



LARSyS
Laboratory of Robotics
and Engineering Systems



MARETEC
MARINE ENVIRONMENT & TECHNOLOGY CENTER

Mitos e Contra-mitos na Sustentabilidade Ambiental da Alimentação

Tiago Domingos

MARETEC, LARSyS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa

FCT

Fundação para a Ciência e a Tecnologia
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E ENSINO SUPERIOR



Índice

1. Os desafios da alimentação mundial
2. A proteína e o azoto
3. Alguns mitos ... e contra-mitos
4. Um exemplo de solução: bovinos de carne em Portugal

1. Os desafios da alimentação mundial

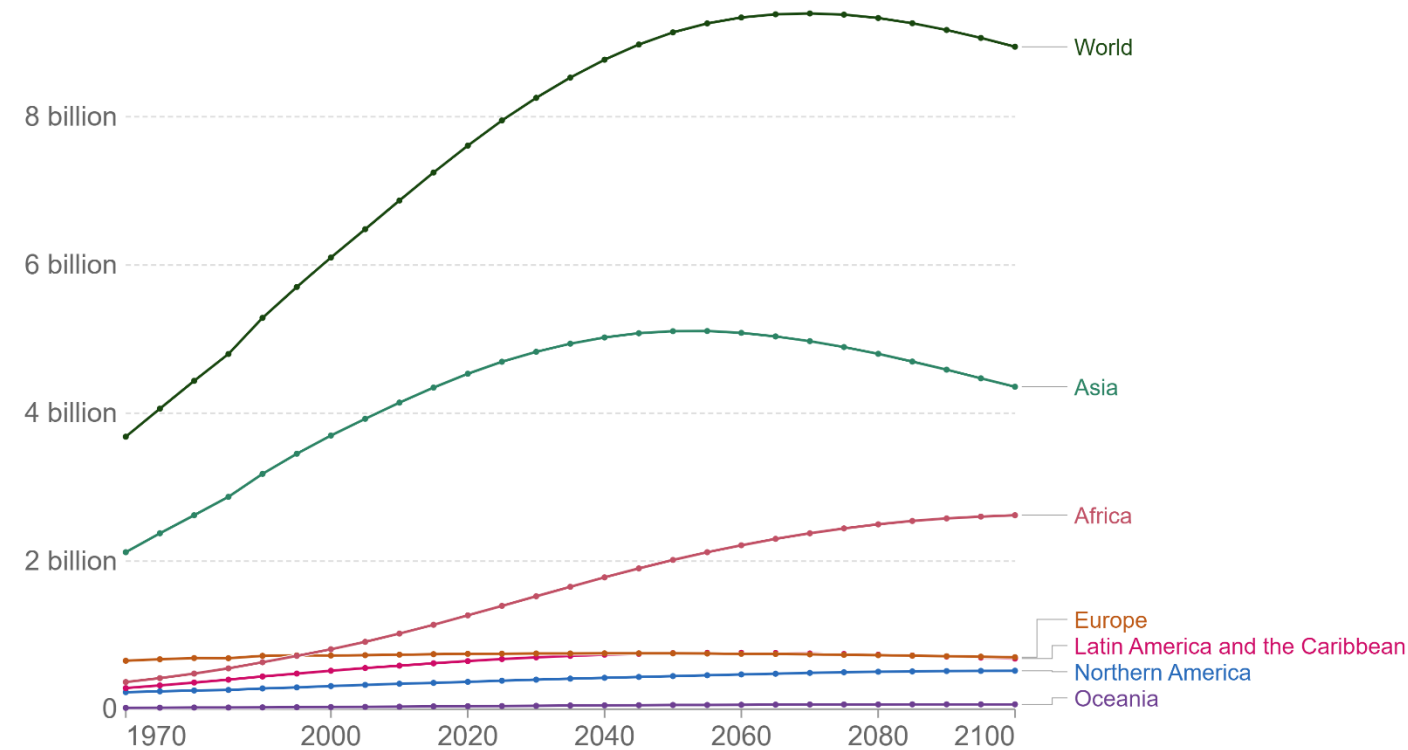
Demografia e Economia

Uma população em crescimento ...

Projections of the world population by the Wittgenstein Centre, 1970 to 2100



Shown is the SSP2 scenario which is the 'most likely scenario' of the various scenarios WC-IIASA produced. It is based on the medium fertility and medium mortality projections combined with the continuation of educational trends (GET scenario).



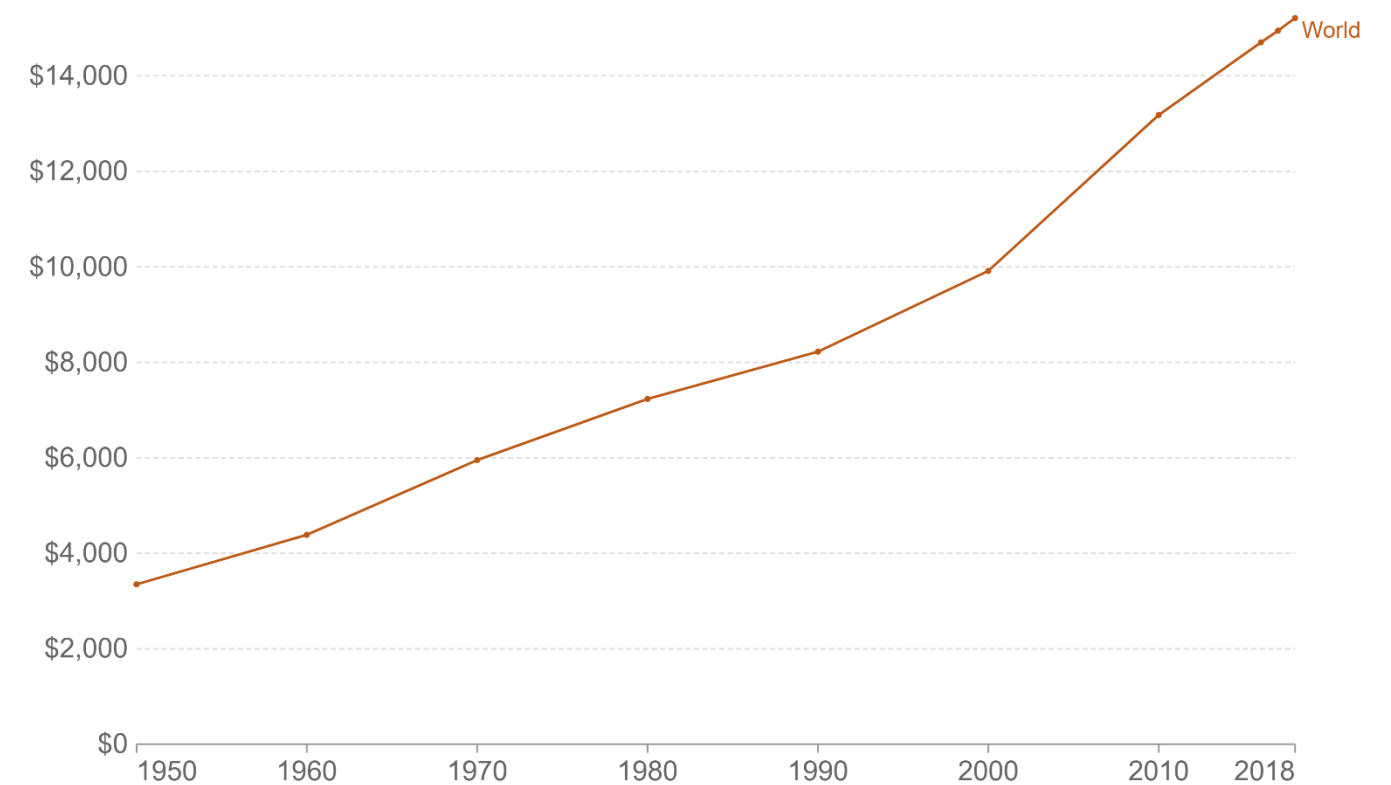
Source: Medium SSP2 - Wittgenstein Centre for Demography and Global Human Capital OurWorldInData.org/future-population-growth • CC BY

... e crescentemente próspera

GDP per capita, 1950 to 2018



This data is adjusted for differences in the cost of living between countries, and for inflation. It is measured in constant 2011 international-\$.



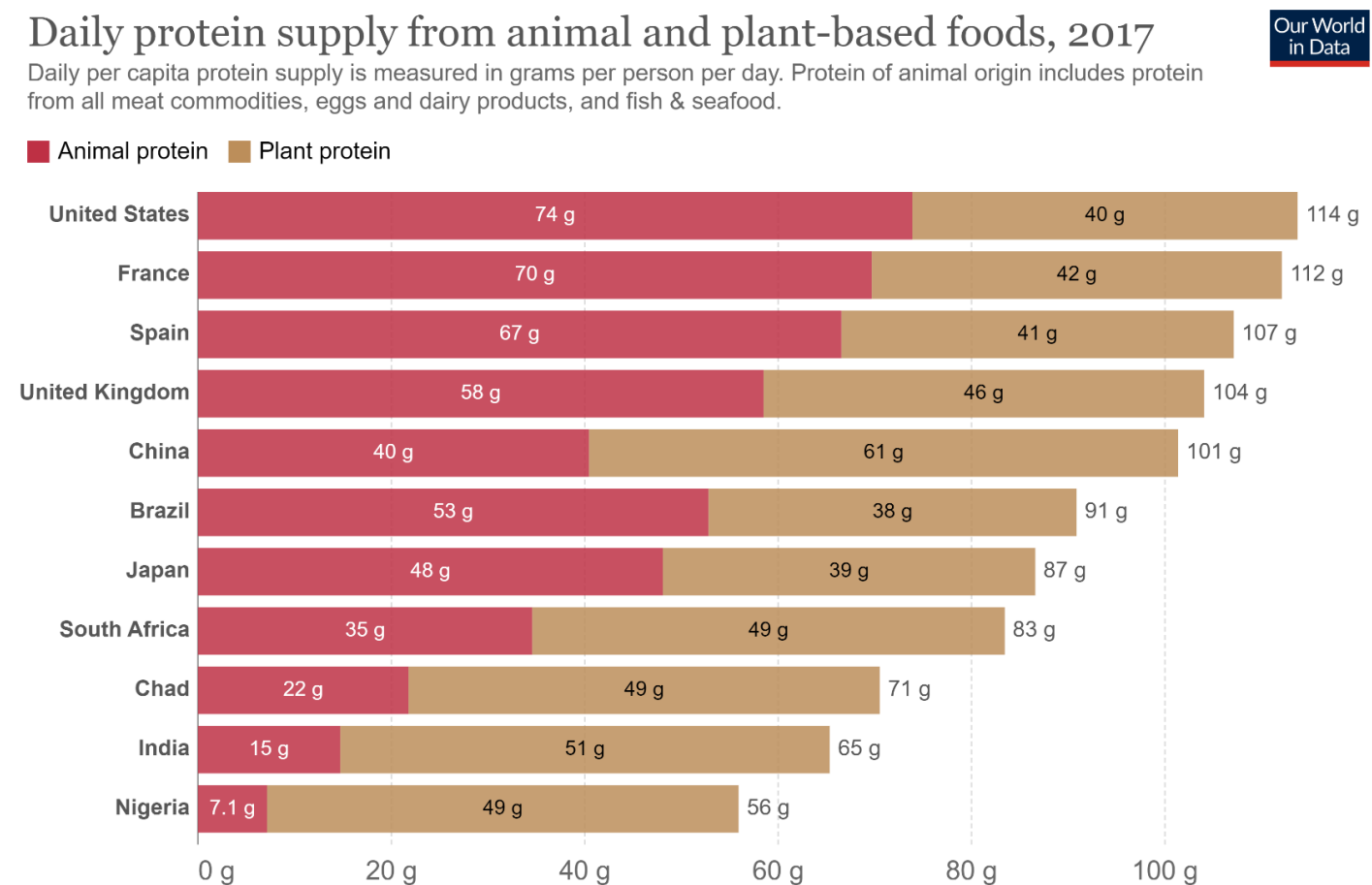
Source: Maddison Project Database 2020 (Bolt and van Zanden, 2020)

OurWorldInData.org/economic-growth • CC BY

1. Os desafios da alimentação mundial

Consumo de proteína

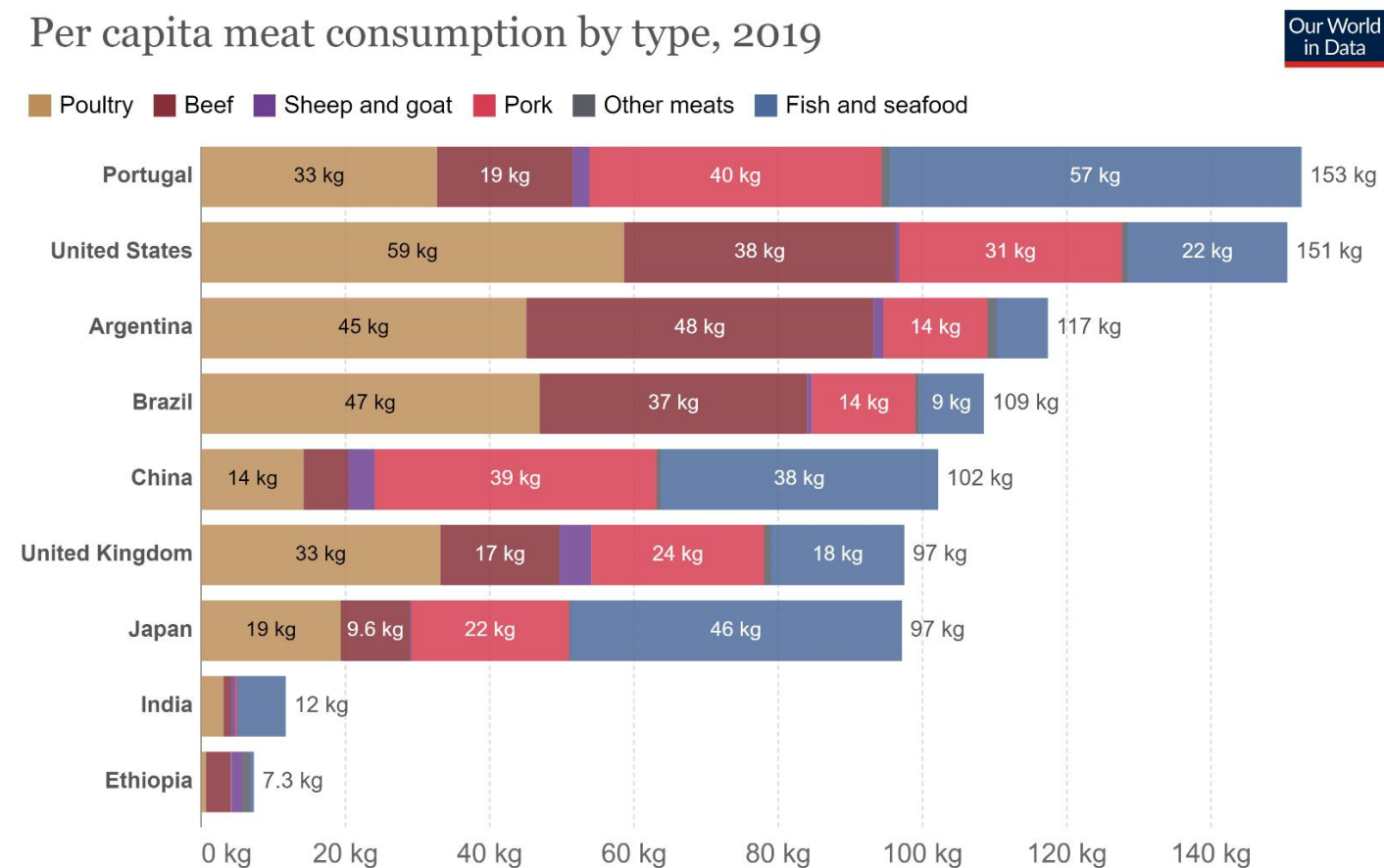
Com um consumo crescente de proteína de origem animal ...



Source: Food and Agriculture Organization of the United Nations

OurWorldInData.org/diet-compositions • CC BY

... sendo que Portugal é o recordista mundial em consumo *per capita* de carne e peixe



Source: Food and Agriculture Organization of the United Nations

OurWorldInData.org/meat-production • CC BY

Note: Data refers to meat 'available for consumption'. Actual consumption may be lower after correction for food wastage.

1. Os desafios da alimentação mundial

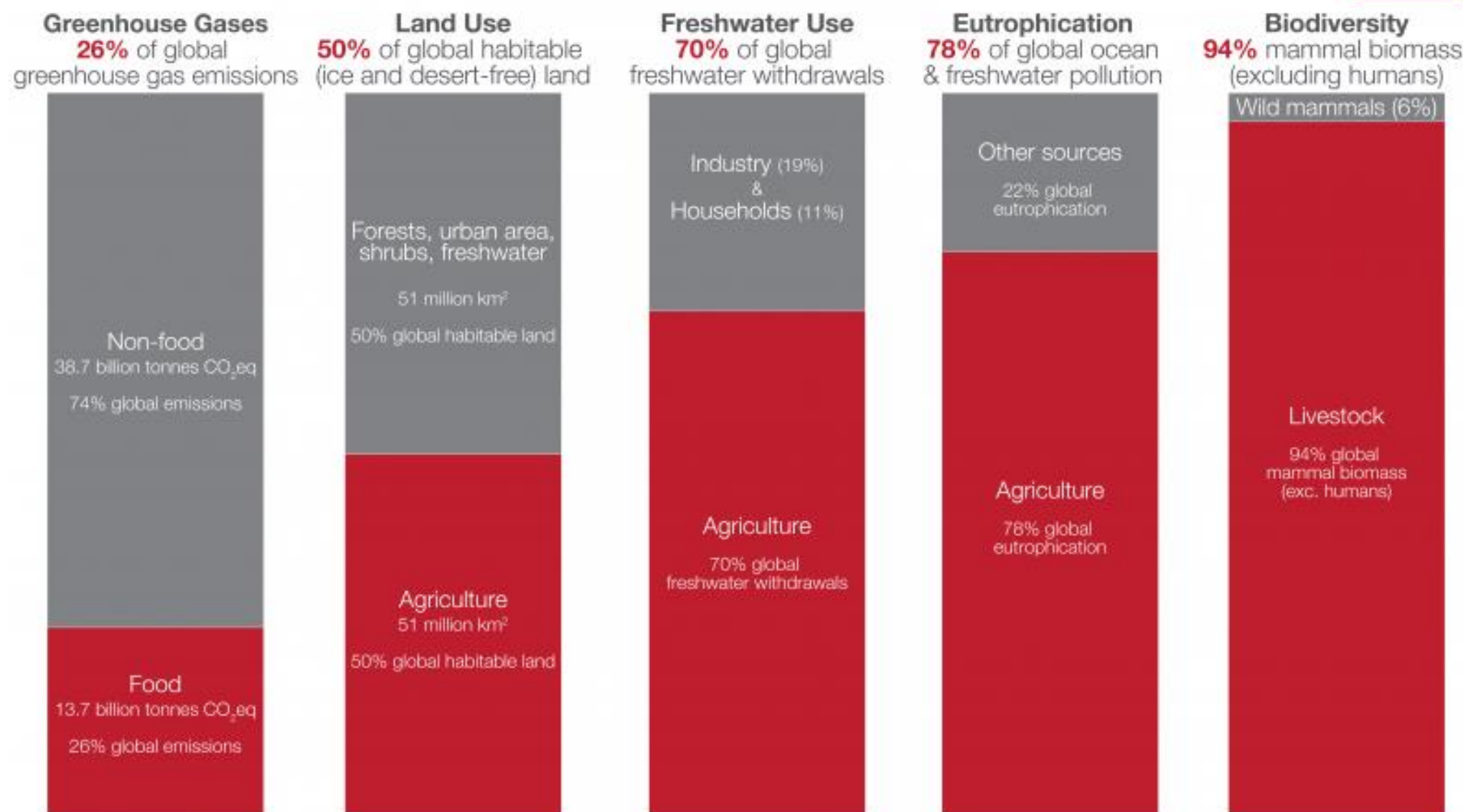
Impactes ambientais

Uma agricultura com um peso determinante em vários temas ambientais:

- gases com efeito de estufa
- uso do solo
- uso de água
- eutrofização
- biodiversidade

What are the environmental impacts of food and agriculture?

Our World
in Data



Data sources: Poore & Nemecek (2018); UN FAO; UN AQUASTAT; Bar-On et al. (2018); OurWorldinData.org - Research and data to make progress against the world's largest problems.

Licensed under CC-BY by the author Hannah Ritchie.

2. A proteína e o azoto

Proteínas

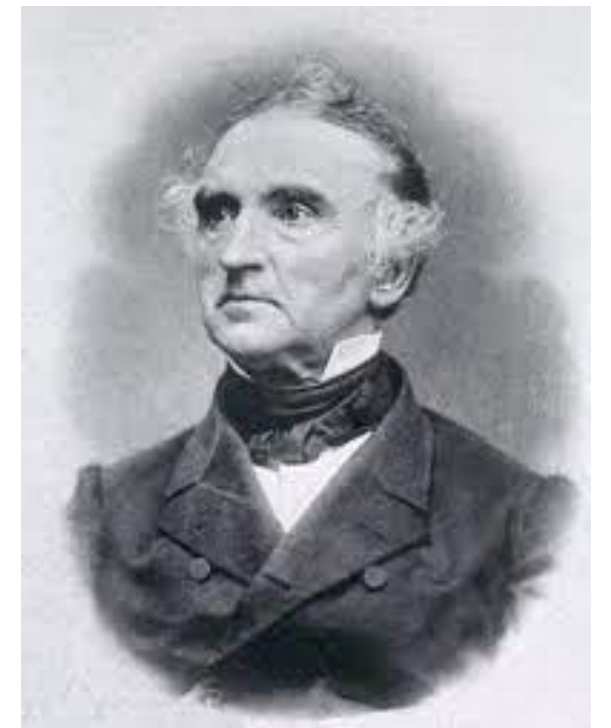
Proteínas

- Componente fundamental da nossa alimentação
- Têm azoto na sua composição
 - Em contraste com hidratos de carbono e lípidos
- Ao analisar a sustentabilidade da alimentação, tende-se a focar mais a energia (calorias) que a proteína

2. A proteína e o azoto

O papel crítico do azoto

- O azoto é um elemento crítico para a nutrição vegetal, animal e humana
- Com o crescimento populacional, as fontes naturais de azoto tornaram-se insuficientes



Justus Liebig descobriu o papel do azoto na nutrição vegetal

2. A proteína e o azoto

O papel crítico do azoto

- O processo Haber–Bosch de fixação industrial de azoto alterou radicalmente a situação
 - Fixa agora tanto azoto como todos os processos naturais
 - Grande consumidor de energia fóssil e, portanto, emissor de CO₂
 - A aplicação de fertilizantes sintéticos conduz a emissões elevadas:
 - óxido nitroso (gás com efeito de estufa)
 - nitratos (poluentes da água)

3. Alguns mitos ... e contra-mitos

A Agricultura Biológica

Agricultura biológica é pior em

- uso do solo (sempre)
- emissões de azoto e fósforo (quase sempre)

Agricultura biológica é melhor em

- GEE (só fruta)
- uso de energia (só cereais e lacticínios & ovos)

Environmental impacts of organic vs. conventional agriculture



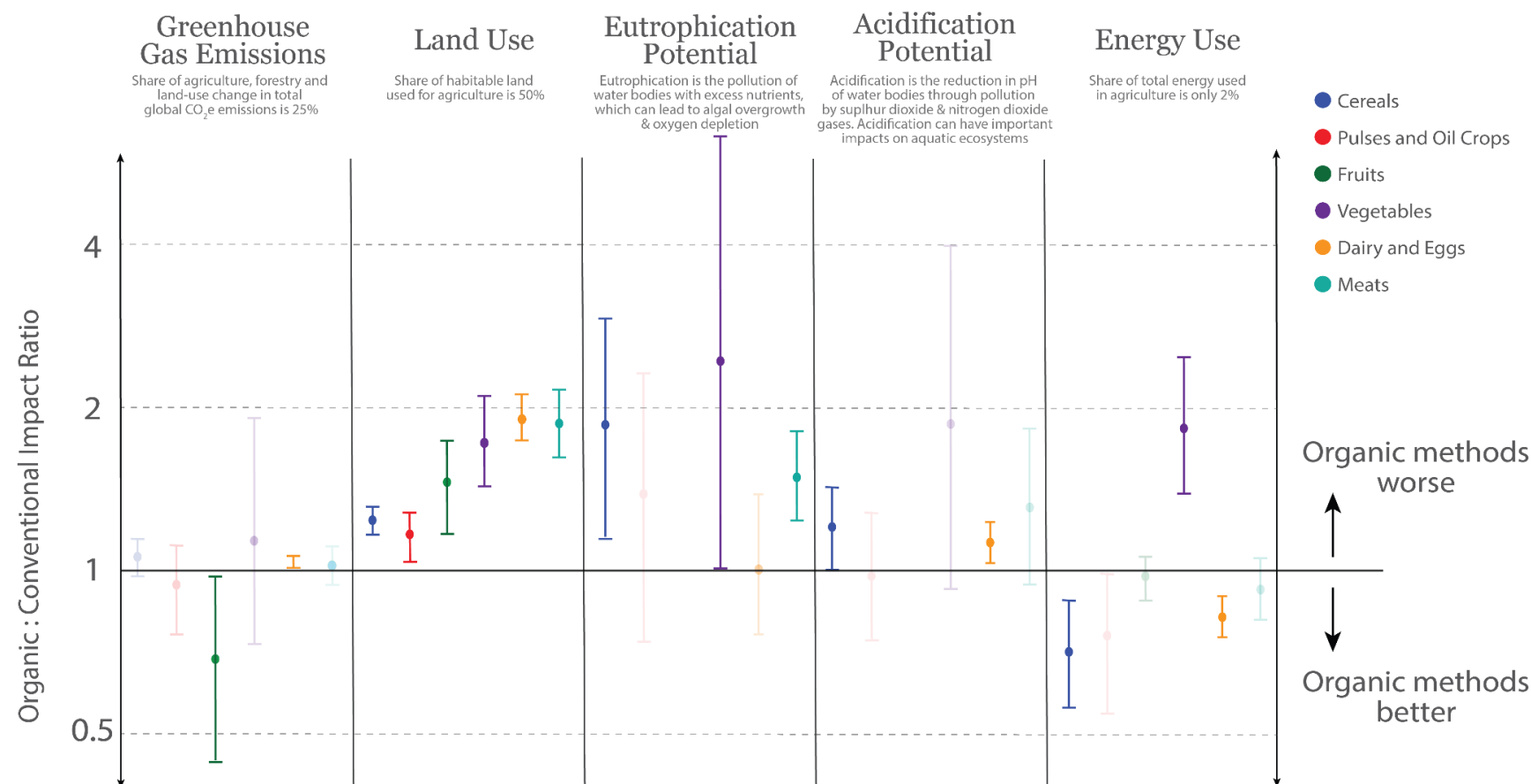
Shown is the relative environmental impact of organic and conventional agriculture across various ecological and resource indicators based on a meta-analysis of 164 published life-cycle analyses (LCAs) across 742 agricultural systems.

Organic agriculture refers to the farming of crops or livestock without the use of synthetic inputs, including synthetic fertilizers, pesticides, plant growth regulators, nanomaterials and genetically-modified organisms (GMOs).

Metrics are presented as the ratio of impacts from organic methods to conventional farming methods:

Impact ratios higher than 1 indicate larger environmental impacts from organic methods, and <1 indicate smaller impacts.

Each metric is shown with standard error bars (I) across individual food groups. Lines are greyed out (I) when differences are not significantly different from 1.



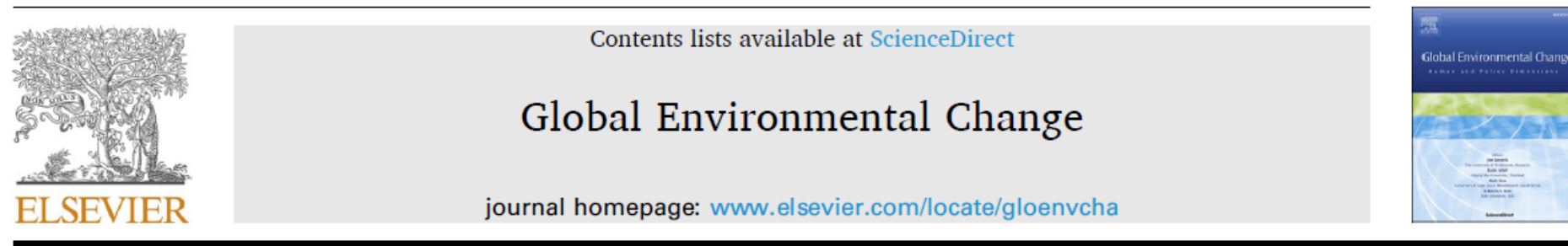
Data source: Clark & Tilman (2017) – Comparative analysis of environmental impacts of agricultural production systems, agricultural input efficiency, and food choice. In Environmental Research Letters.

The data visualization is available at [OurWorldinData.org](https://www.ourworldindata.org). There you find research and more visualizations on this topic.

Licensed under CC-BY-SA by the authors Hannah Ritchie and Max Roser.

2. Alguns mitos ... e contra-mitos

A Agricultura Biológica



Agroecological measures and circular economy strategies to ensure sufficient nitrogen for sustainable farming

T.G. Morais^{a,*}, R.F.M. Teixeira^a, C. Lauk^b, M.C. Theurl^{b,c}, W. Winiwarter^{d,e}, A. Mayer^b,
L. Kaufmann^b, H. Haberl^b, T. Domingos^a, K.-H. Erb^b

- Com a tecnologia actual, a agricultura biológica não conseguiria alimentar a Humanidade em 2050, por escassez de terra e de azoto
- No entanto, com melhorias substanciais, mas plausíveis, nos seus processos produtivos, já conseguiria

1. Alguns mitos ... e contra-mitos

Alimentação de proximidade

O consumo de alimentos produzidos localmente é frequentemente defendido como uma condição *sine qua non* de sustentabilidade (em inglês, popularizado como redução das *food miles*)

a alimentação
no futuro:

evolução ou r_evolução?



3. Alguns mitos ... e contra-mitos

Alimentação de proximidade

Mas múltiplos estudos têm vindo a concluir que, p.e., as emissões de GEE associadas aos transportes constituem uma fracção muito reduzida

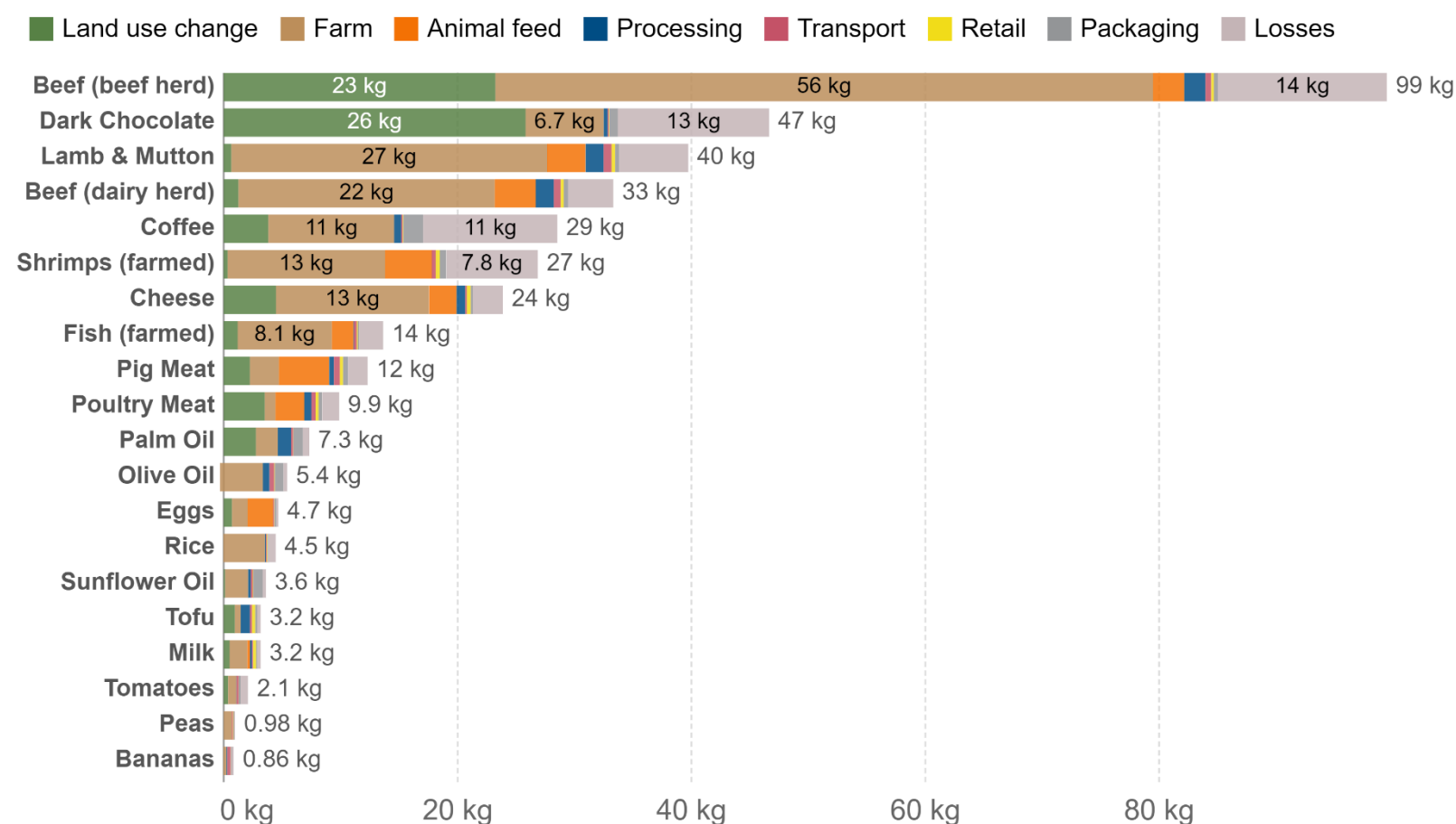
a alimentação no futuro:

evolução ou r_evolução?

Food: greenhouse gas emissions across the supply chain

Greenhouse gas emissions¹ are measured in carbon dioxide-equivalents (CO₂eq)².

Our World in Data



Source: Poore, J., & Nemecek, T. (2018). Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. Science. OurWorldInData.org/environmental-impacts-of-food • CC BY

3. Alguns mitos ... e contra-mitos

Alimentação de proximidade

No entanto, recentemente, um estudo na *Nature Food* aparentemente concluiu que eram maiores do que se julgava ...

... mas afinal o estudo está distorcido, pois considera, e calcula mal, as emissões do transporte dos factores de produção (adubos, etc.)

<https://hannahritchie.substack.com/p/food-miles>

Climate impact of food miles three times greater than previously believed, study finds

Researchers estimate that carbon emissions from transporting food are about 6% of the global total, with fruit and vegetables the largest contributor

● **Get our free news app; get our morning email briefing**

Graham
Readfearn

@readfearn

Mon 20 Jun 2022 18.30
BST



Transporting food produces an estimated 3bn tonnes of greenhouse gas emissions each year, a new study suggests. Photograph: Orlando Kissner/AFP/Getty Images

3. Alguns mitos ... e contra-mitos

Impacte dos alimentos de origem animal

As emissões dependem muito da “unidade funcional”.

Por exemplo:

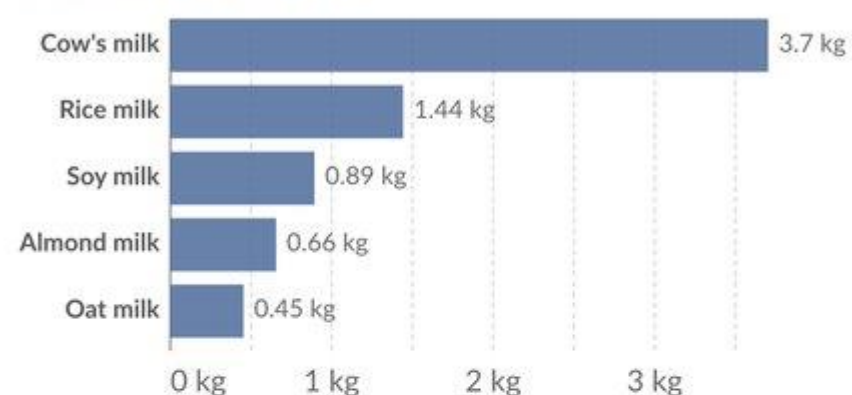
- O leite de vaca tem maiores emissões por kg que o “leite” de arroz, mas menos por 100g de proteína

Greenhouse gas emissions of food

Emissions are measured in carbon dioxide equivalents (CO₂eq). This means non-CO₂ gases are weighted by the amount of warming they cause over a 100-year timescale.



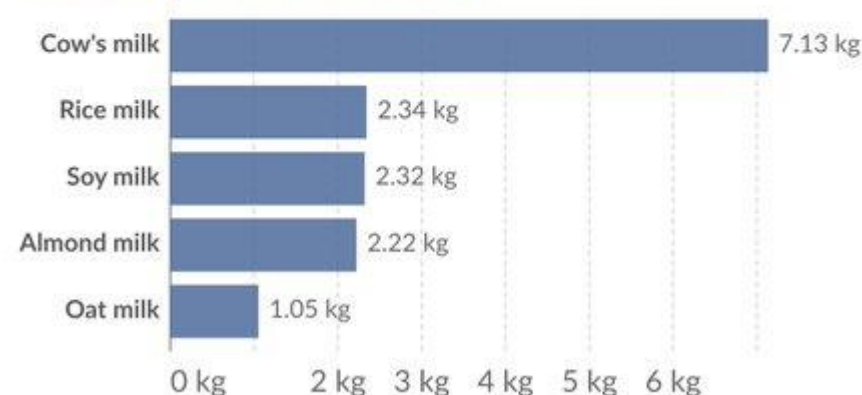
Emissions per kilogram



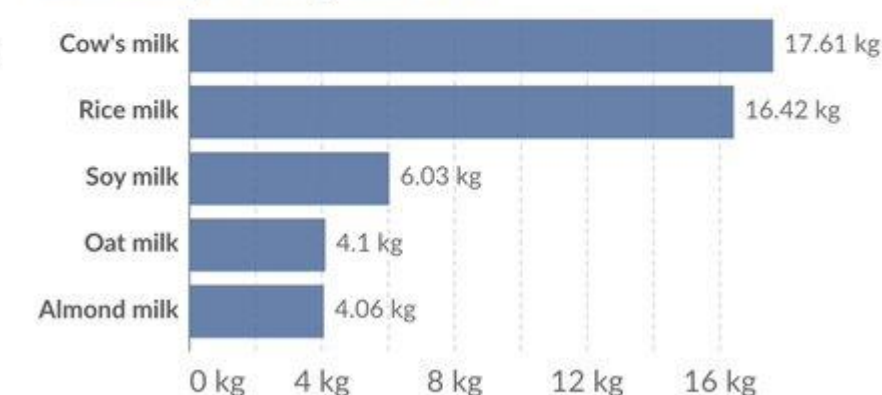
Emissions per 100 grams of protein



Emissions per 1000 kilocalories



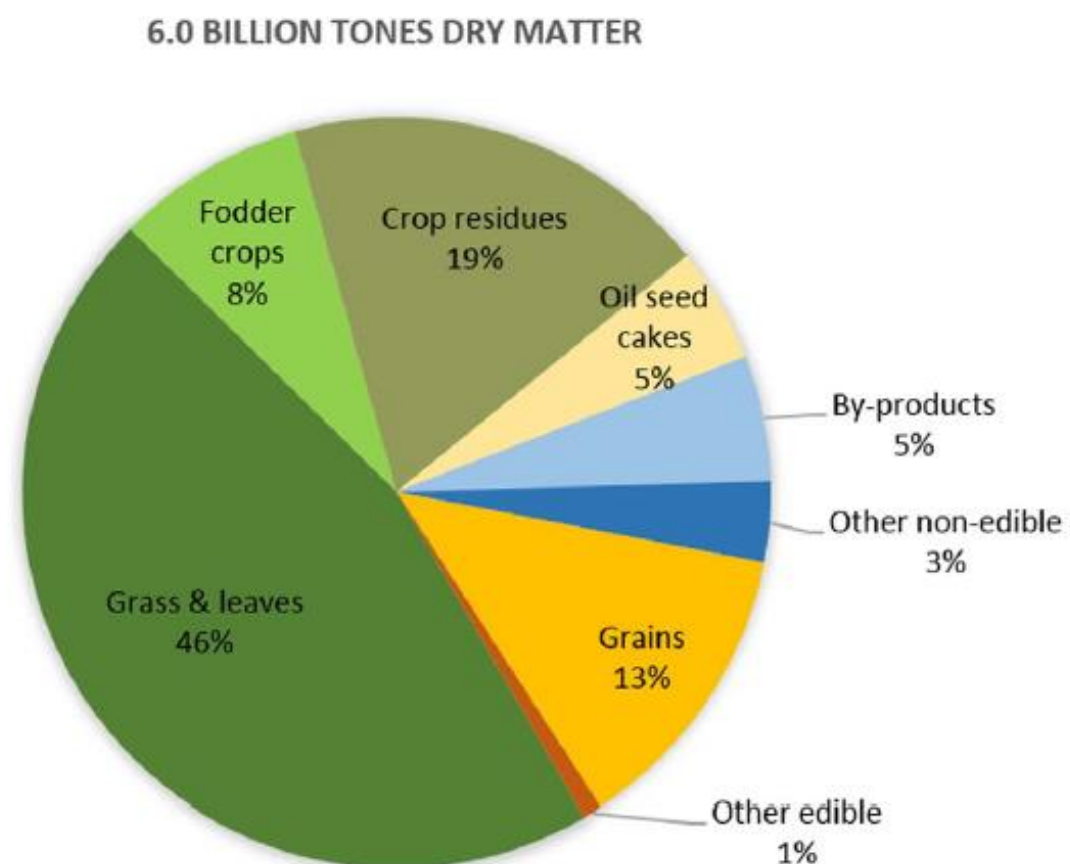
Emissions per 100 grams of fat



Source: Michael Clark et al (2022). Estimating the environmental impacts of 57,000 food products. PNAS. OurWorldInData.org/environmental-impacts-of-food • CC BY

3. Alguns mitos ... e contra-mitos

Competição entre alimentos



Fodder crops: grain and legume silage, fodder beets

Crop residues: straws and stover, sugar cane tops, banana stems

By-products: brans, corn gluten meal and feed, molasses, beetroot pulp and spent breweries, distilleries, biofuel grains

Other non-edible: second grade cereals, swill, fish meal, synthetic amino acids, lime

Other edible: cassava pellets, beans and soy beans, rapeseed and soy oil

Fig. 2. Global livestock feed ration composition (source: GLEAM 2.0).

A alimentação de animais é feita predominantemente com alimentos que não podem ser usados para consumo humano ...

... mas que frequentemente usam áreas que poderiam ser utilizadas para produção de alimento para consumo humano

2. Os desafios

Ruminantes vs. monogástricos

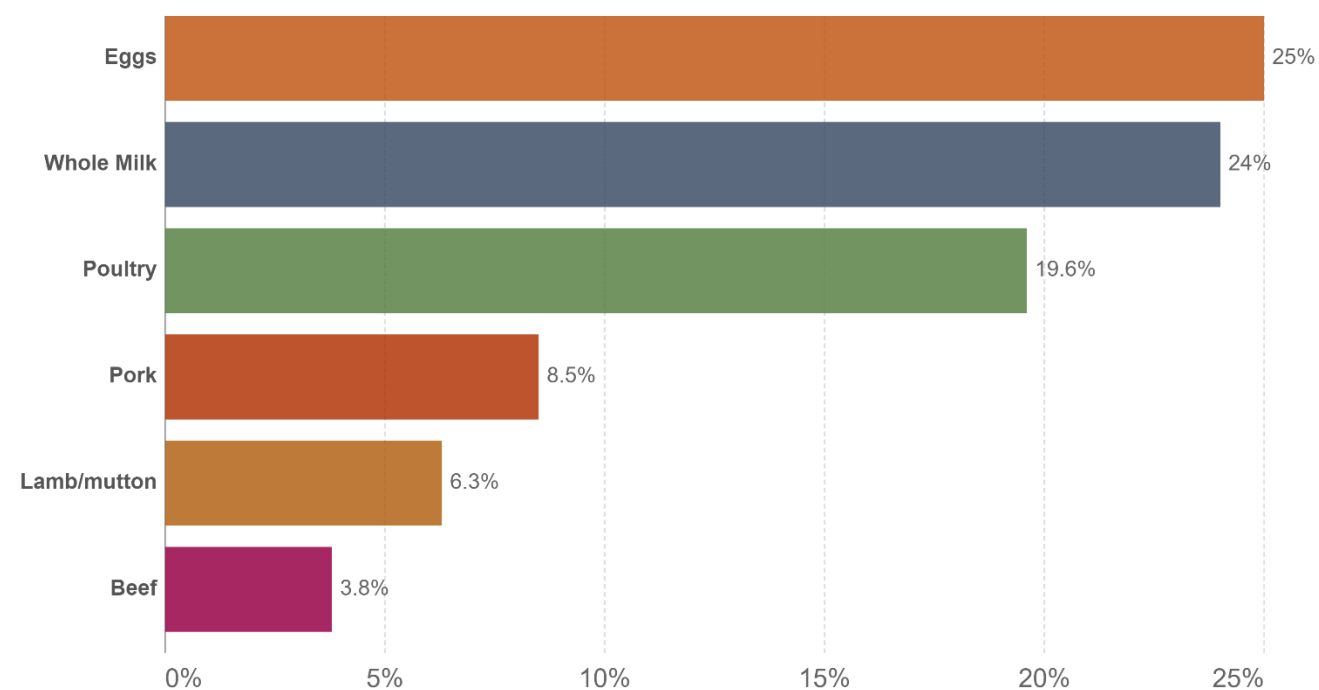
A converter proteína total, monogástricos (aves e suínos) são mais eficientes que ruminantes (bovinos, ovinos e caprinos) ...

... mas, a converter proteína que poderia ser utilizada para consumo humano, os ruminantes são os mais eficientes

Protein efficiency of meat and dairy production

The protein efficiency of meat and dairy production is defined as the percentage of protein inputs as feed effectively converted to animal product. An efficiency of 25% would mean 25% of protein in animal feed inputs were effectively converted to animal product; the remaining 75% would be lost during conversion.

Our World
in Data



Source: Alexander et al. (2016). Human appropriation of land for food: the role of diet. Global Environmental Change. OurWorldInData.org/meat-production • CC BY

Média mundial	Conversão (média mundial)
Ruminantes	0,6 kg proteína utilizável por humanos → 1 kg de proteína utilizável para alimentação humana
Monogástricos	2 kg proteína utilizável por humanos → 1 kg de proteína utilizável para alimentação humana

Mottet, A., de Haan, C., Falcucci, A., Tempio, G., Opio, C., & Gerber, P. (2017). Livestock: On our plates or eating at our table? A new analysis of the feed/food debate. *Global Food Security*, 14, 1-8.

3. Alguns mitos ... e contra-mitos

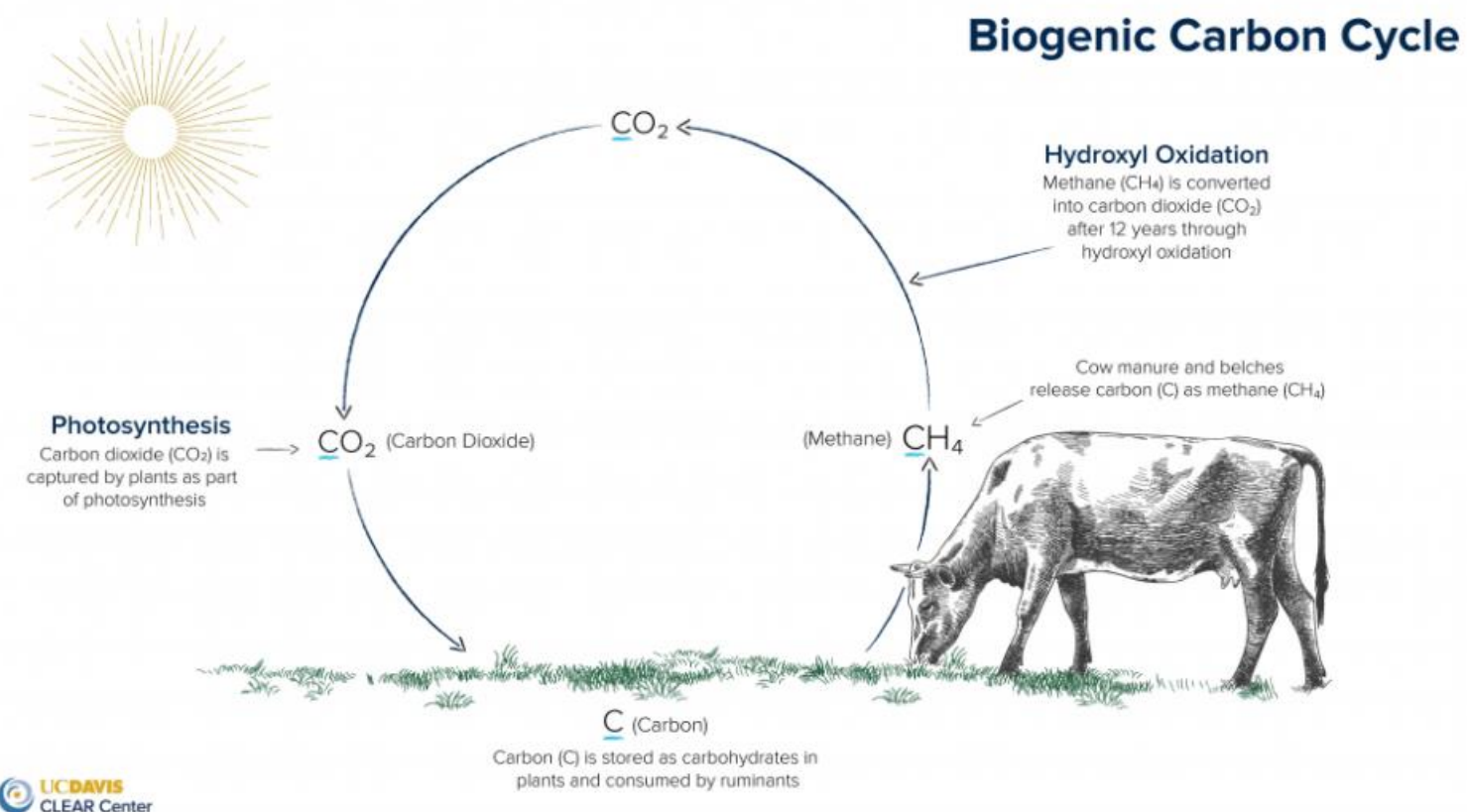
Ruminantes e metano

Recentemente, o facto do metano fazer parte de um ciclo natural tem vindo a ser mal interpretado como querendo dizer que não é nocivo

Why Eating Meat is Good for The Environment: Follow the Science

By Liam McAuliffe Updated on November 7, 2022

Tags: Environment, meat, Red Meat



<https://www.doctorkiltz.com/why-eating-meat-is-good-for-the-environment/>

4. Um exemplo de solução: bovinos de carne em Portugal

Critérios para produção sustentável de bovinos de carne

Terra

Não utilização de ...

1. alimentos que possam ser utilizados para consumo humano
2. terrenos que possam ser utilizados para a produção de alimentos para consumo humano
3. terrenos que possam ser melhor utilizados para a conservação da natureza ou para o sequestro de carbono

Azoto/Nutrientes

1. Utilização otimizada de leguminosas forrageiras, resíduos e sub-produtos
2. Fornecimento de nutrientes e matéria orgânica para a produção vegetal

4. Um exemplo de solução: bovinos de carne em Portugal

Critérios para produção sustentável de bovinos de carne

Clima e Biodiversidade

1. Preferencialmente associado à floresta

- com encabeçamento adequado
- assegurando a regeneração das florestas
- reduzindo o risco de incêndio, beneficiando a floresta e o sequestro de carbono

2. Sem mobilização do solo

- levando ao aumento da matéria orgânica do solo e ao correspondente sequestro de carbono

4. Um exemplo de solução: bovinos de carne em Portugal

Uma solução exemplar?

**Pastagens permanentes semeadas
biodiversas ricas em leguminosas
(PPSBRL)**

+

Montado

+

Engorda Intensiva Optimizada

Pastagens permanentes semeadas biodiversas ricas em leguminosas



PPSBRL

Semeadas com sementes melhoradas e seleccionadas

Biodiversas, com um máximo de 20 espécies ou variedades

Permanentes, sendo autossemeadas durante pelo menos 10 anos

Ricas em Leguminosas, evitando a utilização de fertilizantes azotados

4. Um exemplo de solução : bovinos de carne em Portugal

Pastagens semeadas biodiversas



Projecto Terraprima – Fundo Português de Carbono considerado em 2013 pela Comissão Europeia como a melhor solução para o clima na Europa



Roteiro Português para a Neutralidade de Carbono:
Multiplicar a área da pastagens semeadas biodiversas por 400%
(Resolução do Conselho de Ministros N.º 107/2019)

ONE OF BARACK OBAMA'S
FAVOURITE BOOKS OF THE YEAR

THE
MINISTRY
FOR
THE
FUTURE

KIM STANLEY
ROBINSON

'A novel that presents a rousing vision of how we might
unite to overcome the greatest challenge of our time'

TED.com

4. Um exemplo de solução

Montado

Montado

- As tentativas nos séculos XIX e XX de utilizar estas terras para o cultivo de cereais levaram a uma degradação maciça do solo
- Actualmente, as pastagens são o uso dominante do sub-coberto
- O montado, desde que adequadamente gerido para assegurar a regeneração do coberto arboreo, é superior em termos de biodiversidade e serviços de ecossistema a ocupações alternativas



Marta-Pedroso, C., Laporta L., Santos Silva C. (2020) ECOPOL: Internalização da narrativa funcional do Montado na formulação, acompanhamento e avaliação das políticas de Desenvolvimento Rural. Coordenadores: Domingos, T., Gonçalves Ferreira, A., Silveira, P., Tenreiro, P. IST & UNAC, Lisboa e Coruche.

4. Um exemplo de solução

Engorda intensiva otimizada

Engorda intensiva otimizada

Clima

- Aditivos redutores de metano
- Genética melhorada
- Produção de biometano a partir de estrume
- Estratégias para minimização de outras emissões gasosas

Azoto

- Utilização de
 1. sub-produtos,
 2. resíduos
 3. forragens ricas em leguminosas (em terras inadequadas para a produção de alimentos para consumo humano)
- Utilização de estrume para
 1. produção vegetal
 2. produção de forragens
- Localização e escala adequadas

4. Um exemplo de solução

Uma solução exemplar?

**Pastagens permanentes semeadas
biodiversas ricas em leguminosas
(PPSBRL)**

+

Montado

+

Engorda Intensiva Optimizada

Conclusões

1. Existem múltiplos mitos e contra-mitos sobre a sustentabilidade ambiental da alimentação, que podem ser desmontados com uma avaliação de base científica
2. Uma avaliação científica permite reconhecer a incerteza e a complexidade destas questões, mas ainda assim suportar o desenvolvimento de soluções
3. Estas soluções deverão ser adaptáveis à evolução do próprio conhecimento científico