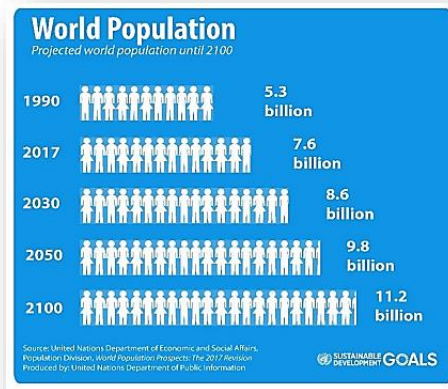


## Resumos M.D.S.

Aos longo dos anos, tem-se assistido a um aumento da população mundial, que por sua vez aumenta a procura/exploração dos recursos naturais.

Este aumento da procura dos recursos, promove um aumento do consumo per-capita.



### Exemplos de consumo de água:



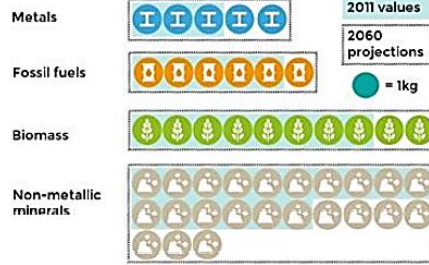
### De que forma este consumo afeta o planeta?

O Dia da Sobrecarga da Terra exemplifica o uso excessivo dos recursos naturais, levando a um déficit ecológico.



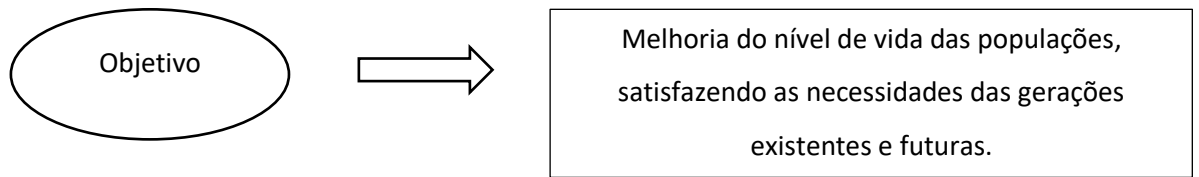
## Uso de materiais per capita por dia

### Materials use per capita per day



## Sustentabilidade

Abordagem holística que envolve a dimensão ambiental, social e económica, funcionando em simbiose para uma prosperidade duradoura.



## Sustentabilidade Ambiental

Gestão eficiente dos recursos

Minimização do impacto ao nível ambiental

## Sustentabilidade Social

Igualdade de oportunidades para todos os indivíduos

Sociedade que permita a inclusão social e distribuição equitativa de bens

Respeito na diversidade das comunidades locais

## Sustentabilidade Económica

Eficiência económica e prosperidade da sociedade

Geração de riqueza nas organizações e promoção de um emprego digno

### Sustentabilidade forte



Ambiente e justiça social



Não se foca no crescimento económico

### Sustentabilidade fraca



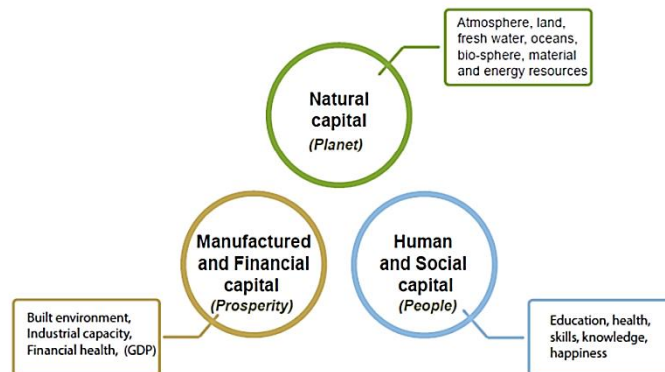
Não se recorre à Natureza



Foca-se no crescimento económico

## Desenvolvimento sustentável

Estado menos sustentável  $\rightleftharpoons$  Estado mais sustentável

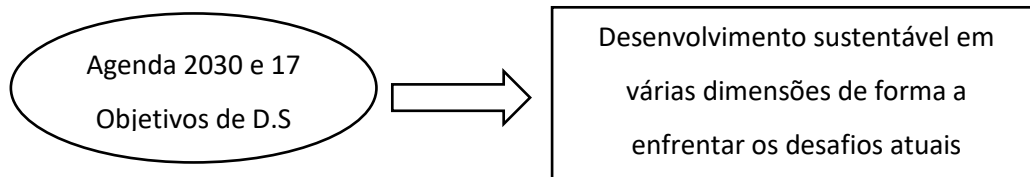


Reconhecimento da importância dos capitais social e natural



Diminuição do consumo de recursos, emissão de gases e da desigualdade social

### Como alcançar este objetivo?



## Abordagem para sistemas complexos

### 1) Definir o problema

Criar um “objetivo principal”, tendo só impacto se a escala temporal for adequada e a cota de mercado significativa.

### 2) Identificar as partes interessadas e as suas preocupações

Stakeholders (parte interessada) são indivíduos ou organizações que são afetados pela articulação.

### 3) Estudar os dados existentes

Deve-se estudar o impacto ambiental e a energia necessária.

### 4) Estabelecer uma opinião fundamentada considerando os impactos nos três capitais

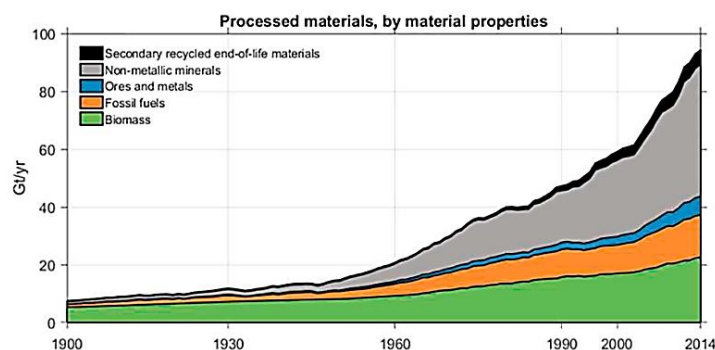
### 5) Alternativas

## Materiais e sustentabilidade

Estima-se que o consumo de materiais irá aumentar até 2060, passando dos 79 Gt em 2011 para 167 Gt em 2060.

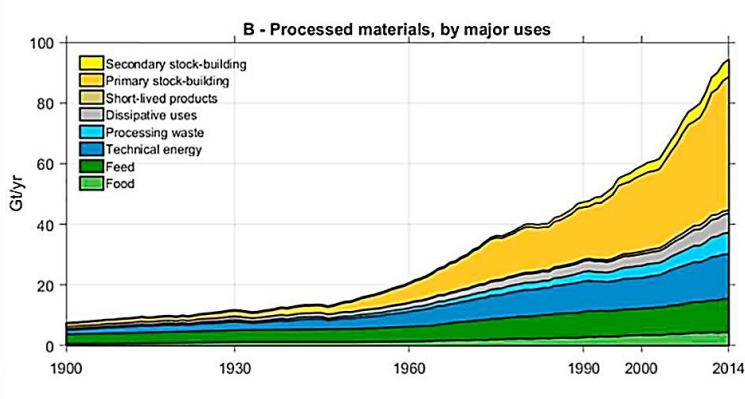


## Materiais por propriedades

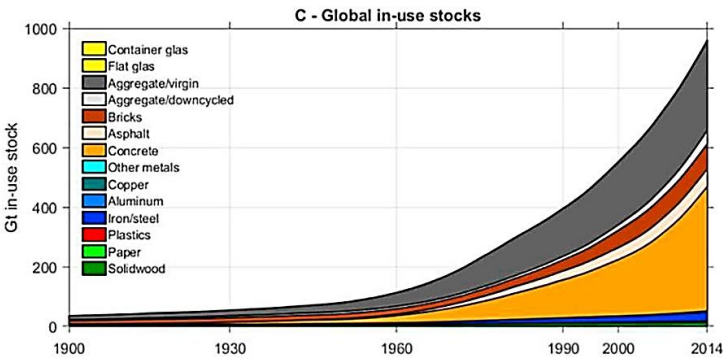


“End-of-life recycled materials only make up 6% of all materials processing in 2014, indicating a continuously low degree of material loop closing”

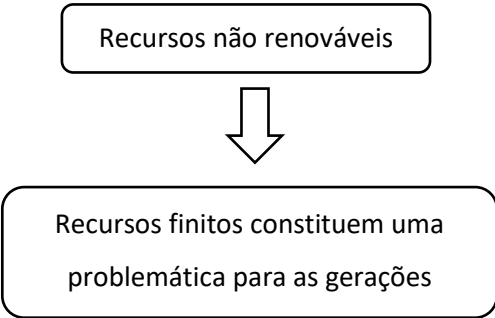
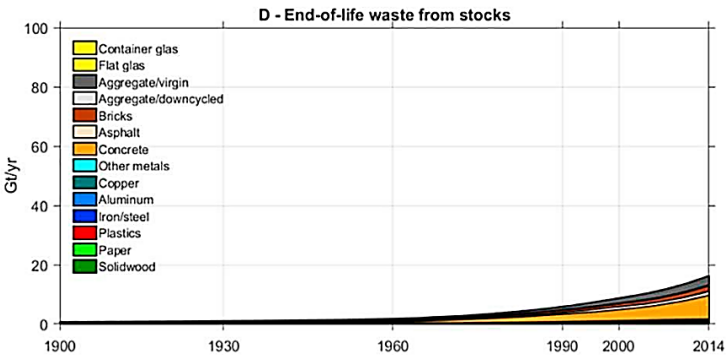
**Materiais por utilização**



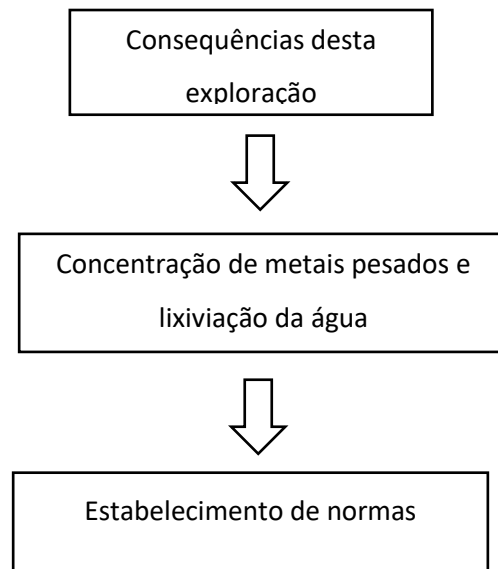
**Materiais- tipologia**



**Materiais em fim de vida- resíduos**



## Exploração mineira em Portugal



Nos próximos 30 anos, os países desenvolvidos têm de assegurar os recursos africanos para alimentar as suas indústrias de energia renovável.

A exploração destes recursos acarreta certos riscos associados à sua extração, sendo considerados materiais críticos. Isto significa que estes materiais provêm de um local ou de um número reduzido de nações, expondo a sua cadeia de distribuição a restrições de índole geoeconómicas ou geopolíticas.

### Índice herfindhal-hirshman (IHH)

O IHH mede o risco associado à distribuição de um dado material quando é controlado por uma ou por um número limitado de nações, sendo determinado através da seguinte expressão:

$$IHH = \sum_{i=1}^n f_i^2$$

$f_i$  -fração de mercado proveniente da nação  $i$ ;

$n$ -número total de nações.

**IHH=1**-a nação tem o monopólio de mercado;

**IHH=0,5**- as duas nações têm igual cota de mercado;

**IHH < 0,1** – indicador de um mercado sem restrições;

**IHH > 0,25** – indicador de restrições severas nas cadeias de distribuição.

#### **Materiais: risco de conflito**



#### **Materiais: legislação em vigor ou previsão de alteração**

A legislação e as normas regulamentam os impactos dos produtos no ambiente, na saúde e na sociedade.

Deste modo, contabilizam-se todas as etapas do ciclo de vida dos materiais usados na produção até ao final de vida do produto.

#### **Exemplos**

1. As baterias recarregáveis contêm cádmio;
2. Os processos de cromagem envolvem a utilização de crómio VI altamente tóxico;
3. A maioria dos polímeros contem retardadores de chama ou plastificantes, alguns banidos recentemente, outros em lista de espera.

#### **Exemplos de materiais críticos**

##### **“Heavy” Rare Earth Elements** (terras raras “pesadas”)

Dispórsio (Dy), Érbio (Er), Európio (Eu), Gadolínio (Gd), Hólmio (Ho), Lutécio (Lu), Térbio (Tb), Túlio (Tm), Itérbio (Yb), Ítrio (Y)

##### **Platinum-group metals** (metais do grupo platina)

Platina (Pt); Paládio (Pd); Ródio (Rh); Irídio (Ir); Ruténio (Ru)

##### **“Light” Rare Earth Elements** (terras raras “leves”)

Lantânio (La), Cério (Ce), Praseodímio (Pr), Neodímio (Nd), Samário (Sm)

### **Como minimizar os problemas associados à escassez de recursos?**

1. Utilização eficiente no projeto;
2. Substituição por um material mais abundante;
3. Reciclagem envolve muita mão de obra, embora pouco capital e energia (caso a energia e o capital comecem a escassear, o custo será comparável ao da mão-de-obra).

### **Reciclagem**

“Tratamento de resíduos ou materiais usados, de forma a poderem ser reutilizados ou transformados em novas matérias-primas e novos produtos”.

### **Caracterização dos gastos**

A qualificação dos gastos pode ser vista numa perspetiva de valor do recurso numa determinada aplicação de manufatura.

O critério CPQA mede o potencial de gasto:

- C - Classification (hazardousness);
- P - Potential mineral characteristics;
- Q - Quantity/availability and homogeneity of the waste at the source;
- A - Applicability of the material (alternative / recovery proposals).

### **Aplicação de resíduos:**

1. Reciclagem de latas de alumínio;
2. Reciclagem de vidro de embalagem (garrafas e fracos de vidro);
3. Reciclagem de papel;
4. Aparas de madeira e/ou serragem.

### **Casos mais complexos**

#### **Eletrónica e eletrodomésticos**

1. Diferentes tipos de materiais (plásticos, cerâmicos e metais);
2. Alguns materiais de elevada toxicidade (chumbo e mercúrio);
3. Separação complexa;
4. Queima bastante problemática.

#### **Resíduos Hospitalares**

#### **Resíduos das centrais nucleares**

#### **Pilhas**

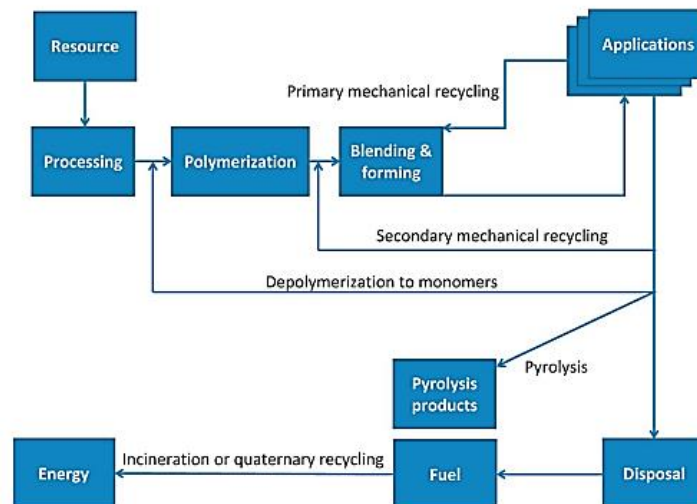
#### **Resíduos sólidos urbanos (RSU)**



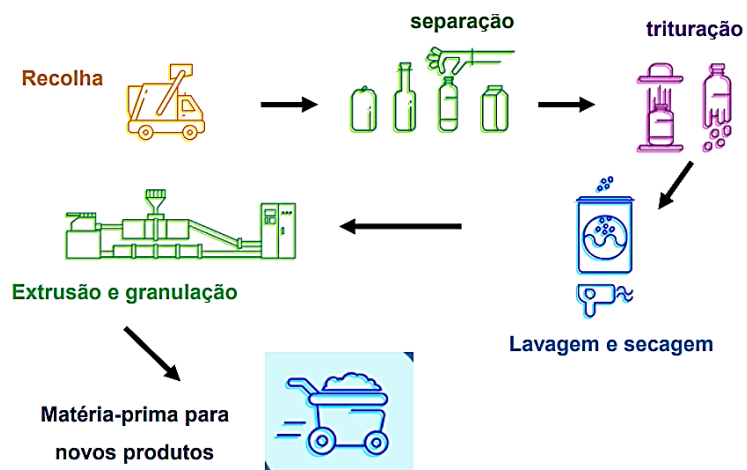
1. A queima pode ser uma solução para a fração orgânica
2. Separação difícil

## Reciclagem dos plásticos

A Reciclagem dos polímeros assume diversas vertentes, consoante o processo utilizado, distinguindo-se os seguintes métodos:



### 1. Reciclagem mecânica



### Desafios

- Separação e purificação dos materiais

- Reduzir as contaminações do produto reciclado, de forma a manter as suas propriedades

## Técnicas de separação

Espectroscopia de infravermelho	Fluorescência de raios-x	Separação por densidade
<ul style="list-style-type: none"><li>• Deteta compósitos ou objetos com múltiplas camadas de diferentes materiais</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Deteta substâncias tóxicas e metais pesados</li><li>• Necessita de elevada energia e proteção</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Separa o PE do PP dos restantes polímeros, através da água</li><li>• Plásticos mais densos- uso de outras soluções</li></ul>

## 2. Reciclagem energética

Recorre aos resíduos plásticos como forma de recuperar a sua energia, utilizando processos térmicos.

## 3. Reciclagem química

Transformação dos polímeros em monómeros que servem de matéria-prima para a obtenção de produtos nobres.

Assim, diminuem-se os custos de pré-tratamento, recolha e seleção.

### Hidrogenação

Quebra das ligações poliméricas, através de um tratamento com hidrogénio e calor.

### Gaseificação

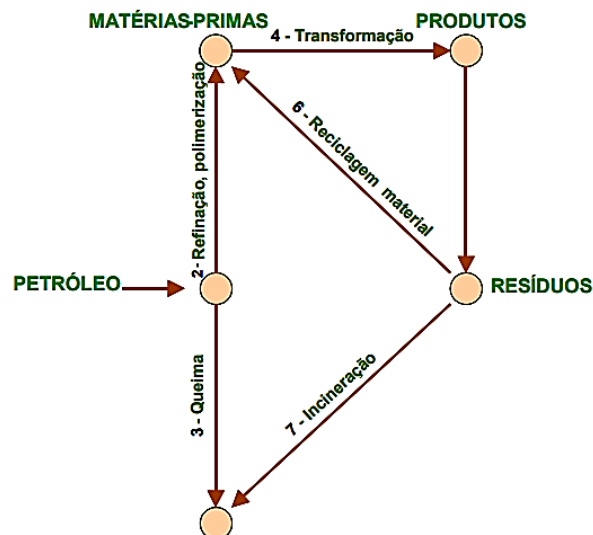
Os plásticos são aquecidos com ar ou oxigénio, gerando-se um gás de síntese que contém CO e H<sub>2</sub>.

### Pirólise

Quebra das moléculas por ação do calor e na ausência de oxigénio.

Porquê uma taxa tão reduzida de reciclagem?

### Ciclo de vida dos materiais plásticos



Se o custo (ambiental, económico, etc...)  $1+2 > 6$ - **reciclagem material**

Se o custo (ambiental, económico, etc...)  $1+2 < 6$ - **Incineração**

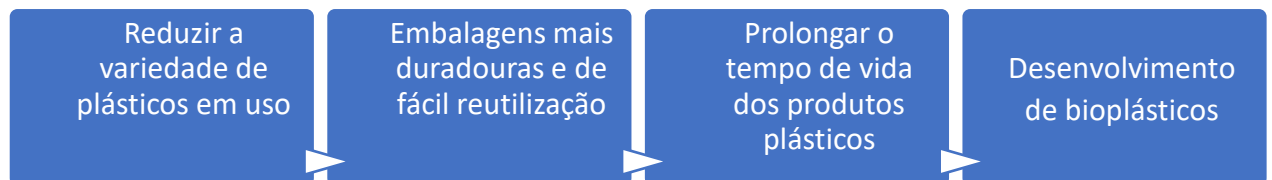
O impacto ambiental, económico, etc. da incineração é:

$$[7 - (1+3)]$$

Se  $(1 + 3) > 7$ , o impacto da incineração será  $< 0$ , sendo favorável.

Em modo de conclusão:

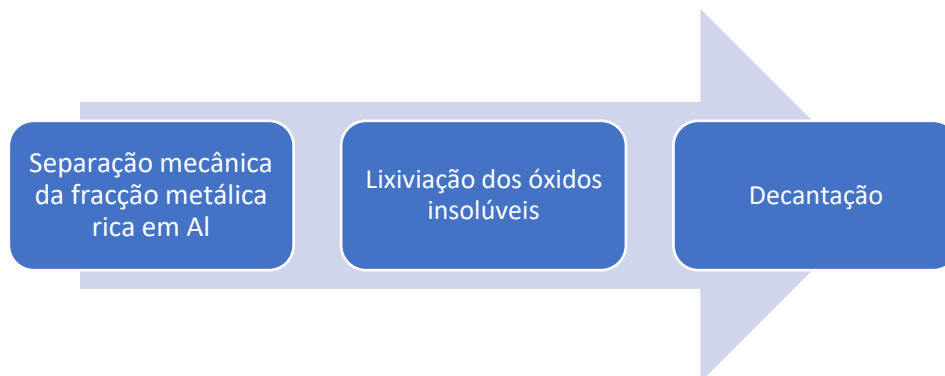
Os plásticos são a família mais complexa de materiais utilizados, sendo difícil diminuir as emissões de CO<sub>2</sub>.



### Reciclagem do alumínio

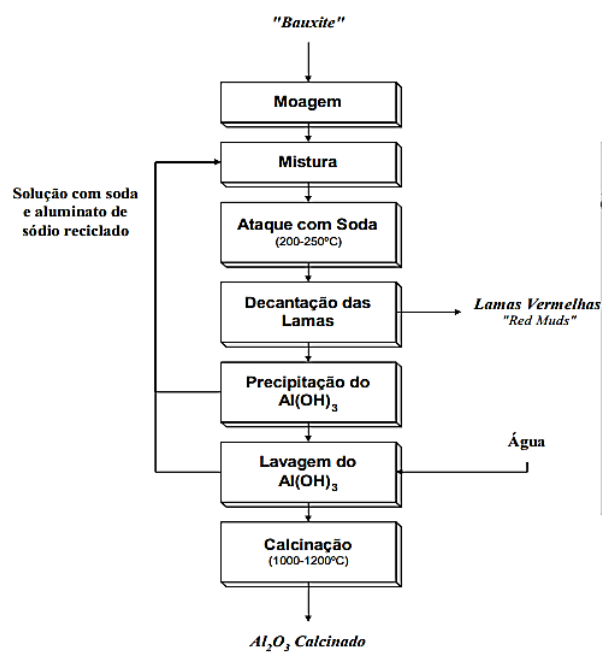
- 1) 85% do alumínio utilizado no sector automóvel é recuperado;
- 2) Entre 60 e 70% do alumínio usado em novos veículos é feito de material reciclado;
- 3) Reciclagem dos excedentes de alumínio durante o processamento (gera escórias).

## Formação da escória salina



## Processo de obtenção de alumínio primário

### 1) Processo Bayer (Bauxite-Alumina)



### 2) Processo eletrolítico (Alumina-Alumínio)

## Hidrometalurgia do alumínio

- Bauxite:  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ .  
Impurezas:  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$

### Processo Bayer:

- a bauxite ( $\sim 50\% \text{Al}_2\text{O}_3$ ) é concentrada para a forma de óxido.

(i) Dissolução numa base forte (NaOH) a elevada T, P

$\text{Al}_2\text{O}_3$  dissolve-se para  $[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_2(\text{OH})_4]^-$

(ii) Filtração de sólidos

$\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$  não se dissolvem – LAMAS

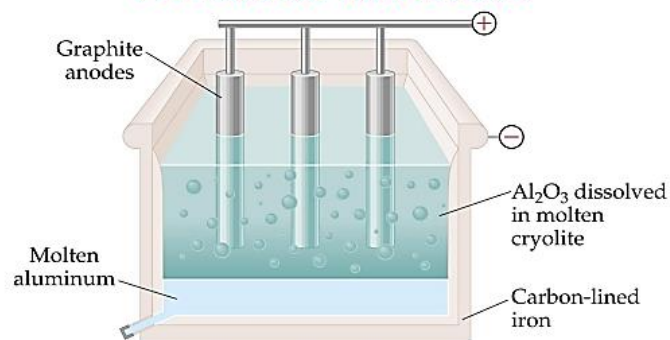
(iii) pH é reduzido para precipitar  $\text{Al}(\text{OH})_3(\text{s})$

Toma vantagem da natureza anfotérica da alumina.

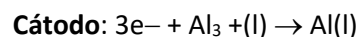
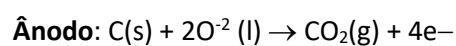
(iv) calcinação

## Eletrometalurgia do alumínio

### O Processo Hall-Heroult

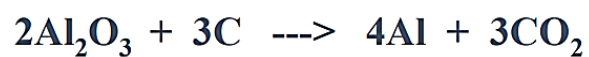


$\text{Al}_2\text{O}_3$  purificada em criolite fundida ( $\text{Na}_2\text{AlF}_6$ , ponto de fusão =  $1012^\circ\text{C}$ ).



A grafite é consumida na reação.

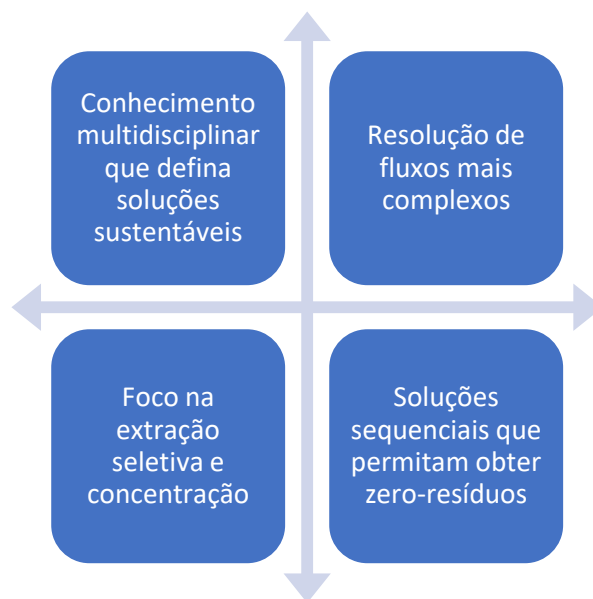
O alumínio retirado da célula apresenta uma pureza entre 99,5 e 99,9%, sendo o ferro e o silício as principais impurezas.



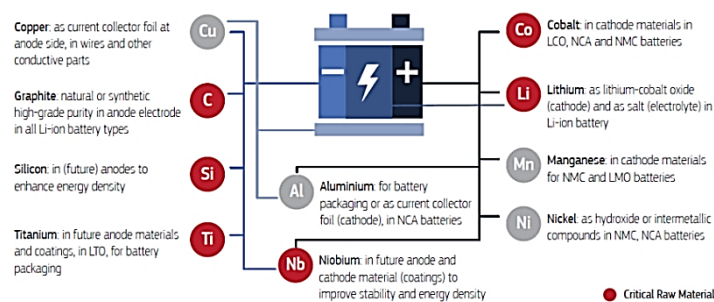
Em modo de conclusão:

- 1) A energia incorporada num produto reciclado é praticamente metade do produto obtido a partir de recursos primários;
- 2) A existência de diferentes ligas no mercado dificulta a separação e afinação de propriedades no material reciclado;
- 3) Re-design de produto com economia de material e incentivo à reutilização de produto no final de vida com o intuito de diminuir as emissões de carbono;
- 4) Aumento da eficiência energética e diminuição da produção de dióxido de carbono.

### Resíduos- problema ou oportunidade?



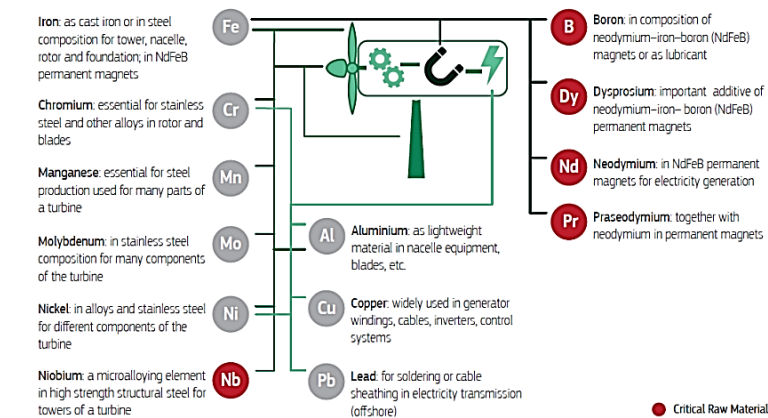
### Baterias de lítio- elementos críticos



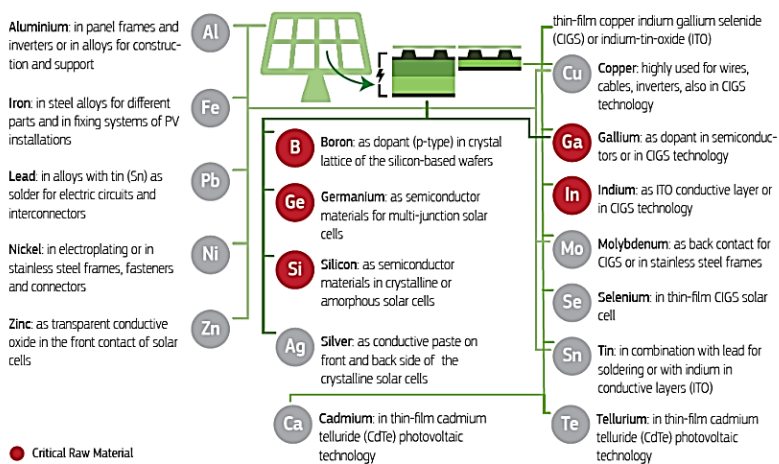
### Perspetivas de procura

- 1) Mobilidade elétrica;
- 2) Sistemas de armazenamento de energia.

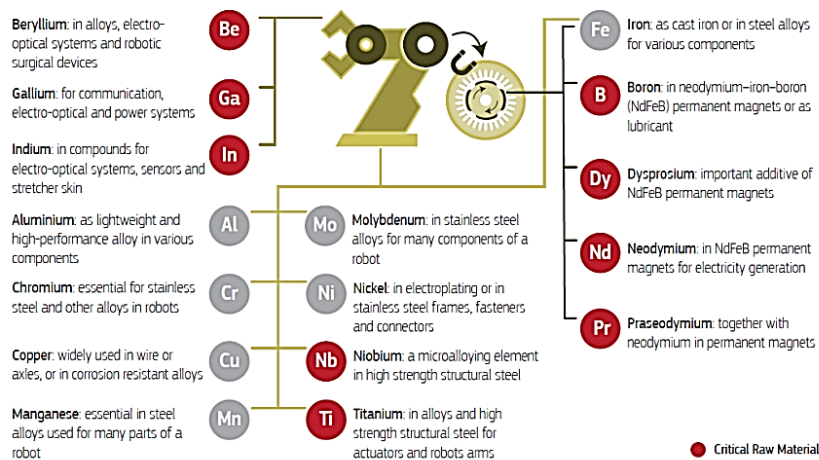
## Turbinas eólicas



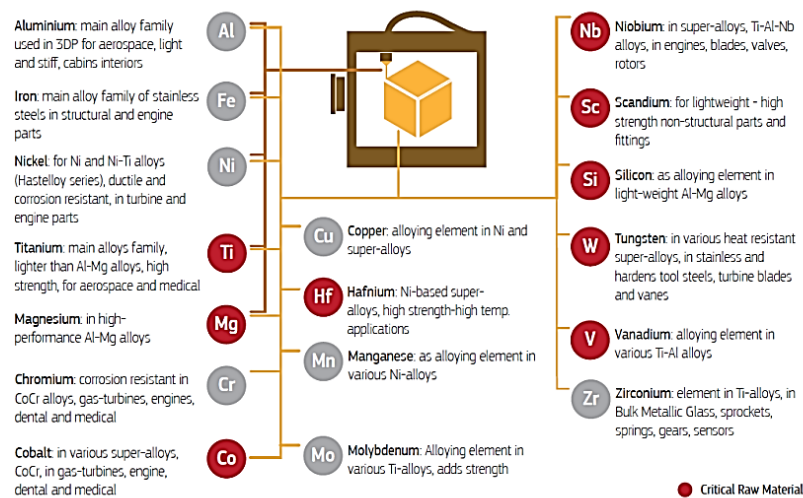
## Painéis fotovoltaicos



## Robótica



## Manufatura aditiva



## Energias renováveis-desafios

A transição para uma sociedade de baixo carbono depende da implementação de tecnologias renováveis.

Até 2025, pretende-se que mais de 80% da eletricidade produzida na EU seja proveniente de fontes renováveis.

## Energia e sustentabilidade

### Lei da conservação de energia

A quantidade total de energia no Universo permanece constante.

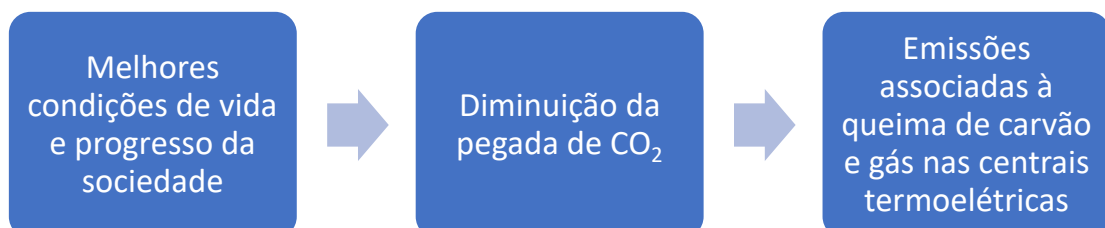
### 1ª lei da termodinâmica

A energia pode ser convertida de uma forma para outra, mas não pode ser criada ou destruída.

### 2ª lei da termodinâmica

A entropia do Universo aumenta numa transformação espontânea e mantém-se constante numa situação de equilíbrio.

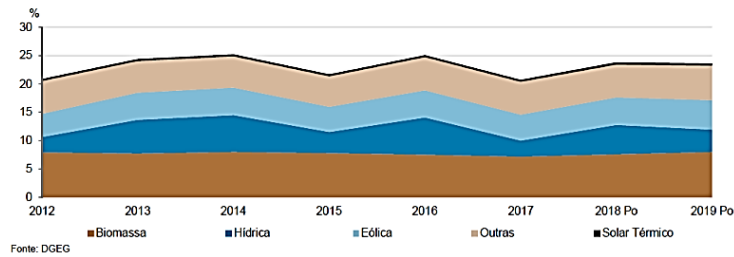
## Acesso a energia renovável





## Contexto em Portugal

Figura 6.10 >> Proporção de fontes renováveis no consumo de energia primária

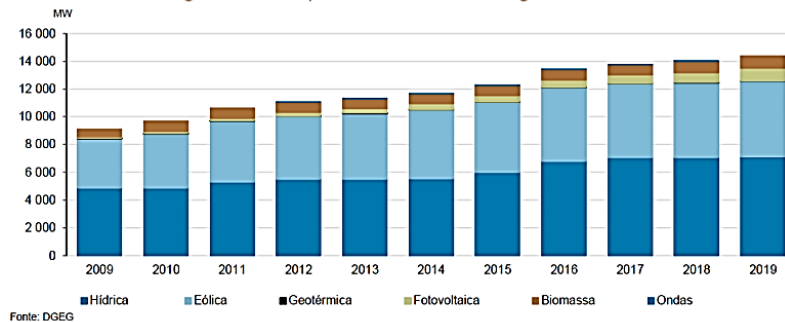


A contribuição das fontes de energia renováveis para o consumo de energia primária foi 23,7% em 2019 (-0,2 p.p. face a 2018). Esta diminuição resultou da menor contribuição da energia hídrica para o total das energias renováveis no consumo primário em 2019 (3,9%, quando em 2018 foi de 5,2%).

A biomassa (lenhas e resíduos florestais, biogás e biodiesel) continuou a ser, em 2018, a fonte de energia renovável com maior contribuição para o consumo primário com 8,0% (7,6% em 2018).

Em termos do coeficiente/fonte para o total da produção de eletricidade a partir das fontes renováveis, em 2019 a componente eólica representou 47,4% (41,2% em 2018), a hídrica 35,5% (44,5% em 2018) e a térmica 11,7% (10,3% em 2018).

Figura 6.13 >> Capacidade instalada de energias renováveis



Em 2019, a potência total instalada de energias renováveis foi 14 402 MW, a qual apresentou desde 2009 um crescimento contínuo a uma taxa média anual de 4,3%, em resultado essencialmente do aumento de 2 247 MW de potência instalada de energia hídrica e de 1 893 MW de energia eólica.

## Limites do desenvolvimento das energias renováveis

### Energia eólica

How much wind power could we plausibly generate?



$$\text{power per person} = \text{wind power per unit area} \times \text{area per person.}$$

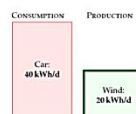
Chapter B (p263) explains how to estimate the power per unit area of a wind farm in the UK. If the typical windspeed is 6 m/s (13 miles per hour, or 22 km/h), the power per unit area of wind farm is about 2 W/m<sup>2</sup>.

$$250 \text{ pessoas/km}^2 = 4000 \text{ m}^2/\text{pessoa}$$

$$2 \text{ W/m}^2 \times 4000 \text{ m}^2/\text{pessoa} = 8000 \text{ W/pessoa} = 200 \text{ kWh/d/pessoa}$$

### Cenário:

utilizar 10% da área do país



## Desafios

- 1) Uso de Materiais Críticos (Nd e B nos magnetes permanentes);
- 2) Mobilização de terra (ou mar, se offshore) e impactes (visuais, ruído);
- 3) Fim de vida de alguns componentes (ao fim de cerca de 20 anos): compósitos de fibra de vidro das pás de difícil reciclagem;
- 4) Largas regiões com pouco vento.

## Energia solar: painéis fotovoltaicos

Photovoltaic (PV) panels convert sunlight into electricity. Typical solar panels have an efficiency of about 10%; expensive ones perform at 20%. (Fundamental physical laws limit the efficiency of photovoltaic systems to at best 60% with perfect concentrating mirrors or lenses, and 45% without concentration. A mass-produced device with efficiency greater than 30% would be quite remarkable.) The average power delivered by south-facing 20%-efficient photovoltaic panels in Britain would be

$$20\% \times 110 \text{ W/m}^2 = 22 \text{ W/m}^2.$$

## Sistemas de armazenamento de energia



## Energia incorporada na obtenção de materiais

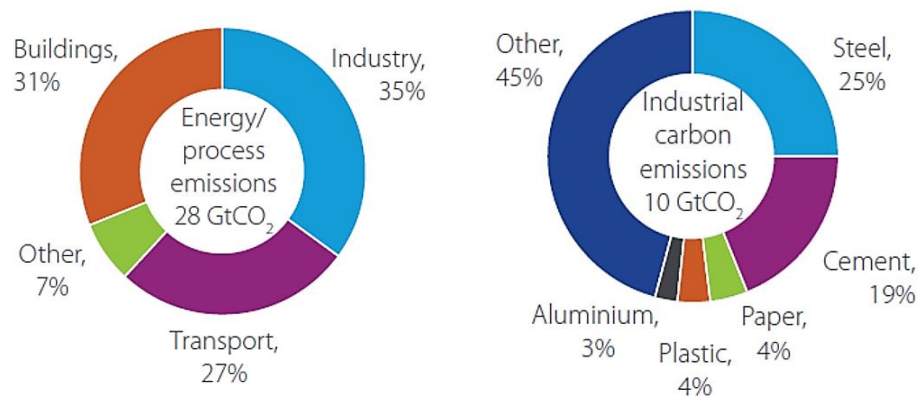
Todos os materiais contêm energia que é usada na exploração e conformação, tratamento térmico ou químico.

Esta manipulação, apresenta as seguintes consequências:

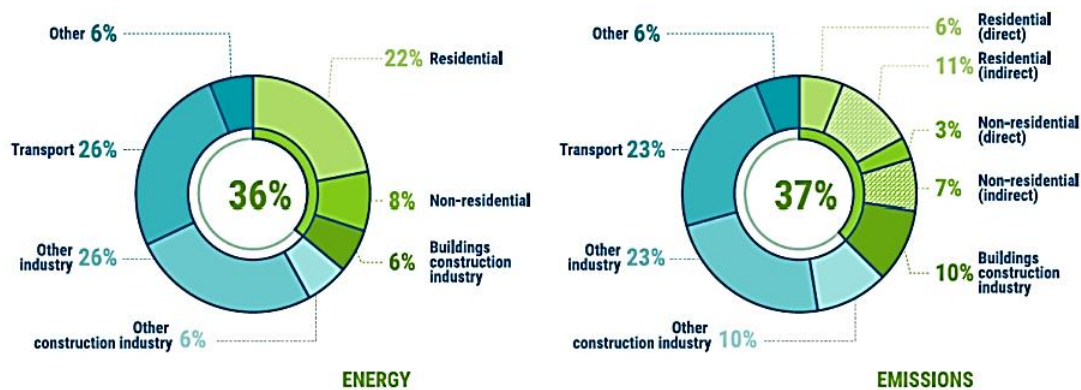
- Geração de CO<sub>2</sub>, óxidos nitrosos (NO<sub>x</sub>), compostos sulfurosos, poeiras e calor perdido.

Deste modo, a energia é um dos indicadores ambientais mais usados. Estes índices ambientais assemelham-se aos índices de desempenho e custo.

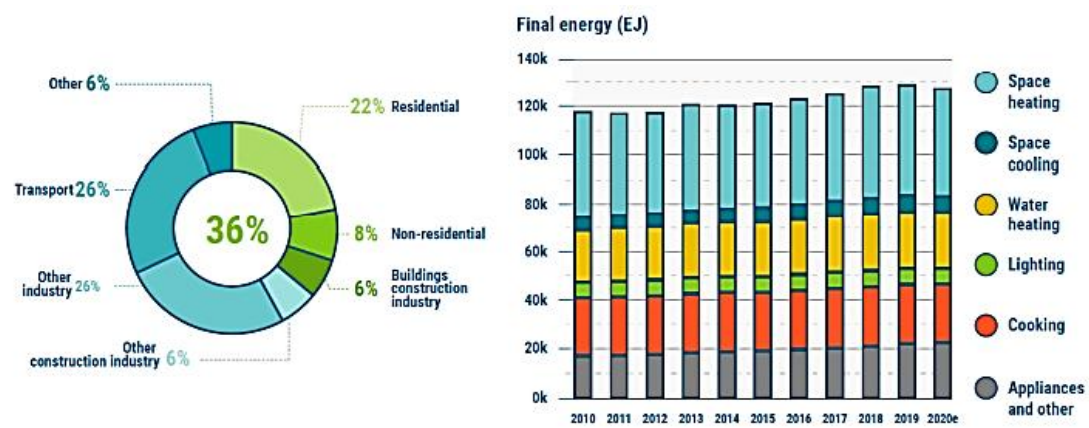
Fontes antropogénicas de CO2, por setor e material



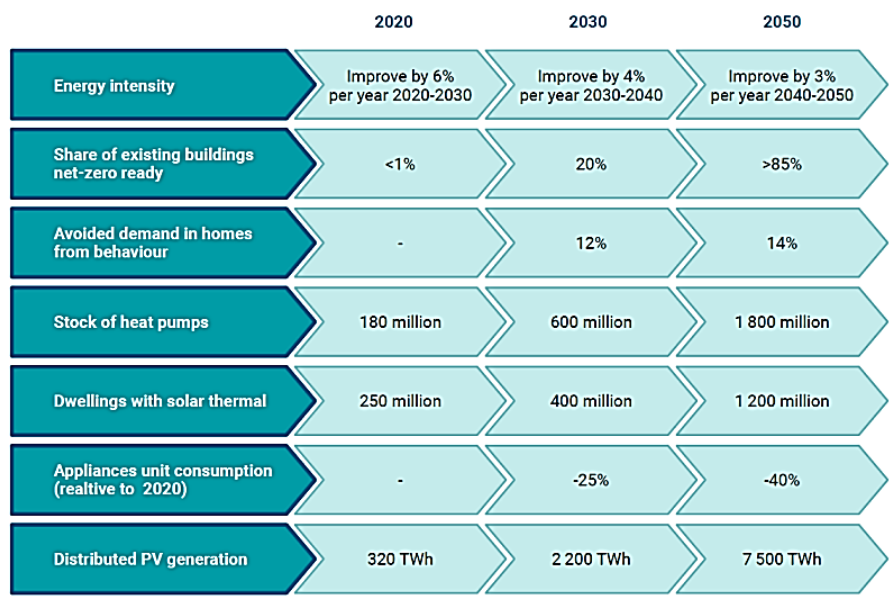
Consumo de energia e emissões de CO2 – contribuição dos edifícios e do setor da construção



Edifícios-Como se utiliza a energia?



Estratégias de mitigação



1) Bombas de calor

Tecnologia eficiente e sustentável

2) Energia solar térmica

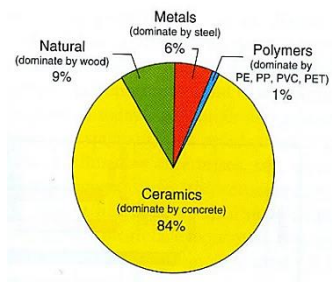
3) Energia solar fotovoltaica

## Materiais de isolamento

Material	Typical thermal conductivity (W/m/K)	Commonly available formats
<b>Natural materials</b>		
Wood fibre	0.038–0.050	Boards, semi-rigid boards and batts
Paper (cellulose)	0.035–0.040	Loose batts, semi-rigid batts
Hemp	0.038–0.040	Semi-rigid slabs, batts
Wool	0.038–0.040	Semi-rigid boards, rolls
Flax	0.038–0.040	Semi-rigid boards, rolls
Cork	0.038–0.070	Boards, granulated
<b>Synthetic materials</b>		
Mineral fibre	0.032–0.044	Boards, semi-rigid boards, rolls
Glass fibre	0.038–0.041	Boards, semi-rigid boards, rolls
Extruded polystyrene (XPS)	0.033–0.035	Boards
Expanded polystyrene (EPS)	0.037–0.038	Boards
Polyurethane (PUR)/polyisocyanurate (PIR)	0.023–0.026	Boards

## Cimento

O cimento corresponde à matéria-prima mais usada no caso dos cerâmicos, apresentando uma influência preponderante na sua produção.



## Como se produz o betão?



## Desafios na fabricação de cimento Portland

A produção de uma tonelada de cimento Portland comum gera aproximadamente 800 Kg de CO<sub>2</sub>.

Para além da componente associada à queima de combustível (frequentemente carvão ou coque de petróleo), ocorre a decomposição da calcite (que gera 0,54 ton de CO<sub>2</sub> /ton. de cimento).

### Como minimizar as emissões?

1. Diminuição do teor de clínquer no cimento e uso de materiais suplementares (resíduos);

#### Materiais suplementares

- Escórias de alto forno;
  - Cinzas (centrais termoelétricas a carvão e de biomassa);
  - Materiais vulcânicos;
  - Lama vermelha;
  - Resíduos de mineração.
2. Uso de combustíveis derivados de resíduos, permitindo um serviço mais seguro que valorize energeticamente os produtos;

#### Materiais:

- Resíduos pré-tratados industriais e municipais;
- Pneus - Resíduos oleosos e solventes;
- Plásticos, têxteis e resíduos de papel;
- Biomassa;
- Farinhas de origem animal;
- Lodos de esgoto;

3. Desenvolvimento de cimentos não calcários.

#### Cimentos não calcários:

- Os geopolímeros são polímeros inorgânicos formados pela reação entre uma solução alcalina e uma fonte de aluminossilicatos;
- O material endurecido apresenta uma estrutura 3D, com meso e microporos, semelhante aos zeólitos.

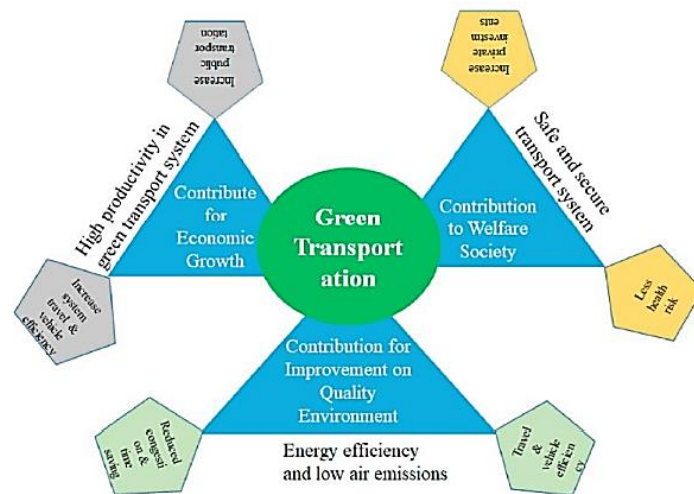
#### Ligante

- ✗ Metacaulino
- ✗ Cinzas volantes
- ✗ Escórias de alto forno

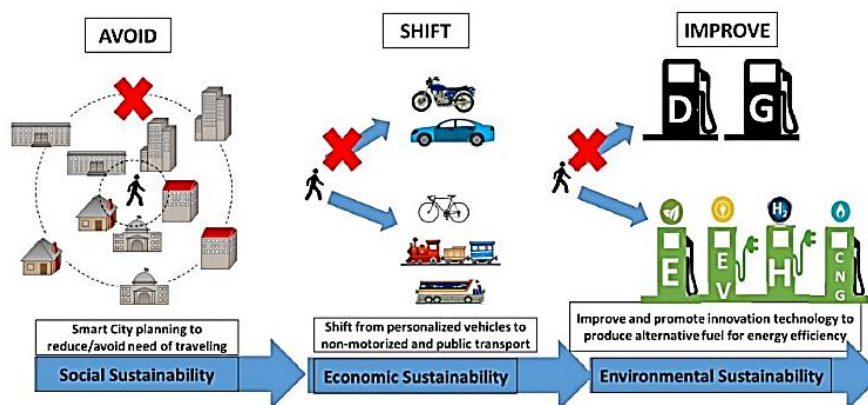
#### Ativadores alcalinos



## Transportes-mobilidade sustentável



## Estratégia Avoid-shift-improve



## Economia linear

### Consequências

- 1) Diminuição/ destruição dos recursos naturais;
- 2) O preço da matérias-primas irá aumentar;
- 3) A pressão ambiental irá aumentar;
- 4) Produção global de resíduos;

Este modelo exige vastas quantidades de materiais a baixo preço e de fácil acesso e muita energia.

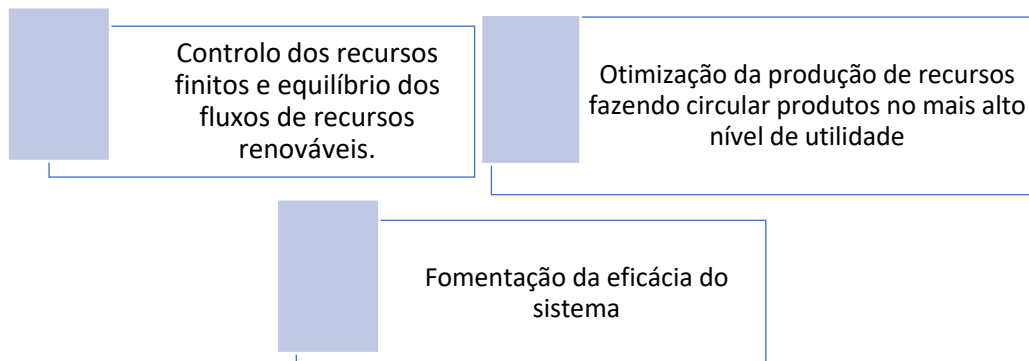


## Economia circular

A economia circular envolve a partilha, reutilização, reparação e reciclagem de materiais e produtos existentes, aumentando o seu ciclo de vida.

Quando um produto chega ao fim do seu ciclo de vida, os materiais mantêm-se dentro da economia, podendo ser reutilizados.

## Princípios da economia circular



## Benefícios da economia circular

### Nível económico

- Aumento de GDP;
- Criação de mais trabalhos e de melhor qualidade;
- Aumento do rendimento por família.



## Nível ambiental

- Redução da emissão de dióxido de carbono;
- Abolição dos materiais primários;
- Diminuição do uso de fertilizantes no solo;
- Diminuição do tráfego automóvel.

## Companhias

- Aumento da qualidade da empresa;
- Diminuição da exposição à volatilidade dos preços dos recursos;
- Melhoria da sustentabilidade do mercado a longo termo.

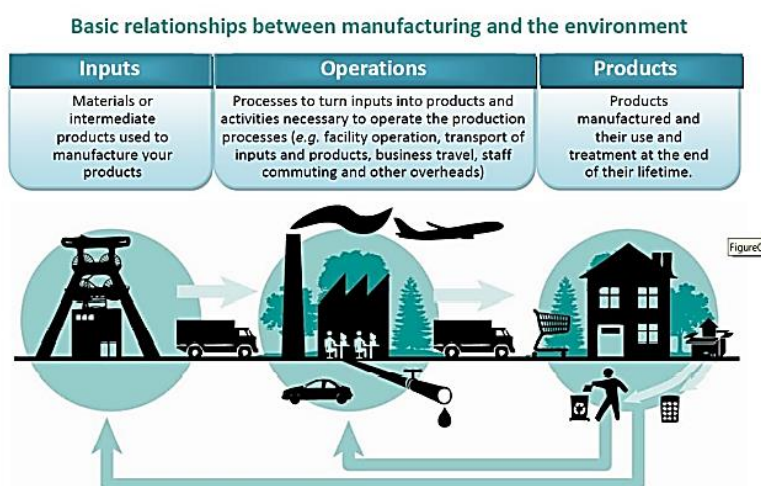
## Aplicação da economia circular

- Edifícios;
- Telemóveis;
- Máquinas de lavar a roupa.

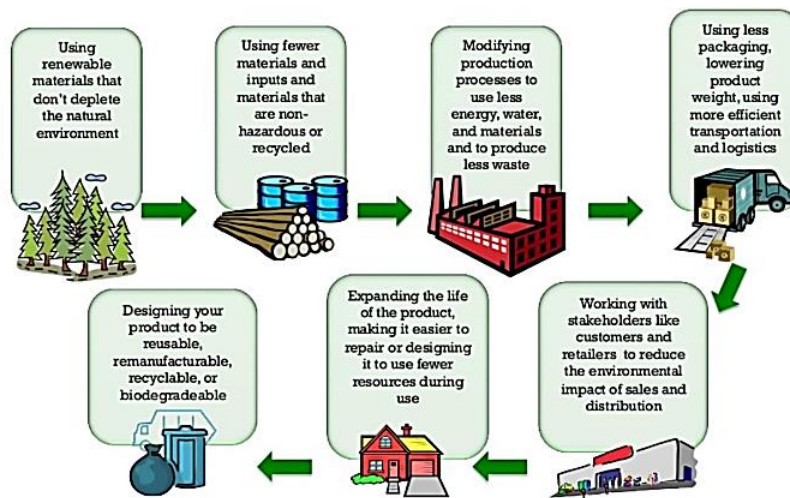
## Manufatura sustentável

Desenvolvimento de processos que minimizem o impacto ambiental, conservação de energia e dos recursos naturais;

A manufatura sustentável é um processo que envolve a otimização de diversos parâmetros utilizados na produção de um dado material, bem como a sua utilização futura e o tratamento no final do seu ciclo de vida útil.



## Estratégias que promovam a manufatura sustentável



**Deve-se reduzir nos recursos da manufatura (energia, água, materiais e resíduos).**

### Fatores externos a considerar



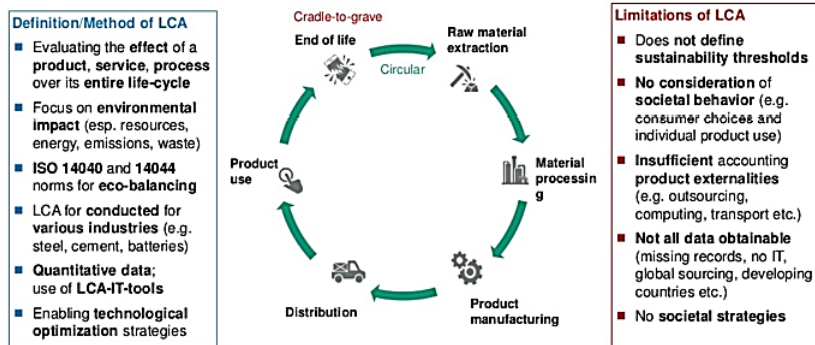
11

## Evolução da manufatura sustentável

Durante muito anos, consideravam-se apenas os métodos de mitigação da poluição, reduzindo a poluição que tinha sido gerada.

Atualmente, previne-se a poluição, através de medidas mais sustentáveis, nomeadamente a implementação de uma manufatura que diminua o consumo de água, energia e gases prejudiciais ao ambiente.

## Avaliação do ciclo de vida de um produto



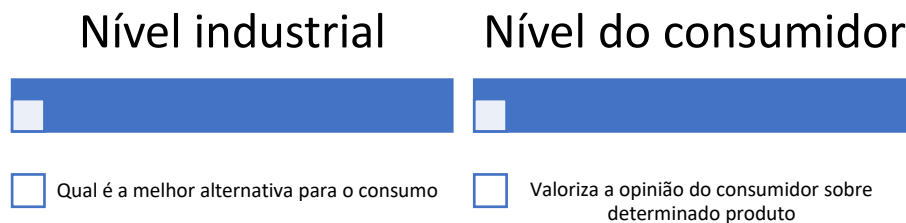
Atualmente, recorre-se ao programa CES Edupack como alternativa face à ferramenta LCA, selecionando os materiais e os processos mais sustentáveis.

## Análise do ciclo de vida

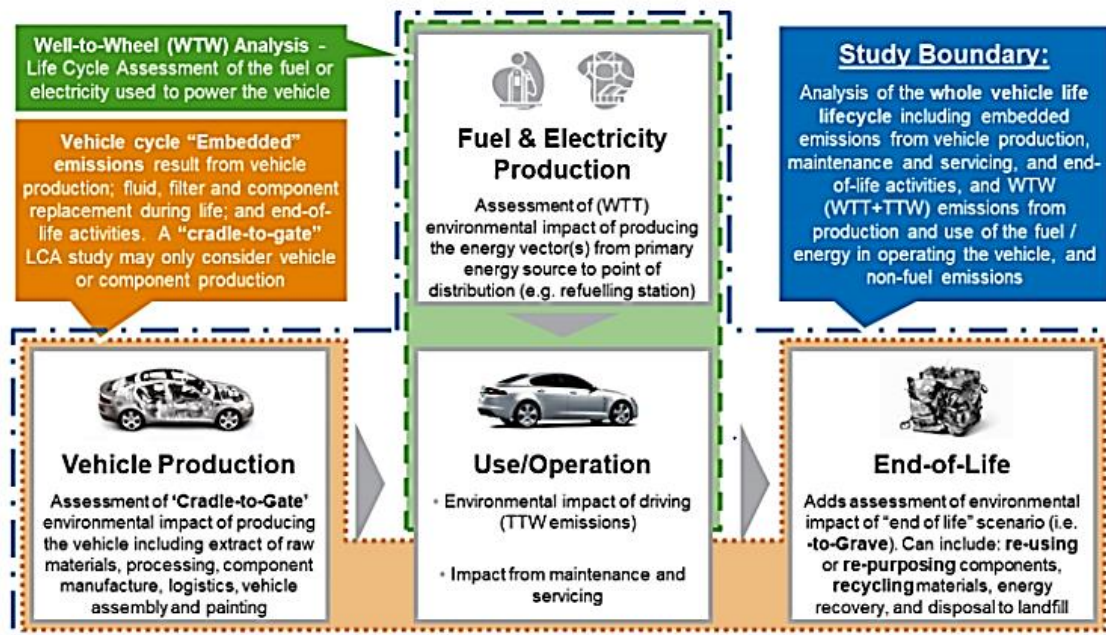


## Aplicações

Como realizar as decisões?



## Caso de estudo: veículos elétricos ou veículos com combustão interna?

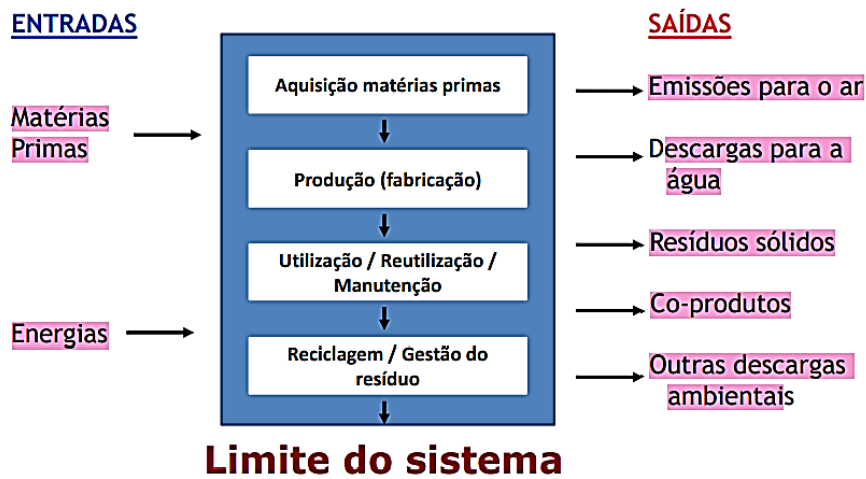


## Vantagens

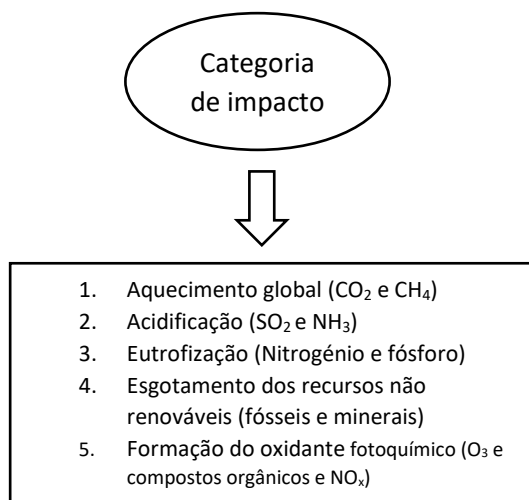
- Ferramenta que analisa o ciclo do início ao fim da vida do produto;
- Evita o problema da mudança
- Abrange vários impactos ambientais
- Análise quantitativa

## Desvantagens

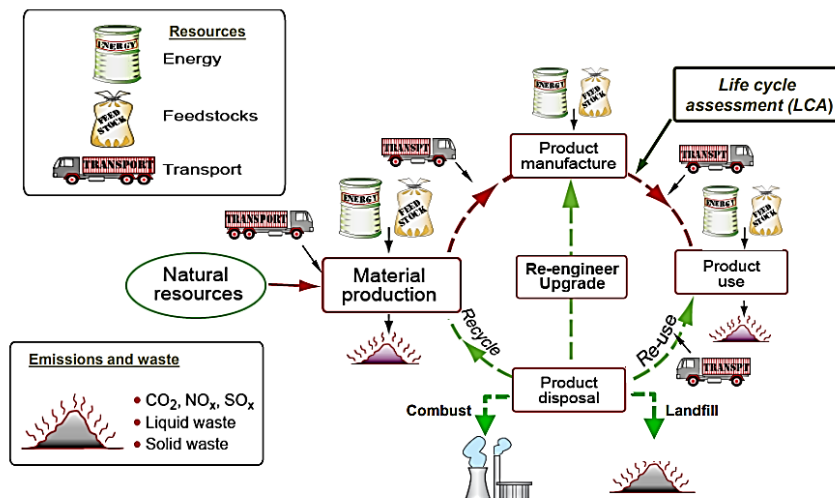
- Requisitos de dados
- Relevância dos resultados
- Processo bastante moroso e que depende de uma elevada quantidade de recursos



Exemplos da seleção da categoria de impacto



## Auditoria ecológica



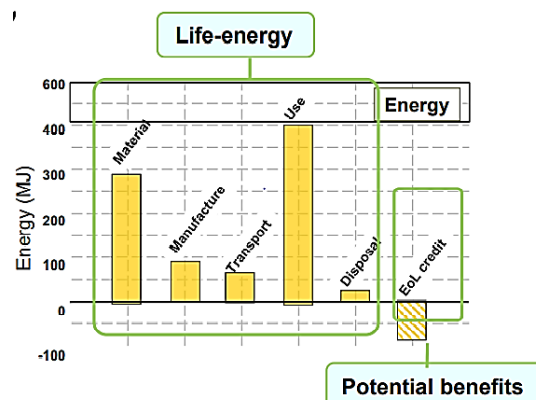
A ferramenta de análise do LCA de um produto/material é um processo bastante complexo e que requer experiência, sendo considerado bastante dispendioso e moroso.

### Qual será a melhor alternativa?

- Aplicar uma Eco auditoria que combina o custo aceitável com precisão suficiente, para ajudar na tomada de decisões;
- A ferramenta Eco Audit encontra-se presente no programa CES EDUPACK, facilitando no processo de tomada de decisão

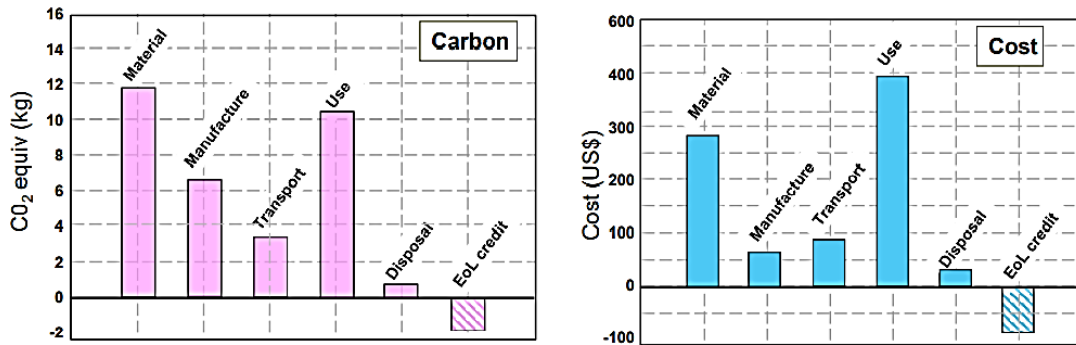
### Exemplo

#### 1. Auditoria: energia



Permite fazer a distinção entre as diferentes fases de vida de um produto, quantificando o consumo energético associado a cada uma das etapas.

## 2. Auditoria: Energia e custo



Neste caso, é possível observar no primeiro gráfico o consumo de CO<sub>2</sub> em todas as fases do processo, enquanto no segundo apresenta-se o custo associado.

Representação dos Eco-Dados: energia incorporada

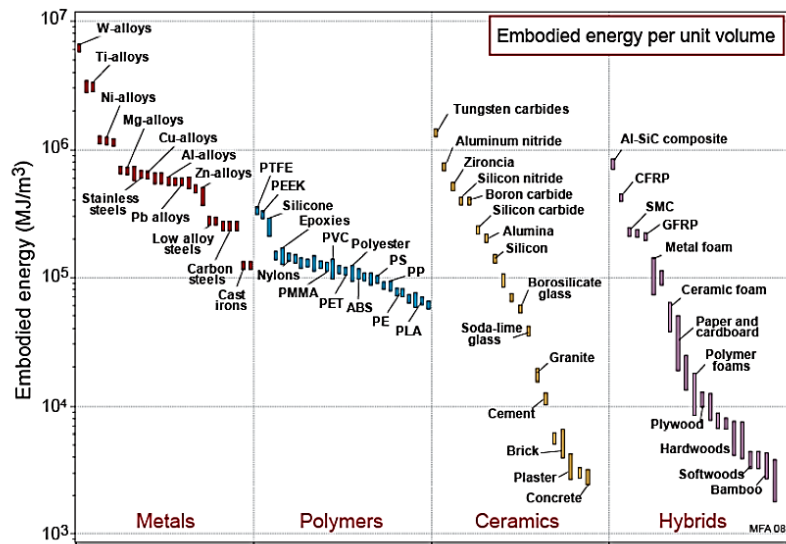
$$\text{Energia incorporada} = \frac{\sum \text{energias que entram na fábrica por hora}}{\text{massa grânulos de PET produzidos por hora}}$$

A energia incorporada mede a soma das energias necessárias para produzir um bem ou serviço (MJ/Kg).

### Representação dos Eco Dados

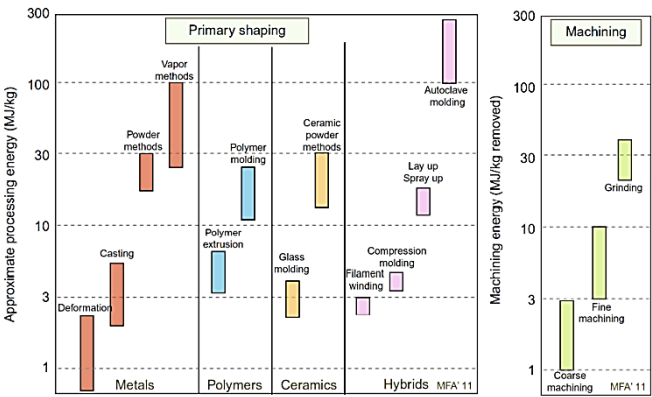
- Extração

No seguinte gráfico é possível identificar a energia incorporada por unidade de volume de vários materiais que pertencem a diferentes classes.



- Fabrico do produto

Na seguinte figura, é possível constatar a energia associada ao processamento do produto



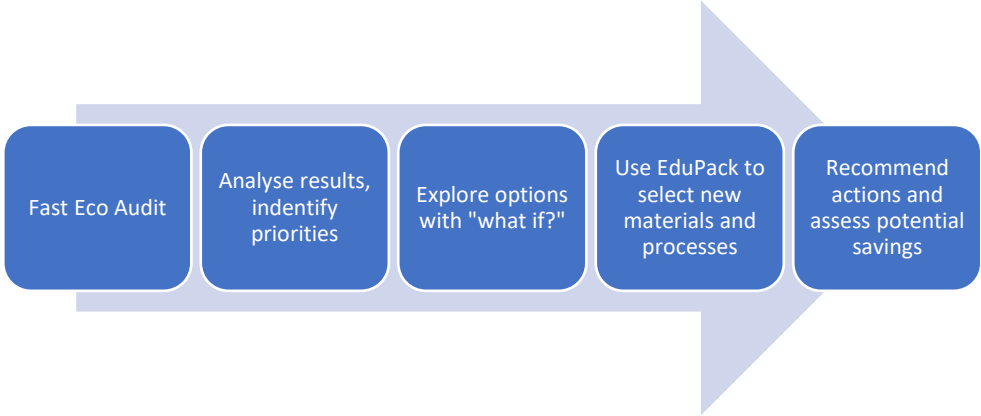
### Destino final do ciclo de vida útil

	Re-use	• Prolongamento da vida do produto por reutilização
	Re-engineer	• Utilização do material num novo produto
	Recycle	• Reprocessamento do material e sua reutilização na cadeia de produção
	Downcycling	Reprocessamento com perda e qualidade do material e sua reutilização na cadeia de produção
	Combustion	Recuperação do conteúdo calorífico do material
	Landfill	Eliminação do material em aterro

### Potencial de fim de vida

Crédito por reciclar ou reutilizar o material

### Estratégias para a seleção de materiais



Esta ferramenta permite testar alternativas/hipóteses, tais como a utilização de outros materiais, estratégias de fim de ciclo de vida diferentes, etc.



