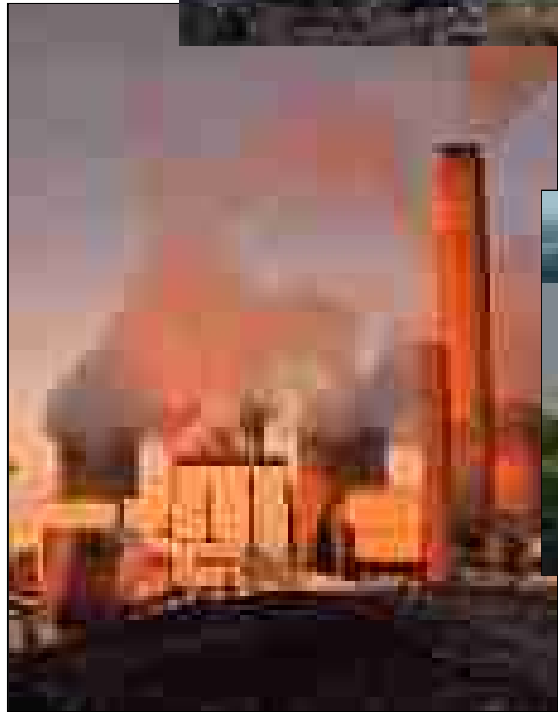
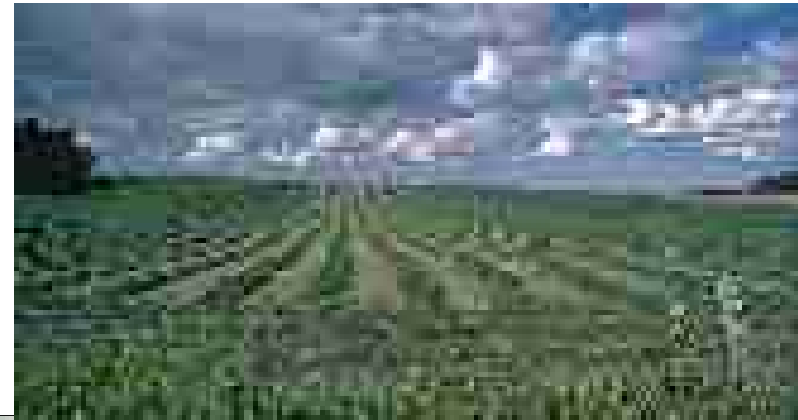
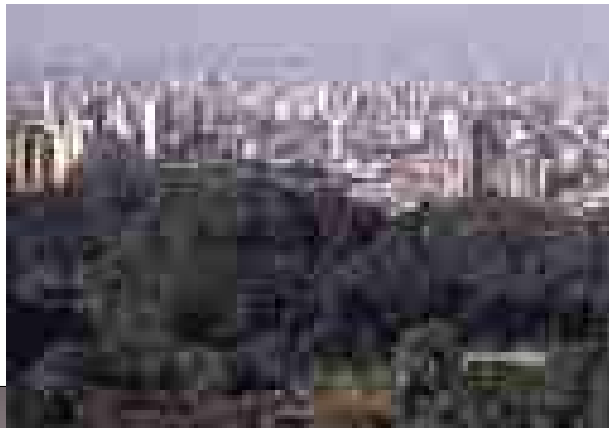


Gestão Ambiental

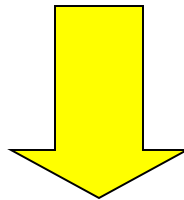








# **GESTÃO AMBIENTAL**



**COMO HUMANIDADE SE  
RELACIONA  
COM O AMBIENTE**

## **II . AVALIAÇÃO AMBIENTAL DE FOCO SOBRE PRODUTO**

# Abordagens dos problemas ambientais

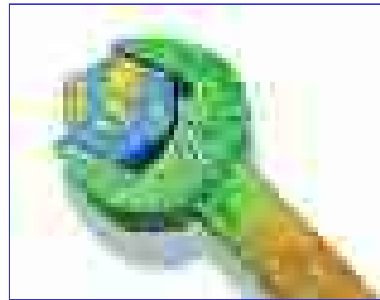
## • Tradicionalmente:

- Estratégias de

- Controle



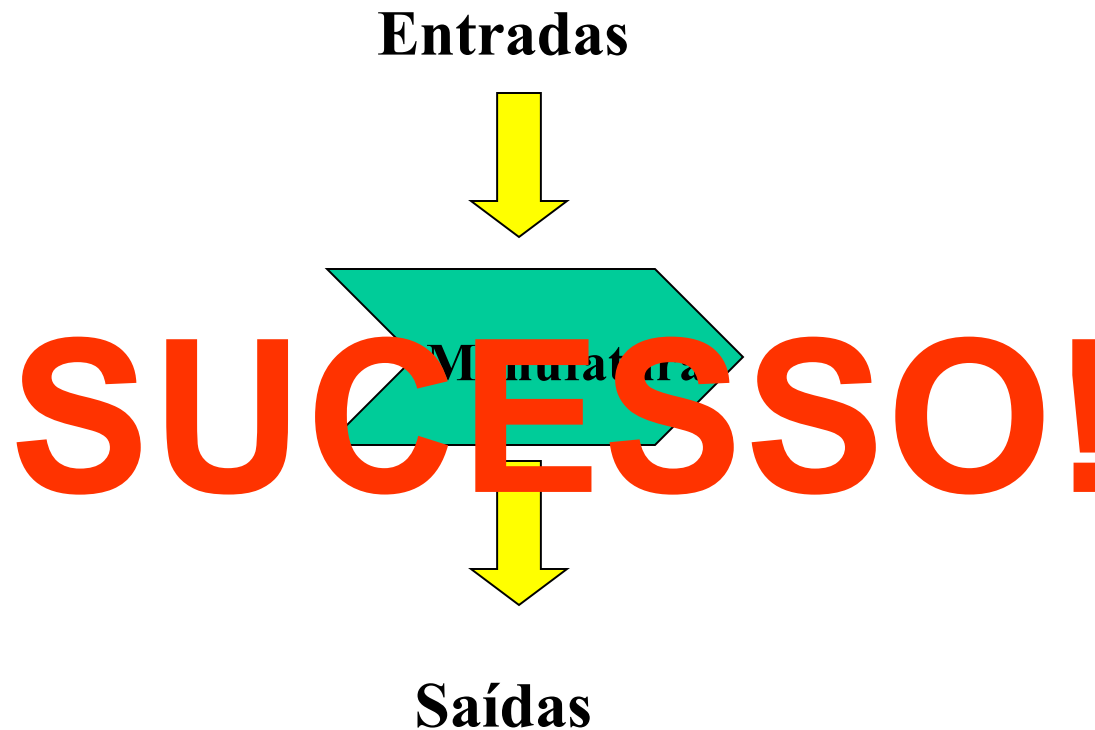
- Prevenção



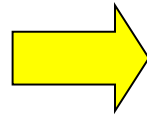
Foco sobre

**PROCESSO PRODUTIVO**

## Abordagem tradicional: Foco sobre processo



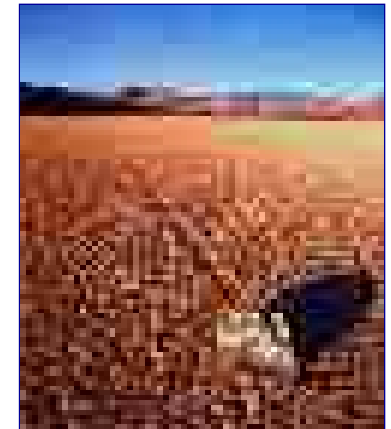
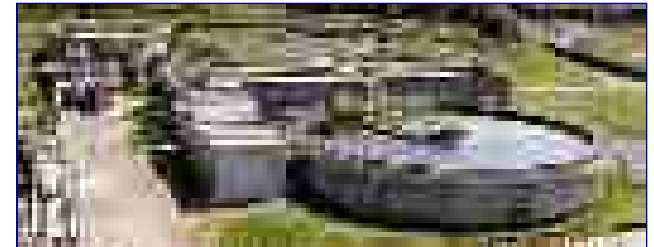
- Estas estratégias propiciaram GRANDES melhorias de qualidade ambiental;



Mas após esta melhoria, alguns países perceberam que são INSUFICIENTES para garantir o Desenvolvimento Sustentável;

## •Limites:

- Translação de poluentes entre:
  - compartimentos ambiental;
  - tipo de impactos ;
  - entre etapas da cadeia produtiva;
- Benefícios apenas locais;
- Não contabilização de pequenos processos;
- Não avaliação de etapas “não industriais”



Ferramentas atuais possuem várias limitações, mas uma é fundamental para esta discussão:

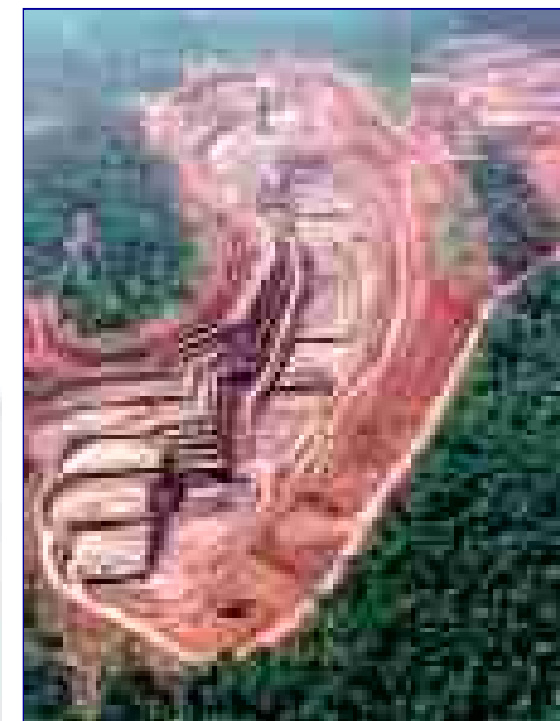
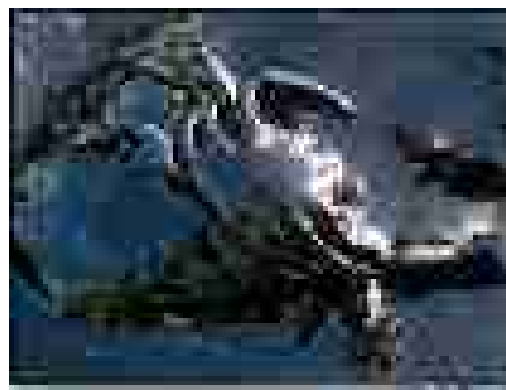


**Estudar apenas uma etapa da cadeia produtiva**

Desconsidera uma série de processos que **DEVEM** existir para que o produto satisfaça a necessidade



- Muitos dos impactos ambientais não estão associados à etapa industrial do produto, mas ao **uso, disposição final, extração matérias-primas, transporte produto, desativação área**, etc...

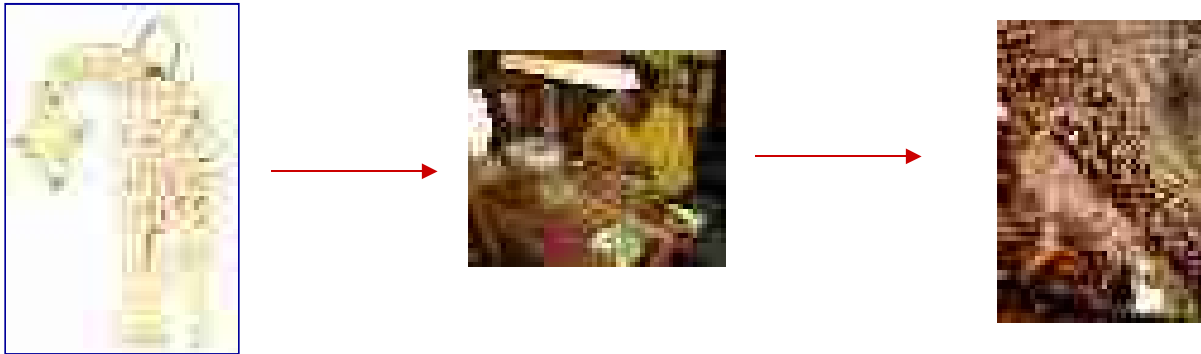


Ferramentas atuais nem sempre são suficientes...



- Nem sempre se quantifica claramente o CONSUMO DE RECURSOS embutido nos produtos:





## Extração de ouro (dados de estudo de ACV peruano):

### • mina na Amazônia peruana:

- Consumo de água de rio: 50.400 litros/ g ouro;
- Biomassa retirada da floresta: 17,63 kg floresta/ g ouro;
- Área de floresta utilizada: 373 m<sup>2</sup>/ kg ouro;

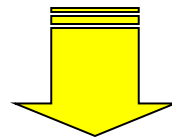
### • mina no deserto peruano:

- Consumo de água subterrânea: 67,41 l/g ouro;
- Biomassa retirada: zero (deserto);
- Área utilizada: 1.347 m<sup>2</sup>/ kg ouro – mas é deserto!

Fonte: VALDIVIA, S. *Inventário del ciclo de vida de oro em dos actividades de extracción de oro em Peru: indicadores de gestión ambiental*, In: ACV- A ISSO 14040 na América Latina, Pires, A.C. (org), UnB, Brasília, 2005

**Nova visão:** (tentativa de solucionar limitações)

Avaliação mais abrangente, que extrapola os muros do processo de manufatura dos produtos.



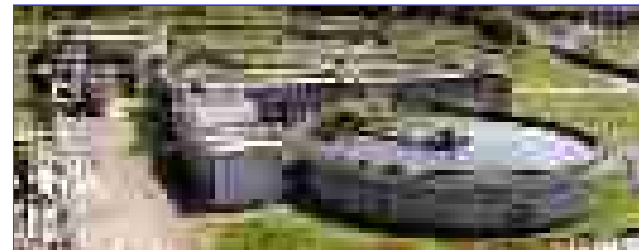
Avaliação ambiental com foco sobre **produto**

## Exemplo:

### Redução de impactos no pré-branqueamento da Indústria de Papel (MADEIRA – CELULOSE – PAPEL)

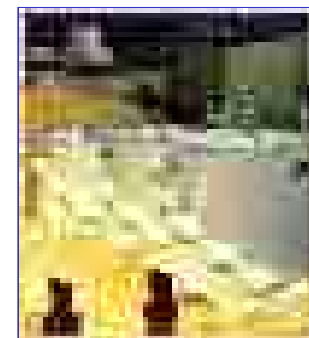
- **Medida de controle corretivo:**

- Tratar efluentes da deslignificação  
(remoção de DBO/ DQO, AOX, etc)



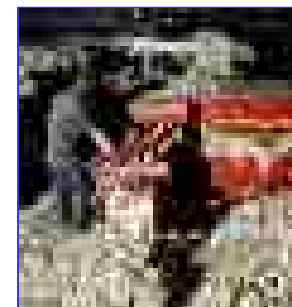
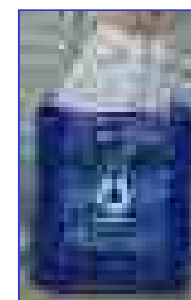
- **Medida de P+L:**

- Deslignificação com oxigênio  
(reduz o teor de lignina da polpa Kraft)

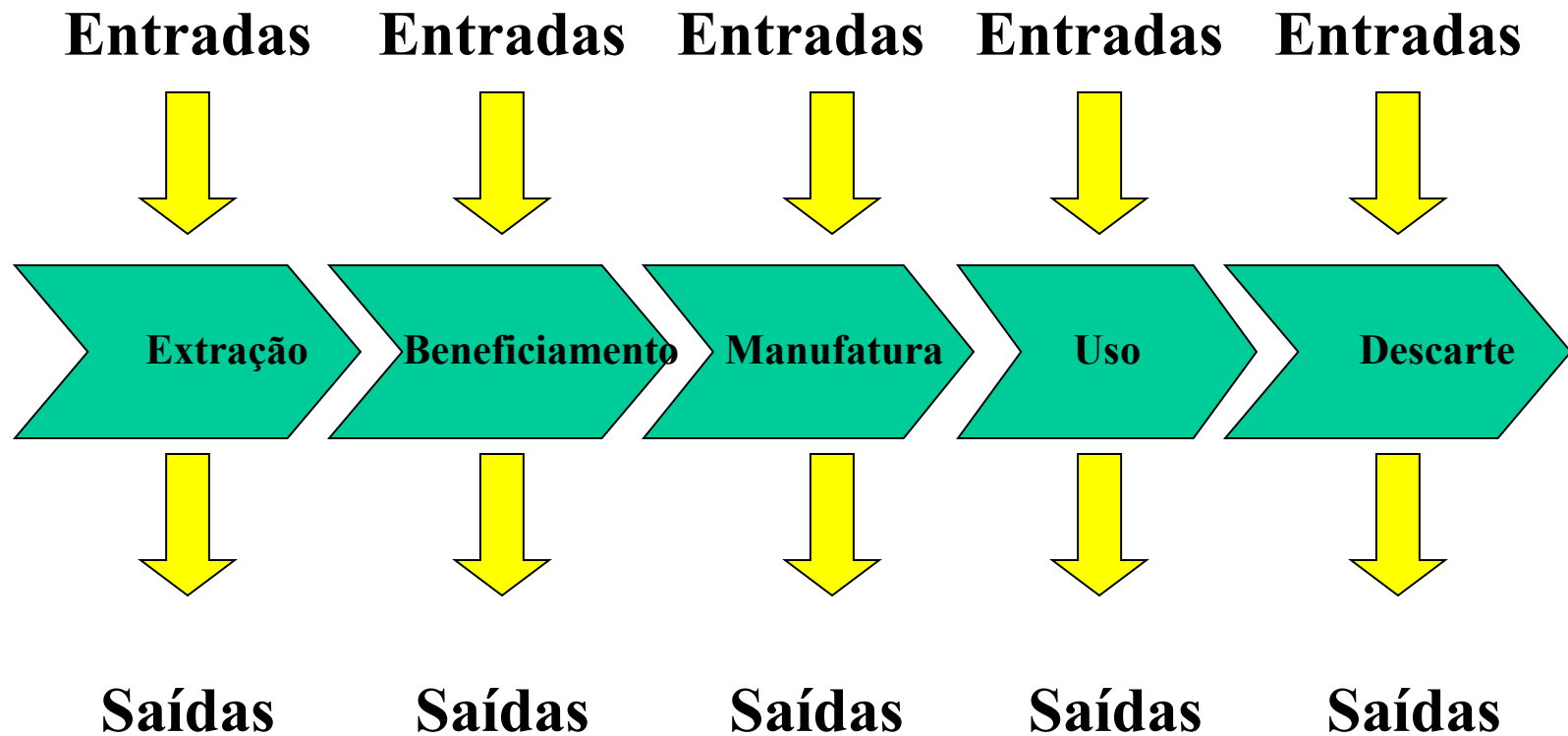


- **Medida "sobre produto":**

- Reciclagem de papel  
(matéria-prima já passou pelo branqueamento!)

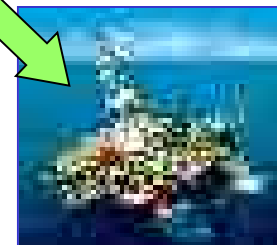
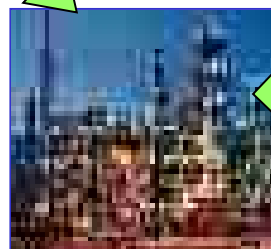
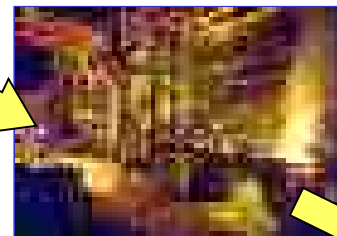


## Abordagem inovadora: Foco sobre produto



- ✓ Para isso: considerar a HISTÓRIA de cada produto!
- ✓ Ex: para andar de carro não basta fazê-lo funcionar...

- Fabricar o carro;
- Produzir o aço;
- Obter o ferro;
- Refinar o combustível;
- Extrair petróleo;
- etc....

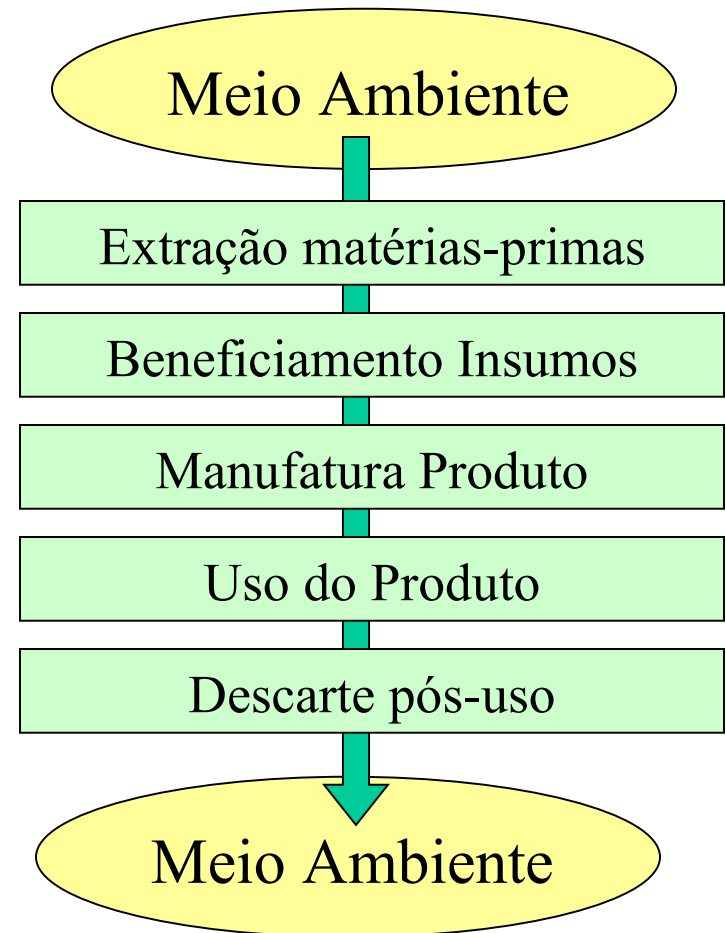


**Abordagem do “berço ao túmulo”**

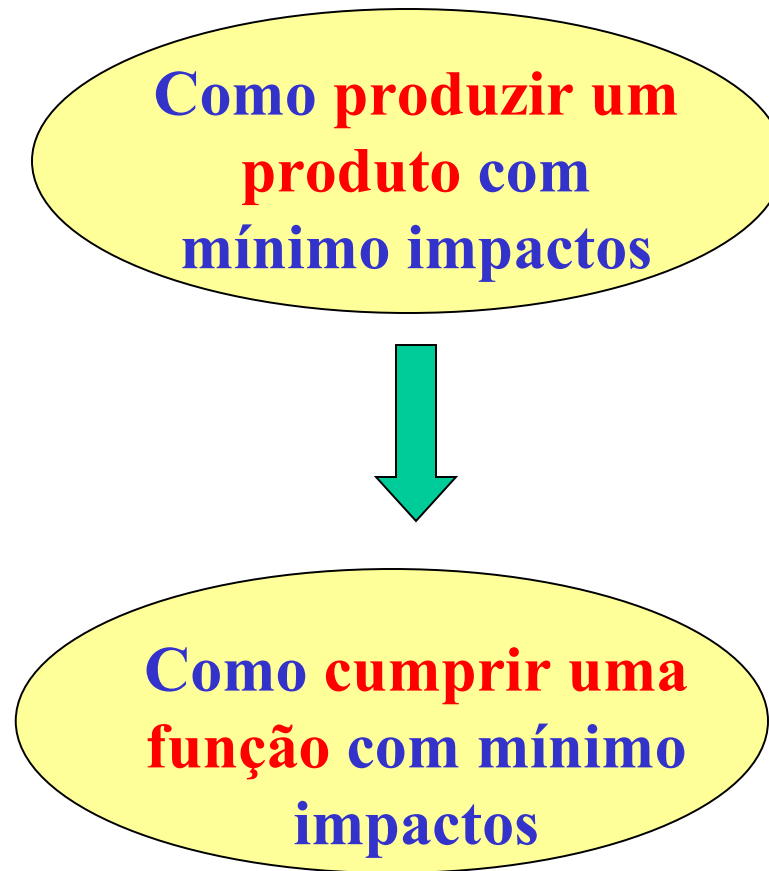


## Conceito de ciclo de vida

seqüência de processos que a matéria e a energia percorrem desde sua extração no meio natural até seu retorno a ele



A idéia da avaliação:

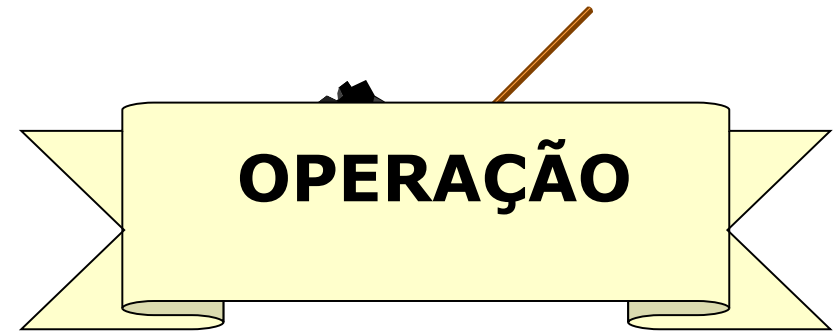


## O QUE CAUSA MAIOR IMPACTO?

Energia Hidroelétrica



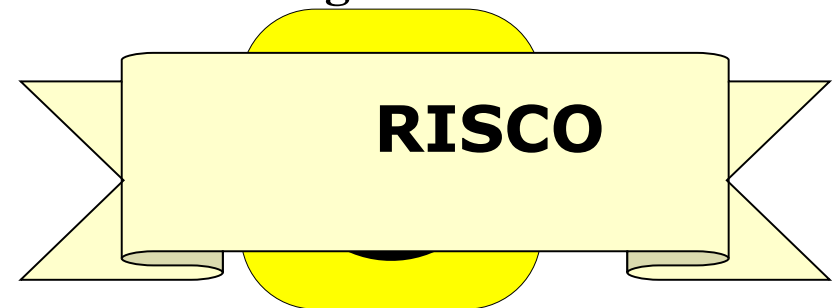
Energia Termoelétrica



Energia Eletroquímica

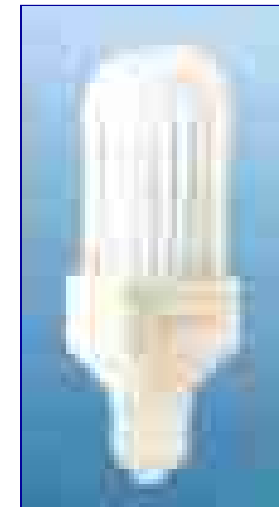


Energia Nuclear



- **Foco sobre o produto permite:**

- Pensar em alternativas menos impactantes de produzir;
- Atuar sobre consumo (DEMANDA);

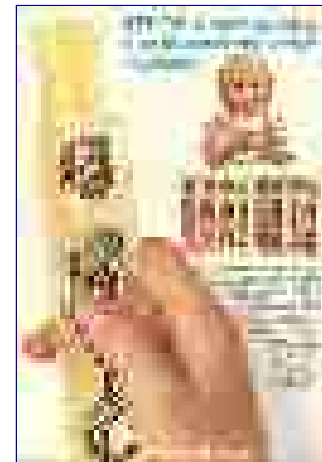
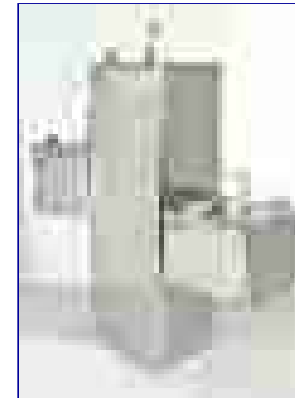


CONCEITO DE CONSUMO SUSTENTÁVEL !!!!

## Abordagem de ciclo de vida

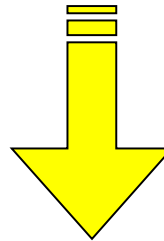
*(life-cycle thinking):*

- **Ex:** Ao invés de pensar como **fazer uma xícara** com o mínimo impacto, pensar em como **beber** com o mínimo impacto;

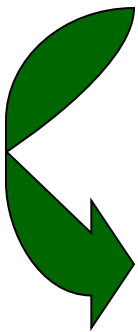


CONCEITO DE ECODSIGN !!!!

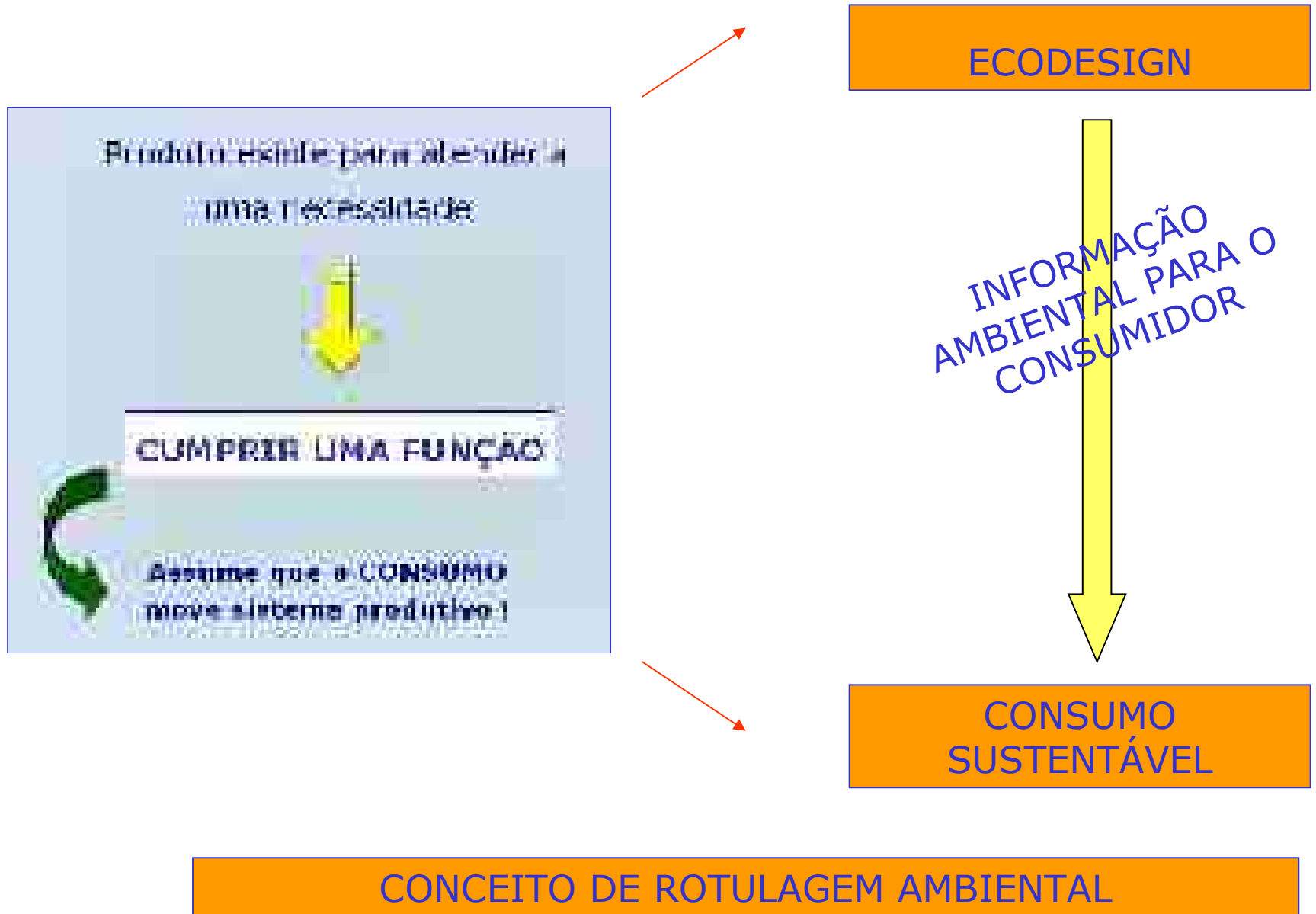
Produto existe para atender a  
uma necessidade



**CUMPRIR UMA FUNÇÃO**

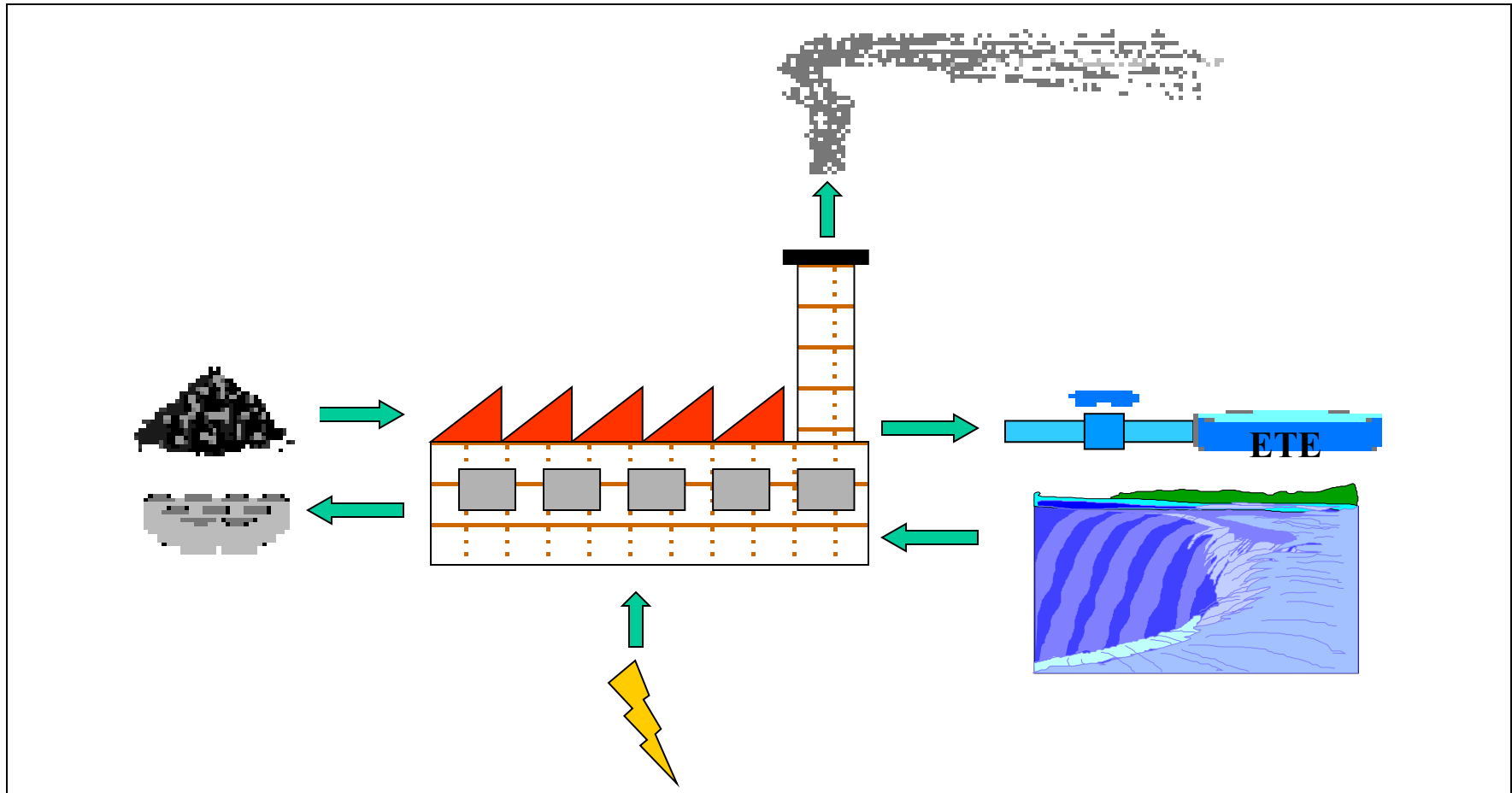


**Assume que o CONSUMO  
move sistema produtivo !**



# Ferramentas Tradicionais de Avaliação Ambiental:

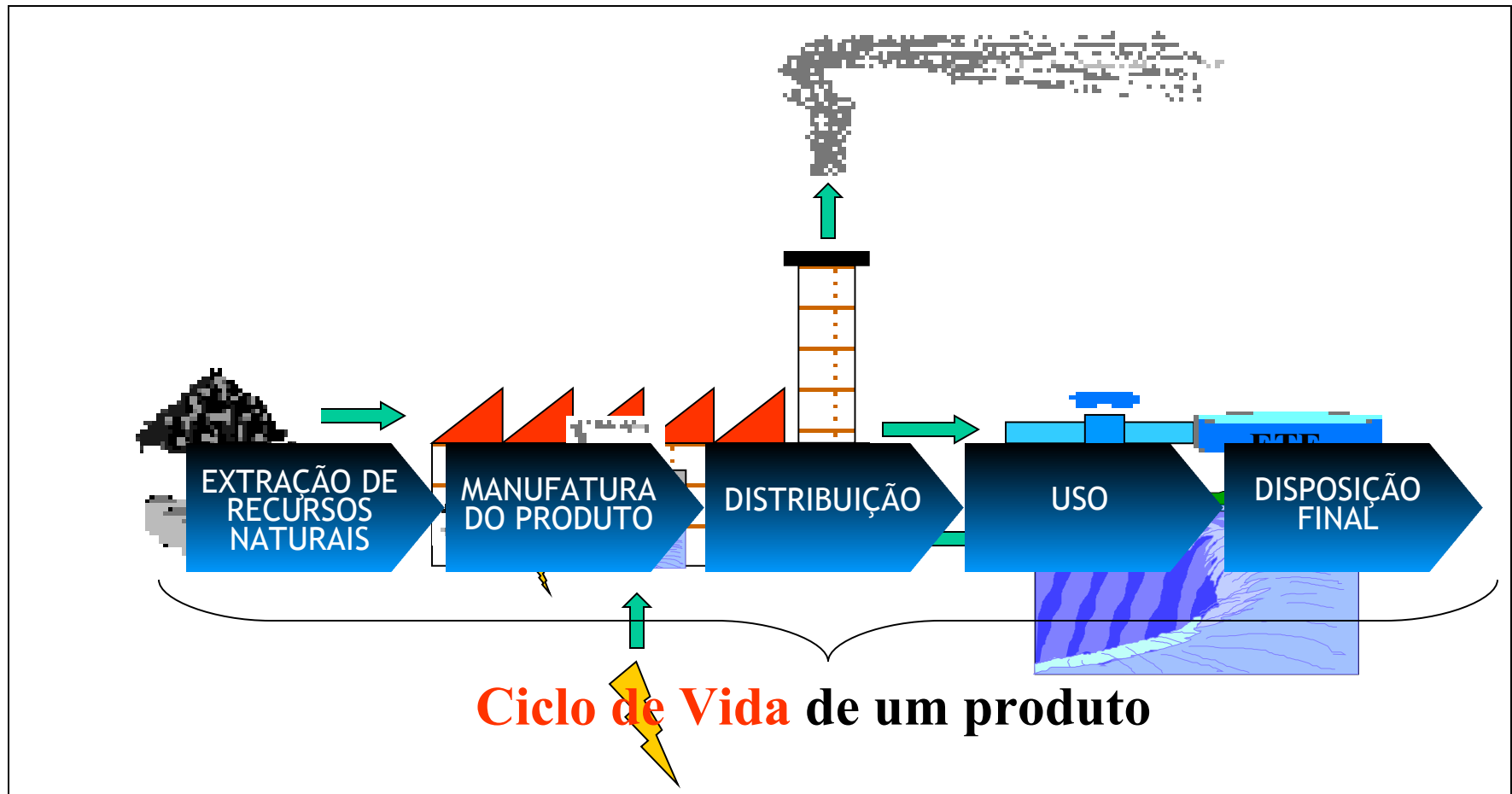
## FOCO NO PROCESSO





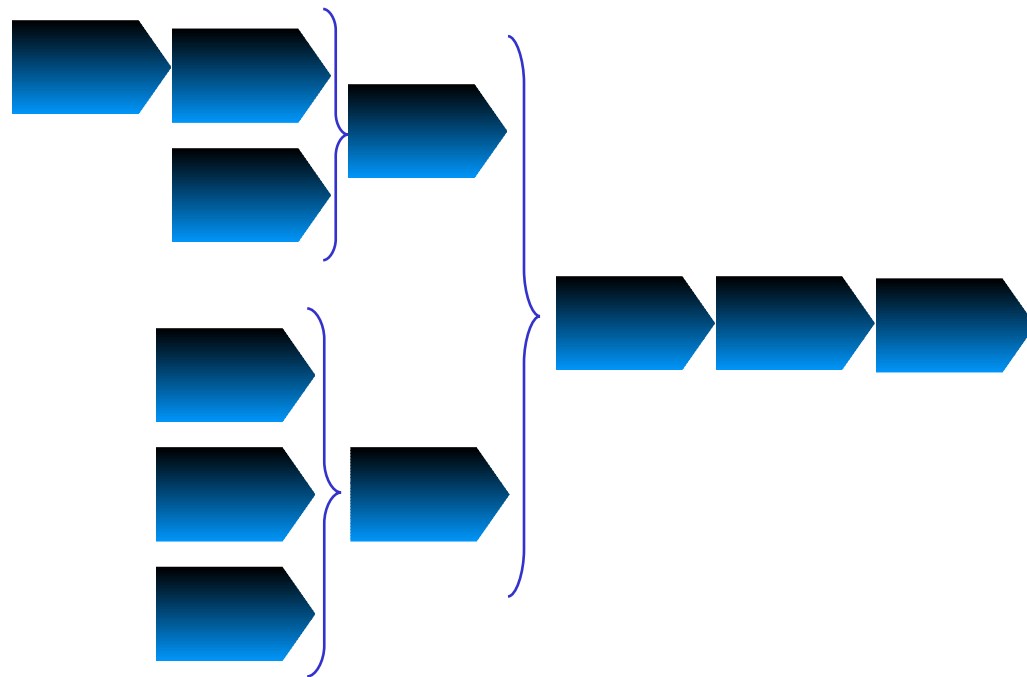
Abordagem do “berço ao túmulo”:

## FOCO NO PRODUTO





## **Ciclo de Vida** de um produto



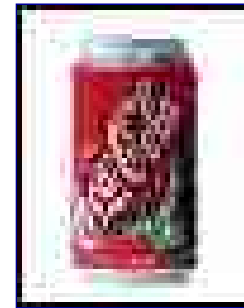
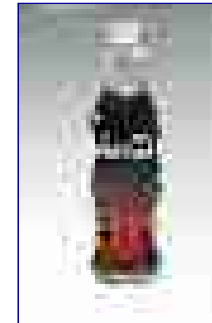
**Ciclo de Vida** de um produto



# **III . ACV – ANÁLISE DE CICLO DE VIDA: CONCEITOS**

## Histórico

- Primeiros estudos: déc. 60;
- 1969: Coca-cola faz estudo embalagens
  - conhecidos como REPA- Resource Envir. Profile Analysis (focados no consumo recursos e geração rejeitos);
  - resultados nunca foram publicados;
- Déc. 70: crise petróleo;
- Surgimento Ecobalance;
- final anos 70: ostracismo (estudos incertos);



## Histórico

- Déc. 80: volta preocupação com limites do crescimento
  - 1985: Comunidade Européia usa ACV como instrumento de política ambiental (diretiva sobre embalagens)
- Déc. 90: SETAC inicia trabalhos em ACV;
  - 1997- 2000: normas ISO;
- atualmente, grande desenvolvimento de bancos de dados, softwares e políticas ambientais de foco no produto (IPP).

## Definição

“A ACV é uma técnica para avaliar aspectos ambientais e impactos potenciais associados a um produto mediante:

- a compilação de um inventário de entradas e saídas pertinentes de um sistema de produto;
- a avaliação dos impactos ambientais potenciais associados a essas entradas e saídas, e
- a interpretação dos resultados das fases de análise de inventário e de avaliação de impactos em relação aos objetivos do estudo”

(NBR ISO 14.040)



## Definição

**ACV é uma técnica da gestão ambiental que avalia os efeitos de um produto sobre o meio ambiente, ao longo de todo o seu ciclo de vida.**

## Definição

✓ Diferença ACV x Outras metodologias: objeto estudo

Auditoria SGA      ⇒      processo

EIA/ RIMA      ⇒      empreendimento

ACV      ⇒      produto

## Normas

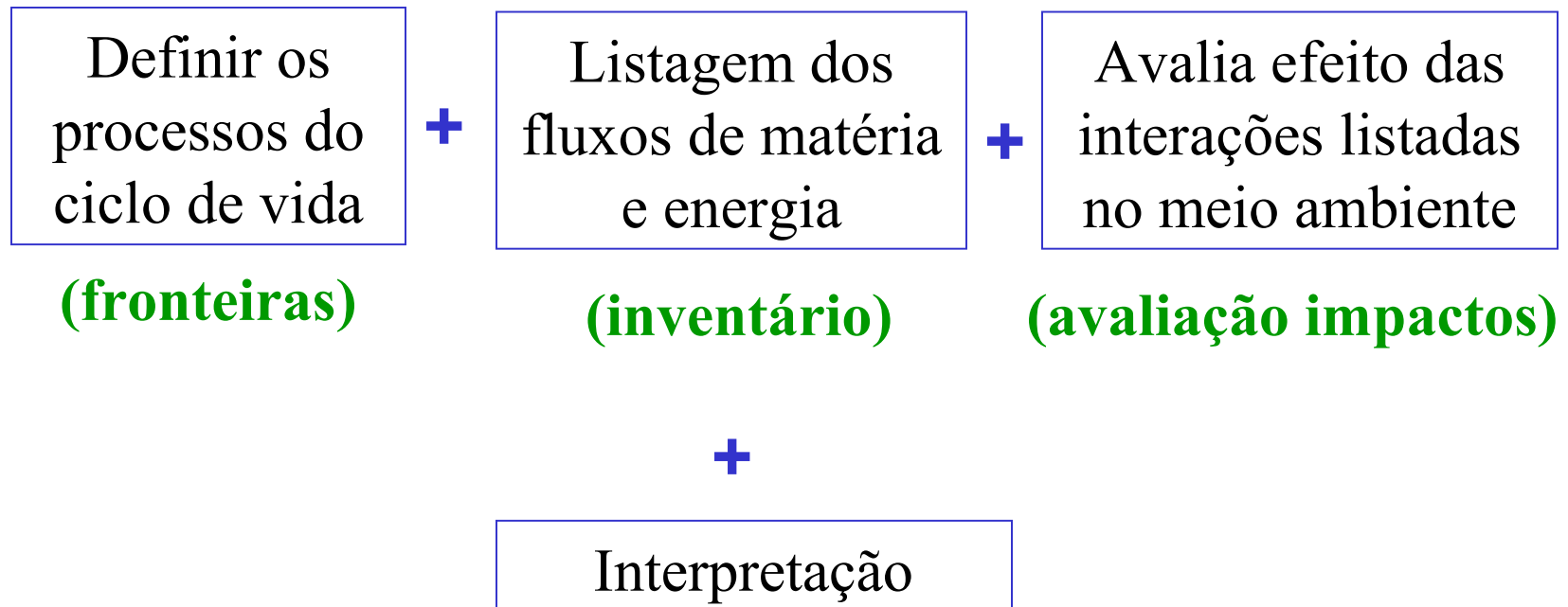
- **ISO 14.040:** *Environmental management – Life-Cycle Assessment – Principles and framework (1997);*
- **ISO 14.041:** *Environmental management – Life-Cycle Assessment – Goal scope and definition and life cycle inventory analysis (1998);*
- **ISO 14.042:** *Environmental management – Life-Cycle Assessment – Life cycle impact assessment (2000)*
- **ISO 14.043:** *Environmental management – Life-Cycle Assessment – Life cycle interpretation (2000)*

## Normas

- **ISO/ TR 14.047:** *Environmental management- Life cycle impact assessment- Examples of application of ISO 14.042 (2003)*
- **ISO/ TS 14.048:** *Environmental management - Life cycle assessment - Data documentation format;*
- **ISO/ TR 14.049:** *Environmental management - Life cycle assessment - Examples of application of ISO 14041 to goal and scope definition and inventory analysis (2000);*

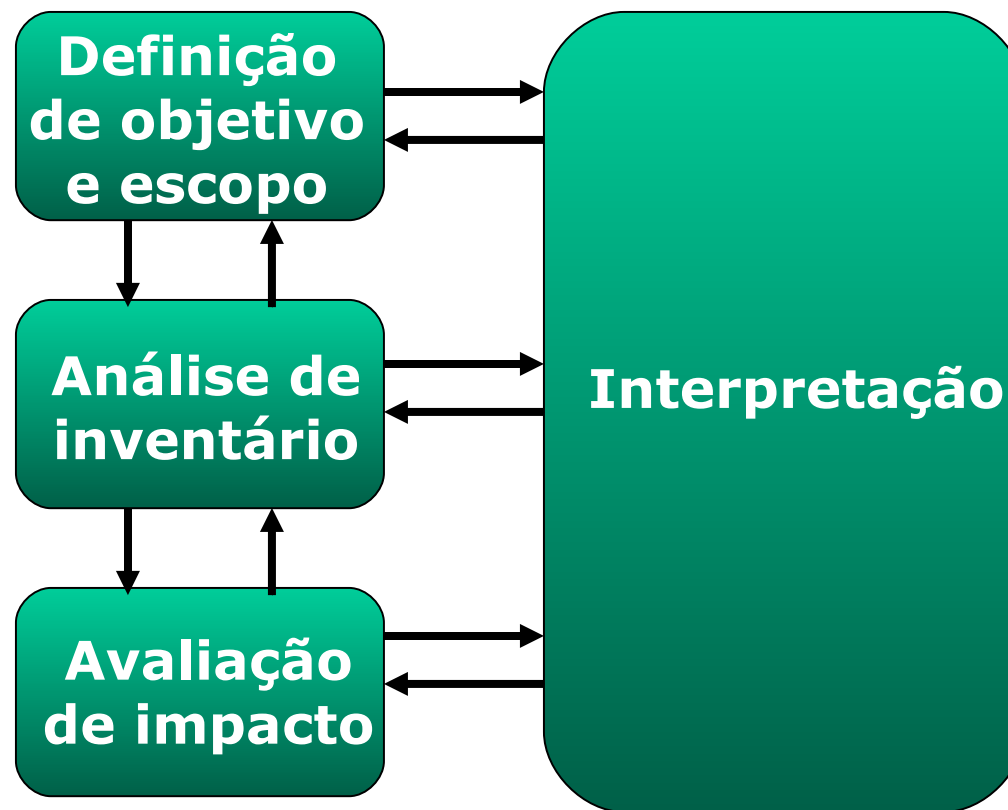
## Metodologia

✓ Basicamente a metodologia consiste em:



# Metodologia

## Etapas da ACV (NBR ISO 14.040)



# Aplicações

(ISO 14.040/1997)

- Identificação de oportunidade de melhoria de desempenho ambiental ao longo de um ciclo de vida;
- Tomada de decisão (indústria, governo, ONG, consumidor, etc);
- Seleção de indicadores de desempenho ambiental;
- Marketing, incluindo rotulagem e melhoria imagem corporativa;

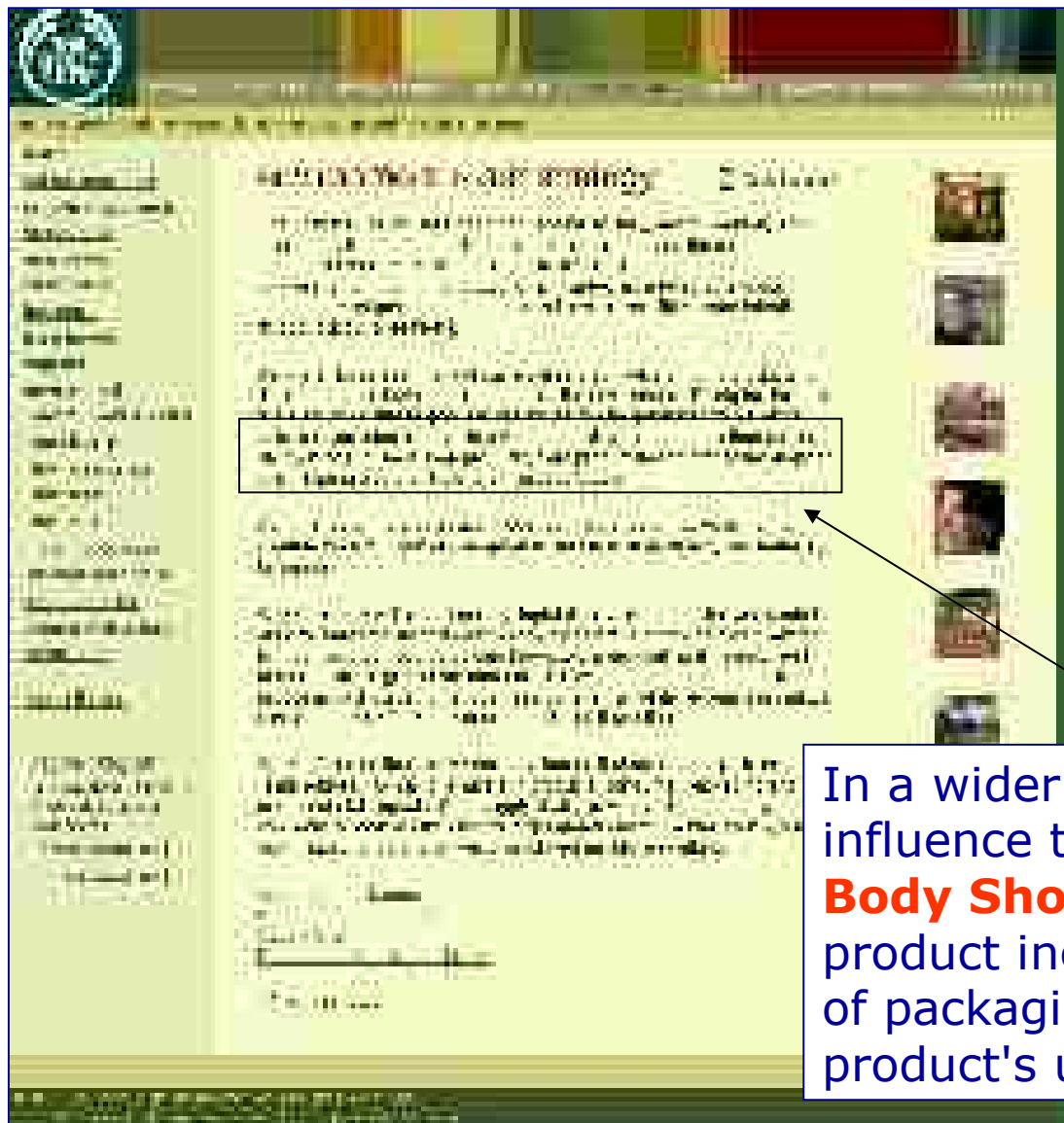
## **Exemplos:**

- Empresas tem inserido ACV em suas metas, valores e objetivos;
  - Exemplos: sites de algumas empresas;
- Outras empresas já tem desenvolvido estudos de ACV;





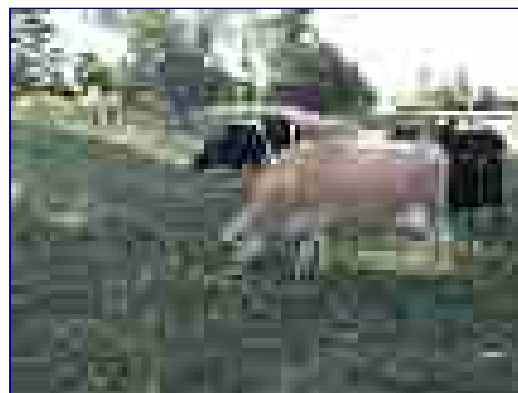
Natural resource issues (e.g., energy and climate change) and the use of tools such as **life cycle assessment**.



In a wider context, we are able to influence the **life cycle of The Body Shop products**, from product ingredients to the disposal of packaging waste at the end of a product's use.

## Exemplo: Loup Valley Dairy Co.

- Fazenda de gado leiteiro localizada Nebraska/ USA;
- Proprietários: consciência impactos (erosão, uso prod. químicos);
- Utiliza ACV para seleção das melhores práticas de manejo do gado dentro do plano completo da fazenda;
- Técnica foi implantada em 1999, e *'helps us to see the full picture of our environmental impacts'*, segundo um dos donos;



- Plano de ação baseado na ACV para 2000:
  - Eliminar alimentação confinada, uso de antibióticos e hormônios;
  - Minimizar o uso de grãos na ração;
  - Retornar o pasto às espécies nativas;
  - Proteger os riachos do acesso dos animais;
  - Reduzir significativamente o uso de combustíveis fósseis;
  - Minimizar o uso de irrigação no pasto;
  - Regenerar o solo usando plantio intensivo de grama;

## **Exemplo: RE-Define Sofá**

- Lançado em 2000 na Austrália- resultado de um trabalho conjunto de empresas e universidade;
- Foram identificados sete pontos de interação dos sofás tradicionais com o meio ambiente:
  - Emissão de substâncias tóxicas de colas, vernizes, tintas;
  - Geração de resíduos de madeira;
  - Emissão de Gases de Efeito Estufa da produção do aço e alumínio;
  - Consumo de madeira nativa;
  - Consumo de madeira de áreas de reflorestamento com manejo inadequado;
  - Geração de resíduo sólido no descarte da cadeira;
  - Uso de materiais sintéticos que constituem resíduos tóxicos ou perigosos quando lançados ao meio ambiente;

- As especificações do sofá RE-Define incluem:
  - Minimizar quantidade de material;
  - Evitar substância tóxicas ou perigosas;
  - Usar metais com baixo “conteúdo energético”;
  - Minimizar o número de componentes e montagens;
  - Substituir cola e parafusos por sistemas de encaixes;
  - Evitar o uso de adesivos contendo solventes;
  - Permitir reparos;
  - Evitar cores e “designs” que saiam rápido de moda.



- Outras características finais do RE-Define:

- As espumas são desenhadas para haver o mínimo de retalhos no corte, e os retalhos são enviados para fabricação de carpetes;
- As pernas e demais peças em aço são recicláveis, e os resíduos de sua fabricação, enviados para sucata;
- Os componentes metálicos não possuem qualquer tratamento superficial;
- Os tecidos são feitos de PET ou lã natural;;
- Os pés em nylon, são recicláveis;
- Zíperes são feitos para facilitar a desmontagem e lavagem dos assentos;



## Outro exemplo: Volvo

- ACV já é uma ferramenta “usual” e incorporada pela empresa;
- Todos os carros desde a déc. 90 já possuem suas ACV´s;
- No site da empresa, assumem impacto ambiental de seus produtos !!!

**(<http://www.volvocars.com/AboutVolvo/EPI/Europe/>)**

## **ON THE ROAD TO A BETTER ENVIRONMENT**

A car can hardly be described as 'environmentally friendly'. From an environmental perspective, however, different cars differ widely both in the extent and manner of their impact on the environment.

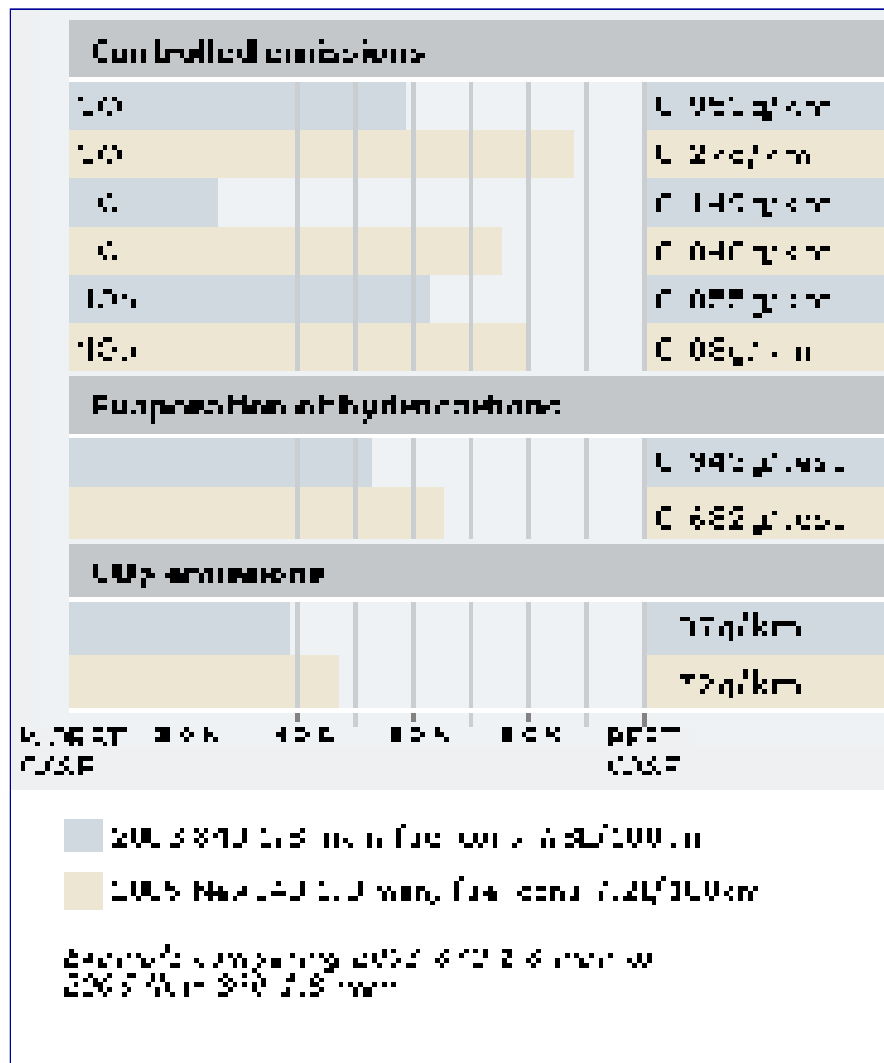
Volvo Cars' Environmental Product Information (EPI ) provides you with a holistic overview of the ways in which a Volvo car affects the environment throughout its lifecycle. The EPI enables you to make correct and efficient comparisons between different Volvo cars and model configurations.

So use it to move into the fast lane on the road towards a better environment!

Fonte: [www.volvo.com](http://www.volvo.com)

- Os dados de ACV dos produtos da empresa estão disponíveis na forma de “Environmental Product Information” (EPI);
- Estes EPI´s são baseados em cinco categorias de indicadores:
  - Gestão Ambiental;
  - Produção;
  - Reciclagem;
  - Vida útil;
  - Ciclo de vida como um todo;

# Vida Útil



# Ciclo de vida como um todo



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO**  
 INSTITUTO DE PESQUISA EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

**ANÁLISE DE CICLO DE VIDA**

**ENVIRONMENTAL MANAGEMENT**

Material		
Quantidade		
Unidade		

**ENVIRONMENTAL IMPACT**

Impacto ambiental		
Valor de impacto		
Unidade de impacto		

**ENVIRONMENTAL RISK**

Risco ambiental		
Valor de risco		
Unidade de risco		

**ENVIRONMENTAL COST**

Valor de custo		
Unidade de custo		

**ENVIRONMENTAL BENEFIT**

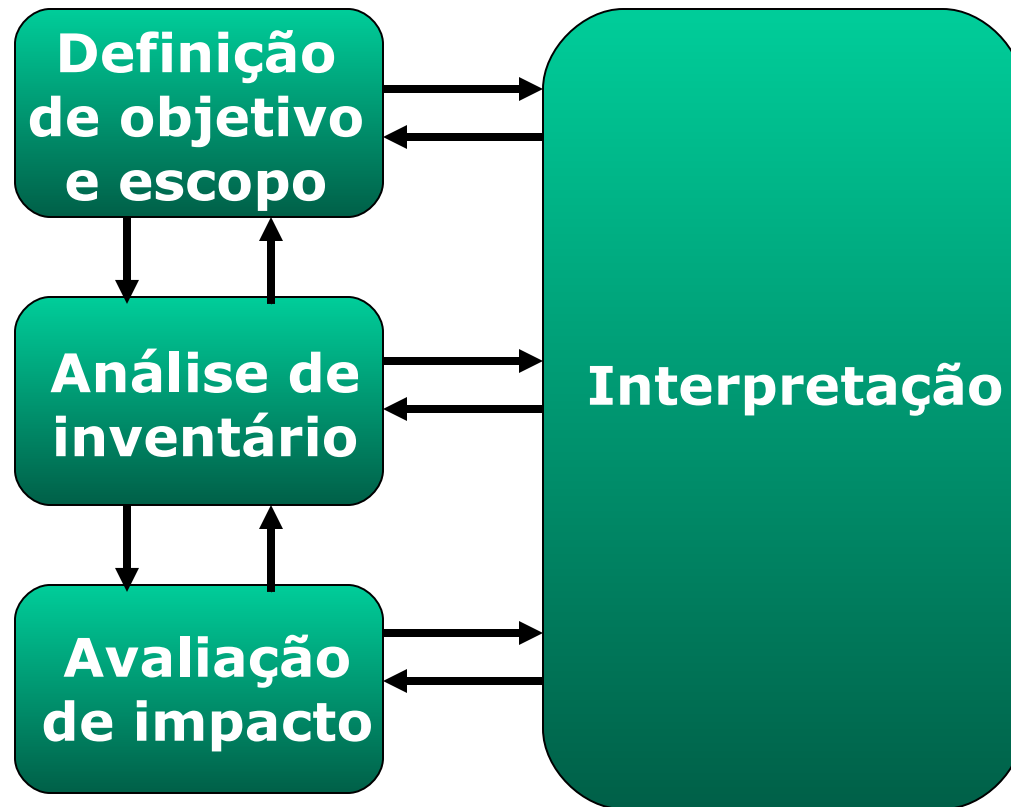
Benefício ambiental		
Valor de benefício		
Unidade de benefício		

**ENVIRONMENTAL INDEX**

Índice ambiental		
Valor de índice		
Unidade de índice		

# IV. METODOLOGIA

## Etapas da ACV (NBR ISO 14.040)





# **1) Definição de objetivo e escopo**

- **OBJETIVO DO ESTUDO:**

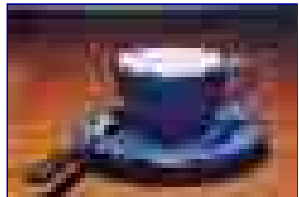
- aplicação pretendida (PARA QUE);
- razão para conduzir estudo (POR QUE);
- público alvo (PARA QUEM);

- **ESCOPO:**

- função do sistema em estudo;
- unidade funcional;
- fronteiras;
- outros (tipos de impacto e metodologia de avaliação de impacto; suposições; limitações; requisitos da qualidade dos dados; tipo de análise crítica; tipo e formato do relatório, etc);

- **Exemplo**

- para comparar xícaras e copos descartáveis:



- função: beber café;

- unidade funcional:

- 1.000 doses de café servidas;



- para comparar fósforos e isqueiros:

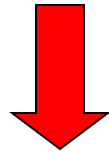
função: produzir chama para  
acender fogo;

unidade funcional: produzir 100

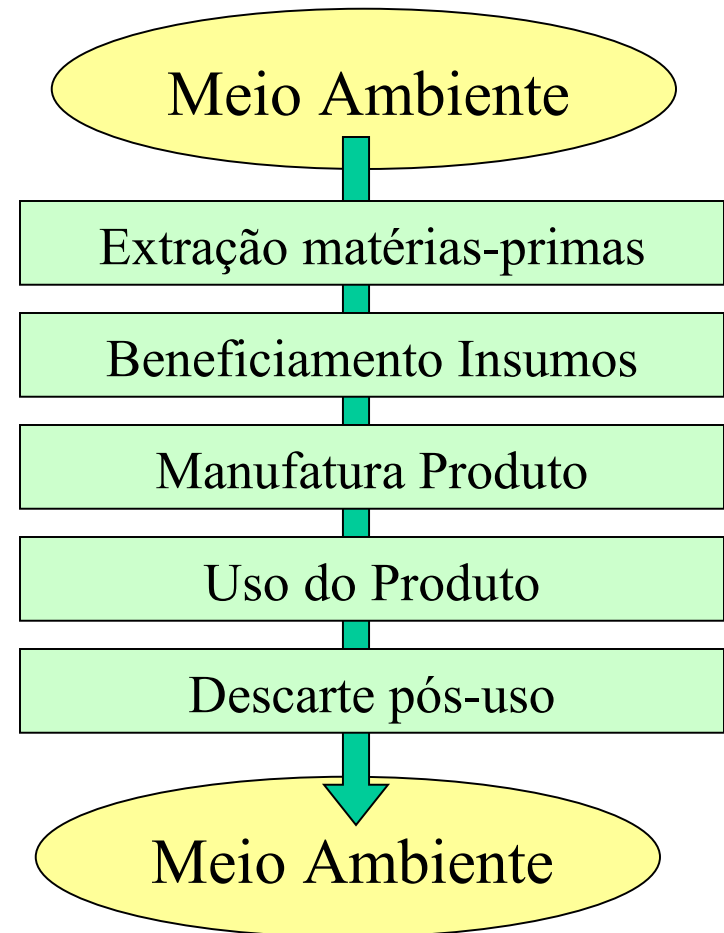


# FRONTEIRAS

Conjunto de TODAS as operações que constituem o ciclo de vida do produto.



A princípio, é "todo o universo": necessário delimitar o que considerar !!!



- Definição de fronteiras depende de:
  - objetivo do estudo;
  - compromisso precisão x viabilidade;
  - hipóteses assumidas;
  - critérios de exclusão.

# EXEMPLO

- Produção óleo de soja;
- Será usado para apresentar a metodologia;

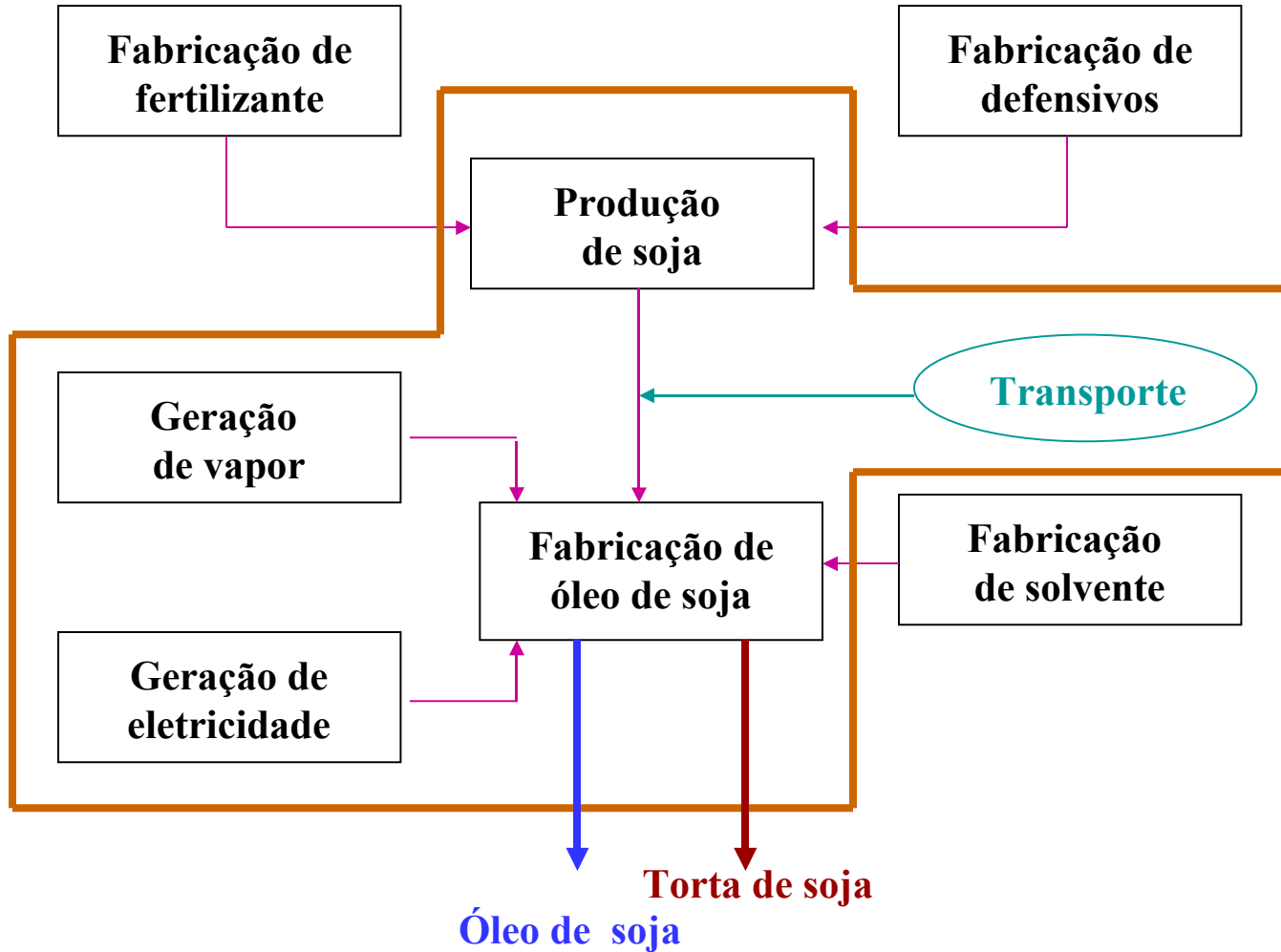
Fonte: UNEP- UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAMME, *Life Cycle Assessment: What it is and how to do it*, Paris, UNEP, 1996.

## **EXEMPLO ÓLEO DE SOJA**

### 1. DEFINIÇÃO ESCOPO E OBJETIVO

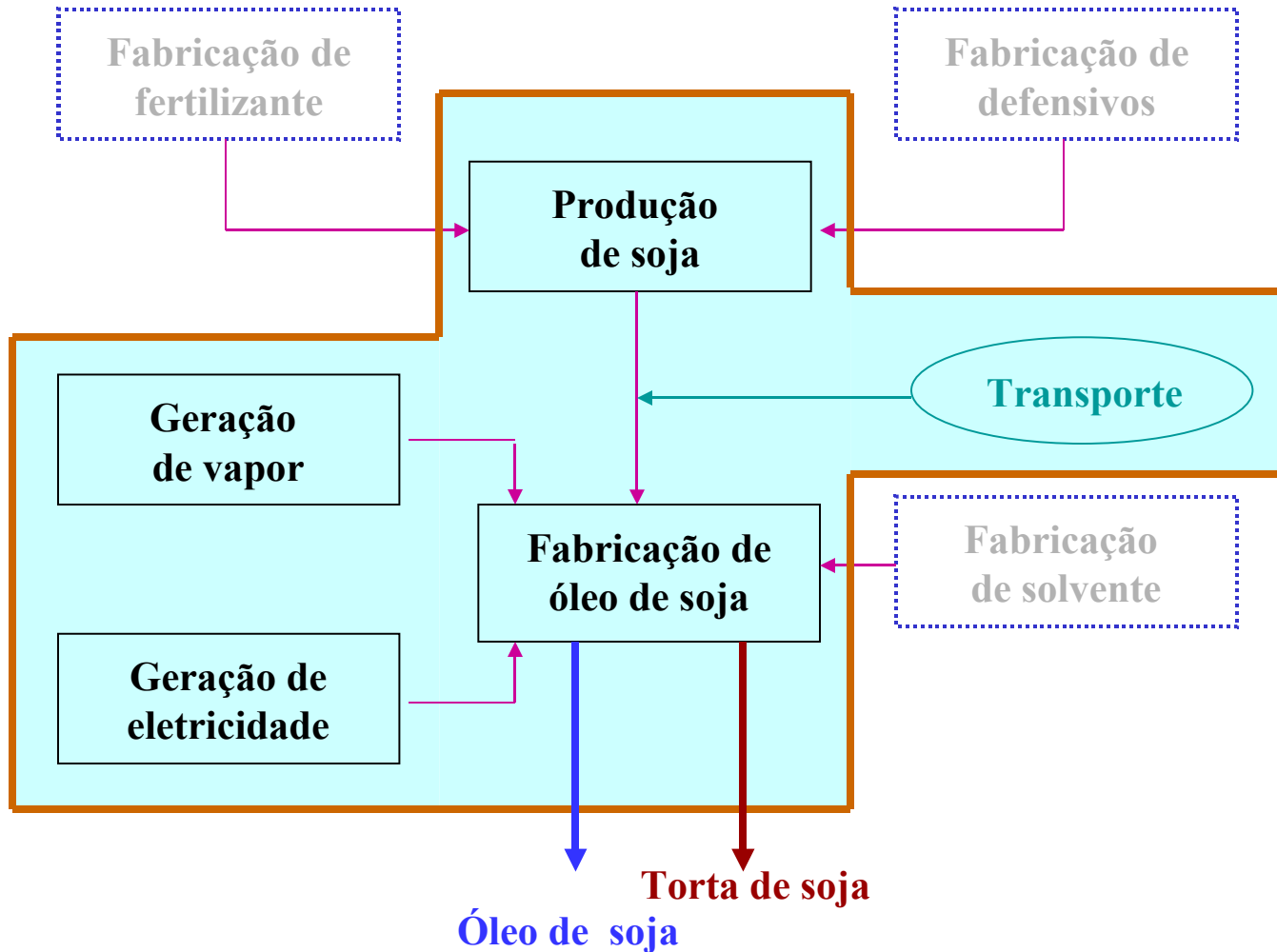
- **OBJETIVO:** comparar diferentes tipos de óleos vegetais para produção de margarina;
- **FUNÇÃO:** produzir óleo vegetal para fazer margarina;
- **UF= 1 ton. óleo**
  - Idéia é fazer um estudo para cada óleo e comparar resultados;
  - **NESTE EXEMPLO:** 1 t óleo de soja.

## SISTEMA DO PRODUTO (FRONTEIRAS)



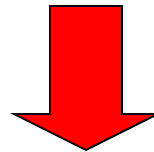


## SISTEMA DO PRODUTO (FRONTEIRAS)



## **2) Análise de Inventário**

- coleta de dados (quantificar entradas/ saídas sistema produto);
- procedimento de cálculo (referência ao sist. produto e à UF);
- alocação;
- etc ...



Etapa de maior consumo de tempo e recursos

## Coleta de dados

### •Conhecimento da Unidade de Processo:

- entradas e saídas (balanços);
- “função” da Unidade de Processo.

### •Sugestão de fontes:

- literatura técnica
- associações de classe
- bancos de dados de ACV
- licenças ambientais
- normas técnicas
- documentos da empresa: projetos, registro de Produção, pedidos de compra, etc.

## Tratamento de dados

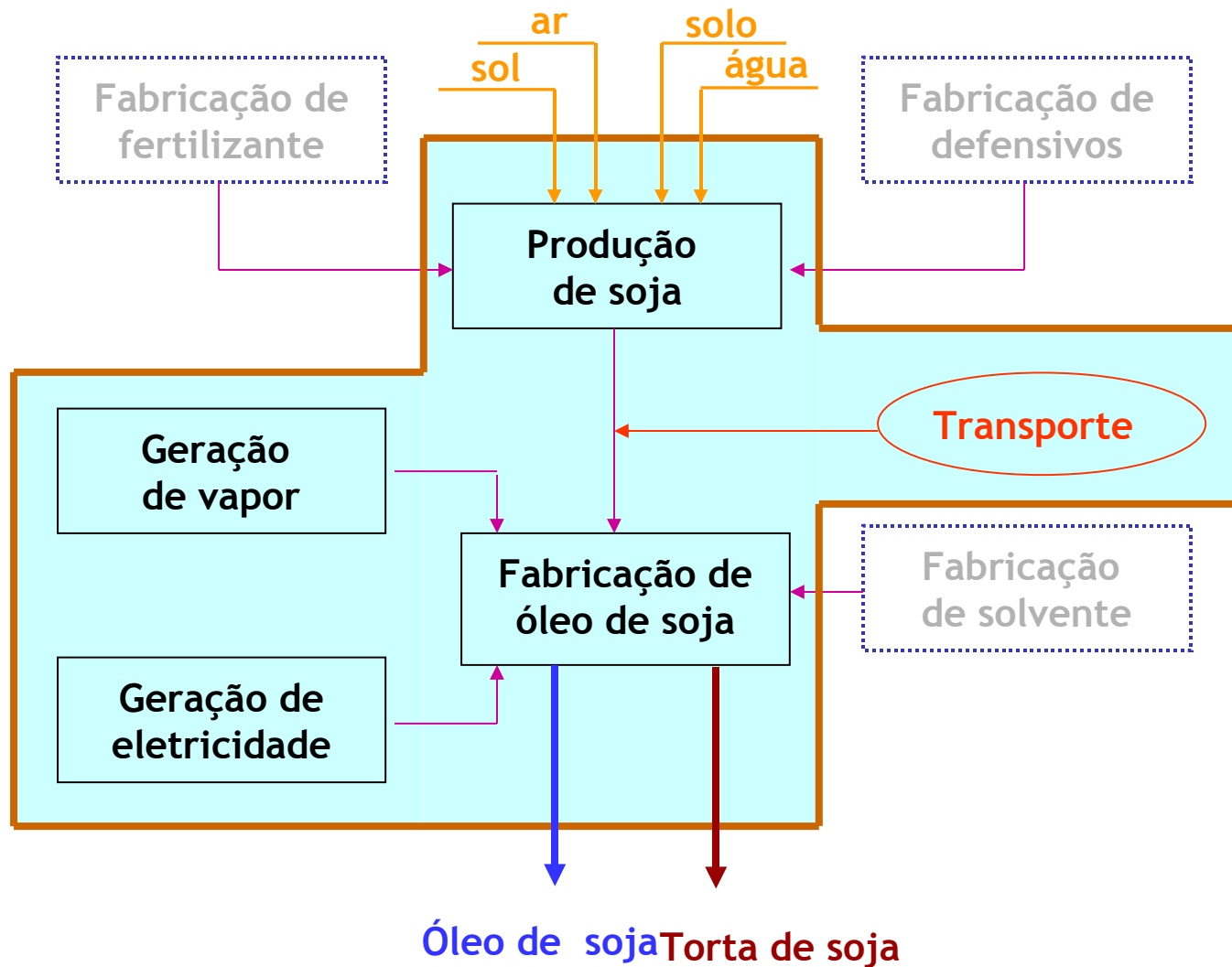
Conversão dos valores dos aspectos ambientais  
quantificados no inventário à unidade funcional



- Coleta dados: para uma unidade produto, p.e.;
- depois: fator de conversão para UF;

# EXEMPLO ÓLEO DE SOJA

## 2. ANÁLISE DE INVENTÁRIO



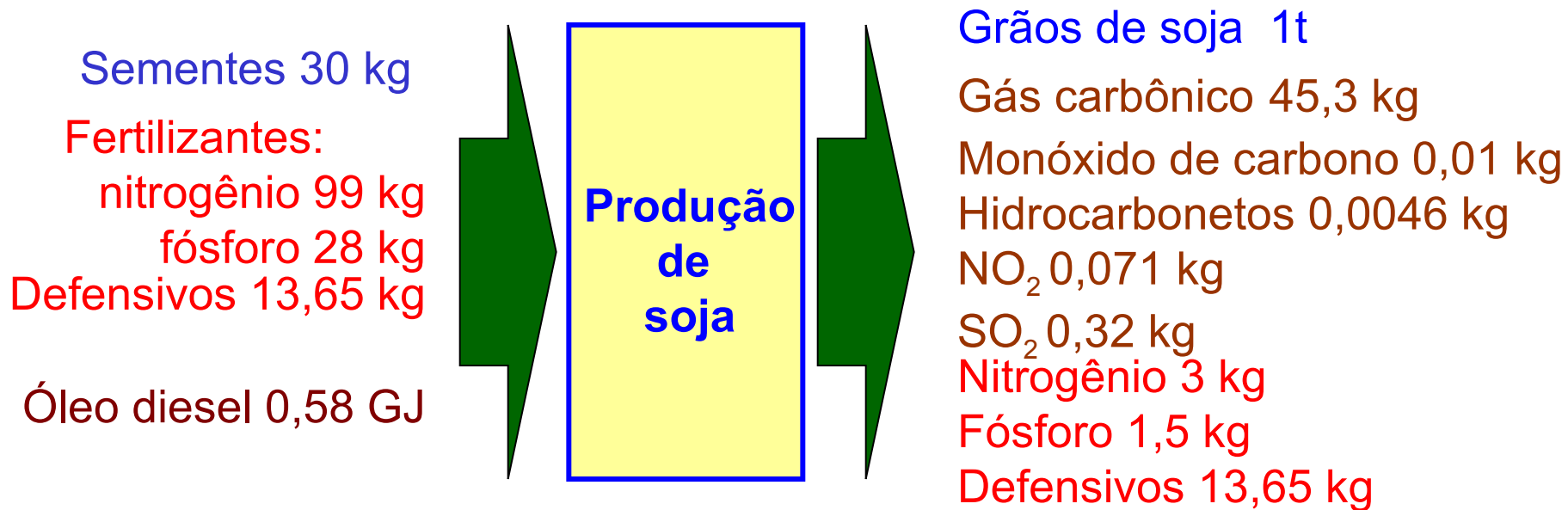
**ICV de: Óleo de soja**

**Estágio do CV: Obtenção de matéria-prima**

**Unidade de Processo: Produção de soja**

**Produto: Grãos de soja**

**Unidade: 1 t**



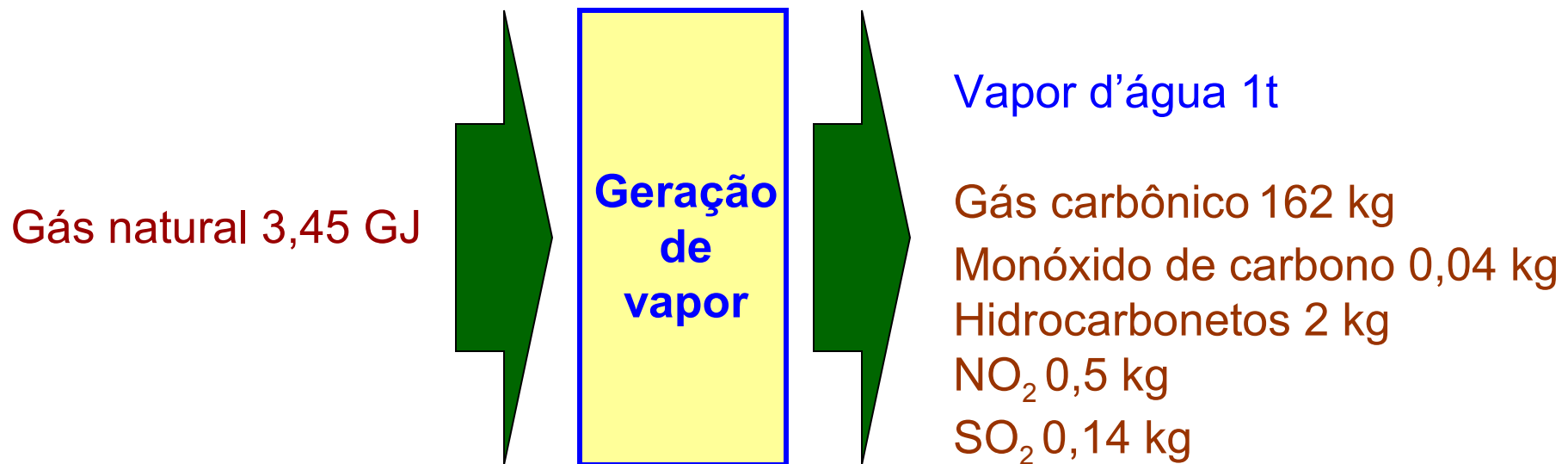
ICV de: **Óleo de soja**

Estágio do CV: **Fabricação do produto**

Unidade de Processo: **Geração de vapor**

Produto: **Vapor d'água**

Unidade: **1 t**





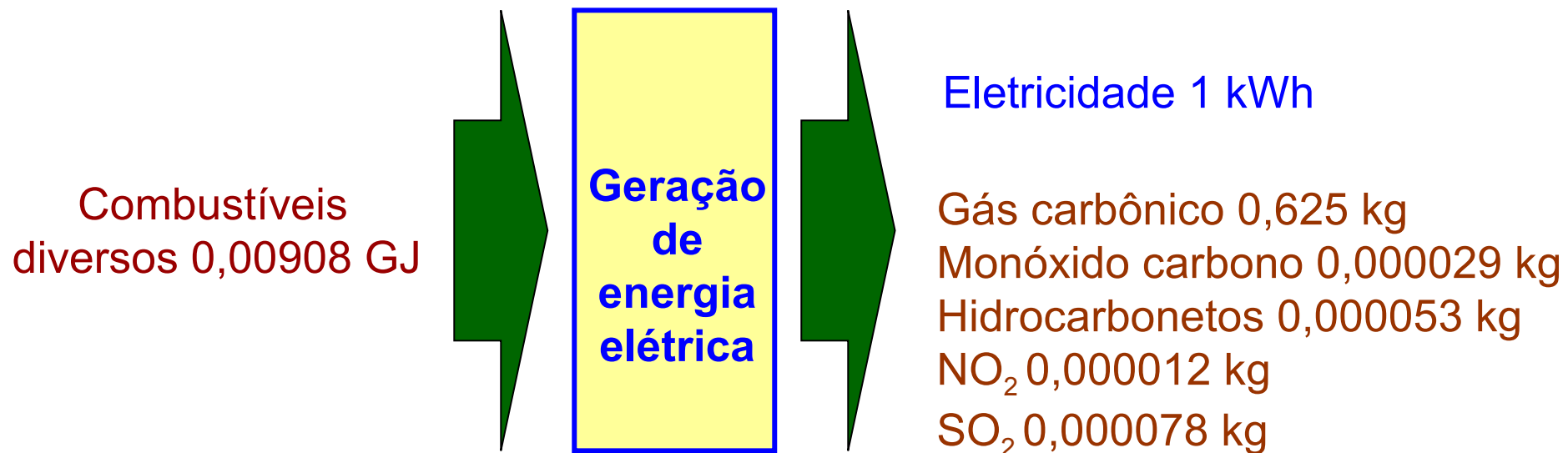
**ICV de: Óleo de soja**

**Estágio do CV: Fabricação do produto**

**Unidade de Processo: Geração de eletricidade**

**Produto: Eletricidade**

**Unidade: 1 kWh**



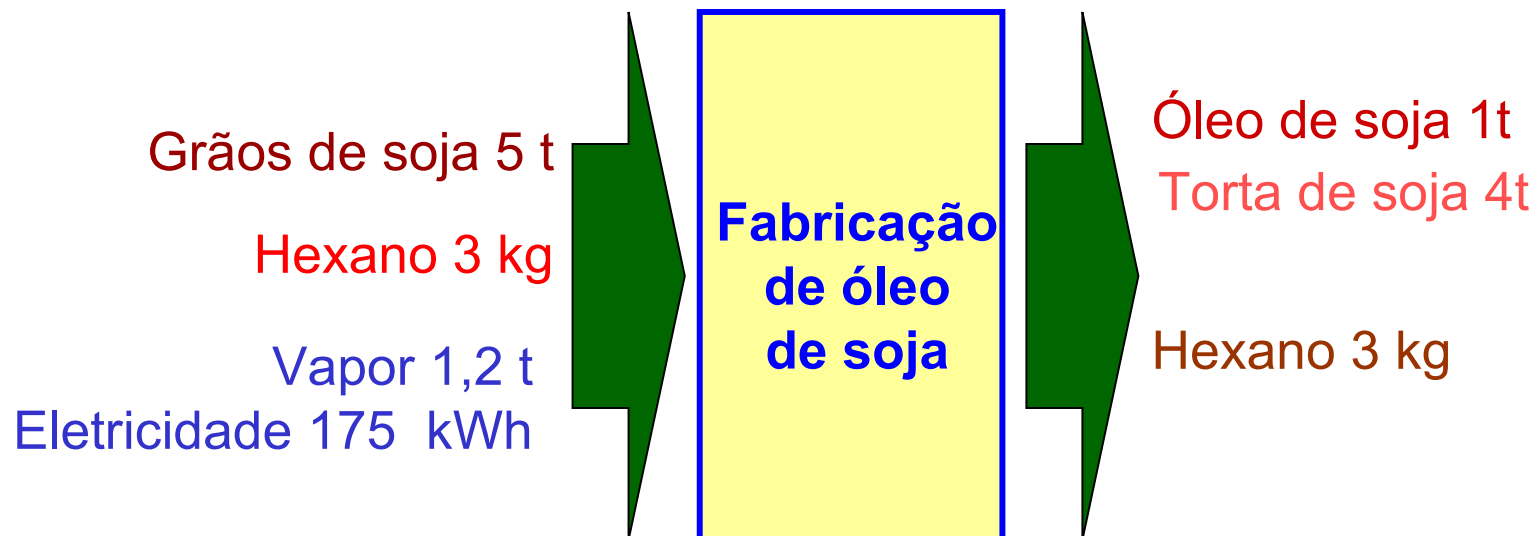
**ICV de: Óleo de soja**

**Estágio do CV: Fabricação do produto**

**Unidade de Processo: Produção de óleo de soja**

**Produto: Óleo de soja**

**Unidade: 1 t**



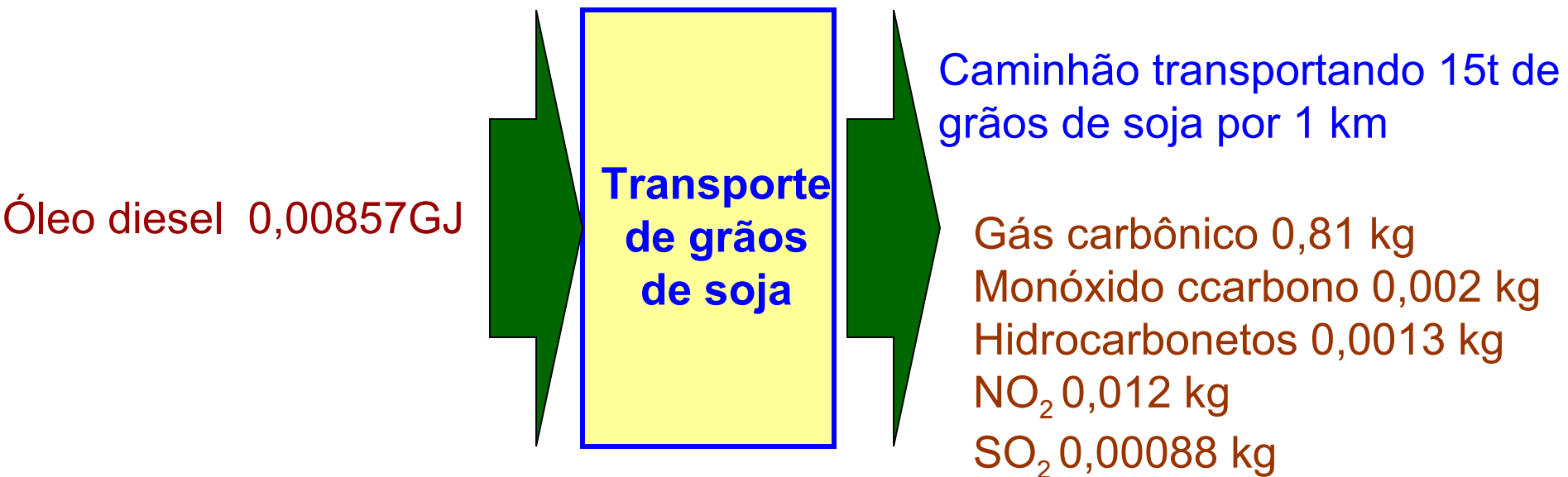
**ICV de: Óleo de soja**

**Estágio do CV: Transporte**

**Unidade de Processo: Transporte de grãos de soja**

**Produto: Grãos de soja transportados**

**Unidade: 15 t.km**



# ANÁLISE DE INVENTÁRIO

## TABELA DE VALORES BRUTOS

	<b>Produção de soja (t grão)</b>	<b>Geração de vapor (t vapor)</b>	<b>Geração Eletricid. (kWh)</b>	<b>Fabric. óleo (t óleo)</b>	<b>Transporte (15t.km)</b>
<b>RECURSOS ENERGÉTICOS (GJ)</b>	<b>0,58</b>	<b>3,45</b>	<b>0,00908</b>		<b>0,00857</b>
<b>EMISSÕES ATMOSFÉRICAS (kg)</b>					
CO <sub>2</sub>	45,3	162	0,625		0,81
CO	0,01	0,04	0,000029		0,002
Hidrocarbonetos	0,0046	2	0,000053		0,0013
NO <sub>2</sub>	0,071	0,5	0,000012		0,012
SO <sub>2</sub>	0,32	0,14	0,000078		0,00088
(...)					
<b>EFLUENTES LÍQUIDOS (kg)</b>					
Nitrogênio	3				
Fósforo	1,5				
Defensivos	13,65				
Hexano				3	

## CONVERSÃO PARA UMA BASE COMUM

**BASE COMUM: 1 t de óleo de soja**

**Por exemplo, para converter dados de /t soja para / t óleo:**

**45,3 kg CO<sub>2</sub>/t soja**  **? kg CO<sub>2</sub>/t óleo**

**Quantas t de soja são necessárias  
para produzir 1 t de óleo?**

## CONVERSÃO PARA UNIDADE FUNCIONAL

45,3 kg CO<sub>2</sub> / t de grão



? Kg de CO<sub>2</sub> / t de óleo

Quantas t de grão / t de óleo?



5 t de grão / t de óleo



226,5 t CO<sub>2</sub> / t de óleo

Fator de conversão de  
grão para óleo: FC = 5

# CONVERSÃO PARA UMA BASE COMUM (UF = 1 t óleo)

**Geração de vapor:**

**1200 kg de vapor/t de óleo** → **FC = 1,2**

**Geração de eletricidade:**

**175 kWh/t de óleo** → **FC = 175**

**Produção de óleo de soja:**

**1000 kg de óleo/t de óleo** → **FC = 1**

**Transporte de soja:**

**(5t.200km/15t.km)/t de óleo** → **FC = 66,7**

# ANÁLISE DE INVENTÁRIO

## TABELA DE VALORES CONVERTIDOS

	Produção de soja (t óleo)	Geração de vapor (t óleo)	Geração Eletricid. (t óleo)	Fabric. óleo (t óleo)	Transporte (t óleo)
<b>RECURSOS ENERGÉTICOS (GJ)</b>	<b>2,90</b>	<b>4,14</b>	<b>1,59</b>		<b>0,57</b>
<b>EMISSÕES ATMOSFÉRICAS (kg)</b>					
CO <sub>2</sub>	226,5	194	109		54
CO	0,05	0,048	0,0051		0,13
Hidrocarbonetos	0,023	2,4	0,0093		0,087
NO <sub>2</sub>	0,355	0,60	0,0021		0,80
SO <sub>2</sub>	1,60	0,17	0,0137		0,587
(...)					
<b>EFLUENTES LÍQUIDOS (kg)</b>					
Nitrogênio	15				
Fósforo	7,5				
Defensivos	68,25				
Hexano				3	

**FACTORES DE CONVERSÃO**

5

1,2

175

1

66,



## **3) Avaliação de impacto**

## Avaliação de Impactos:

- correlaciona os dados do Inventário a efeitos ambientais (classificação);
  - primeira medida: escolher os efeitos ambientais a considerar;
- uniformiza os efeitos de cada aspecto ambiental dentro de cada efeito ambiental (caracterização);
- agrega resultados em parâmetro comum a todos (normalização);



**INCERTEZAS !**

# EXEMPLO ÓLEO DE SOJA

## 3. AVALIAÇÃO DE IMPACTOS

- Primeira medida: escolher as categorias de impacto;
- 3 etapas:
  - Classificação;
  - Caracterização;
  - Normalização.

## A. Classificação:

- verifica-se para quais impactos cada aspecto ambiental contribui;
- produz uma tabela assinalada;

## CLASSIFICAÇÃO DOS ASPECTOS AMBIENTAIS

		Energia	CO <sub>2</sub>	CO	C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	Inset.	N	Óleo	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>
ERE	Esg. Rec, Energéticos	X	-		-	-	-	-	-	-	-	-
EE	Efeito Estufa	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OF	Oxid. Fotoquímica	-	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-
Ac.	Acidificação	-	-	-	-	X	X	-	-	-	-	-
TH	Toxicidade Humana	-	-	X	-	X	X	-	X	-	-	X
Ec.	Ecotoxicidade	-	-	-	-	-	-	-	X	-	X	-
Nu.	Nutrição	-	-	-	-	X	-	-	-	X	-	X

## **B. Caracterização:**

- aplica modelo de cada categoria de impacto para aspectos identificados na classificação;
- produz uma tabela com valores calculados;

## EXEMPLO DE CÁLCULO DE CONTRIBUIÇÃO PARA CHUVA ÁCIDA

- Para avaliar efeito das diferentes substâncias quanto à formação de chuva ácida, utiliza-se o efeito de uma substância de referência;
  - Ex:  $\text{SO}_2$
- Para as demais, são cientificamente levantados FATORES DE EQUIVALÊNCIA, que avaliam o efeito das diferentes substância em comparação com aquela de referência:
  - Ex: o efeito do  $\text{NO}_x$  para a formação de chuva ácida é 70% do efeito do  $\text{SO}_2$ ;
  - Portanto, o Fator de Equivalência do  $\text{NO}_x$  é:  
 $0,70 \text{ kg/ kg SO}_2$  equivalente.

- Faz-se então uma soma ponderada para todas as substâncias que foram identificadas na classificação:

### **Cálculo da contribuição para Chuva Ácida:**

$$C = (\text{massa SO}_2) \times 1,0 + (\text{massa NO}_x) \times 0,7 =$$

$$C = 0,81 \times 1,0 + 0,75 \times 0,7 = 1,34 \text{ kg eq.SO}_2/\text{t. de óleo de soja}$$



Isso é feito para cada aspecto ambiental em cada uma das categorias de impacto onde ele atua !



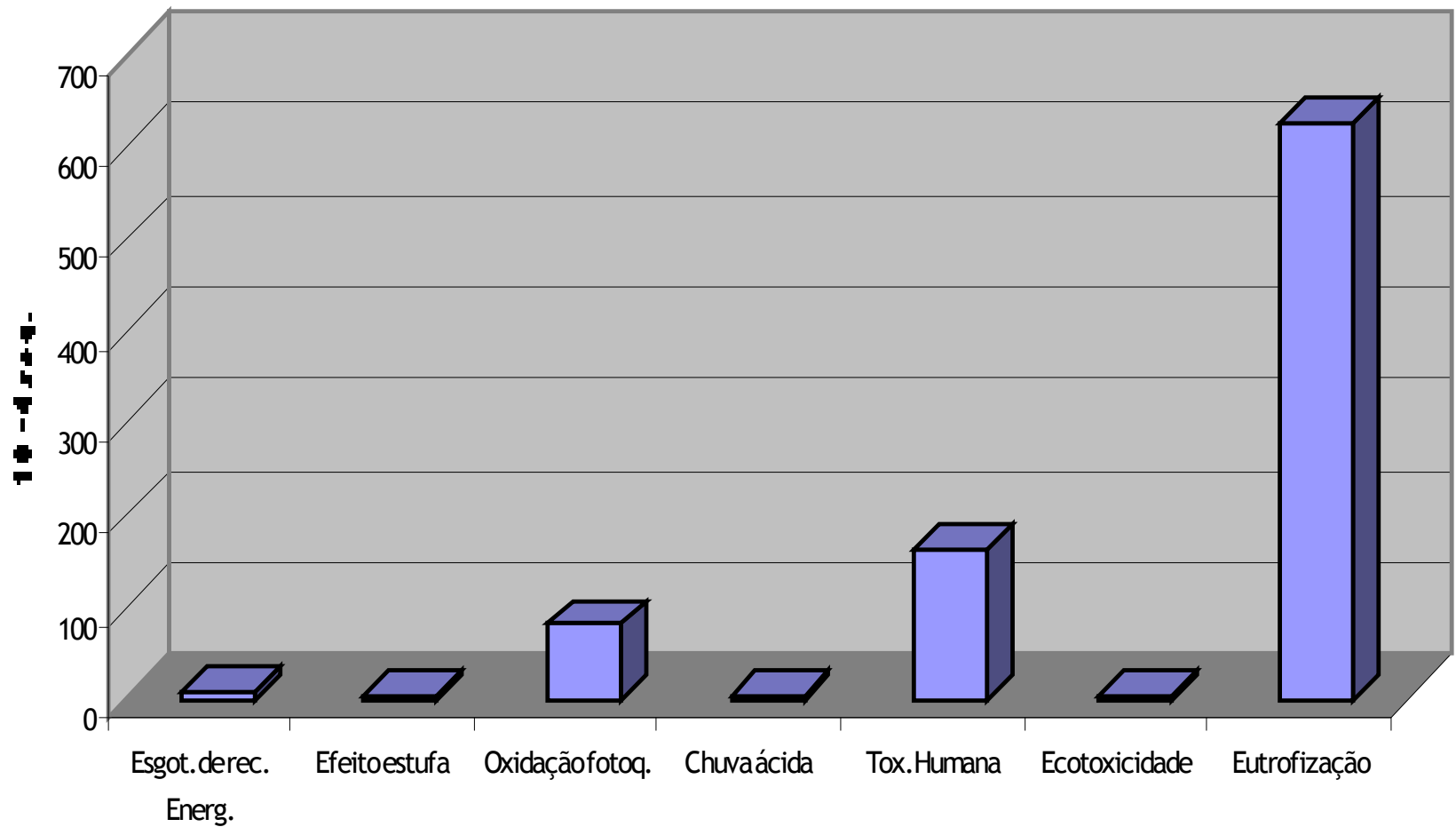
## INVENTÁRIO DE CICLO DE VIDA DE ÓLEO DE SOJA

		Energia	CO <sub>2</sub>	CO	C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	Inset.	N	Óleo	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	TOTAL
ERE	GJ / t*	3,95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,95
EE	kg eq. CO <sub>2</sub> / t*	-	250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	250
CF	kg eq. C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> / t*	-	-	-	0,407	-	-	0,54	-	-	-	-	0,95
Ac.	kg eq. SO <sub>2</sub> / t*	-	-	-	-	0,525	0,81	-	-	-	-	-	1,34
TH	kg / t*	-	-	0,0012	-	0,585	0,972	-	308	-	-	0,031	310
Ec.	kg / t*	-	-	-	-	-	-	-	2056	-	65	-	2121
Nu.	kg eq. PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> / t*	-	-	-	-	0,098	-	-	-	89	-	60	149

(\*) Tonelada de óleo de soja

## C. Normalização:

- etapa opcional;
- unifica as diferentes categorias de impacto;
- produz indicadores “uniformes”;



## 4) Interpretação

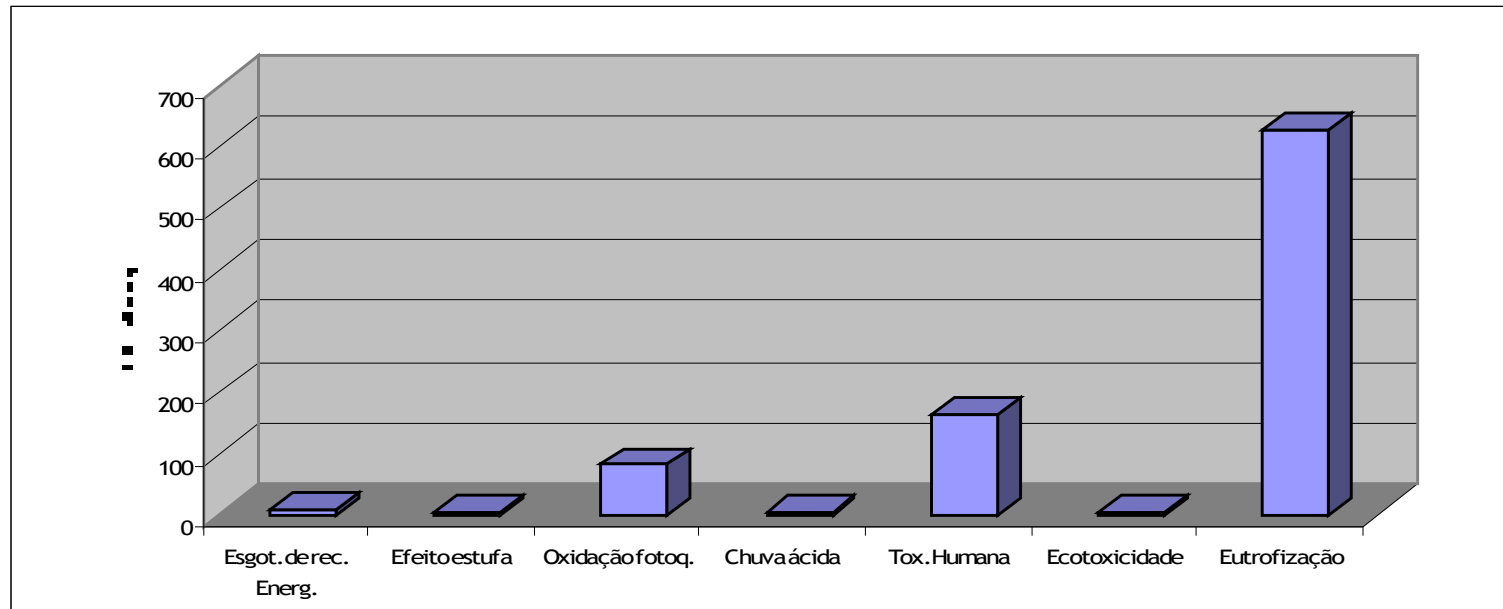
## Etapa de interpretação:

- Ao final:
  - avaliar resultados à luz do que se propôs no início;
  - atende aos objetivos?
  
- Se necessário, voltar e refazer parte do estudo;

**ACV É UM PROCESSO INTERATIVO !!!!**

# EXEMPLO ÓLEO DE SOJA

## 4. INTERPRETAÇÃO



- Pelo gráfico, principal problema é Eutrofização:
  - mas da onde vem esta contribuição?

## INVENTÁRIO DE CICLO DE VIDA DE ÓLEO DE SOJA

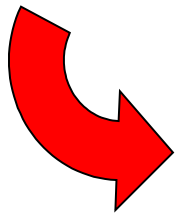
		Energia	CO <sub>2</sub>	CO	C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	Inset.	N	Óleo	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	TOTAL
ERE	GJ / t*	3,95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,95
EE	kg eq. CO <sub>2</sub> / t*	-	250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	250
CF	kg eq. C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> / t*	-	-	-	0,407	-	-	0,54	-	-	-	-	0,95
Ac.	kg eq. SO <sub>2</sub> / t*	-	-	-	-	0,525	0,81	-	-	-	-	-	1,34
TH	kg / t*	-	-	0,0012	-	0,585	0,972	-	308	-	-	0,031	310
Ec.	kg / t*	-	-	-	-	-	-	-	2056	-	65	-	2121
Nu.	kg eq. PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> / t*	-	-	-	-	0,098	-	-	-	89	-	60	149

(\*) Tonelada de óleo de soja

Emissão de N e PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>

- Mas de onde vem estas emissões?

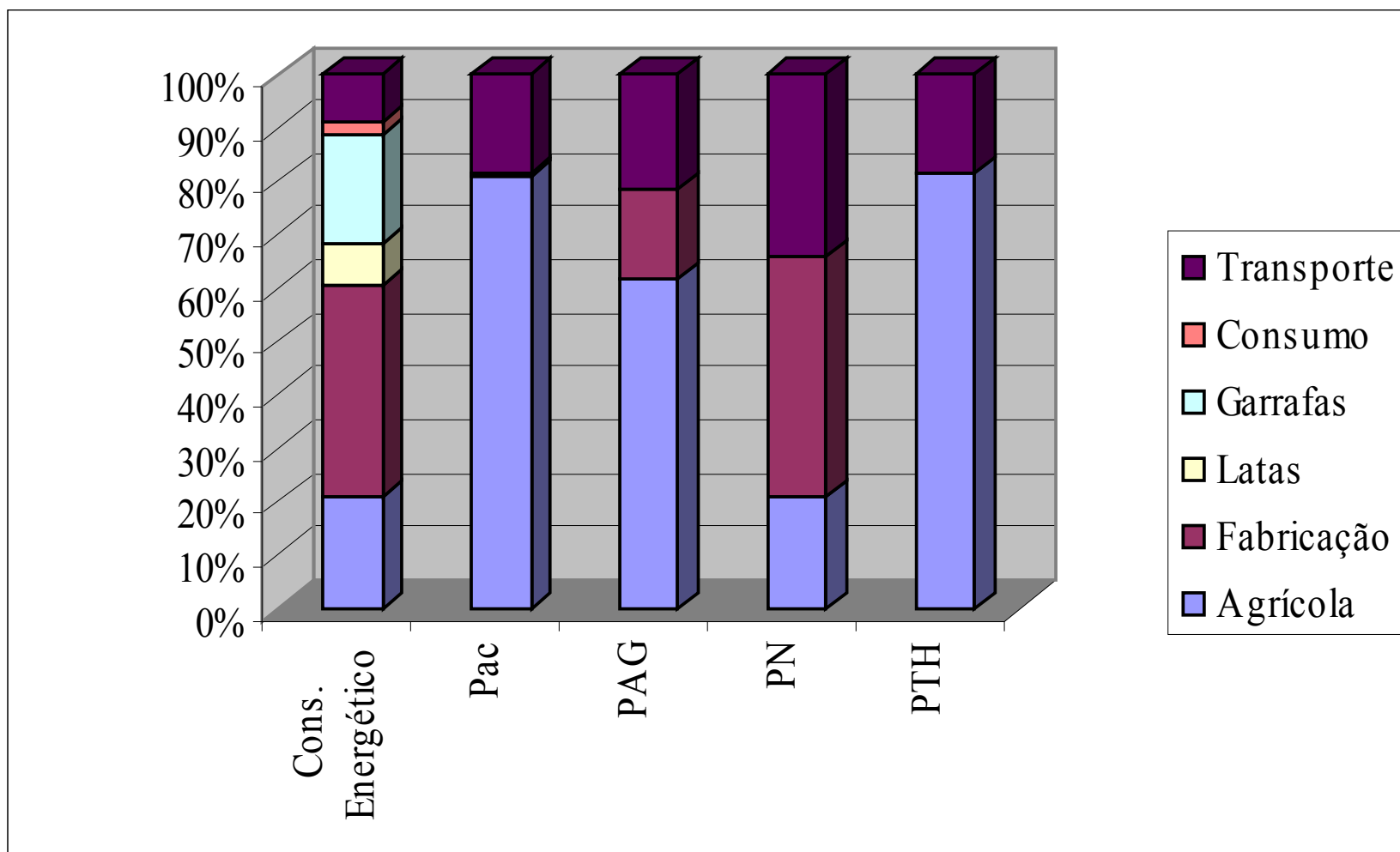
	<b>Produção de soja (t de grão)</b>	<b>Geração de vapor (t de vapor)</b>	<b>Geração de eletricidade (kWh)</b>	<b>Fabricação de óleo (t de óleo)</b>	<b>Transporte (15t.km)</b>
<b>EFLUENTES LÍQUIDOS (kg)</b>					
<b>Nitrogênio</b>	<b>3</b>				
<b>Fósforo</b>	<b>1,5</b>				
<b>Defensivos</b>	<b>13,65</b>				
<b>Hexano</b>				<b>3</b>	



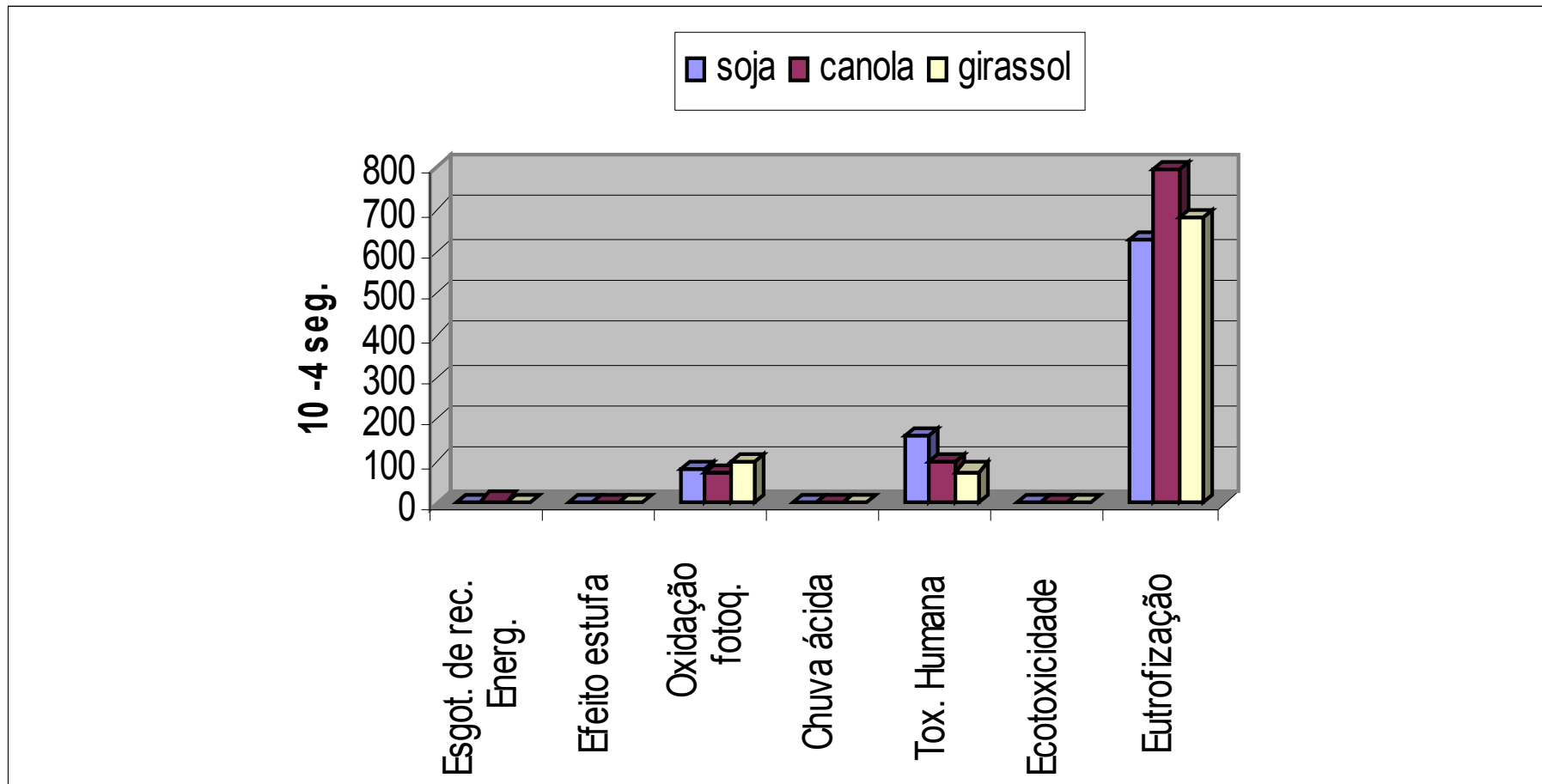
Permite decisão sobre onde atuar no ciclo de vida !



- Contribuição percentual de cada fase do ciclo de vida em cada categoria de impacto:



RETORNANDO AO COMEÇO (Definições): Objetivo do estudo era comparar diferentes óleos vegetais (Ex: soja, canola e girassol)

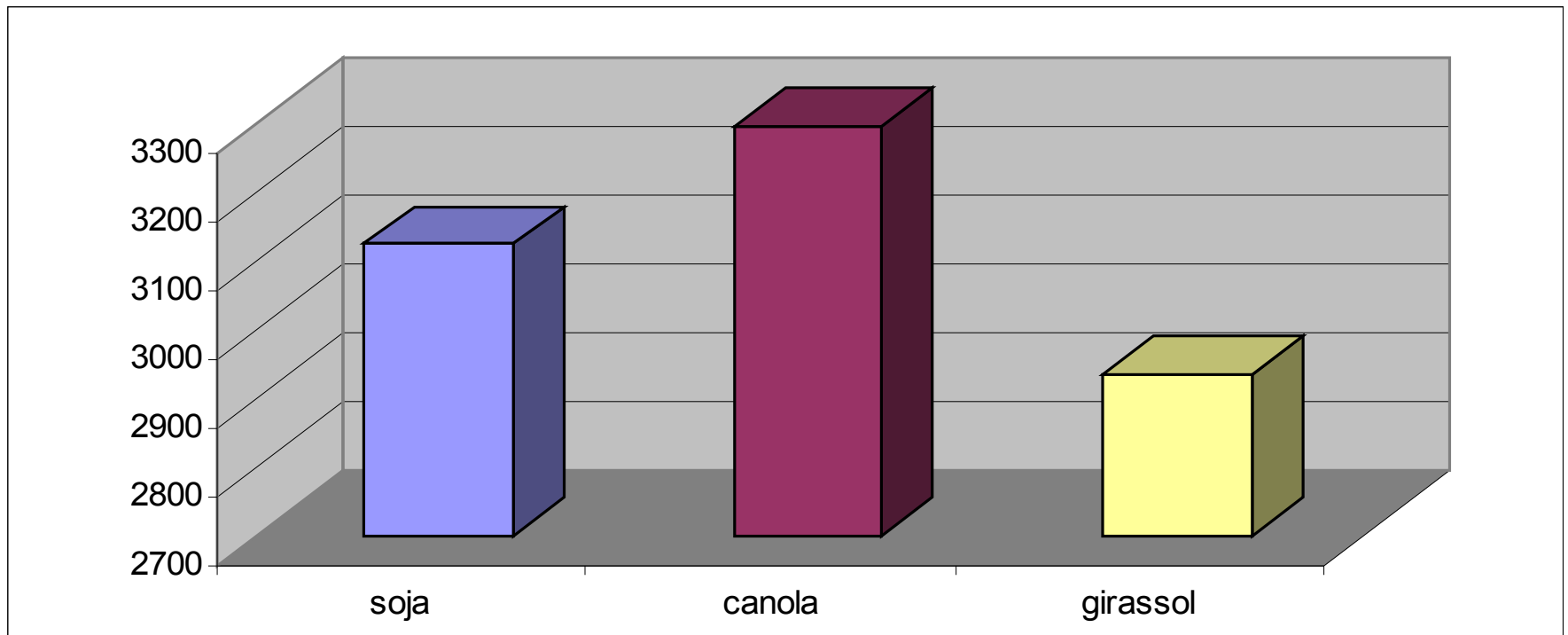


## Ponderação:

- criação de um índice único para cada “alternativa” que se quer comparar;
- Ex: Determina-se um “peso” relativo a cada categoria de impacto:

<b>Categoria de Impacto</b>	<b>Peso (1-5)</b>
Esgot. de rec. Energ.	2
Efeito estufa	1
Oxidação fotoq.	5
Chuva ácida	3
Tox. Humana	5
Ecotoxicidade	4
Eutrofização	3

- Faz-se então uma soma ponderada das categorias de impacto, chegando a um índice único:



# V. CONCLUSÃO

## Vantagens da ACV

- ✓ foco no produto (visão “holística”- totalidade dos processos);
- ✓ compara diferentes tipos de impacto;
- ✓ inclui impactos nem sempre considerados (efeito estufa, toxicidade, etc);
- ✓ participação pública (critérios);

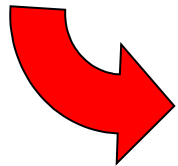
## Dificuldades do uso da ACV

- ✓ uso de GRANDES volumes de dados representativos sobre muitos processos diferentes;
- ✓ necessidade de adaptar modelos à localidade;
- ✓ qualidade resultado depende da qualidade dos dados;
- ✓ subjetividade de critérios (comparação produtos);

- ACV é ferramenta de suporte à tomada de decisão;
- qualidade das informações depende da qualidade dos dados de entrada;
- uso de bancos de dados facilita trabalho (tempo e \$);
- sempre haverá etapa subjetiva: ESCOLHA !!!

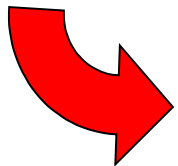


- Para ACV poder ser usada amplamente no Brasil:
  - formação de equipes;
  - disseminação junto às empresas;
  - disponibilização de bancos de dados atualizados e adequados à realidade nacional;



Criação da ABCV - Assoc. Bras. Ciclo de Vida

**[www.abcvbrasil.org.br](http://www.abcvbrasil.org.br)**



Comunidade Virtual: **<http://acv.ibict.br>**

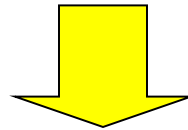
## IMPORTANTE:

empresa **PENSAR / OBSERVAR / REFLETIR** sobre seus  
processos produtivos:

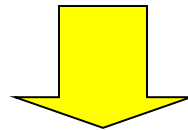
- o que podemos melhorar?
- como fazer mais e melhor?
- como fazer com menos?
- etc ...

**LEMBRAR:**

**GESTÃO AMBIENTAL**



**COMO HUMANIDADE SE RELACIONA  
COM O AMBIENTE**



**USAR CRITÉRIOS TÉCNICOS E  
VALORES HUMANOS PARA TORNAR  
SOCIEDADE MENOS AGRESSIVA AO  
MEIO AMBIENTE**

A sunset scene over a body of water. The sun is low on the horizon, casting a bright, shimmering reflection on the water. In the middle ground, there is a small island or peninsula with several buildings and trees silhouetted against the bright sky. The sky is filled with soft, golden clouds.

**OBRIGADO !!!**

**Flávio de Miranda Ribeiro**

**[flavior@cetesbnet.sp.gov.br](mailto:flavior@cetesbnet.sp.gov.br)**