

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

PQI 3535: Avaliação de Ciclo de Vida (ACV)



Isadora LC Cunha
Luiz Kulay

SUSTENTABILIDADE

Introdução à Sustentabilidade: a Crise Ecológica Início dos tempos

- Sistema de Vida: interação entre elementos para **garantia** da sobrevivência
- Recursos são destinados (apenas) para necessidade básicas: **alimentação** e **proteção**

- Equilíbrio: consumo \rightleftharpoons recomposição natural

Capacidade suporte:
é a capacidade de um ecossistema ou, de uma região, para suportar **SUSTENTADAMENTE** um número máximo de população humana sob um dado sistema de produção

- Respeitada à capacidade de suporte \rightarrow indivíduos seriam **sustentados** indefinidamente

Introdução à Sustentabilidade: a Crise Ecológica Surgimento do Homem...

- Surgimento do *Homo Sapiens*: foco da **origem** da crise ecológica
- Revolução: capacidade de **pensar** e **criar**
- Busca pelos recursos de **sobrevivência**
 - Início: instintiva (= outras espécies animais **não racionais**...)
 - Depois: racional \rightarrow **desequilibrada** = Consumo > Recomposição
- Tragédia anunciada: sânscrito védico – 1.500 a.C.

*“Nossa sobrevivência depende desse punhado de solo.
Se cuidarmos dele, nos proverá nosso alimento, nosso abrigo e nos cercará de beleza.”*
- Vaticínio:

“Se abusarmos desse punhado de solo, ele entrará em colapso e morrerá, levando a humanidade consigo.”
- Bem, para muitos, a **CRISE CHEGOU**:

O punhado de solo entrou em colapso. A capacidade de suporte se esgota mais rapidamente a cada ano...

Ecosistema Planeta Terra: Criando o Cenário (= a 'Casa')

Linha do Tempo

- BIG BANG: origem do Universo: ~ 13,5 bilhões de anos
 - Surgimento do Planeta Terra: 4,5 bilhões de anos
 - Surgimento da Vida: 3,5 bilhões de anos
 - Surgimento do *Homo Sapiens*: 2 milhões de anos
 - Degradação expressiva do planeta: 200 anos
-

Ecosistema Planeta Terra: Criando o Cenário (= a 'Casa')

- Biosfera:
 - região do planeta na qual vivem todos os organismos vivos
 - contém os elementos necessários para a manutenção da vida (água, luz, calor, solo, etc.)
 - Serviços prestados
 - Fornecimento de alimentos
 - Regulação de processos climáticos
-

Ecosistema Planeta Terra: Criando o Cenário (= a 'Casa')

- Foram necessários 100.000 anos para formação da Biosfera
 - **Atmosfera:** meio constituído por mistura de gases: 78% N₂; 21% O₂ e 1,0% outros (Ar, CO₂, CH₄, etc.)

- Serviços prestados
 - Depósito e fornecimento de recursos naturais gasosos

 - Proteção contra radiação UV (Camada de Ozônio)

 - Regulação da temperatura ⇔ Manutenção do calor (Efeito Estufa)

 - Circulação de água (Ciclo Hidrológico)

 - Transporte de ondas eletromagnéticas

Ecosistema Planeta Terra: Criando o Cenário (= a 'Casa')

- Hidrosfera: conjunto dos recursos hídricos: rios, lagos, oceanos, águas subterrâneas e geleiras
 - Distribuição:
 - Água salgada 97%
 - Água doce 3,0%:
 - ✓ Geleiras (68,7%)
 - ✓ Águas subterrâneas (30,1%)
 - ✓ Águas superficiais (0,30%): Lagos (87%), Pântanos (11%), Rios (2,0%), Outras (0,90%)

- Serviços prestados
 - Depósito e fornecimento de recursos naturais líquidos e bióticos

 - Solvente universal (sangue, seiva, plasma celular, ...)

 - Fonte de energia (marés)

 - Meio de transporte (deslocamento de embarcações)

Ecosistema Planeta Terra: Criando o Cenário (= a 'Casa')

- Litosfera: meio sólido constituído por rochas e minerais
- Componentes:
 - Elementos: O, Si e Al
 - Rochas: feldspato (granito), sílica (quartzos, areia) e mica

- Tipos de solo:
 - Solo sobre placas rígidas de rocha
 - Solo: meio composto por sólidos (em geral particulados) resultantes de alteração das rochas; restos da decomposição animal e vegetal; água e seres vivos

- Serviços prestados
 - Depósito e fornecimento de recursos naturais minerais
 - Substrato para agricultura

Ecosistema Planeta Terra: Desenvolvimento Sustentável vs. Sustentabilidade

- Conscientização: observando com mais cuidado seus termos

*Desenvolvimento sustentável é aquela que atende **necessidades**
gerações atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras
em atender suas necessidades*

Ecosistema Planeta Terra:
Desenvolvimento Sustentável vs. Sustentabilidade

DIVERGÊNCIA → IMPASSE → CONFLITO

Necessidade

vs.

Desejo

Ecosistema Planeta Terra:
Desenvolvimento Sustentável vs. Sustentabilidade

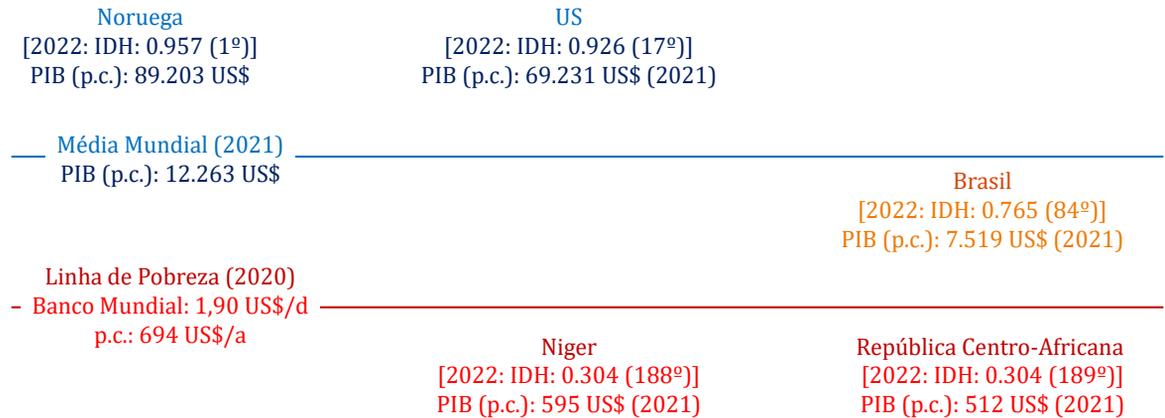
- Conscientização: observando com mais cuidado seus termos

Desenvolvimento sustentável é aquele que atende as necessidades das
gerações atuais *em comprometer a capacidade das gerações futuras*
em atender suas necessidades

Brundtland, G. H. **Nosso futuro comum**
Comissão mundial sobre meio ambiente e desenvolvimento (1987)

Ecosistema Planeta Terra:
Desenvolvimento Sustentável vs. Sustentabilidade

DIVERGÊNCIA → IMPASSE → CONFLITO



Ecosistema Planeta Terra:
Desenvolvimento Sustentável vs. Sustentabilidade

- Conscientização: observando com mais cuidado seus termos

*Desenvolvimento sustentável é aquele que atende as necessidades das gerações atuais sem comprometer a capacidade da **geração futura** em atender suas necessidades*

Ecosistema Planeta Terra: Desenvolvimento Sustentável

- Estoque de átomos é finito
- Recursos (não renováveis) são finitos
- Número de gerações é indefinido
- Problemas econômicos e desigualdade social são crescentes
- Desenvolvimento Sustentável: Impossível ?!



Alternativa:
otimização do aproveitamento dos
recursos naturais

Ecosistema Planeta Terra: Sustentabilidade

*“Sustentabilidade é a condição do **sistema Planeta Terra** que permite a **manutenção da vida humana** para a geração atual e as gerações futuras”*

*“Sustentabilidade é a condição dos **recursos naturais** do **ecossistema Planeta Terra** que permite a sua **manutenção** para a **geração atual** e as gerações **futuras**”*

Desenvolvimento Sustentável: Necessidades

- Necessidades básicas para manutenção da vida (= fisiológicas): alimentação e proteção

Alimentação:



X



Proteção:



X



Desenvolvimento Sustentável e Sustentabilidade

Desenvolvimento sustentável é aquele que atende as necessidades das gerações atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras em atender suas necessidades

VS.

*“Sustentabilidade é a condição do **sistema Planeta Terra** que permite a **manutenção da vida humana** pela geração atual e pelas gerações futuras”*

Desenvolvimento Sustentável e Sustentabilidade

- Necessidades básicas para manutenção da vida (= fisiológicas):
 - Alimentação e Saúde
 - Proteção

 - Necessidades sociais: manutenção da qualidade de vida
 - Educação
 - Cultura
 - Lazer
 - Locomoção
-

Desenvolvimento Sustentável e Sustentabilidade

Desenvolvimento sustentável é aquele que atende as necessidades das gerações atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras em atender suas necessidades

“Sustentabilidade é a condição do sistema Planeta Terra que permite a manutenção da vida humana para a geração atual e as gerações futuras”

“Sustentabilidade é a condição do sistema Planeta Terra que permite a manutenção da vida humana e da qualidade de vida para a geração atual e as gerações futuras”

Desenvolvimento Sustentável e Sustentabilidade

NECESSIDADES

- Necessidades são satisfeitas por produtos
 - Fonte de recursos → produtos: recursos naturais
 - Processo produtivo → consumo de recursos naturais
-

Desenvolvimento Sustentável e Sustentabilidade

CONSUMO DE RECURSOS NATURAIS



PRODUTOS



ATENDIMENTO DE NECESSIDADES

Desenvolvimento Sustentável e Sustentabilidade

Desenvolvimento sustentável é aquele que atende as necessidades das gerações atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras em atender suas necessidades

“Sustentabilidade é a condição do sistema Planeta Terra que permite a manutenção da vida humana para a geração atual e as gerações futuras”

“Sustentabilidade é a condição do sistema Planeta Terra que permite a manutenção da vida humana e da qualidade de vida para a geração atual e as gerações futuras”

“Sustentabilidade é a condição do ecossistema Terra que permite a manutenção dos recursos naturais para a geração atual e as gerações futuras”

Desenvolvimento Sustentável e Sustentabilidade

DESEJOS

- Necessidades supérfluas
- Necessidade de inserção social: **consumismo**
- Obsolescência programada: **crime inafiançável**



“What are the things that we really need?”

Desenvolvimento Sustentável: Triple Bottom Line

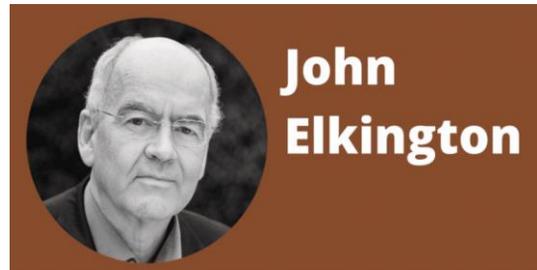


Desenvolvimento Sustentável: Triple Bottom Line

John Elkington e o Triple Bottom Line

Em meados da década de 1990, buscando fazer "medições" de sustentabilidade, John Elkington criou uma nova estrutura para medir o desempenho das empresas e organizações. Essa estrutura é chamada de Triple Bottom Line (TBL), conhecida também como o Tripé da Sustentabilidade.

O Triple Bottom Line se diferencia dos outros modelos de gestão pois ele vai além das medidas tradicionais de lucros, e inclui as dimensões ambientais e sociais. No Tripé da Sustentabilidade, a questão é reconhecer os impactos negativos causados pela atividade da empresa e trabalhar para que esses impactos sejam em sua maioria positivos e sempre levando em consideração os aspectos econômicos, sociais e ambientais.



Dessa forma, o tripé da sustentabilidade é baseado em 3 pilares: Economia, Sociedade e Meio Ambiente. Esses três pilares também são conhecidos como os 3 Ps: People, Planet and Profit (pessoas, planeta e lucro).

Pensar na analogia do tripé é uma forma que facilita bastante entender esse modelo. Assim, como um tripé precisa dos três pilares para se manter de pé, o Tripé da Sustentabilidade só funciona se seus 3 pilares estiverem em equilíbrio.

EXERCÍCIO DE FIXAÇÃO n.1

PQI 3535 – AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA

Exercício n.1

Queremos conhecer um pouco do quanto vocês sabem neste momento sobre Impactos Ambientais. Para isso, optamos por realizar um exercício de comparação entre esses efeitos. Cada grupo de estudantes deverá preencher a Tabela 1 indicada a seguir, colocando a sua percepção coletiva sobre o tema. Trata-se de um exercício subjetivo; portanto, não há um 'resultado' certo, ou errado quanto a importância relativa das categorias ambientais entre si. Por outro lado, é fundamental que haja consenso dentro da equipe.

A lógica a ser usada para o preenchimento da tabela é simples: os impactos que forem considerados como sendo de maior importância, deverão receber pontuação mais elevada em uma escala arbitrária que a equipe defina. | Feito isso, os valores serão somados e vocês deverão, então, normalizá-los para contribuições relativas (ou seja, valores percentuais), dividindo cada parcela pelo 'TOTAL DE PONTOS' obtido.

Exemplo:

Após realizar um breve debate, o grupo atribuiu 80 pontos para Mudanças Climáticas em uma escala cujo limite máximo foi estabelecido em 100 pontos. Ao avaliar a seguir a Acidificação a equipe irá compará-la com a categoria de impacto anterior. Imaginando que neste julgamento, a Acidificação tenha importância menor do que Mudanças Climáticas, a ela poderia, então, ser atribuído (p.e.) um total de 50 pontos.

Supondo que a categoria seguinte fosse Toxicidade Humana, e os avaliadores chegassem ao consenso de que ela é mais importante do que Acidificação, mas, ao mesmo tempo, menos expressiva que Mudanças Climáticas. A partir dessa análise qualitativa, o grupo conclui que seria razoável que Toxicidade Humana recebesse (p.e.) 70 pontos. O procedimento de comparar a categoria de impacto seguinte com aquelas já analisadas, deverá ser aplicado de maneira sucessivamente. Ao longo do processo, é sempre possível corrigir totais de pontos que já haviam sido atribuídos.

Imaginemos agora que a somatória das pontuações atribuídas perfizesse um total de 500 pontos obtidos. Diante desse montante, a contribuição relativa da categoria de impacto de Mudanças Climáticas será:

$$MC = \left(\frac{80}{500} \right) \times 100\% = 16\%$$

Nos casos em que o grupo não tiver conhecimentos suficientes sobre certa categoria para, sequer, confrontar sua magnitude às demais, o impacto deve receber uma indicação do tipo 'Não Classificada' (NC) no campo correspondente à sua pontuação disponível no Quadro Resposta. Esse procedimento deve ser evitado ao extremo, servindo apenas para situações excepcionais, nas quais, a ausência de informação inviabilize completamente a comparação. O impacto classificado com (NC) não poderá ser relativizado, deixando, por isso mesmo, de fazer parte da análise coletiva para a qual esses indicadores servirão mais tarde.

Solução

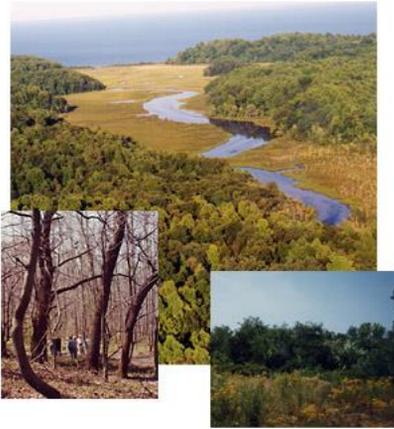
Tabela 1: Quadro Resposta: Percepção subjetiva quanto a importância das categorias de impacto

CATEGORIAS DE IMPACTO	Pontuação Absoluta (escala arbitrária)	Pontuação Relativa (valores expressos em %)
Depleção de Recursos Fósseis		
Depleção de Minerais		
Depleção de Água		
Mudanças Climáticas		
Depleção de Ozônio Estratosférico		
Formação de Ozônio Troposférico		
Acidificação		
Toxicidade Humana		
Ecotoxicidade Aquática		
Ecotoxicidade Terrestre		
Uso do Solo		
Transformação do Solo		
Biodiversidade		
Total de Pontos		100%

Feita a distribuição dos pontos, indique no campo a seguir, o raciocínio e as premissas que o grupo aplicou para realizar suas escolhas e consequente escalonamento.

Antroposfera: a Crise da Sustentabilidade

Três Grandes Desafios para a SUSTENTABILIDADE



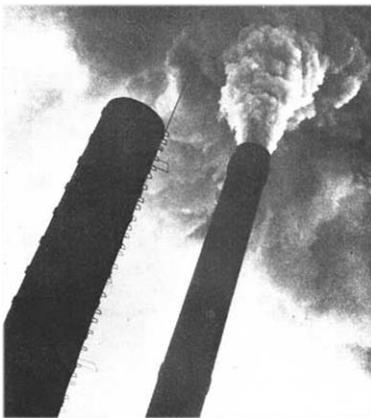
Garantir a
disponibilidade de
recursos naturais

1

Primeiro Relatório do Clube de Roma (1971): **“Os limites do Crescimento”**

Antroposfera: a Crise da Sustentabilidade

Três Grandes Desafios para a SUSTENTABILIDADE



Não ultrapassar os
limites da Biosfera,
além de assimilar
resíduos e poluição

2

Relatório do Clube de Roma (1992): **“Além dos Limites”**

Antroposfera: a Crise da Sustentabilidade

Três Grandes Desafios para a SUSTENTABILIDADE



França intercepta 300 imigrantes ilegais no Mediterrâneo (22/09/2008)

Reduzir a
pobreza
no mundo

3

Antroposfera: a Crise da Sustentabilidade

*Acabou a era da **Abundância**, estamos
(sobre)vivendo na era da **Escassez***

SOLUÇÕES: OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (ODS)

Há solução para esse problema?

Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS):

Apelo global para acabar com a pobreza, proteger o meio ambiente e o clima e **garantir** que pessoas, **em todos os lugares**, possam desfrutar de paz e de prosperidade

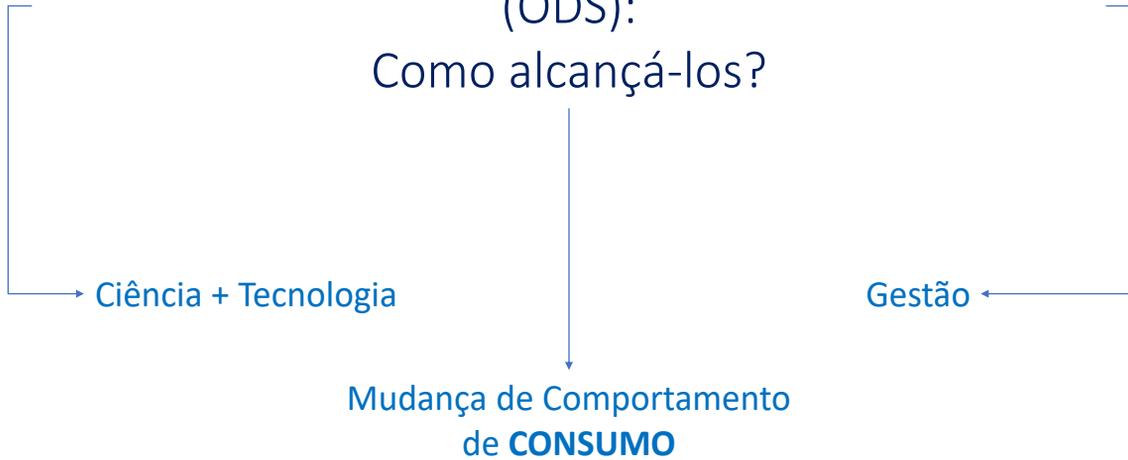
Objetivos para os quais as Nações Unidas estão contribuindo a fim de atingir a **Agenda 2030**



<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>

OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (ODS):

Como alcançá-los?



PROCESSO DE TOMADA DE DECISÃO



Processo de Tomada de Decisão



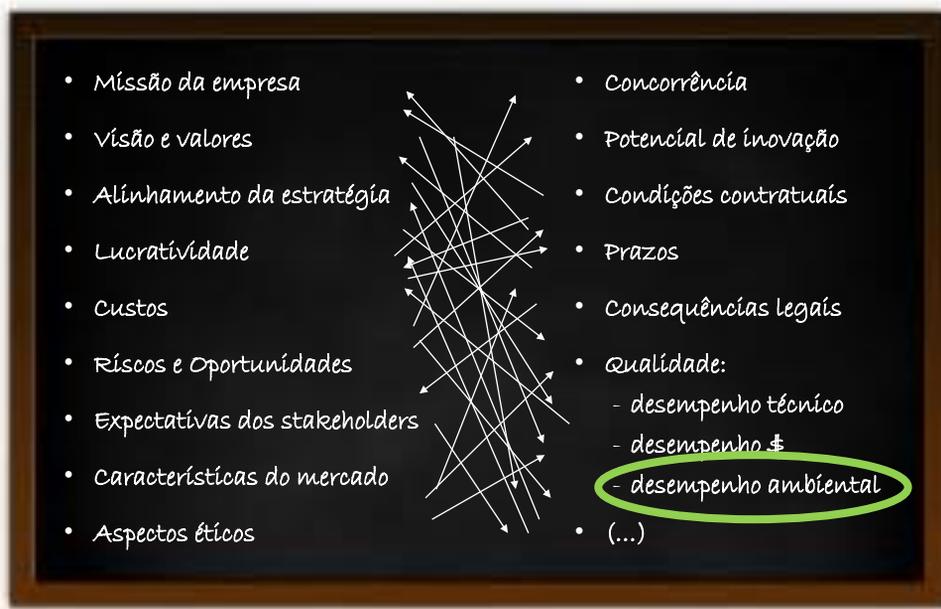
O que considerar quando se vai adquirir um automóvel?



Okay..., mas há uma forma organizada para exercitar o processo de tomada de decisão



Crítérios Corporativos para tomada de decisão



DESEMPENHO AMBIENTAL

Como medir desempenho ambiental?

Talvez a resposta mais cientificamente correta para essa pergunta seja:

‘Fazendo uma Avaliação do Ciclo de Vida!’

Ok..., bem, a pergunta que naturalmente se segue a esse é:

O que é isso afinal de contas?

Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é uma técnica capaz de avaliar impactos ambientais associados a todas as etapas da vida de um produto (processo ou serviço), constituídas para efeito do atendimento de um função

ACV pode apoiar o processo de tomada de decisão porque aplica abordagens sistêmicas e quantitativas

ACV é uma técnica de diagnóstico. Sua aplicação fornece uma foto (radiografia, tomografia, ressonância magnética, ...) do objeto de análise

ACV leva em conta o Life Cycle Thinking, e coincidir em termos de filosofia com o Triple Bottom Line

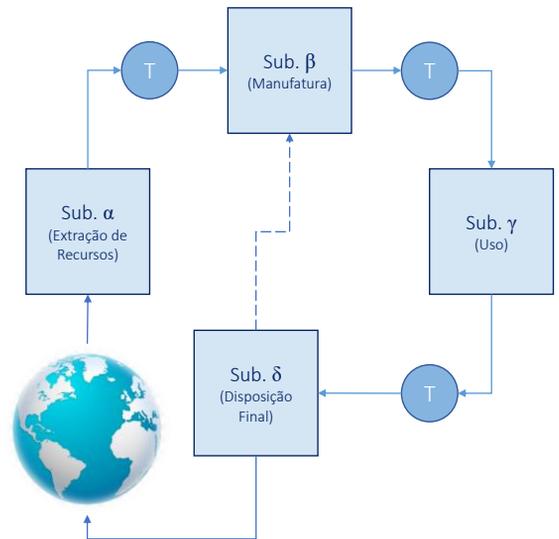
Antes disso, talvez seja melhor esclarecer o conceito de Ciclo de Vida

Ciclo de vida: conjunto de estágios sucessivos e encadeados de um sistema de produto, desde a aquisição da matéria-prima ou geração de recursos naturais sua disposição final (ou reaproveitamento)

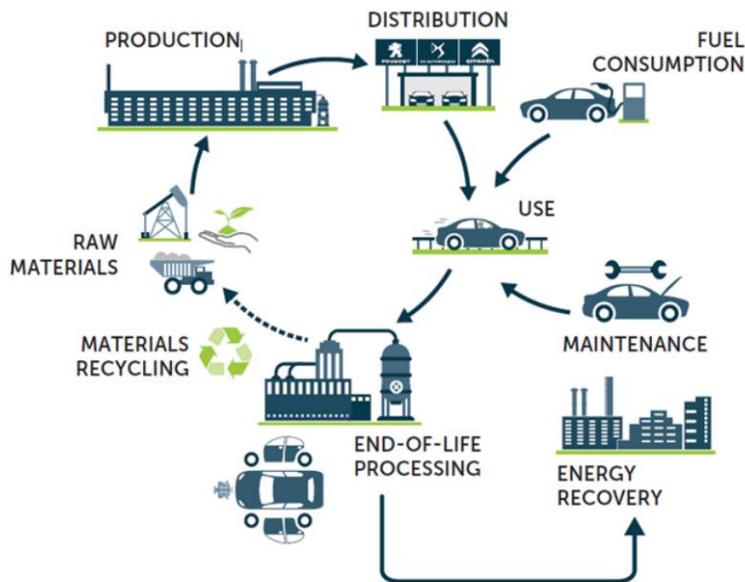
Sistema de produto: conjunto de sistemas (= Σ subsistemas = $\Sigma\Sigma$ operações) conectadas material e energeticamente, e que realizam (ou atendem a) uma (ou mais) funções definidas

ISO 14040 (2015)

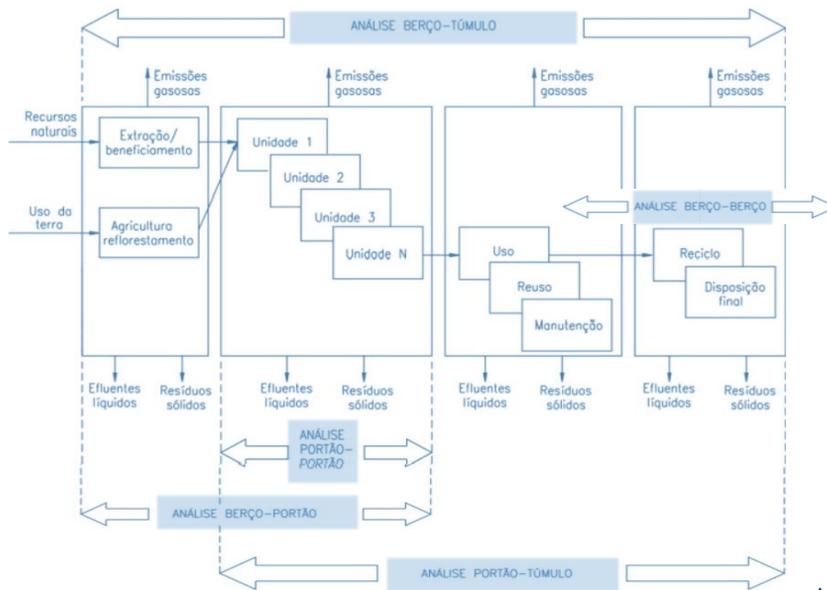
A abordagem de Ciclo de Vida expande os focos tradicionais de abordagem, restritos a uma etapa (foco sobre processo), ou mesmo toda a cadeia de produção (foco sobre o produto), para incorporar outros aspectos associados a um produto (serviço ou processo) ao longo de todo seu ciclo de vida (foco sobre a função)



Exemplo de Ciclo de Vida: mobilidade de pessoas



Possíveis abordagens para um estudo de ACV



Adaptado de Bauer (2013)