

In Memoriam
Prof. Fernando Santana
(1949 – 2021)



Ciclo de palestras em homenagem a *Fernando Santana*

Carlos Borrego



É uma honra profundamente triste invocar a perda do

Professor Fernando Santana

Colega Ilustre e Amigo de longa data.

Sem dúvida, a melhor forma de recordar os que partem é falando vivamente do muito bom que foi ter estado com eles na vida.

Para Fernando Santana o conhecimento era universal e a Universidade, para ser fiel a esse espírito universal, tinha de se ligar à comunidade, tornando essencial a criação do saber, a formação, a capacidade para pensar, criar, e intervir, gerando riqueza e favorecendo a melhoria dos sistemas sociais, com base na coesão e na confiança.

Daí que a qualidade de vida, a proteção do ambiente, a salvaguarda da natureza, tenham sido essenciais para a noção fundamental do desenvolvimento sustentável. Esta é uma das suas mais perenes mensagens.





Desenvolvimento Sustentável e Economia Circular: desafios emergentes

Carlos Borrego

Desafios atuais | *desenvolvimento?*

Século
desenvolvimento

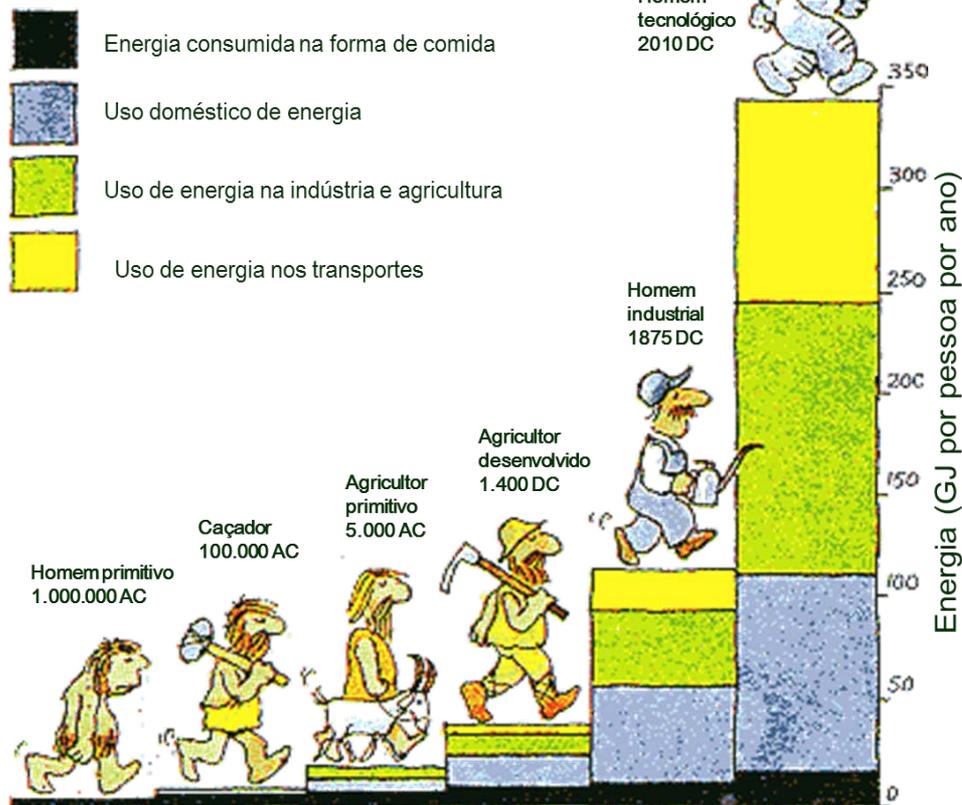
=

XV
CRESCIMENTO

Desafios atuais | energia

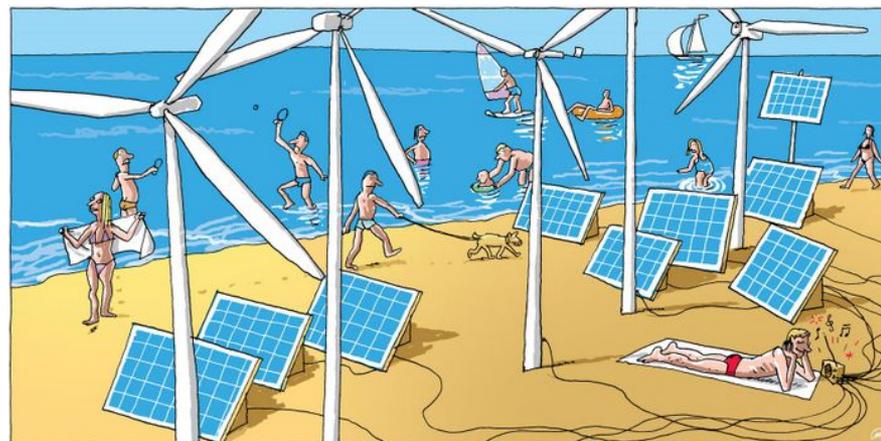
Consumo individual de energia

Adaptado de UNESCO Courier



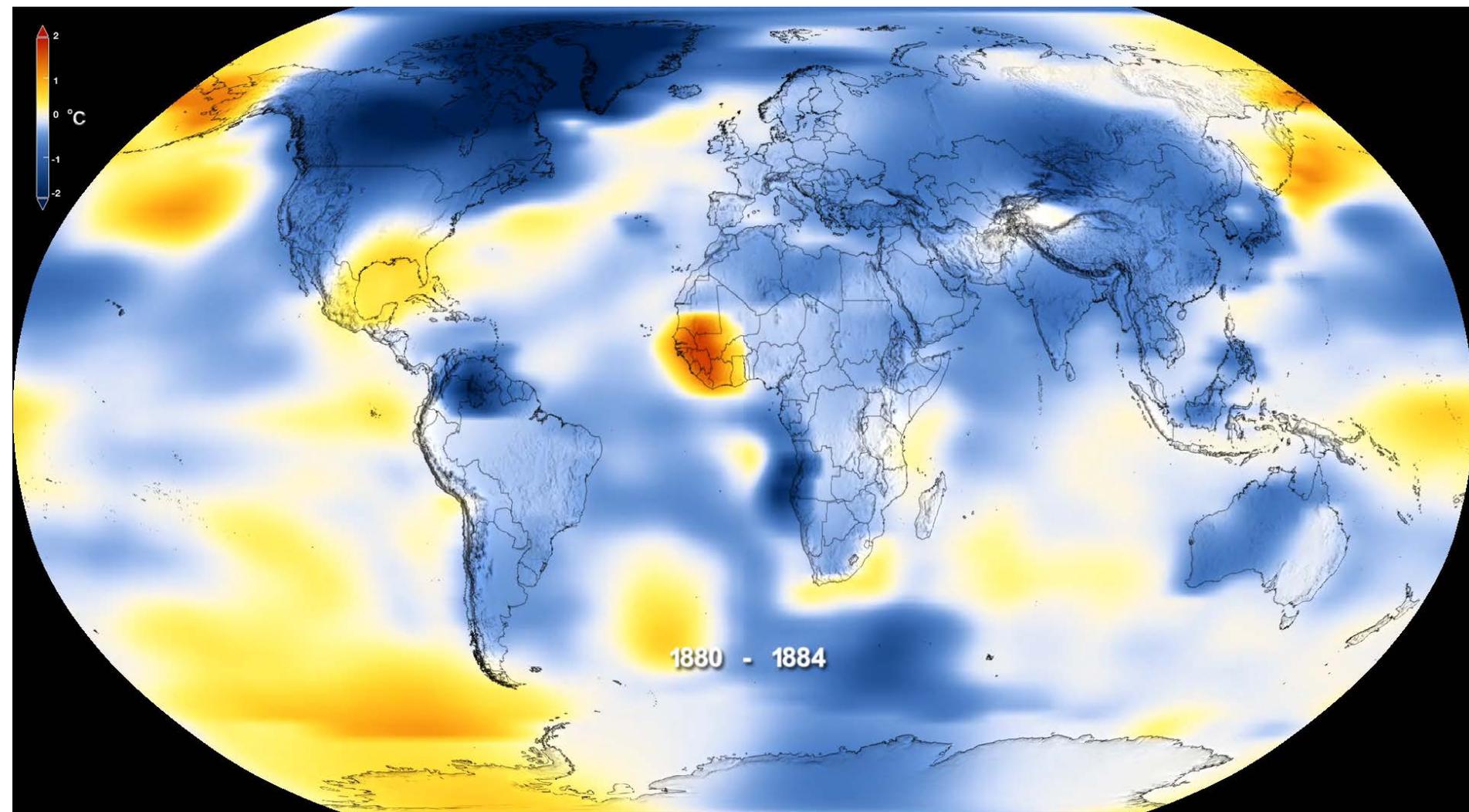
Em **1920** o Mundo consumiu **50 EJ** (exajoule= 10^{18} J), em **2020** foram **800 EJ**, 16 vezes mais. A **população** só cresceu 4,4 vezes.

Como (não) resolver a crise energética



- ❖ **Aumentar a parcela da energia renovável** não nos tornará menos dependentes dos combustíveis fósseis, se o **consumo total de energia continuar a aumentar**.
- ❖ As fontes de energia renováveis **não substituem** as centrais termoelétricas a carvão, petróleo ou gás, apenas **satisfazem (parte) da procura sempre crescente**.

Desafios atuais | evolução das alterações climáticas



O ano de **2020** foi o mais quente da história na Europa e a nível mundial foi **1,25°C** acima do período pré-industrial de 1850-1900 (Copernicus).

Desafios atuais | comportamento e consumo

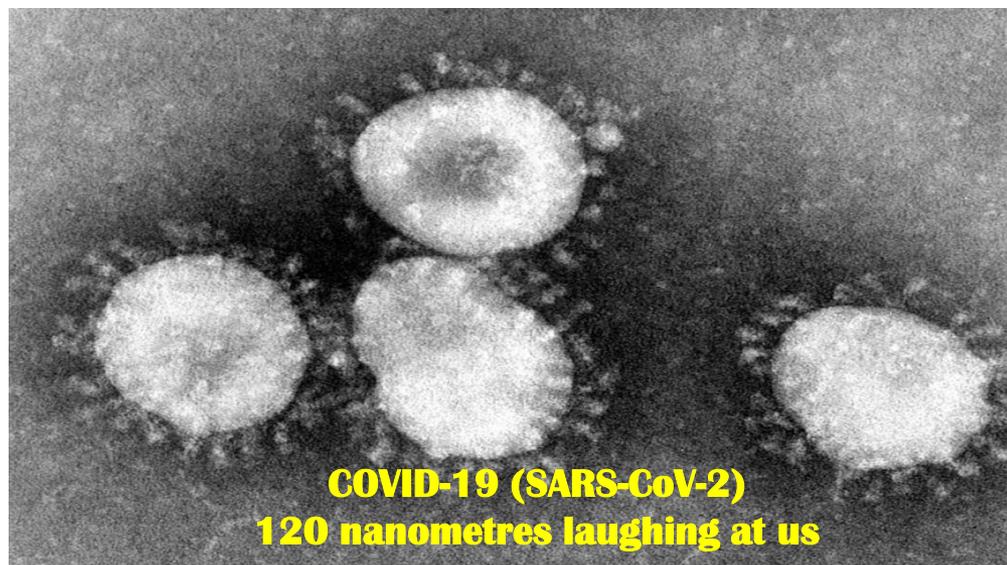


E agora acrescentou-se outro desafio...

Desafios atuais | Emergência Planetária...COVID-19

✓ Por cima das nossas cabeças paira uma **ameaça que é real**, mas que **não conhecemos bem** e que **não sabemos quando se irá embora**. As **zoonoses** (doenças infecciosas transmitidas pelos animais aos humanos) estão em alta e a piorar (ex. SIDA, ébola, malária, dengue, varicela, poliomielite, zika e agora a pandemia COVID-19).

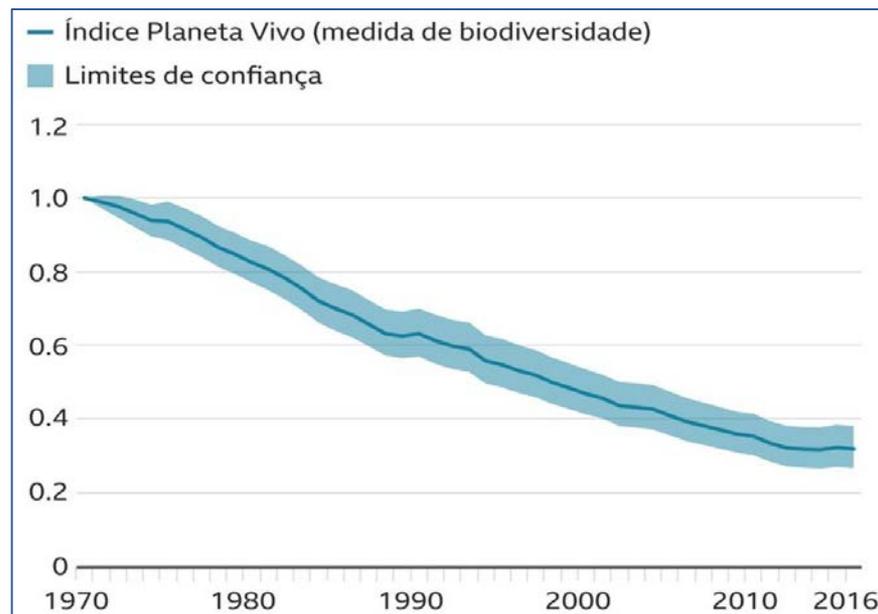
✓ Temos **interferido** tão fortemente na **natureza** que fomos agora **atacados por ela**. Esquecemos que, em **habitats bem conservados** e com **grande diversidade de espécies**, os **vírus** distribuem-se facilmente **nesses ecossistemas não afetando o ser humano**.



COVID-19 (SARS-CoV-2)
120 nanometres laughing at us

Emergência Planetária... pandemia COVID-19

✓ Na década de 1970, **66%** do mundo era selvagem e os níveis de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera eram **290 partes por milhão (ppm)**. Em 1990, a natureza selvagem caiu para **59%** e o CO₂ aumentou para **350 ppm**. Atualmente, a natureza selvagem ocupa apenas **33%** do planeta, enquanto o CO₂ na atmosfera atingiu **431 ppm** (em maio de 2020).



- ✓ Mas também houve boas notícias. No início da pandemia em **Veneza**, aos sujos canais regressaram águas límpidas e até os peixes, e a **poluição do ar diminuiu abruptamente**.
- ✓ Em **Portugal e Espanha** a **poluição do ar** e as **emissões de gases com efeito de estufa** caíram a pique, com potencial para **salvar milhares de vidas**.

Pandemia COVID-19 | alterações climáticas e custos



- A subida de **1,5°C** (Acordo de Paris 2015) **em vez dos 2°C** (fixados em 2013) significa **poupar a vida** a milhões de pessoas e outros seres vivos, e **melhorar a economia**.
- Mesmo que a meta seja alcançada, estima-se que os **custos** para a economia global relacionados com

as **alterações climáticas** chegarão aos **US\$ 54 mil biliões** em **2100** e vão aumentando drasticamente **a cada décimo do incremento da temperatura**.

- Uma das poucas **certezas** diante das muitas **incertezas** da pandemia é que as **respostas económicas** à crise têm de ser **sustentáveis**.
- O **progresso**, para ser completo, também deve calcular os **impactos para o planeta**.

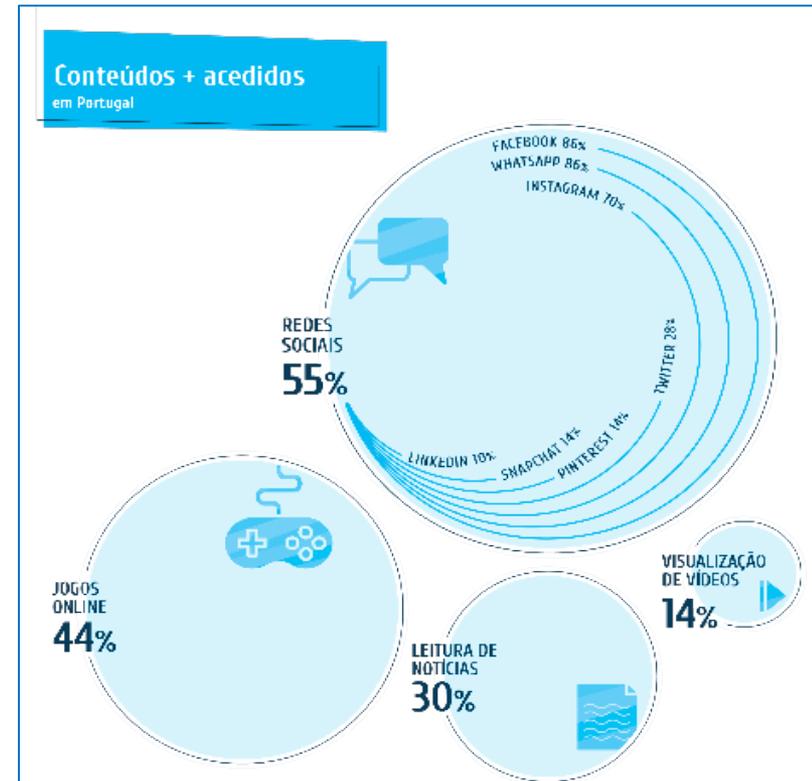
Pandemia COVID-19 | mundo digital

Na pegada ecológica, os efeitos do **crescimento exponencial** do chamado **mundo digital**, que tem sido o **suporte do teletrabalho**, tendem a ser **ignorados**.

Se a **internet** fosse um país, seria o **6º maior consumidor de energia** do mundo. Todos os dias, os Data Centers consomem eletricidade e emitem CO₂ em grande quantidade.

Os centros de informação contribuíram, em 2010, com cerca de **137 toneladas de dióxido de carbono equivalente** (ton CO_{2e}) e, em 2020, o valor deverá ser de **250 milhões de toneladas de CO_{2e}** (um crescimento de 2 milhões de vezes...).

Um **e-mail normal** (desde o momento em que é composto até que é lido) tem uma **pegada de 4 g CO_{2e}**, energia gasta pelos centros de informação e pelos computadores usados para enviar, filtrar e ler o e-mail. Num **e-mail com algum texto e anexos**, a pegada pode até chegar a **50 g CO_{2e}** (lâmpada incandescente de 60 W produz 39 g CO_{2e} por hora).



Desafios atuais | necessidades crescentes

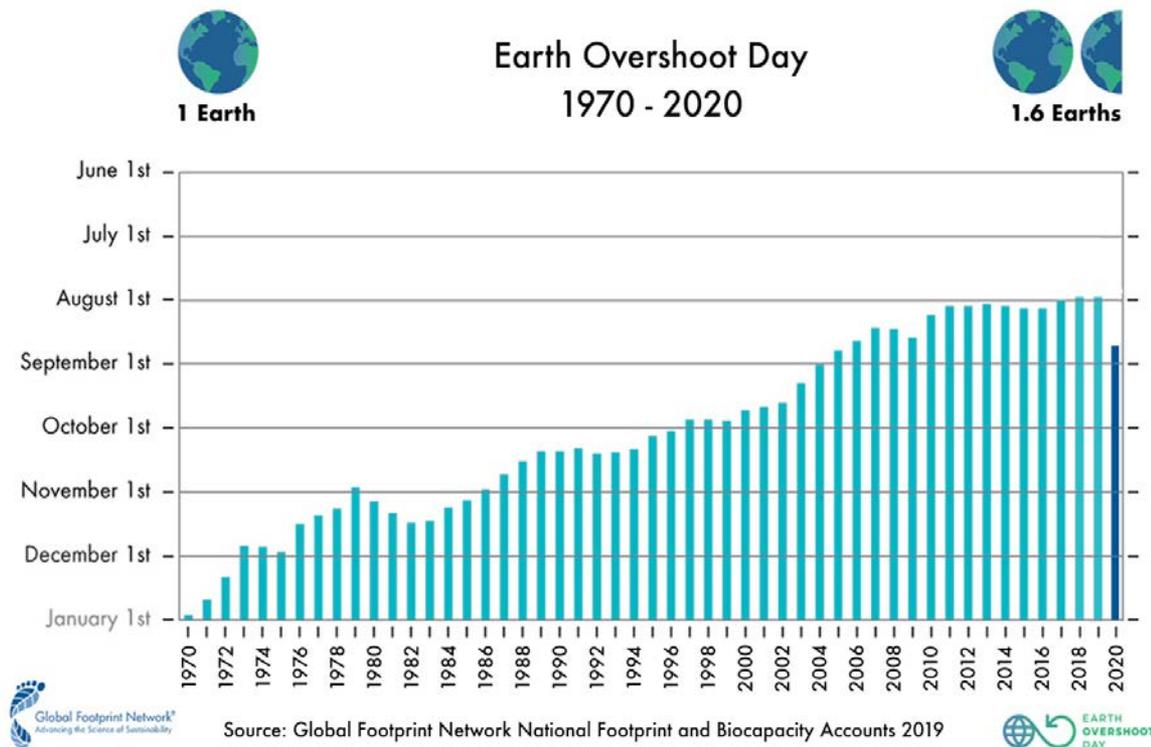
- Em 2018, a Europa **perdeu 95% do valor dos materiais e da energia** associada aos seus produtos. Em média, a Europa **usa os materiais apenas uma vez**.
- PT tem **economia pouco eficiente e pouco produtiva materialmente**: produzimos **1,1 € por kg material**, comparando com a média da UE de **2 € por kg**. Em **10 anos (2005-2015)**: PT **+23%**; UE **+30%**; ES **+134%**.
- Esta **gestão insustentável** de materiais e energia tem vindo a afetar o **“Earth Overshoot Day” (Dia da Sobrecarga do Planeta)**, dia em que se **esgotou o “orçamento ambiental”** e a partir do qual começámos a consumir os recursos do ano seguinte.
- Nesse dia, do ponto de vista ambiental, começamos a **viver a crédito!**



Desafios atuais | necessidades crescentes

❖ O Dia da Sobrecarga da Terra acontece mais cedo de ano para ano, mas a **pandemia COVID-19** inverteu o ciclo:

- **Dia da Sobrecarga da Terra 2019** assinalou-se a **29 de julho**.
- **Dia da Sobrecarga da Terra 2020** atingiu-se três semanas (24 dias) mais tarde, a **22 de agosto**.



❖ **Redução de 9,3%** da Pegada Ecológica da humanidade, em comparação com o mesmo período do ano passado, consequência direta do confinamento.

❖ Mas em **2021** já foi a **5 de junho!!!**

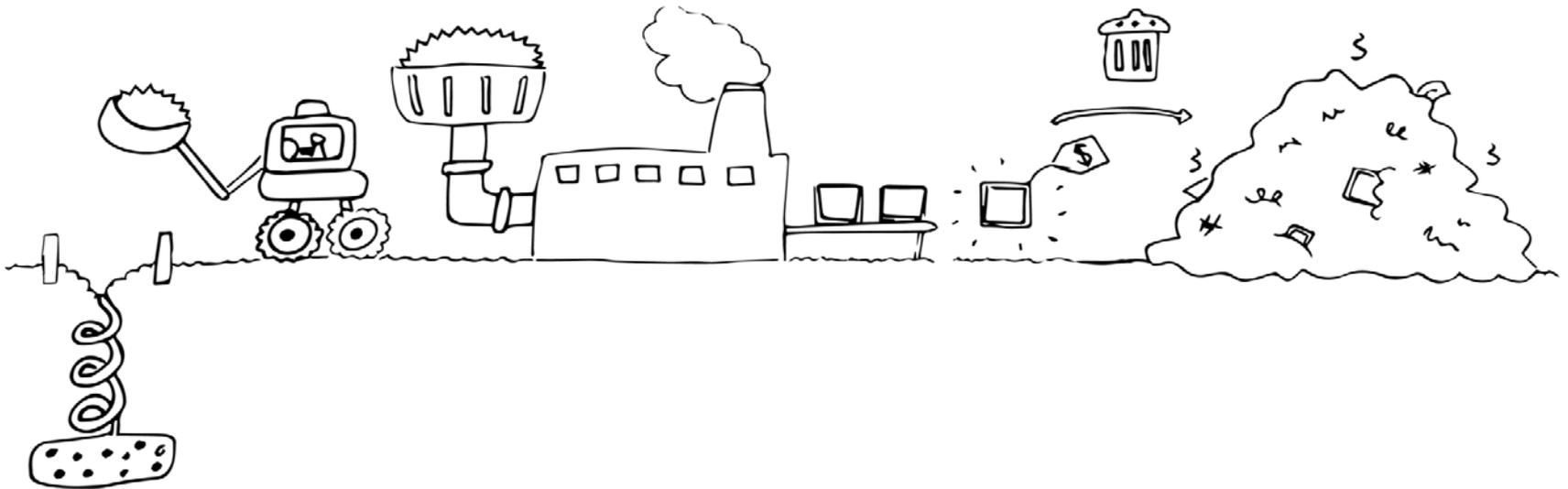
❖ Em **Portugal**, o **Dia da Sobrecarga da Terra 2019** atingiu-se no dia **22 de maio**, enquanto em **2020** foi a **25 de maio**, uma redução muito menor do que a global (3 dias), e em **2021** foi a **13 de maio**.

É isto *desenvolvimento*? | economia linear

Desde a revolução industrial, a economia mundial permitiu o aparecimento de um padrão de crescimento do tipo:

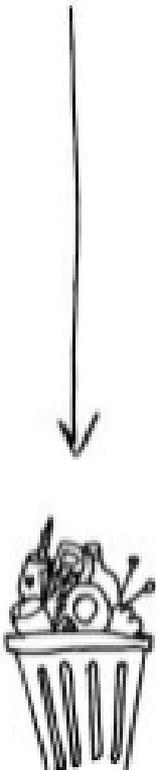
extrair → produzir → consumir → eliminar

um modelo linear baseado no pressuposto de que os **recursos são abundantes, disponíveis, fáceis de extrair e baratos para deitar fora.**

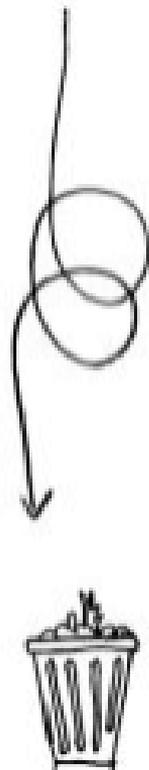


Economia circular

Economia
Linear



Economia da
Reciclagem



Economia
Circular



... é um conceito estratégico
inspirado em *soluções
baseadas na natureza*,
alicerçadas na *prevenção*,
redução, *reutilização*,
recuperação e *reciclagem* de
materiais e energia ...

... **é mais eficiente e produtiva:**
fazer "mais com menos" e
aumentar o valor. O "menos"
pode ser partilhado, projetado
para "voltar para casa" e ser
reparado, reutilizado,
remanufacturado e reciclado.

Economia circular



A economia circular é baseada em opções:

- ❖ **Recusar**: não consumir o que é desnecessário ou escolher os objetos locais e não longínquos;
- ❖ **Repensar**: assumir um consumo consciente e responsável;
- ❖ **Reduzir**: diminuir os consumos de materiais e energia;
- ❖ **Reutilizar**: partilhar e encontrar novos usos para os bens;
- ❖ **Reparar**: tornar a pôr em uso e melhorar os bens em vez de trocá-los por novos;
- ❖ **Reaproveitar**: tornar a beneficiar e usufruir, reusar ou desfrutar novamente;
- ❖ **Redistribuir**: oferecer bens usados em bom estado e partilhar experiências;
- ❖ **Recuperar**: reaver materiais e energia, reintroduzindo-os no sistema;
- ❖ **Reciclar**: fechar o ciclo e refazer.

Sistemas de economia circular

A transição para a economia circular exige mudanças em todas as **cadeias de valor**:



conceção dos produtos



novos modelos empresariais e de mercado



novas formas de transformação dos resíduos em recursos



novos padrões de comportamento dos consumidores

Transição para a economia circular

- ✓ A transição implica que, para o comércio de produtos e materiais circulares, se estabeleçam **padrões internacionais de reciclagem, reparação, design ecológico, rotulagem e uso de materiais**, o que também pode **remover barreiras** que dificultam o **comércio de matérias-primas secundárias e produtos remanufaturados e recondicionados** (processos de limpeza, manutenção, telemóveis...).



- ✓ A economia circular contribui para a **resiliência dos sistemas económicos**, pois **mantém os materiais** por mais tempo no sistema com ciclos reversos, reduzindo a **vulnerabilidade** proporcionada pela **volatilidade dos preços** das *commodities*.
- ✓ A **transição** exige **investimentos públicos e privados** significativos.

A economia circular e o aumento de empregos

✓ O enfoque no **uso mais eficaz dos recursos**, especialmente com a **reutilização e reciclagem** de materiais e **extensão da vida útil do produto**, muda a relação entre **bens e serviços**, sendo uma das principais razões para o **aumento do emprego** e **diminuição das alterações climáticas**.



✓ A economia que favorece essas práticas, por definição, é **mais intensiva em mão de obra** do que a baseada na filosofia do “deitar fora”, ou seja, em fluxos de recursos lineares.



✓ **Cuidar do que já foi produzido**, por meio de **reparações, manutenção, atualização e remanufatura** exige **mais mão de obra** quando comparado com a economia linear do descarte.

Pode a economia circular reduzir emissões de GEE?

- Mudança drástica → **emissão zero de GEE até 2050** a fim de cumprir a **meta de 1,5°C**.
- Implica → **redução** de pelo menos **8% nas emissões anuais de CO₂** nas **próximas décadas**.
- A resposta à crise climática → **redução de emissões e aumento da resiliência em relação aos efeitos climáticos**.
- Os benefícios incluem → **criar cidades com maior qualidade de vida, distribuir valor de modo mais amplo na economia e estimular a inovação**.
- Estes contributos → tornam a **economia circular um tributo significativo** para conseguir a **economia de CarbonoZero**.



Eliminar resíduos e poluição para reduzir as emissões de GEE ao longo da cadeia de valor

Manter produtos e materiais em uso para reter a energia incorporada nos produtos e materiais

Regenerar sistemas naturais para sequestrar carbono no solo e nos produtos

Transição para a economia circular

É preciso ser inovador...

na produção de alimentos



Transição para a economia circular

É preciso ser inovador...

Aproximar a produção do consumo: agricultura urbana



- Segurança alimentar.
- Alimentação saudável.
- Redução de transporte e pegada de carbono.

Transição para a economia circular

É preciso ser inovador...

Transformar produtos em serviços



- Baixo custo de investimento.
- Partilha de custos de manutenção.
- Maior taxa de utilização.

Transição para a economia circular

É preciso ser inovador...

novos materiais, novas aplicações



Economia circular

É preciso ser inovador...

Superuse Studies – Villa Welpeloo (Roterdão) –
construir edifícios reutilizando materiais locais



- Uma casa que alia o design à utilização de materiais reutilizados. O processo de conceção e construção de Villa Welpeloo ocorreu ao contrário do habitual.
- Numa ótica “circular” de aproveitamento e reutilização de desperdícios, começou-se por procurar e recolher materiais de fábricas e armazéns locais, para depois projetar a estrutura da casa que melhor empregaria e potenciaria a reutilização desses recursos.

Desafio de hoje | onde vivem todas essas pessoas?

- O crescimento populacional → **crescer indefinidamente não significa evoluir**, pois a **evolução** só pode acontecer se esse **crescimento ocorrer de forma distributiva, inclusiva e inteligente, gerando valor agregado** para todas as partes envolvidas, sejam pessoas, animais ou sistemas ambientais.
- Há necessidade premente de mudar para um **modelo mais sustentável**, promovendo a **economia circular** e assegurando pleno desenvolvimento económico e regeneração do **“capital natural”**.



... o debate sobre a **economia circular** tem um **enfoque urbano** e depende da **capacidade de cada cidade** em responder aos desafios relacionados com a **rápida urbanização e adaptação às alterações climáticas**.

Cidade e economia circular: sequestro de emissões?

- As **idades** são a principal fonte de **poluentes atmosféricos**, dando origem à **poluição atmosférica** e às **alterações climáticas**, mas também estão ligados a vários outros processos importantes.
- Mas as **idades** têm também uma capacidade única para **enfrentar** os **desafios** das **alterações climáticas**, tendo sido aplicadas medidas locais para lidar com **vulnerabilidades**, resultando essas soluções como **medidas de adaptação**.
- Um exemplo com sucesso são as **soluções baseadas na natureza**, também chamadas de **medidas verdes**, que fornecem **alternativas sustentáveis, económicas, flexíveis e multifuncionais** para vários objetivos.



Desafios crescentes | urbanização

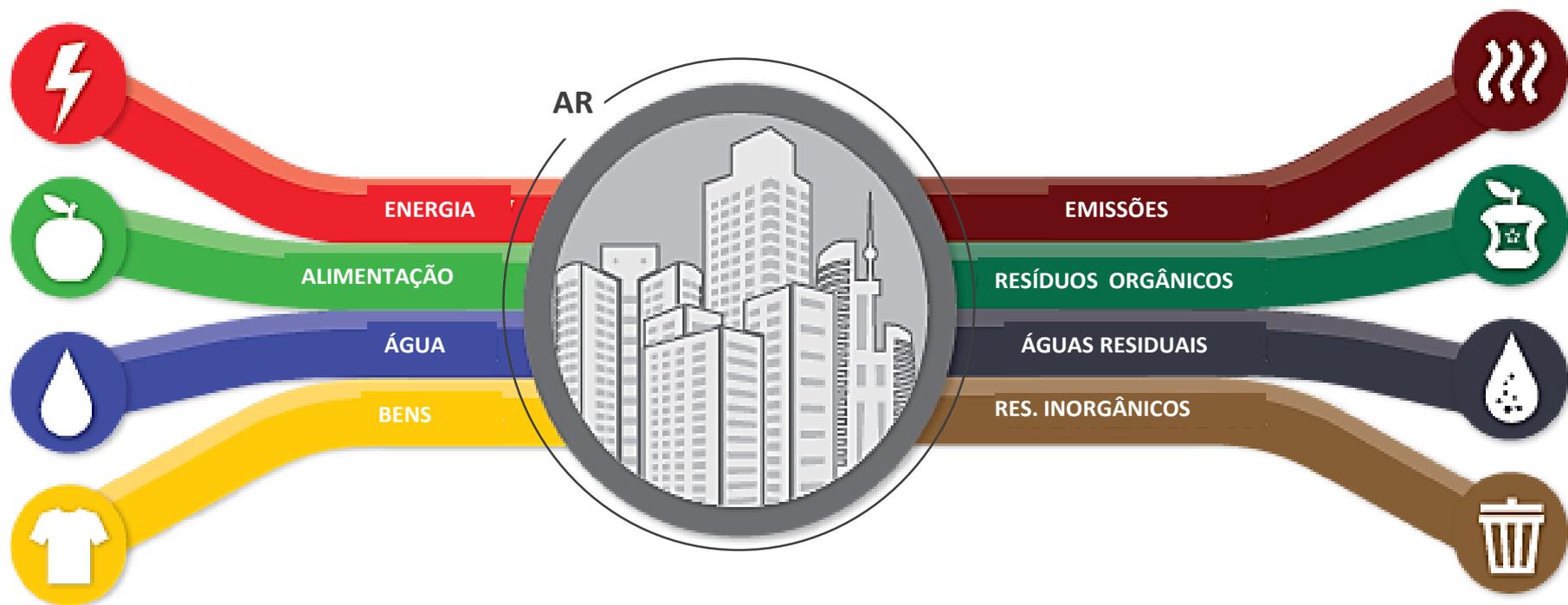
Nas cidades Europeias em 2050:

- **90%** do crescimento populacional
- **75%** do consumo de energia
- **80%** das emissões de CO₂
- **500 kg** de resíduos per capita/ano

O que temos agora?



Cidade insustentável | metabolismo urbano



o modelo económico '**criar agora, limpar mais tarde**' que domina o nosso mundo e que não contabiliza as alterações climáticas, a poluição ou a degradação do capital natural, é **insustentável**.

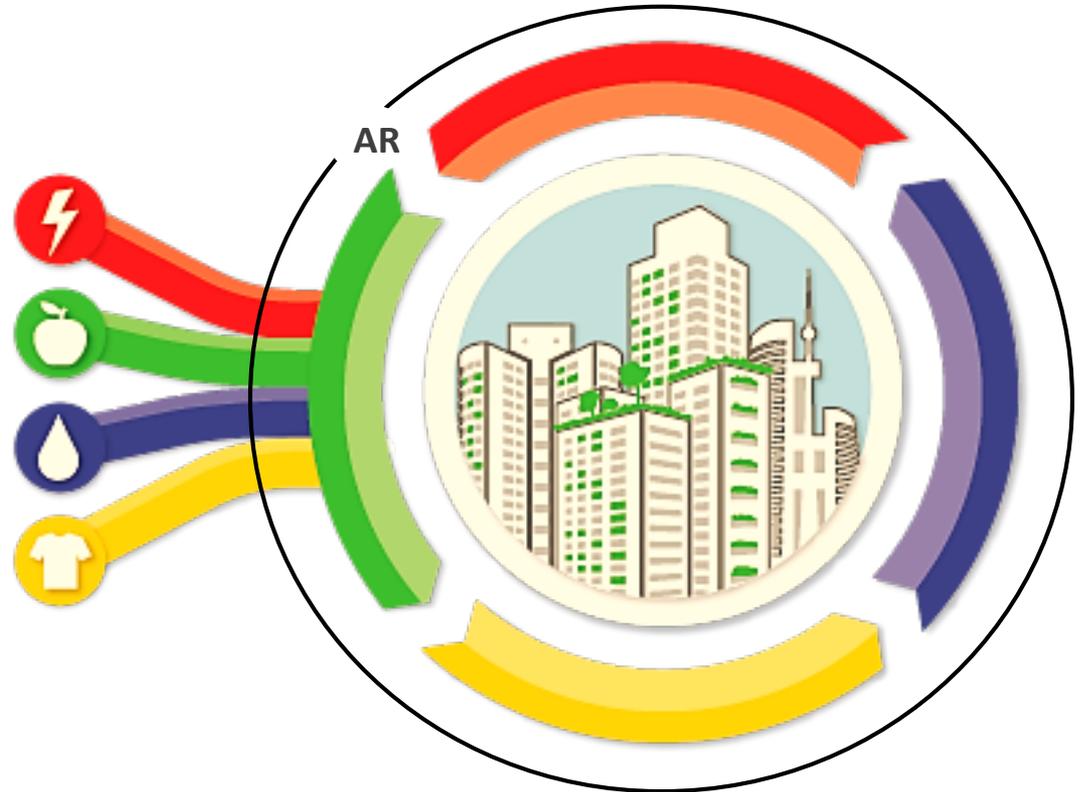
Do que precisamos agora?

NOVO metabolismo urbano | cidade circular

Nova perspectiva de
metabolismo urbano

**Economia
Circular**

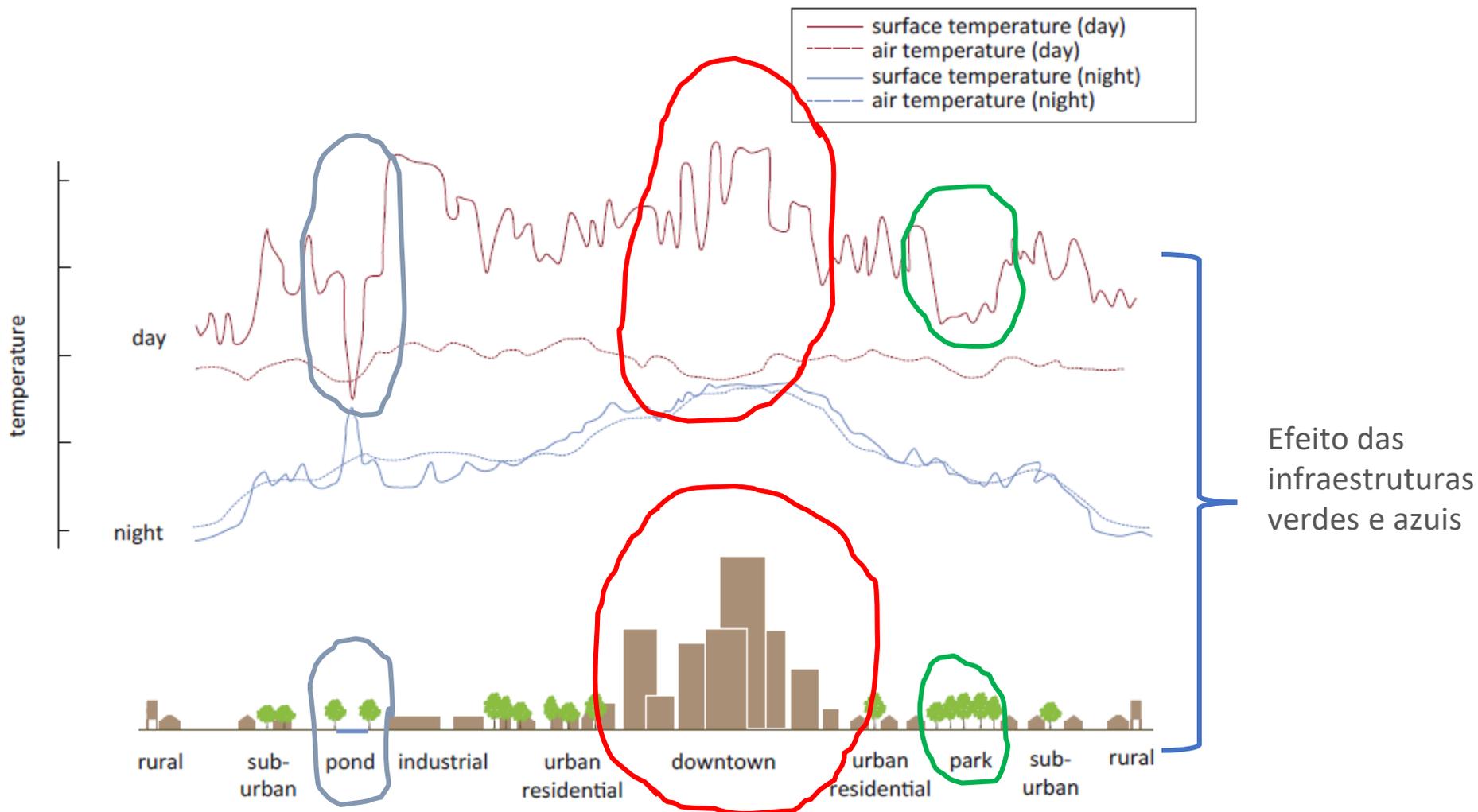
Cidade circular



modelo urbano reorganizado, através da integração dos **sistemas de produção e consumo em circuitos fechados** ... inspirando-se nos **mecanismos dos ecossistemas naturais**, que gerem os recursos a longo prazo num processo contínuo.

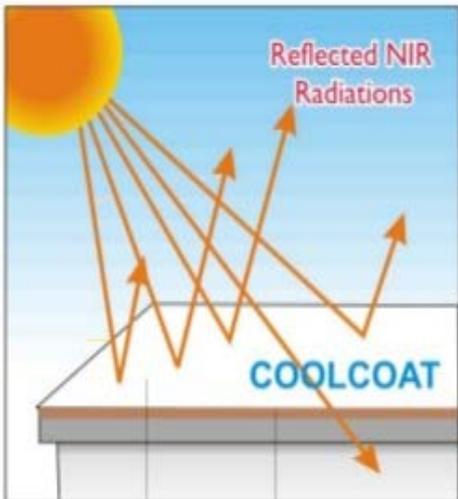
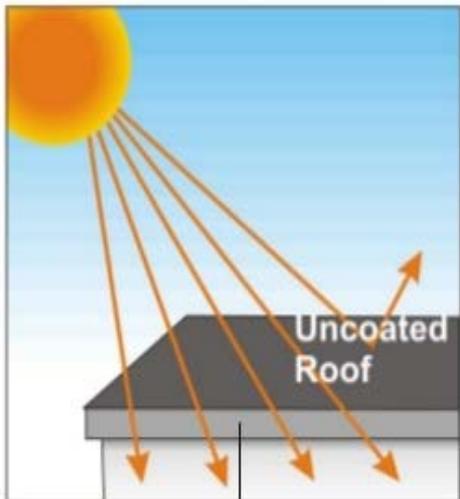
Aquecimento da cidade | ilha de calor urbana

curva de temperatura sobre uma área urbana



Resiliência urbana | áreas azuis, verdes e brancas

soluções baseadas na natureza



Resiliência urbana | paredes e telhados verdes



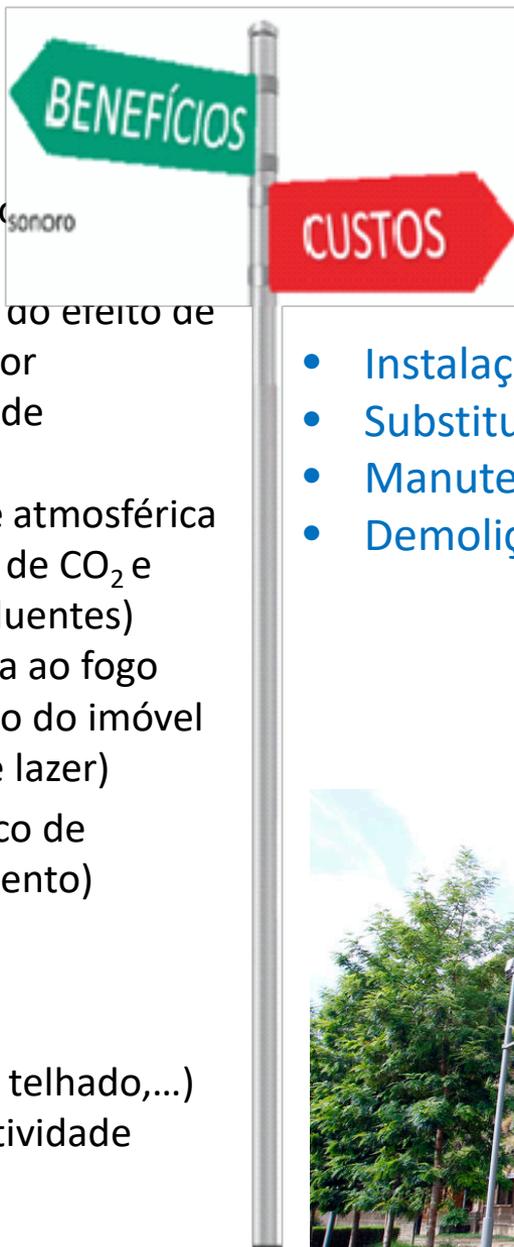
BS EN 13707:2013



Resiliência urbana | paredes e telhados verdes



- Isolamento sonoro
- Mitigação do efeito de ilha de calor
- Produção de alimentos
- Qualidade atmosférica (absorção de CO₂ e outros poluentes)
- Resistência ao fogo
- Valorização do imóvel (estética e lazer)



3707:2013



- Instalação
- Substituição
- Manutenção
- Demolição



- Gestão de águas pluviais e redução do risco de inundações (retenção e atraso do escoamento)
- Eficiência de painéis fotovoltaicos
- Redução da poluição sonora
- Preservação da biodiversidade e habitats
- Aumento da vida útil do suporte (edifício, telhado,...)
- Criação de emprego e aumento da produtividade
- Melhoria da saúde e qualidade de vida



Resiliência urbana | caso de estudo

arrefecimento da cidade e melhoria da qualidade do ar

cidade do Porto

- uma das **idades europeias** com **maior índice de expansão**
- tem **problemas de qualidade do ar**
- foi afetada pela **onda de calor** de 30 jul a 14 ago 2003 (em Portugal 2099 mortes e 793 na cidade do Porto)
- no **futuro** (2050) é esperado um **aquecimento da cidade**



Soluções baseadas na natureza | simulação

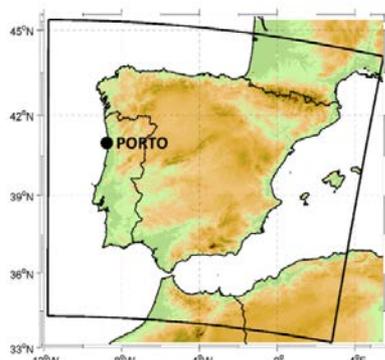
arrefecimento da cidade e melhoria da qualidade do ar

O que se passa no **bairro da rua da Constituição** em 2050?

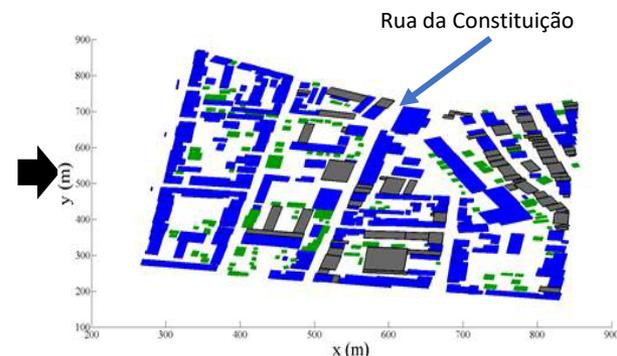
Alterações climáticas

Onda de calor - Porto

Onda de calor – Rua da Constituição



1,9°C (2050)
3,7°C (2100)



Telhados verdes em todos os edifícios do bairro

Condições de simulação para a **onda de calor em 2050**, com medidas de adaptação:

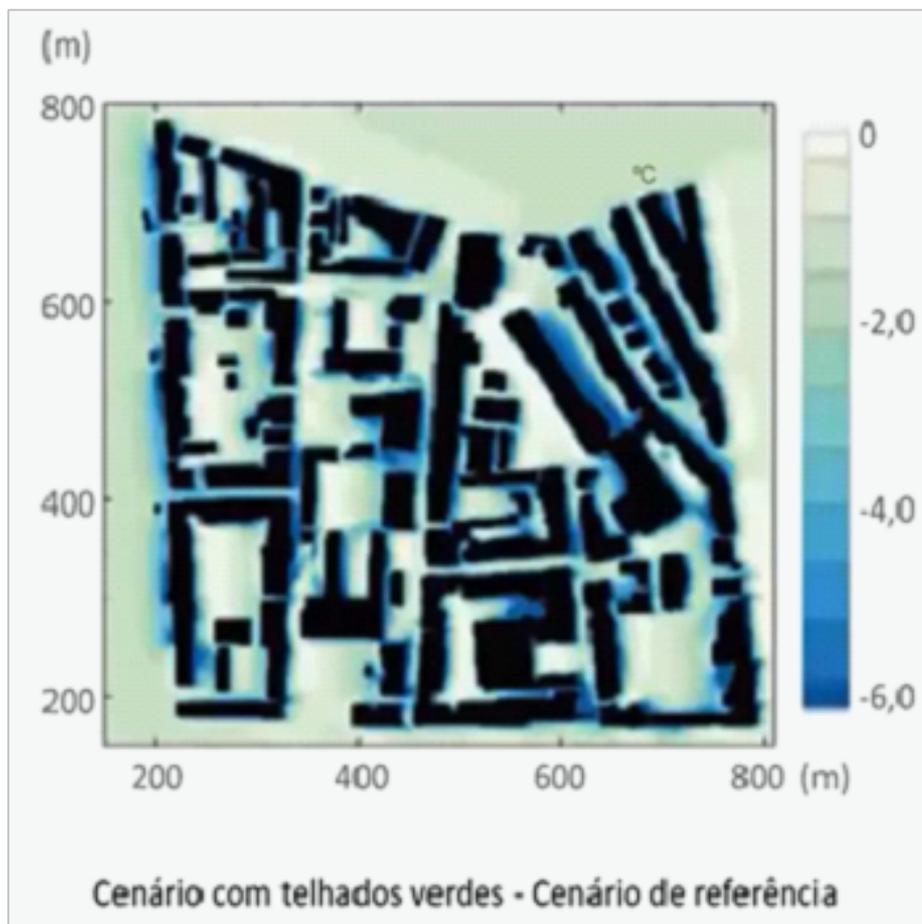
- 1 dia de semana + 1 dia de fim de semana (base horária)
- 4 variáveis analisadas: **T**, **PM10**, CO e NO₂

Soluções baseadas na natureza | temperatura

arrefecimento da cidade

O que se passa no **bairro da rua da Constituição** em 2050?

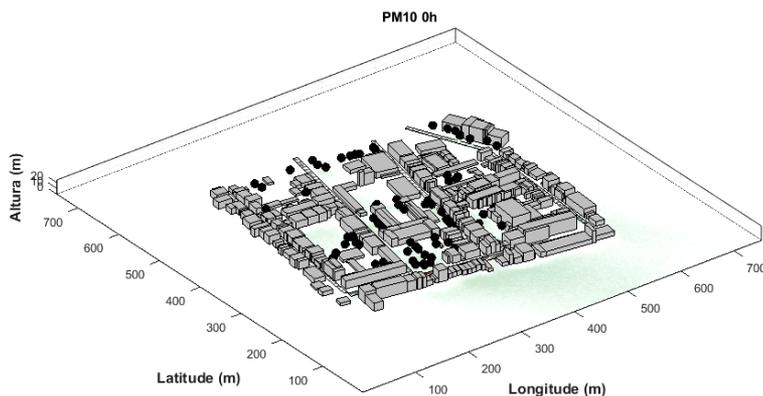
A aplicação de **telhados verdes** resulta em **reduções de temperatura** que variam entre **-1°C** e **-2°C** na maior parte do domínio, atingindo máximos de **-6°C** (pontualmente junto aos edifícios).



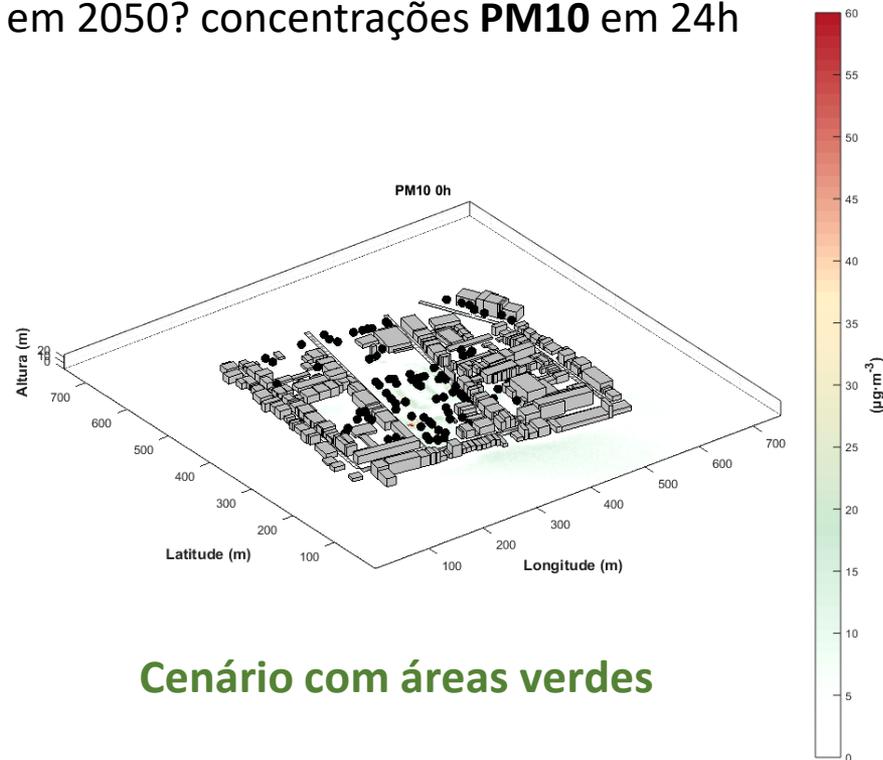
Soluções baseadas na natureza | qualidade do ar

qualidade do ar e conforto pedonal

O que se passa no **bairro da rua da Constituição** em 2050? concentrações **PM10** em 24h



Cenário de referência



Cenário com áreas verdes

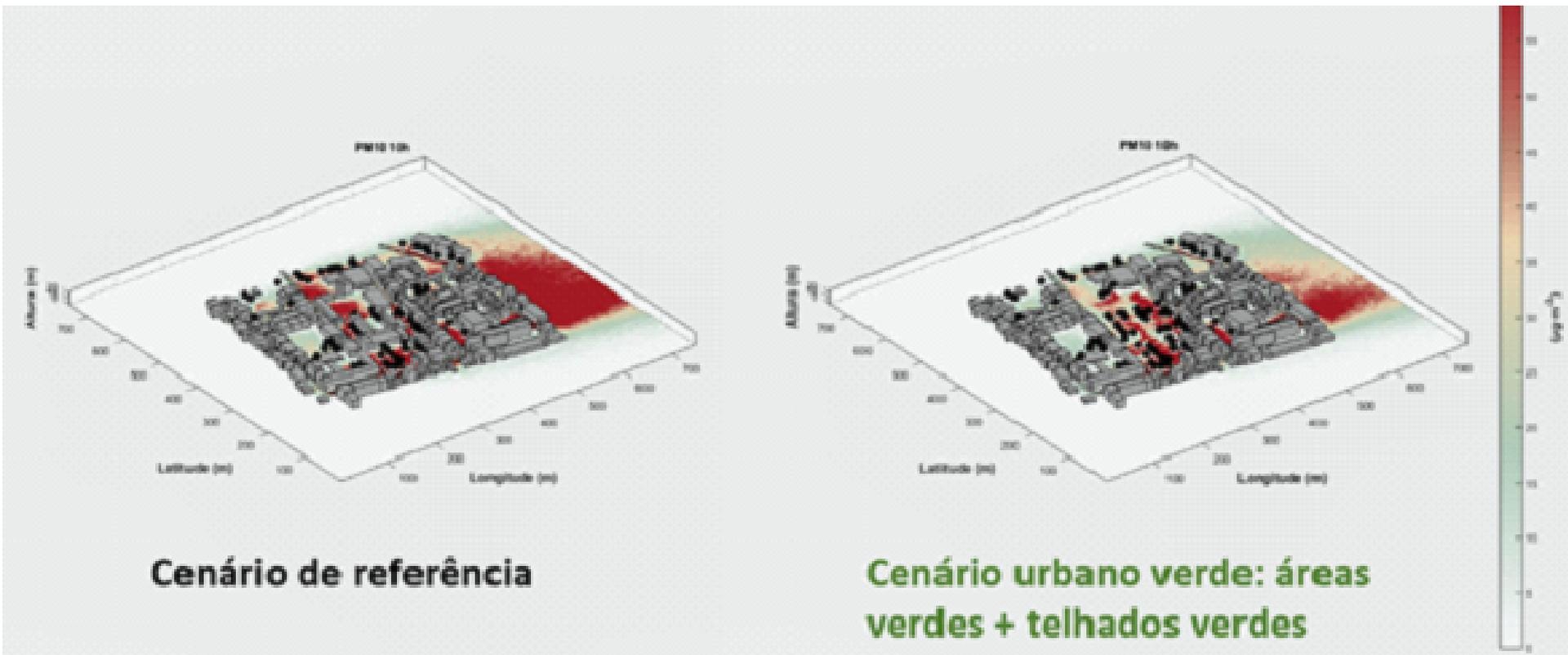
A **qualidade do ar** à escala local é particularmente dependente de:

- **morfologia urbana e condições climáticas locais** (direção e velocidade do vento)
- **presença de vegetação** (localização, geometria e **densidade de área foliar - LAD**)

Transição climática e soluções baseadas na natureza

qualidade do ar e conforto pedonal

O que se passa no **bairro da rua da Constituição** em 2050? concentrações **PM10** às **10h** a **3 m** de altura



Cenário de referência

Cenário urbano verde: áreas verdes + telhados verdes

- Redução em **20%** das **concentrações horárias de PM10** com a implementação de **áreas verdes**
- Aumento da **velocidade do vento** = Aumento da **dispersão dos poluentes atmosféricos**
- Formação de **novas áreas de recirculação**, contribuindo para a formação de **hot-spots**

... e o novo paradigma societal

- ✓ No **pós-COVID-19** tem que se construir um novo **paradigma societal** com base em **menor uso de materiais e energia** e valorizando a **economia circular**, sem prejudicar a saúde pública.
- ✓ Não apenas devido à **pandemia**, mas para uma **vida segura**...
- ✓ Uma economia em que **“nada se perde, nada se cria, tudo se transforma”** (Antoine Lavoisier, 1789), com a **tecnologia e a sociedade** a desempenhar um papel central no nosso **bem-estar e prosperidade**.



A **pandemia COVID-19**
e a **crise climática** são
mensagens gritantes da
NATUREZA.



Em homenagem a *Fernando Santana*

Obrigado!