



Engenharia de
Produção

SEP - 5798

Engenharia do Ciclo de Vida

ACV - Geral



Escola de Engenharia
de São Carlos



Universidade
de São Paulo

Prof. Aldo R. Ometto

aometto@sc.usp.br

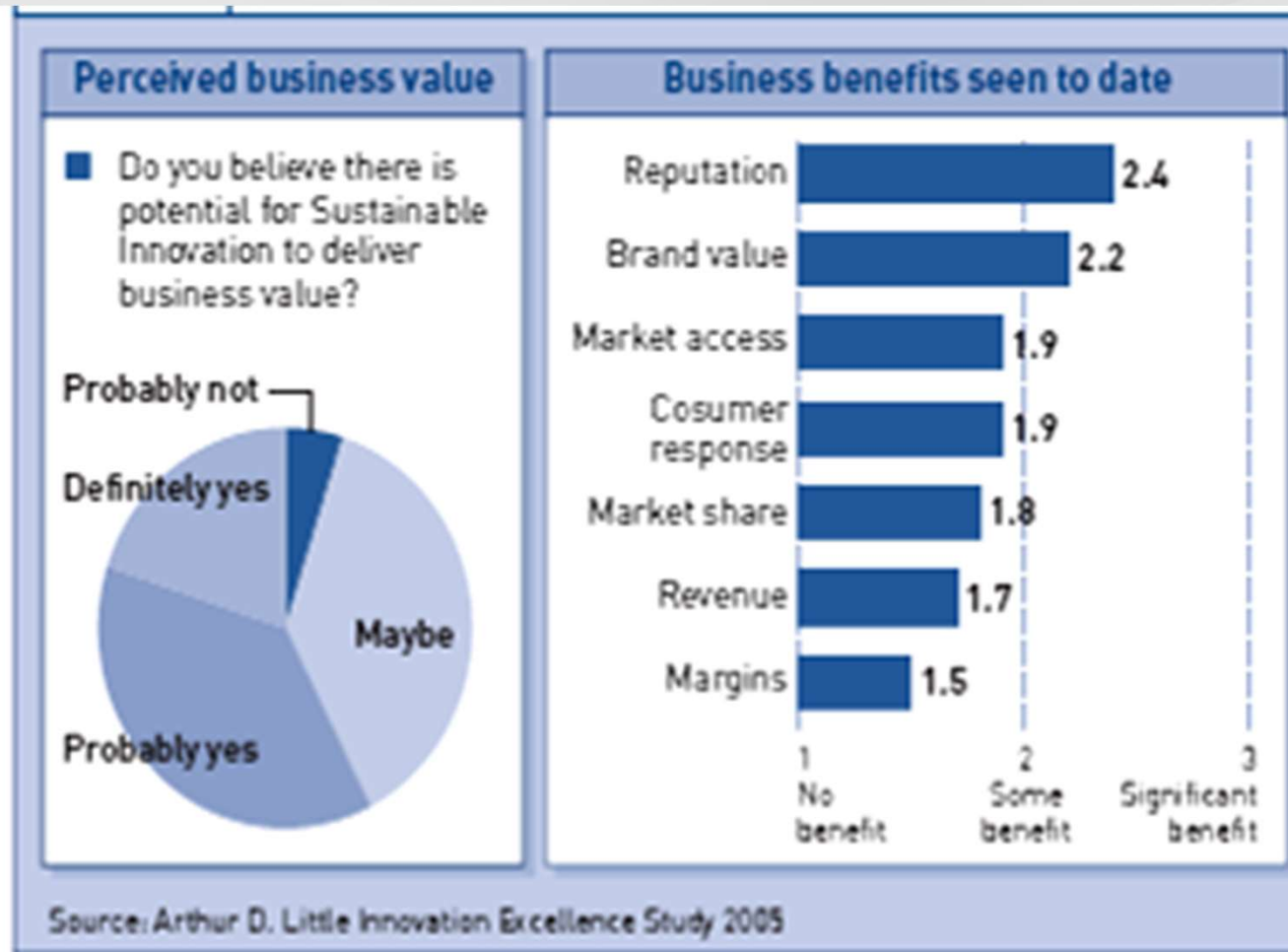
(16) 3373-8608

Inovação Induzida pela Sustentabilidade

Constatações

- ❑ 95% das companhias acreditam ter potencial de agregar valor;
- ❑ Cerca de 25% acreditam poder, definitivamente agregar valor;
- ❑ Este tipo de inovação está começando a oferta valor agregado, mas os benefícios ainda são intangíveis;
- ❑ Líderes estão atualmente focando mais em oportunidades do que apenas em riscos
- ❑ Uma pequena minoria de companhias integrou na estratégia e no projeto de produto/processo
- ❑ Poucas companhias estão explorando oportunidades de evolução baseadas na Inovação induzida pela Sustentabilidade

Inovação Induzida pela Sustentabilidade



Visão de Ciclo de Vida: foco no produto



RECURSOS



DESIGN



PRODUÇÃO



TRATAMENTO

Resíduo

DISTRIBUIÇÃO



FIM DE VIDA

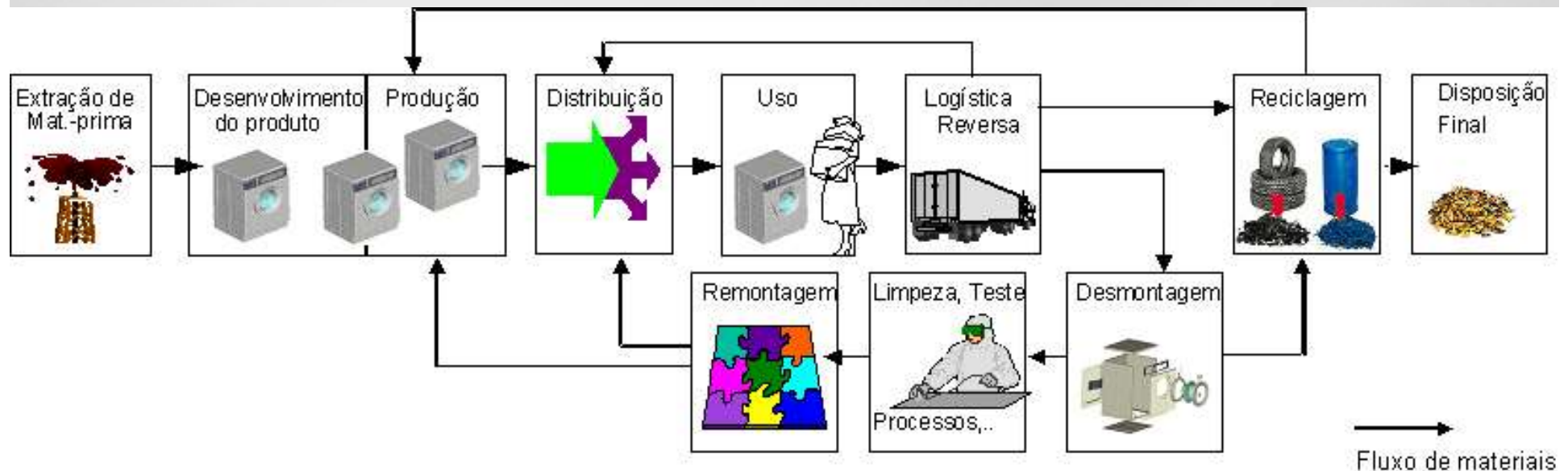


REUSO
RECICLAGEM
REMANUFATURA

LOGÍSTICA
REVERSA



Ciclo de Vida: estágios consecutivos e encadeados de um sistema de produto, desde a aquisição da matéria-prima ou de sua geração a partir de recursos naturais até a disposição final.



- **Sistema de produto:** conjunto de processos elementares, com fluxos elementares e de produtos, desempenhando uma ou mais funções definidas e que modela o ciclo de vida de um produto.

DEFINIÇÕES - ABNT

- ❖ **Processo:** conjunto de atividades interrelacionadas ou interativas que transformam entradas e saídas
- ❖ **Entrada:** fluxo de produto, material ou energia que entra em um processo elementar
- ❖ **Saída:** fluxo de produto, material ou energia que deixa um processo elementar

DEFINIÇÕES - ABNT

- ❖ **Processo elementar:** menor elemento considerado na análise de inventário do ciclo de vida para qual os dados de entrada e saída são quantificados
- ❖ **Fluxo elementar:** material ou energia retirado do meio ambiente e que entra no sistema em estudo sem sofrer transformação prévia por interferência humana, ou material ou energia que é liberado no meio ambiente pelo sistema em estudo sem sofrer transformação subsequente por interferência humana

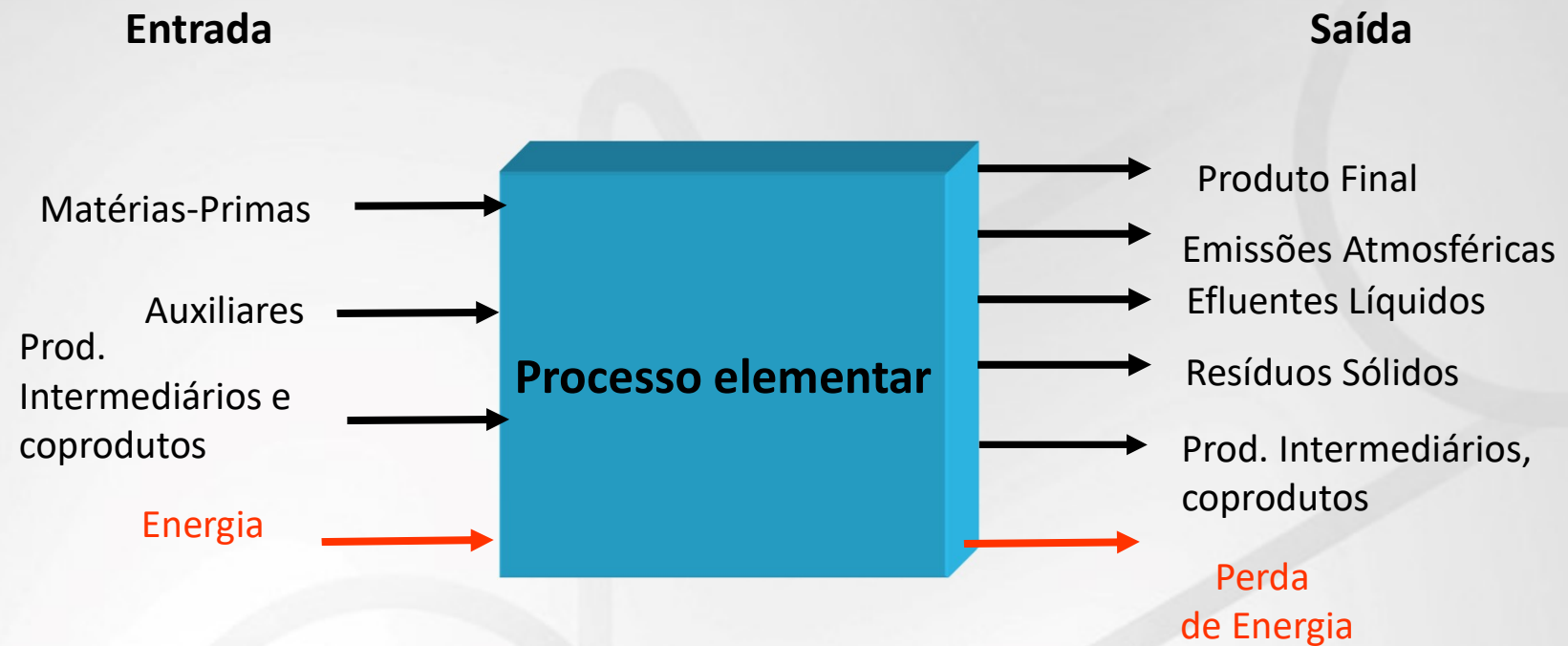
DEFINIÇÕES - ABNT

- ❖ **Fluxo intermediário:** fluxo de produto, material ou energia que ocorre entre processos elementares do sistema de produto em estudo
- ❖ **Produto intermediário:** saída de um processo elementar que se constitui em entrada para um outro processo elementar e que requer transformação adicional dentro do sistema de produto
- ❖ **Fluxo de produto:** entrada ou saída de produtos provenientes de ou com destino a um outro sistema de produto

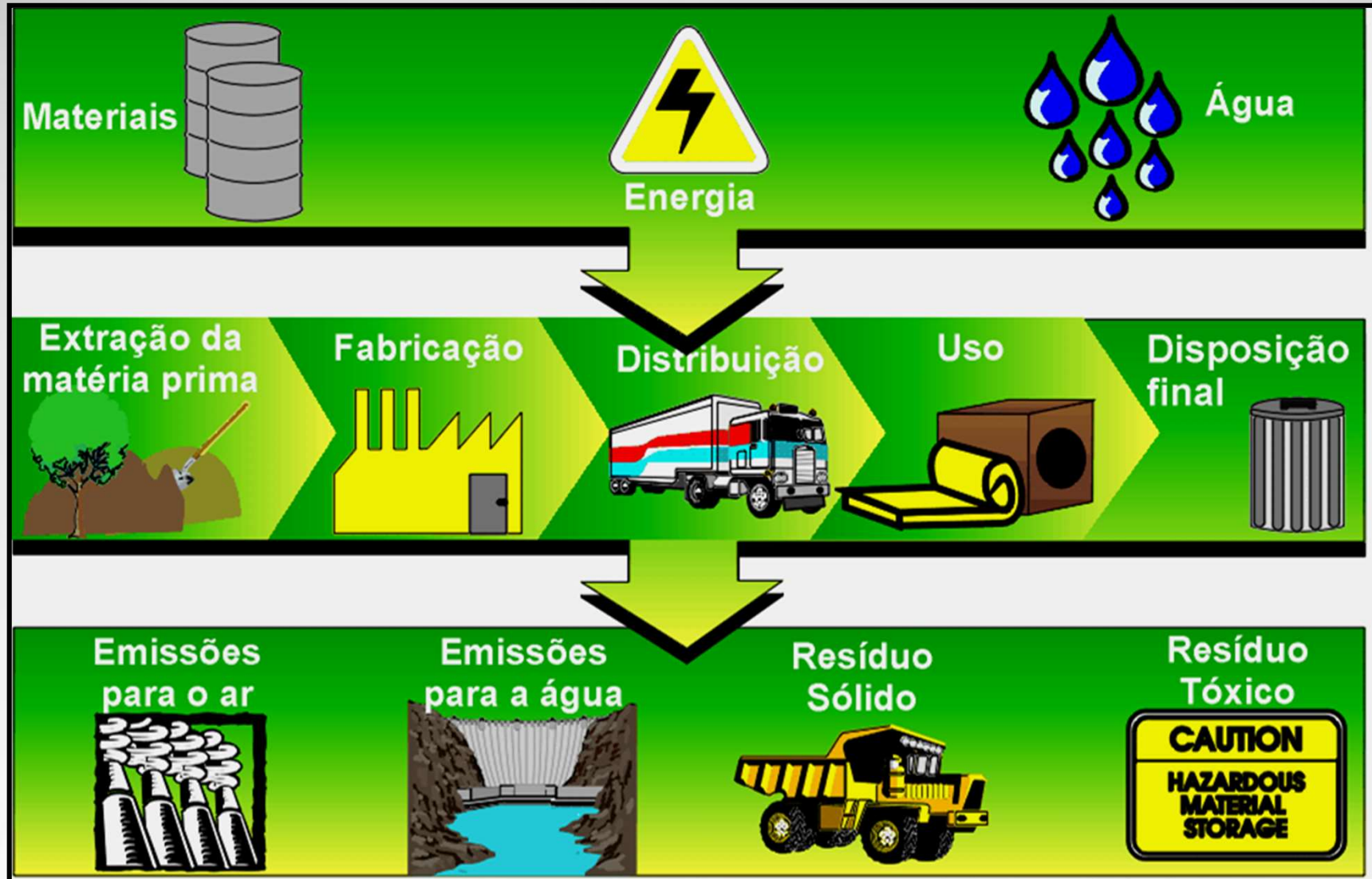
ACV: Definição (ABNT)

- ❖ **Avaliação do Ciclo de Vida:** é uma técnica para a compilação e a avaliação das entradas, das saídas e dos impactos ambientais potenciais de um sistema de produto ao longo de seu ciclo de vida.

Processo elementar



Avaliação do Ciclo de Vida



+ Impactos Ambientais Potenciais

ACV: Histórico

❖ Crise do Petróleo: Década de 70

Racionalização do consumo de fontes energéticas e melhor utilização de recursos naturais.

❖ Coca-Cola: 1969

MRI (*Midwest Research Institute*) para estimar os efeitos ambientais do uso de dois diferentes tipos de embalagens para refrigerantes.

❖ EPA (*Environmental Protection Agency*): 1974

O primeiro modelo do que conhecemos hoje como “Análise de Ciclo de Vida” (CHEHEBE, 1998).

ACV: Histórico

- ❖ **Ecobalance (Europa – 1985):** Área alimentar: monitoramento do consumo de matérias-primas e energia, geração de resíduos no processo.
- ❖ **Guerra das ACVs:** A validade da metodologia é questionada: produtos ou serviços analisados em modelos diferentes, obtendo resultados e interpretações distintas.
 - SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry): necessidade de padronizar e sistematizar os critérios e termos da ACV.
- ❖ **ISO (*International Organization for Standardization*)**
 - **1993:** Criou um comitê técnico (ISO TC 207) para elaborar normas de SGA e suas ferramentas, cujo trabalho resultou na série de normas ISO 14000, que inclui as normas de ACV (subsérie ISO 14040).

Aplicação da ACV

- Identificação de oportunidades para a melhoria do desempenho ambiental de produtos em diversos pontos de seus ciclos de vida;
- ❖ Melhoria do nível de informação dos tomadores de decisão na indústria e nas organizações governamentais ou não-governamentais
 - ❖ Planejamento estratégico, Definição de prioridades
 - ❖ Projeto ou reprojeto de produtos ou processos
- ❖ *Seleção de Indicadores de desempenho ambiental, com técnicas de medição*
- ❖ *Marketing do produto*

Tomada de Decisão



Importância da ACV

- ❖ Técnica para verificar a carga ambiental de produtos
 - Avalia a contribuição que o ciclo de vida do produto gera a diferentes categorias de impactos ambientais
- ❖ Auxílio de tomada de decisões
- ❖ *Diagnóstico das entradas, saídas e impactos ambientais potenciais do ciclo de vida do produto*
- ❖ Compara diferentes alternativas a partir de uma avaliação metodológica e completa dos seus respectivos impactos

ACV: setores e limitações

- ❖ A que setores destina-se a ACV?
 - Organizações Não-governamentais
 - Governos
 - **INDÚSTRIA**: o propósito varia de acordo com o grau de consciência ambiental e visão estratégica

- ❖ Limitações:
 - Possível subjetividade na definição do objetivo e escopo;
 - As limitações dos métodos usados no ICV e AICV;
 - A falta de exatidão provocada nos casos de limitação de acesso ou disponibilidade de dados, ou sua qualidade;
 - Contempla apenas impactos ambientais potenciais, não sendo parte da sua estrutura considerações sobre aspectos econômicos e sociais e nem dos impactos reais

Situação da ACV

- ❖ Contexto mundial: utilizada em diferentes escalas
 - Países com forte tradição (ex: Holanda, Dinamarca, Suíça, Suécia)
 - Países com uso crescente (ex: EUA, Europa Ocidental, Japão)
 - Países em desenvolvimento: estágio inicial

- ❖ Brasil - enfrenta dificuldades básicas:
 - Ausência de banco de dados;
 - Falta de recursos humanos;
 - Limitado número de pesquisas

Panorama e Perspectivas

❖ *Integrated Product Policy (IPP)* – UE, 2003

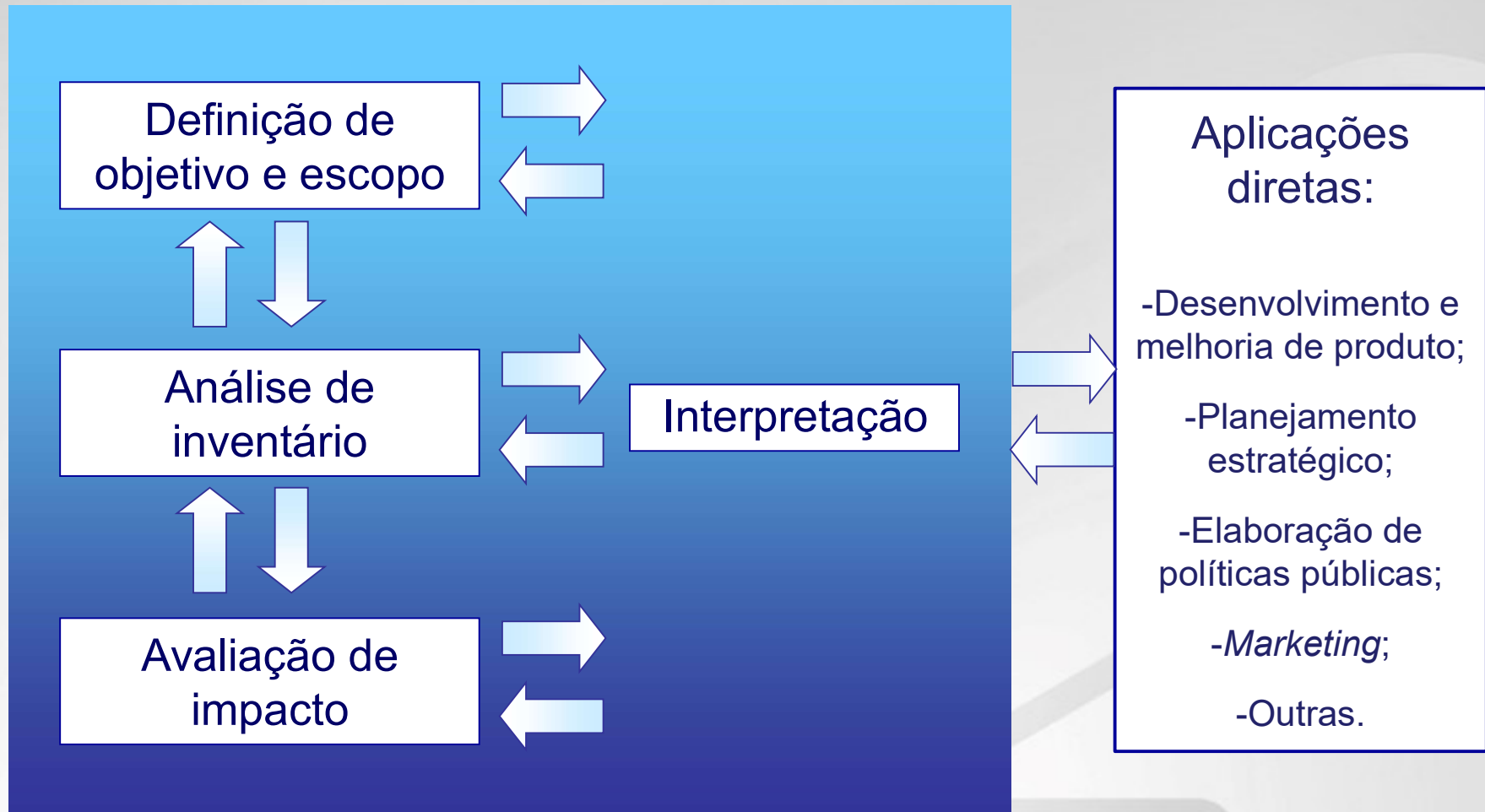
- Compras públicas privilegiam produtos ambientalmente mais adequados
- Informações sobre rotulagem ambiental
- Imposto aos produtos de acordo com o impacto ambiental causado – internalizar algumas externalidades associadas ao ciclo de vida do produto
- Subsídio a indústrias
- Investimento público em métodos, ferramentas e base de dados para a ACV e DfE

❖ Pesquisa com 767 grandes empresas no Brasil:

- 17% utilizam ACV em produtos e serviços;
- 80% exigem comprovação de gestão ambiental de fornecedores
- 96,6% têm programas de gestão p/ melhorar metas ambientais



Estrutura Metodológica



Fonte: ABNT

7 Princípios da ACV

- ❖ Iterativa
- ❖ Ambiental
- ❖ Transparência
- ❖ Fundamentação científica
- ❖ Completeza
- ❖ Abordagem relativa à função
- ❖ Sistêmica a partir do ciclo de vida

Características de um estudo de ACV

- Abordagem sistemática e adequada com relação aos aspectos ambientais de sistemas de produto, desde a aquisição de matéria-prima até a disposição final;
- Possibilidade de variação do detalhe e do período de tempo de um estudo da ACV, dependendo da definição do objetivo e do escopo;
- Transparência quanto ao escopo, suposições, descrição da qualidade dos dados, dos métodos e apresentação dos resultados;
- Confidencialidade e propriedade;
- Requisitos específicos para comparações públicas

Características de uma ACV

- Possibilidade de inclusão de novas descobertas científicas e melhoria no estado da arte da tecnologia;
- Indicador por categoria de impacto potencial. Inexistência de base científica para reduzir resultados da ACV a um único número ou pontuação globais;
- Inexistência de um único método para conduzir estudos da ACV, mas o método escolhido deve seguir as normas ISO 14040 e 14044
- Relativa a unidade funcional e ao escopo
- Impactos ambientais potenciais.
- Iterativa e limitações nas interpretações

Fases da ACV

Definição de objetivo e escopo

- Propósito
- Escopo (limites)
- Unidade Funcional
- Definição dos requisitos de qualidade

Análise de Inventário

- Entrada / Saída
- Coleta dos dados
- Tratamento
- Validação

Avaliação do Impacto

- Seleção
- Classificação
- Caracterização

Interpretação

- Identificação dos problemas
- Recomendações
- Análise de sensibilidade
- Conclusões

1ª Fase: Definição de Objetivo e Escopo

PRINCIPAIS ELEMENTOS:

- ❖ **Função do sistema:** finalidade para a qual o produto estudado se destina – sua característica de desempenho.
- ❖ **Unidade funcional:** medida do desempenho das saídas funcionais do produto que será utilizada no estudo.
 - Define a quantificação da função identificada, fornecendo uma referência com a qual os dados de entrada e de saída são relacionados e padronizados (num sentido matemático).
 - Portanto, ela deve ser claramente definida e mensurável a fim de assegurar a comparabilidade de resultados da ACV.

1ª Fase: Definição de Objetivo e Escopo

PRINCIPAIS ELEMENTOS:

- ❖ **Fluxo de referência:** quantidade do produto que é necessária para realizar a função expressa pela unidade funcional.
- ❖ **Processo elementar:** é a menor parte de um sistema de produto para a qual os dados são coletados visando à realização de uma ACV.
 - Este é o volume de controle de cada atividade do ciclo, necessitando ser caracterizado, principalmente pelas entradas e pelas saídas.
- ❖ **Fluxo elementar:** matéria ou energia que entra ou deixa o sistema de produto sem, respectivamente, prévia ou posterior transformação humana. Entradas e saídas.

1ª Fase: Definição de Objetivo e Escopo

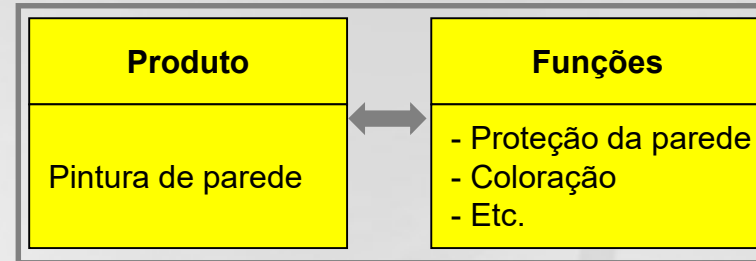
PRINCIPAIS ELEMENTOS:

- ❖ **Fronteiras do sistema inicial:** define quais processos elementares serão incluídos no sistema a ser modelado. O ideal seria que o sistema de produto fosse modelado de tal forma que as entradas e as saídas fossem fluxos elementares; contudo, em muitos casos, dados, tempo ou recursos impedem essa abrangência.
- Deve estar de acordo com os objetivos do estudo, com a aplicação pretendida, com as considerações realizadas, com a disponibilidade de dados e com o critério de corte (massa, energia e relevância ambiental).

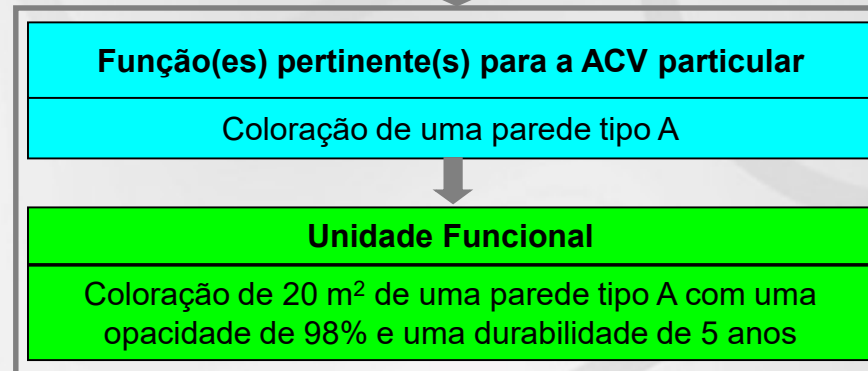
Unidade Funcional

Comparação de pinturas (fonte: ISO/TR 14049)

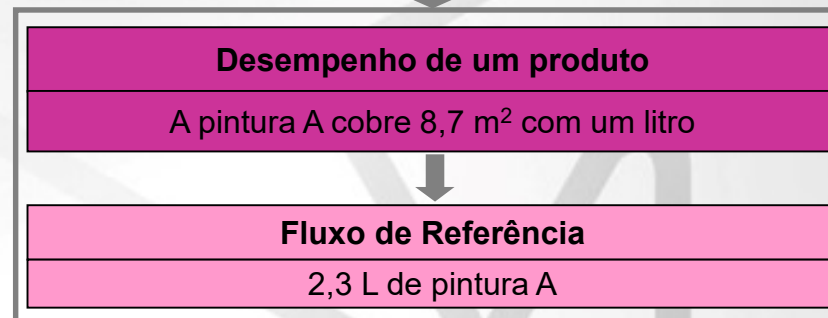
Identificação das funções



Seleção das funções e definição da unidade funcional



Identificação do desempenho do produto e determinação do fluxo de referência



Exemplo



ACV de camisetas de algodão

Estudo comparativo de duas camisetas e otimização do processo de tintura

http://www.leeds.ac.uk/autex/v1n1/2264_99.pdf

Exemplo

❖ Objetivo do estudo:

Comparar os impactos ambientais de duas camisetas em algodão de qualidades diferentes:

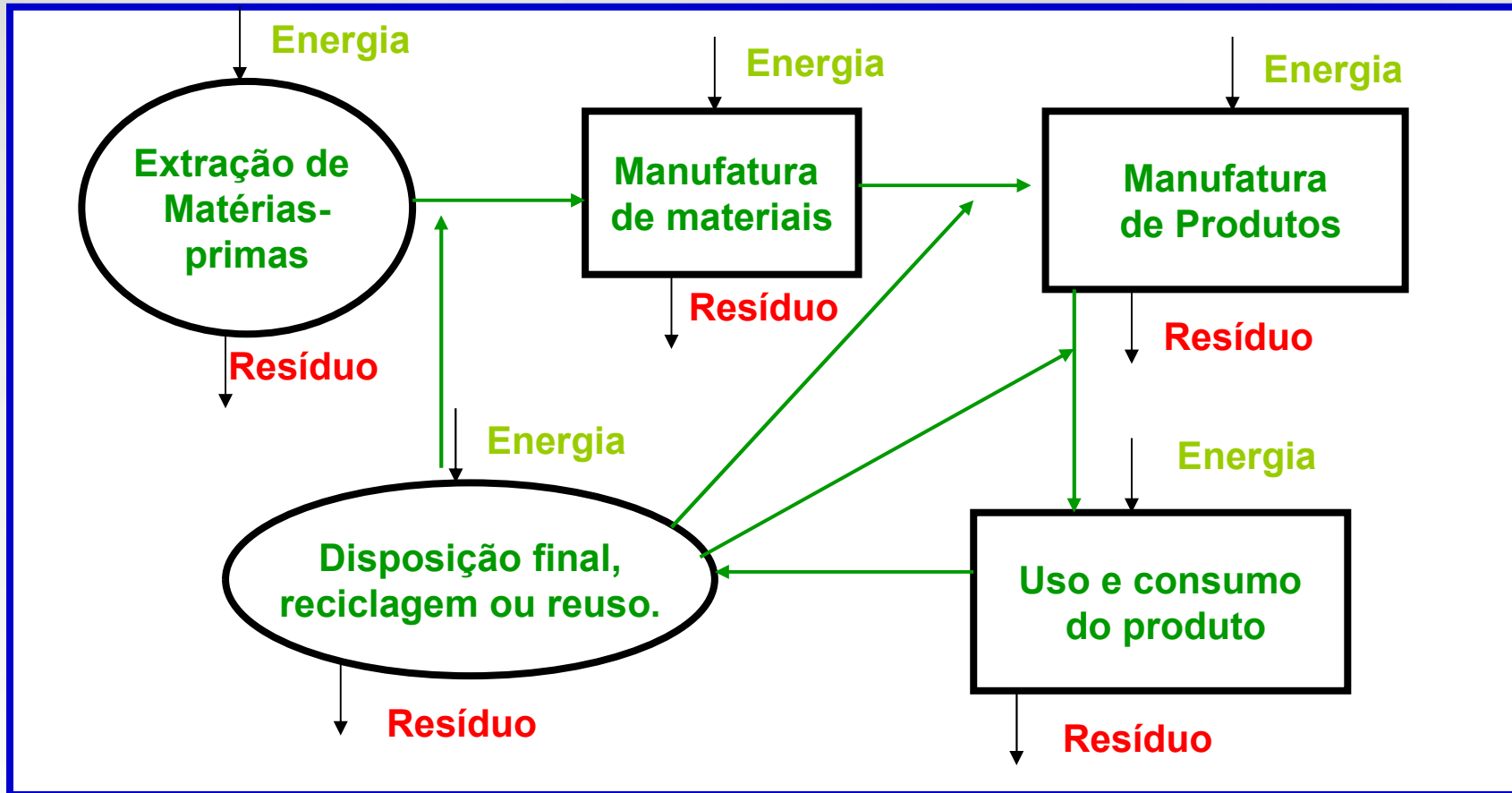
- A = pode sofrer 5 lavagens
- B = pode sofrer 75 lavagens



❖ Unidade funcional/fluxo de referência:

- Número de camisetas necessárias por um consumidor durante 1 ano, ou seja, 75 lavagens e 45 secagens
- 15 camisetas de A
- 1 camiseta de B

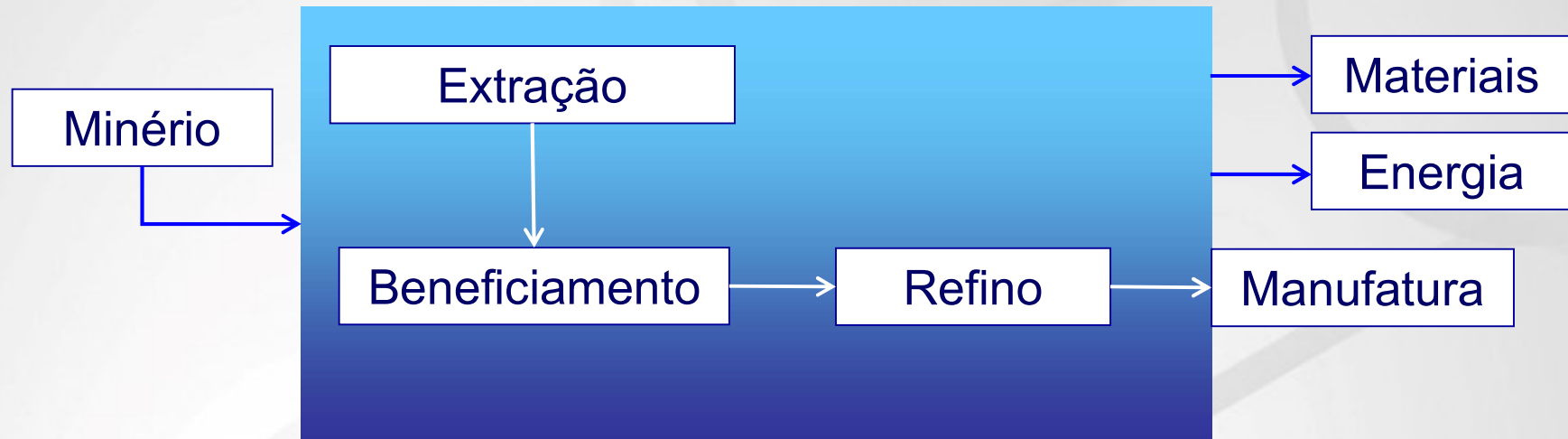
Modelagem do Sistema de Produto - Fluxograma do Ciclo de Vida do Produto



Extração de Matérias-Primas

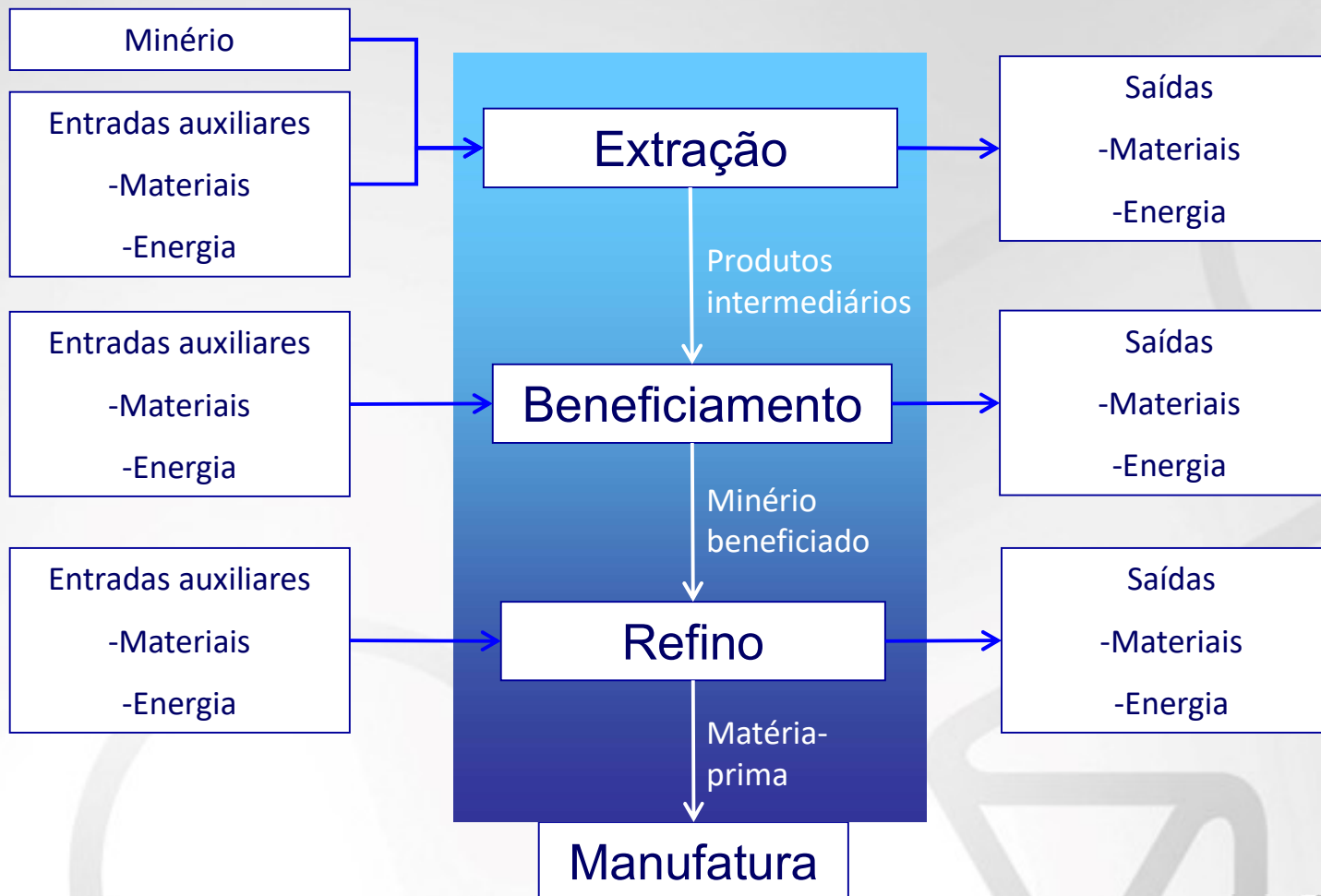
Mineração

Fluxos Elementares
(sem transformações humanas)

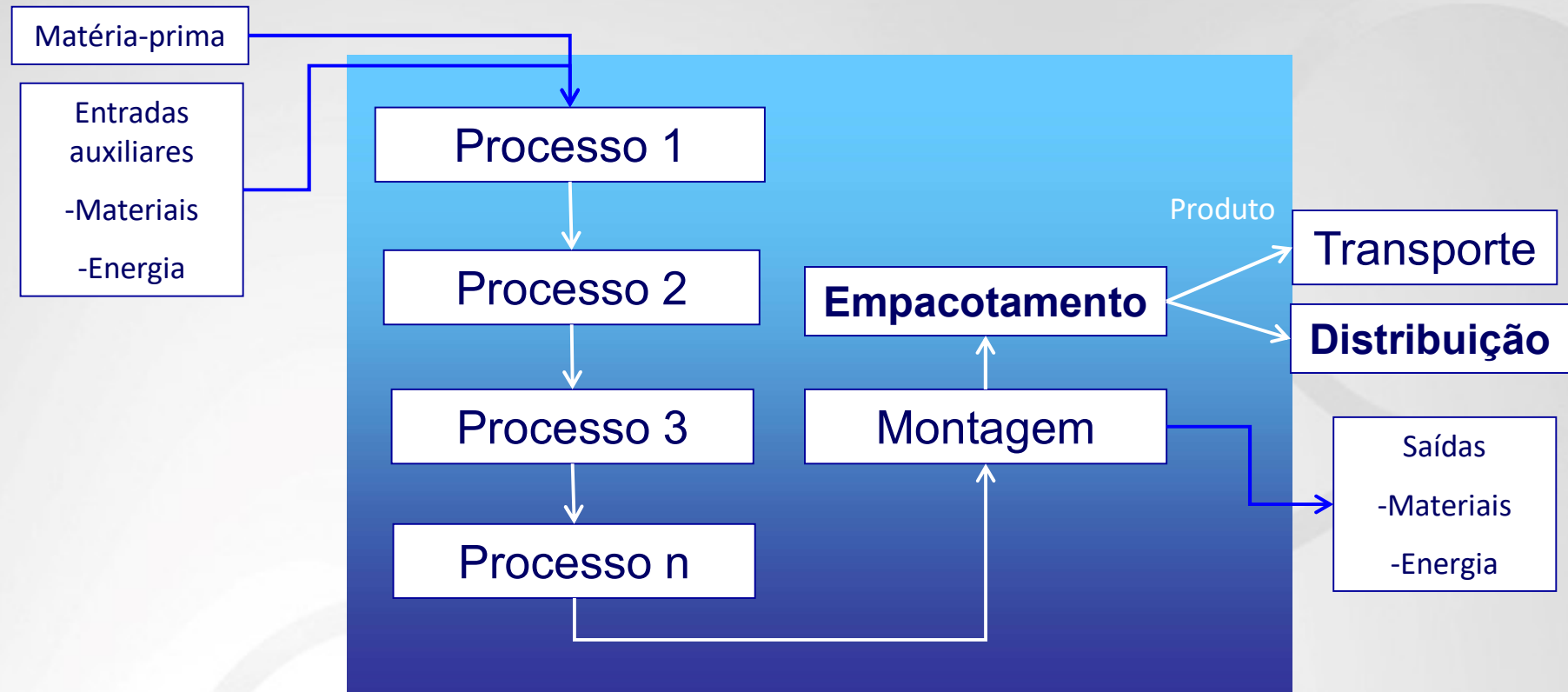


Extração de Matérias-Primas

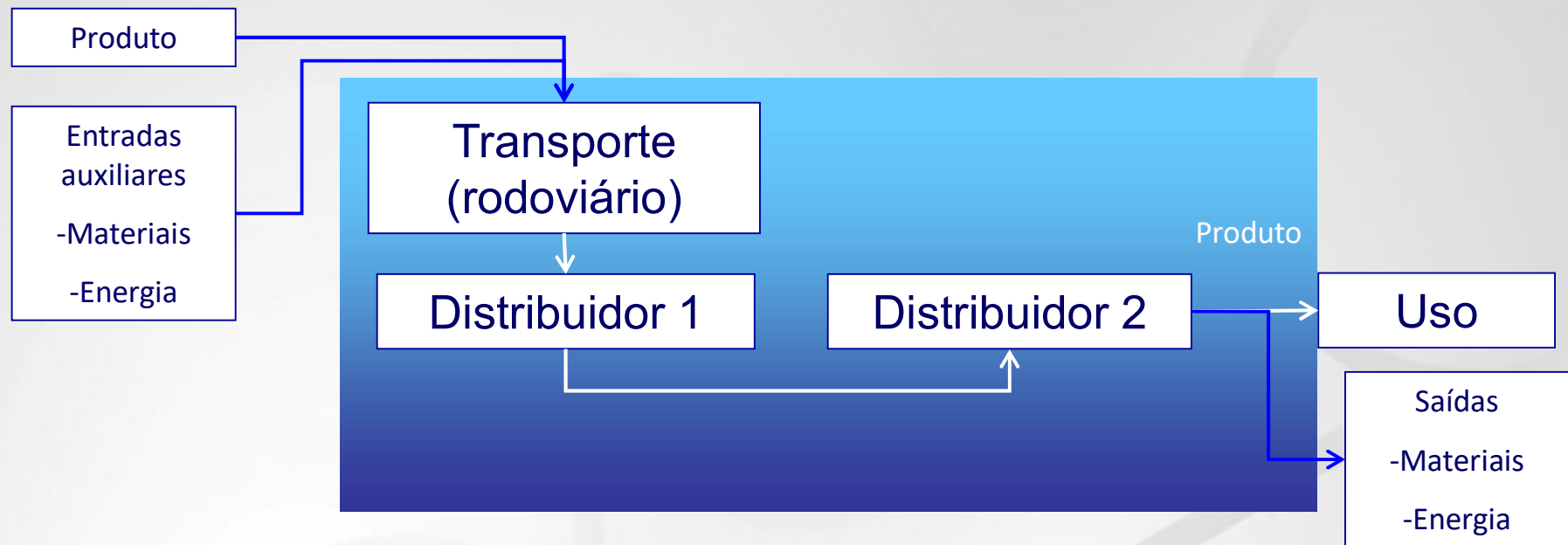
Processos Elementares



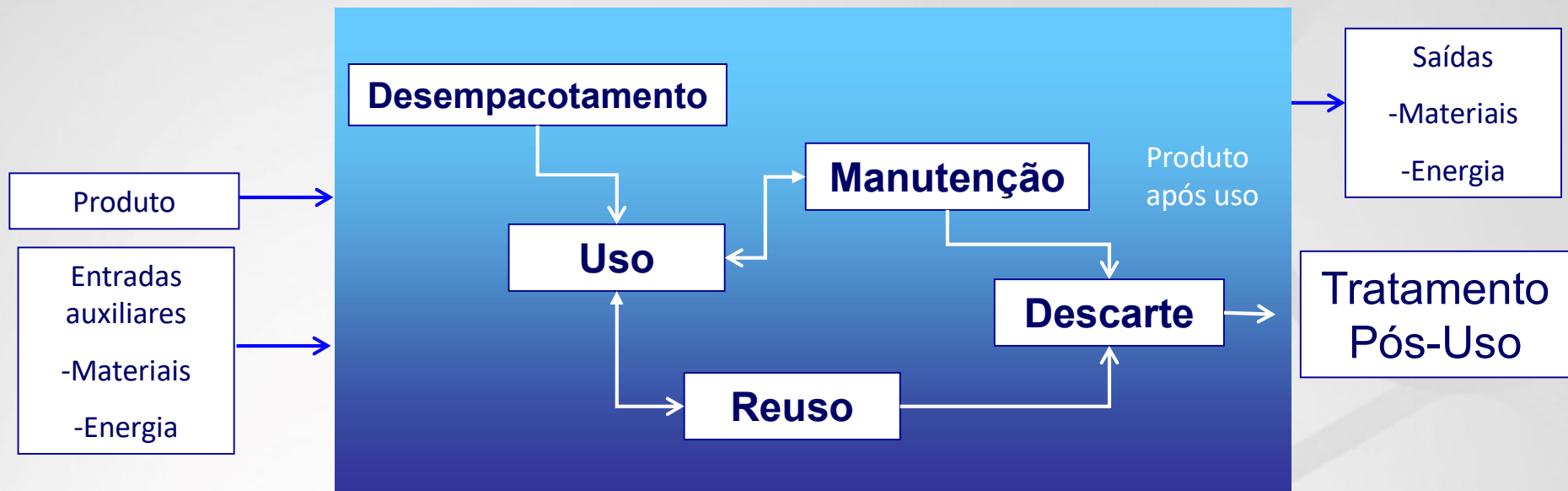
Manufatura



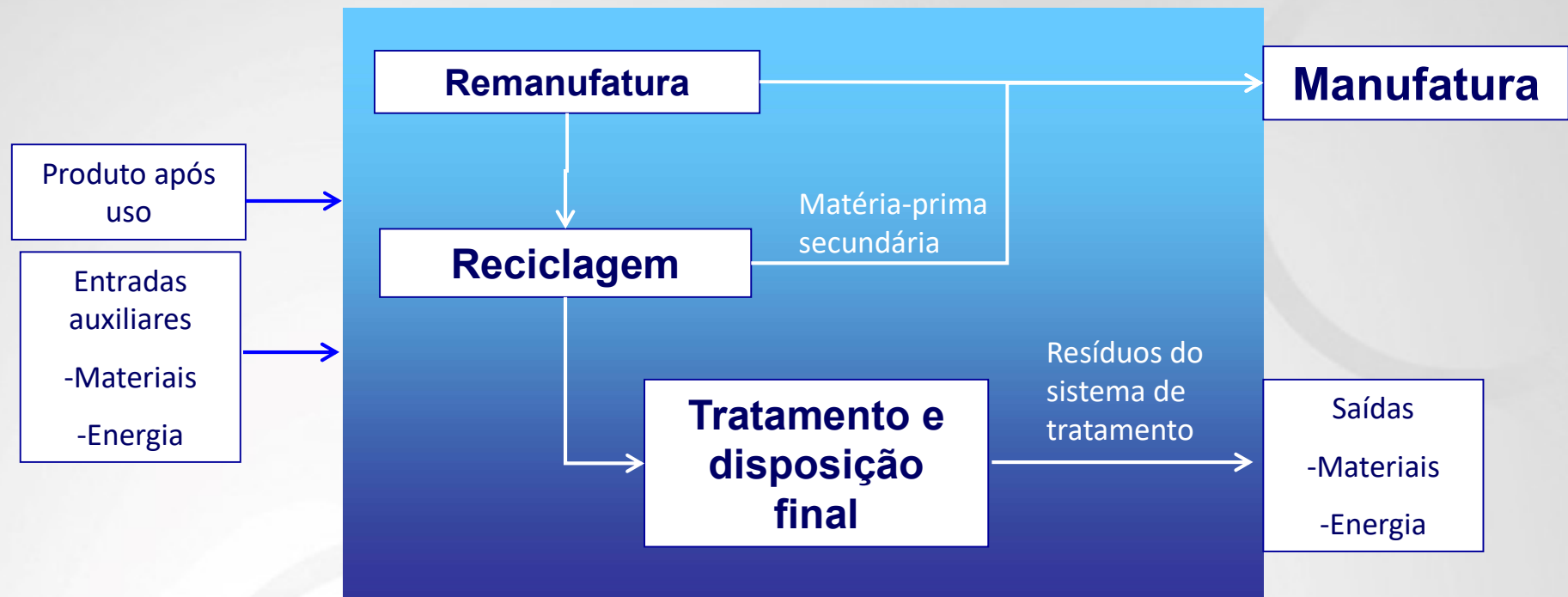
Transporte e Distribuição



Uso, Reuso e Manutenção



Tratamento Pós-Uso





Engenharia de
Produção

ANÁLISE DE INVENTÁRIO

Envolve a coleta de dados e os procedimentos de cálculo para quantificar as entradas e saídas do sistema, incluindo: **massa, energia, emissões atmosféricas, efluentes líquidos, resíduos sólidos e outros aspectos ambientais.**





ANÁLISE DE INVENTÁRIO

ETAPAS

- Coleta (fluxogramas, unidades de processo, unidades de medidas)
- Alocação (tabelas, planilhas)
- Validação das informações (modelos computacionais, balanço de massa e energia)



Avaliação do Impacto (AICV)

- Aspecto → Impacto Potencial

**Elementos
obrigatórios**

Seleção das categorias de impacto, indicadores de
categorias, modelos de caracterização

Classificação

Caracterização

Perfil da AICV

(Indicadores de categorias)

**Elementos
opcionais**

Normalização

Agrupamento

Ponderação

Análise da qualidade de dados

Avaliação do Impacto (AICV)

SELEÇÃO DAS CATEGORIAS: consiste na determinação das categorias de impacto, indicadores de categoria e modelos de caracterização que devem ser adotados. A escolha baseia-se nos objetivos e escopo da pesquisa. As categorias de impacto selecionadas devem refletir o perfil ambiental do sistema de produto em estudo. Exemplos:

- Escassez de energia
- Consumo de recursos naturais
- Aquecimento global
- Formação de Ozônio
- Acidificação
- Toxicidade humana
- Ecotoxicidade
- Eutrofização
- Destruição da camada de ozônio

Avaliação do Impacto (AICV)

CLASSIFICAÇÃO: refere-se à correlação das cargas ambientais do inventário com as diferentes categorias de impacto selecionadas. Os resultados do ICV podem ser relacionados a uma ou mais categorias. No entanto, atenção deve ser dada para evitar a dupla contagem de cargas ambientais. Exemplos:

- Aquecimento global: emissão de CO_2 e outros gases de efeito estufa como CH_4 , CO , N_2O , aerossóis.
- Acidificação: resultante da emissão de óxidos de nitrogênio e enxofre com acidificação do solo e água, ex: SO_2 , NO_2 .
- Toxicidade humana: exposição a substâncias tóxicas diversas na água, solo e ar, ex: toxicidade água potável, ar cidades, etc.
- Ecotoxicidade: quantidade de produtos tóxicos emitidos na natureza.
- Eutrofização: quantidade de nutrientes lançados na água.
- Destruição da camada de ozônio: emissão de gases CFC.

Avaliação do Impacto (AICV)

CARACTERIZAÇÃO: envolve a agregação das cargas ambientais dentro de cada categoria de impacto e sua conversão para unidades comuns (indicadores de categoria), resultando em um único índice numérico por categoria. Este passo é realizado mediante ao uso de fatores de caracterização (ou equivalência).
Exemplos:

- Exaustão de recursos não renováveis: medida em relação a oferta global do recurso.
- Potencial de aquecimento global: medida em relação a 1kg CO₂.
- Potencial de acidificação: medida em relação a 1 kg de SO₂.
- Ecotoxicidade aquática: volume de água por massa de substância.
- Potencial de eutrofização: medida em relação a 1 kg de fosfato/nitrogênio.
- Potencial de redução da camada de ozônio: medida em relação a 1 kg de CFC-11.

Métodos Simplificados

- Matrizes (MECO)
- Listas de impactos
- Redes de impactos



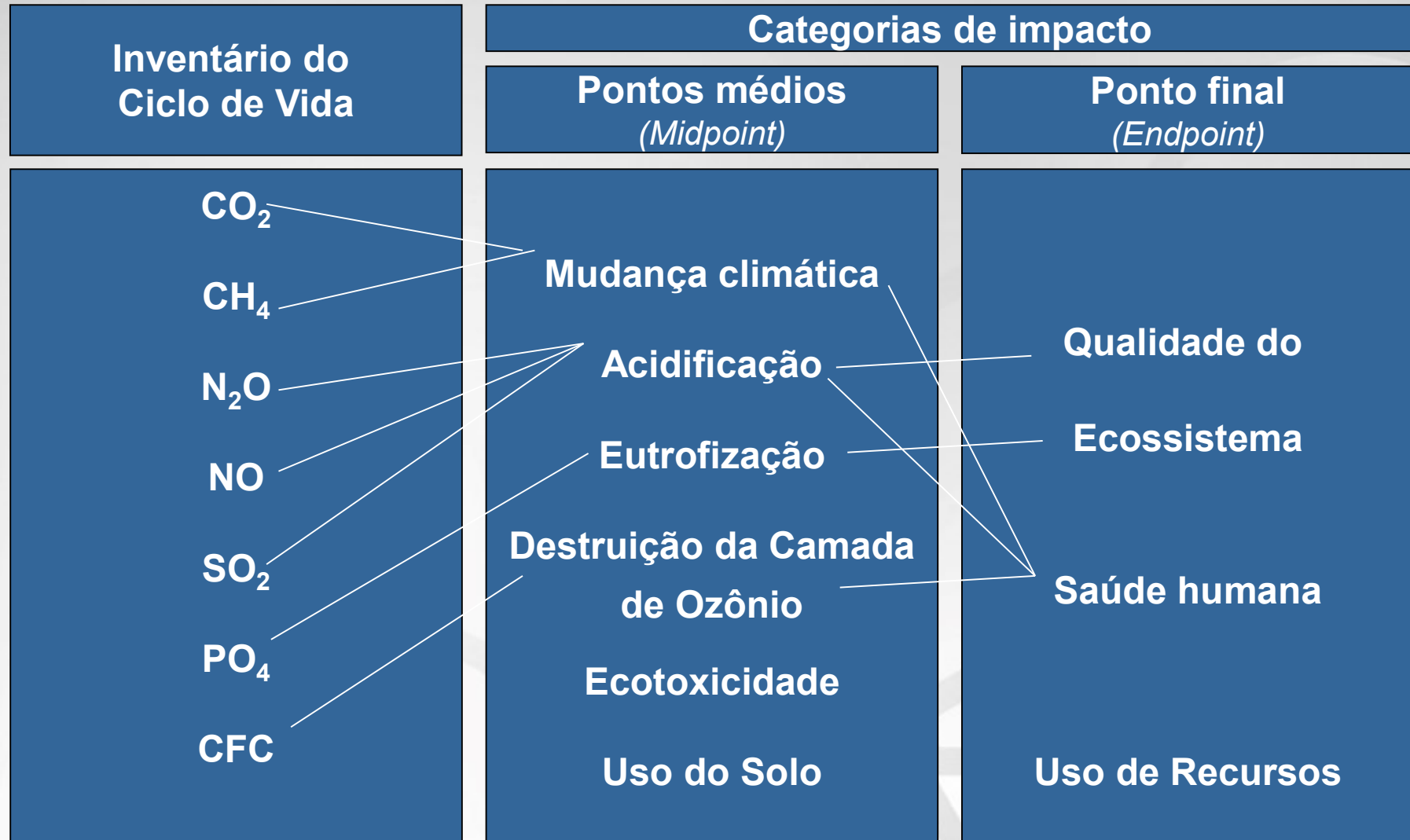
Environmental System			Life Cycle Fuel Ethanol Activities										
Environmental Sub-system	Environmental Component	Environmental Factor	Raw Material Extraction				Industrial		Pos Industrial				
			A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	B
Atmospheric	Atmospheric	Climate	-	-	-+		-					+	+
		Air quality	-		-+	-	-	-	-	-	-	-	+
Terrestrial	Physical	Soil Quality and Erosion	-	-	-	-	-	+		+			
		Agricultural		-	-		-						
	Biological	Vegetation	-	-	-		-						
		Fauna	-		-	-	-						
	Land Use		-	-	-		-	-					
Aquatic	Physical- Chemical- Biological	Rivers	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		Groundwater	-	-	-	-		-	-	-	-		
		Biodiversity	-	-	-	-	-	-		-	-		
Cultural - Economic - Social	Infrastructure	Transport	+			-	-				-	-	
		Water use			-		-	-					
	Demography	Habitant					-				-		
		Migration	-	-+	-	-	-						-
	Economical	Agriculture	-+	+	-+	-	-	-+		+		+	-+
		Industry	+	+		+	-	+	+	-		+	-+
		Business	+				-	+	+		+	+	
	Life quality	Education	-				-		+				
		Health	-			-	-	-	-	-	-		
		Employment	-	-		-	-	+	+	-			-
Landscape - Historical - Cultural		-	-	-		-					+		
Political - Institutional		-+		-+	-+	-	-+	+	-	-	+	-	

Avaliação do Impacto (AICV)

Categorias de Impacto

Categoria de impacto	Impactos e efeitos
Aquecimento global	Mudanças climáticas, condições extremas de tempo
Diminuição da camada de ozônio	Aumento da intensidade dos raios UV, câncer de pele, danos ao sistema imunológico
Formação fotoquímica do ozônio	Problemas respiratórios, danos a plantas, prejuízos materiais
Eutrofização	Proliferação de algas, depleção de oxigênio
Ecotoxicidade	Toxicidade aguda e crônica em ecossistemas
Toxicidade humana	Toxicidade aguda e crônica ao homem
Acidificação	Danos a vegetação, rios e lagos; prejuízos materiais
Resíduos para aterro	Poluição de águas subterrâneas, corpos hídricos, ar e solo

Correlação aspectos e impactos ambientais



Midpoint x Endpoint

Exemplo: Mudança Climática

Intervenções ambientais	Midpoints			Endpoints	Áreas de proteção
	Transporte e degradação	Impacto primário	Impacto secundário	Impacto terciário	
<p>Emissão de CO₂ → Aumento na concentração de CO₂ na atmosfera</p>	<p>Força radioativa</p>	<p>Aquec. global</p>	<p>Aumento do nível do mar</p>	<p>Morte de pessoas</p> <p>Perda de biodiversidade</p>	<p>Saúde humana</p> <p>Saúde do ecossistema</p>

Principais Métodos e Softwares

Método	Abordagem	País - ano
EDIP	<i>midpoint</i>	Dinamarca - 97 / 03
CML	<i>midpoint</i>	Holanda – 92 / 00
Eco-indicator	<i>endpoint</i>	Holanda – 95 / 99
EPS	<i>endpoint</i>	Suécia – 93 / 00
TRACI	<i>midpoint</i>	EUA – 03
LUCAS	<i>midpoint</i>	Canadá - 05
IMPACT	combinada	Suíça – 02
LIME	combinada	Japão - 03

- Softwares fazem uso de bancos de dados previamente definidos, com informações a respeito de emissões provenientes do transporte, energia, atividades industriais básicas, etc.
 - Gabi
 - SimaPro
 - Umberto
 - EMIS



Engenharos
de Produção

Método EDIP (Environmental Design of Industrial Products)

- DTU
- Confederação das indústrias dinamarquesas
- Agência de proteção ambiental dinamarquesa
- 5 indústrias dinamarquesas
- 4 anos
- Wenzel, H.; Hauschild, M.; Alting, L. (1997). Environmental Assessment of Products. Vol. 1 e 2.



4. Avaliação do Impacto

- Categorias de Impactos Potenciais
 - Impactos ambientais
 - Recursos consumidos
 - Renováveis
 - Não renováveis
 - Impactos no ambiente de trabalho
 - Acidentes
 - Mortes

Categorias de Impactos Ambientais

- Efeito estufa
- “Buraco” na camada de ozônio estratosférico
- Formação de ozônio fotoquímico
- Acidificação
- Eutrofização
- Ecotoxicidade
- Toxicidade humana

Cálculo do Potencial de Impacto (PI)

$\Sigma PI = \Sigma \text{quantidade da substância emitida} \times \text{impacto potencial da substância}$

Substância	Fórmula	Potencial para efeito estufa (gCO ₂ equiv./g subst.)		
		20 anos	100 anos	500 anos
Dióxido de carbono	CO ₂	1	1	1
Metano	CH ₄	62	25	8
Monóxido de carbono	CO	2	2	2
Óxido de Nitrogênio	N ₂ O	290	320	180

Aquecimento Global

Substance	Formula	GWP		
		20 years	100 years	500 years
Carbon dioxide	CO ₂	1	1	1
Methane	CH ₄	62	25	8
Nitrous oxide	N ₂ O	290	320	180
CFC11	CFCl ₃	5000	4000	1400
CFC12	CF ₂ Cl ₂	7900	8500	4200
CFC113	CF ₂ ClCFCl ₂	5000	5000	2300
CFC114	CF ₂ ClCF ₂ Cl	6900	9300	8300
CFC115	CF ₂ ClCF ₃	6200	9300	13000
Tetrachloromethane	CCl ₄	2000	1400	500
HCFC22	CHF ₂ Cl	4300	1700	520
HFC123	CF ₃ CHCl ₂	300	93	29
HFC124	CF ₃ CHCFCl	1500	480	150
HCFC141b	CFCl ₂ CH ₃	1800	630	200
HCFC142b	CF ₂ ClCH ₃	4200	2000	630
HCFC225ca	CF ₃ CF ₂ CHCl ₂	550	170	52
HCFC225cb	CF ₂ ClCF ₂ CHFCI	1700	530	170
1,1,1-trichloroethane	CH ₃ CCl ₃	360	110	35
Chloroform	CHCl ₃	15	5	1
Methylene chloride	CH ₂ Cl ₂	28	9	3
HFC134a	CH ₂ FCF ₃	3300	1300	420
HFC152a	CHF ₂ CH ₃	460	140	44
Halon 1301	CF ₃ Br	6200	5600	2200
Carbon monoxide *	CO	2	2	2
Hydrocarbons (NMHC) *	various	3	3	3
Partly oxidized hydrocarbons *	various	2	2	2
Partly halogenated hydrocarbons *	various	1	1	1

* Contributes indirectly due to conversion into CO₂. Only compounds of petrochemical origin.

Destruição da Camada de Ozônio Estratosférico

Substance	Formula	ODP g CFC11/g substance			
		5 years	20 years	100 years	∞
CFC11	CFCl_3	1	1	1	1
CFC12	CF_2Cl_2				0.82
CFC113	$\text{CF}_2\text{ClCFCl}_2$	0.55	0.59	0.78	0.90
CFC114	$\text{CF}_2\text{ClCF}_2\text{Cl}$				0.85
CFC115	CF_2ClCF_3				0.40
Tetrachloromethane	CCl_4	1.26	1.23	1.14	1.20
HCFC22	CHF_2Cl	0.19	0.14	0.07	0.04
HCFC123	CF_3CHCl_2				0.014
HCFC124	CF_3CHFCl				0.03
HCFC141b	CFCl_2CH_3	0.54	0.33	0.13	0.10
HCFC142b	CF_2ClCH_3	0.17	0.14	0.08	0.05
HCFC225ca	$\text{CF}_3\text{CF}_2\text{CHCl}_2$				0.02
HCFC225cb	$\text{CF}_2\text{ClCF}_2\text{CHFCl}$				0.02
1,1,1-trichloroethane	CH_3CCl_3	1.03	0.45	0.15	0.12
Methyl chloride	CH_3Cl				0.02
Halon 1301	CF_3Br	10.3	10.5	11.5	12
Halon 1211	CF_2ClBr	11.3	9.0	4.9	5.1
Methyl bromide	CH_3Br	15.3	2.3	0.69	0.64



Formação da Camada de Ozônio

Wenzel, H.; Hauschild, M.; Alting, L. (1997).
Environmental Assessment of Products. Vol. 1
e 2.

Substance	Formula	EF (po)	
		(low NO _x) g C ₂ H ₄ /g gas	(high NO _x) g C ₂ H ₄ /g gas
Alkanes		0.4±0.1	0.4±0.1
Methane	CH ₄	0.007	0.007
Ethane	C ₂ H ₆	0.1	0.1
Propane	C ₃ H ₈	0.5	0.4
n-butane	C ₄ H ₁₀	0.5	0.4
Isobutane	CH(CH ₃) ₃	0.4	0.3
n-pentane	C ₅ H ₁₂	0.3	0.4
Isopentane	CH ₂ CH(CH ₃)C ₂ H ₅	0.3	0.3
n-hexane	C ₆ H ₁₄	0.5	0.4
2-methylpentane	CH ₂ CH(CH ₃)C ₃ H ₇	0.5	0.5
3-methylpentane	C ₂ H ₅ CH(CH ₃)CH ₃	0.4	0.4
2,2-dimethylbutane	CH ₃ C(CH ₃) ₂ C ₂ H ₅	0.3	0.3
2,3-dimethylbutane	CH ₃ CH(CH ₃)CH(CH ₃)CH ₃	0.4	0.4
n-heptane	C ₇ H ₁₆	0.5	0.5
2-methylhexane	CH ₃ CH(CH ₃)C ₄ H ₁₀	0.5	0.5
3-methylhexane	C ₂ H ₅ CH(CH ₃)C ₃ H ₇	0.5	0.5
n-octane	C ₈ H ₁₈	0.5	0.5
2-methylheptane	CH ₃ CH(CH ₃)C ₅ H ₁₂	0.5	0.5
n-nonane	C ₉ H ₂₀	0.4	0.5
2-methyloctane	CH ₃ CH(CH ₃)C ₆ H ₁₄	0.5	0.5
n-decane	C ₁₀ H ₂₂	0.4	0.5
2-methylnonane	CH ₃ CH(CH ₃)C ₇ H ₁₆	0.4	0.4
n-undecane	C ₁₁ H ₂₄	0.4	0.4
n-dodecane	C ₁₂ H ₂₆	0.3	0.4
methylcyclohexane	C ₇ H ₁₄	0.5	0.6
Alkenes		0.5±0.2	0.9±0.1
Ethylene	C ₂ H ₄	1.0	1.0
Propylene	C ₃ H ₆	0.6	1.0
1-butene	CH ₂ CHC ₂ H ₅	0.5	1.0
2-butene (trans)	C ₂ H ₅ CHCH ₂	0.4	1.0
Isobutene	CH ₃ CCH ₂ CH ₂	0.6	0.6
1-pentene	CH ₂ CHC ₃ H ₇	0.4	1.1
2-pentene (trans)	C ₂ H ₅ CHCHCH ₃	0.4	0.9
2-methylbut-1-ene	CH ₂ C(CH ₃)C ₂ H ₅	0.2	0.8
2-methylbut-2-ene	CH ₃ C(CH ₃)CHCH ₃	0.5	0.8
3-methylbut-1-ene	CH ₂ CHCH(CH ₃)CH ₃	0.5	0.9
Isoprene	C ₅ H ₈	0.6	0.8
Alkynes			
Acetylene	C ₂ H ₂	0.4	0.2

Formação da Camada de Ozônio



Wenzel, H.; Hauschild, M.; Alting, L. (1997).
Environmental Assessment of Products. Vol. 1
 e 2.

Substance	Formula	EF (po)	
		(low NO _x) g C ₂ H ₄ /g gas	(high NO _x) g C ₂ H ₄ /g gas
Aromatics		0.4±0.1	0.8±0.3
Benzene	C ₆ H ₆	0.4	0.2
Toluene	(C ₆ H ₅)CH ₃	0.5	0.6
o-xylene	(C ₆ H ₄)CH ₃ ₂	0.2	0.7
m-xylene	(C ₆ H ₄)CH ₃ ₂	0.5	1.0
p-xylene	(C ₆ H ₄)CH ₃ ₂	0.5	0.9
Ethylbenzene	(C ₆ H ₅)C ₂ H ₅	0.5	0.6
1,2,3-trimethylbenzene	(C ₆ H ₃)CH ₃ ₃	0.3	1.2
1,2,4-trimethylbenzene	(C ₆ H ₃)CH ₃ ₃	0.3	1.2
1,2,5-trimethylbenzene	(C ₆ H ₃)CH ₃ ₃	0.3	1.1
o-ethyltoluene	(C ₆ H ₄)CH ₃ (C ₂ H ₅)	0.4	0.7
m-ethyltoluene	(C ₆ H ₄)CH ₃ (C ₂ H ₅)	0.4	0.8
p-ethyltoluene	(C ₆ H ₄)CH ₃ (C ₂ H ₅)	0.4	0.7
n-propylbenzene	(C ₆ H ₅)C ₃ H ₇	0.5	0.5
Isopropylbenzene	(C ₆ H ₅)CH(CH ₃) ₂	0.5	0.6
Aldehydes		0.3±0.2	0.5±0.4
Formaldehyde	HCHO	0.3	0.4
Acetaldehyde	CH ₃ CHO	0.2	0.5
Propionaldehyde	C ₂ H ₅ CHO	0.2	0.6
Butyraldehyde	C ₃ H ₇ CHO	0.2	0.6
Isobutyraldehyde	CH(CH ₃) ₂ CHO	0.3	0.6
Valeraldehyde	C ₄ H ₉ CHO	0.3	0.7
Acrolein	(CH ₂ CHCHO)	0.8	0.8
Ketones		0.2±0.1	0.4±0.2
Acetone	(CH ₃) ₂ CO	0.1	0.2
Methyl ethyl ketone	CH ₃ COC ₂ H ₅	0.2	0.4
Methyl isobutyl ketone	CH ₃ COC(CH ₃) ₃	0.3	0.6
Alcohols		0.2±0.02	0.3±0.1
Methanol	CH ₃ OH	0.2	0.1
Ethanol	C ₂ H ₅ OH	0.2	0.3
Isopropanol	CH ₃ CHOHCH ₃	0.2	0.2
Butanol	C ₄ H ₉ OH	0.2	0.4
Isobutanol	COH(CH ₃) ₃	0.3	0.3
Butan-2-diol	CH ₃ C(OH) ₂ C ₂ H ₅	0.3	0.3
Ethers		0.4±0.1	0.4±0.2
Dimethyl ether	CH ₃ OCH ₃	0.3	0.3
Propylene glycol methyl ether	CH ₃ CHOCH ₂ OCH ₃	0.5	0.5
Esters		0.2±0.1	0.2±0.1
Methyl acetate	CH ₃ COOCH ₃	0.1	0.03
Ethyl acetate	CH ₃ COOC ₂ H ₅	0.3	0.2
Isopropyl acetate	CH ₃ COOCH(CH ₃) ₂	0.2	0.2
n-Butyl acetate	CH ₃ COOC ₄ H ₉	0.3	0.3
Isobutyl acetate	CH ₃ COOC(CH ₃) ₃	0.4	0.3
Propylene glycol methyl ether acetate	CH ₃ CHOCH ₂ CH ₂ OOCCH ₃	0.2	0.1
Chloro-alkanes		0.01±0.01	0.004±0.004
Dichloromethane	CH ₂ Cl ₂	0.02	0.01
Chloroform	CHCl ₃	0.004	0.003
Methyl chloroform	CH ₃ CCl ₃	0.002	0.001
Chloro-alkanes		0.2±0.3	0.3±0.4
Trichloroethylene	C ₂ H ₃ Cl ₃	0.1	0.1
Tetrachloroethylene	C ₂ H ₂ Cl ₄	0.01	0.01
Allyl chloride	CH ₂ CHCH ₂ Cl	0.5	0.7
Inorganic compounds			
Carbon monoxide	CO	0.04	0.03

Formação da Camada de Ozônio

VOC source	EF (po)	
	(low NO _x) g C ₂ H ₄ /g VOC	(high NO _x) g C ₂ H ₄ /g VOC
Petrol powered car, exhaust	0.5	0.6
Petrol powered car, vapour	0.4	0.5
Diesel powered car, exhaust	0.5	0.6
Power plants	0.4	0.5
Combustion of wood or twigs	0.6	0.6
Food industry	0.4	0.4
Surface coating	0.5	0.5
Chemical cleaning of clothes	0.3	0.3
Refining and distribution of oil	0.4	0.5
Natural gas leakage	0.02	0.02
Coal mining	0.007	0.007
Farming	0.4	0.4
Controlled landfilling of household waste	0.007	0.007

Acidificação

Substance	Formula	EF (ac) g SO ₂ -eq/g substance
Sulphur dioxide	SO ₂	1
Sulphur trioxide	SO ₃	0.80
Nitrogen dioxide	NO ₂	0.70
Nitrogen oxides	NO _x *	0.70
Nitric oxide	NO	1.07
Hydrochloric acid	HCl	0.88
Nitric acid	HNO ₃	0.51
Sulphuric acid	H ₂ SO ₄	0.65
Phosphoric acid	H ₃ PO ₄	0.98
Hydrofluoric acid	HF	1.60
Hydrogen sulphide	H ₂ S	1.88
Ammonia	NH ₃	1.88

* For NO_x the x is regarded as 2.

Eutrofização

Substance	Formula	EF (N) g N/g subst.	EF (P) g P/g subst.	EF (ne) g NO ₃ ⁻ /g subst.
N-compounds				
Nitrate	NO ₃ ⁻	0.23	0	1
Nitrogen dioxide	NO ₂	0.30	0	1.35
Nitrite	NO ₂ ⁻	0.30	0	1.35
Nitrogen oxides	NO _x *	0.30	0	1.35
Nitrous oxide	N ₂ O	0.64	0	2.82
Nitric oxide	NO	0.47	0	2.07
Ammonia	NH ₃	0.82	0	3.64
Cyanide	CN ⁻	0.54	0	2.38
Total-N	N	1	0	4.43
P-compounds				
Phosphate	PO ₄ ³⁻	0	0.33	10.45
Pyrophosphate	P ₂ O ₇ ²⁻	0	0.35	11.41
Total P	P	0	1	32.03
* For NO _x the x is regarded as 2.				

Ecotoxicidade

Substance	CAS no.	Emissions to air		Emissions to water			Emissions to soil		Emissions to WWTP
		EF(etwc) m ³ /g	EF(etsc) m ³ /g	EF(etwc) m ³ /g	EF(etwa) m ³ /g	EF(etsc) m ³ /g	EF(etwc) m ³ /g	EF(etsc) m ³ /g	EF(etp) m ³ /g
1,2-Propylene oxide	75-56-9	1.2	11	5.9	0.59	0	0	14	0.03
1,2-Dichlorobenzene	95-50-1	10	0.49	10	10	0.49	10	0.49	500
1,2-Dichloroethane	107-06-2	20	61	100	10	0	0	77	500
1-Butanol	71-36-3	0.01	0.09	0.07	0.04	0	0	0.11	0.08
2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-dioxin	1746-01-6	5.6·10 ⁸	1.2·10 ⁴	2.8·10 ⁹	2.8·10 ⁸	0	0	1.5·10 ⁴	1.4·10 ⁸
2,4-Dinitrotoluene	121-14-2	150	190	770	77	0	0	240	3.8·10 ³
2-Chlorotoluene	95-49-8	200	10	200	100	10	200	10	5.0·10 ³
2-Ethyl hexanol	104-76-7	0	0	2.7	1.3	0	0	0.16	67
2-Propanol	67-63-0	0.05	0.46	0.25	0.13	0	0	0.58	0.05
3-Chlorotoluene	108-41-8	200	14	200	100	14	200	14	5.0·10 ³
4-Chlorotoluene	106-43-4	200	12	200	100	12	200	12	5.0·10 ³
Acetic acid	64-19-7	0.08	0.79	0.4	0.2	0	0	0.99	0.02
Acetone	67-64-1	4.0·10 ³	3.8·10 ⁴	2.0·10 ⁴	10	0	0	4.7·10 ⁴	5.0·10 ⁵
Anionic detergent (worst case)	Not available	4.0	33	20	10	0	0	41	50
Anthracene	120-12-7	0	0	5.0·10 ⁴	1.0·10 ⁴	0	0	59	5.0·10 ⁵
Arsenic	7440-38-2	380	0.27	1.9·10 ³	190	0	0	0.33	2.5
Atrazine	1912-24-9	0	0	6.7·10 ³	670	0	0	530	3.3·10 ⁴
Benzene	71-43-2	4.0	3.6	4.0	10	3.6	4.0	3.6	500
Benzotriazole	95-14-7	4.0	13	20	2.0	0	0	16	1.0
Biphenyl	92-52-4	200	2.8	1.0·10 ³	100	0	0	3.5	5.0·10 ³
Cadmium	7440-46-9	2.4·10 ⁴	1.8	1.2·10 ⁵	1.2·10 ⁴	0	0	2.2	1.5·10 ⁴
Chlorobenzene	108-90-7	200	38	200	100	38	200	38	5.0·10 ³
Chloroform	67-66-3	20	25	20	10	25	20	25	500
Chromium (VI)	7440-47-3	130	0.01	670	67	0	0	0.01	1.0

Ecotoxicidade

Substance	CAS no.	Emissions to air		Emissions to water			Emissions to soil		Emissions to WWTP
		EF(etwc) m ³ /g	EF(etsc) m ³ /g	EF(etwc) m ³ /g	EF(etwa) m ³ /g	EF(etsc) m ³ /g	EF(etwc) m ³ /g	EF(etsc) m ³ /g	EF(etp) m ³ /g
Cobalt	7440-48-4	400	9.1	2.0·10 ³	200	0	0	11	120
Copper	7440-50-8	2.5·10 ³	0.02	1.3·10 ⁴	1.3·10 ³	0	0	0.02	2.5·10 ⁴
Dibutyltinoxide	818-08-6	2.0·10 ⁴	530	1.0·10 ⁵	1.0·10 ⁴	0	0	670	670
Diethanolamine	111-42-2	0	0	0.91	0.45	0	0	2.2	0.005
Diethylaminoethanol	100-37-8	0	0	13	1.3	0	0	29	0.003
Diethylene glycol	111-46-6	0	0	0.03	0.02	0	0	0.07	0.006
Diethylene glycol mono-n-butyl ether	112-34-5	0	0	0.2	0.2	0	0	0.4	0.20
Ethanol	64-17-5	0.001	0.01	0.005	0.002	0	0	0.01	0.0004
Ethyl acetate	141-78-6	0.08	0.59	0.41	0.21	0	0	0.73	0.52
Ethylene glycol	107-21-1	0.001	0.01	0.005	0.002	0	0	0.01	0.001
Ethylenediamine tetraacetic acid	60-00-4	0	0	1.8	0.2	0	0	4.5	0.48
Ethylenediamine. 1.2-ethanediamine	107-15-3	0	0	0.87	0.43	0	0	2.1	0.5
Formaldehyde	50-00-00	24	200	120	60	0	0	250	3.6
Hexane	110-54-3	150	2.5	150	74	2.5	150	2.5	3.7·10 ³
Hydrogen cyanide	74-90-8	800	7.6·10 ³	800	2.0·10 ³	7.6·10 ³	800	7.6·10 ³	1.0·10 ⁵
Hydrogen sulphide	7783-06-4	0	0	6.7·10 ³	3.3·10 ³	0	0	0	1.7·10 ⁵
Iron	7439-89-6	20	0.53	100	10	0	0	0.66	6.7
Isopropylbenzene. cumene	98-82-8	2.9	0.08	2.9	7.1	0.08	2.9	0.08	1.9
Lead	7439-92-1	400	0.01	2.0·10 ³	200	0	0	0.01	5.0·10 ³
Manganese	7439-96-5	71	1.9	360	36	0	0	2.4	130
Mercury	7439-97-6	4.0·10 ³	5.3	4.0·10 ³	2.0·10 ³	5.3	4.0·10 ³	5.3	100
Methanol	67-56-1	0.01	0.09	0.05	0.025	0	0	0.12	0.008
Methyl methacrylate	80-62-6	0	0	0.54	0.27	0	0	0.48	0.5
Molybdenum	7439-98-7	400	3.9	2.0·10 ³	200	0	0	4.8	100

Ecotoxicidade

Substance	CAS no.	Emissions to air		Emissions to water			Emissions to soil		Emissions to WWTP
		EF(etwc) m ³ /g	EF(etsc) m ³ /g	EF(etwc) m ³ /g	EF(etwa) m ³ /g	EF(etsc) m ³ /g	EF(etwc) m ³ /g	EF(etsc) m ³ /g	EF(etp) m ³ /g
Monoethanolamine	141-43-5	0	0	27	13	0	0	66	0.008
n-Butyl acetate	123-86-4	0.56	1.0	2.8	0.56	0	0	1.3	0.43
Nickel	7440-02-0	130	0.05	670	67	0	0	0.07	69
Nitrilotriacetate	139-13-9	0	0	0.15	0.08	0	0	0.38	0.09
Nitrobenzenesulphonic acid	127-68-4	0.09	0.84	0.09	0.04	0.84	0.09	0.84	2.1
Phenol	108-95-2	0	0	44	22	0	0	110	0.78
Propylene glycol. 1.2-propanediol	57-55-6	0	0	0.02	0.01	0	0	0.05	0.5
Selenium	7782-49-2	4.0·10 ³	106	2.0·10 ⁴	1.4·10 ³	0	0	133	1.0·10 ⁴
Sodium benzoate	532-32-10	0.63	6.2	3.2	1.6	0	0	7.8	0.09
Sodium hypochlorite	7681-52-9	0	0	270	27	0	0	610	1.3·10 ³
Strontium (Sr)	7440-24-6	2.0·10 ³	53	1.0·10 ⁴	1.0·10 ³	0	0	67	5.0·10 ³
Styrene	100-42-5	0	0	0	40	0	0	0	0.69
Sulphamic acid	5329-14-6	2.8	28	14	7.0	0	0	35	0.35
Tetrachlorethylene	127-18-4	20	1.1	20	10	1.1	20	1.1	500
Thallium	7440-28-0	670	17.7	3.3·10 ³	330	0	0	22	1.7·10 ³
Thorium	7440-29-1	330	8.9	1.7·10 ³	1.7·10 ³	0	0	11	830
Titanium	7440-32-6	27.4	0.73	140	14	0	0	0.91	6.8
Toluene	108-88-3	4.0	0.97	4.0	10	0.97	4.0	0.97	500
Triethanolamine	102-71-6	0	0	5.6	1.1	0	0	14	5.0
Triethylamine	121-44-8	0	0	100	10	0	0	80	0.04
Vanadium	7440-62-2	40	0.34	200	20	0	0	0.43	290
Xylenes. mixed	1330-20-7	4.0	0.40	4.0	10	0.40	4.0	0.40	500
Zinc	7440-66-6	200	0.005	1.0·10 ³	100	0	0	0.007	44

Toxicidade Humana

Substance	CAS no.	Emissions to air			Emissions to water			Emissions to soil		
		EF(hta) m ³ /g	EF(htw) m ³ /g	EF(hts) m ³ /g	EF(hta) m ³ /g	EF(htw) m ³ /g	EF(hts) m ³ /g	EF(hta) m ³ /g	EF(htw) m ³ /g	EF(hts) m ³ /g
1,1,1-trichloroethane	71-55-6	9.2·10 ²	9.9·10 ⁻⁴	2.0·10 ⁻³	9.2·10 ²	9.9·10 ⁻⁴	2.0·10 ⁻³	9.2·10 ²	9.9·10 ⁻⁴	2.0·10 ⁻³
1,2-Benzisothiazolin-3-one	2634-33-5	2.8·10 ⁴	0	0	0	1.3·10 ⁻⁴	0	0	0	0.32
1,2-Dichlorobenzene	95-50-1	8.3·10 ³	0.37	7.0·10 ⁻³	8.3·10 ³	0.37	7.0·10 ⁻³	8.3·10 ³	0.37	7.0·10 ⁻³
1,2-Dichloroethane	107-06-2	5.0·10 ⁴	3.9·10 ⁻³	7.5·10 ⁻²	0	2.0·10 ⁻²	0	0	0	9.4·10 ⁻²
1,2-Propylene oxide	75-56-9	3.3·10 ⁴	2.9·10 ⁻⁶	1.1·10 ⁻³	0	1.5·10 ⁻⁵	0	0	0	1.4·10 ⁻³
1-Butanol	71-36-3	1.3·10 ⁴	1.4·10 ⁻³	0.14	0	7.1·10 ⁻³	0	0	0	0.18
2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-dioxin	1746-01-6	2.9·10 ¹⁰	2.2·10 ⁸	1.4·10 ⁴	0	1.1·10 ⁹	0	0	0	1.8·10 ⁴
2,4-Dinitrotoluene	121-14-2	1.1·10 ²	5.8·10 ⁻³	9.6·10 ⁻⁴	0	2.9·10 ⁻²	0	0	0	1.2·10 ⁻³
2-Chlorotoluene	95-49-8	2.2·10 ³	0.98	1.9·10 ⁻²	2.2·10 ³	0.98	1.9·10 ⁻²	2.2·10 ³	0.98	1.9·10 ⁻²
2-Ethyl hexanol	104-76-7	1.8·10 ³	0	0	0	2.8·10 ⁻²	0	0	0	1.5·10 ⁻³
2-Ethylhexyl acetate	103-09-3	9.5·10 ³	0	0	9.5·10 ³	0	0	9.5·10 ³	0	0
2-Propanol	67-63-0	1.2·10 ²	7.5·10 ⁻⁶	2.8·10 ⁻³	0	3.7·10 ⁻⁵	0	0	0	3.5·10 ⁻³
3-Chlorotoluene	108-41-8	2.2·10 ³	0.71	2.4·10 ⁻²	2.2·10 ³	0.71	2.4·10 ⁻²	2.2·10 ³	0.71	2.4·10 ⁻²
4-Chlorotoluene	106-43-4	2.2·10 ³	0.79	2.2·10 ⁻²	2.2·10 ³	0.79	2.2·10 ⁻²	2.2·10 ³	0.79	2.2·10 ⁻²
Acetaldehyde	75-07-0	3.7·10 ³	0	0	0	7.1·10 ⁻⁶	0	0	0	9.2·10 ⁻⁴
Acetic acid	64-19-7	1.0·10 ⁴	3.3·10 ⁻⁶	1.6·10 ⁻³	0	1.6·10 ⁻⁵	0	0	0	2.0·10 ⁻³
Acetone	67-64-1	3.2·10 ⁴	8.5·10 ⁻⁶	4.1·10 ⁻³	0	4.3·10 ⁻⁵	0	0	0	5.2·10 ⁻³
Acrylic acid	79-10-7	6.7·10 ⁵	6.3·10 ⁻⁵	1.6·10 ⁻²	0	3.1·10 ⁻⁴	0	0	0	2.0·10 ⁻²
Acrylic acid, 2-hydroxyethyl ester	818-61-1	2.0·10 ²	0	0	0	6.4·10 ⁻⁴	0	0	0	7.6·10 ⁻²
Anthracene	120-12-7	9.5·10 ²	0	0	0	11	0	0	0	1.1·10 ⁻⁴
Antimony	7440-36-0	2.0·10 ⁴	64	17	0	3.2·10 ²	0	0	0	21
Arsenic	7440-38-2	9.5·10 ⁶	7.4	1.0·10 ²	0	37	0	0	0	1.3·10 ²
Atrazine	1912-24-9	1.4·10 ⁵	0	0	0	1.1	0	0	0	4.2·10 ⁻²
Benzene	71-43-2	1.0·10 ⁷	2.3	14	1.0·10 ⁷	2.3	14	1.0·10 ⁷	2.3	14
Benzo(a)pyrene	50-32-8	5.0·10 ⁷	0	0	0	3.2·10 ²	0	0	0	1.8·10 ⁻³
Benzotriazole	95-14-7	1.3·10 ³	9.3·10 ⁻⁴	2.0·10 ⁻²	0	4.6·10 ⁻³	0	0	0	2.5·10 ⁻²
Biphenyl	92-52-4	2.3·10 ⁵	1.4	2.9·10 ⁻³	0	7.1	0	0	0	3.6·10 ⁻³
Butyl diglycol acetate	124-17-4	1.3·10 ⁴	0	0	0	3.3·10 ⁻²	0	0	0	0.27
Cadmium	7440-46-9	1.1·10 ⁸	5.6·10 ²	4.5	0	2.8·10 ³	0	0	0	5.6
Carbon monoxide	630-08-0	8.3·10 ²	0	0	8.3·10 ²	0	0	8.3·10 ²	0	0
Chlorine	7782-50-5	3.4·10 ⁴	0	0	3.4·10 ⁴	0	0	3.4·10 ⁴	0	6.5·10 ⁻²
Chlorobenzene	108-90-7	2.2·10 ⁵	0.27	4.6·10 ⁻²	2.2·10 ⁵	0.27	4.6·10 ⁻²	2.2·10 ⁵	0.27	4.6·10 ⁻²
Chloroform	67-66-3	1.0·10 ⁵	5.4·10 ⁻²	0.20	1.0·10 ⁵	5.4·10 ⁻²	0.20	1.0·10 ⁵	5.4·10 ⁻²	0.20
Chromium	7440-47-3	1.0·10 ⁶	3.6	1.1	0	18	0	0	0	1.4

Wenzel, H.; Hauschild, M.; Alting, L. (1997). *Environmental Assessment of Products*. Vol. 1 e 2.

Toxicidade Humana



Engenharia de
Produto

Substance	CAS no.	Emissions to air			Emissions to water			Emissions to soil		
		EF(hta) m ³ /g	EF(htw) m ³ /g	EF(hts) m ³ /g	EF(hta) m ³ /g	EF(htw) m ³ /g	EF(hts) m ³ /g	EF(hta) m ³ /g	EF(htw) m ³ /g	EF(hts) m ³ /g
Cobalt	7440-48-4	9.5·10 ³	2.5·10 ⁻³	0.17	0	1.2·10 ⁻²	0	0	0	0.21
Copper	7440-50-8	5.7·10 ²	3.4	4.0·10 ⁻³	0	17	0	0	0	5.0·10 ⁻³
Dibutyltinoxide	818-08-6	1.4·10 ⁵	3.7·10 ⁻³	4.2·10 ⁻³	0	1.9·10 ⁻²	0	0	0	5.3·10 ⁻⁶
Diethanolamine	111-42-2	4.0·10 ⁴	0	0	0	3.9·10 ⁻⁵	0	0	0	5.9·10 ⁻³
Diethylaminoethanol	100-37-8	2.7·10 ⁴	0	0	0	3.2·10 ⁻³	0	0	0	0.30
Diethylene glycol	111-46-6	2.5·10 ⁵	0	0	0	3.1·10 ⁻⁶	0	0	0	4.7·10 ⁻⁴
Diethylene glycol mono-n-butyl ether	112-34-5	2.0·10 ⁶	0	0	0	3.4·10 ⁻³	0	0	0	0.16
Ethanol	64-17-5	1.1·10 ²	2.9·10 ⁻⁷	1.5·10 ⁻⁴	0	1.5·10 ⁻⁶	0	0	0	1.8·10 ⁻⁴
Ethyl acetate	141-78-6	6.9·10 ²	8.9·10 ⁻⁶	1.2·10 ⁻³	0	4.4·10 ⁻⁵	0	0	0	1.5·10 ⁻³
Ethylene glycol	107-21-1	8.3·10 ⁵	1.4·10 ⁻³	2.0·10 ⁻⁵	0	7.0·10 ⁻³	0	0	0	2.5·10 ⁻⁵
Ethylene glycol acetate	111-15-9	3.7·10 ³	0	0	0	1.5·10 ⁻³	0	0	0	6.6·10 ⁻²
Ethylene glycol mono-n-butyl ether	111-76-2	2.1·10 ⁴	0	0	0	8.4·10 ⁻⁵	0	0	0	3.5·10 ⁻³
Ethylenediamine tetraacetic acid. EDTA	60-00-4	3.7·10 ²	0	0	0	6.7·10 ⁻⁹	0	0	0	2.5·10 ⁻⁶
Ethylenediamine. 1.2-ethanediamine	107-15-3	2.0·10 ⁴	0	0	0	1.4·10 ⁻⁵	0	0	0	1.5·10 ⁻³
Fluoride	16984-48-8	9.5·10 ⁴	0	0	0	1.2·10 ⁻²	0	0	0	6.3·10 ⁻⁴
Formaldehyde	50-00-00	1.3·10 ⁷	2.2·10 ⁻⁵	5.8·10 ⁻³	0	1.1·10 ⁻⁴	0	0	0	7.2·10 ⁻³
Glycerol	56-81-5	70	0	0	0	1.3·10 ⁻⁶	0	0	0	1.7·10 ⁻⁴
Hexamethylene diisocyanate. HDI	822-06-0	7.1·10 ⁵	12	0.56	0	61	0	0	0	0.70
Hexane	110-54-3	1.6·10 ³	0.34	9.7·10 ⁻⁴	1.6·10 ³	0.34	9.7·10 ⁻⁴	1.6·10 ³	0.34	9.7·10 ⁻⁴
Hydrogen cyanide	74-90-8	1.4·10 ⁵	1.5·10 ⁻³	0.71	1.4·10 ⁵	1.5·10 ⁻³	0.71	1.4·10 ⁵	1.5·10 ⁻³	0.71
Hydrogen sulphide	7783-06-4	1.1·10 ⁶	8.1·10 ⁻⁴	0.26	0	4.1·10 ⁻³	0	0	0	0.33
Iron	7439-89-6	3.7·10 ⁴	9.6·10 ⁻³	0.77	0	4.8·10 ⁻²	0	0	0	0.96
Isobutanol	78-83-1	13	2.9·10 ⁻⁶	3.8·10 ⁻⁴	0	1.5·10 ⁻⁵	0	0	0	4.7·10 ⁻⁴
Isopropylbenzene. cumene	98-82-8	1.0·10 ⁴	0.21	2.1·10 ⁻²	1.0·10 ⁴	0.21	2.1·10 ⁻²	1.0·10 ⁴	0.21	2.1·10 ⁻²
Lead	7439-92-1	1.0·10 ⁸	53	8.3·10 ⁻²	0	2.6·10 ²	0	0	0	0.10
Maleic acid. dibutyl ester	105-76-0	7.7·10 ³	0	0	0	14	0	0	0	3.4·10 ⁻³
Manganese	7439-96-5	2.5·10 ⁶	5.3·10 ⁻³	0.42	0	2.7·10 ⁻²	0	0	0	0.53
Mercury	7439-97-6	6.7·10 ⁶	1.1·10 ⁵	81	6.7·10 ⁶	1.1·10 ⁵	81	6.7·10 ⁶	1.1·10 ⁵	81
Methacrylic acid	79-41-4	4.5·10 ⁴	0	0	0	6.0·10 ⁻³	0	0	0	0.22
Methanol	67-56-1	2.5·10 ³	3.0·10 ⁻⁴	3.1·10 ⁻⁴	0	1.5·10 ⁻³	0	0	0	3.9·10 ⁻⁴
Methyl isobutyl ketone	108-10-1	3.3·10 ³	3.6·10 ⁻³	0.12	0	1.8·10 ⁻²	0	0	0	0.15
Methyl methacrylate	80-62-6	1.0·10 ⁷	0	0	0	4.9·10 ⁻³	0	0	0	3.2·10 ⁻²

Toxicidade Humana



Engenharia de

Substance	CAS no.	Emissions to air			Emissions to water			Emissions to soil		
		EF(hta) m ³ /g	EF(htw) m ³ /g	EF(hts) m ³ /g	EF(hta) m ³ /g	EF(htw) m ³ /g	EF(hts) m ³ /g	EF(hta) m ³ /g	EF(htw) m ³ /g	EF(hts) m ³ /g
Methylenebis(4-phenylisocyanate). MDI	101-68-8	5.0·10 ⁷	0	0	0	2.8·10 ²	0	0	0	4.0·10 ⁻⁴
Molybdenum	7439-98-7	1.0·10 ⁵	5.3·10 ⁻²	1.5	0	0.27	0	0	0	1.9
Monoethanolamine	141-43-5	2.7·10 ⁴	0	0	0	3.5·10 ⁻⁵	0	0	0	5.4·10 ⁻³
Morpholine	110-91-8	1.3·10 ⁴	0	0	0	1.0·10 ⁻⁴	0	0	0	1.6·10 ⁻²
n-Butyl acetate	123-86-4	1.1·10 ³	7.0·10 ⁻³	5.0·10 ⁻²	0	3.5·10 ⁻²	0	0	0	6.2·10 ⁻²
Nickel	7440-02-0	6.7·10 ⁴	3.7·10 ⁻³	0.12	0	1.9·10 ⁻²	0	0	0	0.15
Nitrilotriacetate	139-13-9	3.8·10 ⁴	0	0	0	8.2·10 ⁻¹⁴	0	0	0	5.1·10 ⁻⁵
Nitrobenzenesulphonic acid.sodium salt	127-68-4	2.6·10 ³	1.7·10 ⁻⁷	3.9·10 ⁻⁵	2.6·10 ³	1.7·10 ⁻⁷	3.9·10 ⁻⁵	2.6·10 ³	1.7·10 ⁻⁷	3.9·10 ⁻⁵
Nitrogen dioxide and other NO _x	10102-44-0	8.6·10 ³	0	0	0	3.7·10 ⁻⁵	0	0	0	3.7·10 ⁻³
Nitrous oxide	10024-97-2	2.0·10 ³	0	0	2.0·10 ³	0	0	2.0·10 ³	0	0
Ozone	10028-15-6	5.0·10 ⁴	0	0	5.0·10 ⁴	0	0	5.0·10 ⁴	0	0
Phenol	108-95-2	1.4·10 ⁶	0	0	0	3.4·10 ⁻²	0	0	0	6.4·10 ⁻⁵
Phosgene	75-44-5	2.0·10 ⁶	0	0	2.0·10 ⁶	0	0	2.0·10 ⁶	0	0
Propylene glycol	57-55-6	1.5·10 ³	0	0	0	4.8·10 ⁻⁶	0	0	0	7.7·10 ⁻⁴
Selenium	7782-49-2	1.5·10 ⁶	28	4.4·10 ⁻²	0	1.4·10 ²	0	0	0	5.5·10 ⁻²
Silver	7440-22-4	2.0·10 ⁵	5.3·10 ⁻²	4.2	0	0.27	0	0	0	5.3
Sodium benzoate	532-32-10	1.4·10 ⁴	4.0·10 ⁻⁷	1.4·10 ⁻⁴	0	2.0·10 ⁻⁶	0	0	0	1.7·10 ⁻⁴
Sodium Hypochlorite	7681-52-9	2.0·10 ³	0	0	0	2.6·10 ⁻⁴	0	0	0	2.5·10 ⁻²
Styrene	100-42-5	1.0·10 ³	0	0	1.0·10 ³	0	0	1.0·10 ³	0	0
Sulphamic acid	5329-14-6	9.0·10 ³	2.1·10 ⁻⁹	9.7·10 ⁻⁶	0	1.1·10 ⁻⁸	0	0	0	1.2·10 ⁻⁵
Sulphur dioxide	7446-09-5	1.3·10 ³	0	0	1.3·10 ³	0	0	1.3·10 ³	0	0
Tetrachlorethylene	127-18-4	2.9·10 ⁴	0.36	4.0·10 ⁻²	2.9·10 ⁴	0.36	4.0·10 ⁻²	2.9·10 ⁴	0.36	4.0·10 ⁻²
Thallium	7440-28-0	5.0·10 ⁵	1.3·10 ⁴	10	0	6.5·10 ⁴	0	0	0	13
Titanium	7440-32-6	1.8·10 ⁴	4.7·10 ⁻³	0.38	0	2.3·10 ⁻²	0	0	0	0.47
Toluene	108-88-3	2.5·10 ³	4.0·10 ⁻³	1.0·10 ⁻³	2.5·10 ³	4.0·10 ⁻³	1.0·10 ⁻³	2.5·10 ³	4.0·10 ⁻³	1.0·10 ⁻³
Toluene diisocyanate 2.4/2.6 mixture	26471-62-5	7.1·10 ⁵	2.1	1.2·10 ⁻²	0	10	0	0	0	1.5·10 ⁻²
Toluene-2.4-diamine	95-80-7	1.4·10 ³	0	0	0	1.3·10 ⁻⁴	0	0	0	1.1·10 ⁻²
Trichloroethylene	79-01-6	1.9·10 ⁴	9.1·10 ⁻⁴	6.9·10 ⁻⁴	1.9·10 ⁴	9.1·10 ⁻⁴	6.9·10 ⁻⁴	1.9·10 ⁴	9.1·10 ⁻⁴	6.9·10 ⁻⁴
Triethanolamine	102-71-6	1.3·10 ⁴	0	0	0	8.4·10 ⁻⁵	0	0	0	1.4·10 ⁻²
Triethylamine	121-44-8	1.4·10 ⁵	0	0	0	0.23	0	0	0	1.2
Vanadium	7440-62-2	1.4·10 ⁵	3.7·10 ⁻²	0.96	0	0.19	0	0	0	1.2
Vinylchloride	75-01-4	3.9·10 ⁵	0.40	4.0	3.9·10 ⁵	0.40	4.0	3.9·10 ⁵	0.40	4.0
Xylenes. mixed	1330-20-7	6.7·10 ³	1.1·10 ⁻³	6.7·10 ⁻⁵	6.7·10 ³	1.1·10 ⁻³	6.7·10 ⁻⁵	6.7·10 ³	1.1·10 ⁻³	6.7·10 ⁻⁵
Zinc (as dust)	7440-66-6	8.1·10 ⁴	4.1	1.3·10 ⁻²	0	21	0	0	0	1.6·10 ⁻²

Avaliação do Impacto (AICV)

ELEMENTOS OPCIONAIS

- ❖ **Normalização:** padronização para uma unidade comum.
- ❖ **Agrupamento** de categorias de impactos para impactos mais amplos.
- ❖ **Ponderação:** atribuição de pesos, baseado em escolhas de valor.
- ❖ **Análise da qualidade dos dados:** melhor entendimento da confiabilidade da coleção de resultados dos indicadores, o perfil da AICV

Interpretação do ciclo de vida

- ❖ Os resultados do ICV e da AICV são combinados com o objetivo e escopo, visando a alcançar conclusões e recomendações
- ❖ As limitações do estudo são, também, indicadas nesta fase, de forma transparente.
- ❖ Sempre relacionada ao objetivo geral
 - Conclusões concisas
 - Revisão, se necessária, dos dados selecionados, o que reflete a natureza iterativa da ACV
- ❖ Conclusões sobre impactos ao ambiente e recursos, a serem consideradas com outros critérios de decisão

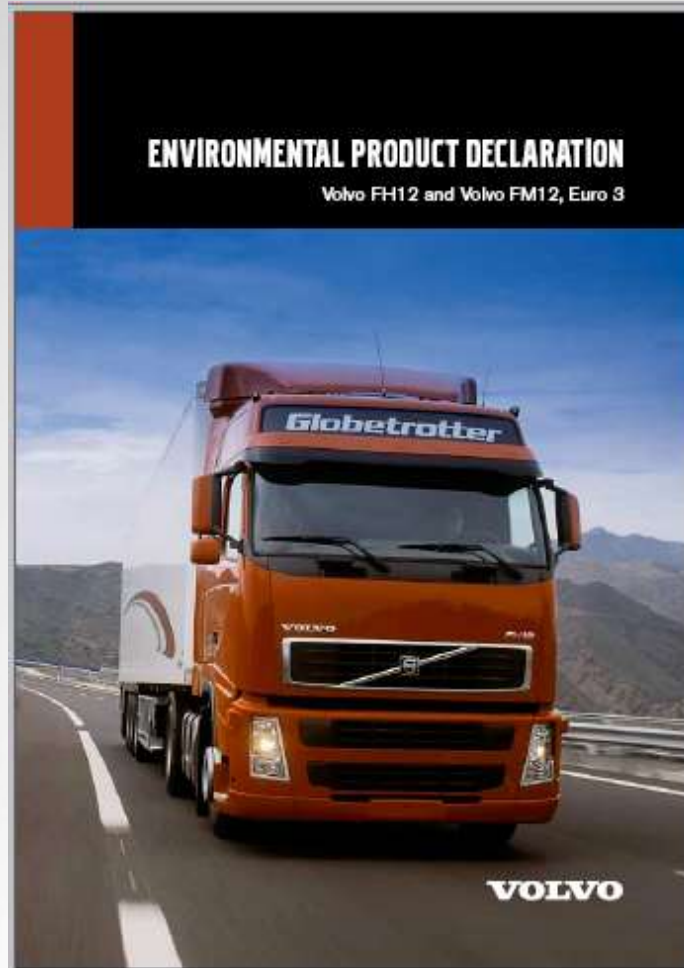


Relatório

- ❖ Relatórios devem ser claros, objetivos, transparentes e voltados para o público alvo.
- ❖ Deve haver consistência entre objetivos, metodologia e dados apresentados.
- ❖ Terminologias e metodologias adequadas.
- ❖ Os resultados, métodos, hipóteses e limitações devem ser detalhados para permitir compreensão da complexidade da ACV.
- ❖ Realizar revisão crítica dos resultados e conclusões, se possível, por especialistas externos ao grupo de trabalho (obrigatório para publicação e com 3 especialistas para comparação de produtos).
- ❖ Análise da qualidade dos dados de acordo com os objetivos.



Exemplo



INVENTORY RESULTS

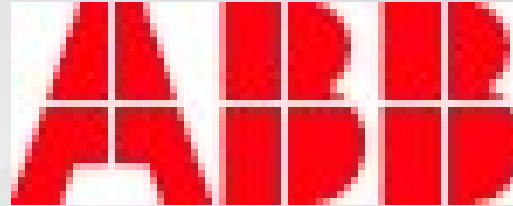
	Unit	Materials and Production	Fuel & Exhaust Emissions	Maintenance	End of Life	Total
		MK1 (Cert fuel)				
Resources						
Electricity, renewable	MWh	7		0	0	7
Electricity, non renewable	MWh	13		1	1	14
Other renewable energy	MWh	1		0	0	1
Other non renewable energy	MWh	68		6	-13	61
Fuel	Litre		310,000			310,000
Materials	Kg	7,000		2,226	-5,324	3,902
Air						
CO	Kg	122	713 (744)	2	-76	761
CO ₂	Kg	14,700	806,000 (837,000)	1,200	-4,520	817,380
HC (VOC)	Kg	49	248 (248)	20	-2	314
NO _x	Kg	43	5,270 (5,890)	6	-5	5,314
SO ₂	Kg	38	1 (52)	7	-8	37
PM (Particulate matter)	Kg	15	62 (93)	2	-5	74
CFC (R11 & R12)	Kg	0		0	0	0
HCFC (R22)	Kg	0		0	0	0
Water						
Use of water (cooling excl)	m ³	68		4	6	78
Use of water (cooling)	m ³	161		7	18	186
BOD	Kg	4		0	0	4
COD	Kg	11		0	0	10
Waste						
Waste, treated	Kg	3,900		75	1,350	5,324
Waste, to landfill	Kg	15,655		58	-55	15,658
Hazardous waste, treated	Kg	236		44	26	305
Hazardous waste, to landfill	Kg	20		4	-2	21

ENVIRONMENTAL EFFECTS

	Unit	Materials and Production	Fuel & Exhaust Emissions	Maintenance	End of Life	Total
Greenhouse Effects - GWP						
(CO ₂ equivalents)	kg	15,786	1,022,095 (1,057,497)	1,461	-4,729	1,034,614
Acidification Potential						
(SO ₂ equivalents)	kg	68	4,967 (5,452)	10	-11	5,034
Ozone Depletion Potential						
(CFC11 equivalents)	kg	0.0	0.0 (0.0)	0.0	0.0	0.0

Casos - UNEP

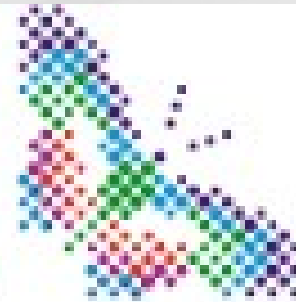
BASF
The Chemical Company



3M

SONY

Ciba



P&G

Estudo de caso - Mercedes Classe S

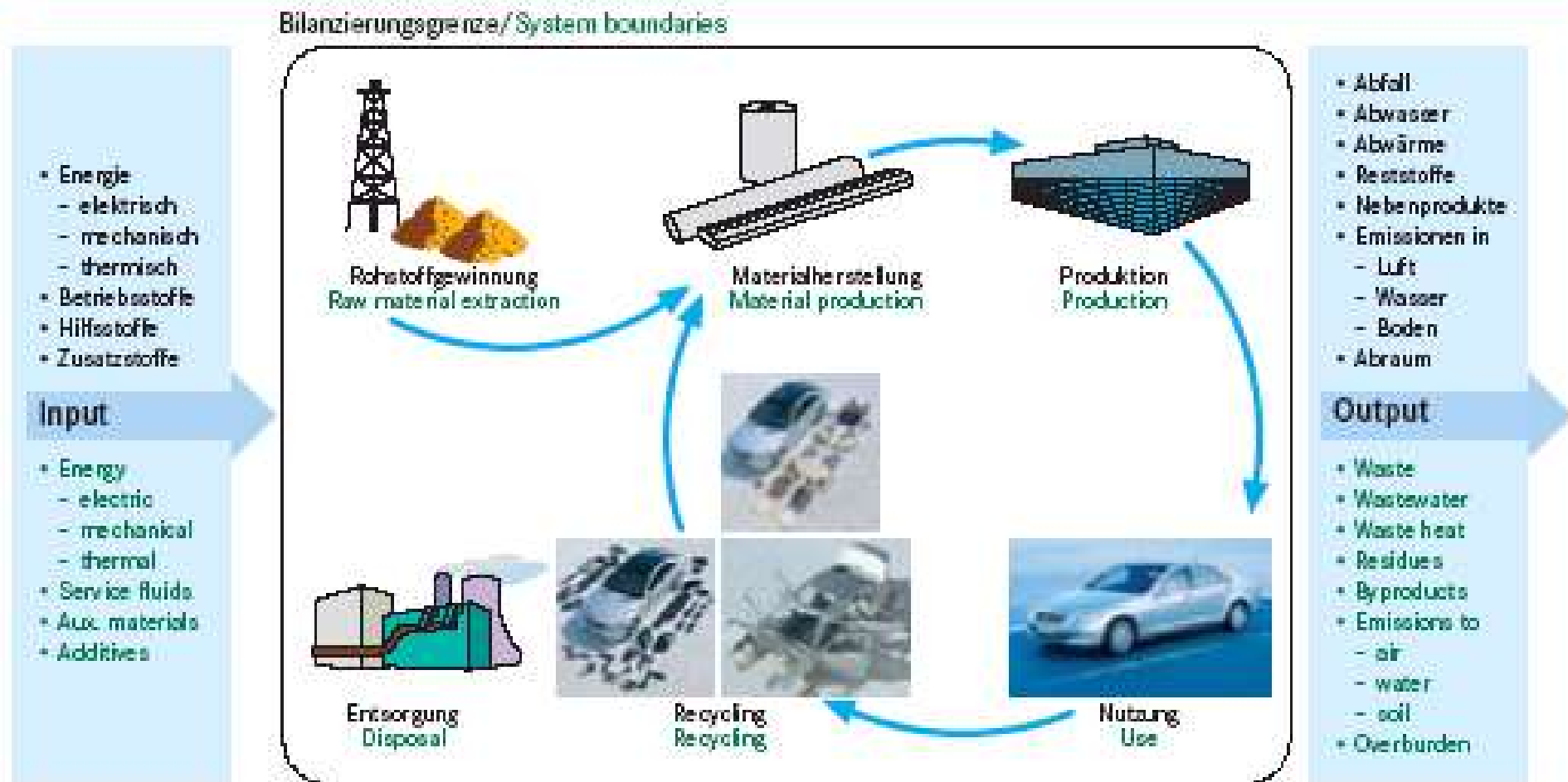
Projeto

- ❑ Considerado todo o ciclo de vida do carro, incluindo:
 - Produção de materiais e componentes
 - Vida útil de 300.000 km
 - Disposição final
- ❑ Considerados 40.000 processos individuais
- ❑ Usado o *software* para ACV (GaBi 4.0) para considerar 200 parâmetros de entrada e 300 de saída.



Estudo de caso - Mercedes Classe S

Abbildung 41: Überblick zur ganzheitlichen Bilanzierung
Figure 41: Overview of life cycle assessment



Estudo de caso - Mercedes Classe S

Resultados

- ❑ O primeiro carro com certificado ambiental.
- ❑ Supera os padrões europeus de emissão de NO_x e de hidrocarbonetos em 85 e 75%
- ❑ Melhoria na eficiência de consumo de combustível e redução de ruído.
- ❑ Uso de tintas à base de água para reduzir as emissões de solventes.
- ❑ Atende os requisitos europeus de reciclagem, de 2006 e de 2012.



Estudo de caso - 3M



Por que a 3M está usando Gestão do Ciclo de Vida?

- ❑ A 3M produz cerca de 500 novos produtos a cada ano
- ❑ Nos anos 90 começou a gerenciar todos os aspectos de um produto, desde a idéia até o uso e disposição
- ❑ De acordo com o CEO da 3M

“[Gestão do Ciclo de Vida é] um compromisso que devemos assumir para manter nossa liderança na área ambiental e para fortalecer nossa posição competitiva”

Estudo de caso - 3M

Como a 3M está usando a Gestão do Ciclo de Vida?



- A 3M usa uma matriz para identificar o impacto de produtos ou processos em todo o seu ciclo de vida

Life Cycle Management Process					
Life Cycle Stage / Impact	Material Acquisition	R&D Operations	Manufacturing Operations	Customer Needs	
				Use	Disposal
Environment					
Energy/ Resources					
Health					
Safety					

Estudo de caso - 3M



Como a 3M está usando Gestão do Ciclo de Vida?

- A 3M usa uma matriz para identificar o impacto de produtos ou processos em todo o seu ciclo de vida
- Isto é utilizado para identificar riscos e oportunidades do produto
 - Riscos: perigos de um produto, grau de incerteza e viabilidade de controle da exposição
 - Oportunidades: encaminha soluções para essas questões

Estudo de caso - BASF



The Chemical Company

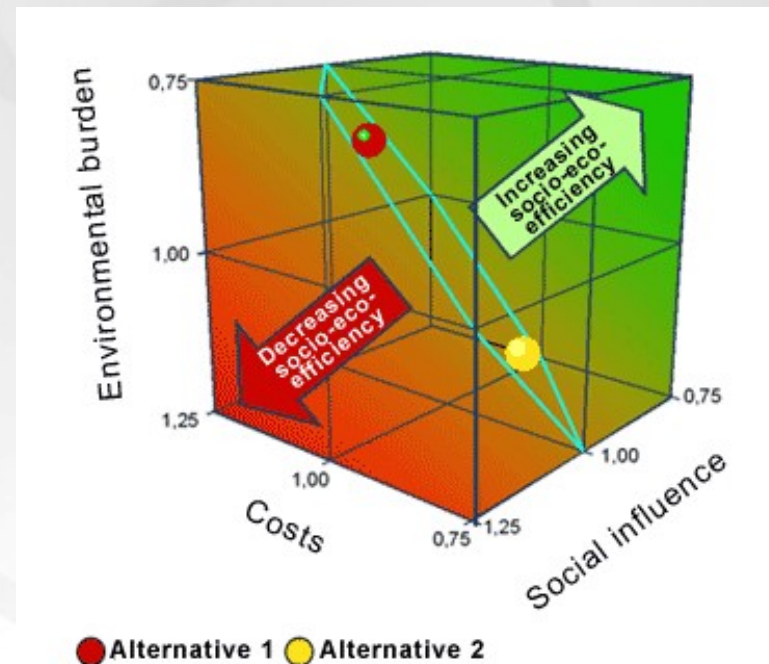
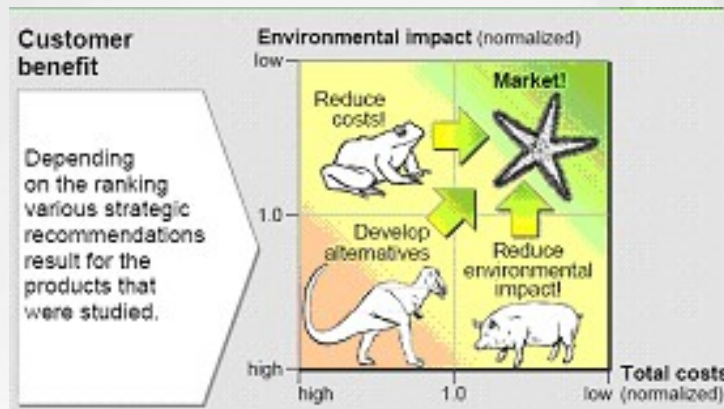
- ❑ A BASF tem a ferramenta “Análise de Sócio-Eco-Eficiência (*SEEBalance*®)!”
- ❑ Eles usam a Análise de Eco-eficiência ou *SEEBalance*® para:
 - Decisões estratégicas sobre investimentos, produtos e mercados.
 - Comparação de locais de produção e mercados.
 - Priorização de desenvolvimento e pesquisa de produto.
 - Discussão com fazedores de opinião para decisões políticas.
 - *Marketing*, apoio a clientes externos e aceitação social de produtos.
 - Para questões de comunicação, como por exemplo relatórios de sustentabilidade da corporação.

Estudo de caso - BASF

BASF

The Chemical Company

- A aplicação da ferramenta permite à BASF a comparação de produtos, em relação a vários critérios.



Estudo de caso - BASF



- Partes Interessadas de sucesso da BASF:
 - Comprometimento da alta cúpula
 - Combinação de ACV, CCV e aspectos sociais.
 - Resultados quantitativos com uma avaliação clara.
 - Ilustração simples e expressiva dos resultados.
 - Possibilidade de análises de cenário e de sensibilidade.
 - Rapidez (2 meses) e baixos custos das análises (<30,000 €).



Engenharia de
Produção

Estudo de Caso - Gestão Verde na SONY

Estabelecimento de meta

- São estabelecidas metas de desempenho ambiental nos planos anuais de negócios das divisões da companhia, através de metas de longo prazo.
- A SONY usa uma equação de eco-eficiência para monitorar os progressos

$$\text{Eco-Eficiência} = \text{Vendas} / \text{Impacto Ambiental}$$

- As metas incluem:

- Redução no peso do produto
- Redução no número de partes usadas
- Aumento na proporção de materiais reciclados
- Banimento de soldadores de mercúrio e chumbo
- Uso de materiais isentos de halogênios

- Os impactos são considerados e monitorados no seu ciclo de vida
- Eles também apoiam a responsabilidade social corporativa e têm um código de conduta para os fornecedores



Estudo de Caso – Gestão Verde na SONY



Energy conservation

- Reduction of power consumption during standby
- Reduction of power consumption during operation



Resource conservation and recyclability

- Reduction of materials and parts by weight
- Easily recyclable
- Positive use of recycled materials and vegetable-based plastics



Reduction and phase-out of hazardous materials

- Use of lead-free solder
- Reduction of PVC
- Reduction and phase-out of halogenated flame retardants



Environmentally conscious packaging

- Reduction of polystyrene foam
- Use of used or recycled paper
- Use of vegetable oil-based ink

Source: www.sony.net

Estudo de Caso - Hartmann Group



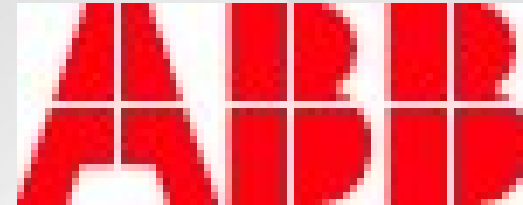
- ❑ Produz embalagens para ovos, frutas e industriais, principalmente a partir de papel reciclado
- ❑ Vem usando Gestão de Ciclo de Vida desde 1997
- ❑ Desenvolveu e usa o “*Systematic Tool for Environmental Progress*” ou *STEP*[®]-model
- ❑ Desenvolve estudos de ACV para todos os principais produtos
 - Dá uma visão geral de todos os aspectos ambientais e conduz as decisões do negócio, do planejamento às vendas
- ❑ Em 2006, foi introduzido um conceito de avaliação de fornecedores



Estudo de Caso - ABB

□ ABB integrou a sustentabilidade em cada aspecto de seu negócio, incluindo:

- Desenvolvimento de produto
- Fornecedores
- Produção
- Fluxo de materiais e resíduos

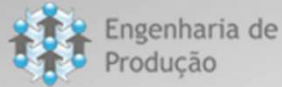


Estudo de Caso - Procter & Gamble

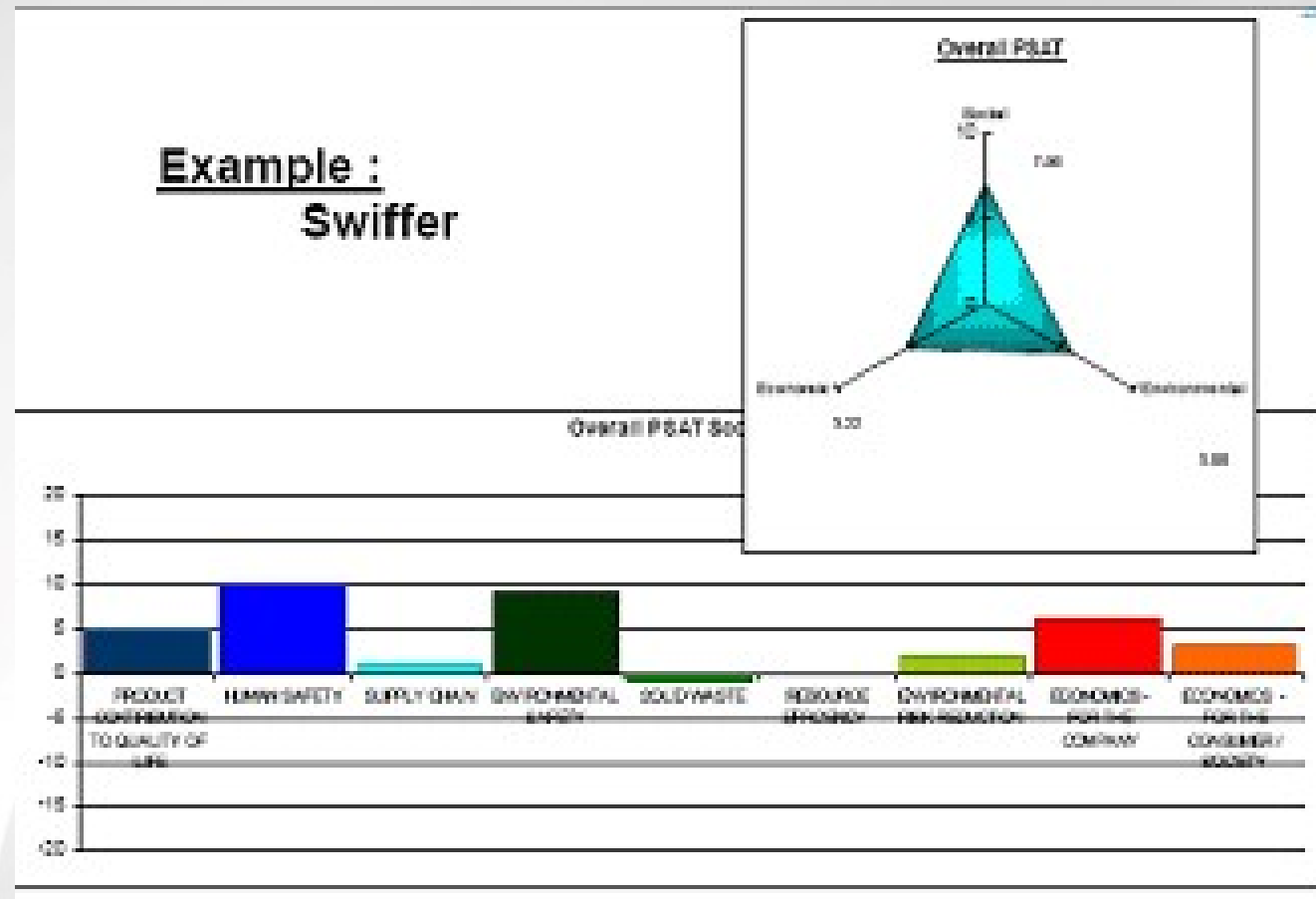
- ❑ Produz uma grande variedade de produtos, desde baterias até alimentos
- ❑ Avalia a sustentabilidade de produtos pela sua própria ferramenta: **Product Sustainability Assessment Tool**
PSAT
 - Responsabilidade social.
 - Riscos e benefícios para consumidor/sociedade.
 - Segurança humana.
 - Responsabilidades sociais ao longo da cadeia de suprimento.
 - Perfil ambiental.
 - Segurança ambiental.
 - Gerenciamento de resíduos sólidos.
 - Eficiência de recursos.
 - Esforços para redução de riscos.
 - Desenvolvimento econômico.
 - Aspectos econômicos da companhia
 - Aspectos econômicos de consumidor/sociedade.



Estudo de Caso - Procter & Gamble



- PSAT fornece indicadores quantitativos nas seguintes formas:



Estudo de Caso - Ciba

Especialidades Químicas

- ❑ A Ciba tem operações em 22 países, várias delas em Países em Desenvolvimento
- ❑ Eles mantêm um padrão ambiental, de saúde e de segurança aplicado a todas as operações, independentemente de sua localização
- ❑ Estão cobertos aspectos tais como: direitos humanos, trabalho infantil, propina, empregos e saúde e segurança da comunidade, bem como considerações padrão de Meio Ambiente/Saúde/Segurança
- ❑ Dependendo da violação, isto pode resultar no término de um contrato ou assistência para ajudar um fornecedor a atingir os critérios

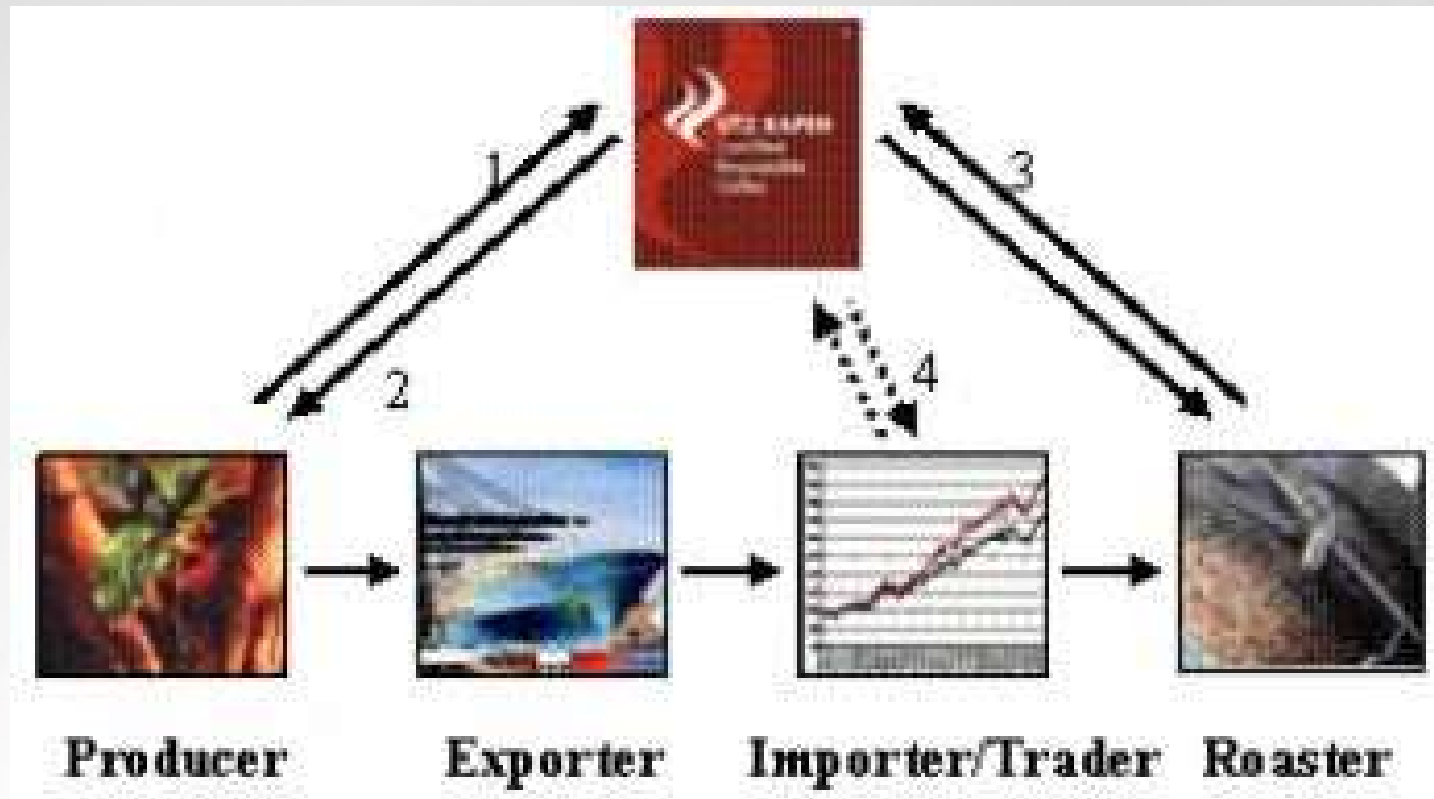


Estudo de Caso - Utz Kapeh Certificado de Café Responsável

- Certifica social e ambientalmente a origem e produção responsáveis de café
- Estabelece um conjunto de critérios para a prática responsável e eficiente da cultura de café incluindo:
 - Ambiental: minimização e documentação do uso de agroquímicos, gerenciamento do uso de água e segurança do alimento
 - Social: proteção de direitos trabalhistas e acesso a cuidados com a saúde e educação para empregados e suas famílias



Estudo de Caso - Utz Kapeh Certificado de Café Responsável



Outros exemplos de aplicação da ACV

Exemplos

Producto: Plancha BOSCH

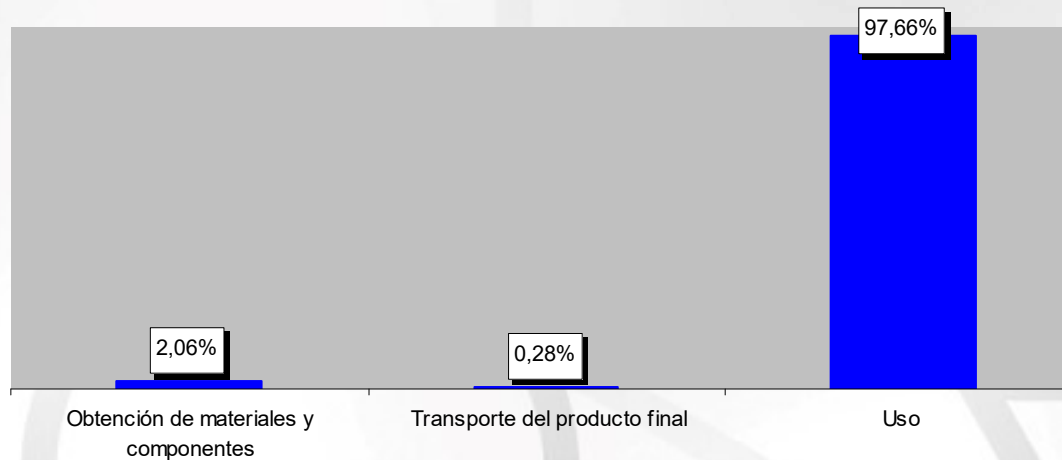
Empresa: BSH Krainel, S.A.

Descripción:

Se plantea desarrollar un rediseño de una de las planchas domésticas de la marca BOSCH.

Se analizan los principales impactos ambientales:

- Consumo de **energía** durante la fase de uso (el 98% del impacto ambiental del producto).
- Consumo de **plástico**.



B/S/H/



Exemplos

Producto: Plancha BOSCH

Empresa: BSH Krainel, S.A.

Mejoras obtenidas:

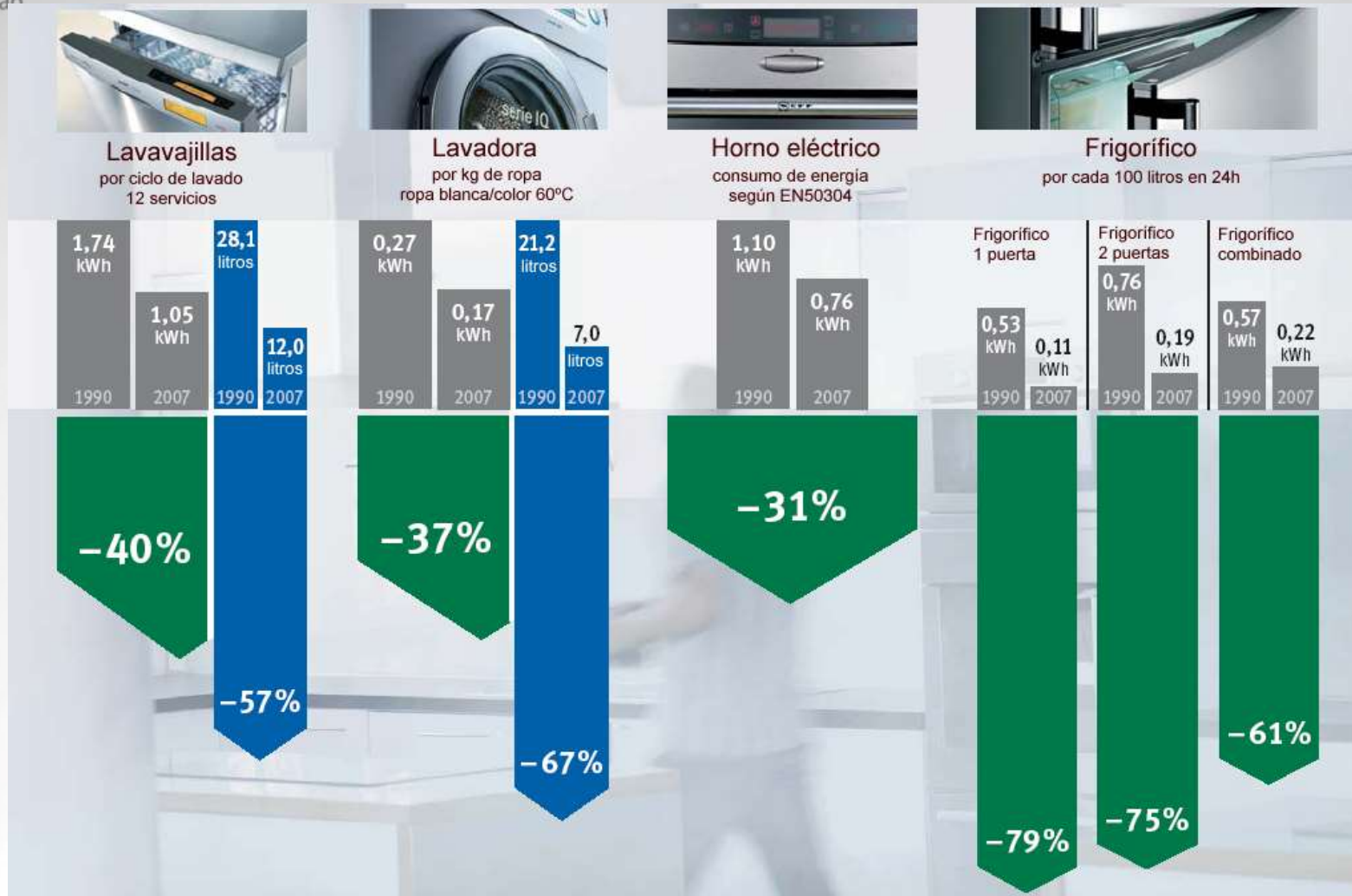
- Reducción del peso del aparato.
 - Reducción del **factor de complejidad** (nº y variedad de componentes).
 - Elección de materiales con menor impacto ambiental asociado.
 - Eliminación del vaso de carga de agua (rediseño sistema de llenado).
 - Reducción 25% peso embalaje.
 - Optimización consumo de energía (**control electrónico potencia**).
 - Grado de **reciclabilidad del 94,77%**.
 - Uso de plástico reciclado.
- Mejora para nuevos desarrollos en la empresa: Desde 1995, en el desarrollo de nuevos productos se debe asegurar que el nuevo producto **minimiza o mantiene pero en ningún caso aumenta el impacto sobre el medio ambiente** que tenía el producto anterior. Un proceso similar se sigue para los nuevos procesos.



B/S/H/



Consequências



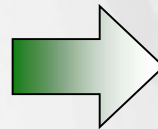
**Redução do consumo de energia e água
desde 1990 - Bosch**



Exemplos



ANTES



DEPOIS

Exemplos

Facilidade manutenção e upgrade



Figure 1. Swing-open door allows easy access to all components for upgrading and servicing

Exemplos

Producto: Luminaria de emergencia Hydra Autotest

Empresa: DAISALUX, S.A.

- 50 trabajadores
- Vitoria - Gasteiz
- Productos:
 - Alumbrado de emergencia
 - Balizas
 - Equipos cargador baterías
 - Linternas recargables
- Certificado de calidad ISO 9001



Exemplos

Producto: Luminaria de emergencia Hydra Autotest

Empresa: DAISALUX, S.A.

Descripción:

Se plantea desarrollar una luminaria de emergencia con un correcto trato medioambiental.

Se analizan los principales impactos ambientales:

- Baterías con **metales pesados** (NiCd)
- Consumo de **energía**
- Lámparas fluorescentes con **Mercurio**



daisalux

Exemplos

Producto: Luminaria de emergencia Hydra Autotest

Empresa: DAISALUX, S.A.

- **Obtención de materias primas y componentes:**
 - Producto con batería de **NiMH** (batería sin metales pesados).
 - Circuito impreso libre de halogenuros.
- **Producción:**
 - Utilización de plástico reciclado en piezas internas (no vistas) y eliminación 100% de los residuos internos.
- **Uso o utilización:**
 - Optimización del circuito interno, hasta lograr una **reducción del 50% en el consumo de energía** del aparato.
- **Fin de vida:**
 - Optimización de la **información al usuario** de cara al fin de vida.



ANTES



DESPUÉS

daisalux



Exemplos

OS 10 Produtos mais verdes, segundo a classificação da PC WORLD americana.

<http://pcworld.uol.com.br/revista/>

http://idgnow.uol.com.br/computacao_pessoal/2007/08/03/idgnotida.2007-08-03.5195094170/



Desktop reciclável HP rp5700

O rp5700, da HP, vem com um chipset de baixa consumo de energia, é feito de plástico reciclado e possui 80% de eficiência em alimentação de energia, estabelecida pelo Energy Star 4.0. Ganhou a classificação Gold (ouro) no EPEAT (Electronic Product Environmental Assessment Tool), o que significa que atende aos critérios obrigatórios.



Exemplos

OS 10 Produtos mais verdes, segundo a classificação da PC WORLD americana.

<http://pcworld.uol.com.br/revista/>

http://idgnow.uol.com.br/computacao_pessoal/2007/08/03/idgnotida.2007-08-03.5195094170/



Dell Latitude D630

O notebook Latitude D630 possui tanto certificado Energy Star 4.0 quanto EPEAT Gold, o que significa que ele atende a todos os critérios obrigatórios e 75% dos critérios opcionais descritos no padrão IEEE 1680 em desempenho ambiental. Para consumidores, a Dell recolhe velhos produtos e recicla um adquirido Latitude D630 (próximo do fim) gratuitamente.



Exemplos

OS 10 Produtos mais verdes, segundo a classificação da PC WORLD americana.

<http://pcworld.uol.com.br/revista/>

http://idgnow.uol.com.br/computacao_pessoal/2007/08/03/idgnotida.2007-08-03.5195094170/



Toshiba Portege R500

O fino e elegante Portege R500 da Toshiba também ganhou a certificação Gold no EPEAT, o que significa que atende a todos os critérios obrigatórios. Este ultra-portátil de doze polegadas tem certificado Energy Star 4.0, e a Toshiba recicla seus próprios produtos de graça.

Exemplos

OS 10 Produtos mais verdes, segundo a classificação da PC WORLD americana.

<http://pcworld.uol.com.br/revista/>

http://idgnow.uol.com.br/computacao_pessoal/2007/08/03/idgnotida.2007-08-03.5195094170/



Nokia N95

A Nokia está classificada em primeiro lugar entre as 14 empresas no guia 2007 do Greenpeace para eletrônicos verdes pelo seu compromisso em banir substâncias tóxicas como o PVC e BFR. O seu celular N95 (câmera digital de cinco megapixels e GPS) é um aparelho multifuncional que reduz o hardware que você vai precisar reciclar.



Exemplos

OS 10 Produtos mais verdes, segundo a classificação da PC WORLD americana.

<http://pcworld.uol.com.br/revista/>

http://idgnow.uol.com.br/computacao_pessoal/2007/08/03/idgnotida.2007-08-03.5195094170/

The screenshot shows the Greenest Host website interface. At the top right, there is a large green number '5' indicating a ranking. Below it, there is a search bar and a navigation menu. The main content area features a large image of a person in a field with arms raised, and a list of green hosting services. The services are categorized into three columns: 'Mais Verde', 'Mais Verde', and 'Mais Verde'. Each category lists several hosting providers with their respective features and prices. A circular logo on the right side of the page reads 'Greenest Host' and 'The Greenest Host'. At the bottom of the page, there are logos for 'VPS' and 'Greenest Host'.

Hospedagem mais verde

Inteiramente alimentado por painéis solares, o Greenest Host também usa propano, elemento que garante o fornecimento de energia para os geradores mesmo como céu está nublado. Os preços começam com US\$ 15 por mês, comparáveis aos seus concorrentes mais fortes, segundo a empresa.



Exemplos

OS 10 Produtos mais verdes, segundo a classificação da PC WORLD americana.

<http://pcworld.uol.com.br/revista/>

http://idgnow.uol.com.br/computacao_pessoal/2007/08/03/idgnotida.2007-08-03.5195094170/



6

Carregador híbrido universal Solio

A Better Energy Systems, que fabrica esse carregador em formato de hélice, afirma que você pode recarregar seu celular, iPod, câmera digital e outros portáteis usando a fonte mais limpa possível: a energia solar. A empresa afirma que uma hora de luz solar pode render 25 minutos de conversas telefônicas e uma hora de música no iPod.



Exemplos

OS 10 Produtos mais verdes, segundo a classificação da PC WORLD americana.

<http://pcworld.uol.com.br/revista/>

http://idgnow.uol.com.br/computacao_pessoal/2007/08/03/idgnotida.2007-08-03.5195094170/



7

Zonbu Zonbox

A empresa Zonbu obteve seu certificado Gold no EPEAT com um PC de emissão zero de poluentes, com base no seu baixo consumo de energia e na doação de fundos para fundos ambientais. Este desktop vem com Linux e custa US\$ 99 mais uma assinatura mensal que começa com US\$ 13 dependendo, do armazenamento (25 GB a 100 GB) necessário.

Exemplos

OS 10 Produtos mais verdes, segundo a classificação da PC WORLD americana.

<http://pcworld.uol.com.br/revista/>

http://idgnow.uol.com.br/computacao_pessoal/2007/08/03/idgnotida.2007-08-03.5195094170/



8

WD Caviar GP

A Western Digital projetou seu drive de 1 TB para empregar 40% menos energia do que outros drives de desktop de 3,5 polegadas, ao usar três novas tecnologias: o IntelliPower otimiza a velocidade de rotação, transferência de dados e tamanho de cache; ele ainda reduz o consumo de energia quando o drive não está lendo ou gravando dados; e otimiza a velocidade de busca.

Exemplos

OS 10 Produtos mais verdes, segundo a classificação da PC WORLD americana.

<http://pcworld.uol.com.br/revista/>

http://idgnow.uol.com.br/computacao_pessoal/2007/08/03/idgnotida.2007-08-03.5195094170/



Asus EcoBook Concept

O EcoBook é somente um conceito, por enquanto – não será lançado até o próximo ano – mas mal podemos esperar para vê-lo em ação. A Asus declara que conseguiu com sucesso fabricar um case de laptop com bambu, que substitui os plásticos e produtos químicos de difícil reciclagem.

Exemplos

OS 10 Produtos mais verdes, segundo a classificação da PC WORLD americana.

<http://pcworld.uol.com.br/revista/>

http://idgnow.uol.com.br/computacao_pessoal/2007/08/03/idgnotida.2007-08-03.5195094170/



Impressão verde

Quando você imprime uma página da web, fica incomodado vendo códigos em HTML ou qualquer outra coisa incompreensível? Bem, acabe com isso e economize papel com o programa GreenPrint. Quando for imprimir, ele avisa sobre as páginas em branco, páginas somente com borda, folhas com apenas uma linha de texto e outras situações de desperdício de papel.



Exemplos

OS 10 Produtos mais verdes, segundo a classificação da PC WORLD americana.

<http://pcworld.uol.com.br/revista/>

http://idgnow.uol.com.br/computacao_pessoal/2007/08/03/idgnoticia.2007-08-03.5195094170/

1



Desktop reciclável HP rp5700

O rp5700, da HP, vem com um chipset de baixa consumo de energia, é feito de plástico reciclado e possui 80% de eficiência em alimentação de energia, estabelecida pelo Energy Star 4.0. Ganhou a classificação Gold (ouro) no EPEAT (Electronic Product Environmental Assessment Tool), o que significa que atende aos critérios obrigatórios.

2



Dell Latitude D630

O notebook Latitude D630 possui tanto certificado Energy Star 4.0 quanto EPEAT Gold, o que significa que ele atende a todos os critérios obrigatórios e 75% dos critérios opcionais descritos no padrão IEEE 1680 em desempenho ambiental. Para consumidores, a Dell recolhe velhos produtos e recicla um adquirido Latitude D630 (próximo do fim) gratuitamente.

3



Toshiba Portege R500

O fino e elegante Portege R500 da Toshiba também ganhou a certificação Gold no EPEAT, o que significa que atende a todos os critérios obrigatórios. Este ultra-portátil de doze polegadas tem certificado Energy Star 4.0, e a Toshiba recicla seus próprios produtos de graça.

4



Nokia N95

A Nokia está classificada em primeiro lugar entre as 14 empresas no guia 2007 do Greenpeace para eletrônicos verdes pelo seu compromisso em banir substâncias tóxicas como o PVC e BFR. O seu celular N95 (câmera digital de cinco megapixels e GPS) é um aparelho multifuncional que reduz o hardware que você vai precisar reciclar.

5



Hospedagem mais verde

Inerentemente alimentado por painéis solares, o GreenHost também usa propano, elemento que garante o fornecimento de energia para os geradores mesmo como céu está nublado. Os preços começam com US\$ 15 por mês, com parâmetros aos seus concorrentes mais fortes, segundo a empresa.

6



Carregador híbrido universal Solio

A Better Energy Systems, que fabrica esse carregador em formato de bêlica, afirma que você pode recarregar seu celular, iPod, câmera digital e outros portáteis usando a fonte mais limpa possível: a energia solar. A empresa afirma que uma hora de luz solar pode render 25 minutos de conversas telefônicas e uma hora de música no iPod.

7



Zonbu Zonbox

A empresa Zonbu obteve seu certificado Gold no EPEAT com um PC de emissão zero de poluentes, com base no seu baixo consumo de energia e na doação de fundos para fundos ambientais. Este desktop vem com Linux e custa US\$ 99 mais uma assinatura mensal que começa com US\$ 13 dependendo do armazenamento (25 GB a 100 GB) necessário.

8



WD Caviar GP

A Western Digital projetou seu drive de 1 TB para empregar 40% menos energia do que outros drives de desktop de 3,5 polegadas, ao usar três novas tecnologias: o Intel iPower otimiza a velocidade de rotação, transferência de dados e tamanho de cache; ele ainda reduz o consumo de energia quando o drive não está lendo ou gravando dados; e otimiza a velocidade de busca.

9



Asus EcoBook Concept

O EcoBook é somente um conceito, por enquanto – não será lançado até o próximo ano – mas mal podemos esperar para vê-lo em ação. A Asus declara que conseguiu com sucesso fabricar um case de laptop com bambu, que substitui os plásticos e produtos químicos de difícil reciclagem.

10



Impressão verde

Quando você imprime uma página da web, fica incomodado vendo códigos em HTML ou qualquer outra coisa incompreensível? Bem, acabe com isso e economize papel com o programa GreenPrint. Quando for imprimir, ele avisa sobre as páginas em branco, páginas somente com borda, folhagem com apenas uma linha de texto e outras situações de desperdício de papel.



Engenharia de
Produção

Estudo de Caso - ACV

□ Álcool Combustível





Justificativas



Aspectos Positivos:

- Alto potencial do setor sucroalcooleiro-energético
- Álcool: combustível de fonte renovável; alternativo e menos poluente que os fósseis durante a combustão e estratégico para o Brasil e Estado de São Paulo

•Aspectos Negativos:

- Impactos Ambientais Negativos: agrotóxicos, queimada, erosão, perda de biodiversidade, problemas de saúde, etc.

- Perdas energéticas

- **Melhorar eficiência ambiental, produtiva e energética**



Engenharia de
Produção

Ciclo de Vida do Álcool Combustível



UTILIZAÇÃO

**PROCESSAMENTO
E EXTRAÇÃO DA
MATÉRIA PRIMA**



DISTRIBUIÇÃO

PRODUÇÃO



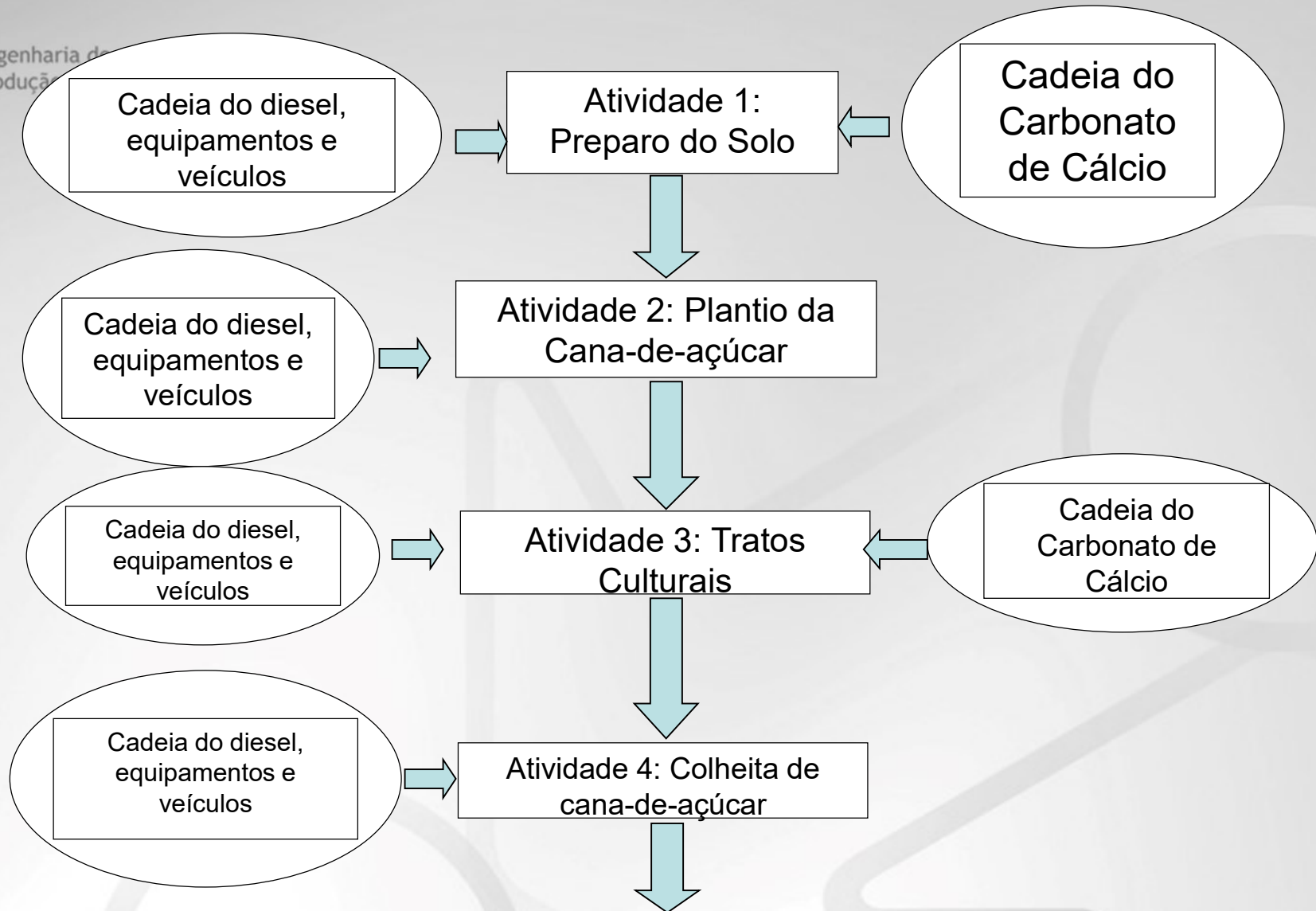
RECICLAGEM



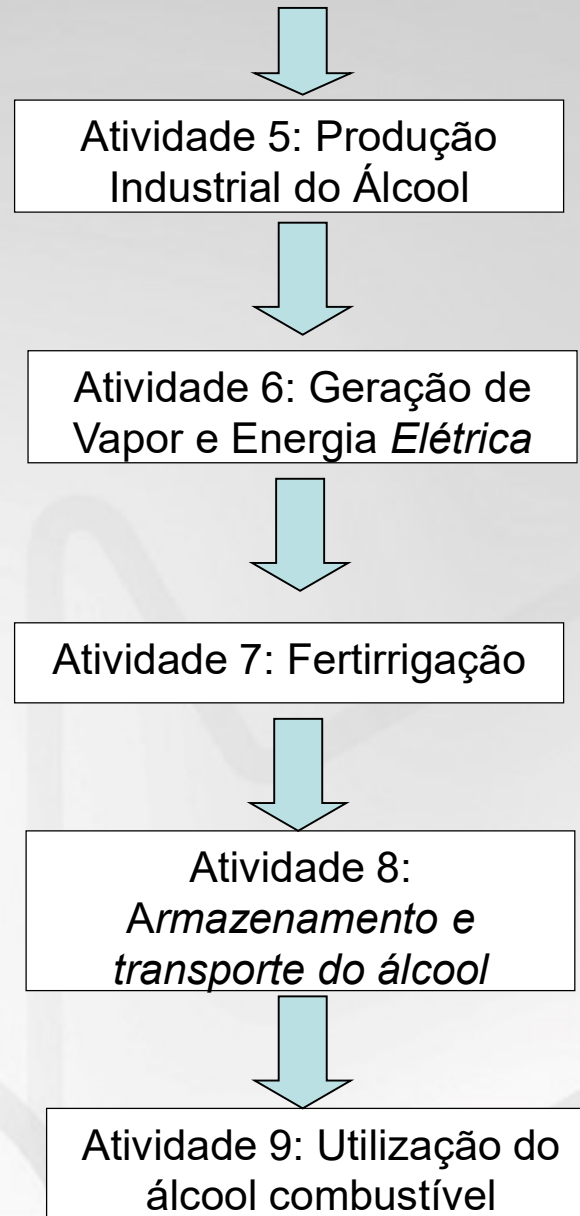
USP



Escola de Engenharia
de São Carlos



Quadro 01: Limite do volume de controle para a avaliação do ciclo de vida do álcool combustível



Quadro 01: Limite do volume de controle para a avaliação do ciclo de vida do álcool combustível

Resultados ACV do álcool combustível:

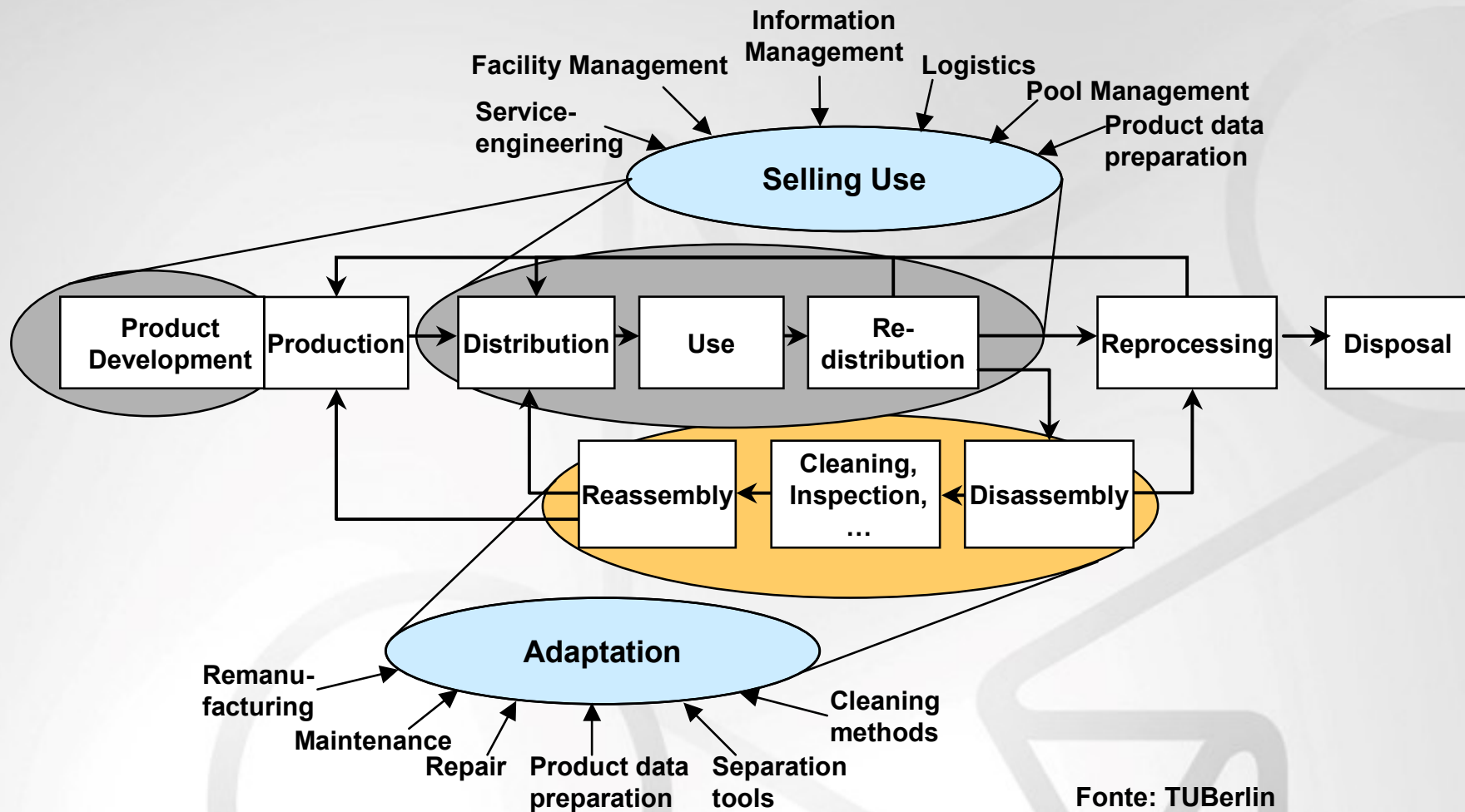
- **Consumo de Recursos Renováveis: Produção Industrial é grande consumidora de água**
- **Consumo de Recursos Não Renováveis: Atividades agrícolas**
- **Energia Elétrica: há excedente**
- **Efeito Estufa: colheita queimada é a grande contribuidora**
- **Formação de Ozônio a Baixa atmosfera: colheita queimada é a grande contribuidora**
- **Acidificação: colheita queimada e o uso de álcool**
- **Eutrofização: tratos culturais pela aplicação de fertilizantes**
- **Ecotoxicidade: aplicação de herbicidas no preparo e nos tratos culturais**
- **Toxicidade humana: colheita de cana queimada**

Conclusões

- ❑ E&GCV: Interação das posturas preventivas da localização e tipologia na gestão ambiental
- ❑ Ecoinovação com tecnologias mais limpas em produtos (bens e serviços) e processos
- ❑ Ganho ambiental, econômico e social:
SUSTENTABILIDADE
- ❑ Economia de Ciclo de Vida: possibilidade para a sustentabilidade

Conclusões

Nova Ordem: *Cycle Economy*



Fonte: TUBerlin