

Descarbonização e Transição Climática na Indústria

Radu Godina

28 setembro 2026

Economia Circular

Avaliação de Impacte Ambiental

Economia Circular Aplicada à Indústria

Tópicos a abordar:

- Princípios da economia circular industrial
- Mapeamento de fluxos de materiais e resíduos
- Valorização de resíduos e subprodutos
- Simbioses industriais
- Circularidade de materiais e processos
- Indicadores de circularidade
- Benefícios económicos e ambientais

Caso prático:

- Desenho de soluções circulares para um processo ou fluxo de resíduos industrial.

Avaliação de Impacte Ambiental (AIA)

Tópicos a abordar:

- Enquadramento legal da AIA
- Fases do processo de AIA
- Integração da AIA em projetos industriais
- Identificação e avaliação de impactes ambientais
- Medidas de mitigação e compensação
- Articulação entre AIA, descarbonização e economia circular
- Boas práticas em projetos industriais

Caso prático:

- Análise de impactes ambientais de um projeto industrial.



Sustainability

[sə-,stā-nə-'bi-lə-tē]

The ability to maintain
or support a process
continuously over time.

 Investopedia

Sustentabilidade

- ▶ A sustentabilidade é um conceito amplo de política no discurso público global e muitas vezes é concebido em termos de três "dimensões" ou "pilares": **ambiental, económico e social.**
- ▶ O significado semântico original de "sustentabilidade" e "**sustentar**" refere-se à capacidade de prolongar (melhorar?) a actividade por um longo período de tempo



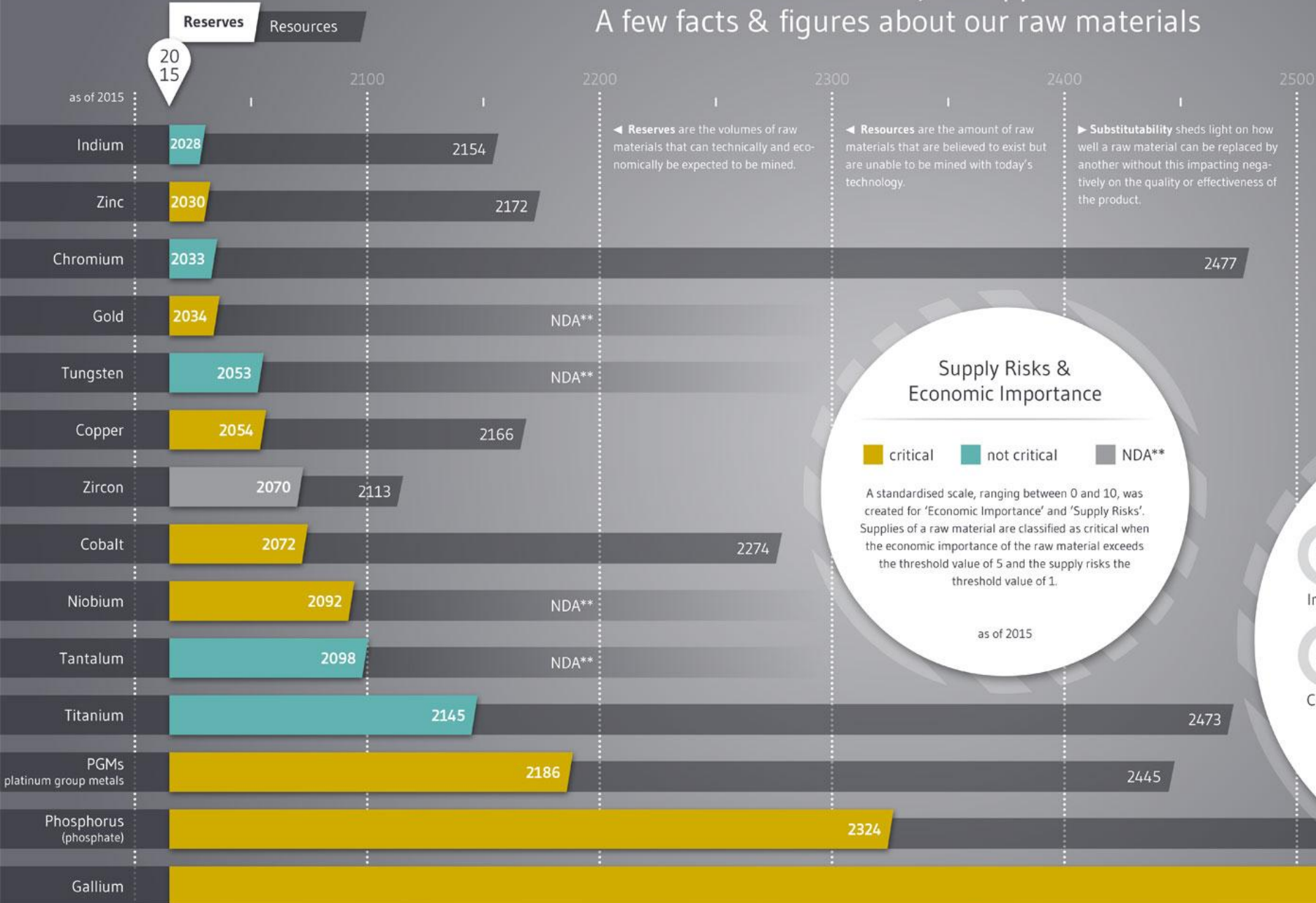


O Conceito da Economia Linear



Num **sistema linear**, o crescimento económico depende do consumo de recursos finitos, o que induz num risco iminente de esgotamento de matérias-primas. Com menos recursos disponíveis, **há custos cada vez mais elevados de extração**, o que traz **instabilidade e insegurança** em relação ao futuro.

Static Lifetime



Supply Risks & Economic Importance

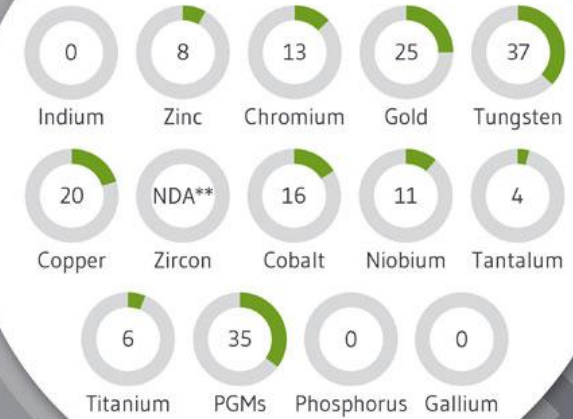
critical not critical NDA**

A standardised scale, ranging between 0 and 10, was created for 'Economic Importance' and 'Supply Risks'. Supplies of a raw material are classified as critical when the economic importance of the raw material exceeds the threshold value of 5 and the supply risks the threshold value of 1.

as of 2015

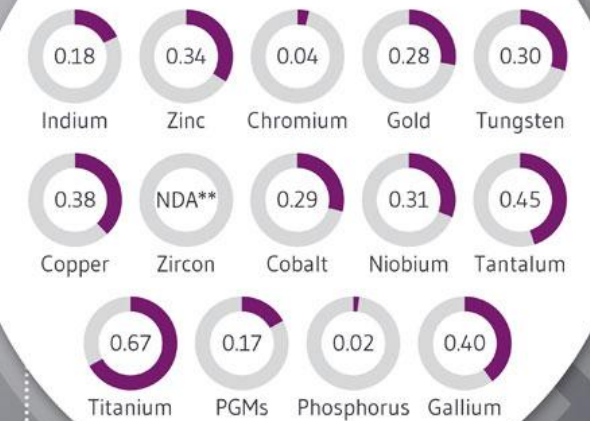
Recycling Rates

as of 2013, all figures are percentages



Substitutability Index

(0 = not possible / 1 = very good)* as of 2013



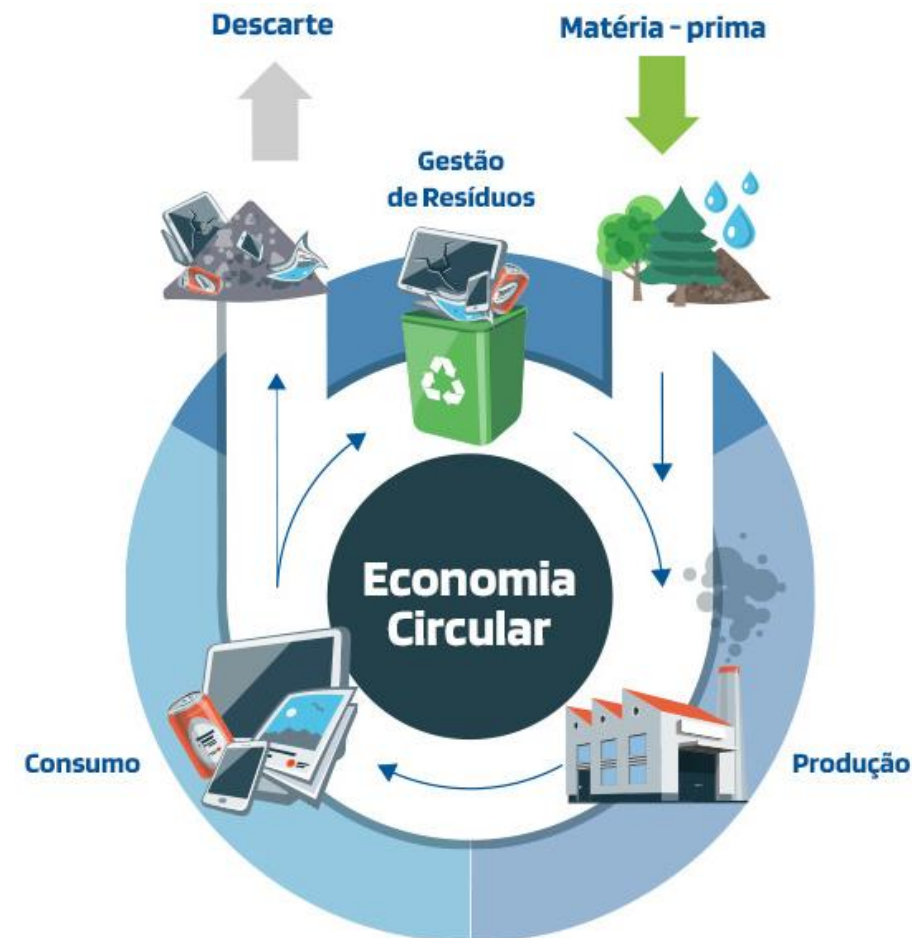
* The standardised scale (0 = very good, 1 = not possible) has been reversed here to make the chart clearer.

3669 →

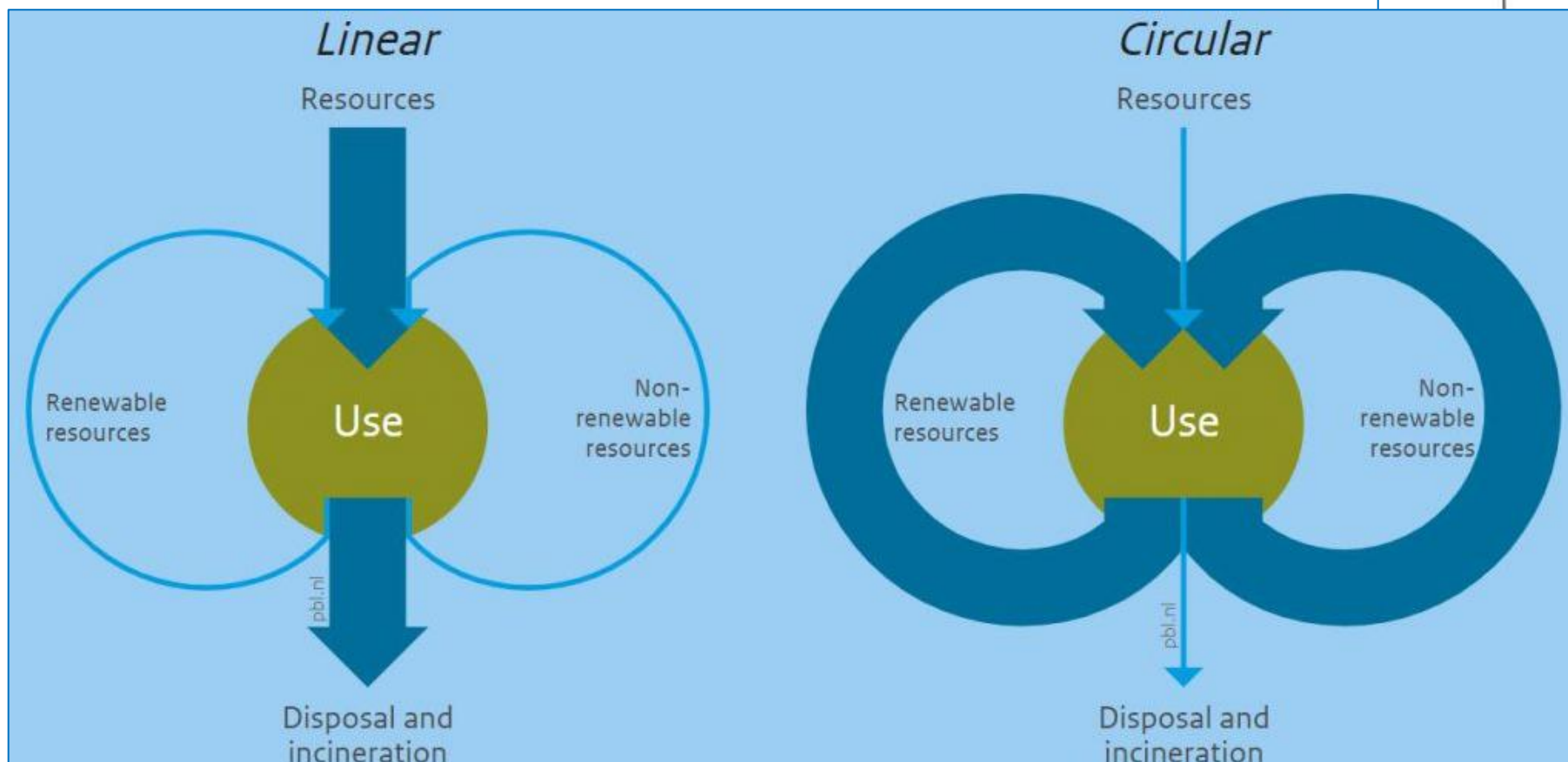
Princípios da economia circular industrial

Todos os anos produzem-se mais de 2,1 mil milhões de toneladas de lixo na União Europeia (UE). Ao utilizar a sua legislação relativa à gestão de resíduos, a UE visa promover a **transição para um modelo mais sustentável conhecido como economia circular**.

Mas do que falamos quando mencionamos o termo **economia circular**? Quais são as razões e as vantagens de tal transição?



O Conceito da Economia Circular



**LINEAR
ECONOMY**

Take

**RECYCLING
ECONOMY**

Take

**CIRCULAR
ECONOMY**

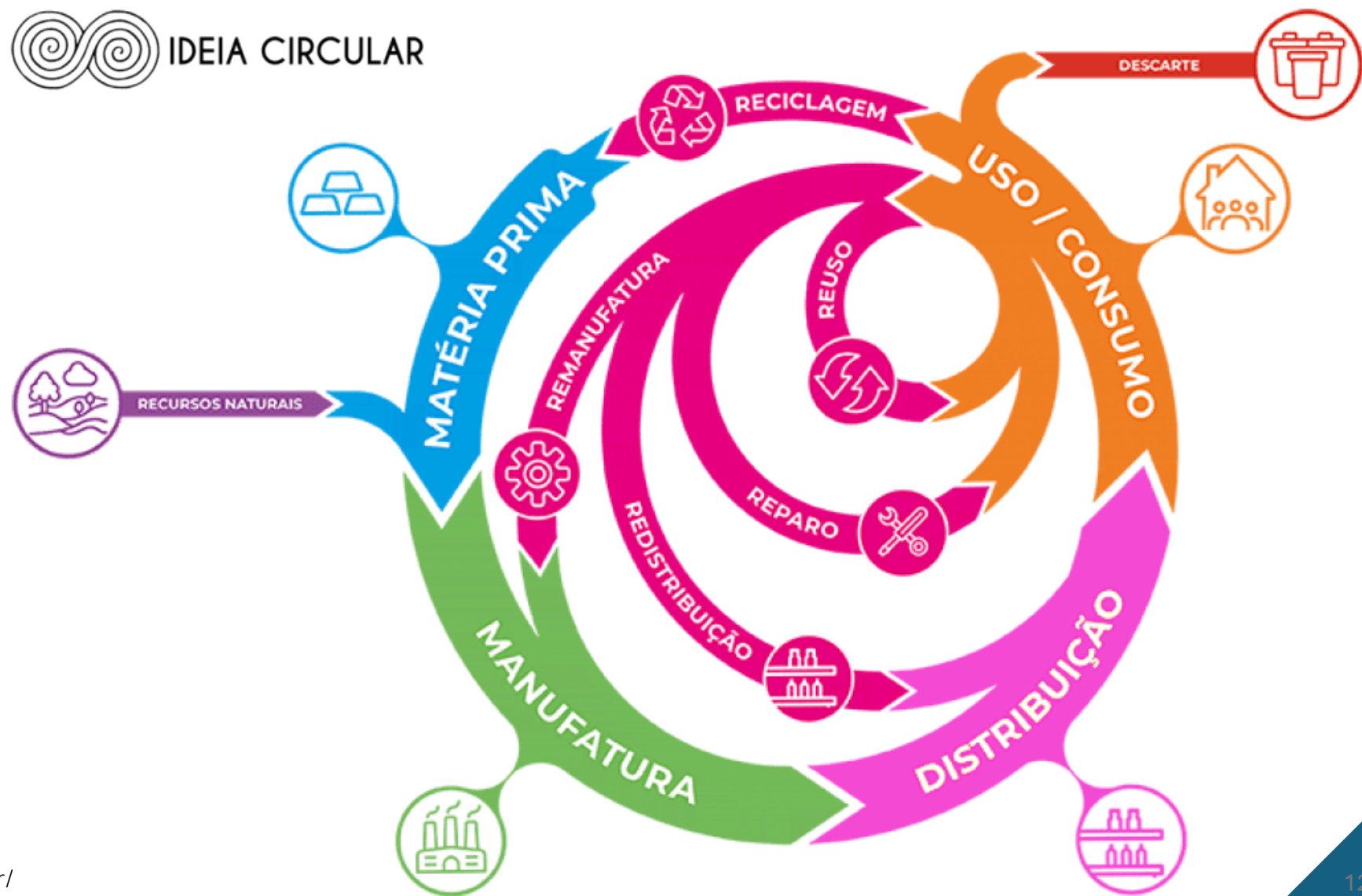
Take



O Conceito da Economia Circular



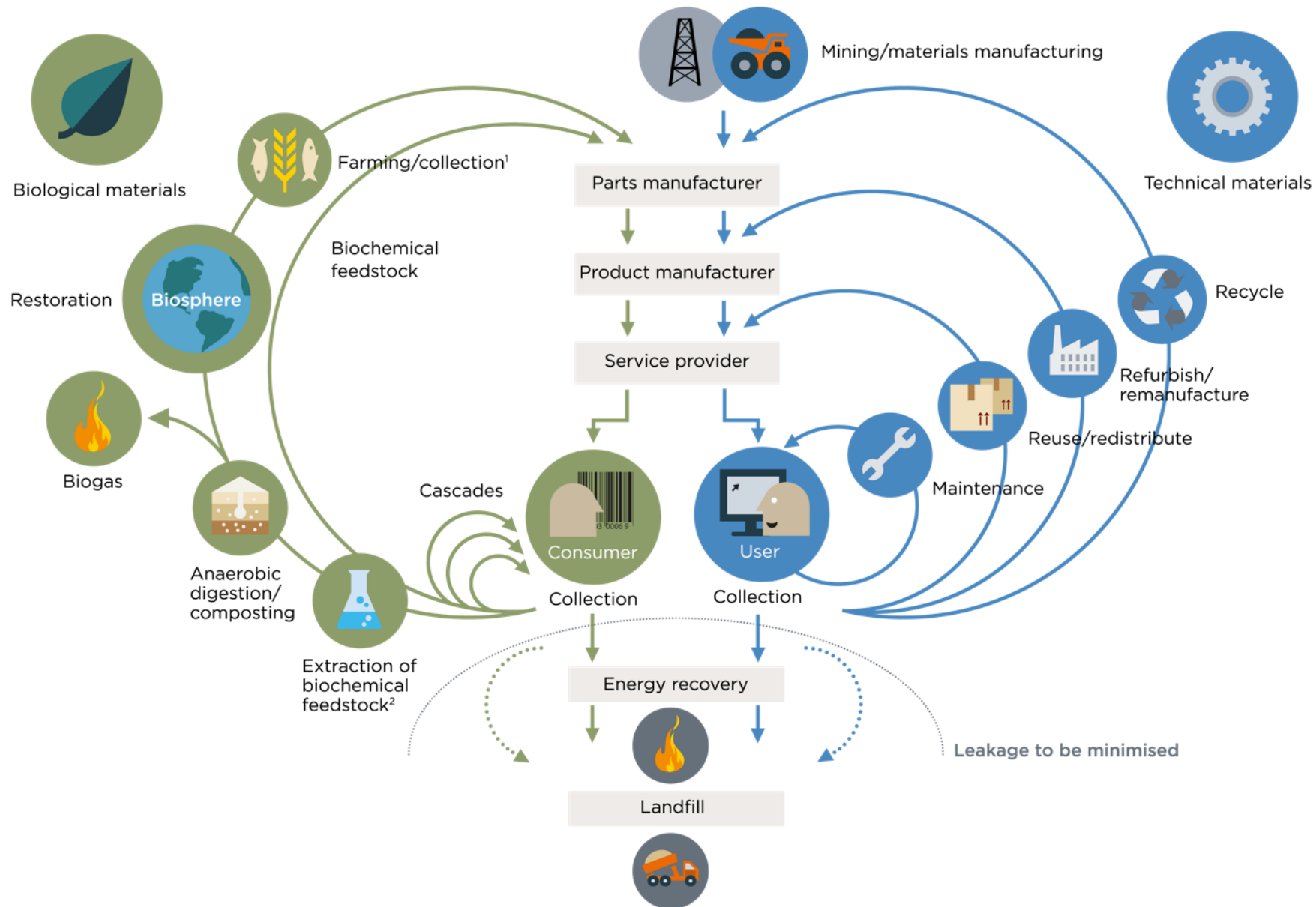
A **economia circular** propõe eliminar o conceito de lixo: cada material é aproveitado em fluxos cíclicos, o que possibilita sua trajetória do berço ao berço (ou em inglês Cradle to Cradle) – de produto a produto, preservando e transmitindo seu valor.



O Conceito da Economia Circular

- A economia circular promove a partilha, reutilização, reparação, renovação e reciclagem de materiais e produtos, reduzindo o consumo de novos recursos.
- O seu principal objetivo é prolongar o ciclo de vida dos produtos e reduzir a produção de resíduos, aumentando a eficiência na utilização dos materiais.
- A reciclagem permite manter os materiais na economia durante mais tempo, gerando valor adicional e diminuindo a necessidade de matérias-primas.
- Este modelo contrasta com o modelo linear tradicional, baseado em “produzir-utilizar-descartar” e associado à obsolescência programada e ao desperdício de recursos.

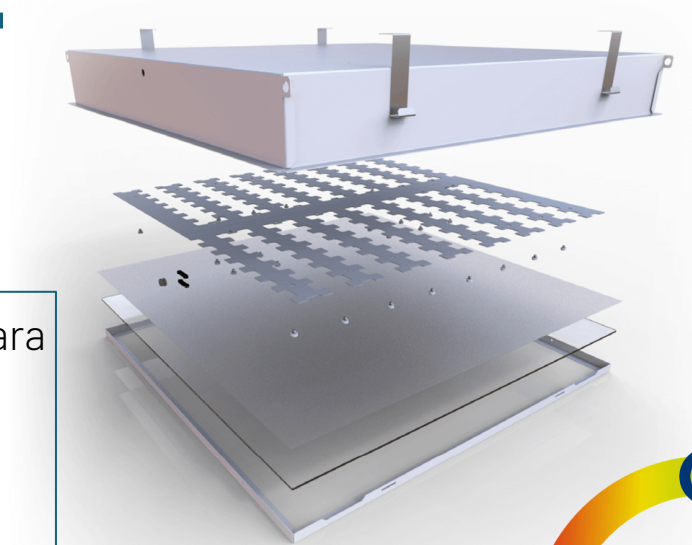




¹ Hunting and fishing
² Can take both post-harvest and post-consumer waste as an input
SOURCE: Ellen MacArthur Foundation - Adapted from the Cradle to Cradle Design Protocol by Braungart & McDonough

Indicadores de circularidade

Os indicadores de circularidade são métricas utilizadas para medir a transição de um modelo linear (extrair-produzir-descartar) para uma economia circular. Em Portugal, a monitorização destes dados baseia-se em orientações como os Indicadores de Transição Circular (CTI) da BCSD Portugal e relatórios da Agência Portuguesa do Ambiente.



Endless criteria

- Initial lm/W
- LLMF @ 50k hrs
- Colour shift SDCM @ 50k hrs
- ECG failure rate @ 100k hrs
- Smart control system

Effortless criteria

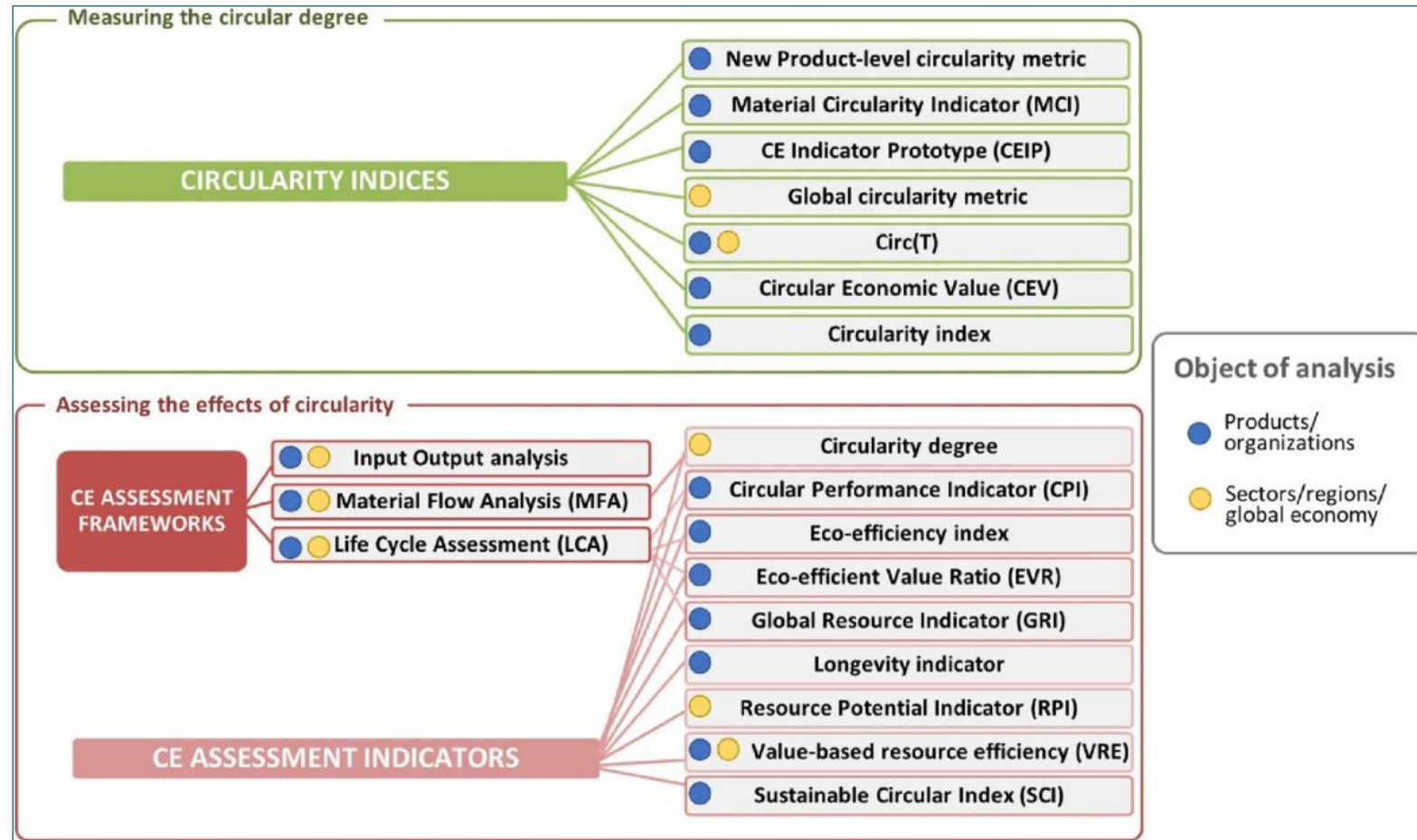
- Availability of a datasheet
- Availability of a repair manual
- Availability of spare parts reference
- Availability of spare parts
- Standardization of fasteners
- Standardization of the ECG (Electronic Control Gear)
- Standardization of the LE (Light Engine)
- Work environment of the ECG replacement
- Work environment of the LE replacement
- Skill level of the ECG replacement
- Skill level of the LE replacement
- Tools for opening the product
- Tools for the ECG replacement
- Tools for the LE replacement

Wasteless criteria

- Recyclable material content
- Recycled material content
- ECG mass / 1000 lm
- PCB mass / 1000 lm

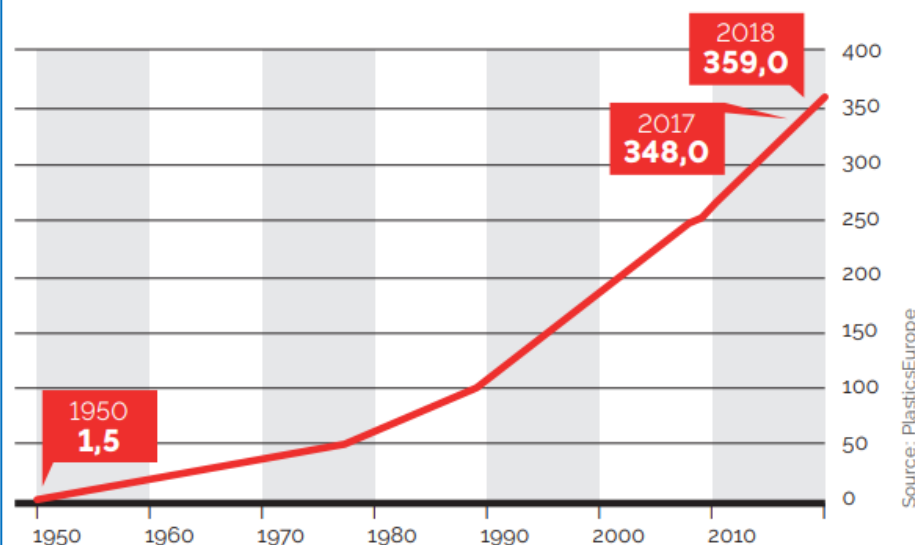
Indicadores de circularidade

- A transição para a economia circular assenta em estratégias como reduzir, reutilizar, reciclar, eco-design, inovação nos modelos de negócio e simbiose industrial.
- Contudo, a avaliação da circularidade continua debatida, pois muitos indicadores focam-se apenas no fecho dos ciclos materiais, ignorando impactos ambientais, económicos e sociais, bem como a complexidade dos processos circulares nas organizações industriais.
- A maioria dos estudos da figura analisa produtos e serviços, ou metodologias como LCA e MFA. As métricas avaliam desempenho das organizações na adoção de práticas circulares e contributo para economia circular.

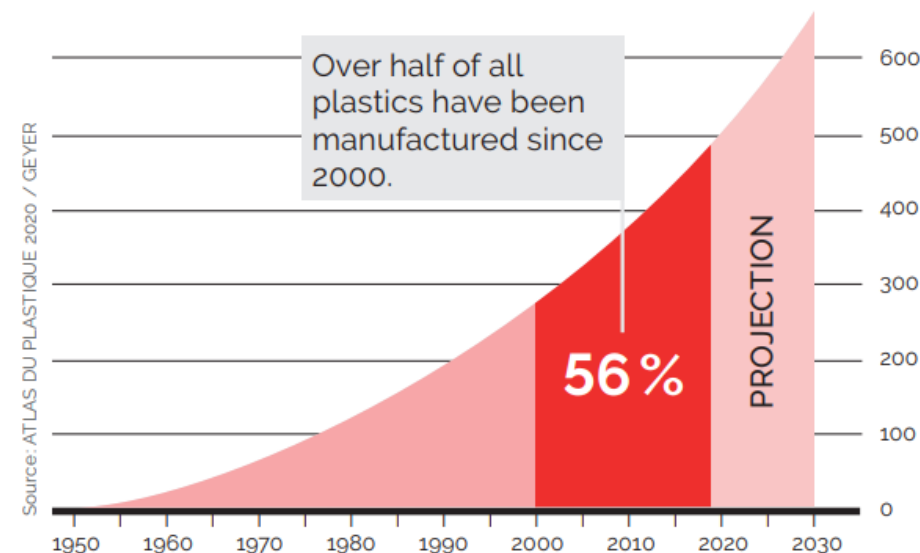


Plástico

Global plastic production
from 1950 to 2018, in millions of metric tons



A plastic planet
Global production of plastic in millions of tonnes



CO₂ ↓

Plastics are tough, durable and versatile and can help reduce carbon emissions

51,2m

tonnes of plastic consumed in Europe in 2018

40 %

of plastics consumed are used for packaging

95 %

After brief initial use, plastic packaging loses 95% of its value

42 %

of plastic packaging is recycled in Europe

1,5m

tonnes of plastic waste were still being exported in 2019

Source: European Plastics Pact

PACTO PORTUGUÊS PARA OS PLÁSTICOS



METAS 2025

- ✓ **Eliminar os plásticos de uso único considerados problemáticos e/ou desnecessários;**
- ✓ **Garantir que 100% das embalagens são reutilizáveis, recicláveis ou compostáveis;**
- ✓ **Garantir que 70%, ou mais, das embalagens plásticas são efetivamente recicladas, através do aumento da recolha e da reciclagem;**
- ✓ **Incorporar, em média, 30% de plástico reciclado nas novas embalagens de plástico;**
- ✓ **Promover atividades de sensibilização e educação aos consumidores (atuais e futuros) para a utilização circular dos plásticos.**



O Super Bock Group junta-se ao Pacto Português para os Plásticos, uma plataforma colaborativa da Associação SmartWaste Portugal que visa promover a economia circular, de forma a que os plásticos não se convertam em resíduos. Ao **assinar este pacto**, a empresa compromete-se a dar um contributo ativo para a concretização das metas definidas até 2025.

OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL



AGENDA 2030 DAS NAÇÕES UNIDAS

OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

- ▶ A REN definiu uma estratégia de sustentabilidade alinhada com os 17 objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) criados em 2015 pelas Nações Unidas **REN**



- ▶ Em 2019, a Amazon co-fundou o *The Climate Pledge* – um compromisso de atingir emissões de carbono Net Zero em toda a cadeia até **2040**. Efectuar 50% de todas as remessas com emissões de carbono Net Zero até **2030**.



Ecoeficiência

- A Ecoeficiência é uma estratégia de gestão de fazer mais com menos.
- Baseia-se no conceito de criar mais bens e serviços ao usar menos recursos e criar menos resíduos e, também menos poluição.
- A Ecoeficiência é uma medida de sustentabilidade que combina desempenho ambiental e também o económico.

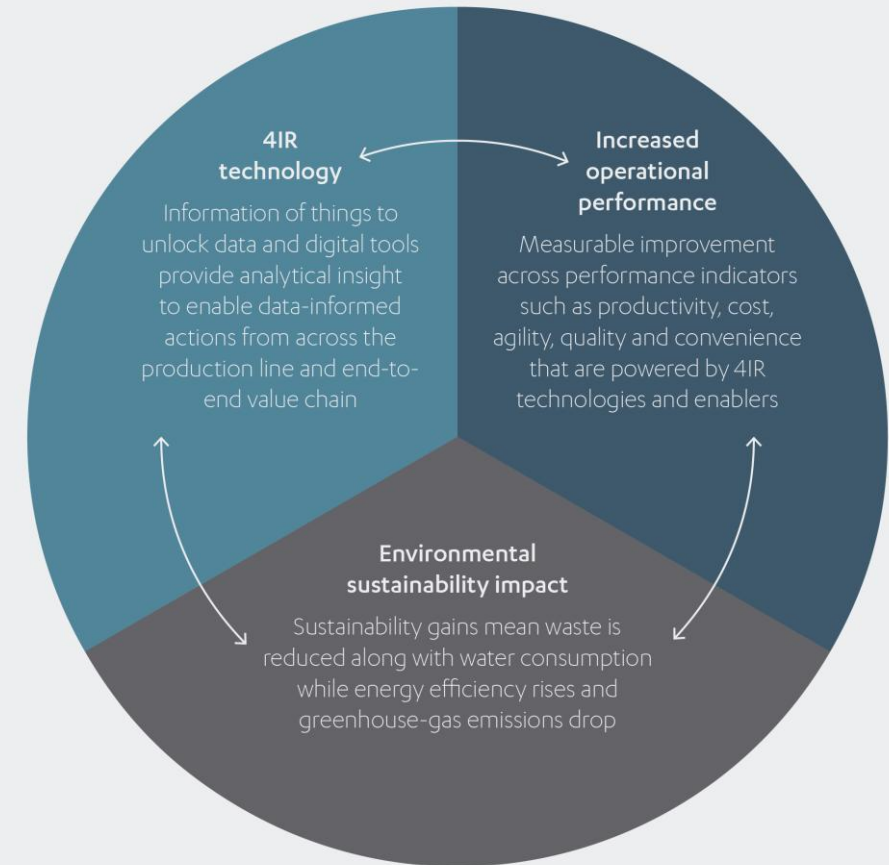


Ecoeficiência

Elementos Fundamentais

- Reduzir o consumo de materiais com bens e serviços;
- Reduzir o consumo de energia com bens e serviços;
- Reduzir a dispersão de substâncias tóxicas;
- Intensificar a reciclagem de materiais;
- Maximizar o uso sustentável de recursos renováveis;
- Prolongar a durabilidade dos produtos;
- Agregar valor aos bens e serviço.

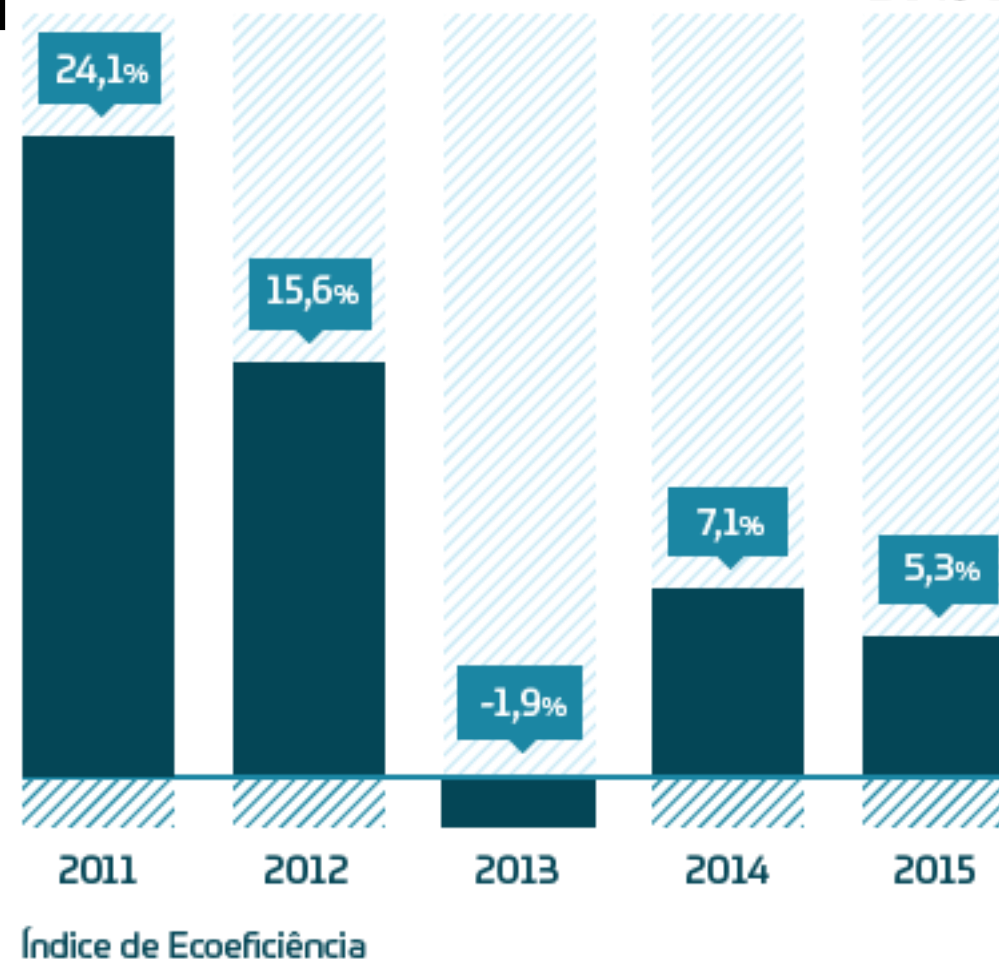
Eco-efficiency is core to the Fourth Industrial Revolution journey



Source: McKinsey & Co

Ecoeficiência – Exemplo Brisa

- Resultado dos esforços aplicados na eficiência energética, o Grupo Brisa obteve em 2015 um desempenho positivo de 5,3%.
- Neste caso, a atividade do grupo é medida em **número de km percorridos** e o seu impacto ambiental provém dos consumos de eletricidade, água, combustível, emissões de gases com efeito estufa e produção de resíduos, analisados na eficiência energética.



Ecoeficiência – Exemplo SCC



- Novo equipamento da operação de enchimento de garrafas de vidro da unidade de produção de Vialonga, uma aposta que representa um investimento de 8 milhões de euros. De acordo com a cervejeira, o equipamento tem capacidade para encher **55 000 garrafas** por hora.

↓ 96% H₂O ↓ 22% CO₂

↓ 12.600kWh



Ecoeficiência – Exemplo BEST

Ser uma empresa ecoeficiente: soluções de sustentabilidade para criar mais valor com menos impacto foi o tema desta ação de formação organizada no âmbito do BEST – Business Education for Smart Tourism

Focu-se nas seguintes temáticas:

- ▶ **Eficiência energética** e mobilidade sustentável
- ▶ **Consumo sustentável**, tratamento de resíduos e economia circular
- ▶ Marcas de **turismo sustentável** e ações com impacto no futuro

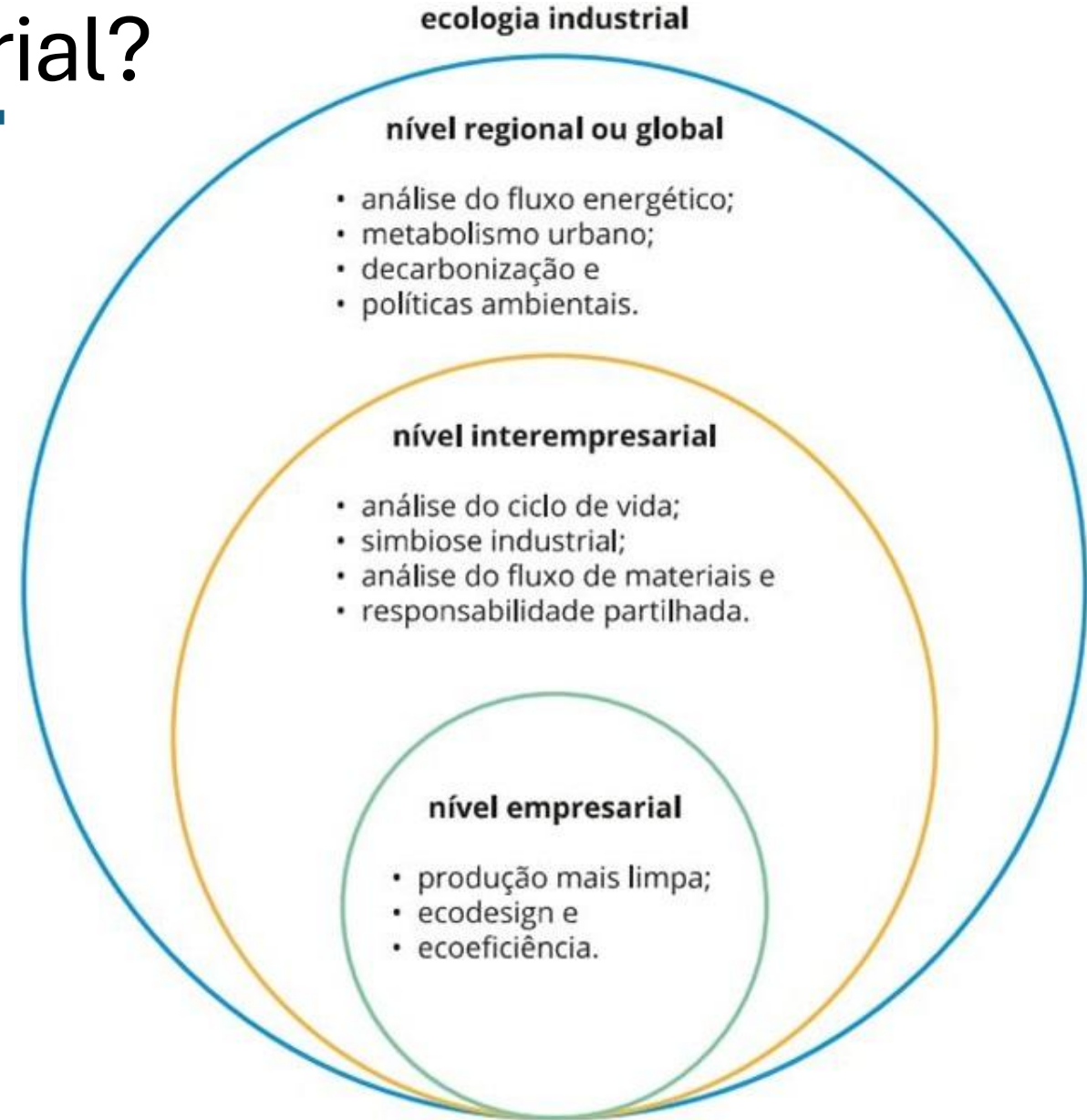


Exemplo Auchan



Auchan | RETAIL

O que é a Ecologia Industrial?



Ecolabel

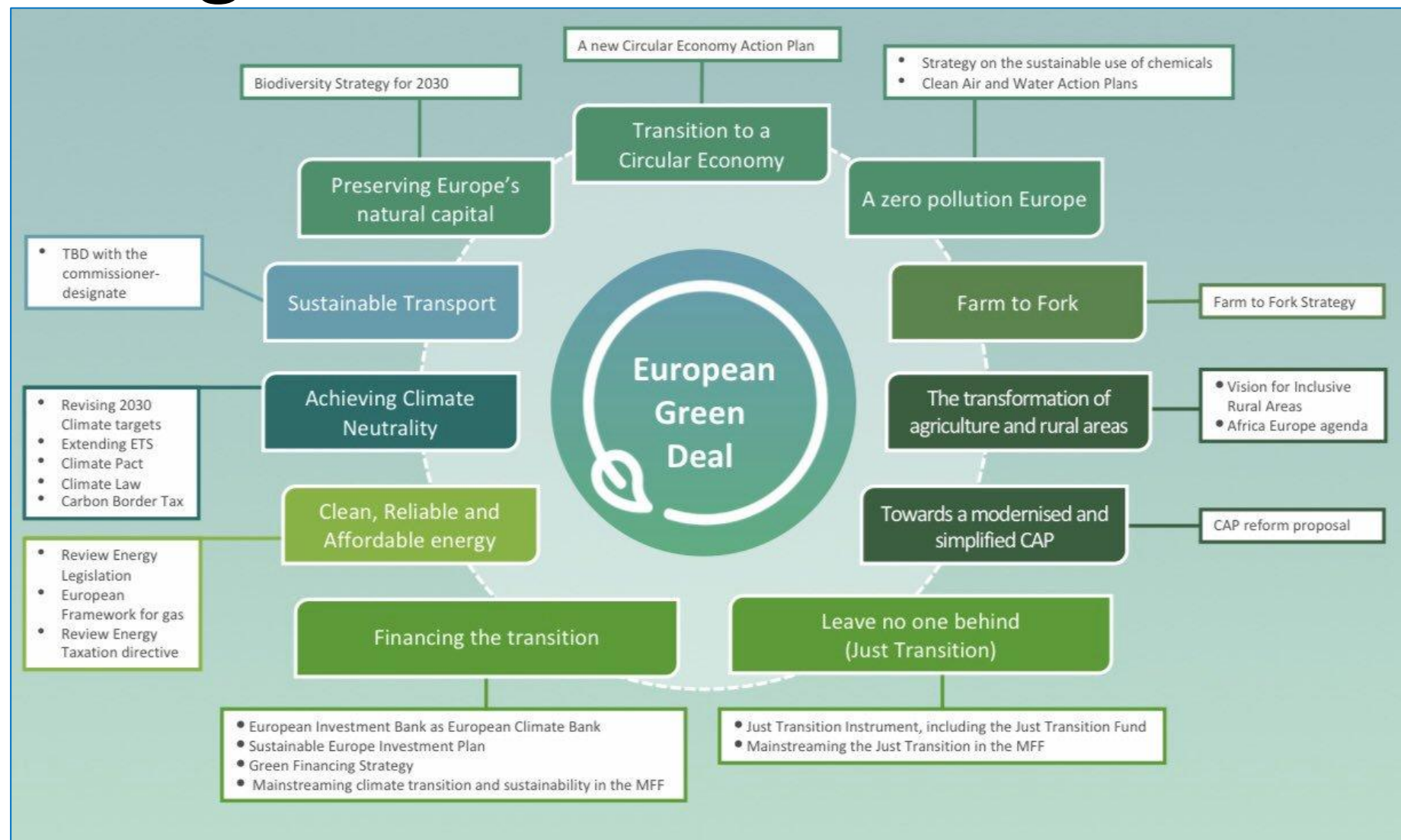
- ▶ Estabelecido em 1992 e reconhecido em toda a Europa e em todo o mundo, o EU Ecolabel é um rótulo de excelência ambiental que é atribuído a produtos e serviços que cumprem elevados padrões ambientais ao longo do seu **ciclo de vida**: desde a extração da matéria-prima até à produção, distribuição e eliminação.
- ▶ O rótulo ecológico da UE promove a **economia circular**, incentivando os produtores a gerar **menos resíduos** e CO₂ durante o processo de fabricação.
- ▶ Os critérios do rótulo ecológico da UE também incentivam as empresas a desenvolver **produtos duráveis, fáceis de reparar e reciclar**.



Figure 1: EU Ecolabel mentioning the renewable feedstock base and the corresponding environmental benefits

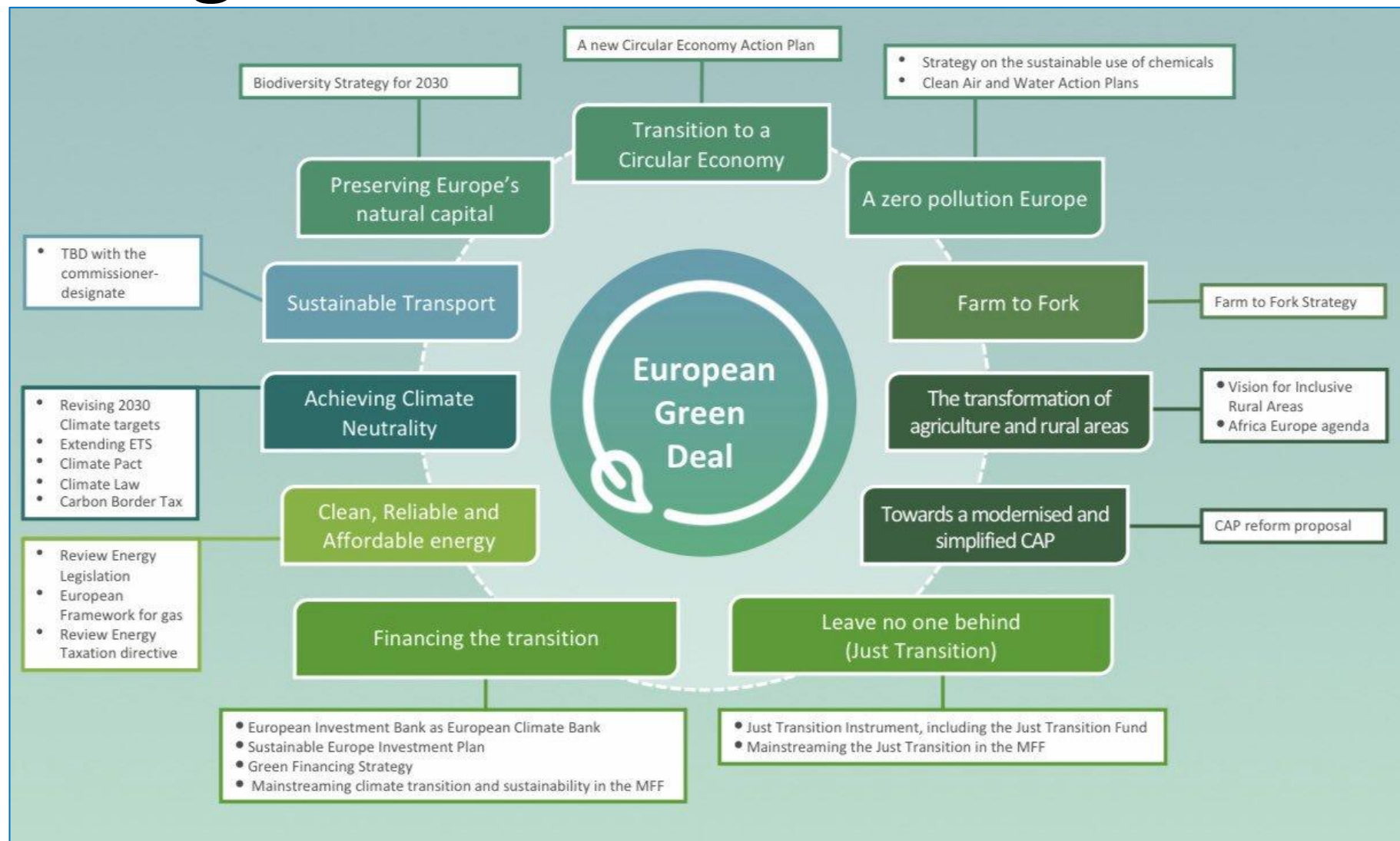
Transição Energética

- ▶ A COP26 de Glasgow, que se realizou em novembro de 2021, confirmou o compromisso de alcançar a chamada **Carbon Neutrality** até 2050.

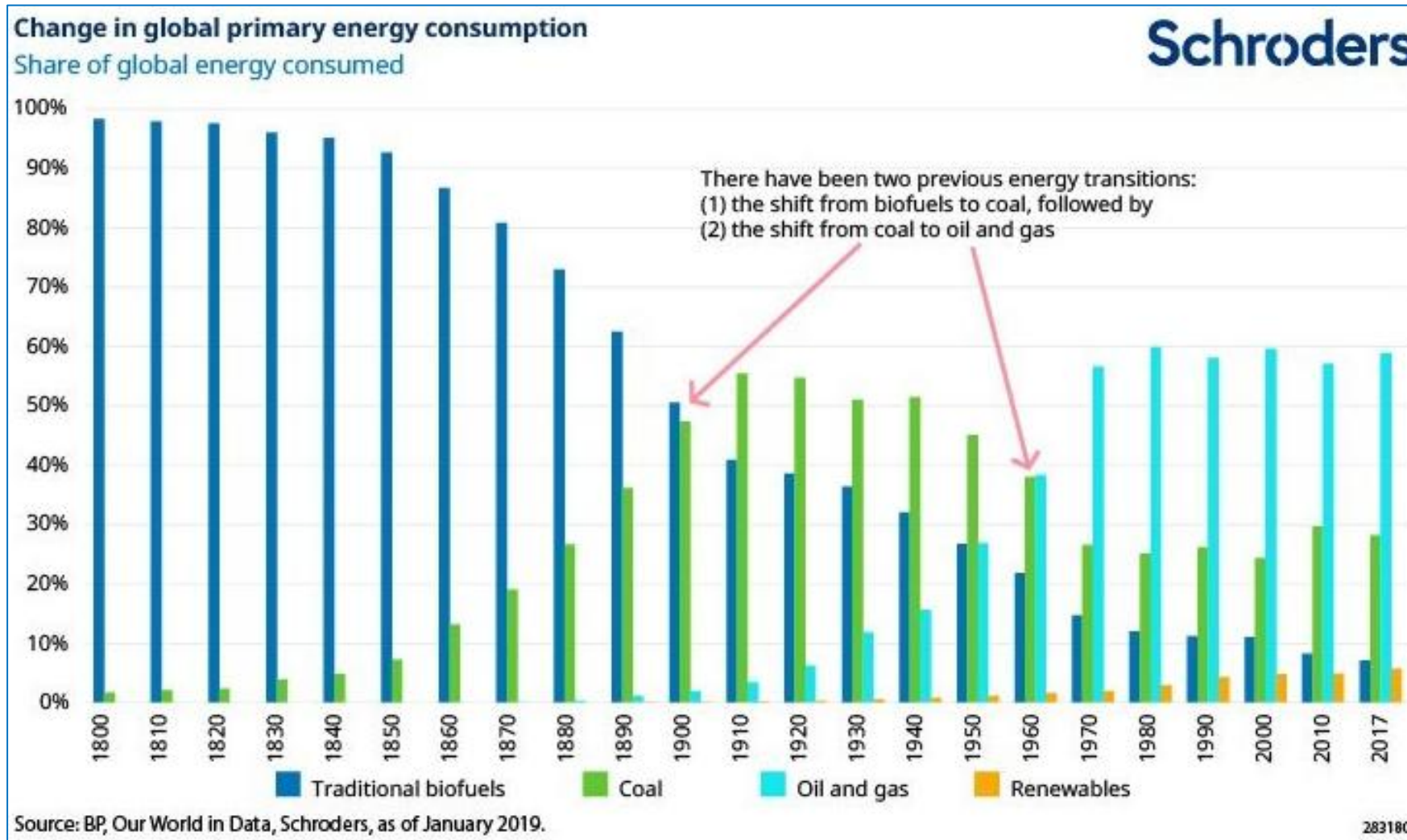


Transição Energética

O principal instrumento para alcançar este objetivo é a transição energética, ou seja, a passagem de uma matriz energética focada nos combustíveis fósseis para uma com baixa ou zero emissões de carbono, baseada em fontes renováveis.

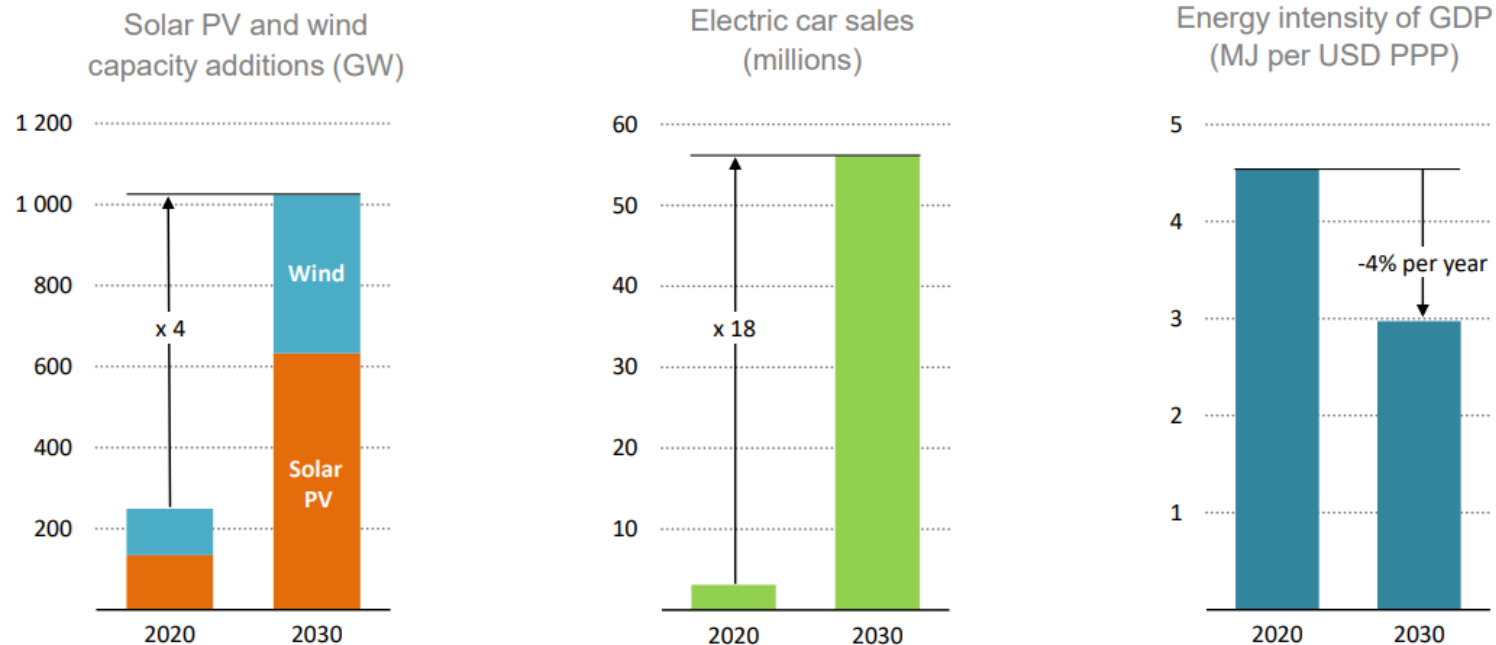


Transição Energética



Transição Energética

Make the 2020s the decade of massive clean energy expansion

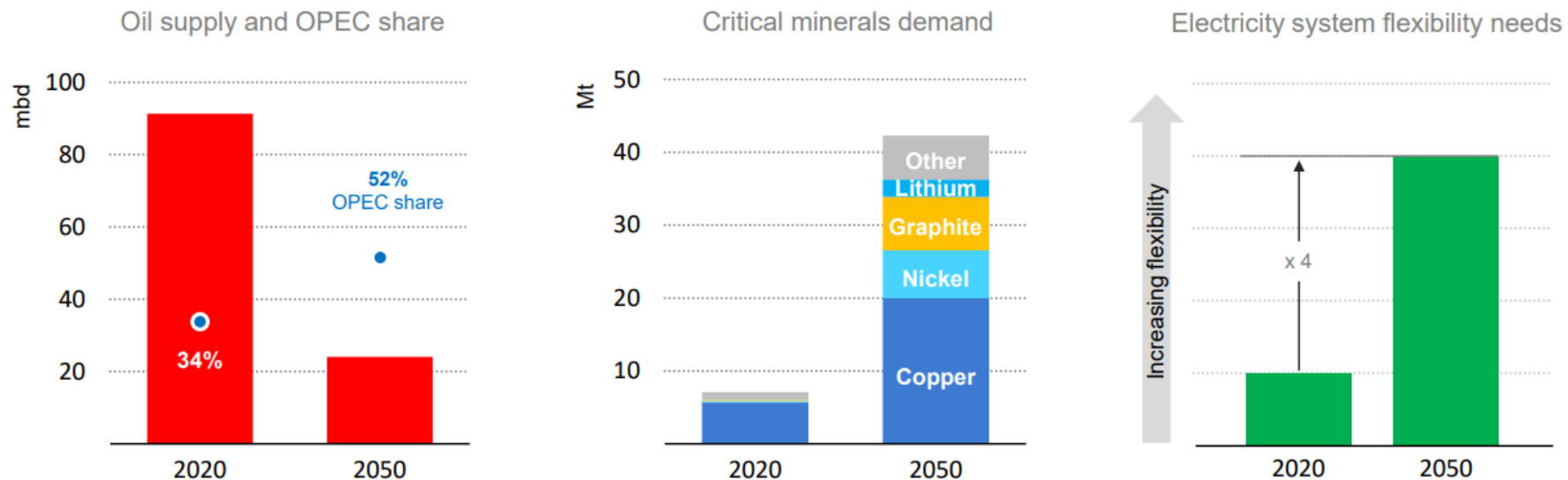


Technologies for achieving the necessary deep cuts in global emissions by 2030 exist, but staying on the narrow path to net-zero requires their immediate and massive deployment.

O que
ainda
falta
fazer!

Transição Energética

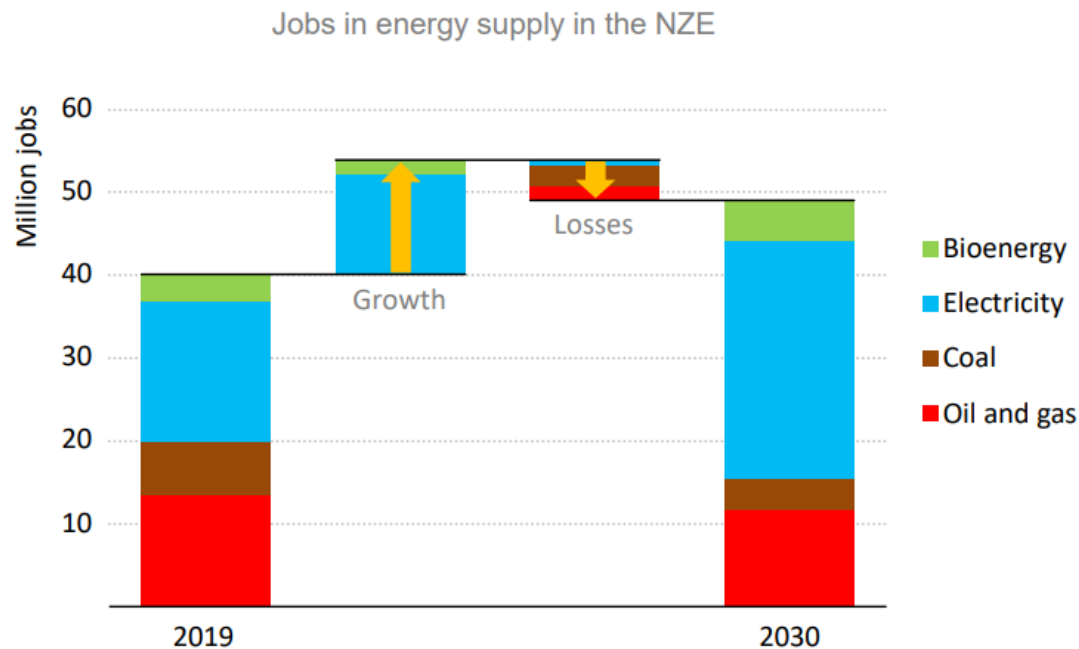
Address emerging energy security risks now



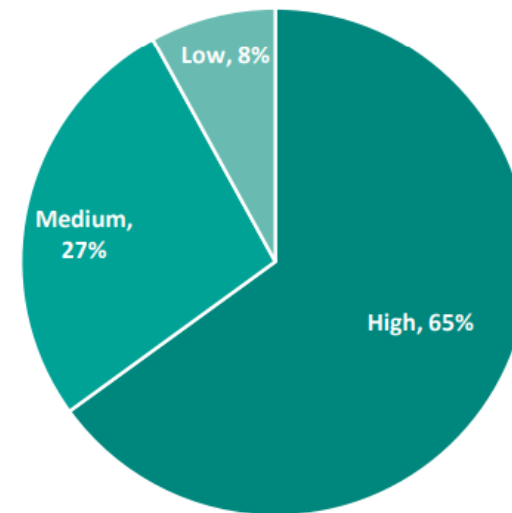
New energy security concerns emerge, and old ones remain; governments need to proactively plan for energy security risks related to market concentration, critical minerals and electricity systems.

Transição Energética

Clean energy jobs will grow strongly but must be spread widely



Skill level of new workers in the NZE, 2030



By 2030 there are 14 million jobs created in global energy supply, and a further 16 million in clean energy end-uses; but inclusive policies are needed to support reskilling & diversification in fossil-fuel dependent communities

Transição Energética - Portugal

- ▶ No âmbito do Plano Nacional Energia e Clima (PNEC 2030) Portugal comprometeu-se a atingir uma incorporação de **47% de fontes renováveis** no consumo final de energia e a atingir pelo menos **80% de renováveis na produção de eletricidade**.

	Diário da República, 1.ª série	
N.º 133	10 de julho de 2020	Pág. 2
PRESIDÊNCIA DO CONSELHO DE MINISTROS		
Resolução do Conselho de Ministros n.º 53/2020		
<i>Sumário:</i> Aprova o Plano Nacional Energia e Clima 2030 (PNEC 2030).		
Portugal assumiu, em 2016, na Conferência das Partes da Convenção Quadro das Nações Unidas para as Alterações Climáticas, o compromisso de alcançar a neutralidade carbónica até 2050.		
Nesse sentido, em 1 de julho de 2019 foi publicada a Resolução do Conselho de Ministros n.º 107/2019, de 1 de julho, que aprovou o Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (RNC 2050).		

Transição Energética – *Na prática*

- ▶ A ALDI cumpriu o seu compromisso de alimentar as suas operações com eletricidade **100% renovável**. A transição resulta numa **redução de 85%** nas emissões de dióxido de carbono (CO₂) de empresa.
- ▶ Ao atingir marco de **100% eletricidade renovável**, evita-se que mais de **274.000 toneladas** de emissões de CO₂ vão para atmosfera a cada ano, o equivalente a abastecer 59.677 casas australianas ou tirar 80.588 carros das estradas por um ano.



↓ **85%**

Renewable Electricity

ALDI Australia is proudly powered by 100% renewable electricity.

All our stores, warehouses and offices are fully powered using renewable electricity.



Para as empresas é também fonte de Orgulho (e marketing!)

Exemplos

Foram implementadas medidas de eficiência energética, como **luzes LED**, reduzindo o consumo total de energia de **iluminação em mais de 50%**, além de testar a tecnologia de **refregiração natural** nas lojas ALDI.



↓ **50%**

Lidl tem o compromisso de operar **250 pontos de carregamento** de veículos elétricos (EV) até 2022. A empresa apresentou o seu 100º ponto de carregamento nas suas lojas no início de 2021.



250

ECO Benfica

Em junho de 2019, o Sport Lisboa e Benfica inaugurou uma central fotovoltaica, nas instalações do Seixal, que contava com **1146 painéis com 315 kWp** em regime de autoconsumo - poupado o equivalente a **10 mil árvores**.

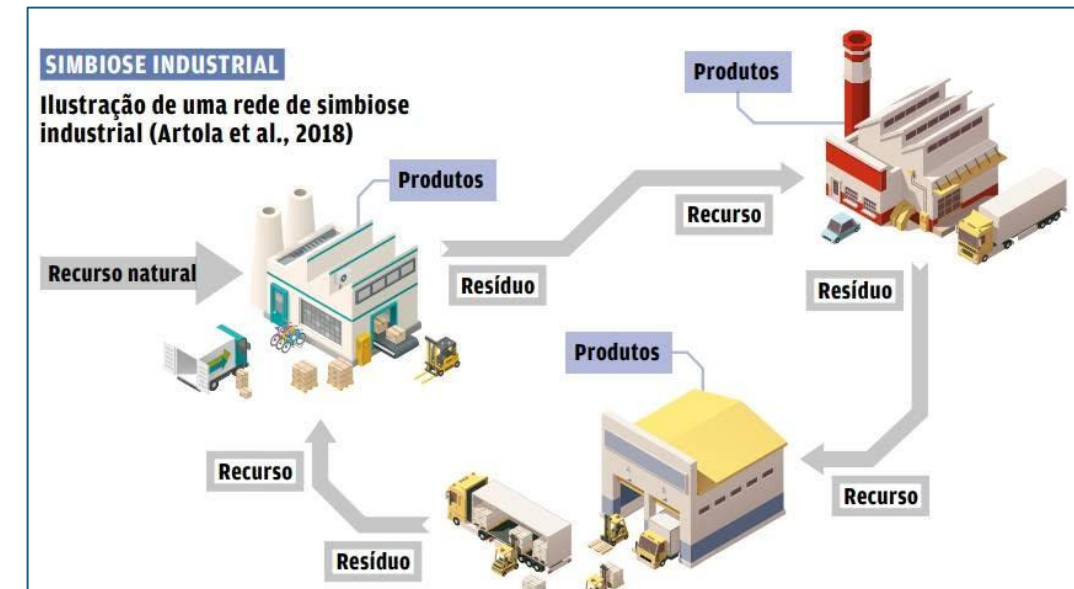


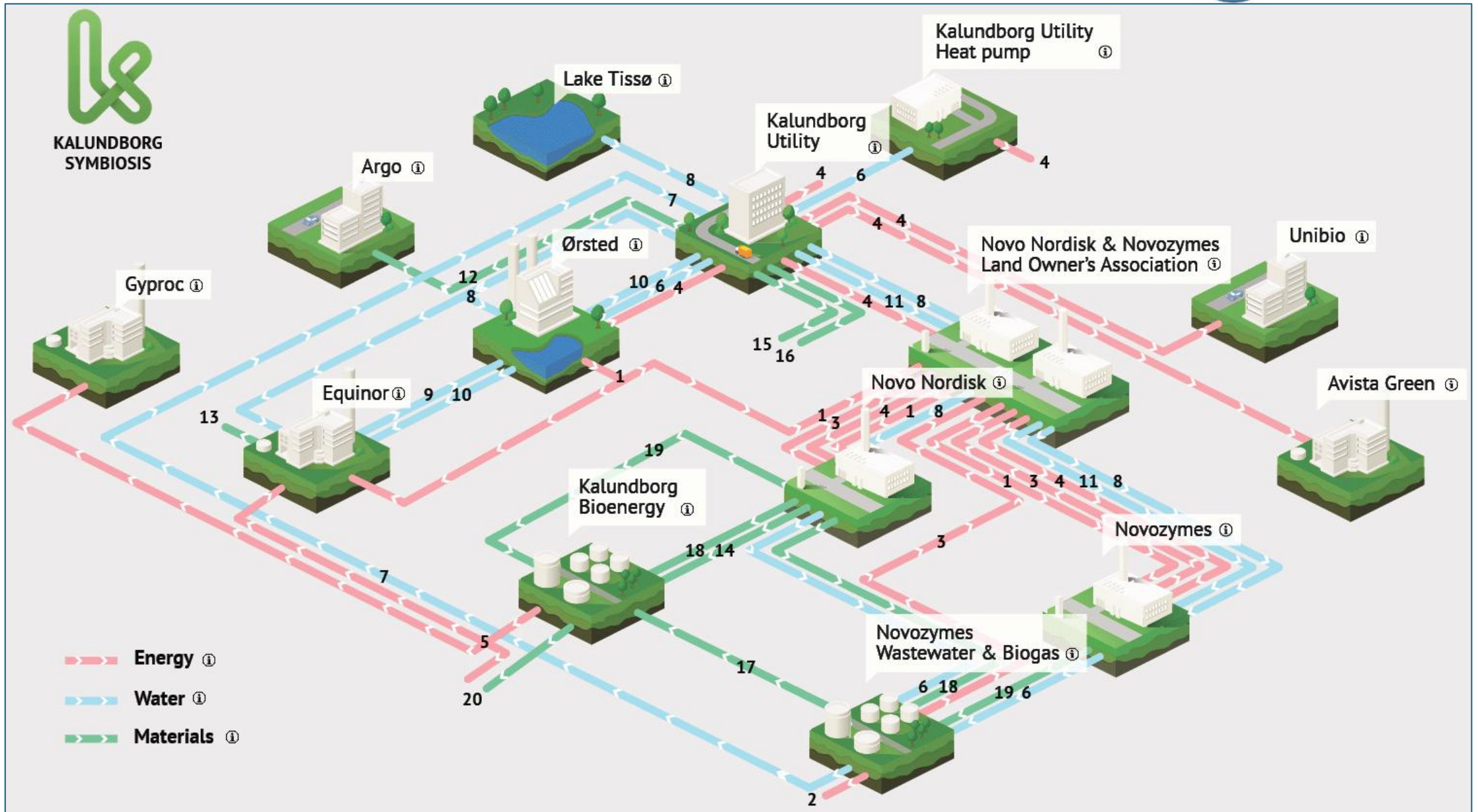
10 000

Simbiose Industrial

Já ouvi falar disto...

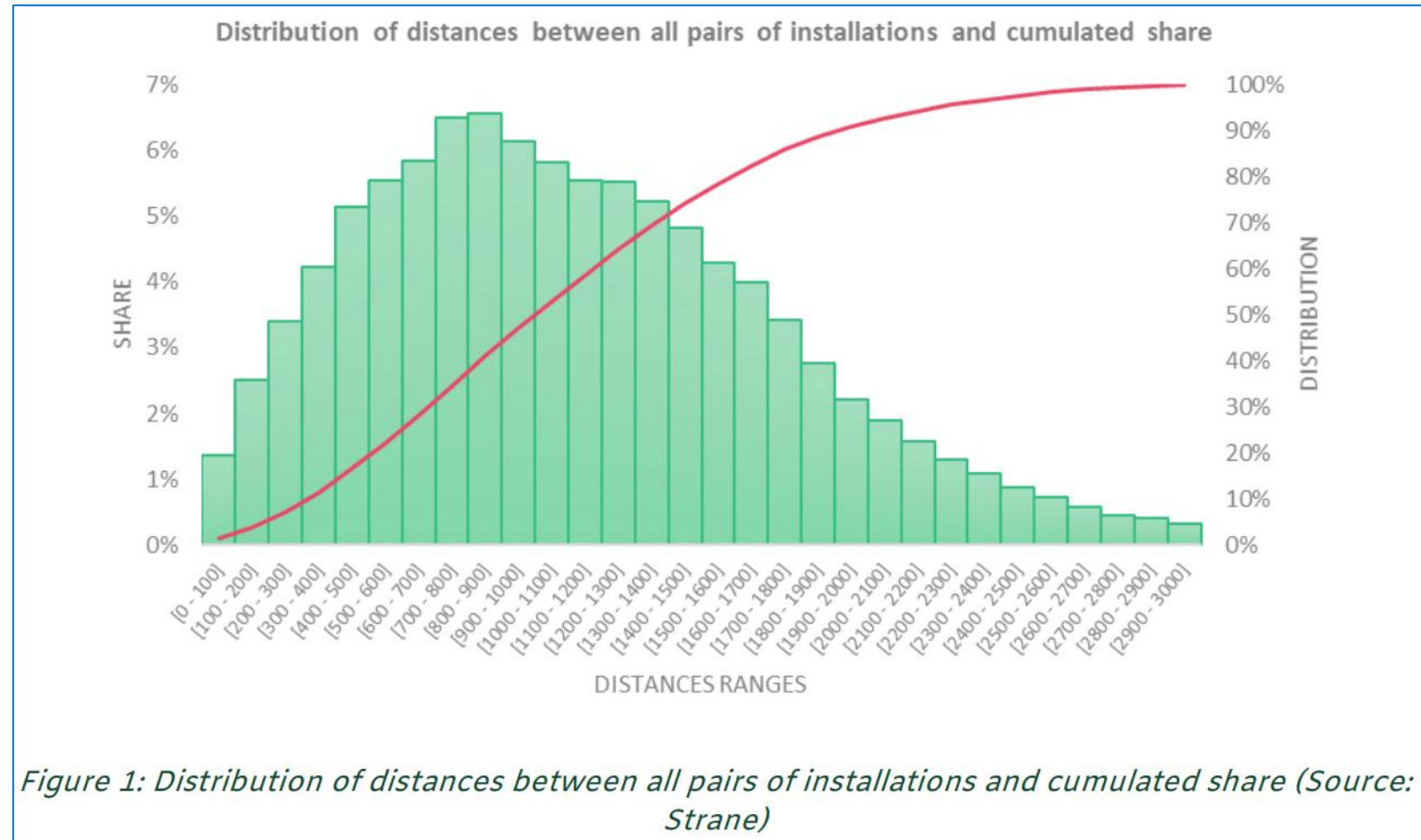
O que é?





Simbiose Industrial

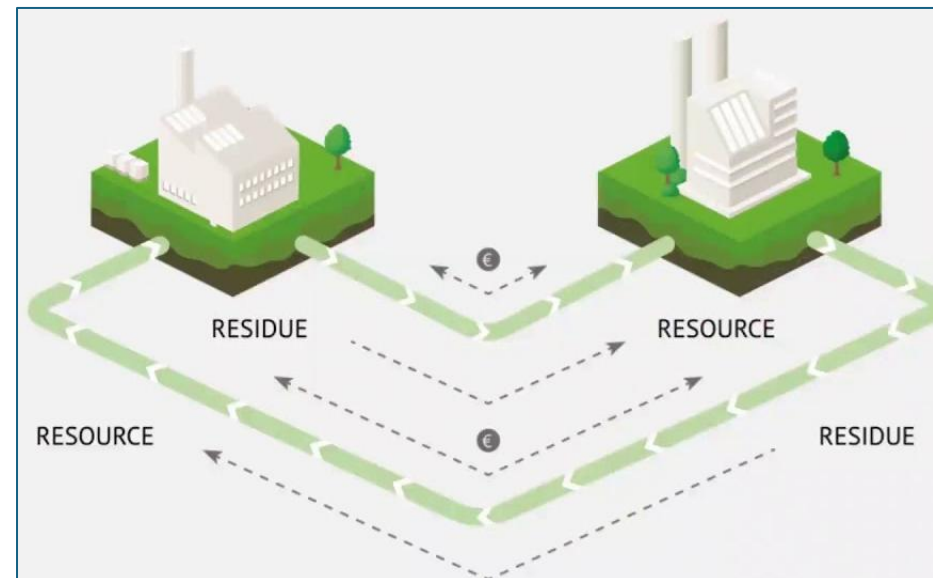
- ▶ A UE conta com **6 656** instalações industriais.
- ▶ O número total de combinações entre essas localizações é de cerca de **43 milhões**.
- ▶ As distâncias média e mediana entre todos os locais das instalações são de **1 000 e 1 050km**.



Simbiose Industrial

A simbiose industrial é uma estratégia de negócios que incentiva a colaboração entre empresas, **tradicionalmente não relacionadas**, para concretizar novas oportunidades de negócios, explorando formas inovadoras de colocá-las em prática:

- ▶ Valorizar os recursos excedentes tais como energia, água, resíduos, materiais, logística, conhecimento, etc.
- ▶ Encontrar soluções inovadoras na disponibilização de recursos entre parceiros



Simbiose Industrial

Nuestros Hermanos



Simbiose Industrial

Nuestros Hermanos

Resultados

Un trabajo colectivo

27 empresas participantes

50 personas, empresarios y técnicos involucrados hasta el momento

8 sinergias identificadas

4 en implantación

4 en estudio

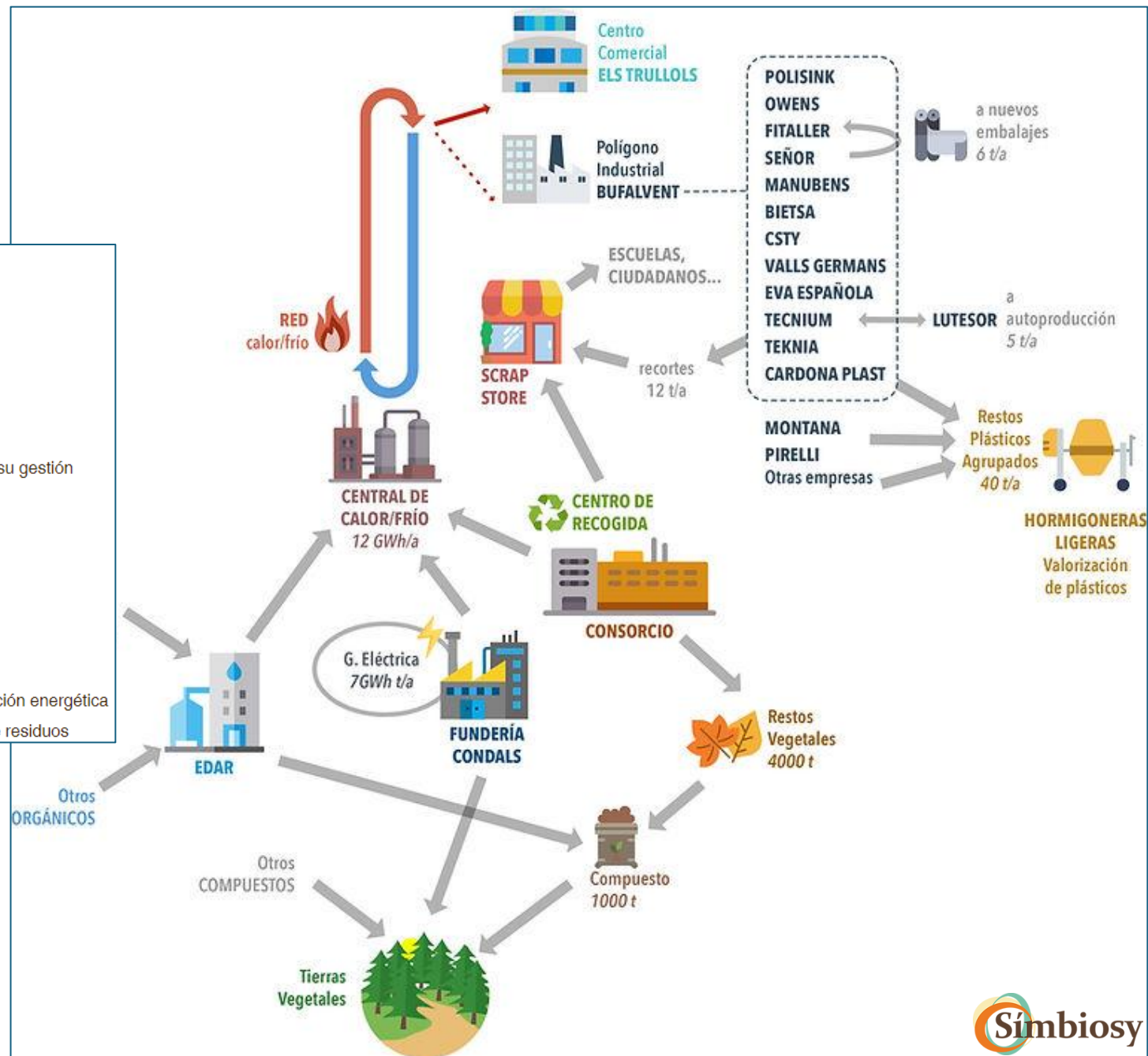
Proyecto en cifras

Potenciales ambientales:

- **11.000 toneladas** de residuos que mejoran su gestión
- **256 toneladas** menos se envían al vertedero
- **11 toneladas** de materias primas ahorradas
- **12 GWh** de calor ahorrados
- **7 GWh** de electricidad generada

Potenciales económicos:

- **1.200.000 €** de ahorro potencial en la generación energética
- **135.000 €** de ahorro potencial en la gestión de residuos



Simbiose Industrial

Nuestros Hermanos

MESCLA D'ACER + LLAUTÓ
Metal
Tarragona / Riudecols

Information +

offer

ACETONA PROCEDENT DE NETEJA DE PECES. POT CONTENIR IMPURESES INFERIORS A 3 MICRES
chemical
Barcelona / Granollers

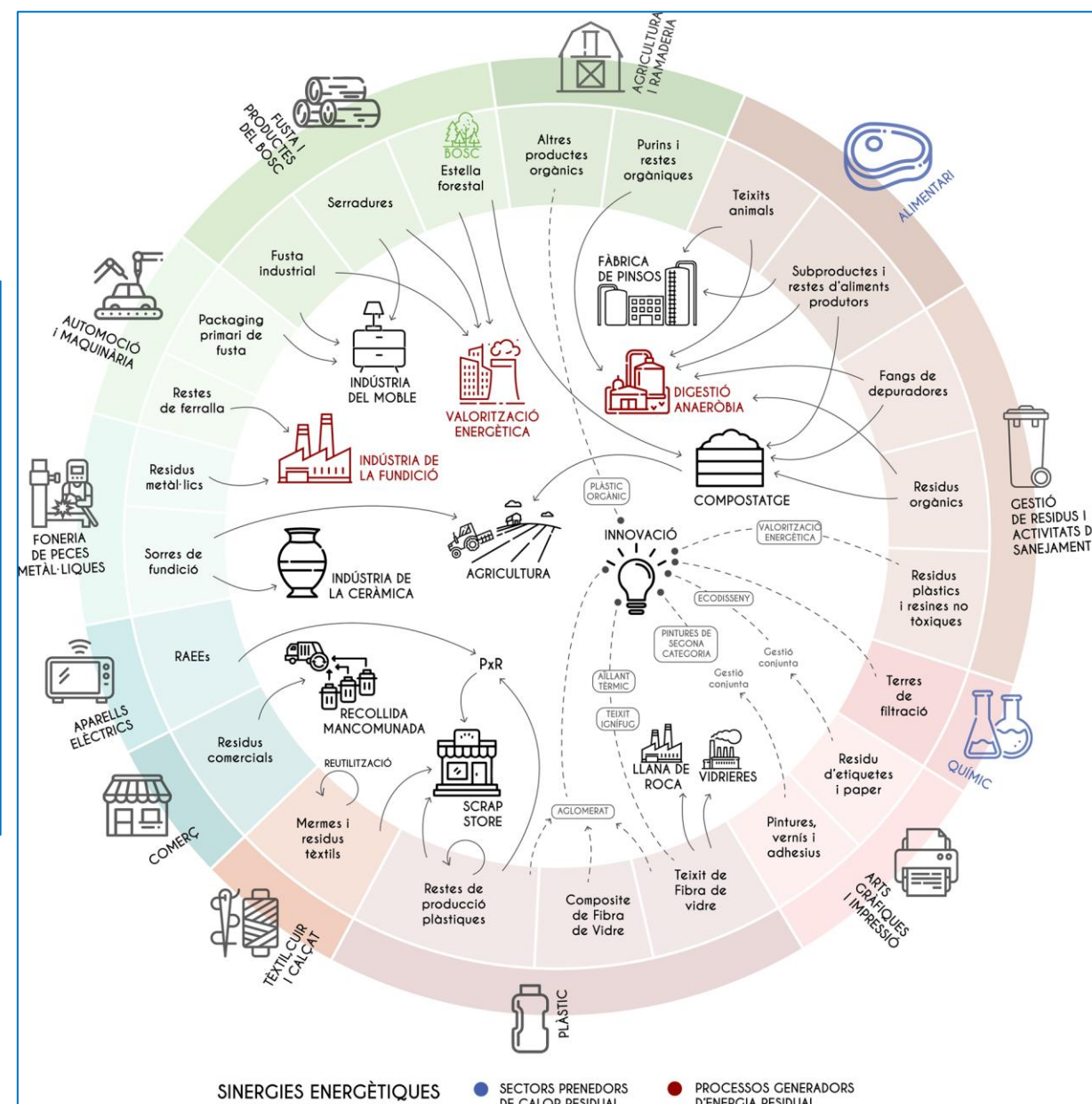
Information +

offer

CAIXES DE CARTRÓ
Paper and paperboard
Barcelona / Montornès del Vallès

Information +

offer



Simbiose Industrial PAPERCHAIN

EUROPEAN PULP AND PAPER INDUSTRY - FACTS AND FIGURES

Annual production of around 130.4 million tonnes
Ranks second in the world

waste 55%
Incineration
With Energy recovery

waste 15%
Use on land
Reconstruction

waste 10%
Other
Industrial Uses

WASTES TO
LANDFILLS

Million Tonnes
fills

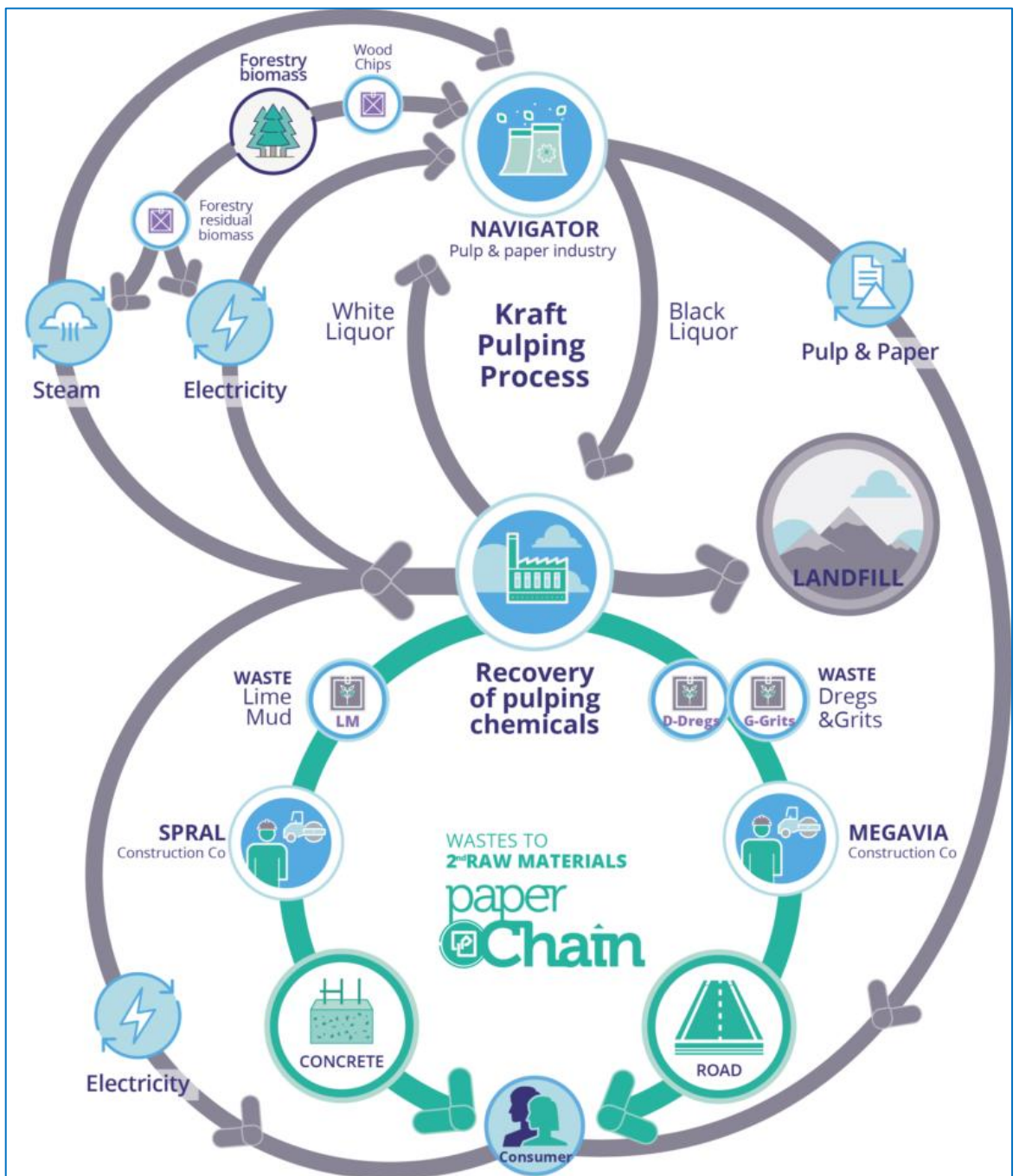
WASTES TO
2° RAW MATERIALS

paper
Chain

CIRCULAR CASE 1
Valorisation of Paper industry's causticizing residuals (i.e. lime mud, slaker grits and green liquor dregs) as secondary raw materials for concrete and asphalt manufacturing.

CIRCULAR CASE 2
Valorisation of ash produced in the energy recovery from paper waste produced by Recycling Pulp mills as alternative binder for soil stabilization works in road projects

CIRCULAR CASE 3
Valorisation of deinking paper sludge and waste paper ash produced by Recycling Pulp mills for the rehabilitation and slope stabilization of landslides in Railway lines.



Project Information

PAPERCHAIN

Grant agreement ID: 730305

DOI

10.3030/730305 **Closed project**

Start date

1 June 2017

End date

31 August 2021

Funded under

SOCIETAL CHALLENGES - Climate action, Environment, Resource Efficiency and Raw Materials

Total cost

€ 9 217 196,20



EU contribution

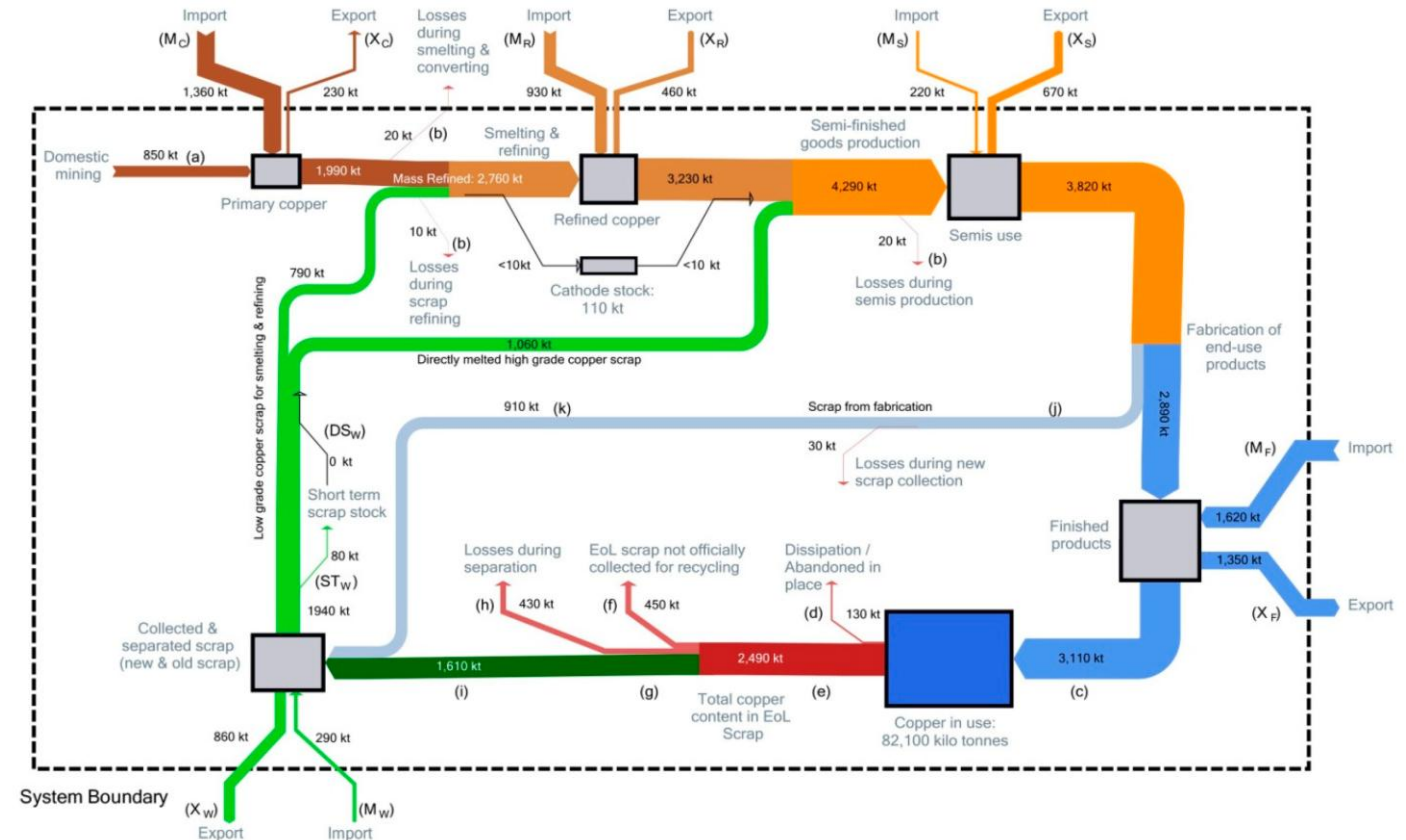
€ 7 826 080,89

Coordinated by

ACCIONA INFRAESTRUCTURAS S.A.

Spain

O Mapeamento de Fluxos de Materiais e Resíduos é uma ferramenta de gestão e engenharia essencial para otimizar processos industriais. Este permite identificar o caminho percorrido pelos materiais desde a sua entrada até à transformação em produto final, bem como mapear e quantificar os resíduos gerados.



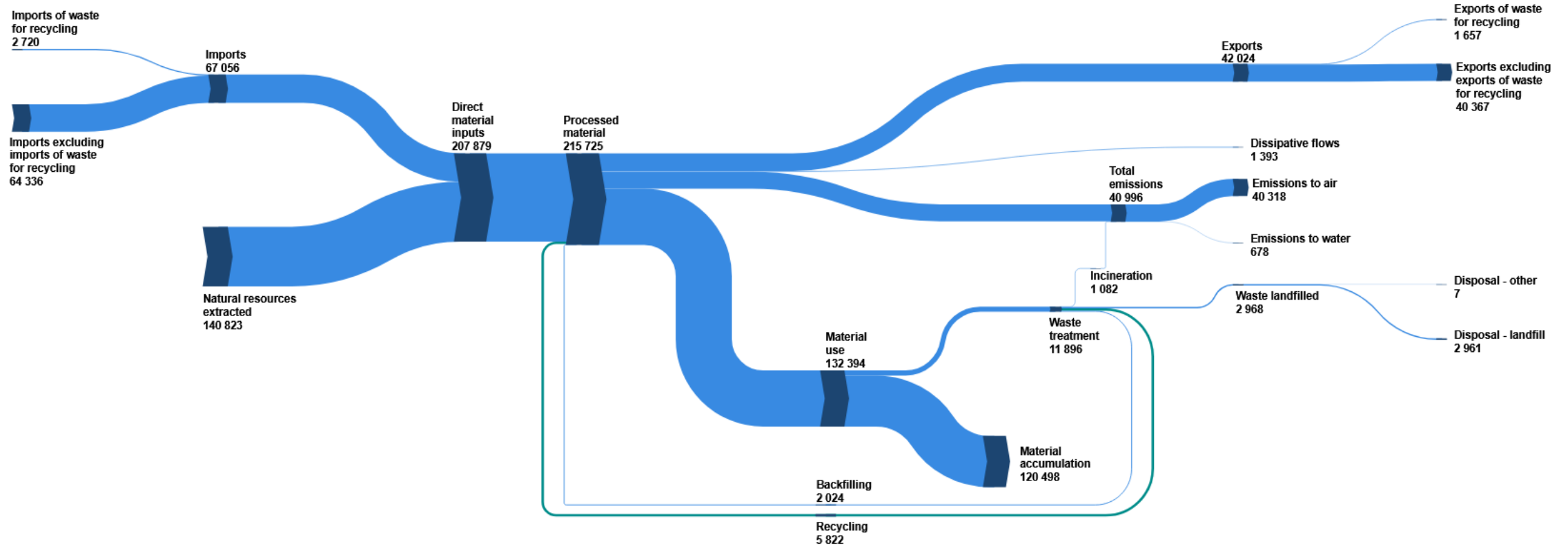
Material flow diagram

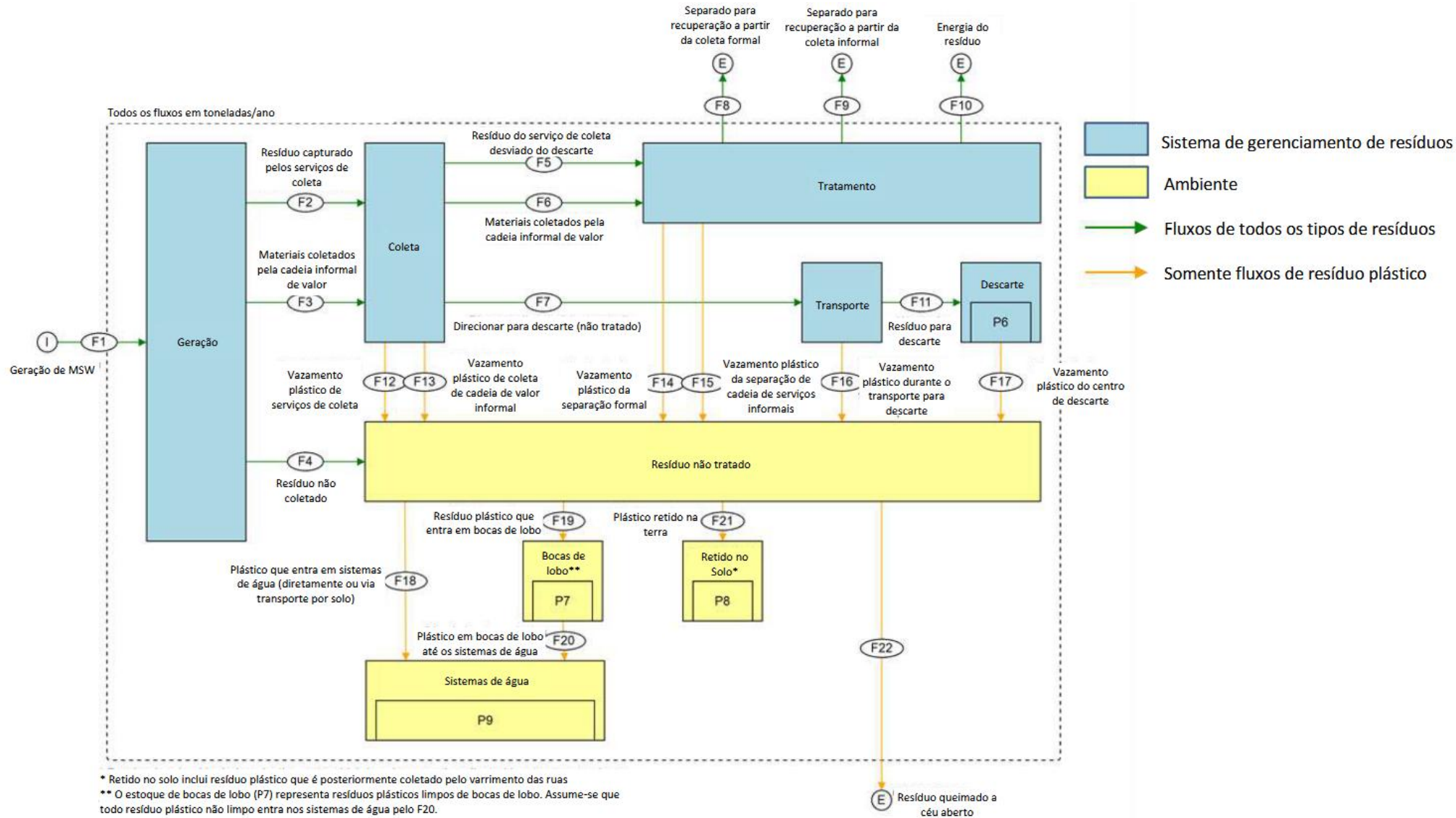
English (EN) ▾

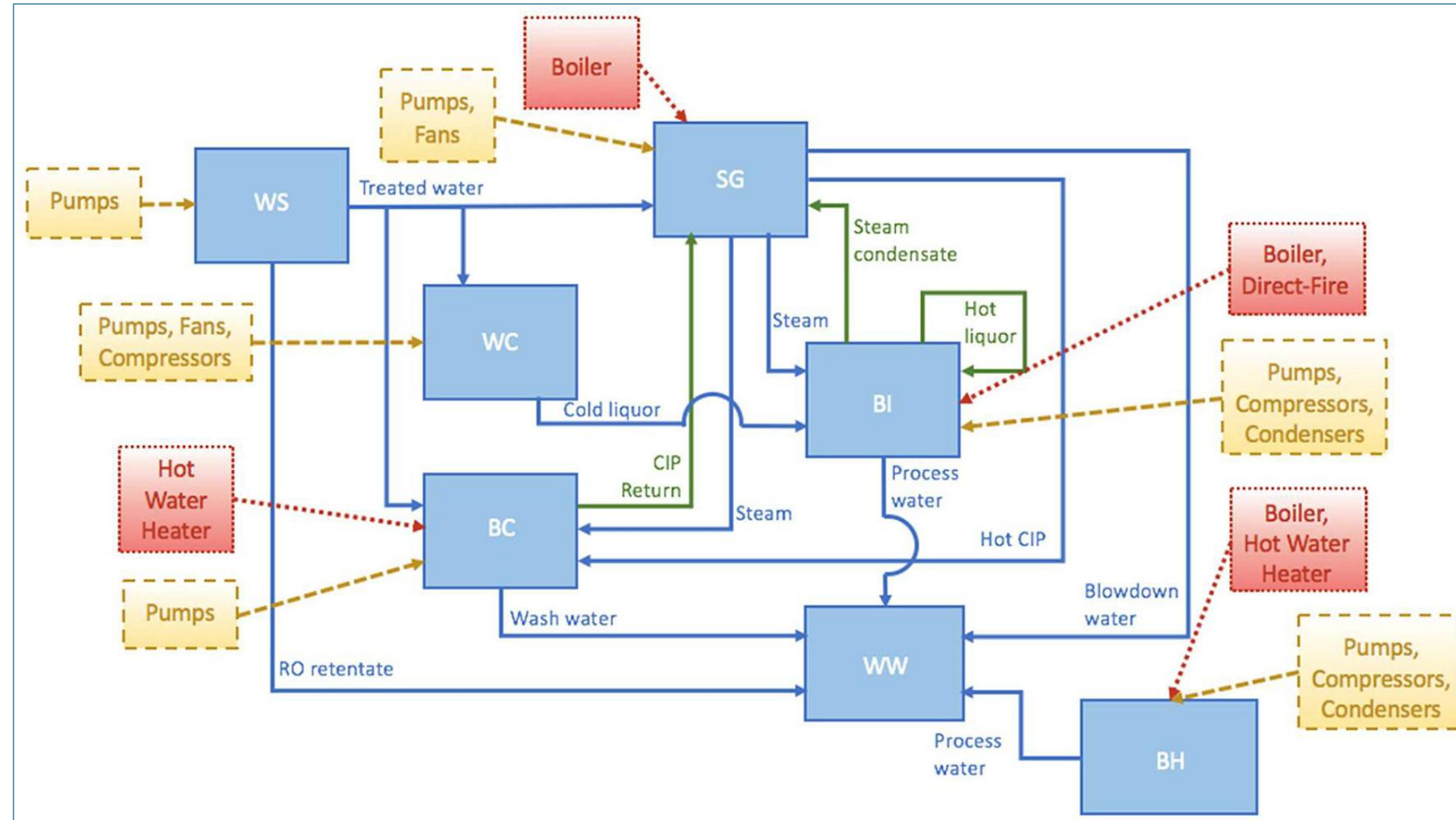
    **eurostat** 

 Portugal - year 2024
 Thousand tonnes

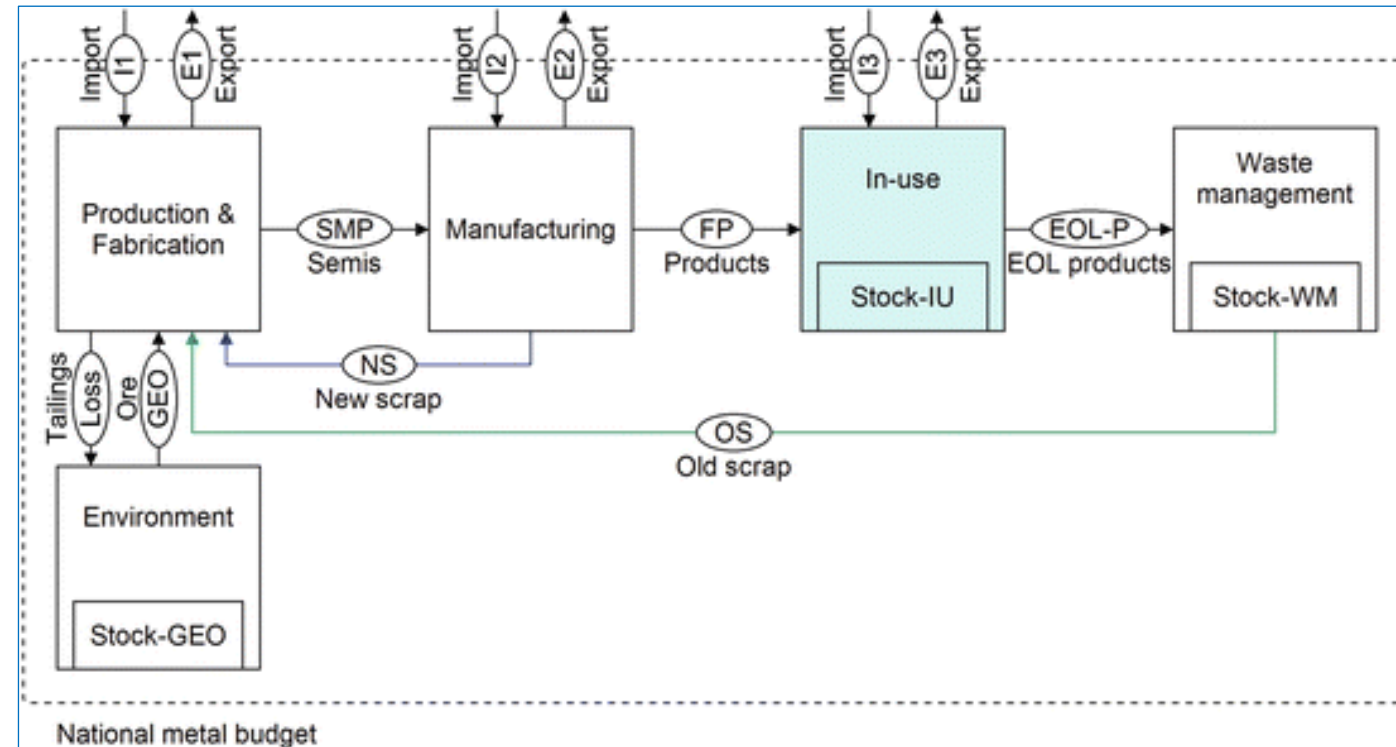






Aqui é feita uma análise de uma microcervejeira, mapeando consumos de água e energia, identificando ineficiências, custos elevados e oportunidades de melhoria, mostrando que poupar um recurso reduz também outros consumos e custos.

- A análise de fluxos de materiais (MFA) é uma ferramenta utilizada para quantificar os fluxos e os stocks de materiais em sistemas com diferentes níveis de complexidade.
- A MFA tem sido amplamente aplicada a sistemas materiais, fornecendo informação útil sobre os padrões de utilização de recursos e as perdas de materiais para o ambiente.
- A MFA e a avaliação do ciclo de vida (LCA) são tradicionalmente ferramentas distintas de apoio à decisão ambiental.
- As duas metodologias diferem sobretudo na definição das fronteiras do sistema e no objeto principal de análise.
- No entanto, existem também áreas de sobreposição entre a MFA e a LCA.
- Essas sobreposições mostram que as duas ferramentas se podem complementar, aumentando a qualidade dos estudos em ambos os domínios.
- Assim, a combinação da MFA com a LCA tem potencial para apoiar decisões mais consistentes e fiáveis na gestão ambiental e de recursos.



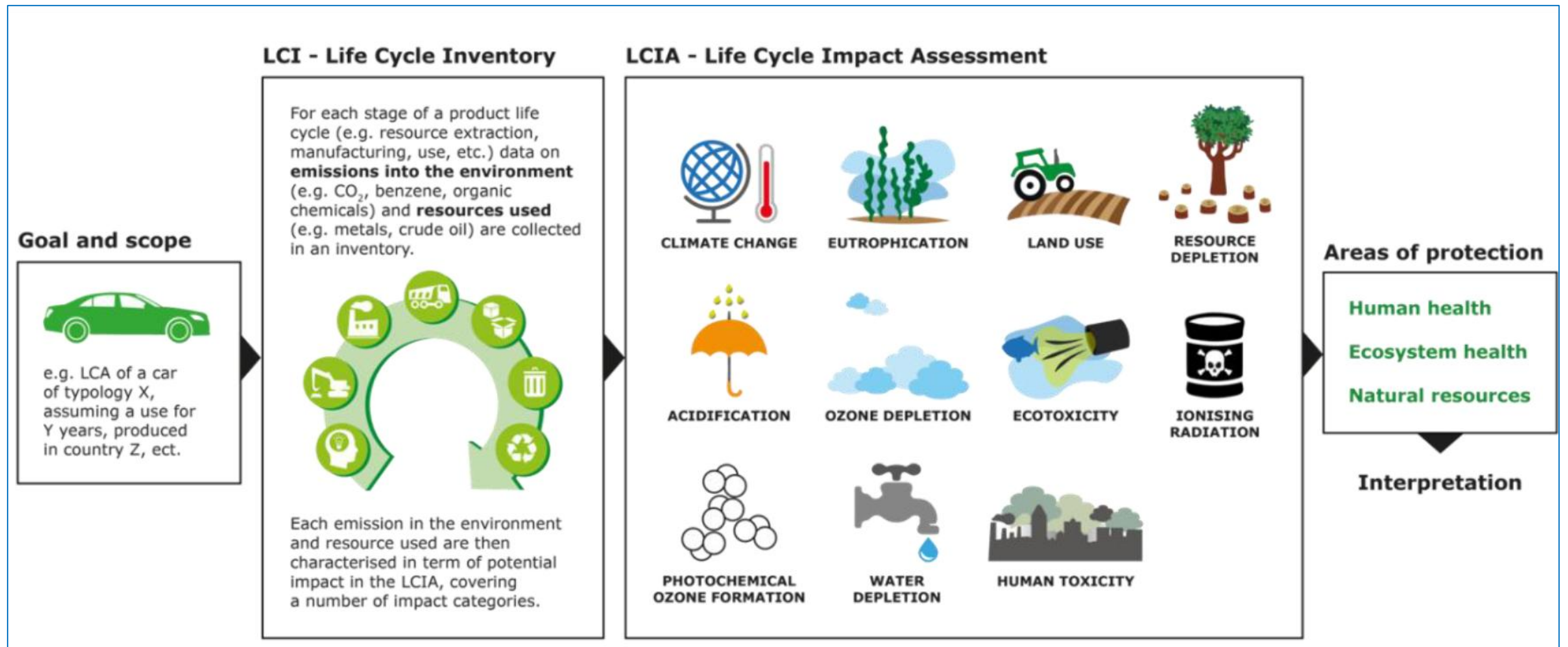
Life-cycle assessment ACV
(Análise do ciclo de vida)

Já ouvi falar disto...

O que é?



ACV ou LCA



Como se fez o estudo?



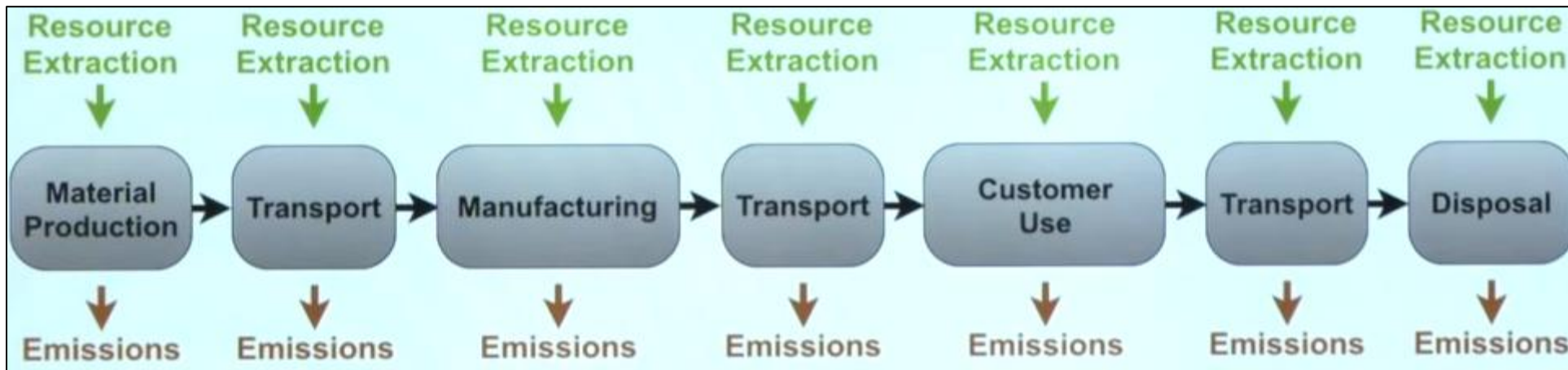
thinkstep
GaBi

No.	1.1 Goal Definition		1.2 System Definition		2. Life Cycle Inventory			3. Life Cycle Impact Assessment						
	Compa- rative nature	Key metho- dology	Functional unit	System boun- dary ^a	Geogra- phical scope ^b	Data for foreground system	Trans- parent inventory ^c	Software used	Method	GWP+ others ^d	Toxic	Reso- urce	Water	Land
(1)	■	ISO 14040 ISO 14025	100,000 trips	■ ■ ■ ■	US, CA	Primary	□	?	?	■	□	□	□	□
(2)	■	ISO 14040	1000 t products delivered	■ ■ ■ ■	ES	Primary	■	SimaPro	CML 2000	■ ■	■	■	□	□
(3)	■	?	Not specified quantitatively	■ ^f ■ ■ ■	US	Secondary	■	SimaPro	CML 2000, Impact 2002+, Eco-indicator 99	■ ■	■	■	■	■
(4)	■	?	?	■ ■ ■ ■	US	Secondary	□	?	?	■	□	□	□	□
(5)	■	ISO 14040	1 pallet	■ ■ ■ ■	RER ^{b1}	Primary	■	?	ReCiPe (H)	■ ■	■	■	■	■
(6)	■	?	1 pallet	■ ■ ■ ■	US	Mixed	■	SimaPro	IPCC	■	□	□	□	□
(7)	■	ISO 14040, BSI 2008	1 pallet (system)	■ ■ ■ ■	?	Secondary	■	?	?	■	□	□	□	□
(8)	■	ISO 14067	1 pallet	■ ■ ■ ■	ES	Primary	■	?	?	■	□	□	□	■
(9)	■	ISO 14040	1000 trips	■ ■ ■ ■	AU, CN	Mixed	■	SimaPro	ReCiPe (H)	■	■	■	■	■
(10)	■	?	100 000 trips	■ ■ ■ ■	US	Mixed	■	?	?	■	□	□	□	□
(11)	■	?	?	■ ■ ■ ■	US	Mixed	■	?	?	■	□	□	□	□
(12)	■	ISO 14040	Not defined ^e	■ ■ ■ ■	AU ^{b2}	Primary	■	SimaPro	ReCiPe (H)	■ ■	■	■	□	■ ^g
(13)	□	ISO 14040	1000 trips	■ ■ ■ ■	US	Primary	□	?	TRACI	■ ■	■	□	□	□
(14)	□	ISO 14040	1 pallet	■ ■ ■ ■	US	Primary	■	SimaPro	?	■	□	□	□	□
(15)	■	?	?	■ ■ ■ ■	US	Mixed	■	?	?	■	□	□	□	□
(16)	■	ISO 14040	1000 kg products delivered	■ ■ ■ ■	CZ	Primary	□	GaBi	ReCiPe (H)	■ ■	■	■	■	■

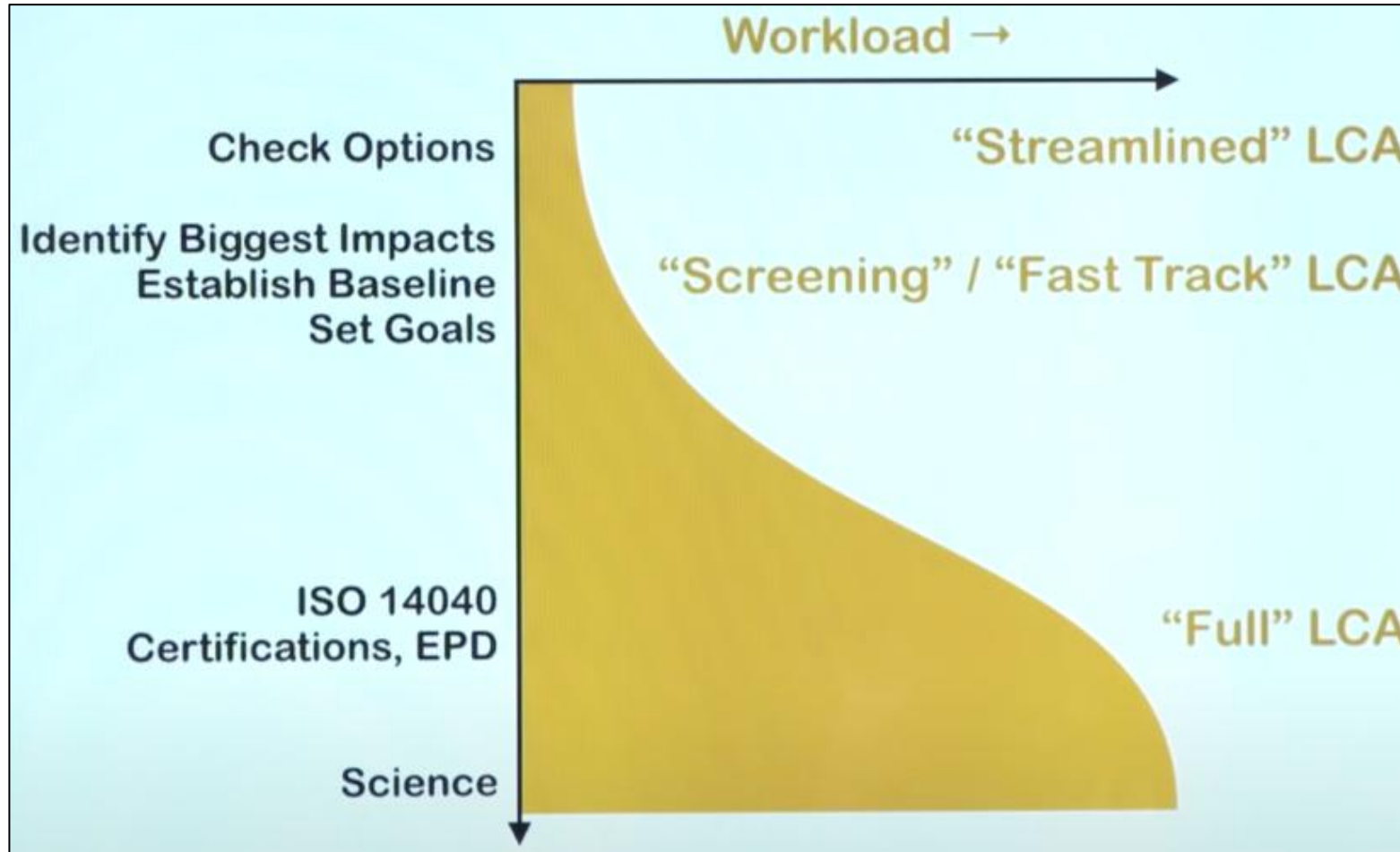
^a – the system boundaries were denoted as follows: ■ - raw materials acquisition, ■ - pallet manufacturing, ■ - use phase impacts, ■ - end-of-life;
^b – abbreviations according to ISO 3166 country codes, ^{b1} – RER is for Europe, ^{b2} – Australia and South East Asia;
^c – transparent enough to replicate the key elements of the study;
^d – one square is for global warming potential, while another is for other impact categories if any;
^e – the function and functional units were not defined since the use phase of transportation was excluded which is the function of the pallet;
^f – the production of raw materials such as steel nails, paint, electricity and energy is not considered;
^g – deforestation was accounted for in the case of wooden pallets so that timber production for pallets would lead to deforestation in 70% of cases.

Life cycle assessment or LCA (also known as life cycle analysis) is a methodology **for assessing environmental impacts** associated with all the stages of the life cycle of a commercial product, process, or service.

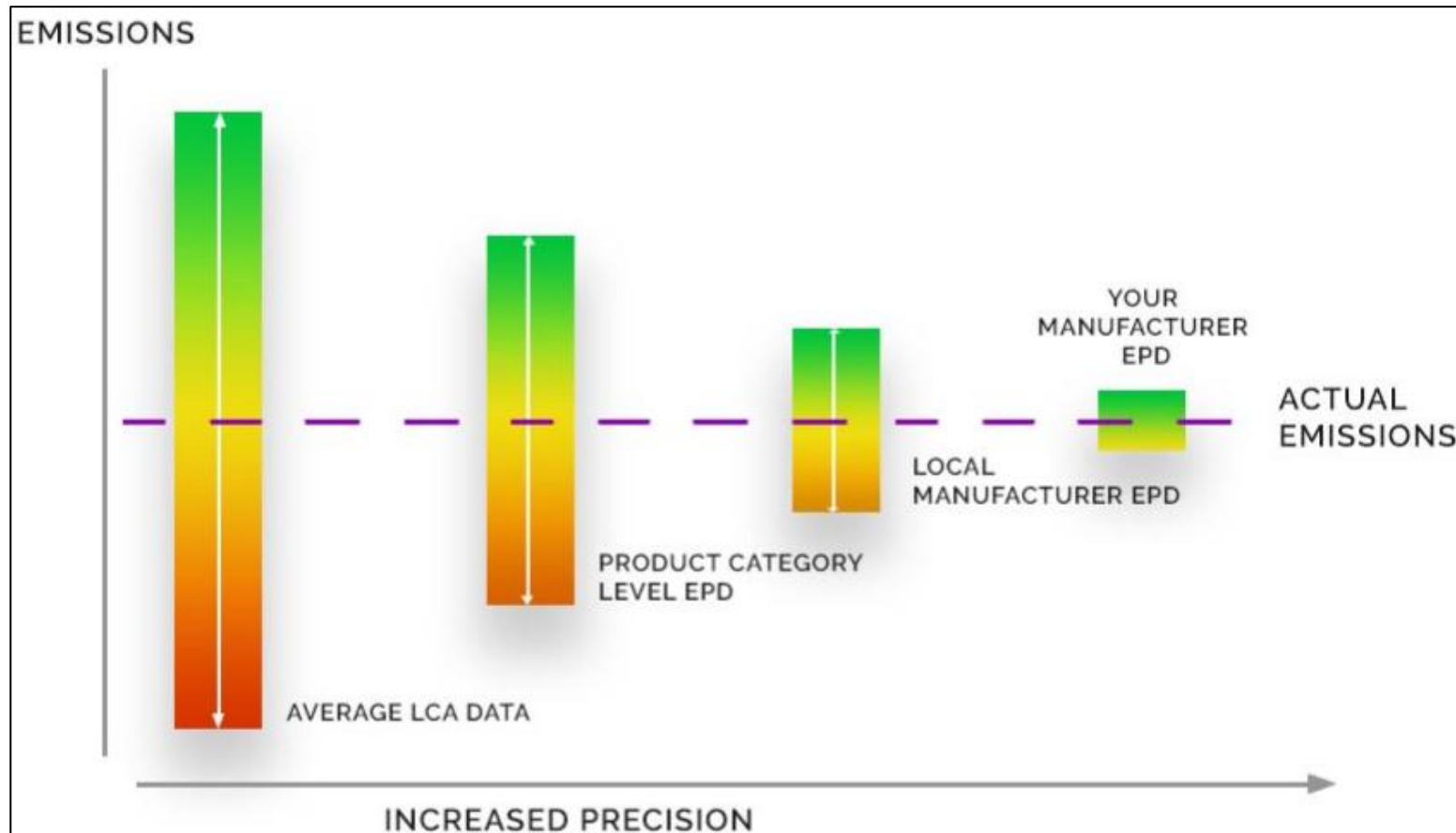
An LCA is a **systematic analysis of environmental impact** over the course of the entire life cycle of a product, material, process, or other measurable activity. LCA **models the environmental implications of the many interacting systems** that make up industrial production. When accurately performed, it can provide valuable data that decision-makers can use in support of sustainability initiatives.



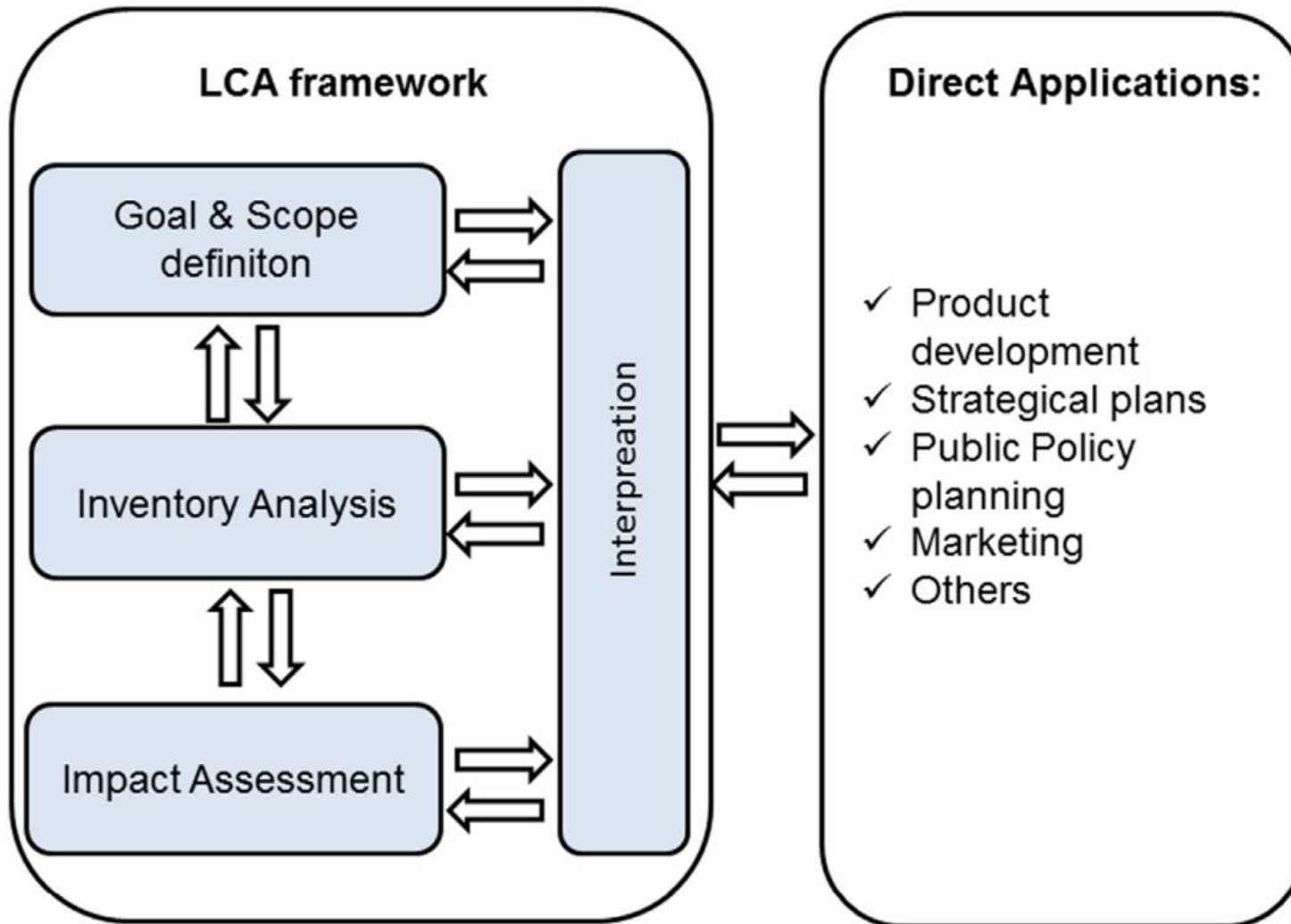
What is LCA for?



In this context, Environmental Product Declarations, which analyze **and quantify the impacts a single product would produce during its whole life cycle**, are very helpful in providing a reliable source of information on the environmental footprint of a product.



Scope



Scope of the study

- function, functional unit and reference flow
- initial choices (system boundaries, data categories, inputs and outputs, data quality, critical review)
- other procedural aspects

Boundaries

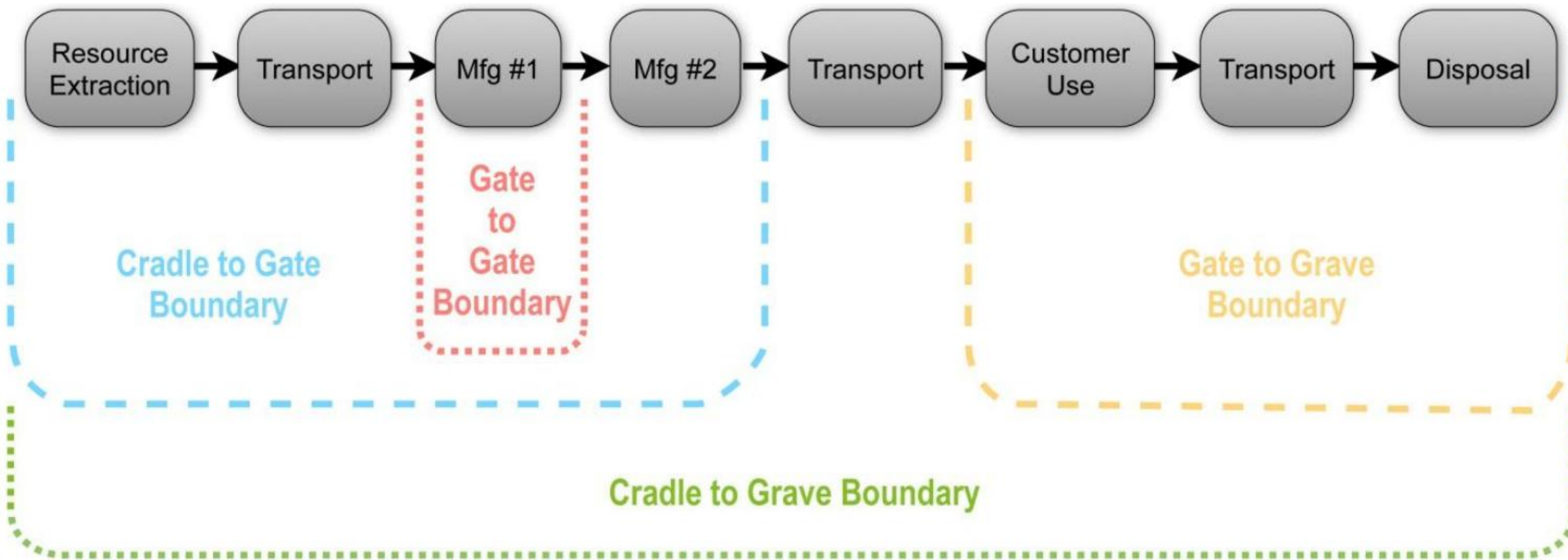


Figure 1. Common boundaries for lifecycle assessment.

Functional Unit

What if we compare SSD vs HDD?



SSD VS HDD

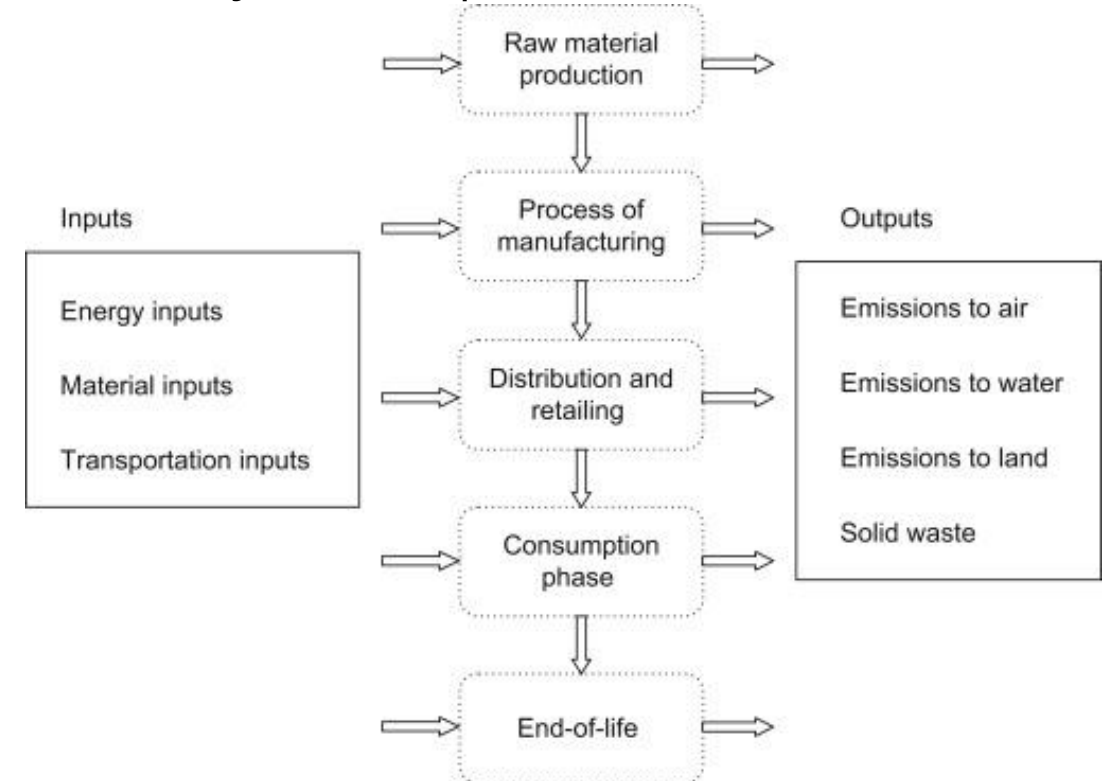
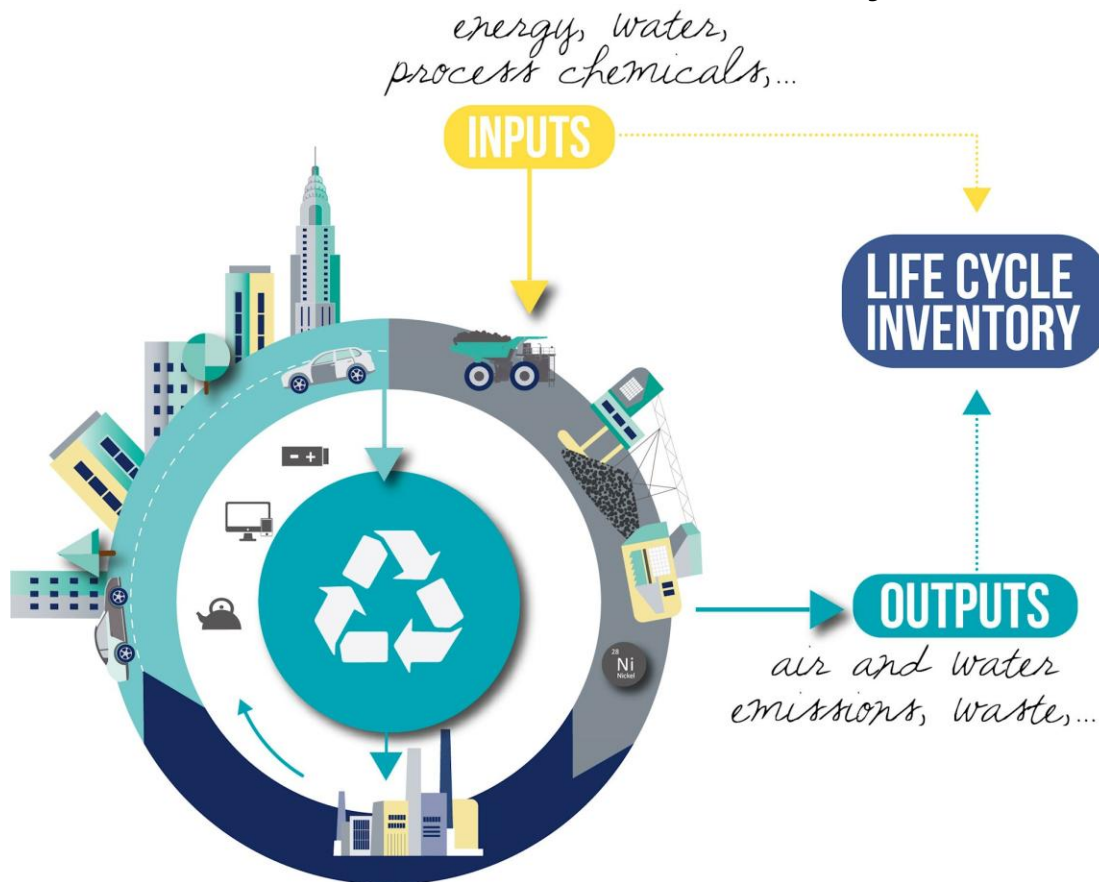


- **FASTER PERFORMANCE**
- **NO VIBRATIONS OR NOISE**
- **MORE ENERGY EFFICIENT**

- **CHEAPER PER GB**
- **AVAILABLE IN LARGE VERSIONS**

Life Cycle Inventory

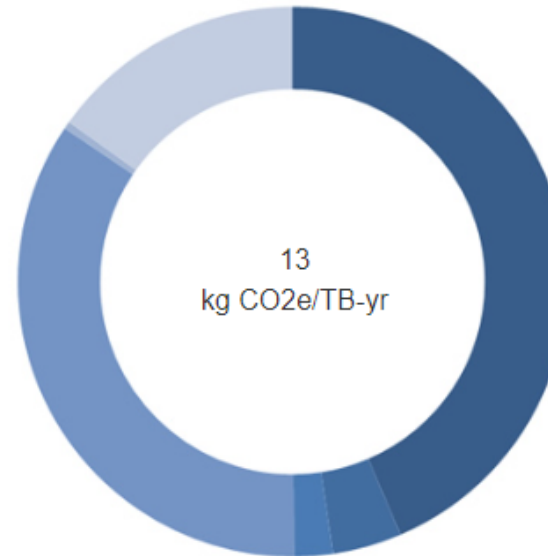
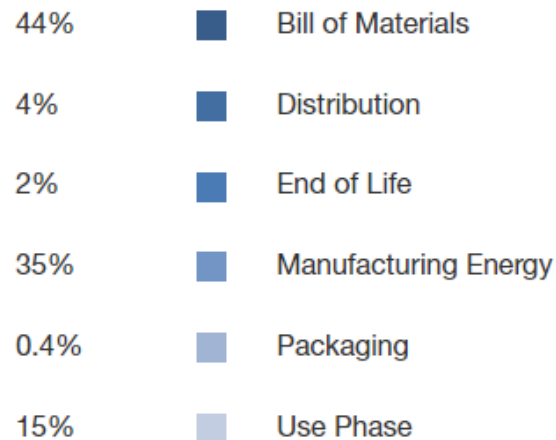
Life cycle inventory (LCI) is the methodology step that involves creating an **inventory of input and output flows for a product system**. Such flows include inputs of **water, energy, and raw materials**, and **releases to air, land, and water**. The inventory can be based on literature analysis or on process simulation.



Life Cycle Inventory

Our process begins by first collecting the product **bill of materials (BOM)**. These detailed BOMs not only show component type and mass but also report material content at the chemical substance level.

Greenhouse Gas Emissions by Life Stage



In an attempt to bridge data gaps for products, LCA practitioners can use **proxy data sets** (e.g., use existing environmental data for apples to represent pears)

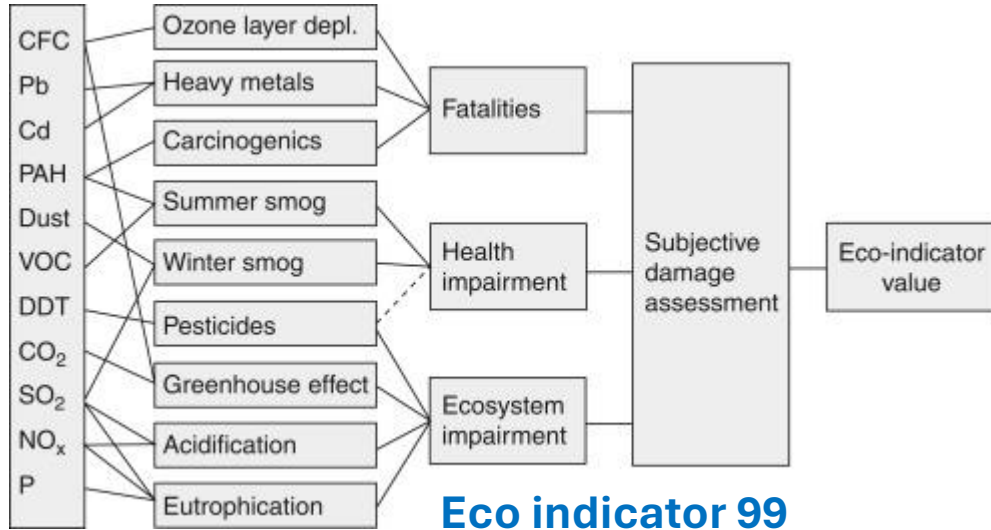
Life Cycle Inventory

With more than 15,000 LCI datasets in the areas of energy supply, agriculture, transport, biofuels and biomaterials, bulk and specialty chemicals, construction materials, packaging materials, textiles, basic and precious metals, metals processing, ICT and electronics, dairy, wood, and waste treatment, ecoinvent 3.8 is one of the most extensive international LCI databases.

Or you could do it yourself...



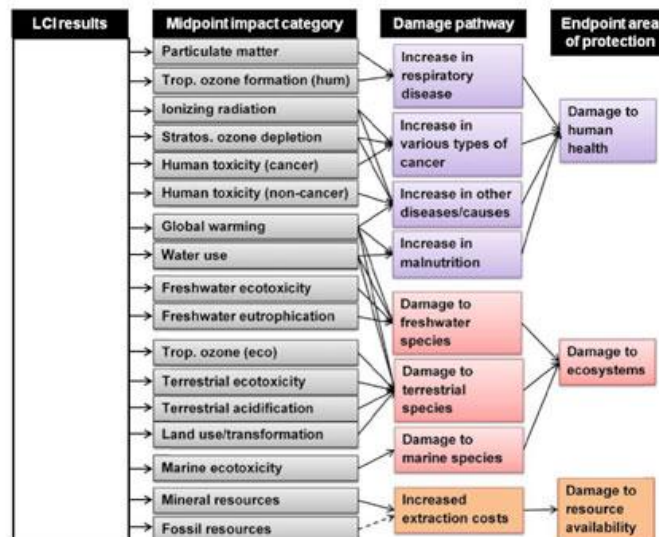
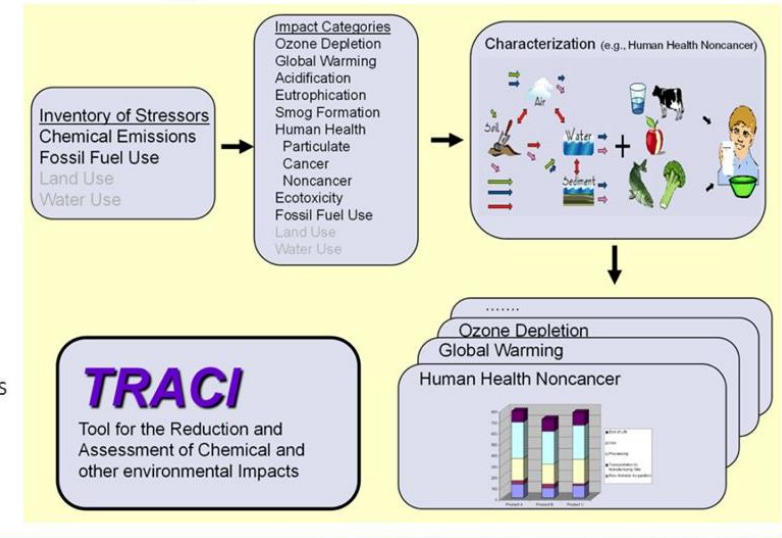
Different Methods



Eco indicator 99

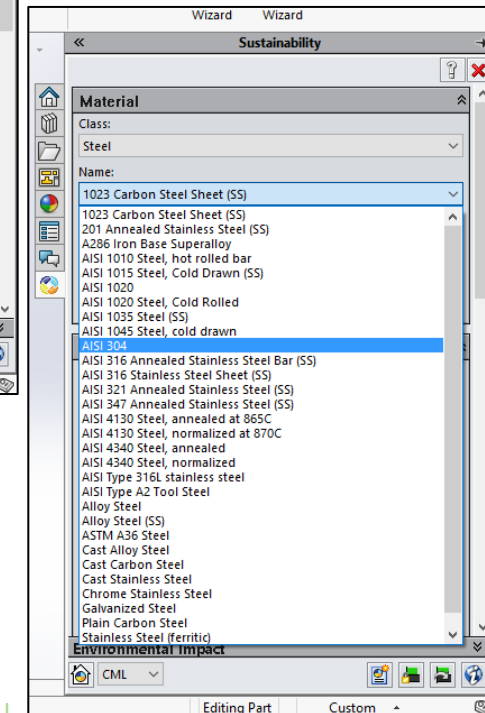
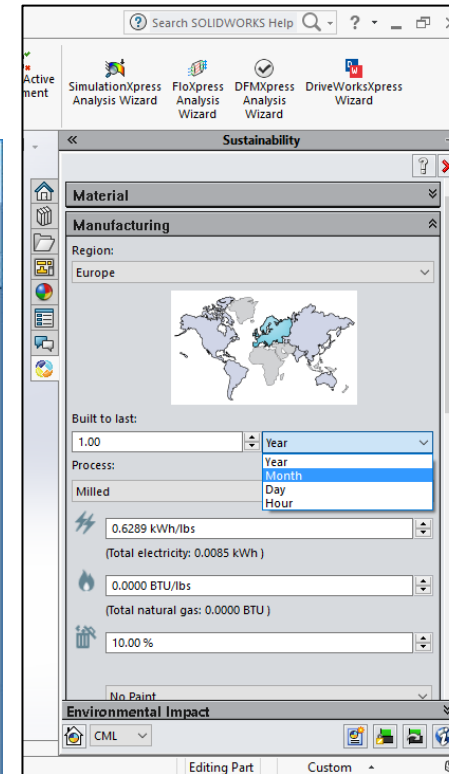
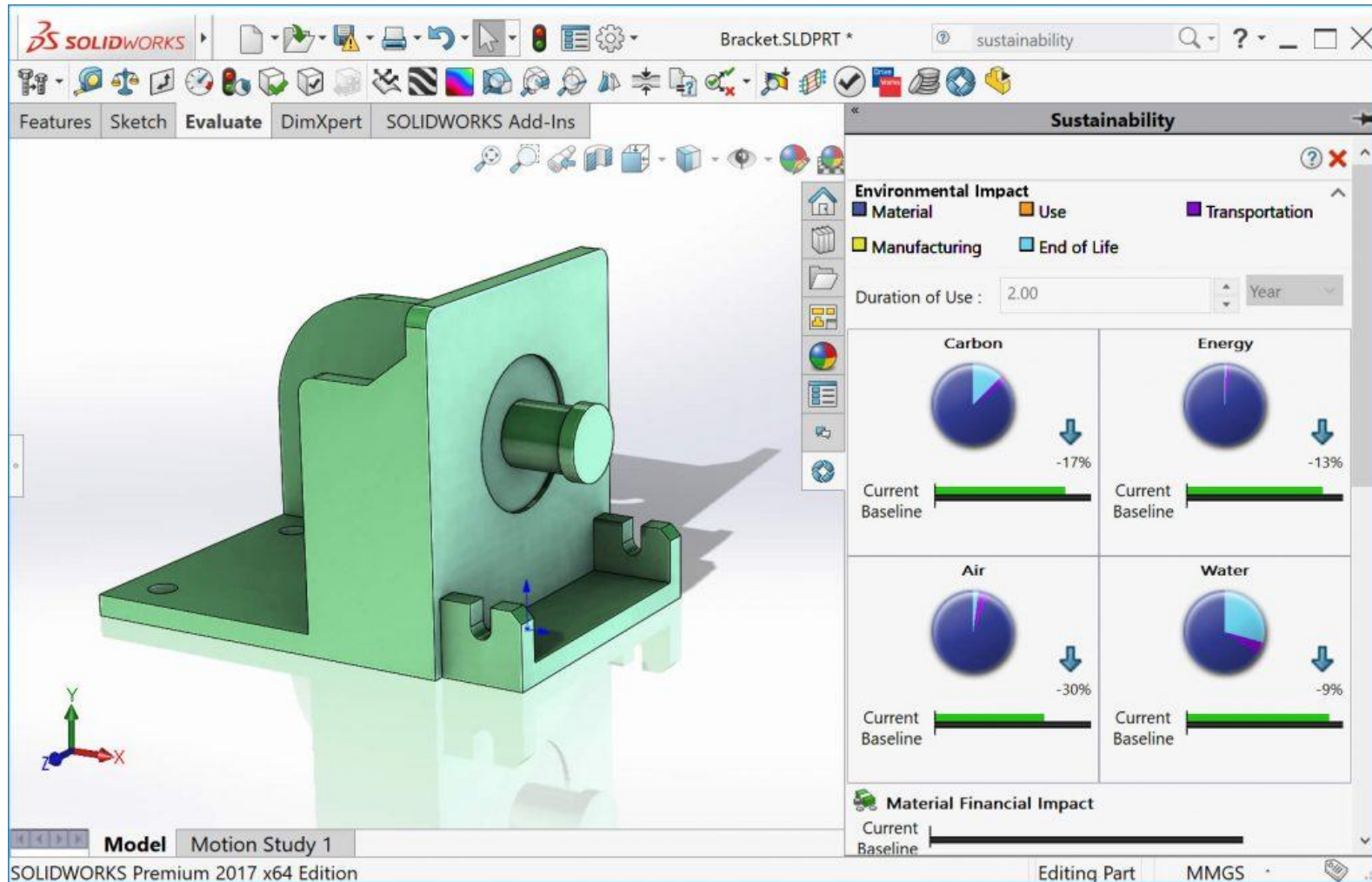
TRACI Impact Categories

- Acidification
- Ecotoxicity
- Eutrophication
- Fossil fuel depletion
- Global warming
- Human health cancer
- Human health non-cancer
- Human health criteria air pollutants
- Ozone depletion
- Smog formation



Compute Impacts

Solidworks Sustainability Xpress



Compute Impacts

Can be Manual...

WWTP LCI tool v.1.0_1 Oct 2015.xlsx

Search in Sheet

HomeLayoutTablesChartsSmartArtFormulasDataReviewDeveloper

Edit

Font

Alignment

Number

Format

Cells

Themes

Paste

Clear

Arial

10

A

A

abc

Wrap Text

Custom

%

Conditional Formatting

wissenschaft...

Normal

Insert

Delete

Format

Themes

E99

Building Number 1

Building Name: Building Description / Density

Suburb Density: Design Quality

Expected Occupants: Fully Enclosed Building Area

Land Area: 220 m2

Stories: 3

Overhangs: 1

Number Bedrooms / Offices: 3

Number of Bathrooms: 2

Expected Construction Time (months): 2

Average Trade Staff During Construction: 3

Soil / Rock Fill Delivered to Site: 0 m3

41% Estimated Required Envelopes Complete

27% Estimated Optional Envelopes Complete

Building Number 2

Building Name: Building Description / Density

Suburb Density: Design Quality

Expected Occupants: Fully Enclosed Building Area

Land Area: 220 m2

Stories: 3

Overhangs: 1

Number Bedrooms / Offices: 3

Number of Bathrooms: 2

Expected Construction Time (months): 2

Average Trade Staff During Construction: 3

Soil / Rock Fill Delivered to Site: 0 m3

0% Estimated Required Envelopes Complete

0% Estimated Optional Envelopes Complete

Construction Characteristics (if known)

Type	Quantity	Units	Internal Finish	External Finish
Double Brick	1	m2		
External Wall Type 1	1	m2		
External Wall Type 2	1	m2		
External Wall Type 3	1	m2		
External Wall Type 4	1	m2		
External Wall Type 5	1	m2		
Internal Wall Type 1	1	m2		
Internal Wall Type 2	1	m2		
Internal Wall Type 3	1	m2		
Internal Wall Type 4	1	m2		
Internal Wall Type 5	1	m2		
Internal Doors	1	#		
External Doors	1	#		
Ground Floor Type 1	1	m2		
Ground Floor Type 2	1	m2		
Ground Floor Type 3	1	m2		
Ground Floor Type 4	1	m2		
Ground Floor Type 5	1	m2		
Elevated Floor Type 1	1	m2		
Elevated Floor Type 2	1	m2		
Elevated Floor Type 3	1	m2		
Elevated Floor Type 4	1	m2		
Elevated Floor Type 5	1	m2		
Roof Type 1	1	m2		
Roof Type 2	1	m2		
Roof Type 3	1	m2		
Roof Type 4	1	m2		
Roof Type 5	1	m2		
Windows / Glazing Type 1	1	m2		
Windows / Glazing Type 2	1	m2		
Windows / Glazing Type 3	1	m2		
Windows / Glazing Type 4	1	m2		
Windows / Glazing Type 5	1	m2		

Energy Use

Airconditioner / Heating Type: Airconditioner Size: kW (input)

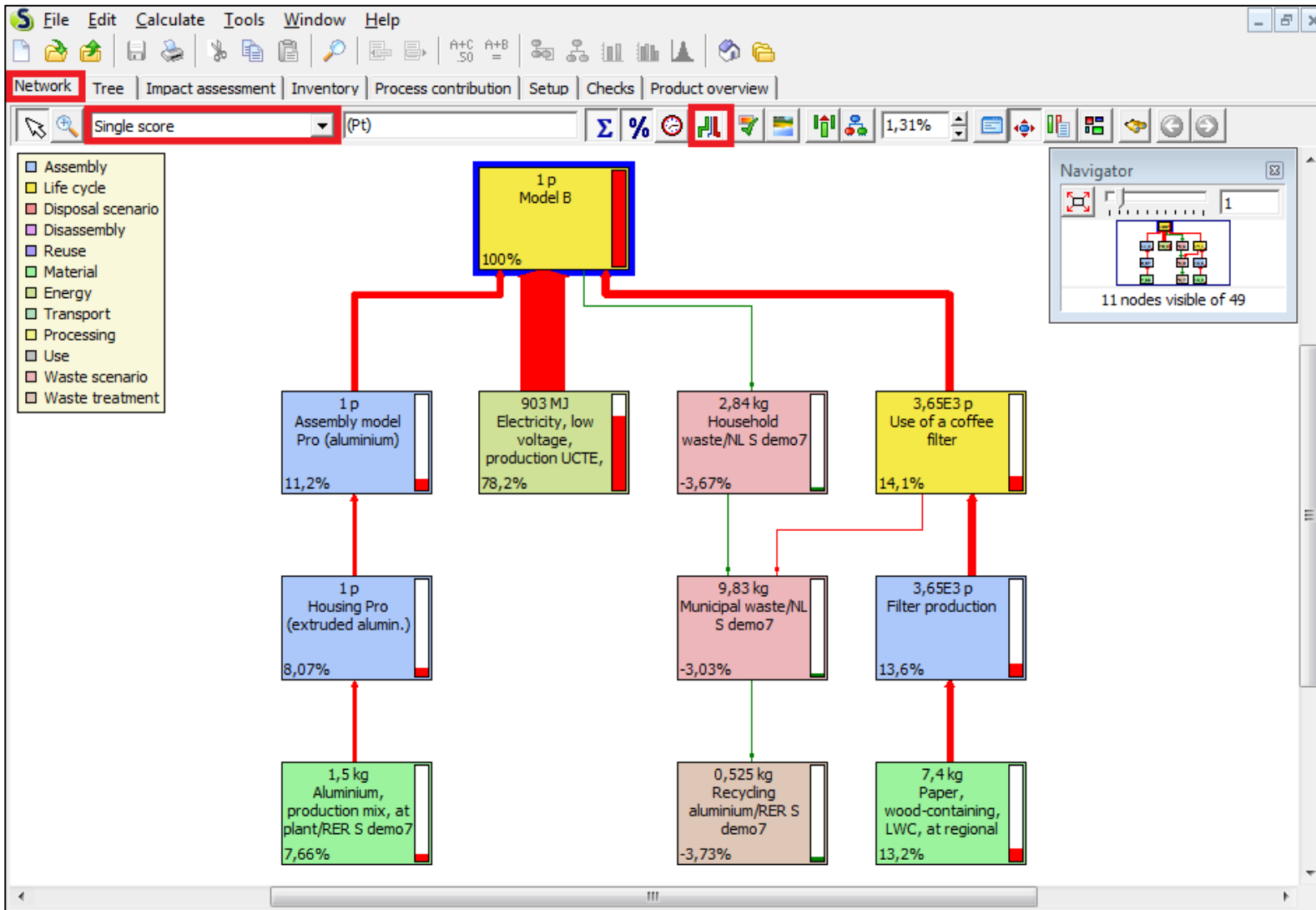
Hot Water System Type: Hot Water System Type: kW (input)

Normal View Ready



Software – SimaPro – Sankey Diagram

SimaPro



Software – SimaPro – Normalization/Weighting

SimaPro

Select a method and a normalization/weighting set

Methods	Name	Version	Project
European	CML-IA baseline	3.00	Methods
North American	CML-IA non-baseline	3.00	Methods
Others	Ecological Scarcity 2006	1.08	Methods
Single issue	EDIP 2003	1.04	Methods
Superseded	EPD (2008)	1.04	Methods
Water footprint	EPS 2000	2.07	Methods
	ILCD 2011 Midpoint	1.02	Methods
	IMPACT 2002+	2.11	Methods
	ReCiPe Endpoint (E)	1.08	Methods
	ReCiPe Endpoint (H)	1.08	Methods
	ReCiPe Endpoint (I)	1.08	Methods
	ReCiPe Midpoint (E)	1.08	Methods
	ReCiPe Midpoint (H)	1.08	Methods
	ReCiPe Midpoint (I)	1.08	Methods

Normalisation/Weighting set /

- Europe ReCiPe H/A
- Europe ReCiPe H/H
- World ReCiPe H/A
- World ReCiPe H/H**

ReCiPe endpoint method, hierarchist version.

The ReCiPe method was created by RIVM, CML, PRé Consultants, Radboud Universiteit Nijmegen and can choose to use midpoint indicators or endpoint indicators. Each method has been created for three More information on the method via www.lcia-ReCiPe.net.

The default ReCiPe endpoint method is the Hierarchist version, with European normalisation and average weighting set (average of the full panel): ReCiPe Endpoint (H), Europe ReCiPe H/A

55 items 1 item selected

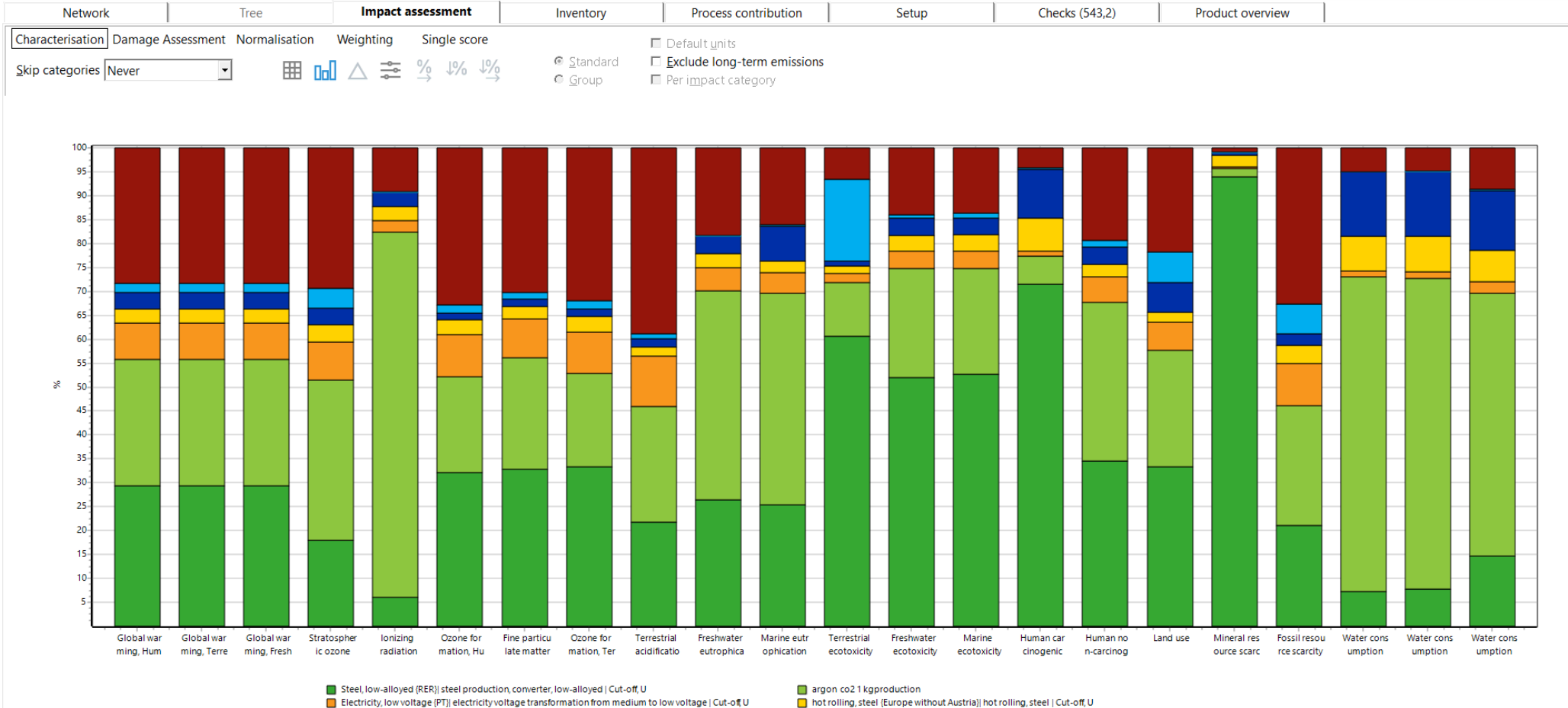
Input/output		Parameters					
Name	Status	Comment					
WAAM	None						
Materials/Assemblies		Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max
Steel, low-alloyed (RER) steel production, c		0.243	kg	Normal	0.0486		
argon co2 1 kgproduction		0.344	p	Normal	0.0688		
Add line							
Processes		Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max
Electricity, low voltage (PT) electricity volta		0.26	kWh	Normal	0.052		
hot rolling, steel (Europe without Austria) h		0.243	kg	Normal	0.0486		
Wire drawing(RER) processing Cut-off, U		0.231	kg	Normal	0.0462		
Transport, freight, lorry >32 metric ton, EUR		404.5	kgkm	Normal	80.9		
Electricity, low voltage (PT) electricity volta		0.967	kWh	Normal	0.1934		
Add line							

Software – SimaPro – Impact Assessment Results

SimaPro

C:\Users\Public\Documents\SimaPro\Database\Professional; WAAM - [Analyse WAAM (1)]

File Edit Calculate Tools Window Help



Method: ReCiPe 2016 Endpoint (H) V1.05 / World (2010) H/A / Characterisation
Analysing 1 p: WAAM;

Software – SimaPro – Impact Assessment Results

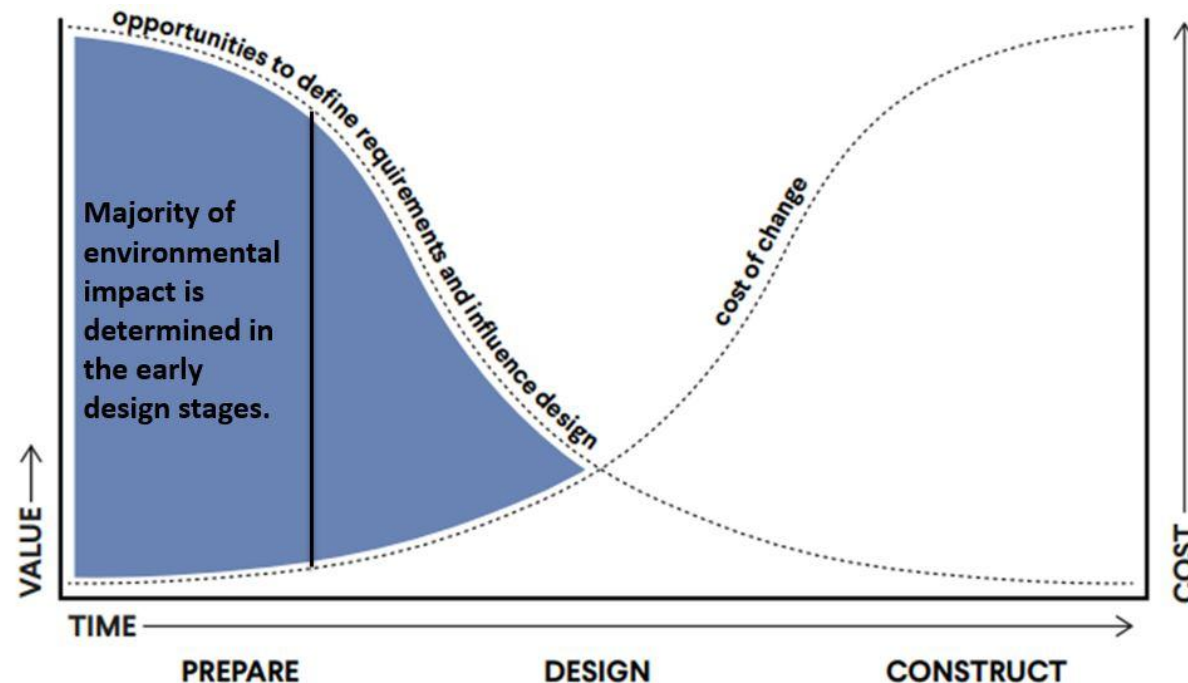
SimaPro



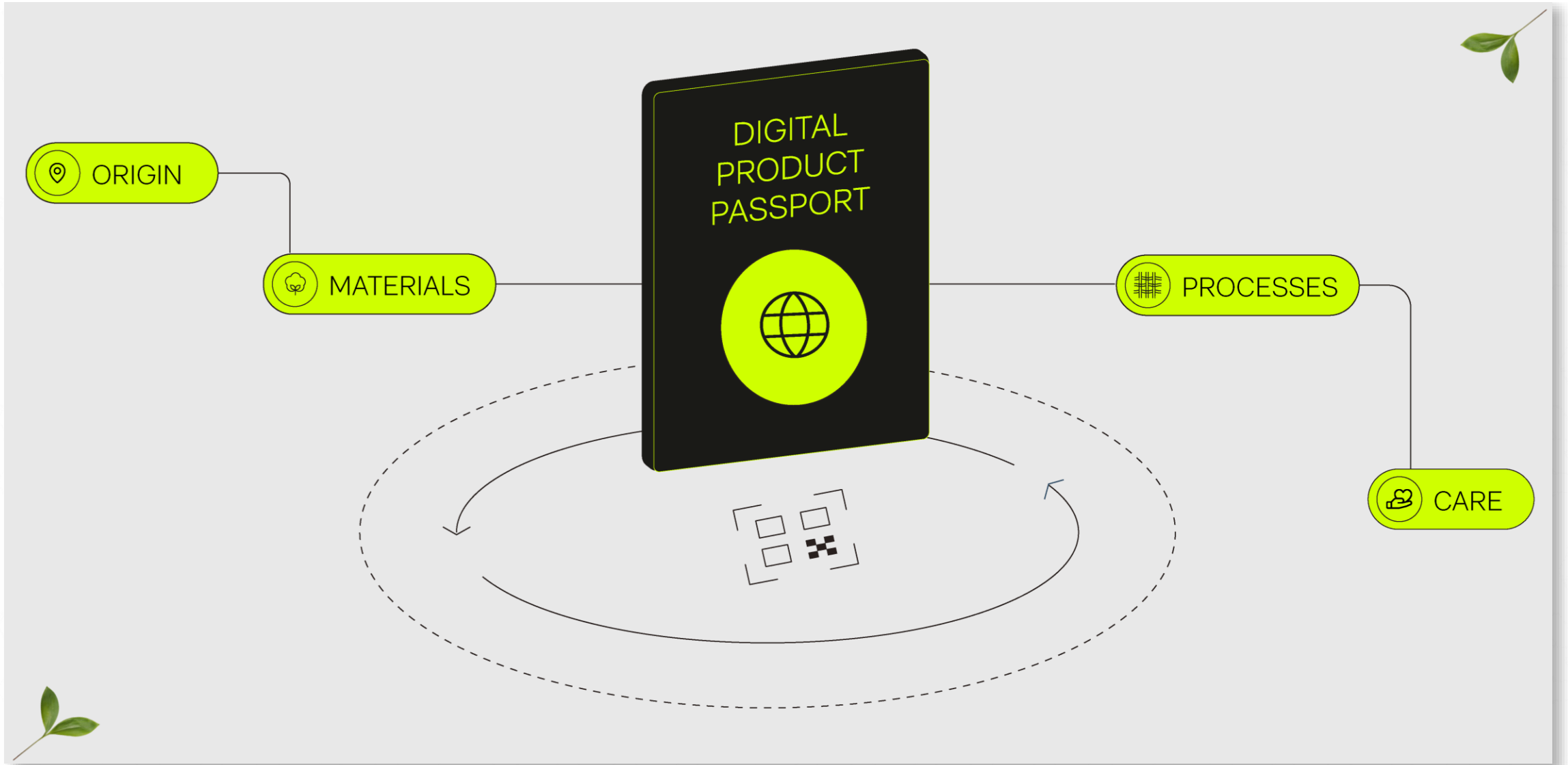
Comparing 1 p 'Shipping glass by air' with 1 p 'Transport by ship';
Method: ReCiPe Endpoint (H) V1.08 / World ReCiPe H/H / Damage assessment

The **earlier** you engage with **Life Cycle Design** the **better**. It is at pre-design stage where any decisions made have the biggest influence on energy demand and the environmental impact of a project, while featuring the smallest costs for changes to the design.

It is at early design stage where we need to come together and adopt a collaborative approach on a design that maximises its sustainable potential by including all parties in the design process.



Passaporte Digital de Produto ou *Digital Product Passport - DPP*)



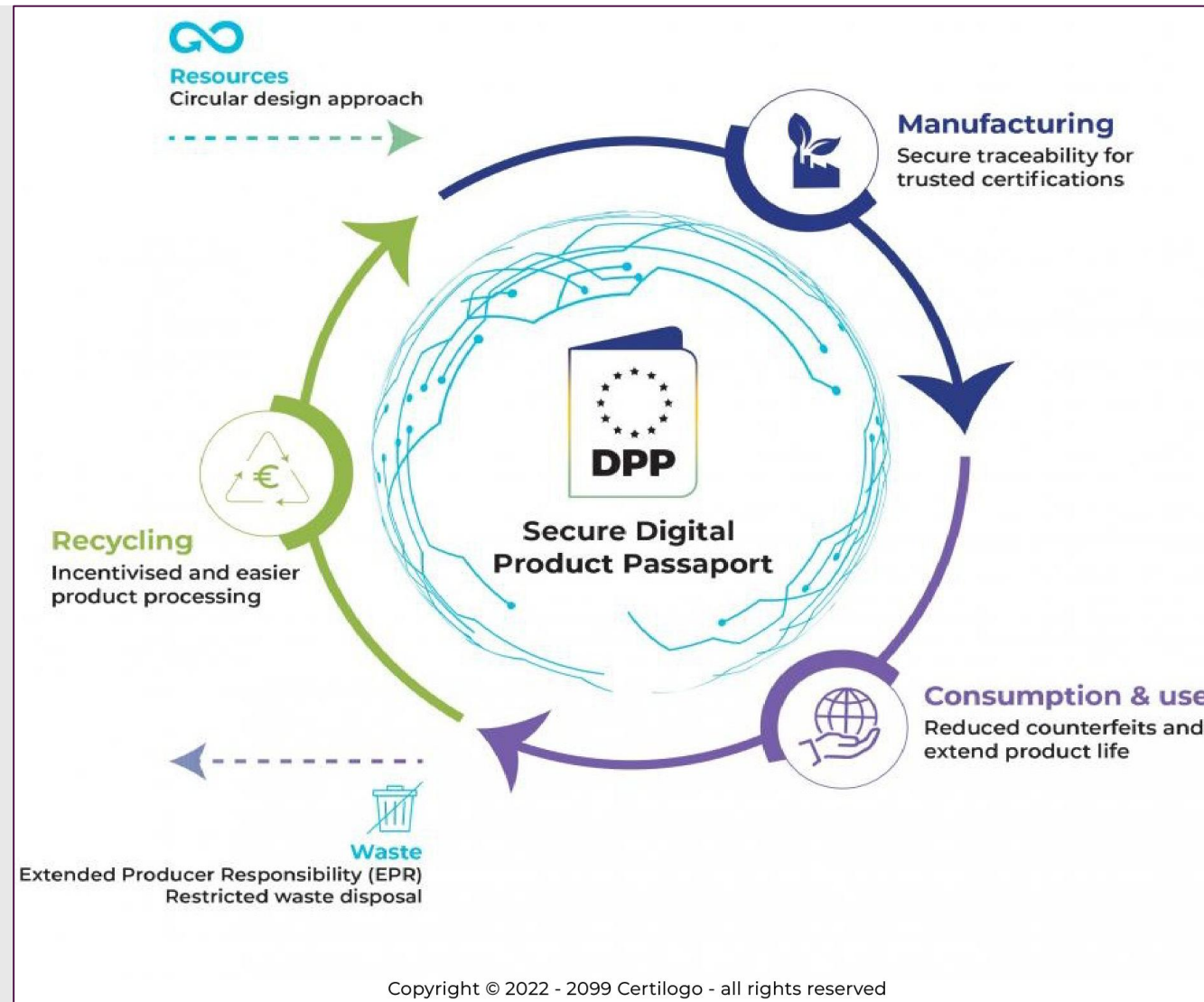


- (32) The information requirements set under this Regulation should include the requirement to make a digital product passport available. The digital product passport is an important tool for making information available to actors along the entire value chain and the availability of a digital product passport is expected to significantly enhance end-to-end traceability of a product throughout its value chain. Among other things, the digital product passport is expected to help customers make informed choices by improving their access to relevant information, allow economic operators, namely manufacturers, authorised representatives, importers, distributors, dealers and fulfilment service providers, and other value chain actors, such as customers, professional repairers, independent operators, refurbishers, remanufacturers, recyclers, market surveillance and customs authorities, civil society organisations, researchers, trade unions, and the Commission, or any organisation acting on their behalf, to access, introduce or update relevant data, and enable competent national authorities to perform their duties, without endangering the protection of confidential business information. To that end, it is important that the digital product passport be user-friendly and that the data contained therein be accurate, complete and up to date. The digital product passport should, where necessary, be complemented by non-digital forms of transmitting information, such as information in the product manual or on a label. In addition, it should be possible for the digital product passport to be used for providing information concerning the relevant product group pursuant to other Union law.

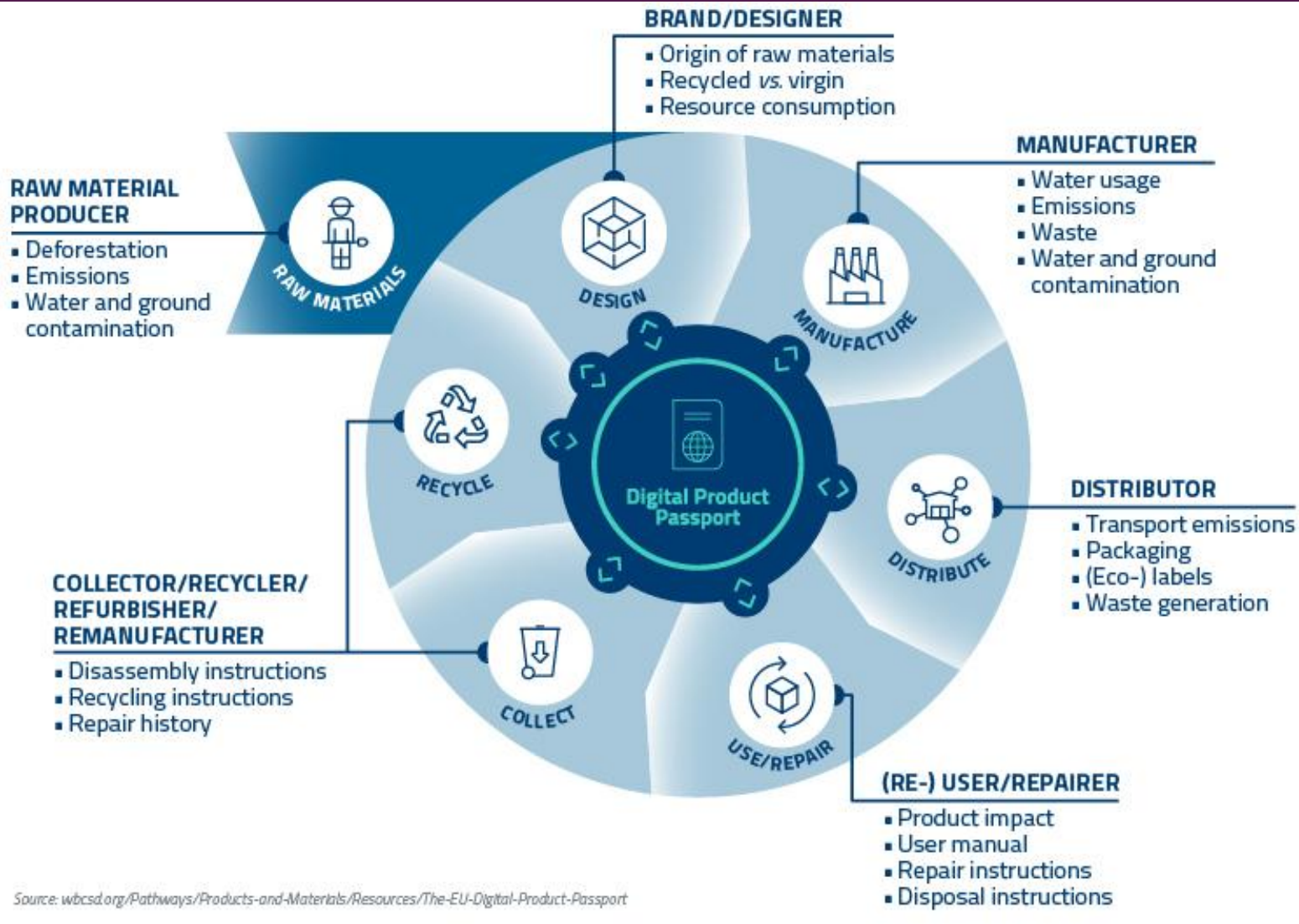
Examples of the data in a digital product passport



Passaporte Digital de Produto ou *Digital Product Passport - DPP*)

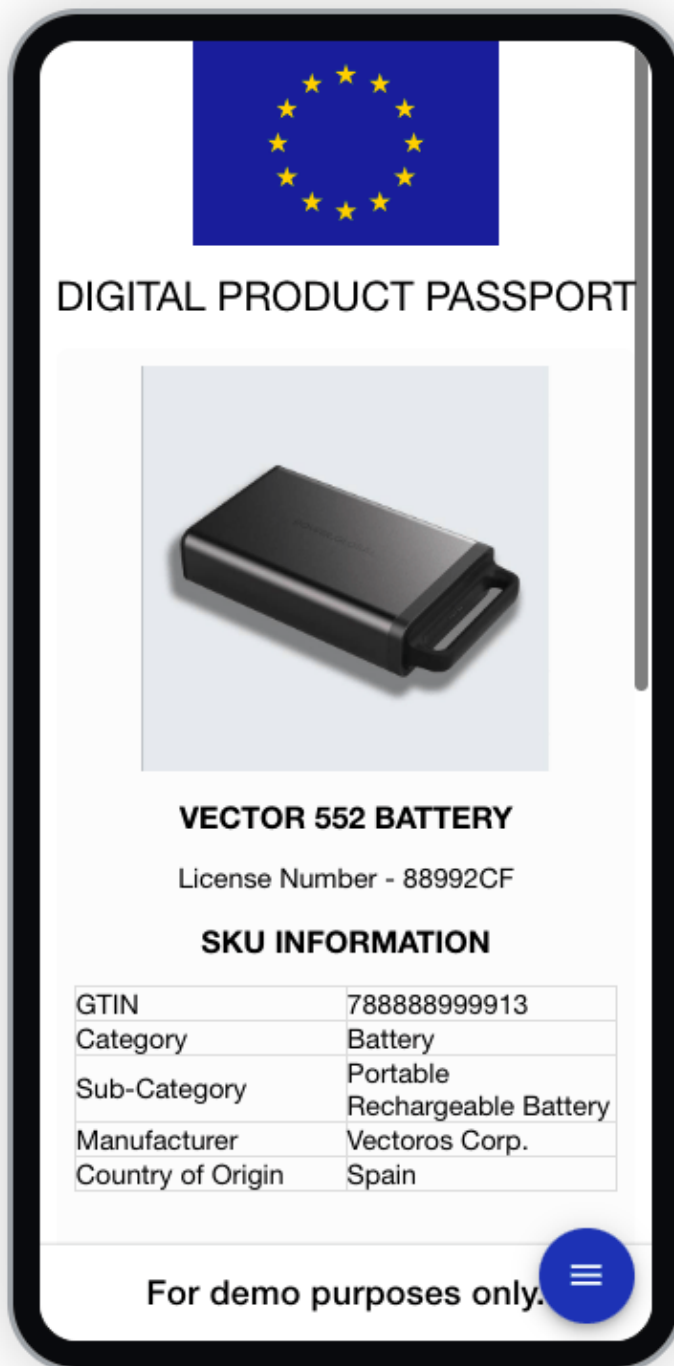


Passaporte Digital de Produto ou *Digital Product Passport - DPP*)

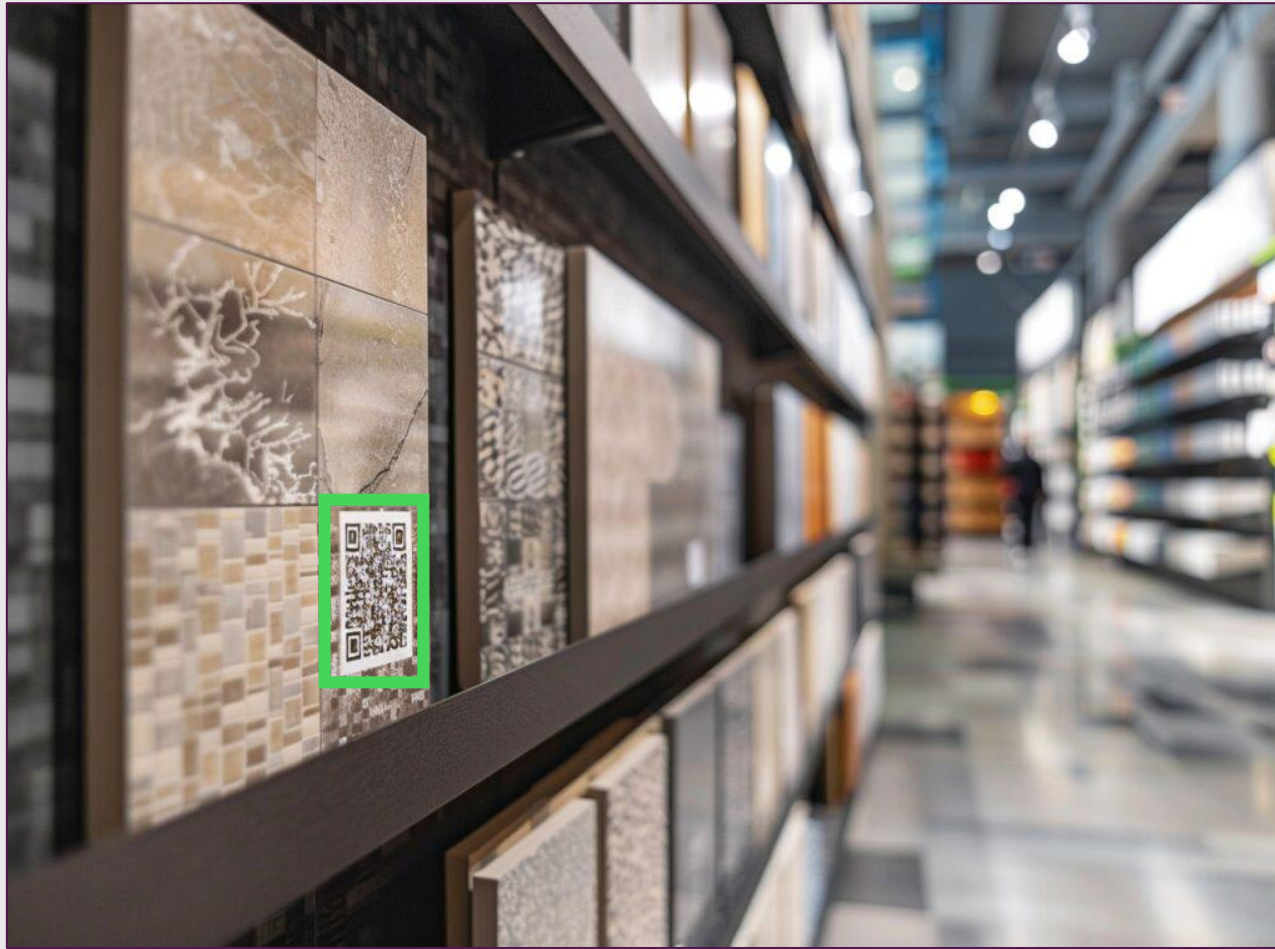


Passaporte Digital de Produto ou *Digital Product Passport - DPP*)

E como irá ser?



Será Assim?



O que vê?



Link: DOI: 10.1109/CVPR52733.2024.00808

Text2QR: Harmonizing Aesthetic Customization and Scanning Robustness for Text-Guided QR Code Generation



Figure 5. Comparison of blueprint images and their corresponding ControlNet output. Utilizing a pure QR code as the blueprint (first column) yields a low error level e but lacks semantic fea-

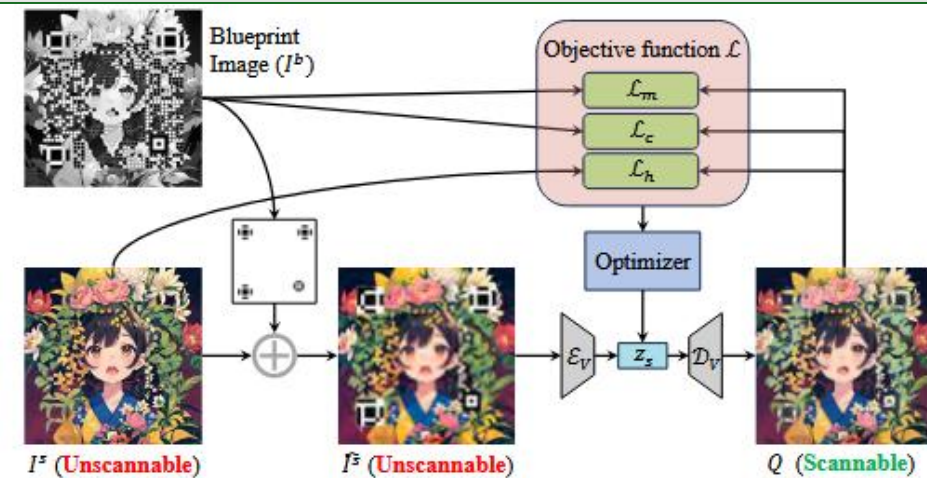


Figure 6. The recurrent pipeline of SELR.

Particularly, $E_k(I_{M_k}^b | u) = L \cdot \mathcal{M}_k^r$ when $u = a$. The objective is to minimize the code distance:

Digital Product Passport Timeline



PICONEXT



Unidades em sistemas fotovoltaicos

Diferença entre kW, kWh, kWp e kWn

Definições e aplicação das principais unidades.



Unidade de potência

kW



kW (quilowatt) mede a potência instantânea de um sistema ou equipamento.

Indica a taxa de produção ou consumo de energia num dado momento.

Exemplo: num instante específico, um inversor pode estar a fornecer 95 kW.

Unidade de energia

kWh



kWh (quilowatt-hora) mede a energia produzida ou consumida ao longo do tempo.

Indica a quantidade total de eletricidade gerada ou consumida durante um período de tempo.

Exemplo: num dia, a instalação pode produzir 620 kWh.

Potência de pico do sistema

kWp



kWp (quilowatt-pico) mede a potência de pico do sistema fotovoltaico em condições padrão de ensaio (STC).

Corresponde à potência máxima teórica dos painéis fotovoltaicos nas condições STC (irradiância de 1 000 W/m², temperatura de célula de 25 °C e espectro AM 1,5).

Exemplo: um sistema com **143,64 kWp** possui uma potência de pico instalada de 143,64 kWp.

Potência nominal do equipamento

kWn



kWn (quilowatt nominal) mede a potência nominal útil de um sistema ou equipamento, nas condições nominais de operação, quando aplicável.

Refere-se à potência nominal especificada pelo fabricante para o equipamento (por exemplo, inversor), indicando a potência máxima que pode fornecer de forma contínua nas suas condições nominais de funcionamento.

Exemplo: um inversor pode ter uma potência nominal de 100 kWn.

Exemplo prático

Um sistema fotovoltaico de 10 kWp pode produzir 40 kWh num dia.

A energia produzida depende da radiação solar, temperatura ambiente e perdas do sistema (por exemplo, perdas no inversor, cabos e sujidade).



A produção de energia varia ao longo do tempo de acordo com:

-  Radiação solar
-  Temperatura ambiente
-  Perdas do sistema

! Exemplo: um sistema de 10 kWp pode produzir 40 kWh num dia, dependendo da radiação solar, temperatura e perdas do sistema.

Síntese

 **kW**
= potência instantânea

 **kWh**
= energia ao longo do tempo

 **kWp**
= potência de pico (STC)

 **kWn**
= potência nominal do equipamento

Nota: a produção real depende das condições de operação e das características do sistema.

Indicadores de circularidade

Contudo, a **circularidade** está **explicitamente integrada nas tipologias de investimento elegíveis**. O Aviso MPR-2026-01 (por exemplo) admite, entre outras medidas, combustíveis alternativos derivados de resíduos não fósseis, incorporação de subprodutos, reciclados e biomateriais, simbioses industriais, rastreabilidade para potenciar a economia circular, cadeias de valor circulares, matérias-primas renováveis e soluções digitais para aumentar a eficiência no uso de matérias-primas, água e energia.

<i>Indicador de circularidade ao nível do projeto</i>	<i>Cálculo / unidade</i>	<i>Utilidade</i>
Taxa de incorporação de matérias-primas secundárias	$\text{matéria reciclada/subprodutos} \div \text{matéria total} \times 100 (\%)$	Mede substituição de matérias-primas virgens
Redução de matérias-primas virgens	t/ano ou kg/unidade produzida	Mede desmaterialização efetiva
Conteúdo reciclado do produto	$\text{massa reciclada} \div \text{massa total} \times 100 (\%)$	Adequado a novos produtos circulares
Intensidade material	kg de matérias-primas / unidade ou t de produto	Permite comparação pré/pós-projeto
Produção específica de resíduos	kg resíduos / t ou unidade produzida	Mede prevenção de resíduos
Taxa de valorização material	$\text{resíduos valorizados materialmente} \div \text{resíduos totais} \times 100 (\%)$	Mede manutenção dos materiais na economia
Taxa de reutilização/reincorporação interna	$\text{resíduos/subprodutos reincorporados} \div \text{resíduos gerados} \times 100 (\%)$	Muito relevante para processos industriais
Desvio de aterro	$\text{resíduos não enviados para aterro} \div \text{resíduos totais} \times 100 (\%)$	Mede alteração do destino final
Simbiose industrial	t/ano de subprodutos transferidos entre empresas ou % dos fluxos	Mede circularidade interempresarial
Utilização de resíduos como recurso	t/ano ou % do input total	Adequado à substituição de matérias-primas
Taxa de reutilização/recirculação de água	$\text{água reutilizada} \div \text{consumo total} \times 100 (\%)$	Aplicável quando o projeto intervém no uso de água
Cobertura de rastreabilidade dos materiais	$\text{fluxos rastreados} \div \text{fluxos relevantes} \times 100 (\%)$	Adequado às componentes digitais previstas no Aviso

Quais são os indicadores de circularidade explicitamente presentes no quadro português?

Aqui há uma referência particularmente importante: o **Plano Nacional de Gestão de Resíduos 2030 — PNGR 2030**, aprovado pela **Resolução do Conselho de Ministros n.º 31/2023**.

O PNGR 2030 estabelece três indicadores quantitativos particularmente claros para o objetivo de promover a eficiência de recursos e a economia circular:

Indicador nacional	Fórmula	Referência → Meta 2030
Produtividade material da economia	PIB / Consumo Interno de Materiais	1,18 → 1,68 k€/t
Intensidade de produção de resíduos	Produção de resíduos / PIB	0,080 → 0,059 t/k€
Disponibilidade de resíduos para a economia	Valorização material, excluindo valorização energética / produção de resíduos	65% → 81%

Quais são os indicadores de descarbonização no aviso MPR-2026-01?

Código	Indicador	Unidade	O que mede
RPO148	Eletrificação dos consumos finais de energia	kW	Potência dos novos equipamentos elétricos que substituem equipamentos fósseis
RPO149	Edifícios com desempenho energético melhorado	m ²	Área útil com melhoria mínima de uma classe energética
RCR29	Emissões estimadas de GEE	tCO ₂ eq/ano	Redução das emissões pré vs. pós-operação
RCR26	Consumo anual de energia primária	MWh/ano	Redução de energia primária
RPR163	Consumo de energia final	MWh/ano	Redução efetiva de energia final
RPR164	Potência instalada em UPAC	kW	Acréscimo da potência renovável instalada

Distinguir circularidade de descarbonização?

<i>Circularidade</i>	<i>Descarbonização</i>
kg matéria-prima/t produto	kWh/t produto
% matéria reciclada	tCO ₂ eq/t produto
kg resíduos/t produto	MWh de combustível fóssil evitados
% resíduos reincorporados	% redução de GEE
% valorização material	kW eletrificados
t/ano de subprodutos em simbiose	% eletrificação
% água recirculada	kW/kWp de renováveis instalados
vida útil/reutilização	MWh renováveis autoconsumidos
produtividade material	intensidade energética
taxa de circularidade material	intensidade carbónica



A Avaliação de Impacte Ambiental (AIA) como um instrumento preventivo: serve para avaliar, antes da decisão de licenciar ou autorizar um projeto, os seus efeitos ambientais significativos, comparar alternativas e estabelecer condições para evitar, minimizar ou compensar impactes. A AIA não deve ser confundida com o Estudo de Impacte Ambiental (EIA): a AIA é o procedimento administrativo de avaliação; o EIA é o principal documento técnico elaborado pelo proponente para suportar esse procedimento.

A Avaliação de Impacte Ambiental (AIA) é um instrumento de carácter preventivo da política de ambiente que garante que são estudados e avaliados os potenciais efeitos no ambiente de determinados projetos.

A AIA aplica-se aos projetos públicos e privados que sejam suscetíveis de produzir efeitos significativos no ambiente, tendo em vista concluir sobre a sua viabilidade ambiental.

Esta avaliação tem como objetivos:

- Avaliar, de forma integrada, os possíveis impactes ambientais significativos, diretos e indiretos, da execução dos projetos e das suas alternativas, tendo em vista suportar a decisão sobre a viabilidade ambiental dos mesmos
- Definir medidas para evitar, minimizar ou compensar esses impactes, promovendo decisões ambientalmente sustentáveis
- Instituir um processo de verificação, a posteriori, da eficácia das medidas adotadas, designadamente, através da monitorização dos efeitos dos projetos avaliados
- Garantir a participação pública e a consulta dos interessados na formação de decisões que lhes digam respeito, privilegiando o diálogo e o consenso no desempenho da função administrativa.

Identificação e avaliação dos impactes ambientais

Por exemplo, num projeto industrial:

Impacte: aumento das emissões atmosféricas.

Fonte: novo forno industrial.

Magnitude: +X kg NO_x/h.

Recetor: população localizada a 800 m.

Avaliação: negativa, permanente durante a exploração, parcialmente reversível e potencialmente significativa.

Medidas de mitigação e compensação

Existe uma hierarquia que é especialmente importante ensinar:

Evitar → Minimizar → Restaurar → Compensar

1. **Evitar** é normalmente preferível. Por exemplo, deslocar uma unidade industrial para não ocupar um habitat sensível.
2. Quando não for possível evitar, procura-se **minimizar**: filtros, barreiras acústicas, redução de emissões, contenção de derrames, tratamento de efluentes, redução da impermeabilização ou alteração do processo.
3. Depois pode ser necessário **restaurar ou recuperar** áreas temporariamente afetadas, por exemplo após a fase de construção.
4. A **compensação** deve ser aplicada aos impactes residuais que permaneçam após as anteriores medidas: recuperação de habitats equivalentes, medidas compensatórias de biodiversidade ou intervenções ambientais noutros locais.
5. A DIA pode tornar estas medidas **condições obrigatórias do projeto**, acompanhadas por programas de monitorização.



AIA e descarbonização

Atualmente, as alterações climáticas são uma componente explícita da AIA. Devem ser analisadas em duas perspetivas distintas:

Mitigação climática: “Qual o impacto do projeto sobre o clima?”

Aqui avaliam-se, entre outros:

$$tCO_2eq/ano$$

emissões diretas e indiretas, combustíveis utilizados, eletrificação, eficiência energética, energias renováveis e emissões evitadas.

Adaptação climática: “Como podem as alterações climáticas afetar o projeto?”

Por exemplo:

- ondas de calor;
- secas;
- cheias e inundações;
- incêndios;
- subida do nível do mar;
- escassez de água;
- aumento das necessidades de refrigeração.



AIA e descarbonização

A APA salienta expressamente estas duas vertentes — **impacte do projeto sobre o clima e vulnerabilidade do projeto às alterações climáticas**.

Assim, num projeto de descarbonização industrial, não basta afirmar que uma nova tecnologia “é mais verde”. Deve demonstrar-se quantitativamente, por exemplo:

$$\Delta GEE = GEE_{pós} - GEE_{pró}$$

e, idealmente, normalizar:

$$\text{Intensidade carbónica} = \frac{kgCO_2eq}{t \text{ de produto}}$$

Isto impede que uma fábrica alegue redução ambiental simplesmente porque produziu menos.

AIA e descarbonização

Caso prático: Projeto XXXXX - XPTO AMBIENTE

Uma entidade apresenta um projeto de descarbonização que inclui eletrificação de equipamentos móveis, modernização da lavandaria através de bombas de calor, instalação fotovoltaica com armazenamento e infraestrutura elétrica de carregamento.

Na candidatura são apresentados os seguintes resultados:

<i>Indicador</i>	<i>Pré-projeto</i>	<i>Pós-projeto</i>
Emissões de GEE	166 tCO₂eq/ano	70 tCO₂eq/ano
Energia primária	701 MWh/ano	578 MWh/ano
Energia final	280 MWh/ano	231 MWh/ano
Potência UPAC	0 kW	144 kW

A candidatura apresenta, assim, uma redução de aproximadamente **96 tCO₂eq/ano**.

Contudo, a auditoria energética revela que a atividade sofreu alterações muito significativas.

Na lavandaria, por exemplo, a quantidade processada passou de **183 201 kg em 2023 para 46 720 kg em 2025**, e o próprio Indicador de Eficiência Energética aumentou de **484 para 1 237 kgep/10³ m²**, correspondendo a uma deterioração de **155,7%**.

A auditoria mostra igualmente que o consumo energético global diminuiu de **88,62 tep em 2023 para 57,79 tep em 2025**, ou seja, aproximadamente **34,8%**.

AIA e descarbonização

Caso prático: Projeto XXXXX - XPTO AMBIENTE

Uma entidade apresenta um projeto de descarbonização que inclui eletrificação de equipamentos móveis, modernização da lavandaria através de bombas de calor, instalação fotovoltaica com armazenamento e infraestrutura elétrica de carregamento.

Na candidatura são apresentados os seguintes resultados:

<i>Indicador</i>	<i>Pré-projeto</i>	<i>Pós-projeto</i>
Emissões de GEE	166 tCO ₂ eq/ano	70 tCO ₂ eq/ano
Energia primária	701 MWh/ano	578 MWh/ano
Energia final	280 MWh/ano	231 MWh/ano
Potência UPAC	0 kW	144 kW

Calcule a redução absoluta e percentual das emissões prevista na candidatura.

Utilize:

$$\Delta GEE = GEE_{pós} - GEE_{pré}$$

e

$$\Delta GEE(\%) = \frac{GEE_{pós} - GEE_{pré}}{GEE_{pré}} \times 100$$

Depois responda: **é suficiente este resultado para concluir que o projeto melhorou efetivamente o desempenho carbónico da atividade? Justifique.**

AIA e descarbonização

<i>Indicador</i>	<i>Pré-projeto</i>	<i>Pós-projeto</i>
Emissões de GEE	166 tCO ₂ eq/ano	70 tCO ₂ eq/ano
Energia primária	701 MWh/ano	578 MWh/ano
Energia final	280 MWh/ano	231 MWh/ano
Potência UPAC	0 kW	144 kW

A candidatura apresenta:

$$\Delta GEE = 70 - 166 = -96 \text{ tCO}_2\text{eq/ano}$$

e:

$$\Delta GEE = \frac{70 - 166}{166} \times 100 \approx -57,8\%$$

Assim, existe uma **redução absoluta prevista muito significativa das emissões**.

Contudo, este resultado não deve ser interpretado isoladamente. A atividade da lavandaria diminuiu:

$$\frac{46\,720 - 183\,201}{183\,201} \times 100 \approx -74,5\%$$

ou seja, **a atividade caiu cerca de 74,5%**. Simultaneamente, o consumo energético global diminuiu 34,8%, mas o indicador de eficiência energética reportado na auditoria **piorou 155,7%**.

Articulação entre AIA e economia circular

A **economia circular não constitui uma fase separada da AIA**; deve ser incorporada na conceção do projeto e na avaliação dos fluxos de recursos e resíduos.

Num projeto industrial, interessa avaliar:

Entradas: matérias-primas virgens, recicladas, água e energia.

Processo: eficiência material, perdas, refugos, reutilização interna, recuperação de calor e água.

Saídas: produto, subproduto, resíduos, efluentes e emissões.

Uma análise mais avançada deve perguntar:

Material virgem → Produto → Resíduo?

ou

Material → Produto → Subproduto/reutilização/reciclagem

Indicadores particularmente úteis são **kg de matéria-prima/t de produto, kg de resíduos/t de produto, % de matéria reciclada incorporada, % de resíduos reincorporados, % de valorização material, m³ de água/t de produto e % de água recirculada**.

Esta ligação é especialmente importante porque uma medida pode reduzir carbono e aumentar circularidade simultaneamente. Por exemplo, utilizar um subproduto de outra indústria como matéria-prima pode simultaneamente **evitar resíduos, reduzir extração de matéria-prima virgem e diminuir emissões incorporadas**.



Boas práticas para projetos industriais

Para um projeto industrial bem preparado para AIA, eu recomendaria esta lógica:

1. Fazer o screening ambiental antes de fechar o projeto, verificando logo AIA, SIR, PCIP, resíduos, água, emissões, CELE, Seveso e condicionantes territoriais.
2. Estabelecer um baseline quantitativo, utilizando pelo menos um ano representativo de produção.
3. Comparar alternativas tecnológicas e não apenas justificar a solução já escolhida.
4. Utilizar indicadores normalizados — por exemplo, kWh/t, m³ água/t, kg resíduos/t e kgCO₂eq/t.
5. Separar claramente redução de consumo, substituição de fonte energética e produção renovável.
6. Quantificar os impactos cumulativos com outras instalações existentes ou previstas.
7. Aplicar a hierarquia evitar → minimizar → restaurar → compensar.
8. Definir medidas com indicador, baseline, meta, método de medição e periodicidade.
9. Integrar desde a fase de projeto descarbonização, adaptação climática e circularidade.
10. Preparar a monitorização pós-projeto desde o início, para que seja possível comprovar objetivamente o cumprimento da DIA.

Um princípio particularmente útil para os formandos é: **uma boa AIA não é um relatório sobre os impactos de um projeto já decidido; é um instrumento para melhorar o próprio projeto antes de este ser autorizado.** Isso explica por que razão a análise de alternativas, a prevenção dos impactos e a integração precoce no projeto industrial são centrais no regime português

Descarbonização e Transição Climática na Indústria