

Eficiência ambiental dos biocombustíveis: "da biomassa às rodas"

Ronnie Veloso
Produção Vegetal/UFVJM

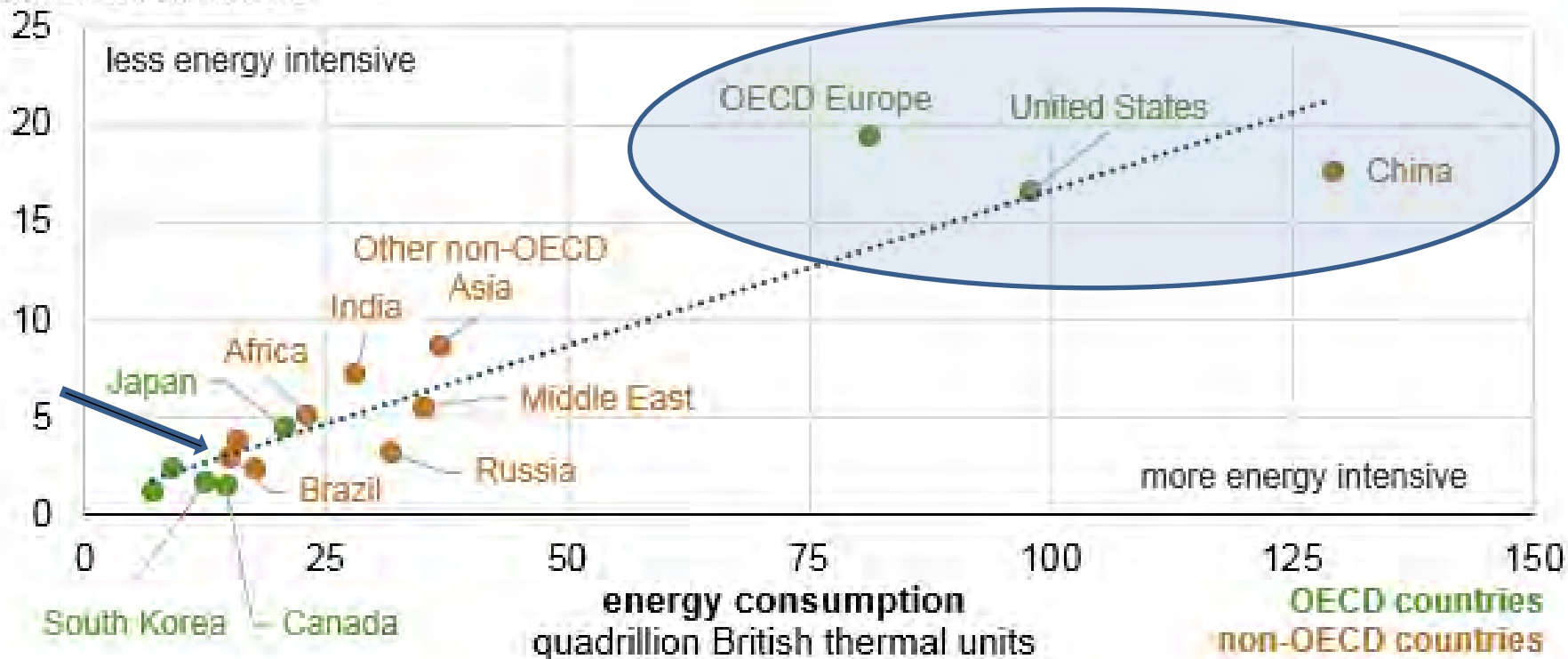
ronnievond@yahoo.com.br

Conservação da Energia

Relação entre PIB e Intensidade Energética

Energy intensity in selected countries and regions, 2015

gross domestic product
trillion 2010 dollars

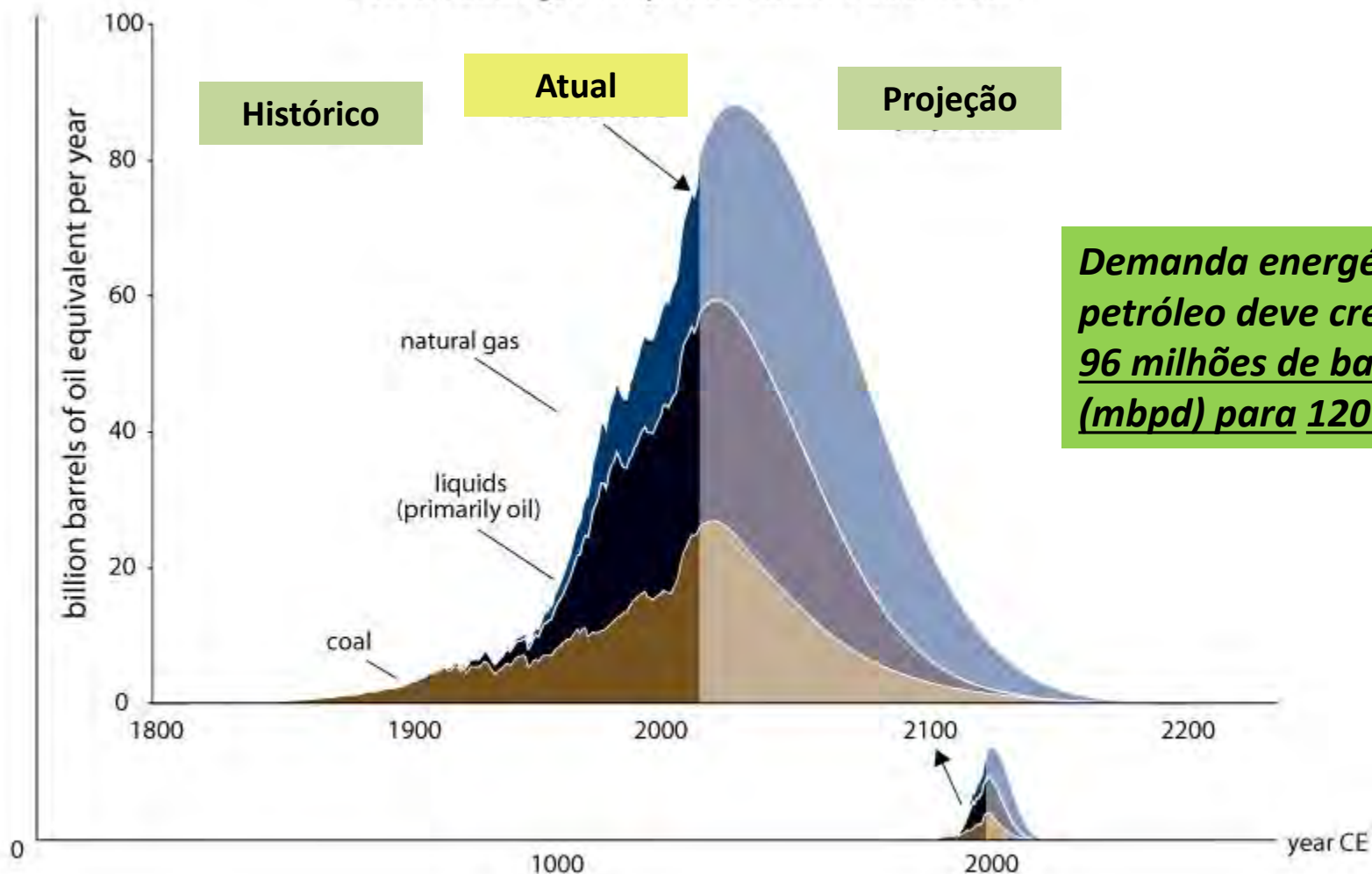


1 BTU = $2,930 \times 10^{-4}$ kWh = 252,0 calorias = 1055 joules

Energy intensity = TPES (total primary energy use) / GDP (the total money made in a country)

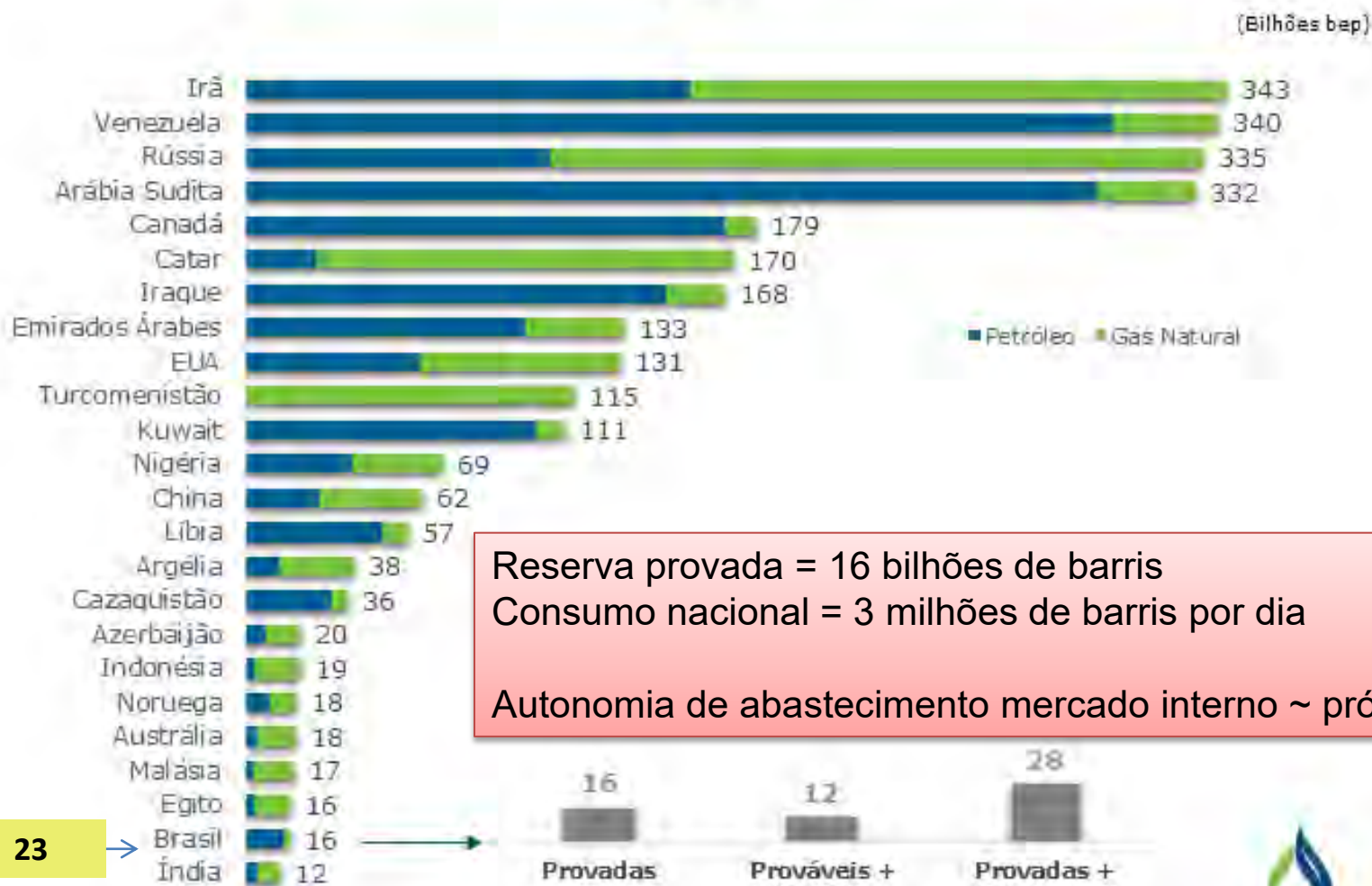
Projeção de suprimento energético e reserva global

Fossil fuels: global production, 1800–2200



Demanda energética por petróleo deve crescer dos atuais 96 milhões de barris por dia (mbpd) para 120 mbpd em 2030

Maiores reservas provadas de petróleo e gás natural 2018



23

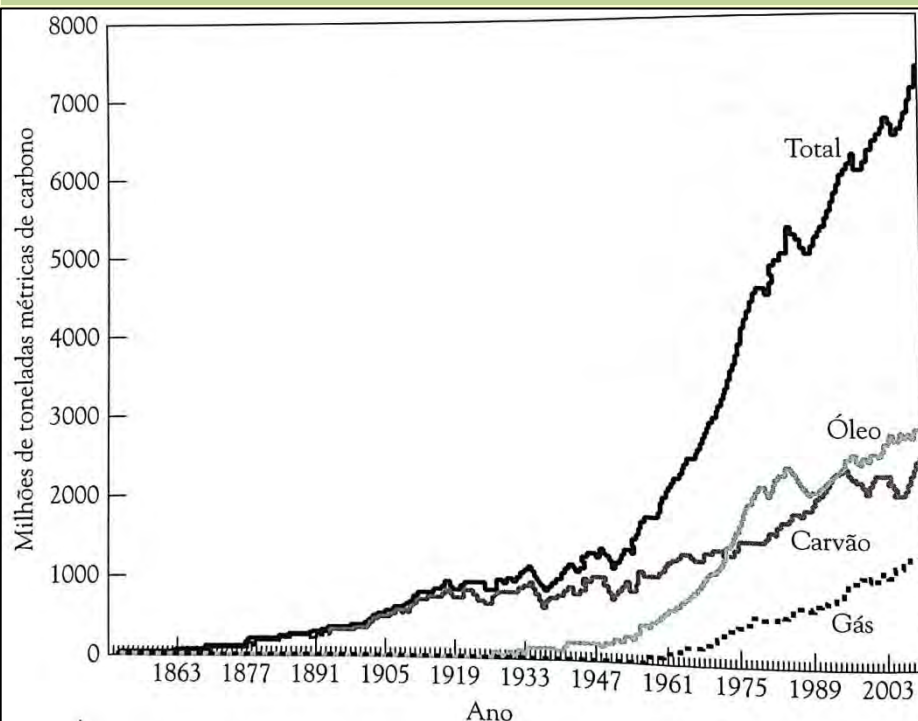
Atualização - Julho 2019

Fonte: Elaboração IBP com dados da BP e ANP

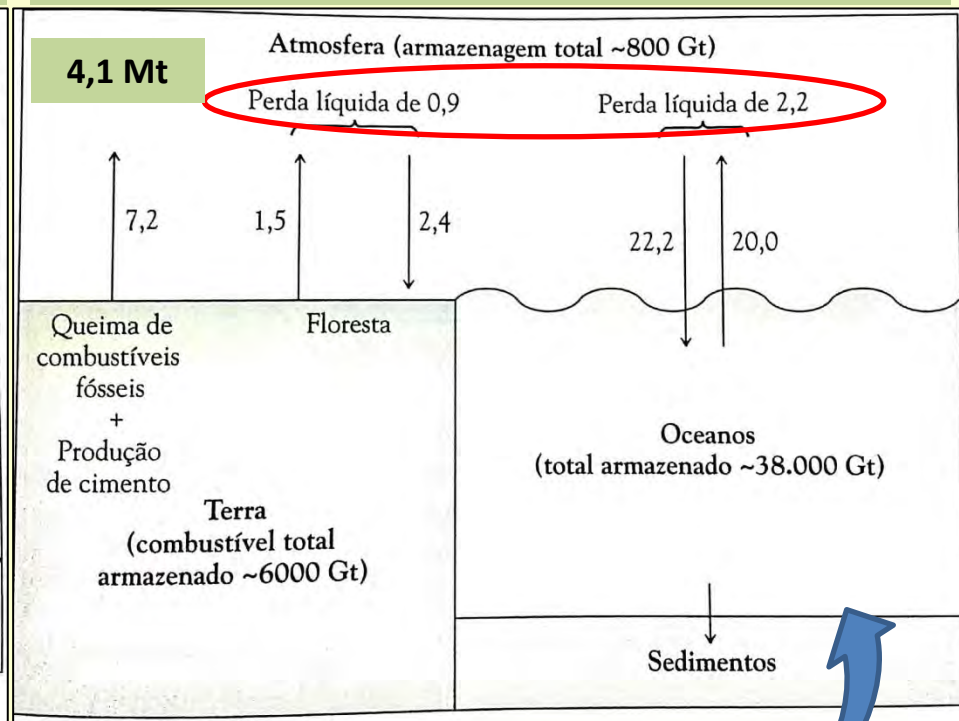


Fluxos de CO₂ na Ecosfera

Emissões globais de CO₂ desde a Revolução Industrial

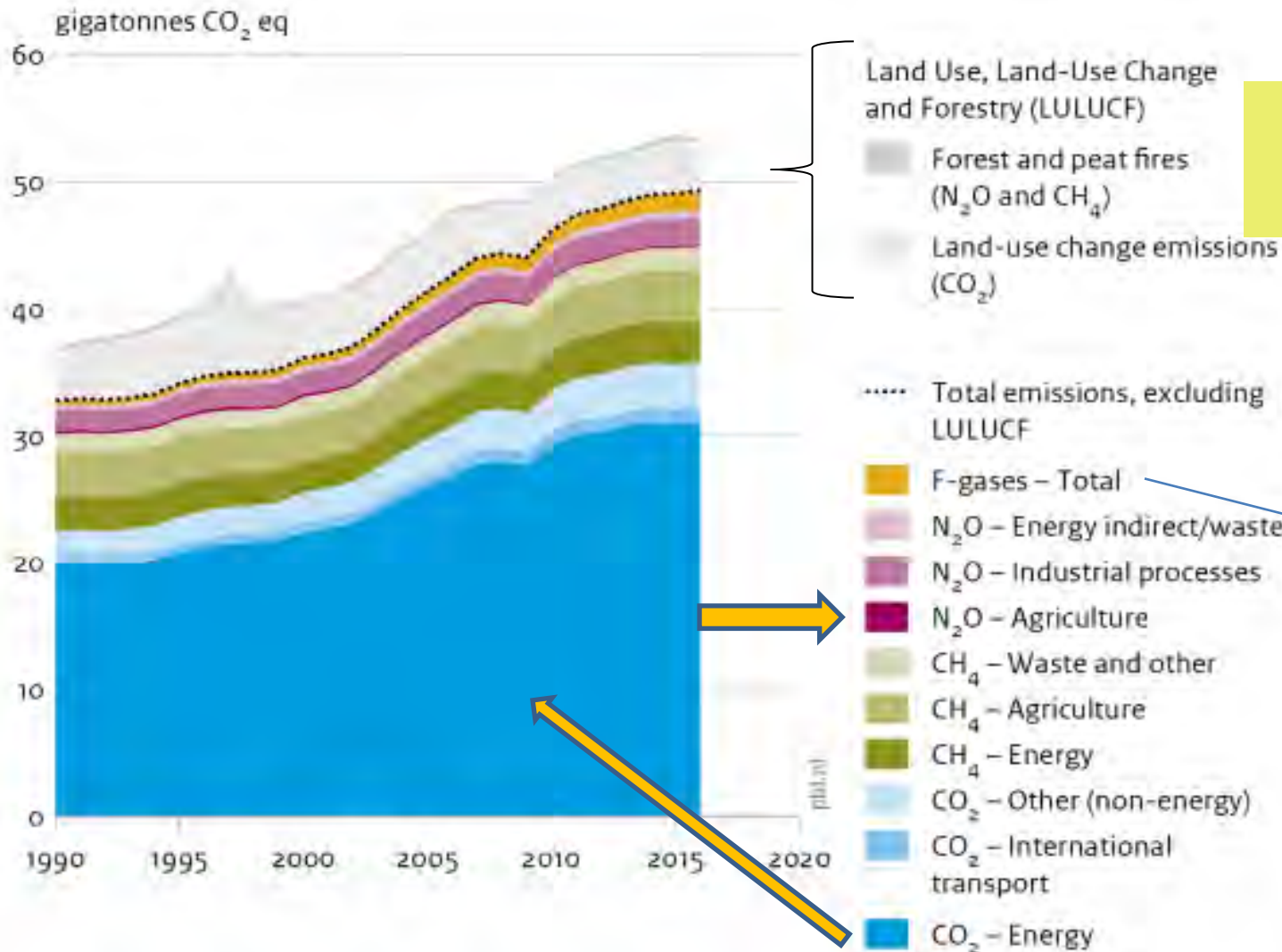


Fluxos anuais de CO₂ para e da atmosfera, em unidades de megatoneladas de carbono



Sumidouro final do CO₂: no período de uma década ~ 50% do CO₂ é depositado no oceano profundo. O restante leva aproximadamente 50 a 200 anos para disposição no oceano profundo.

Emissões globais de gases de efeito estufa por tipo e fonte

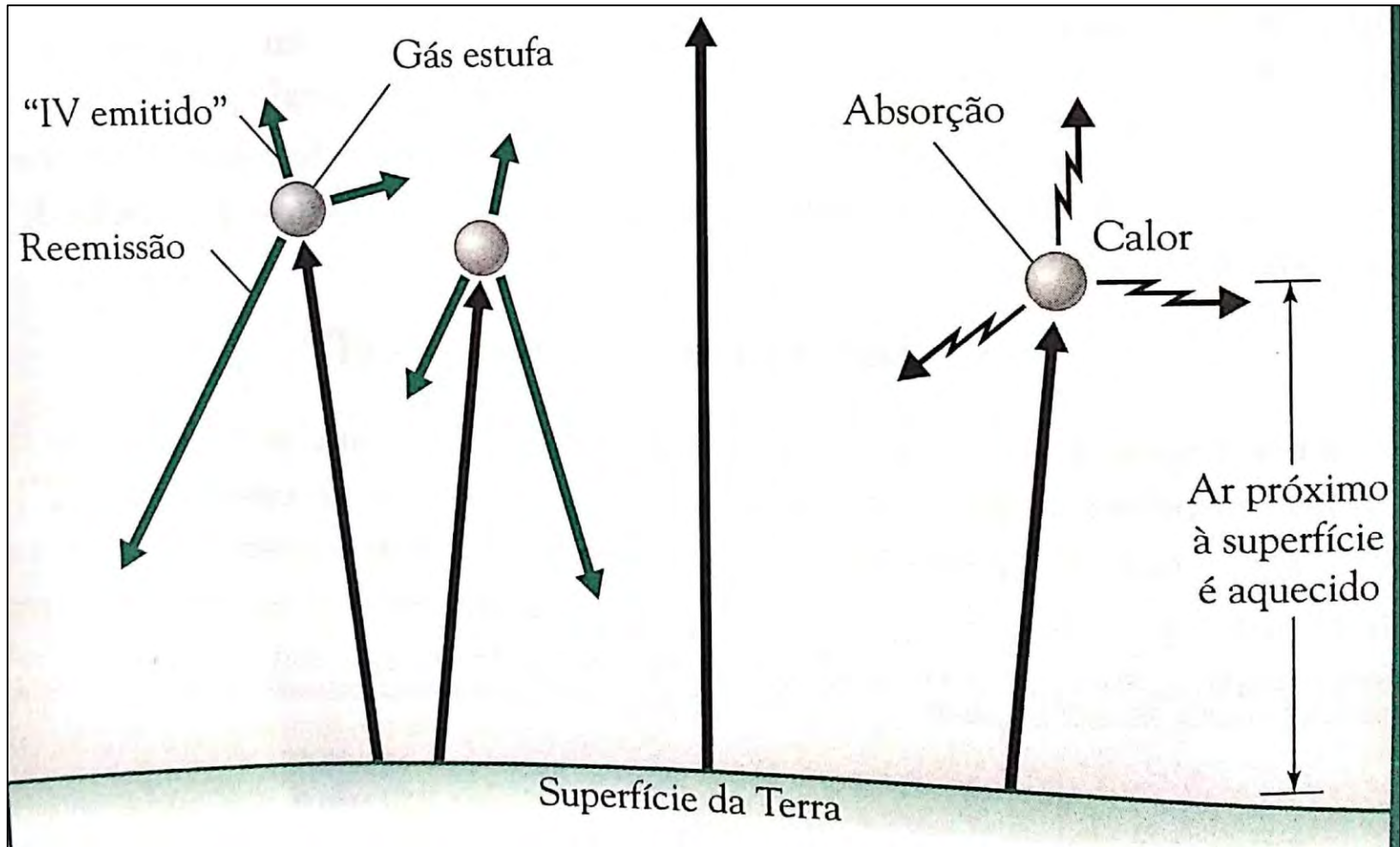


Emissão de Gases de Efeito Estufa 2016
49.3 Gt CO₂ eq

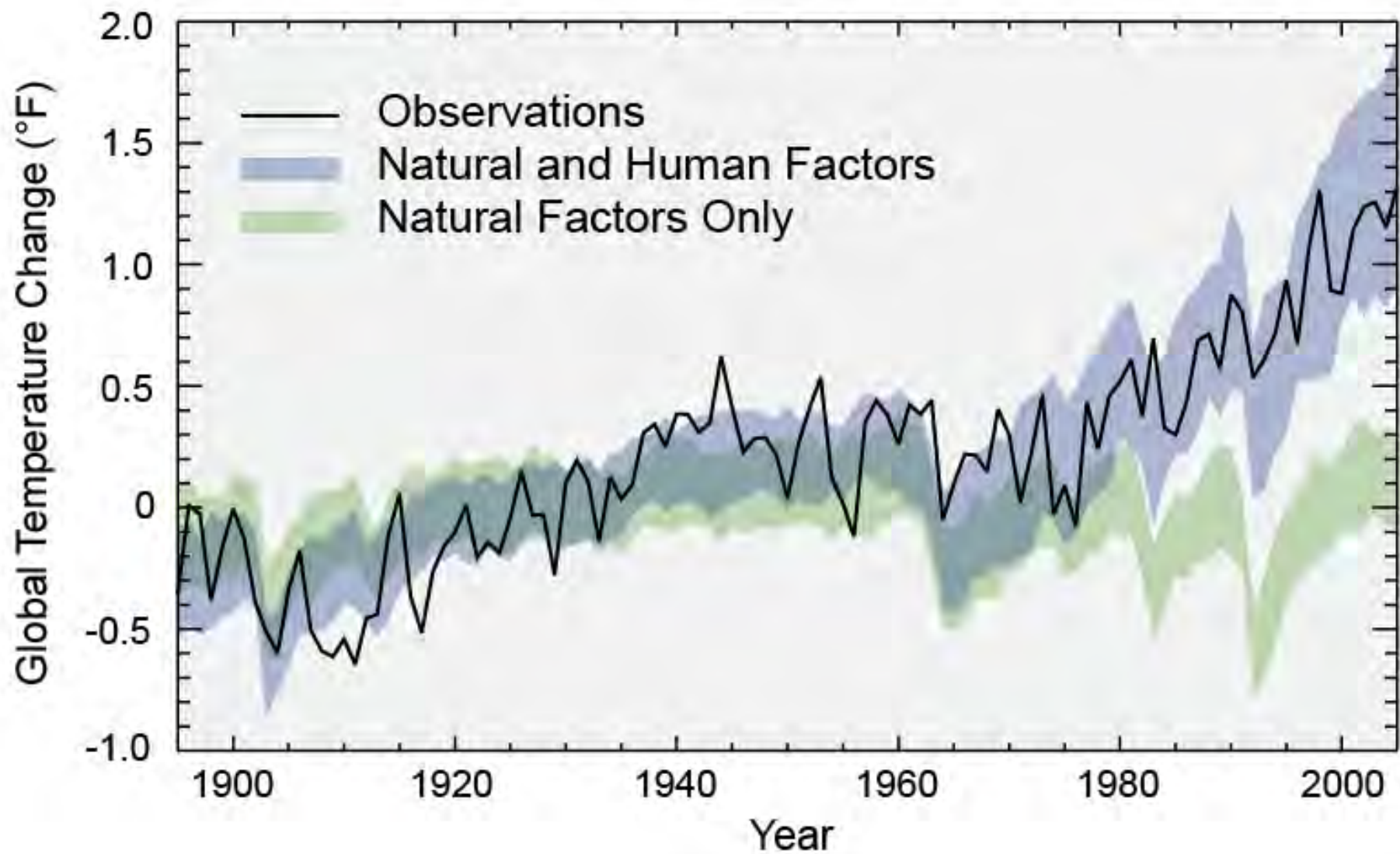
23 000 times greater than carbon dioxide (CO₂).
hydrofluorocarbons (HFCs), perfluorocarbons (PFCs) and sulphur hexafluoride (SF₆)

Influência dos fatores naturais e antrópicos na temperatura global

Infravermelho emitido e absorvido pelos GEEs é reemitido ou convertido em calor



Influência dos fatores naturais e antrópicos na temperatura global



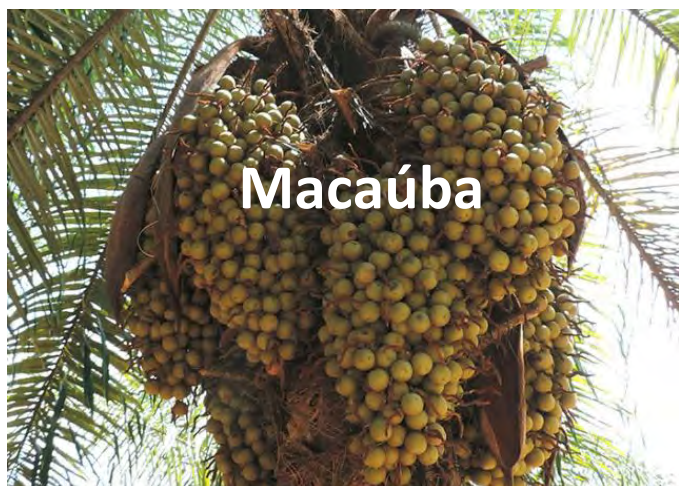
Recursos energéticos **renováveis** obtidos de fontes biológicas tais como plantas e animais.

Vantagens do uso de biomassas de plantas para produção de biocombustíveis:

- Diversidade de espécies,
- cadeias produtivas desenvolvidas.

Algumas das principais culturas:

- Cana-de-açúcar,
- milho,
- soja.



<https://herbariovaa.org>
<http://davesgarden.com>
<http://pinterest.com>

Produção de Biomassa e demanda energética global

Acúmulo anual de energia em plantas cultivadas

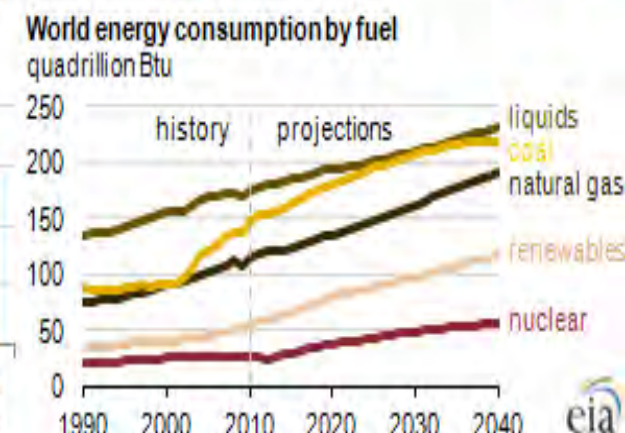
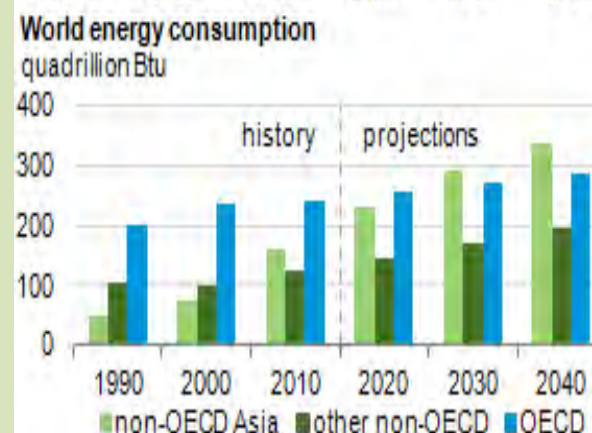
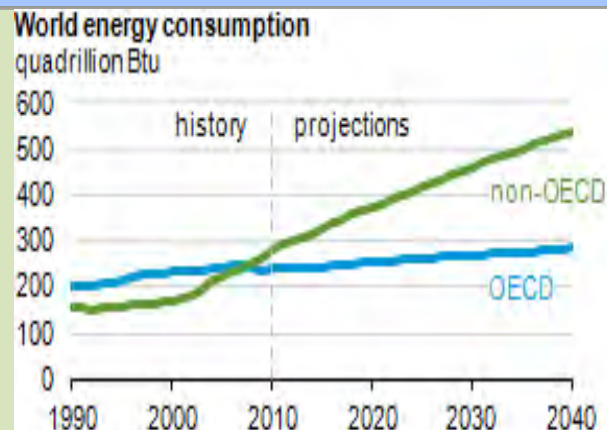
- $1,2 \times 10^{11}$ toneladas de matéria seca vegetal produzidas anualmente
- 2,2 quatrilhões de Megajoule de energia acumulada em ligações químicas.

Demanda energética global

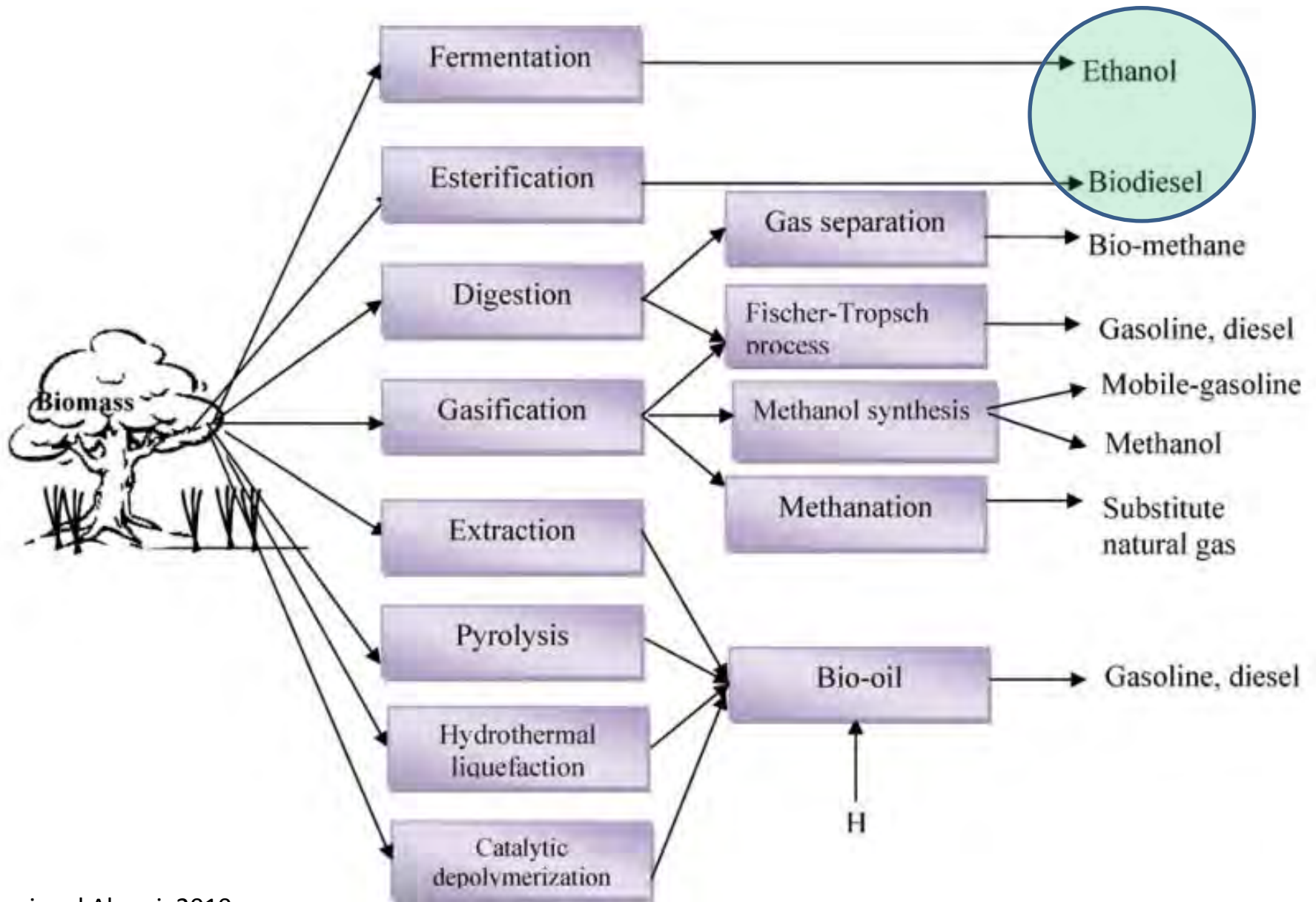
2010: 550 trilhões de MJ

2020: 660 trilhões de MJ

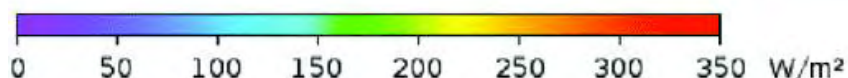
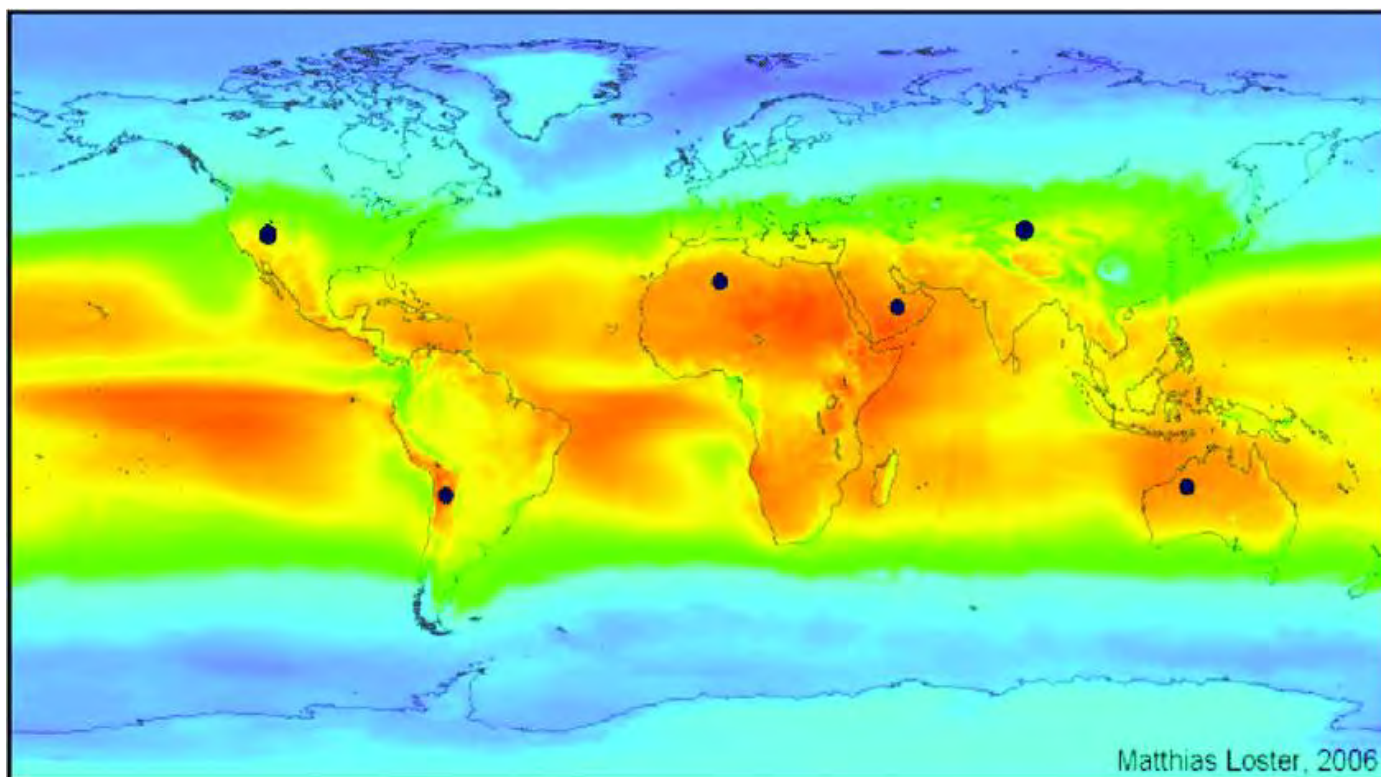
2040: 860 trilhões de MJ



Combustíveis obtidos da biomassa



Distribuição anual de irradiância solar sobre a superfície da terra



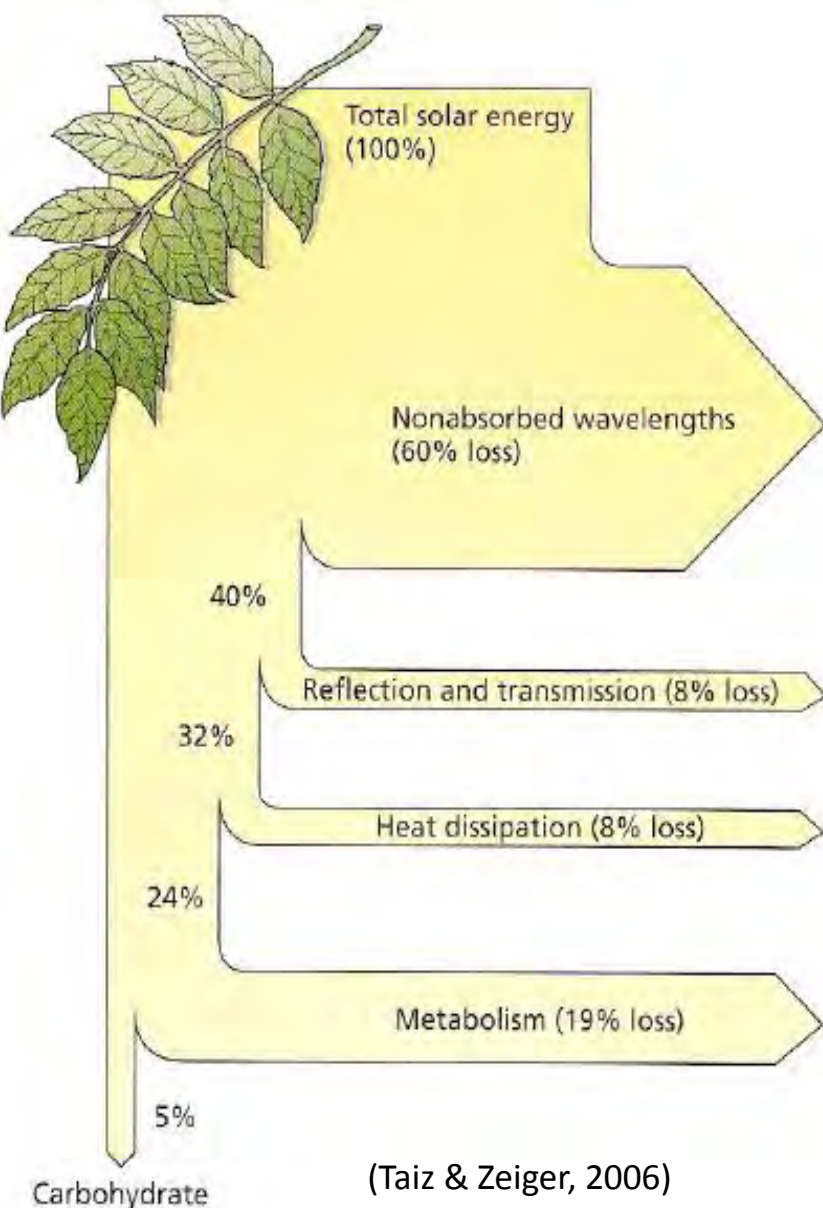
$\Sigma \bullet = 18 \text{ TWe}$

Irradiância solar anual: 4 milhões de EJ (na superfície sólida e líquida)

Consumo mundial = 575 EJ (ano de 2015)

Plantas cultivadas no mundo ~ 2200 EJ

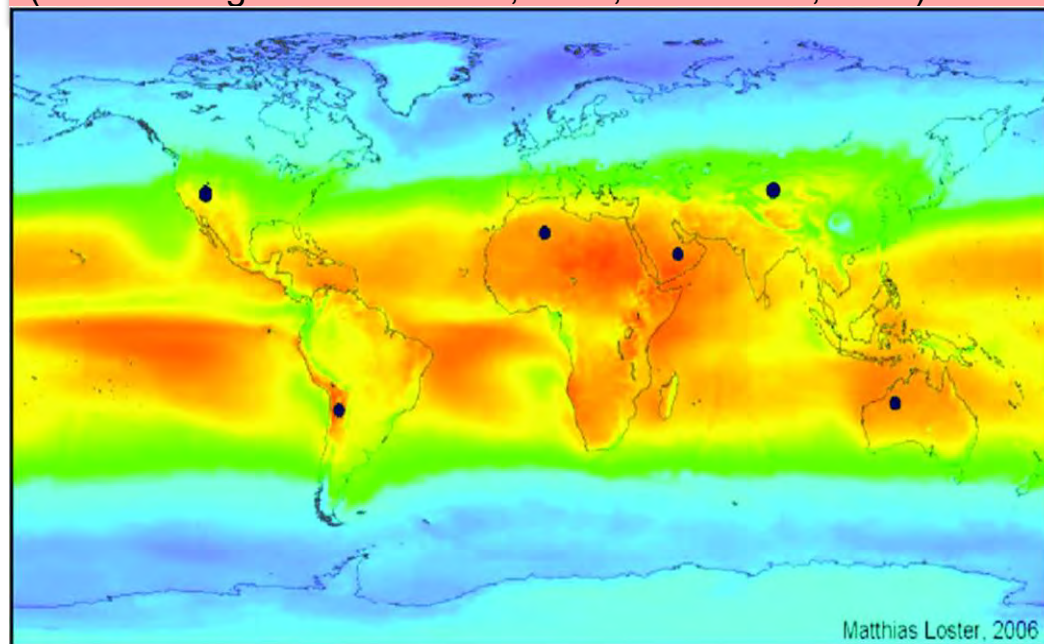
Eficiência energética: o caminho da sustentabilidade para os sistemas de produção de bioenergia



Área cultivada do Brasil = **63 milhões** hectares
Área agricultável do Brasil = **153 milhões** de hectares

Capacidade de conversão - solar para biomassa:

- **1,47 trilhões de MJ (eficiência de 1%)**
 - **7,36 trilhões de MJ (eficiência de 5%)**
 - Energia consumida no Brasil em 2011 = 10,36 trilhões de MJ
- (Goldemberg and Johansson, 2004; Kabir et al., 2017)



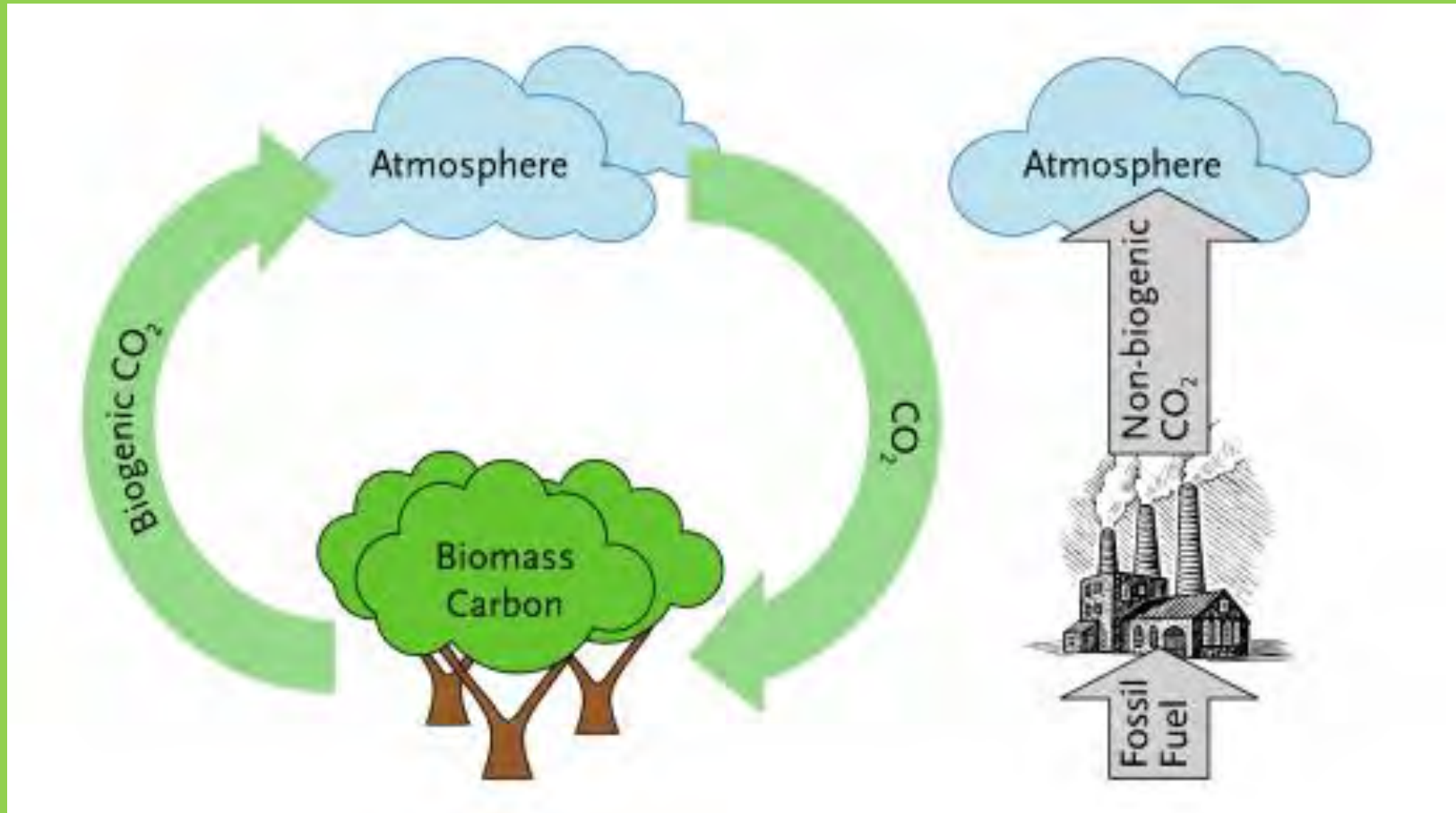
$\Sigma \bullet = 18 \text{ TWe}$

Biocombustíveis: desafios para sustentabilidade



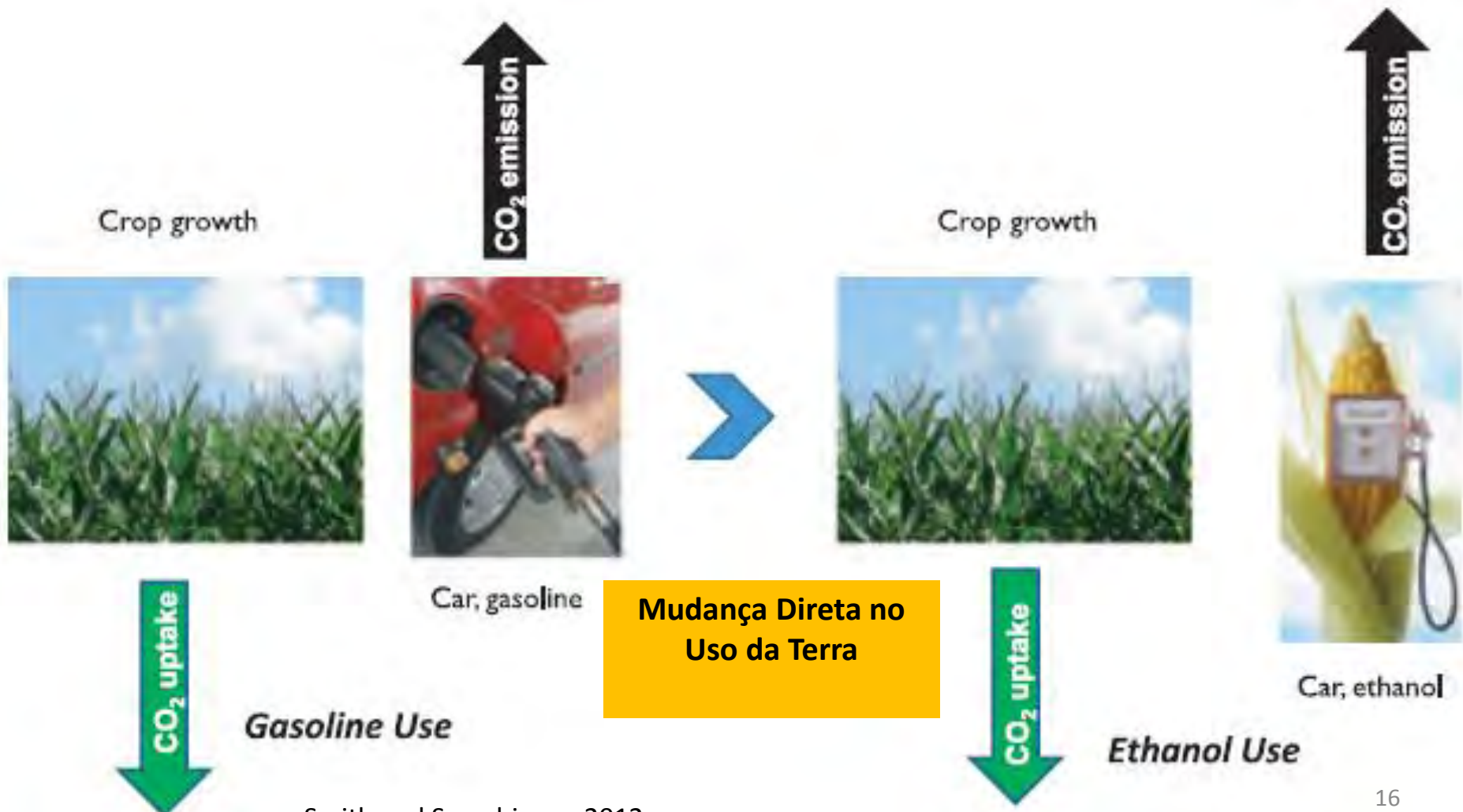
Energia de biomassa e o dilema do carbono neutro

Biocombustíveis são energéticos de carbono neutro?



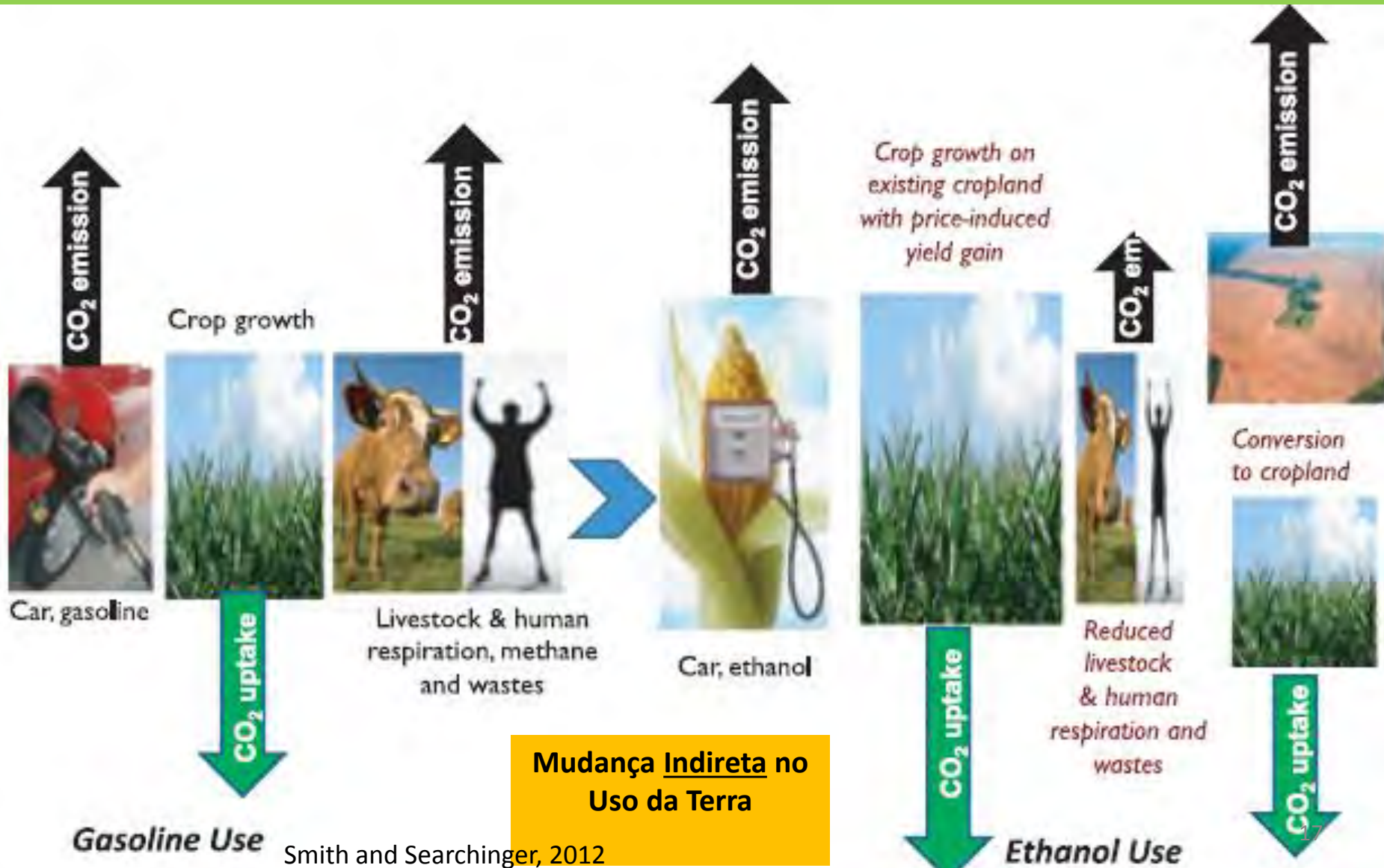
Balço ambiental para emissão de GEE – cenário para biocombustíveis

Quando culturas energéticas substituem plantas que naturalmente seriam cultivadas para outros fins (ex.: alimento). Nenhuma mudança no balanço de emissão de carbono é observada.



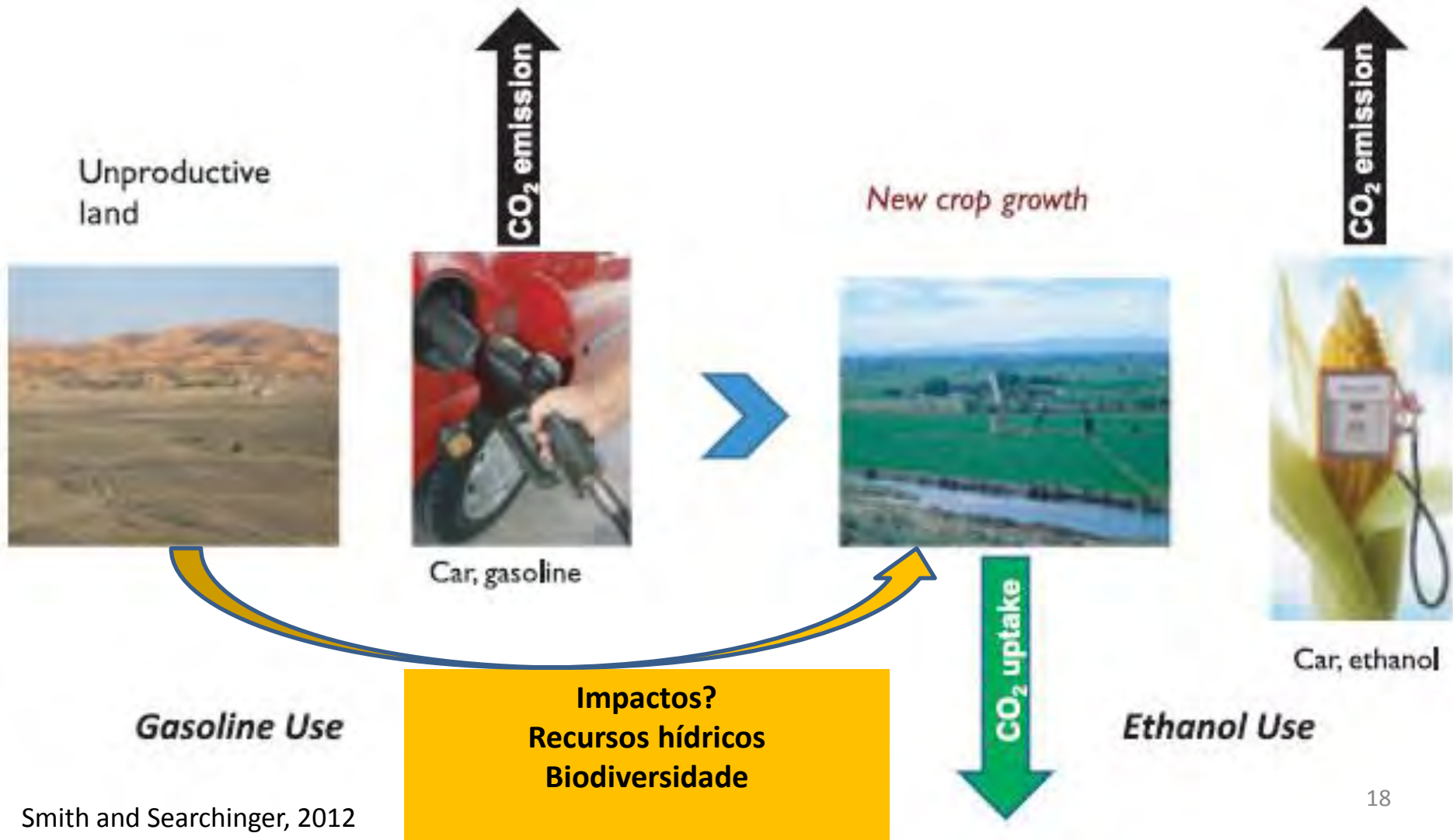
Balço ambiental para emissão de GEE – cenário para biocombustíveis

Efeito do mercado nas emissões de carbono



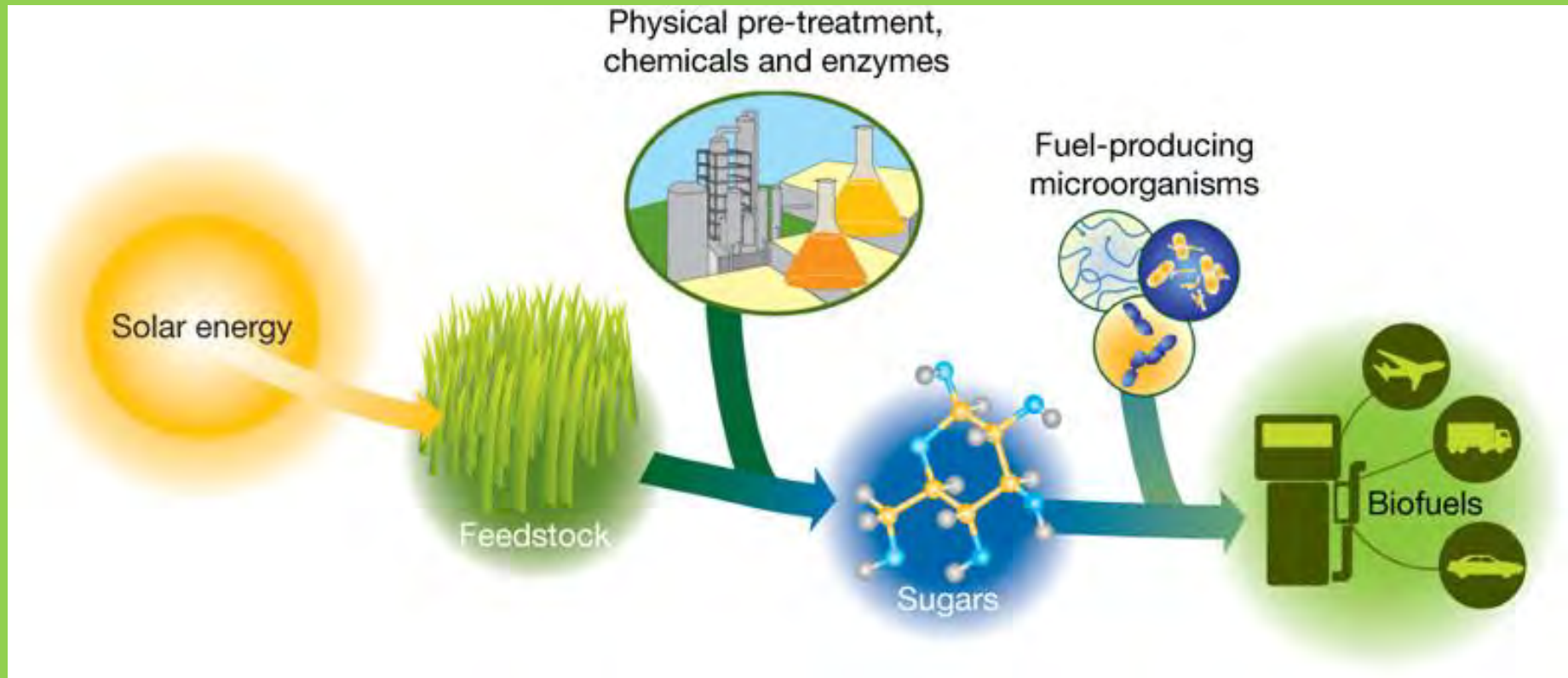
Balço ambiental para emissão de GEE – cenário para biocombustíveis

Corte de emissões de GEEs através do uso de terras não produtivas



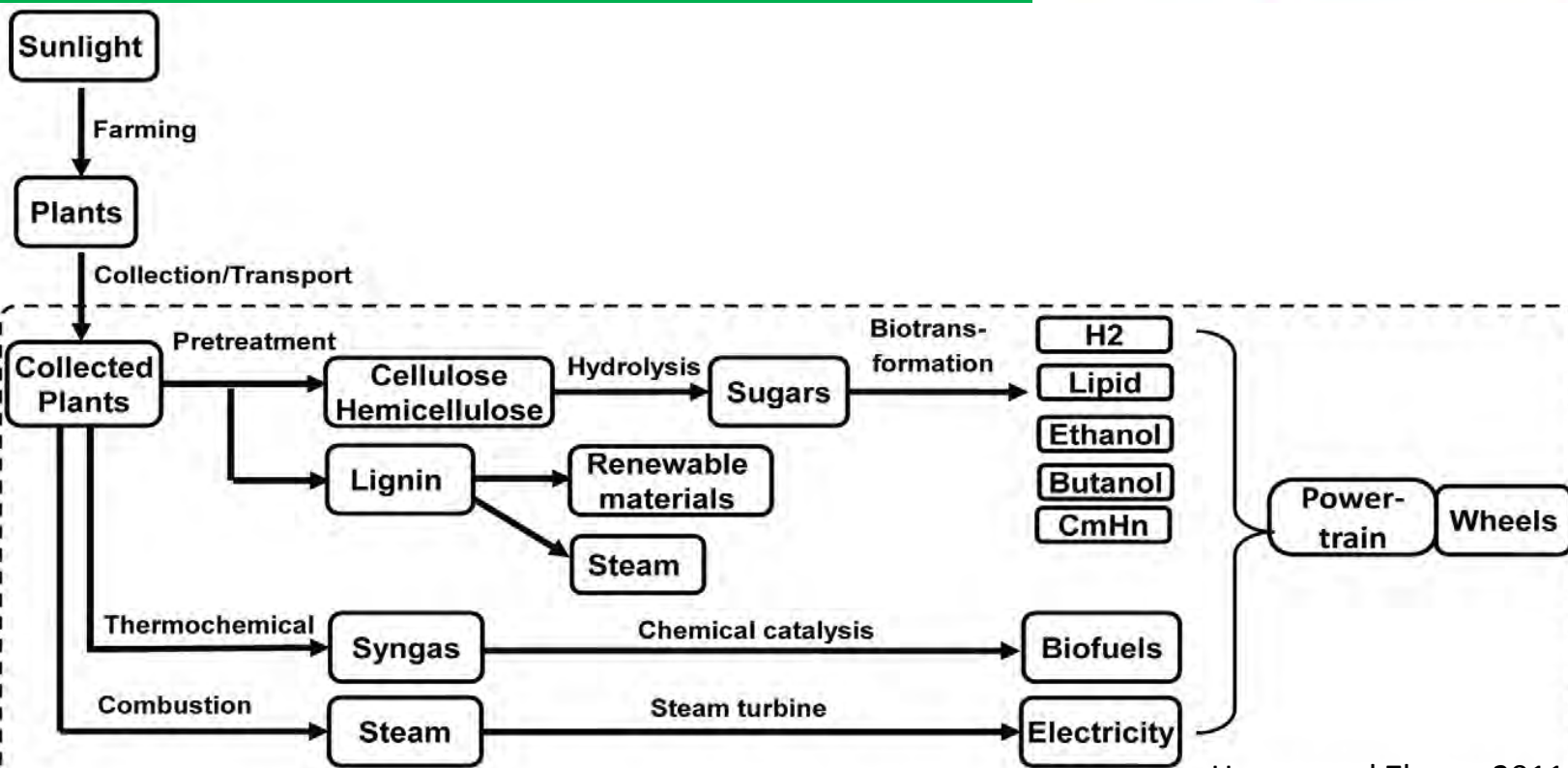
Lei da conservação da energia

“A energia não pode ser criada e nem destruída, ela é apenas convertida de uma forma a outra ou deslocada de um local para outro.”



Avaliação de Ciclo de Vida - ACV

“Do berço ao túmulo”
 “da biomassa `bomba”
“da biomassa às rodas”
 “da biomassa à porteira”
 “da biomassa à usina”



Huang and Zhang, 2011

Análise de cenários da produção de biocombustíveis

Rendimento energético ou balanço energético: = $\frac{\text{Energia produzida}}{\text{Energia consumida}}$

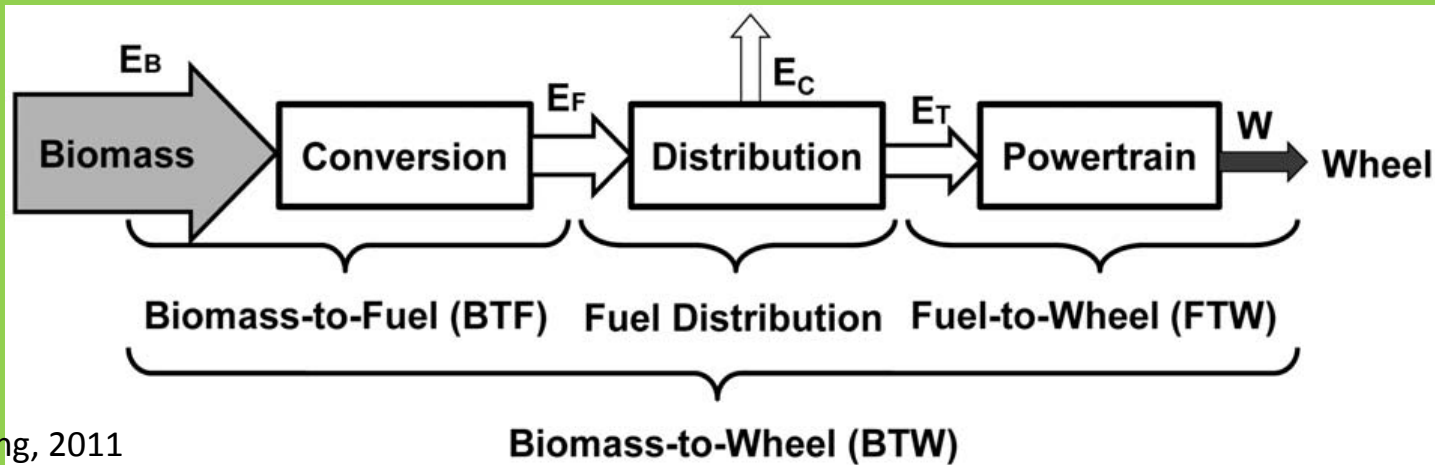
Rendimento positivo: sem entrada de energias não renováveis

“Rendimento positivo: com entrada de energias não renováveis”

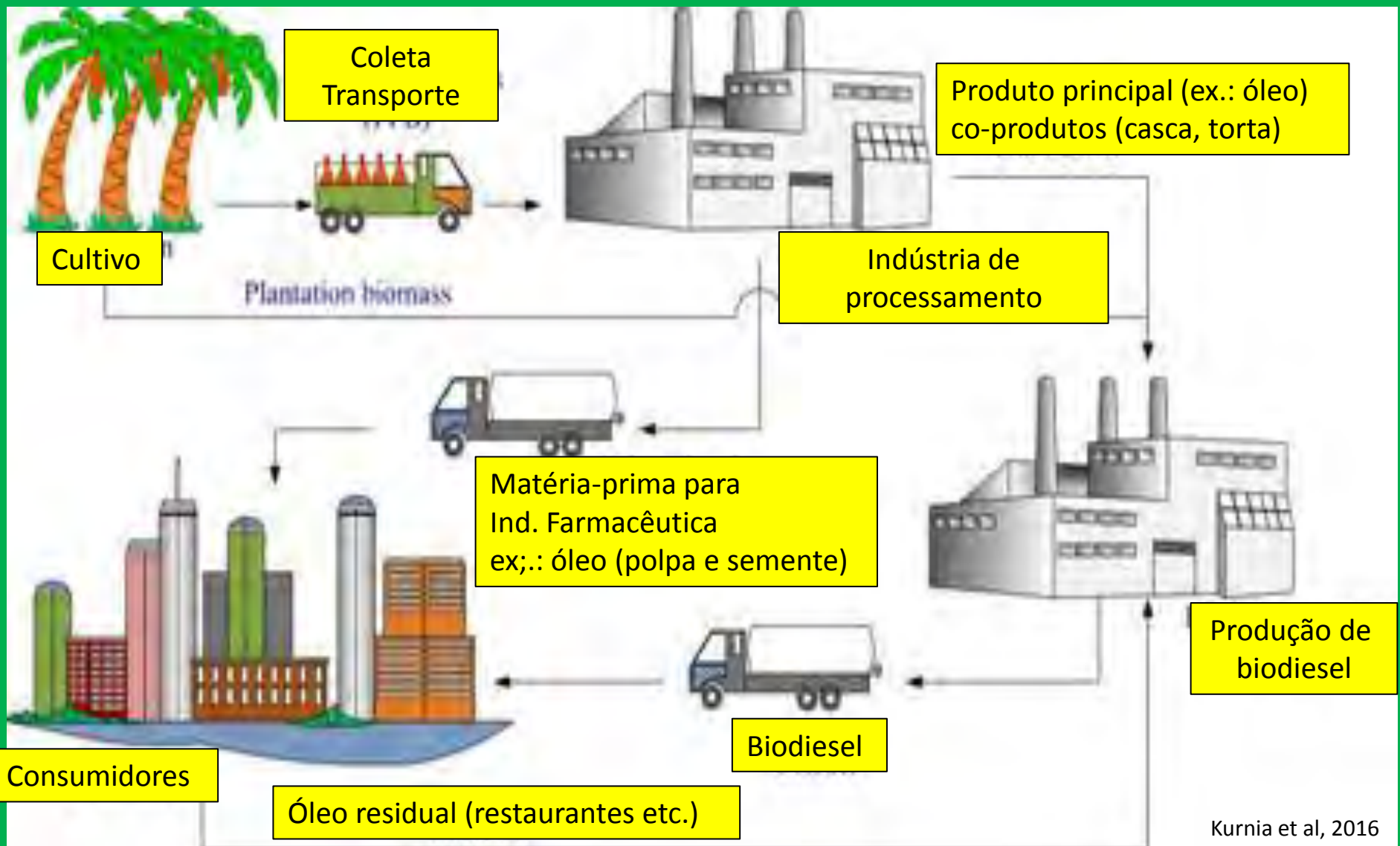
Etanol

Rendimento negativo: sem entrada de energias não renováveis

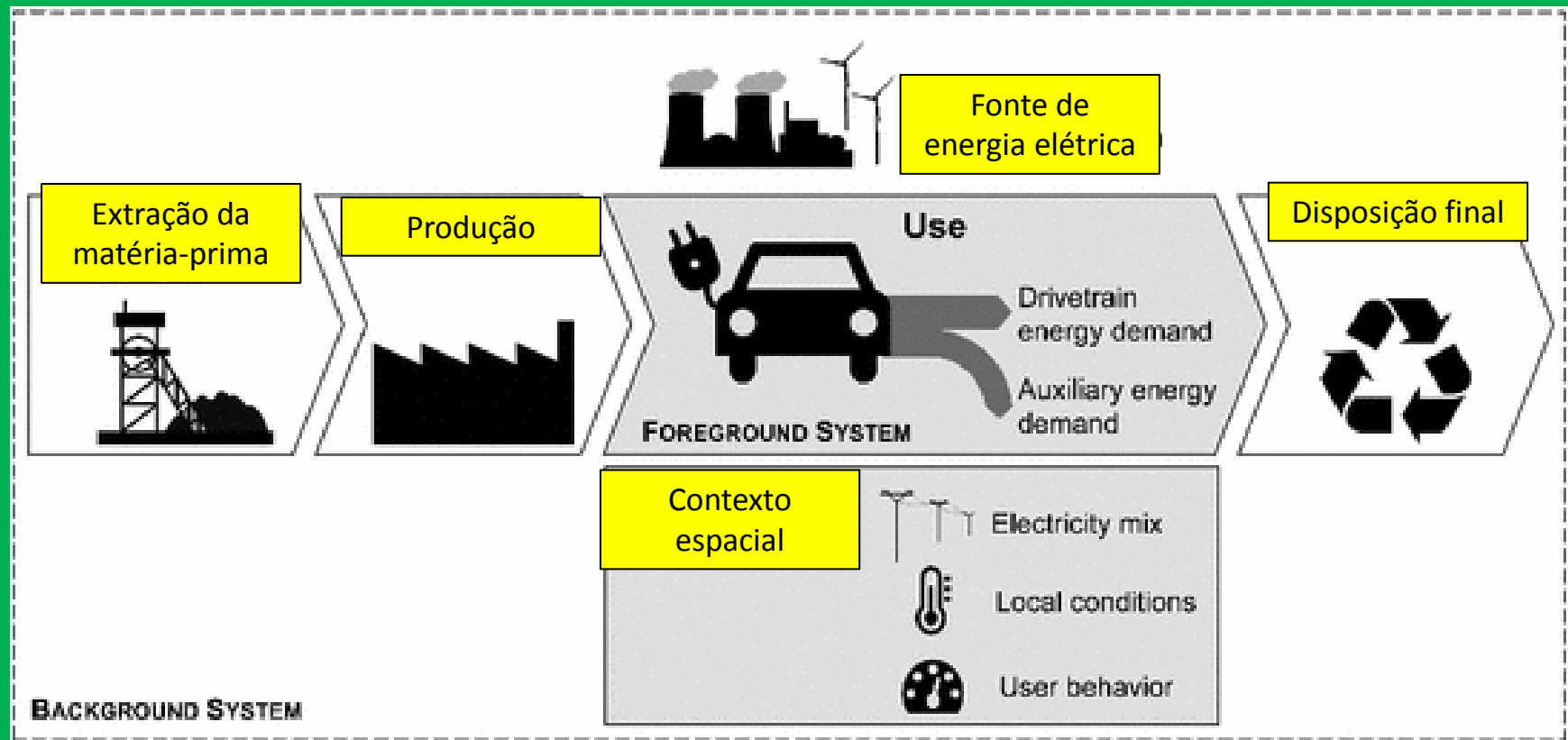
Rendimento negativo: com entrada de energias não renováveis



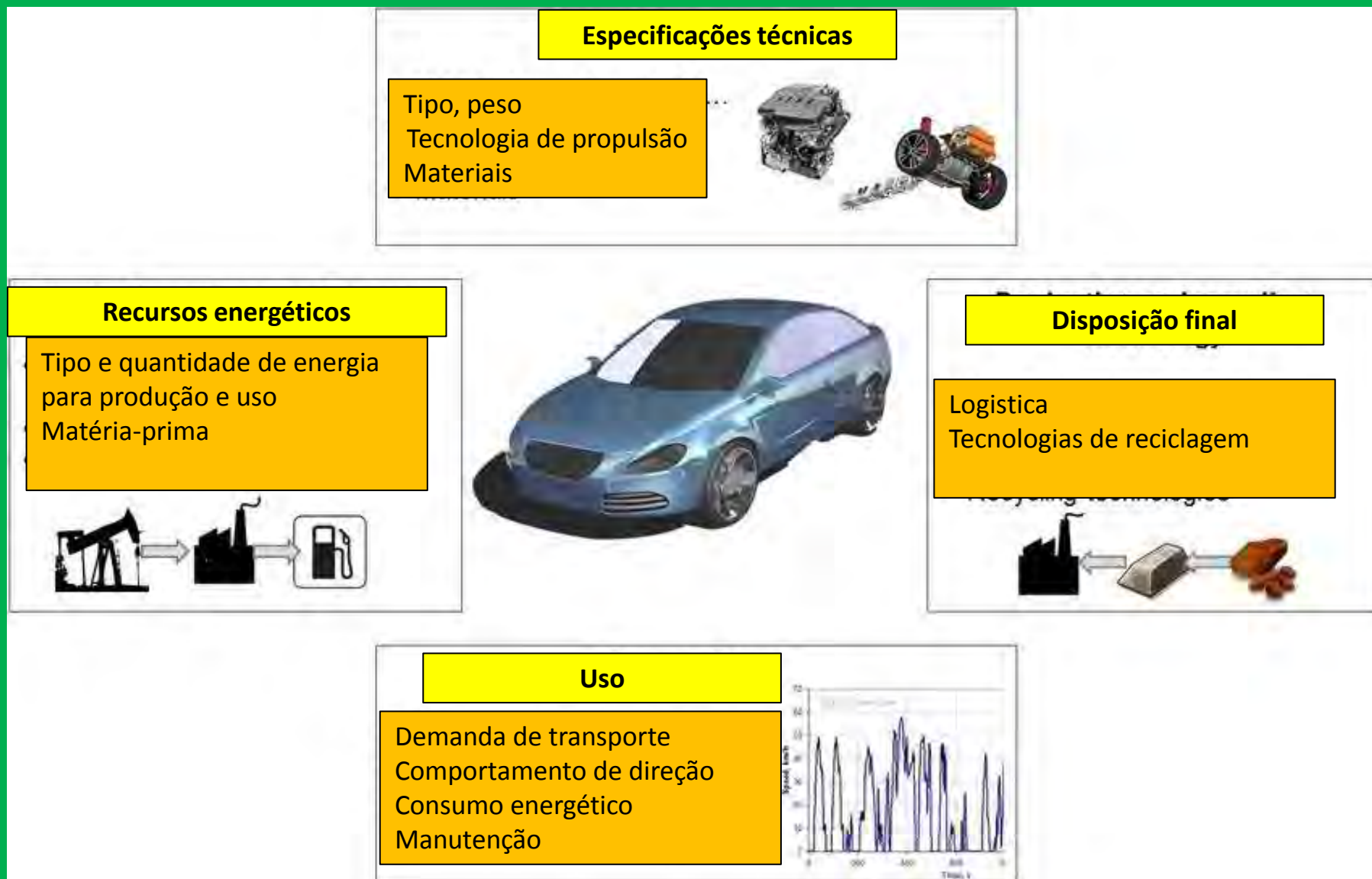
Ciclo de Vida de um Sistema de Produção de Bioenergia



Design de um sistema de Avaliação do Ciclo de Vida para um automóvel



Design de um sistema de Avaliação do Ciclo de Vida para um automóvel



Ecosfera: “da biomassa à porteira”

Categorias de impactos ambientais associados à produção de biomassas

Categoria do impacto	Inventário de parâmetros	Caracterização	Referência	Valor de U (kg _{material} /kg _{referência})
Aquecimento global	CO ₂	Potencial de Aquecimento Global	CO ₂ equivalente	1
	CH ₄		CO ₂ equivalente	21
	N ₂ O		CO ₂ equivalente	310
Acidificação	SO ₂	Potencial de Acidificação	SO ₂ equivalente	1
	NO _x		SO ₂ equivalente	0,7
	NH ₃		SO ₂ equivalente	1,88
	HCL		SO ₂ equivalente	0,88
Eutrofização	NO _x	Potencial de Eutrofização	PO ₄ ⁻³ equivalente	0,13
	NH ₃		PO ₄ ⁻³ equivalente	0,33

Produção de fertilizantes e emissões de GEEs.

Ex.:

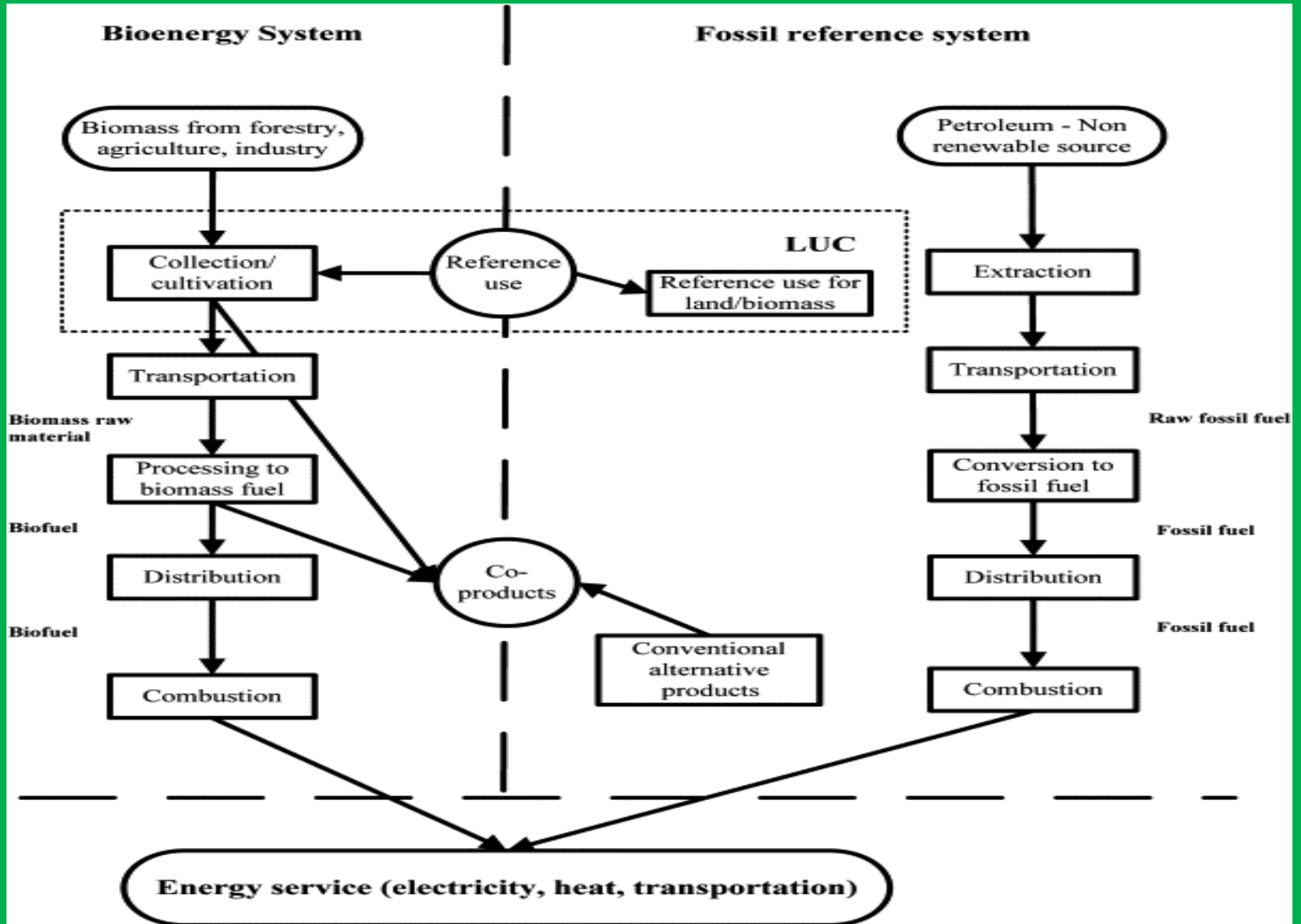
O uso de N na agricultura varia de 53 à 196 kg/ha; o input energético para produzir o fertilizante N varia de 42 à 70 MJ/kg N. Dependendo da combinação de processos as emissões decorrentes do uso do N variam significativamente.

As emissões associadas à produção de N variam de 3 – 9,6 kg de CO₂-eq./kg N

Categorias de impactos ambientais associadas à produção de biomassa para energia

Impact categories	Unit	Min	Mean	Max
Climate change	kg CO ₂ eq MJ ⁻¹	0.01493	0.04584	0.09070
Terrestrial acidification	kg SO ₂ eq MJ ⁻¹	8.4E-05	0.000208	0.000393
Freshwater eutrophication	kg P eq MJ ⁻¹	1.27E-05	3.4E-05	5.24E-05
Marine eutrophication	kg N eq MJ ⁻¹	5.61E-06	1.49E-05	2.62E-05
Particulate matter formation	kg PM ₁₀ eq MJ ⁻¹	3.77E-05	0.000108	0.000229
Human toxicity	kg 1,4-DB eq MJ ⁻¹	0.00073	0.002660	0.006762
Agricultural land occupation	m ² a MJ ⁻¹	-0.01345	-0.00559	0.001748
Urban land occupation	m ² a MJ ⁻¹	0.00021	0.001011	0.002979
Natural land transformation	m ² MJ ⁻¹	3.8E-06	1.01E-05	2.44E-05
Fossil depletion	kg oil _{eq} MJ ⁻¹	0.006714	0.013759	0.028336

Sistema de referência ACV de biocombustíveis



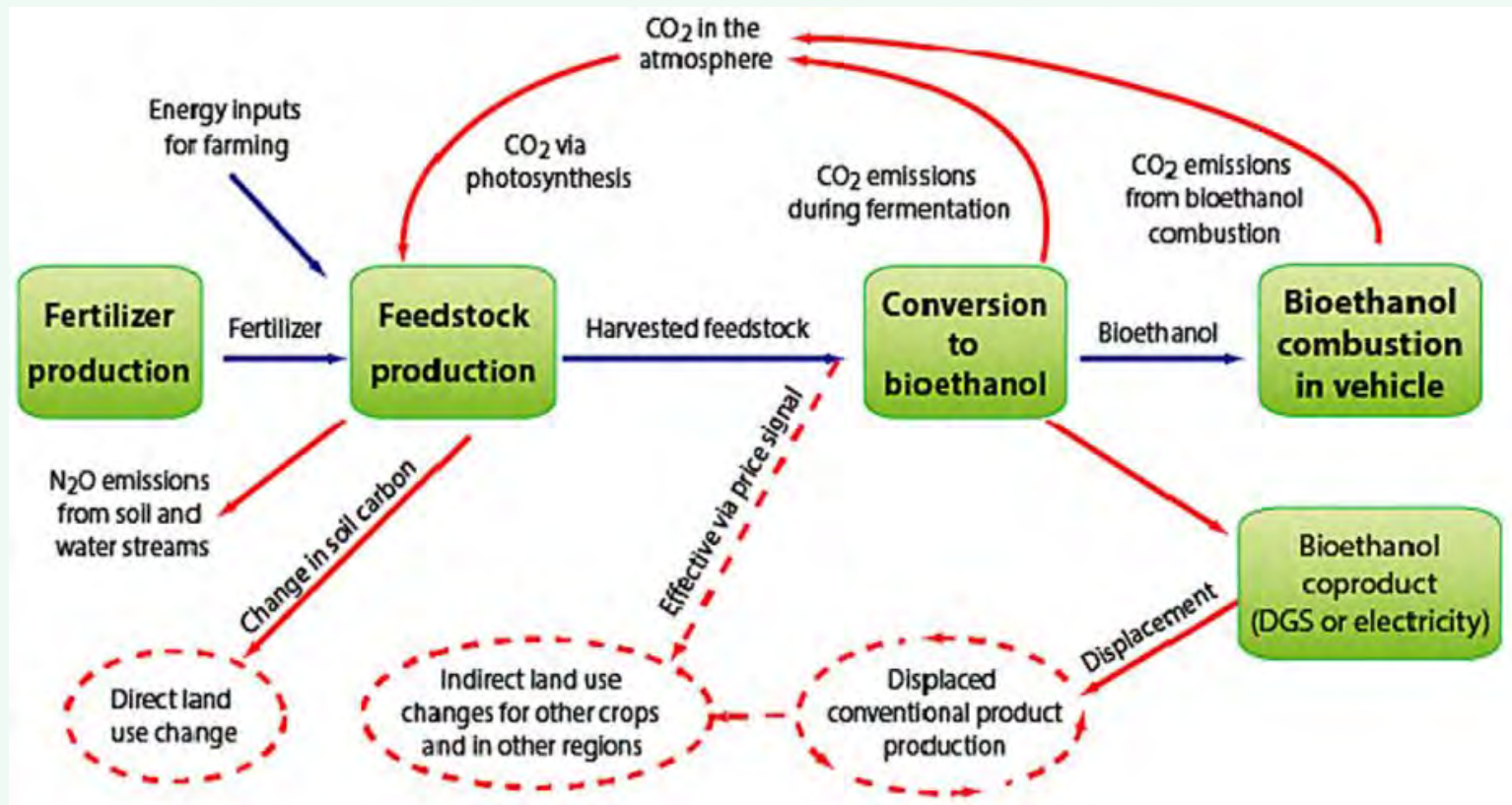
Definição de cenários e sua influência nos resultados de eficiência ambiental dos biocombustíveis

Diferentes cenários resultam em resultados divergentes para a eficiência ambiental, mesmo em sistemas aparentemente similares.

As principais razões para essas diferenças são:

- *Natureza da biomassa utilizada,*
- *Tecnologia de conversão,*
- *Dados de entrada (inventário),*
- *Tecnologias de uso final,*

- *Métodos de alocação das cargas,*
- *Limites do sistema,*
- *Energia de referência*
- *Outros pressupostos como (Efeito da mudança do uso da terra, emissão de N₂O do solo, qualidade dos dados e etc.).*



Obrigado!

Ronnie Veloso

Produção Vegetal/UFVJM

ronnievond@yahoo.com.br