



Biocombustíveis & segurança alimentar: o falso dilema

Glaucia Mendes Souza

Professora Titular da
Universidade de São Paulo

Líder da Força Tarefa de Biocombustíveis para
a Descarbonização do Transporte
Bioenergy Task 39

SÍNTESE DO CONHECIMENTO

BIOFUELS AS AN IMMEDIATE AND EFFECTIVE SOLUTION
FOR DECARBONIZATION OF TRANSPORTATION

BIOETHANOL: AN ESSENTIAL CONTRIBUTION TO TRANSPORT
DECARBONIZATION



Informar e esclarecer sobre o potencial e a sustentabilidade dos biocombustíveis.

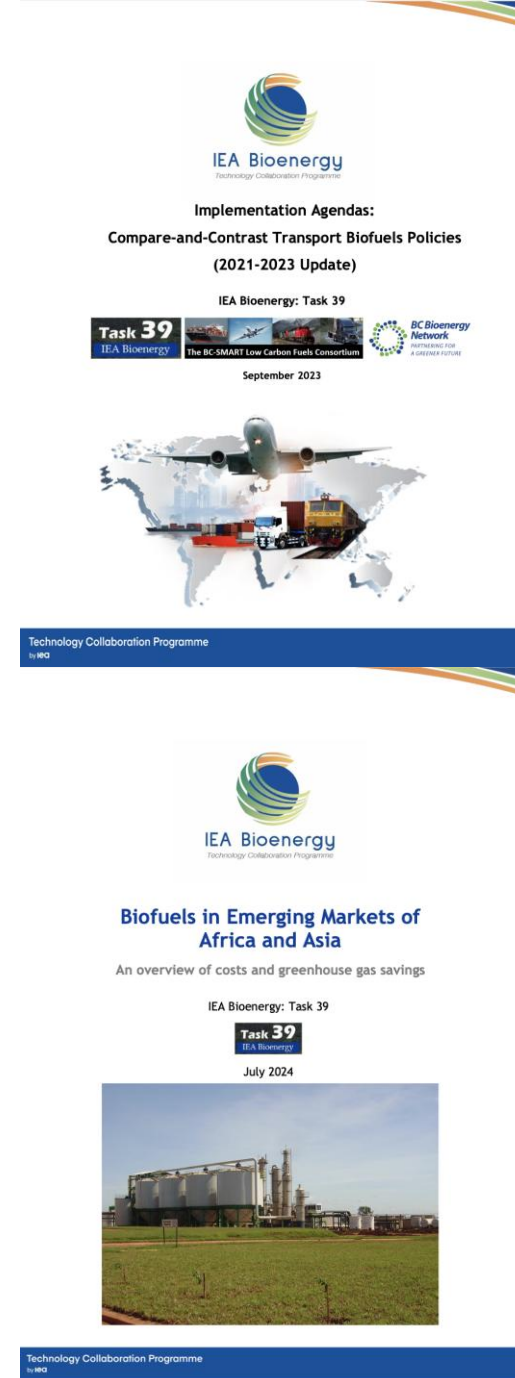
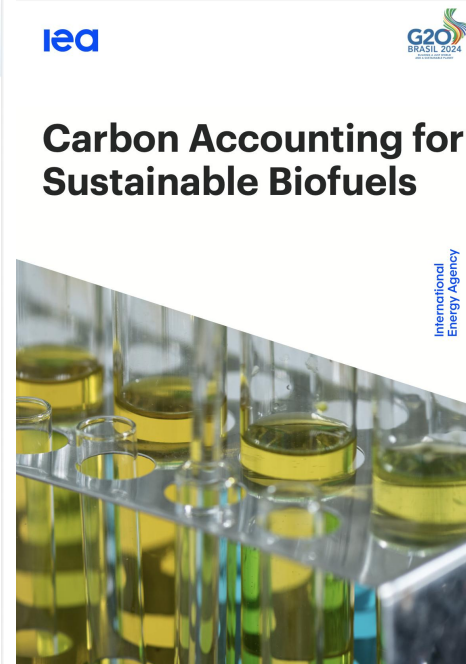
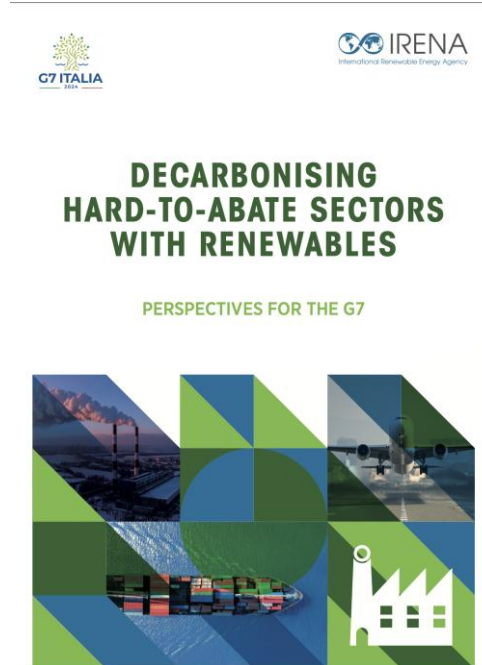
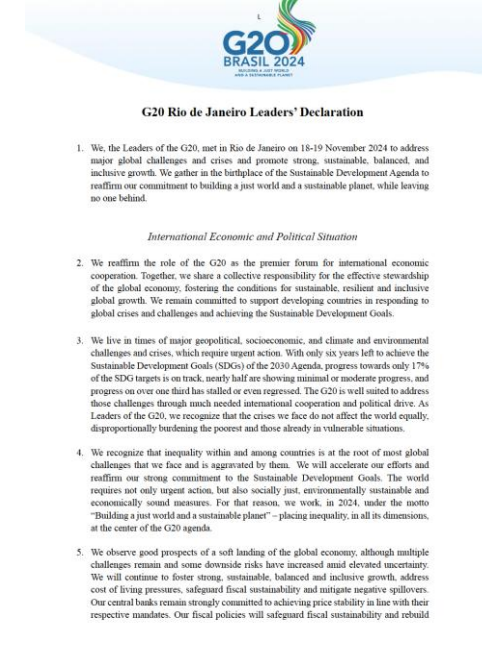
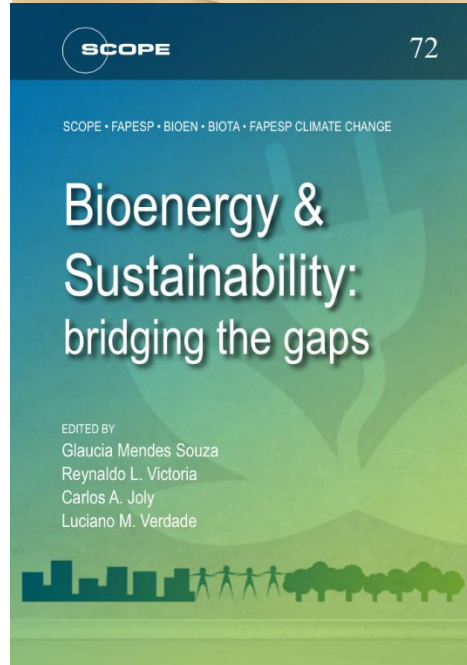
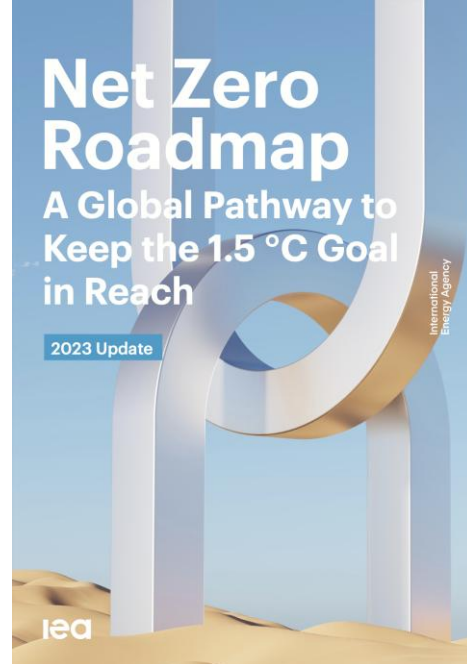
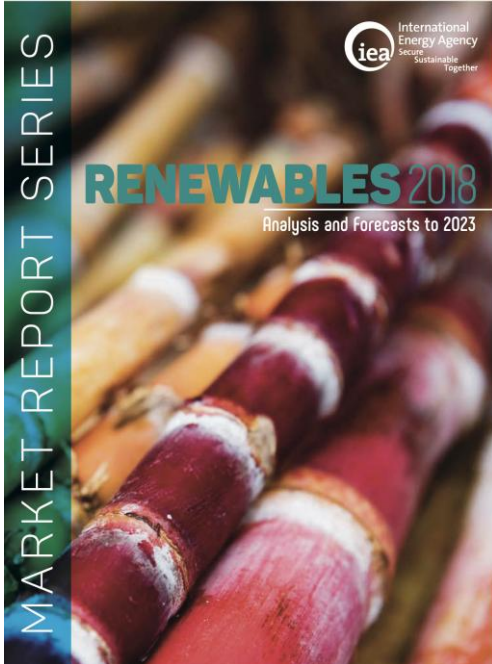
O foco está nos biocombustíveis que podem ser produzidos de forma sustentável, com capacidade suficiente para serem relevantes para os esforços de descarbonização.

Discutir o modelo brasileiro de agricultura e seus desenvolvimentos tecnológicos.

Mostrar como a bioenergia está gerando benefícios socioeconômicos e reduzindo emissões sem a necessidade de extensas áreas de terra. Discutir o potencial da produção de biocombustíveis no Sul Global.

<https://bioenfapesp.org/biofuels-as-an-immediate-and-effective-solution-for-decarbonization-of-transportation-factsheet/>
<https://sbenergy.org.br/bioethanol-an-essential-contribution-to-transport-decarbonization/>





+100 referências a importantes relatórios e artigos científicos de alto impacto em acesso aberto.

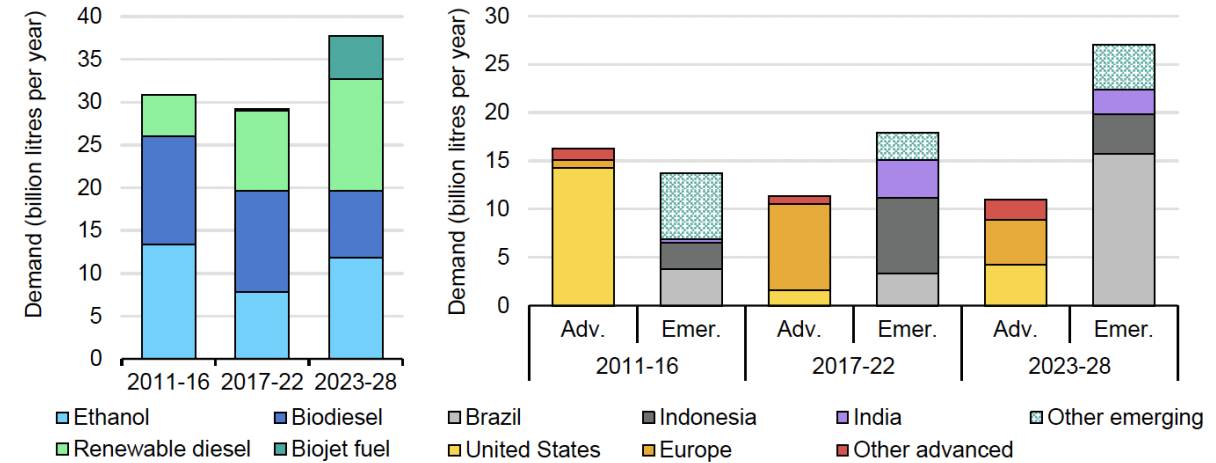
Historicamente, os biocombustíveis foram os que mais contribuíram para a redução da demanda por petróleo, promovendo a segurança energética.

Estudos da Agência Internacional de Energia mostram que as economias emergentes estão acelerando o crescimento do uso de biocombustíveis.

Nos Estados Unidos, na Europa e na China, prevê-se a expansão do uso de eletricidade renovável no setor de transportes.

Em grande parte do restante do mundo, contudo, os biocombustíveis continuam sendo a principal opção para a descarbonização, representando cerca de 90% da demanda de petróleo evitada em 2028. Globalmente, a produção de biocombustíveis aumentou 50% na última década.

Five-year biofuel demand growth by fuel (left) and economy type (right), main case, 2011-2028



IEA. CC BY 4.0.

Notes: Adv. = advanced economies. Emer. = emerging economies.



A contribuição brasileira para a descarbonização do transporte



Oferta interna de energia predominantemente renovável (50%), com 16,7% provenientes da cana-de-açúcar e 16,6% de outras fontes de biomassa. A eletricidade é 88,2% renovável (BEN, 2025).



O setor de transportes é 25,7% renovável
37,3 bilhões de litros/ano de etanol
9,2 bilhões de litros/ano de biodiesel
424 usinas de biocombustíveis
De 1975 a 2024, o Brasil consumiu 888 bilhões de litros de etanol, substituindo 1,4 bilhão de toneladas de CO₂eq.
85% da frota é flexível (BEN, 2025; EPE, 2024; Nogueira et al., 2024)



“Combustível do Futuro”. A meta atual é evitar 705 Mt de emissões equivalentes de CO₂ até 2037. Atualmente, os combustíveis utilizados são E30 e B15 (B20 até 2030).



Os biocombustíveis cresceram ao mesmo tempo em que o Brasil se tornou o maior exportador de produtos alimentícios. A intensificação do uso de pastagens liberou terras. O cultivo de segunda safra foi introduzido.



No Brasil, a expansão das culturas energéticas esteve predominantemente ligada à conversão de terras degradadas e pastagens, com o benefício adicional da recuperação do solo e do sequestro de carbono no solo. (Guareghi et al., 2023)



O Brasil preserva 66% do seu território com vegetação nativa. A agricultura utiliza 8%, as pastagens 21% e as áreas urbanas 4%. (Embrapa, 2021).

**Bioenergia & Segurança
Alimentar não é um jogo de
soma zero**

$$+ 1 - 1 = 0$$

**A produção e o uso de biocombustíveis pode, melhorar o acesso
a energia, o poder aquisitivo, a sustentabilidade da agricultura e a
saúde dos solos**

Zero-Sum Game

['zir-(,)ō-'səm 'gām]

A situation, often cited in game theory, in which one person's gain is equivalent to another's loss, so the net change in wealth or benefit is zero.



 Investopedia

Os efeitos da bioenergia de matérias-primas comestíveis versus não comestíveis

Disponibilidade de alimentos

2/3 dos artigos relataram efeitos positivos ou nenhum efeito sobre a disponibilidade de alimentos.
A bioenergia tem efeitos positivos na escala doméstica.

Preços dos alimentos

Os efeitos negativos da bioenergia no preço dos alimentos foram concentrados em países com alto Índice de Desenvolvimento Social (IDS) (3/4).

Produção de alimentos

A bioenergia tem efeitos positivos na produção de alimentos em países de baixo Índice de Desenvolvimento Social (a maior parte do Sul Global) e em escala domiciliar.
A bioenergia em países com baixo IDS não tem efeito sobre os preços dos alimentos.

Os estudos que relatam efeitos negativos são mais comumente baseados em modelagem. Quando os dados observados foram utilizados, o relato de impactos negativos foi menor.

**224 artigos
Não há correlação
entre o tipo de
matéria-prima de
bioenergia
(comestível, não
comestível ou
comestível e não
comestível)
e segurança
alimentar**

Ahmed, S., Warne, T., Smith, E., Goemann, H., Linse, G., Greenwood, M., Kedziora, J., Sapp, M., Kraner, D., Roemer, K., Haggerty, J. H., Jarchow, M., Swanson, D., Poulter, B. and Stoy, P. C. (2021). Systematic review on effects of bioenergy from edible versus inedible feedstocks on food security. Science of Food (2021) 5:9

Revisitando a hipotética relação de troca entre alimentos e combustíveis

Evidências empíricas do caso da cana-de-açúcar brasileira

PERGUNTA

Pode o aumento da produção de etanol comprometer a segurança alimentar?



METODOLOGIA



A nível de município

- Indicador de segurança alimentar: Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM)Base de dados: Censos demográficos (mais de 5.000 municípios)Abordagem econométrica: Dados em painelVariáveis de controle: Fatores socioeconômicos (Emprego, Renda, Índice de Gini, Bolsa Família)



A nível domiciliar

- Indicador de segurança alimentar: Escala Brasileira de Insegurança Alimentar (EBIA)Base de dados: Microdados de três pesquisas domiciliares realizadas no Brasil pelo IBGEAbordagem econométrica: Modelos ProbitVariáveis de controle: Características regionais, demográficas e socioeconômicas dos domicílios e Bolsa Família



RESULTADOS



Não há evidência de trade-off entre produção alimentar e de bioenergia



A segurança alimentar é afetada pelas condições sociais

A conexão entre biocombustíveis e insegurança alimentar é errônea: olhe caso-a-caso



Mudanças observadas trazidas pela bioenergia que contribuem para a segurança alimentar



Mudanças observadas trazidas pela bioenergia que contribuem para a segurança alimentar: poder de compra

Melhoria dos indicadores socioeconômicos:

Anos de alfabetização e escolaridade

Salário

Formalização do trabalho e condições de trabalho

Perspectivas para as próximas gerações (filhas e filhos de trabalhadores)

↑ PIB per capita em municípios que abrigam empresas de bioetanol

Uma nova usina aumentou o PIB per capita dos municípios em US\$ 1.098 (primeiro ano) e US\$ 1.029 (10 anos)

70.000 pequenos produtores de cana-de-açúcar

75.000 pequenos produtores de soja

Oportunidades de emprego (↑biodiesel = 1,1 milhão de novos empregos adicionados na indústria da soja na última década)



**Poder de
compra**

Moraes, M. A. F. D., Oliveira, F. C. R. and Diaz-Chavez, R. A. (2015). Socio-economic impacts of Brazilian sugarcane industry. Environ. Dev. 16,31-43.

Moraes, M. A. F. D., Bacchi, M. R. P. and Caldarelli, C. E. (2016). Accelerated growth of the sugarcane, sugar, and ethanol sectors in Brazil (2000–2008): Effects on municipal gross domestic product per capita in the south-central region. Biomass Bioenergy 91,116–25.

<https://unicadata.com.br/listagem.php?idMn=158>

Alterações observadas trazidas pela bioenergia que contribuem para a segurança alimentar: maior acesso à energia

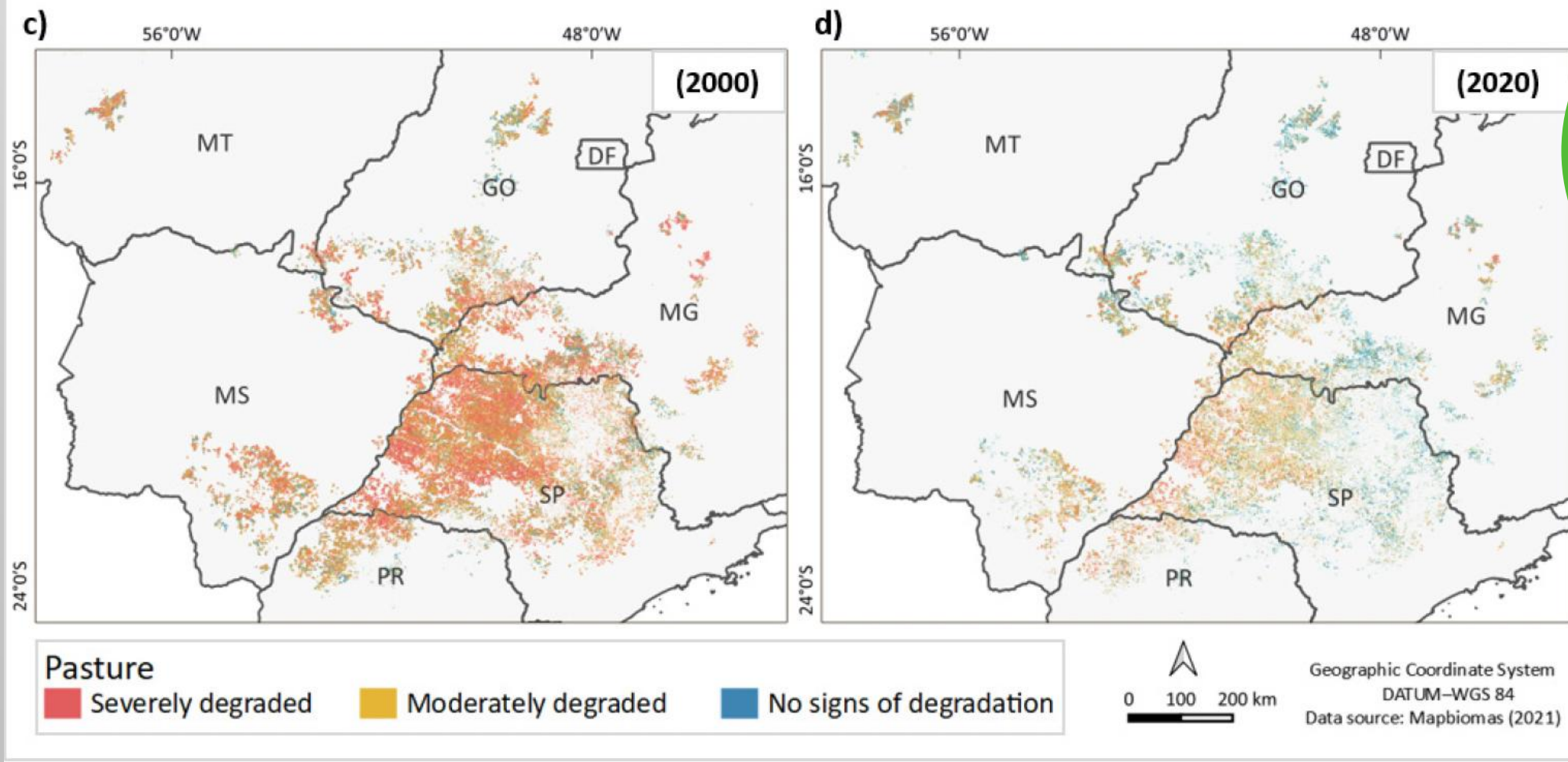
Entre 666 e 730 milhões de pessoas no mundo não têm acesso à eletricidade (80% em áreas rurais). O ODS 7 está estagnado (IRENA, 2023; IEA, 2025). A segurança alimentar aumenta com o acesso à energia. A bioeletricidade da cana-de-açúcar pode abastecer 10,8 milhões de residências, ampliando o acesso à energia em regiões rurais.



Acesso a energia

Além de atender às demandas internas de energia das usinas de açúcar, o bagaço da cana-de-açúcar tem sido utilizado para gerar excedente de energia elétrica desde a década de 1980, sendo este fornecido à rede elétrica brasileira. Em 2024, os resíduos da cana-de-açúcar representaram 75% de toda a bioeletricidade injetada na rede, totalizando 21.218 GWh (UNICA, 2024).

Mudanças observadas trazidas pela bioenergia que contribuem para a segurança alimentar: recuperação de terras degradadas e aumento do carbono do solo



Qualidade
do solo

98% da expansão
da cana-de-
açúcar ocorreu
principalmente
sobre pastagens
degradadas e
terras em uso
para agricultura
nos últimos 20
anos

A photograph of two men, likely farmers, standing in a field of green crops. They are facing each other and shaking hands. The sun is low on the horizon between them, creating a warm, golden glow. The man on the left is wearing a plaid shirt and a baseball cap. The man on the right is wearing a dark shirt and a baseball cap. In the top right corner, there is a green circular graphic containing the text "Agriculture Modernization".

Agriculture Modernization

Melhores práticas existem que aumentam a sustentabilidade

Além das classificações da biomassa, o que importa é como elas são cultivadas



Os biocombustíveis produzidos no Brasil têm emissões muito baixas, uma das razões é que economizamos em fertilizantes, um dos principais contribuintes para as emissões

Produção de cana-de-açúcar é alternada com cultivo de amendoim e soja nas áreas de reforma canavieira

Milho é alternado com soja

Esse sistema de plantio duplo aproveita a capacidade de fixação de nitrogênio que as espécies de leguminosas (como soja e amendoim) possuem, o que leva nitrogênio aos solos, reduzindo a necessidade de fertilização

Os biocombustíveis podem diminuir até 84% das emissões ao substituir a gasolina e o diesel.

Para o etanol de milho do Brasil, a intensidade de carbono pode ser próxima de zero ou negativa

Carbon Accounting for Sustainable Biofuels

International
Energy Agency

As políticas devem ser neutras em termos de tecnologia e agnósticas em relação às matérias-primas".
Os números da ILUC não podem ser usados para negar a eficácia dos biocombustíveis para descarbonizar o transporte

(Relatório de Contabilização de Carbono para Biocombustíveis Sustentáveis da Agência Internacional de Energia, 2024).

R.M.L. Novaes et al.

Energy Policy 210 (2026) 115035

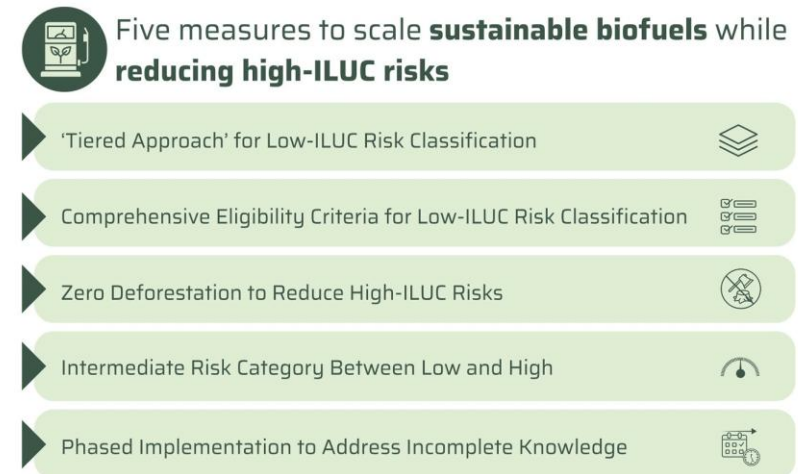


Fig. 1. Five main measures to allow for the deployment of sustainable biofuels on a sufficient scale to promote the energy transition while minimizing high ILUC risks.

Brasil preserva a maior área do mundo em vegetação nativa

CÓDIGO FLORESTAL

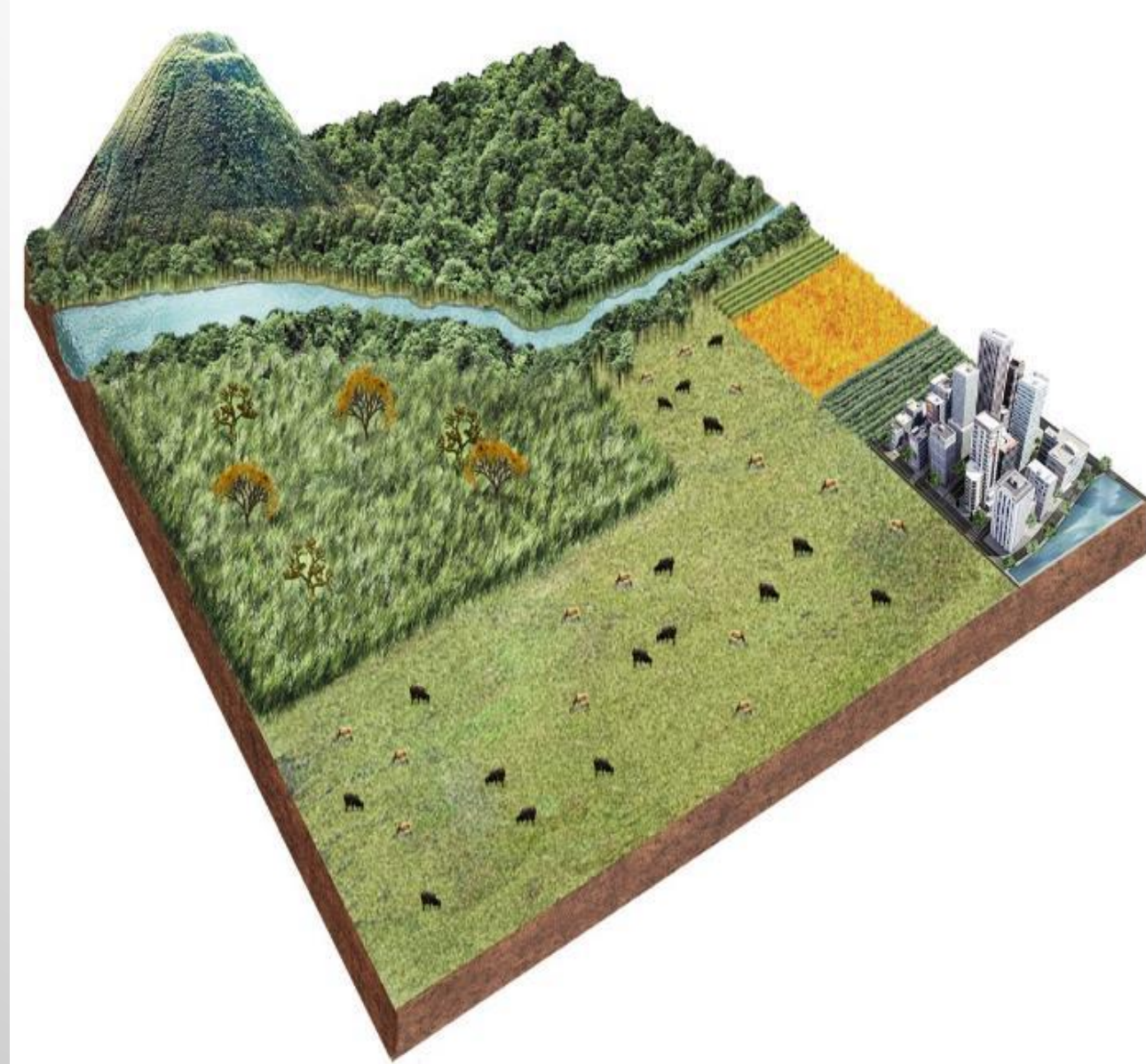
Território brasileiro ocupa 852 milhões de ha
66% preservados com florestas: 33% em propriedades rurais + 33% preservados com unidades de conservação integral, unidades indígenas e outros
Os produtores rurais devem manter pelo menos 20% de sua área própria com vegetação nativa preservada ou em recuperação.

Na Amazônia, a preservação mínima é de 80%.

RENOVABIO

Análise do ciclo de vida do berço à roda + Critérios de elegibilidade:

Rastreabilidade da matéria-prima, proibição de conversão de vegetação nativa, cumprimento da legislação ambiental e cumprimento do zoneamento agroecológico



Agroicone, based on LAPIG (2022) for pasture; Mapbiomas (2023) 9th collection; Mapbiomas (2022) for protected areas (8th collection); *Observatório do Código Florestal* (2024) for vegetation on farms. Note*: Calculations for all categories are considered the best in 2024 since the Brazilian government does not provide official data. *Includes undesignated public areas, public forests, settlements and quilombola area; **Includes forestry, mosaics, etc.

MANDATOS DE MISTURA DE BIOCOMBUSTÍVEIS NO SUL GLOBAL

Positive institutional environment
(legal framework in place)

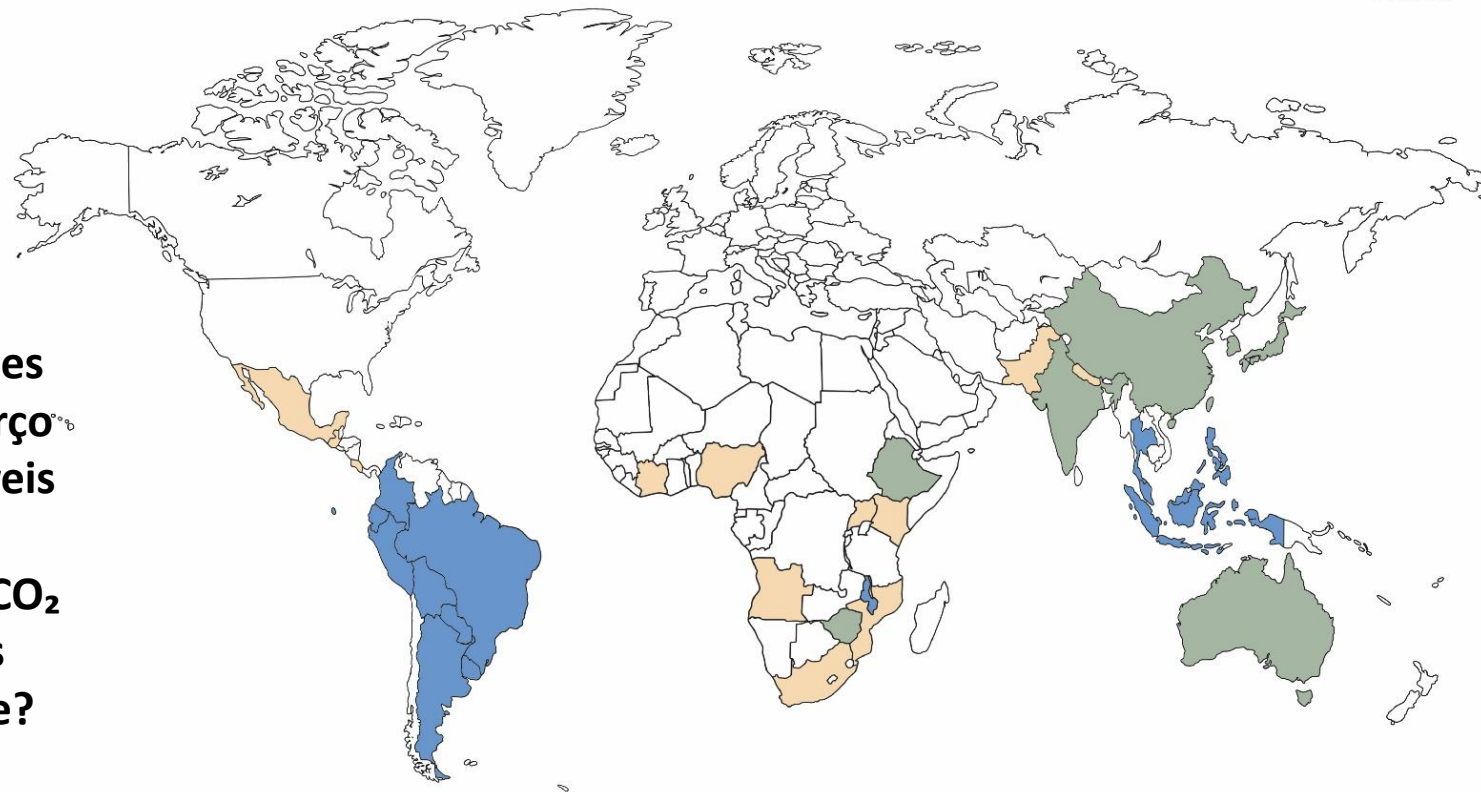
Angola
Cote d'Ivoire
Kenya
Mozambique
Nigeria
South Africa
Uganda
Nepal
Pakistan
Costa Rica
Guatemala
Mexico

Blending mandate
partially implemented

Ethiopia
Zimbabwe
Australia
China
India
Japan
South Korea

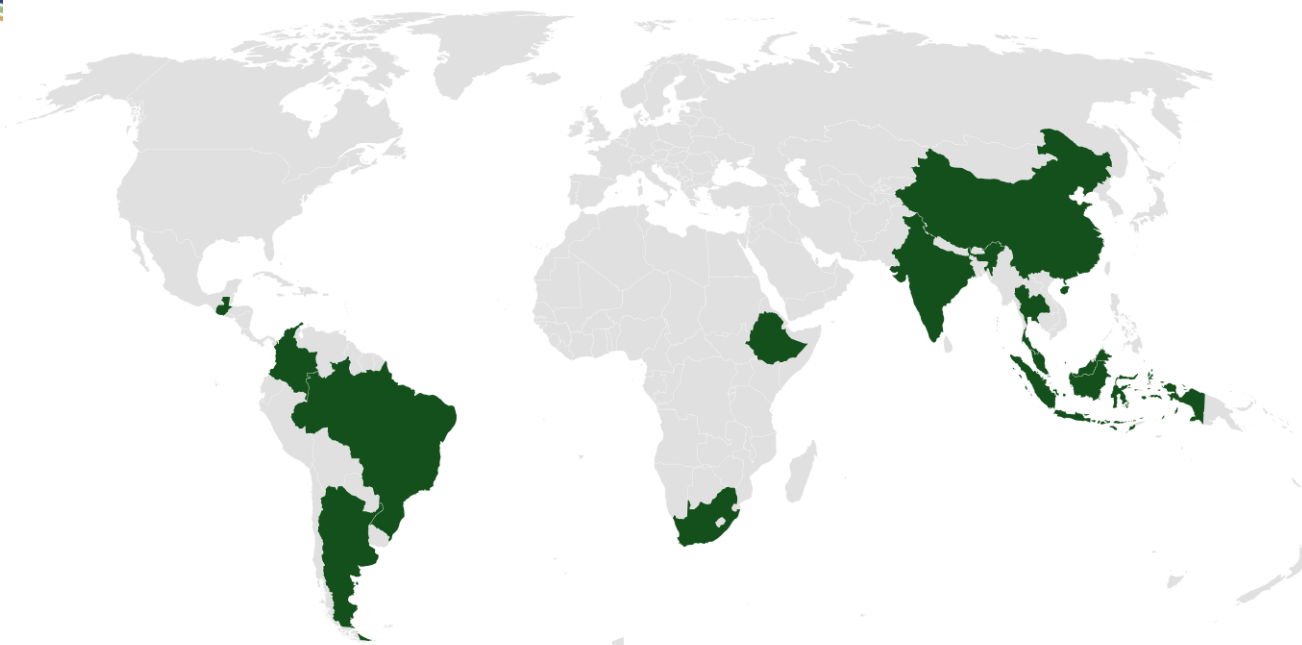
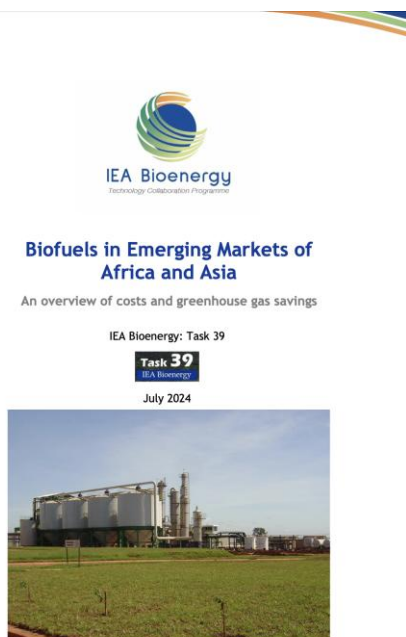
Biofuel use
fully implemented

Malawi
Indonesia
Malaysia
Philippines
Thailand
Argentina
Bolivia
Brazil
Colombia
Ecuador
Paraguay
Peru
Uruguay



**Como os mercados emergentes
podem contribuir para o esforço
de aumentar os biocombustíveis
2,5 vezes de hoje até 2030,
deslocando quase 800 Mt de CO₂
fóssil, ou 10% das emissões
globais de transporte de hoje?**

Potencial e sustentabilidade dos biocombustíveis em mercados emergentes



Produção adicional de biocombustíveis

45,7 bi litros de biodiesel

64,7 bi litros de etanol

Conversão necessária de pastagens: 0,1% para 10,7%

Potencial de economia de GEE > 300 Mt CO₂e por ano

Países em desenvolvimento com grandes populações e potencial de alta demanda de energia

Argentina, Brasil, China, Colômbia, Etiópia, Guatemala, Índia, Indonésia, Malásia, África do Sul, Tailândia

47,0% da população mundial

27,0% das emissões de CO₂ do setor de transporte

Se esse grupo de economias emergentes atingisse a mesma intensidade de carbono per capita do setor de transportes que a média da OCDE, as emissões mundiais do setor de transportes mais do que dobrariam

Mapa do Caminho

Escalar o comprovado. Construir o futuro.

**Escalar o que
funciona agora**

Pista 1

**Biocombustíveis
convencionais**

Disponíveis

**Construir o que
vem a seguir**

Pista 2

**Biocombustíveis
Avançados**

Emergentes

Pista 1 - Convencional

Pista 2 – Avançado

Bioetanol & Biodiesel, diesel renovavel

SAF (HEFA, ATJ, FT), biometano, bio-metanol

Uso da infraestrutura existente Use (dutos, veículos, refinarias e biorefinarias).

Desenvolvimento das novas cadeias de suprimentos(resíduos/e-fuels, BECCUS).

Rapido, econômico, descarboniza a frota cativa (mandatos de mistura, veículos flex, híbrido à etanol).

Descarbonização dos setores difíceis (aviação, navegação, transporte de carga).

Empregos, desenvolvimento rural, co-produtos (alimento, ração, combustível, eletricidade).

Inovação, economia circular, moléculas de alto valor.

Mapa do Caminho



Medir-Reportar-Verificar

Zero desmatamento ou conversão de ecossistemas com alto carbono

Uso eficiente da terra

Integração Alimento-Ração, duplo cultivo, co-produtos, alta produtividade, práticas poupa-terra

Economia Circular

Recuperação de solos degradados, agricultura de precisão, práticas de manejo melhoradas

Indicadores Socio-economicos favoráveis

Integridade de ACV & MRV

Contabilidade harmonizada, registros transparentes, rastreabilidade

OBRIGADA!



**Câmara dos Deputados
DF - Fev 2026**

**Glaucia Mendes Souza
Universidade de São Paulo (USP)
glmsouza@iq.usp.br**