

1. Objetivo

Este documento técnico tem como objetivo apresentar as premissas metodológicas adotadas na RenovaCalc para o cálculo da Nota de Eficiência Energético Ambiental.

2. Escopo da Avaliação de Ciclo de Vida

O cálculo da Nota de Eficiência Energético Ambiental é realizado por meio da contabilidade da intensidade de carbono do biocombustível (IC), em gCO₂eq./MJ, que é comparada à intensidade de carbono do seu combustível fóssil potencial substituto. A contabilidade de carbono é feita pela técnica da Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) (ABNT 2014a e b).

A opção metodológica e premissas adotadas para a ACV estão resumidas na Tabela 1.

Tabela 1. Opção metodológica e premissas da avaliação de ciclo de vida

Abordagem	Atribucional
Escopo	“Do poço à roda”
Unidade funcional	Combustível consumido, em MJ
Alocação	Alocação em base energética feita para produto e coprodutos conforme classificação disponível no documento “Mapeamento das rotas de substratos na RenovaCalc: situação atual e após aplicação de árvores de decisão” .
Fonte de dados dos processos à montante do processo agrícola	Os dados de inventário dos processos a montante do processo agrícola provêm da versão mais atual da base de dados Ecoinvent Association (2024), disponível no momento de cada atualização. Priorizou-se a adoção de inventários de produção e processamento para o Brasil (BR), globais (GLO) e, na indisponibilidade destes, utilizou-se os inventários Rest of the World (RoW).
Mudança de uso da terra	Tratado por mecanismos de gestão de risco, por meio dos critérios de elegibilidade listados nos artigos 27, 28 e 29 da RANP nº 984/2025.
Fatores de caracterização	GWP100, conforme o AR6 do IPCC (2021): CO ₂ = 1; CH ₄ fóssil = 29,8; CH ₄ biogênico = 27,2 e N ₂ O = 273.
Ferramenta de cálculo	RenovaCalc

A abordagem adotada na análise é a atribucional, que busca descrever os impactos ambientais médios associados à produção e uso de um produto, com base em fluxos observados no sistema atual (FINNVEDEN et al., 2009).

O escopo adotado é o “do poço à roda” (ou “do berço ao túmulo”), na qual são contabilizados todos os fluxos de material e energia consumidos pelos processos produtivos e emitidos para o meio ambiente, desde a extração de recursos naturais, aquisição ou produção e tratamento da biomassa, sua conversão em biocombustível, até sua combustão em motores, incluindo todas as fases de transporte.

3. Abrangência

3.1 Biocombustíveis e rotas

As rotas de produção de biocombustíveis aptas a obter o Certificado da Produção Eficiente de Biocombustíveis são aquelas incluídas na RenovaCalc disponível no [sítio eletrônico da ANP](#). Cada rota de produção possui um documento explicitando a estrutura de cálculo da intensidade de carbono do biocombustível.

3.2 Resíduos

A metodologia de classificação dos substratos utilizados na produção de biocombustíveis no âmbito do RenovaBio será detalhada em documento técnico específico após a finalização da análise das contribuições da Participação Social [PS/RenovaCalc/01/RENOVABIO/2025](#). De forma complementar, a Nota Técnica “[Resíduos no Âmbito do RenovaBio: Árvore de Decisão](#)” detalha os fundamentos conceituais, metodológicos e os critérios econômicos que sustentam a referida metodologia, a qual representa uma revisão da lista de resíduos anteriormente definida pela Resolução ANP nº 758/2018.

A aplicação da árvore de decisão está apresentada no documento “[Mapeamento das rotas de substratos na RenovaCalc: situação atual e após aplicação de árvores de decisão](#)”, onde consta a classificação dos substratos utilizados na produção de biocombustíveis.

4. Cálculo da Nota de Eficiência Energético Ambiental

4.1 Fase agrícola de produção

Para a fase agrícola de produção é necessário preencher os campos contidos em Informações Gerais nas abas de Dados Agrícolas Primários e/ou Dados Agrícolas Penalizados para todos os produtores de biomassa elegíveis.

O perfil agrícola penalizado é alimentado com dados correspondentes ao perfil típico estadual de produção, disponíveis nos estudos publicados na [página da ANP](#). A intensidade de carbono calculada para a biomassa é penalizada com base em um fator pré-estabelecido para cada rota de biocombustível. Os fatores de penalização serão detalhados em documento técnico específico após a finalização da análise das contribuições da Participação Social [PS/RenovaCalc/02/RENOVABIO/2025](#).

Para o cálculo da intensidade de carbono da biomassa é feita uma média ponderada da intensidade de carbono para os perfis Primários e Penalizados. O valor ponderado é utilizado para o cálculo da intensidade de carbono do biocombustível.

A composição em nitrogênio, fósforo e potássio de fertilizantes químicos adotados para o cálculo da intensidade de carbono é apresentada na Tabela 2.

Tabela 2. Composição em nitrogênio, fósforo e potássio de fertilizantes químicos.

Fertilizantes	Composição (%)		
	N	P	K
Amônia Anidra	82	0	0
Cloreto de Potássio	0	0	50
Fosfato Monoamônico (MAP)	9	48	0
Fosfato diamônico (DAP)	17	45	0
Nitrato de Amônio	32	0	0
Nitrato de Amônio e Cálcio	20	0	0
Nitrato de Cálcio	14	0	0
Solução de Nitrato de Amônio e Ureia	30	0	0
Sulfato de Amônio	20	0	0
Superfosfato Simples	0	18	0
Superfosfato Triplo	0	41	0
Ureia	45	0	0

Fonte: BRASIL, 2018.

4.2 Fase industrial de produção

Para a fase industrial de produção, o produtor ou importador de biocombustível deve sempre informar dados primários referentes aos processos de produção dos produtos intermediários e dos biocombustíveis, como por exemplo o óleo e o biodiesel, não existindo a opção de perfil penalizado. Na fase industrial, deverão ser preenchidas informações referentes à quantidade total de biomassa ou produto intermediário processado na unidade produtora, independentemente do atendimento aos critérios de elegibilidade.

4.3 Fase de distribuição

Para a fase de distribuição, o produtor ou importador de biocombustível deve informar o sistema logístico de distribuição de cada fração de seus biocombustíveis comercializados. Os sistemas logísticos disponíveis são:

- rodoviário;
- dutoviário;
- ferroviário;
- marítimo (apenas para o etanol combustível importado produzido a partir de milho); e
- fluvial.



**RENOVACALC – PREMISSAS METODÓLOGICAS PARA
CÁLCULO DA NOTA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICO
AMBIENTAL**

Documento Técnico

As emissões de gases de efeito estufa (GEE) são calculadas considerando, para cada biocombustível, a distância média de distribuição da unidade produtora até o consumidor final, para cada sistema logístico.

A Tabela 3 apresenta a composição e as distâncias médias adotadas para cada sistema logístico, para as rotas definidas na RenovaCalc.

Caso o produtor ou importador de biocombustível não possua registros comprobatórios sobre o sistema logístico para distribuição do biocombustível, deverá ser utilizado o sistema logístico rodoviário, exceto para a rota de etanol produzido a partir de milho e importado, para a qual deverá ser adotado o sistema logístico marítimo.



RENOVACALC – PREMISSAS METODÓLOGICAS PARA CÁLCULO DA NOTA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICO AMBIENTAL

Documento Técnico

Tabela 3. Composição e distâncias médias (km) dos sistemas logísticos.

	Sistemas logísticos									
	Rodoviário	Dutoviário		Ferroviário		Marítimo			Fluvial	
	Rodoviário	Dutoviário	Rodoviário	Ferroviário	Rodoviário	Rodoviário	Ferroviário	Marítimo	Rodoviário	Fluvial
Biocombustível										
Etanol combustível de primeira geração de cana-de-açúcar	700	500	200	300	400	-	-	-	-	-
Etanol de melaço de soja	700	500	200	300	400	-	-	-	-	-
Etanol combustível de primeira e segunda geração em usina integrada	700	500	200	300	400	-	-	-	-	-
Etanol combustível de segunda geração	700	500	200	300	400	-	-	-	-	-
Etanol combustível de primeira geração de cana de açúcar, milho e sorgo em usina integrada (flex)	700	500	200	300	400	-	-	-	-	-
Etanol combustível de primeira geração de milho e sorgo	700	100	100	100	100	-	-	-	1300	1240
Etanol combustível de primeira geração de milho importado	-	-	-	-	-	600	1400	13000	-	-
Biodiesel	700	-	-	1200	300	-	-	-	1300	1240
Combustíveis alternativos sintetizados por ácidos graxos e ésteres hidroprocessados (HEFA) de soja	1500	900	600	900	600	-	-	-	-	-
Biometano*	43	24	-	-	-	-	-	-	-	-

* Para a fração do biometano que é transportada até os postos de combustíveis, considerou-se a distribuição exclusivamente via sistema rodoviário e, para a fração do biometano que é injetada diretamente na rede, considerou-se a distribuição exclusivamente por duto.

5. Cálculo da Intensidade de Carbono dos Biocombustíveis

O sistema realiza o cálculo da intensidade de carbono do biocombustível em gCO₂eq./MJ a partir de três passos principais:

- i. Associação dos “fluxos de entrada” aos dados de emissões de gases de efeito estufa a montante do processo agroindustrial, relacionadas à produção de insumos agrícolas e industriais, à produção de combustíveis e à geração de energia e, a jusante, relacionados à distribuição e uso do biocombustível;
- ii. Adequação dos parâmetros do item (i) ao fluxo de referência (1 MJ do biocombustível certificado);
- iii. Consolidação do inventário das emissões de gases de efeito estufa geradas nas fases agrícola, industrial, de distribuição e uso do biocombustível.

Para os cálculos, a conversão das emissões de gases de efeito estufa para a unidade “gCO₂eq.” foi feita a partir de fatores de caracterização para cada gás (IPCC, 2021): CO₂ = 1; CH₄ fóssil = 29,8; CH₄ biogênico = 27,2 e N₂O = 273. A cada atualização da RenovaCalc, será adotada a referência mais recente do IPCC para os fatores de caracterização.

5.1 Emissões de queima de combustíveis

As emissões de CO₂ decorrentes da queima de combustíveis foram estimadas com base no *GHG Protocol*, que define diretrizes metodológicas amplamente reconhecidas para contabilização de gases de efeito estufa. Todas as rotas avaliadas seguiram essas diretrizes, com exceção do biodiesel adaptado, para o qual foi necessário considerar uma fração de carbono fóssil incorporada ao produto final.

Esse carbono fóssil é proveniente do metanol (CH₃OH) de origem fóssil utilizado no processo de transesterificação. Embora o biodiesel seja majoritariamente renovável, parte do carbono do metanol permanece quimicamente ligado à molécula do éster metílico e, consequentemente, é emitido como CO₂ durante a combustão do combustível. Para garantir a coerência metodológica, esse carbono deve ser atribuído à etapa de uso do biodiesel. Essa abordagem já é adotada em estudos recentes que utilizam dados industriais e os parâmetros do modelo GREET (Xu et al., 2022).

O valor de consumo de metanol adotado na estimativa foi de 0,102 kg de metanol por kg de biodiesel produzido, correspondente ao perfil médio de produção das usinas brasileiras já certificadas no âmbito do RenovaBio. Nesse sentido, a Tabela 4 apresenta os fatores médios utilizados para quantificar a contribuição fóssil decorrente da queima do biodiesel.

Tabela 4. Estimativa de CO₂ fóssil emitido na queima de biodiesel, considerando a incorporação de carbono proveniente do metanol fóssil.

Parâmetro	Valor
Conteúdo de carbono no metanol (kg C/kg)	0,375
Fator de conversão para CO ₂ (kg CO ₂ /kg metanol)	1,375
Média de uso de metanol (kg metanol/kg biodiesel)	0,102
Emissão fóssil estimada na queima (kg CO ₂ /kg biodiesel)	0,141

Fonte: Valor médio calculado com base nos valores preenchidos nas rotas certificadas pelo RenovaBio.

5.2 Cálculo da Nota de Eficiência Energético Ambiental

Os índices utilizados nas conversões de unidades de medidas são apresentados nas Tabelas 5 e 6.

A Nota de Eficiência Energético Ambiental é determinada a partir da subtração da intensidade de carbono de cada biocombustível (em gCO₂eq./MJ) daquela do seu combustível fóssil substituto, segundo a Tabela 7, adotando-se os valores da Tabela 8.

Tabela 5. Massa específica e poder calorífico inferior dos combustíveis.

Produto	Massa específica [kg/L]	Poder Calorífico Inferior [kcal/kg]	Poder Calorífico Inferior [MJ/kg]	Referência
Etanol anidro ¹	0,791	6.750	28,26	ANP
Etanol hidratado ¹	0,809	6.300	26,38	ANP
Biodiesel ¹	0,880	9.000	37,68	ANP
Biometano ²	0,00076	11.560	48,25	ANP
Gás combustível alternativo	0,00080	10.848	45,42	Petrobras – Densidade - https://www.neste.fi/static/ktt/13898_eng.pdf
Querosene parafínico sintetizado por ácidos graxos e ésteres hidroprocessados (SPK – HEFA) ¹	0,73500	10.400	43,54	KLEIN et al. (2018) - CTBE
Diesel alternativo sintetizado por ácidos graxos e ésteres hidroprocessados (HEFA) ¹	0,78200	10.504	43,98	Petrobras – Densidade - https://www.neste.fi/static/ktt/13898_eng.pdf
Gasolina alternativa sintetizada por ácidos graxos e ésteres hidroprocessados (HEFA) ¹	0,69000	10.734	44,94	Petrobras – Densidade - https://www.neste.fi/static/ktt/13898_eng.pdf
Nafta alternativa sintetizada por ácidos graxos e ésteres hidroprocessados (HEFA) ¹	0,60000	10.731	44,93	Petrobras – Densidade - https://petrobras.com.br/documents/2677942/3190768/Manual%20de%20Naftas%20Petroquimicas%202021.pdf/124a854d-8a77-19da-6650-a0a0f09d87b0?version=1.0&t=1691773217000&download=true
Gás liquefeito alternativo	0,55000	11.130	46,60	Petrobras – Densidade -



RENOVACALC – PREMISSAS METODÓLOGICAS PARA CÁLCULO DA NOTA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICO AMBIENTAL

Documento Técnico

sintetizado por ácidos graxos e ésteres hidroprocessados (HEFA) ³				https://www.neste.fi/static/ktt/13898_eng.pdf
Gasolina A ¹	0,742	10.400	43,54	ANP
Diesel A ¹	0,840	10.100	42,29	ANP
Gás natural ¹	0,00074	11.892	49,79	ANP
Querosene de aviação ¹	0,799	10.400	43,54	ANP
GLP ³	0,552	11.100	46,47	ANP
Óleo combustível	1,013	9.590	40,15	ANP
Produto	Massa específica [kg/Nm ³]	Poder Calorífico Inferior [kcal/Nm ³]	Poder Calorífico Inferior [MJ/Nm ³]	Referência
Gás natural ¹	0,74	8.800	36,84	EPE – Arquivo 2025, Tabela 2 > https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/nota-tecnica-descarbonizacao-do-setor-de-transporte-rodoviario-intensidade-de-carbono-das-fontes-de-energia-
Biometano ²	0,76	8.758	36,67	EPE – Arquivo 2025, Tabela 2 > https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/nota-tecnica-descarbonizacao-do-setor-de-transporte-rodoviario-intensidade-de-carbono-das-fontes-de-energia-

¹ Massa específica à temperatura de 273,15 K (0 °C) e 101,325 kPa (1 atm).

² Biometano com 96,5% de metano, a 273,15 K (0 °C) e 101,325 kPa (1 atm).

³ Massa específica à temperatura de 273,15 K (0 °C) e pressurizado.

Tabela 6. Poder calorífico inferior dos produtos dos processos de produção de óleo e biocombustíveis.

Produto	Poder Calorífico Inferior [MJ/kg]	Referência
Açúcar	16,19	TACO (2011)
Açúcar cristal	16,19	TACO (2011)
Açúcar mascavo	15,42	TACO (2011)
Açúcar refinado	16,17	TACO (2011)
Aguardente	0,902	TACO (2011); teor alcoólico de 31,1 g/100g
Amido de milho	15,90	USDA (2024) - https://fdc.nal.usda.gov/food-details/169698/nutrients
Casca de soja	15,10	Mourad & Walter (2011)
CGF – “Corn Gluten Feed”	18,61	Shapouri et al (2002)
CGM – “Corn Gluten Meal”	18,61	Shapouri et al (2002)
Concentrado proteico	18,70	Tabelas Brasileiras para aves e suínos (Energia Bruta)
DDG – “Dried Distillers Grains”	20,24	Assumido igual ao do DDGS
DDGS – “Dried Distillers Grains with Solubles”	20,24	Arora et al. (2010)
Farelo de milho	15,40	Assumido igual ao do farelo de soja
Farelo de soja	15,40	Mourad & Walter (2011)
Fibra de milho	18,61	Assumido igual ao do CGF - https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811971-6.00018-8
Glicerina bruta***	14,62	ABIOVE
Glicerina purificada**	16,20	Mourad & Walter (2011)
Lecitina de soja	31,90	Mandalawi et al. (2015)
Melaço de cana	7,74	BEN (2021)
Melaço de soja*	17,89	Agrifootprint 5.0 (2019)
Óleo de milho e óleo técnico de milho	37,22	Arora et al (2010)
Óleo de Palma	39,69	Pardo et al. (2006)
Óleo de Palmiste	38,20	Pardo et al. (2006)
Óleo de soja	34,04	Mourad & Walter (2011)
Rapadura	14,73	TACO (2011)
Torta de Palmiste	22,20	Pardo et al. (2006)
WDG – “Wet Distillers Grains”	20,51	Li et al. (2021)

*Poder calorífico inferior (PCI) para Melaço com Brix de 75°.

**Glicerina purificada: trata-se da glicerina derivada do processo de produção do biodiesel que passa por uma ou mais etapas de purificação, tais como destilação, evaporação, extração, filtração ou centrifugação, a fim de se obter um produto com maior teor de pureza.

***Glicerina bruta: glicerina derivada do processo de produção do biodiesel que não passa por etapas de purificação na planta de produção de biodiesel, e é comercializada em sua forma bruta.

Tabela 7. Biocombustíveis e seus combustíveis fósseis substitutos.

Biocombustível	Combustível Fóssil
Etanol combustível	Gasolina
Biodiesel	Diesel
Biometano	Média ponderada, considerando as vendas internas de Diesel, Gasolina e Gás Natural Veicular em unidade energética
Querosene parafínico sintetizado por ácidos graxos e ésteres hidroprocessados (SPK - HEFA)	Querosene de aviação
Diesel alternativo sintetizado por ácidos graxos e ésteres hidroprocessados (HEFA)	Diesel
Gasolina alternativa sintetizado por ácidos graxos e ésteres hidroprocessados (HEFA)	Gasolina

Tabela 8. Intensidade de carbono dos combustíveis fósseis.

Combustível Fóssil	Intensidade de Carbono [gCO ₂ eq./MJ]
Gasolina	87,4
Diesel	86,5
Média entre Gasolina, Diesel e GNV	86,7
Querosene de aviação	87,5

Referência

ABIOVE, Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais

ANP, RESOLUÇÃO ANP Nº 984, DE 16 DE JUNHO DE 2025 - DOU DE 17-06-2025

ARORA, S.; WU, M.; WANG, M. Estimated displaced products and ratios of distillers'co products from corn ethanol plants and the implications of lifecycle analysis. *Biofuels*, v. 1, n. 6, p. 911-922, 2010.

BEN, Balanço Energético Nacional (2021): Ano base 2020. Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Rio de Janeiro: 292 p., 2021. <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-601/topico-596/BEN2021.pdf>

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Instrução Normativa nº 39, de 8 de agosto de 2018*. Estabelece as especificações e as garantias, a classificação, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes minerais simples, mistos, fluidos e dos fertilizantes orgânico-minerais destinados à agricultura. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, n. 153, p. 6-10, 9 ago. 2018.

ECOINVENT ASSOCIATION. *ecoinvent database version 3.11*. Vevey, Suíça, 19 nov. 2024. Base de dados.

FINNVEDEN, G., HAUSCHILD, M.Z., EKVALL, T., GUINÉE, J., HEIJUNGS, R., HELLWEG, S., ... & SUH, S. (2009). Recent developments in Life Cycle Assessment. *Journal of Environmental Management*, 91(1), 1–21. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.06.018>

IPCC (2021). Mudança do Clima 2021: A Base Científica. Sexto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima. https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/relatorios-do-ipcc/arquivos/pdf/IPCC_mudanca2.pdf

ISO. (2006a). *International Organization for Standardization. ISO 14040. Environmental management – Life-cycle assessment – Principles and framework*. <https://www.iso.org/standard/37456.html>

ISO. (2006b). *International Organization for Standardization. ISO 14044. Environmental management – Life-cycle assessment – Requirements and guidelines*. <https://www.iso.org/standard/38498.html>

ISO 14040:2014 “Gestão ambiental – Avaliação de Ciclo de Vida – Princípios e Estrutura” (ABNT 2014a)

ISO 14044:2014 “Gestão ambiental – Avaliação de Ciclo de Vida – Requisitos e orientações” (ABNT 2014b)

LI, C.; LEE, M; HOALEY, A.; PATEL, J.; LIM, S; KOZIELSKI, K. (2021) Economic Analysis For Sustainable Utilization of Ethanol Production Residues From Grain and Inedible Plant Wastes. *Research Square*. Doi. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1080015/v1>

LIMA, D. M.; PADOVANI, R. M.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; FARFÁN, J. A.; NONATO, C. T.; LIMA, M. T. de. Tabela brasileira de composição de alimentos: **TACO**. 4. ed. rev. ampl. Campinas: NEPA-UNICAMP, 2011. 161 p.

MANDALAWI, H.A. et al. Glycerin and lecithin inclusion in diets for brown egg-laying hens: Effects on egg production and nutrient digestibility. *Animal Feed Science and Technology*, v. 209, p. 145-156, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.07.019>

MOURAD, A. L.; WALTER, A. The energy balance of soybean biodiesel in Brasil: a case study. *Biofuels, Bioproducts & Biorefining*, v. 5, n. 2, p. 185-197, 2011.

PARDO, R.; ACEVEDO, H.; FREIRE, F. "Inventário del Ciclo de Vida del Aceite de Palma de una planta en los Llanos Orientales Colombianos", Grupo de Investigación en Biocombustibles, Energía y Protección del Medio Ambiente Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá, Dpto. Ing. Mecânica. 2006.

PASSEN, M. V. et al. (2019) Agrifootprint 5.0 - Part 1: Methodology and basic principles. <https://simapro.com/wp-content/uploads/2020/10/Agri-Footprint-5.0-Part-1-Methodology-and-basic-principles.pdf>

ROSTAGNO, H S.; ALBINO, L.F.T (2024) Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos, 5ª edição

RAUSCH, K.D.; HUMMEL; JOHNSON, L.A.; MAY, J.B. (2019) Chapter 18 - Wet Milling: The Basis for Corn Biorefineries. *In: Corn, Chemistry and Technology*, p. 501-535. Doi. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811971-6.00018-8>

USDA, [U.S. Department of Agriculture](https://www.usda.gov/): [Agricultural Research Service](https://www.ars.usda.gov/) (2018). Food Data Central: Food Details. <https://fdc.nal.usda.gov/food-details/169698/nutrients>

SHAPOURI, H.; DUFFIEL, J. A.; WANG, M. The energy balance of corn ethanol: an update. Washington, DC: USDA, 2002. 15 p. (Agricultural Economic Report, 813). https://www1.eere.energy.gov/bioenergy/pdfs/energy_balance_of_corn_ethanol.pdf

XU, H.; OU, L.; LI, Y.; HAWKINS, T. R.; WANG, M. Life cycle greenhouse gas emissions of biodiesel and renewable diesel production in the United States. *Environmental Science & Technology*, Washington, DC, v. 56, n. 12, p. 7512–7521, 2022. <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c00289>