

巴西的 生物燃料产业

课堂、挑战和机遇



除非另有说明，本出版物中的资料可以自由使用、共享、复制、再版、印刷和/或存储，前提是必须适当注明IRENA是资料来源和版权所有。本出版物中归第三方所有的资料可能受不同的使用条款和限制约束，并且在使用此类资料之前，可能需要获得这些第三方的适当许可。

ISBN : 978-92-9260-688-6

引用： 国际可再生能源署，(2025)， *巴西生物燃料产业：经验、挑战与机遇* 国际可再生能源机构，阿布扎比。

关于IRENA

国际可再生能源署（IRENA）是一个政府间组织，支持各国向可持续能源未来过渡，并作为国际合作的主要平台、卓越中心以及可再生能源政策、技术、资源和金融知识的宝库。IRENA促进各种形式的可再生能源（包括生物质能、地热能、水力能、海洋能、太阳能和风能）的广泛采用和可持续利用，以实现可持续发展、能源获取、能源安全和低碳经济增长与繁荣。

www.irena.org

致谢

本报告由 Emilio Matsumura（顾问）和 Ricardo Gorini（IRENA）撰写。

作者们感谢巴西发展银行（BNDES）、矿业能源部（MME）、外交部（MRE）、能源研究局（EPE）和国家民用航空局（ANAC）的输入，特别是Artur Yabe Milanez（BNDES）；Otávio Forattini Lemos Igreja和Laís de Souza Garcia（MRE）；Angela Oliveira da Costa和Rachel Martins Henriques（EPE）；Luis Augusto Horta Nogueira（Unifei和Unicamp）；Binu Parthan、Michael Renner和Chun Sheng Goh（IRENA）；以及Marcela Braga Anselmi（ANAC）。

出版和制作支持由 Francis Field 和 Stephanie Clarke 提供；通讯和数字支持由 Daria Gazzola 提供。该报告由 Erin Crum 编辑，图形设计由 Phoenix Design Aid 完成。

国际 renewable 能源署（IRENA）感谢阿拉伯联合酋长国政府慷慨支持了构成本报告基础的工作。

免责声明

本出版物及其中包含的材料均按“原样”提供。国际可再生能源署已采取一切合理措施核实本出版物中材料的可靠性。但是，国际可再生能源署及其官员、代理人、数据或其他第三方内容提供者均不提供任何形式的保证，无论是明示的还是暗示的，并且他们对使用本出版物或其中包含的材料所导致的任何后果概不负责。

此处包含的信息不一定代表IRENA所有成员的观点。提及特定公司或某些项目或产品，并不意味着IRENA优先认可或推荐它们，而非提及的具有类似性质的其他选项。此处采用的名称和材料展示方式，并不表明IRENA对任何地区、国家、领土、城市或地区的法律地位，或其当局，或对其边界或边界划分的看法。

前言

巴西在可持续生物燃料发展方面的经验，是创新、政策设计和长远眼光如何推动能源部门脱碳的一个宝贵范例。它为寻求在促进经济增长和社会包容的同时推进自身能源转型的国家提供了关键见解和令人信服的模式。

根据IRENA的1.5°C情景，可持续燃料——包括生物燃料和绿色氢衍生燃料——将在全球能源转型中发挥越来越重要的作用。它们在终端能源消费中的份额预计到2030年将达到约10%，到2050年至少达到20%；然而，这将需要协同行动、国际合作和大规模的投资动员。在建立可持续性标准及其应用方面，国际合作也至关重要。

巴西的经验突出了制定能够增强可持续性、降低投资风险并促进创新的战略和清晰政策框架的迫切需求。这包括：创建适宜的制度环境；通过有效政策建立一致的长远目标；鼓励公共和私人利益相关者之间的建设性讨论；促进国际合作；以及支持研发以解锁下一代生物燃料技术。

在我们从巴库到贝伦的旅途中，重点必须从承诺转向落实。我们鼓励各国深化合作——双边、区域和多边——以释放可持续燃料在全球脱碳工作中的全部潜力。通过共享学习、协调行动和集体雄心，我们可以加速可持续解决方案的部署；为此，巴西的经验或许能启发政策制定者将雄心转化为切实的进展。

弗朗切斯科·拉卡梅拉

总干事
国际可再生能源机构



目录

前言.....	3	执行摘要.....	
.....	6		
1. 简介.....	8		
2. 现代生物能源在能源转型中的重要性	9		
3. 巴西生物能源概述	11		
3.1 生物乙醇.....	13	3.2 生物柴油.....	
.....	15	3.3 工业产能：生物精炼厂	
.....	17		
4. 机构治理。	19		
5. 政策、计划、项目和其他政府举措.....	20		
5.1 能源政策.....	20		
5.2 气候政策.....	23		
5.3 税收政策	25		
5.4 公共资金和低息信贷额度	26		
5.5 其他激励措施.....	27		
6. 巴西能源转型下的生物燃料新政策.....	29		
6.1 国家能源转型政策	29	6.2 未来燃料法.....	
.....	29	6.3 新产业巴西计划	
.....	33		
7. 技术创新.....	34		
8. 从巴西生物燃料经验中吸取的教训.....	35		
8.1 充足的监管框架和制度治理.....	35		
8.2 平衡且可预测的公共政策	36		
8.3 合作性国际参与的效力	36		
参考文献	38		

图例

图1 可持续燃料在全球能源组合脱碳中的关键作用.....	9
图2 生物能在终端总能源消费中的份额（2023年）。	11
图3 交通运输部门总能源消费中可再生能源份额的演变。	11
图4 巴西2022年的土地利用和土地覆盖.....	12
图5 乙醇消耗，1975-2024。	13
图6 乙醇国内供应预测.....	14
图7 生物柴油消费演变，2005-2023.....	15
图8 生物柴油消费预测.....	17
图9 乙醇生产能力预测.....	18
图10 巴西乙醇混合配额的历史演变.....	22
图11 巴西历史上的生物柴油混配强制性规定及生物柴油年消费量.....	23

表

表1	Renovabio CBio目标值和预计的排放削减值。	24
----	-----------------------------------	----

盒子

框1 社交生物燃料邮票计划。	16
框2 估计巴西生物燃料部门的就业人数.....	27

执行摘要

巴黎协定将全球升温控制在工业化前水平1.5°C以内的目标，若没有可持续生物质和生物燃料将无法实现。它们在全球转型和可再生能源多样化中将发挥的作用，也将就能源和供应链安全带来显著效益。

在IRENA的1.5°C情景下，来自该机构的 *全球能源转型* 工作流，可持续生物质应至少占15% *outlook* 到2050年最终能源消耗量（55艾焦耳[EJ]），相当于当今水平的约三倍。

乙醇和生物柴油在公路运输中是成熟的市场，许多其他的新应用正在开发中，例如生物基可持续航空燃料（SAF）；海上使用的生物燃料舱；以及用于各种工业应用（如供暖）的可持续生物质。它们是交通部门和难以减排部门的脱碳化的重要解决方案。

因此，如果能源转型要有竞争力和惠及当地社区，全球生产需要增加，同时全球贸易壁垒需要减少。在地面上扩大投资在区域和国家层面都至关重要。根据IRENA即将发布的报告，像南美洲这样的地区拥有巨大的可持续生物质潜力。 *区域* 报告，并且能够很好地协助 *能源转型展望：南美洲* 全球脱碳努力。

从成功案例和典范中学习是加速能源转型的一种有效方式。例如，巴西终端能源消费中有大约25%由生物质（所有形式）满足，这促成了该国一次能源结构中可再生能源占50%的份额。

事实上，1970年代的石油冲击等能源安全危机，加上多元化需求，以及寻求可行性和竞争力，都已成为巴西决策者实施生物燃料政策和计划的重要推动力。如今，在全球各地，类似的利益组合正在发展。因此，本报告提出以下主要结论：

- 法律框架、稳定的长期政策以及清晰的前景为投资者、消费者和行业中的生物燃料部门发展提供了明确的积极信号。一个成功的生物燃料部门需要多个协调治理机制，涵盖国家能源规划、交通规划、气候与环境政策、土地利用和农业政策以及工业与创新政策。



- 确保新兴生物燃料产业在就业、环境和社会方面采用明确、透明和可追溯的可持续做法至关重要——第三方独立认证是这方面必要的一步。建立成功和可持续的产业需要一个具有明确里程碑的路线图，强调各利益相关者之间的协调，尤其是在政府层面。

- 发展可持续的生物燃料部门也将从就业创造、地方发展和供应链多元化等方面为经济带来积极成果。因此，它非常适合可持续发展目标和脱碳。

- 巴西的生物燃料行业受益于税收优惠、生物燃料混合计划、财务激励措施、灵活燃料汽车的支持、技术认证的监管以及碳交易市场。本报告提供了这些巴西工具演变过程的描述。

- 国际合作可以在促进可持续燃料发展方面发挥重要作用，例如促进技术交流、可持续最佳实践、消除贸易和监管壁垒、制定认证和标准，以及提高对资金需求和机会的认识。

本报告应巴西cop30主席团的请求发布，是IRENA为在cop30激活小组下展示现有解决方案并促进能源转型加速计划所做的贡献的一部分。它也为由巴西牵头、IRENA担任秘书处的全球能源规划联盟（GCEP）倡议提供信息。国家级政策制定者以及OLADE、东盟和非洲国家等区域能源论坛可能会将其作为一个指南或路线图，特别有用，以补充其能源转型战略、计划和政策。



1. 简介

现代生物能源预计将在能源转型中发挥越来越重要的作用。它在未来几年内占终端总能耗的很大一部分，并且在1.5°C情景下（BNDES, 2008; IRENA, 2024a）到2030年需要贡献12%，到2050年需要贡献15%。¹

然而，要发挥生物能源的全部潜力，需要采取全面的方法（包括合适的制度框架、持续长期目标、与私人利益相关者的有效参与、国际合作和创新），以解决生物能源大规模推广所面临的关键障碍，如政策不确定性、技术准备情况、成本和融资问题、市场准入有限、供应链复杂性和可持续性风险（IRENA, 2024a）。

与国际可再生能源署（IRENA）的全球视角相一致，巴西的经验，特别是生物乙醇方面，为可持续脱碳提供了一个引人注目的模式。它提供了一条低成本且有竞争力的途径，对全球能源转型做出了重大贡献。通过营造有利的监管环境来促进市场竞争，并战略性地运用税收政策来影响燃料消费，巴西积极支持向生物燃料的转变。²

巴西的经验突显了实施旨在增强可持续性并解决投资壁垒的战略和政策的关键性。这包括创建适当的制度框架，通过有效政策确立一致性的长期目标，鼓励与私人利益相关者的建设性讨论，追求国际合作，以及推进创新，以促进生物燃料在能源结构中的发展。

本报告重点关注巴西在乙醇、生物柴油以及一些先进生物燃料方面的经验和观点。它不包括其他生物能源载体（例如固体生物燃料和沼气）。



¹ IRENA 1.5°C情景概述了一条能源转型路径，旨在到本世纪末将全球平均气温上升限制在工业化前水平以上1.5°C。该战略优先考虑可规模化以满足此目标的现有技术解决方案（IRENA, 2024a）。

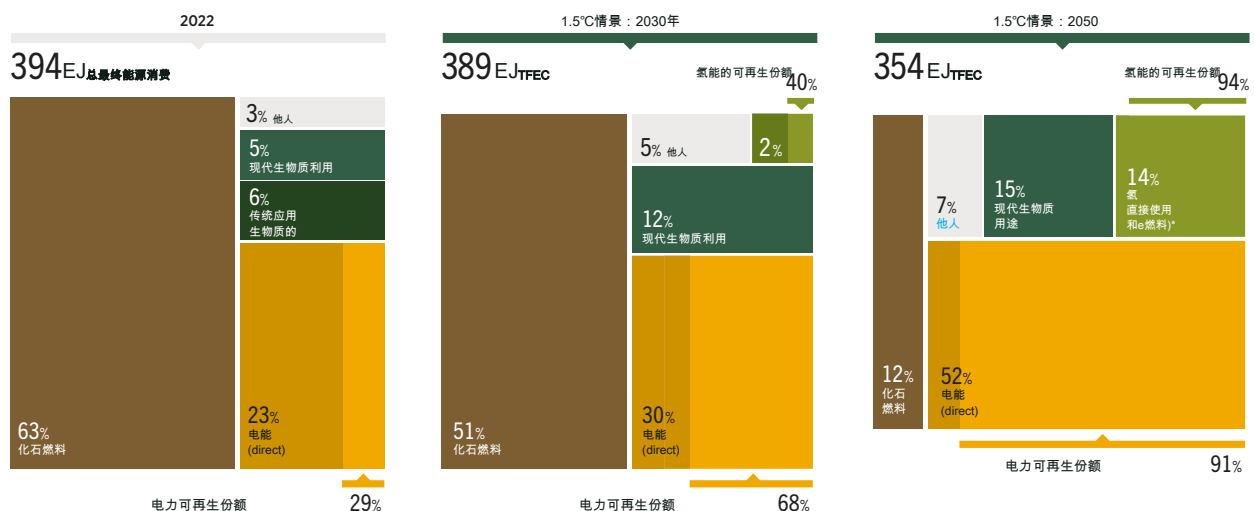
² 巴西的监管框架通过避免政府对燃料价格进行直接干预、促进市场竞争来支持生物燃料产业。联邦税种如CIDE（经济领域干预费）、PIS/COFINS（联邦社会贡献）以及州级ICMS税（增值税）在调节燃料经济中发挥作用。政府积极运用税收政策来激励乙醇消费相对于汽油消费，从而促进能源转型。

2. 现代生物能源在能源转型中的重要性

被认为是效率和提高电气化（支持1.5°C目标的主要驱动力）之一关键使能因素，现代生物能源为全球能源组合脱碳提供了现有和有前景的解决方案，并且与直接电气化可能具有挑战性的那些部门相关（IRENA，2022）。

国际可再生能源署（IRENA，2024a）预计，在1.5°C情景下，到2050年，能源结构中约有15%需要来自现代生物物质的直接使用，比2022年的水平增长两倍。

图1 可持续燃料在全球能源组合脱碳中的关键作用



源代码：

(国际可再生能源署，2024a)。

注意：EJ = 太焦耳；e-fuels = 电燃料；TFEC = 总最终电力消耗。

液体生物燃料将是这一扩张的关键组成部分，特别是在交通部门的脱碳方面。根据国际可再生能源署（IRENA，2023年），在1.5°C情景下，到2050年，交通部门的生物能源消费需要增长三倍，以补充电动汽车的日益普及和燃料效率的提高。

对于公路运输，提高生物燃料掺混比例对于脱碳至关重要，例如巴西和印度尼西亚，预计到2050年生物燃料将达到最终能源消费量的35%，以及印度到2030年在汽油中将乙醇掺混比例的目标为20%（IRENA，2023）。在航空领域，可持续航空燃料（SAF）提供了所需的高能量密度、可调度的燃料，并与现有基础设施无缝集成。预计到2050年，它们将在IRENA的1.5°C情景下占航空总能源消费量的24%（IRENA，2023）。尽管规模更小，航运领域也将看到生物燃料的作用，预计到2050年它将贡献其能源组合的10%（IRENA，2022）。



除了交通运输之外，现代生物能源对工业和建筑部门脱碳也做出了重要贡献。在IRENA的1.5°C情景中，其工业领域的使用量将于2020年至2050年间增长四倍，主要通过替代化工、水泥和金属行业中的化石基原料和能源。在建筑领域，现代生物质的使用量预计将从2030年至2050年间增长三倍，从低效的传统生物质形式转向生物热、沼气和生物电力（IRENA，2022）。

此外，现代生物能源在提高整体能源系统灵活性和实现负排放方面发挥着双重作用。碳捕获与封存（CCS）的生物能源（BECCS）是实现净零目标的关键技术，到2050年，能够捕获和封存大约高达4.5吉吨的二氧化碳，从而直接从大气中去除碳（IRENA，2022）。生物能源还可以提供可调度的电力，补充太阳能和风能的波动性，从而增强电网的稳定性和韧性。

规模化生物能源的成功与可持续性有着内在联系。现代生物能源被视为更广泛生物经济的重要组成部分，利用农业残渣、生物源废弃物和生态系统管理产生的副产品等多样化资源。这种方法旨在最大化温室气体（GHG）减排，并避免对粮食安全、生物多样性和土地利用变更产生负面影响。虽然残渣和废弃物因碳足迹较低而得到优先考虑，但它们的实际动员面临物流和经济限制，需要在不损害粮食安全和生物多样性的前提下，探索利用未充分利用的低碳土地种植能源作物（IRENA，2022）。生命周期排放，特别是与土地利用变更相关的排放，是一个关键考量因素，强调了可持续景观管理以及结合二氧化碳移除机制（如BECCS）的重要性。

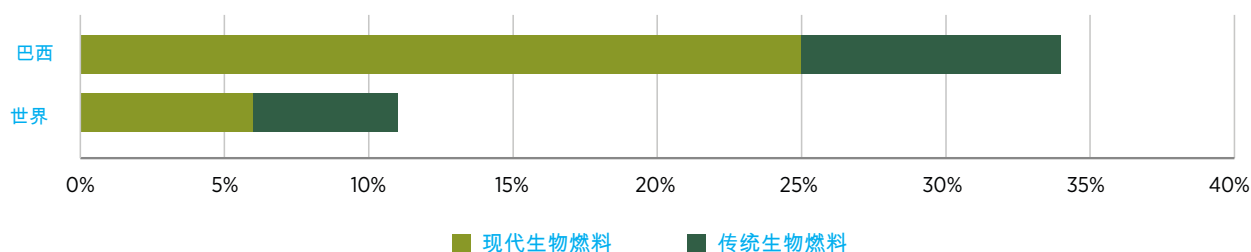
最终，生物能源充分潜力的实现依赖于一个强大的支撑框架。这包括解决现有障碍，例如政策不确定性、技术准备情况、成本和融资挑战，以及供应链复杂性（IRENA，2022）。

本文的其余部分将深入探讨巴西的经验，展示其方法——以合适的制度结构、持续性的长期目标、与私人利益相关者的参与、区域发展和可持续性目标为特征——如何为现代生物能源成功融入国家能源组合提供了引人入胜的典范。

3. 巴西生物能源概述

来自甘蔗、木柴、玉米、大豆和其他来源的生物能源在2024年占巴西初级能源生产的近33%，使其成为其能源结构中最相关的可再生来源。甘蔗生物质和生物柴油约占该国初级能源生产的19%。在全球范围内，生物能源在2022年占总终端能源消费量的约11%，其中大约一半是由于采用高效和环保的技术（如生物液体燃料）而导致的现代生物能源的日益增长使用（IRENA，2024a）（图2）。³

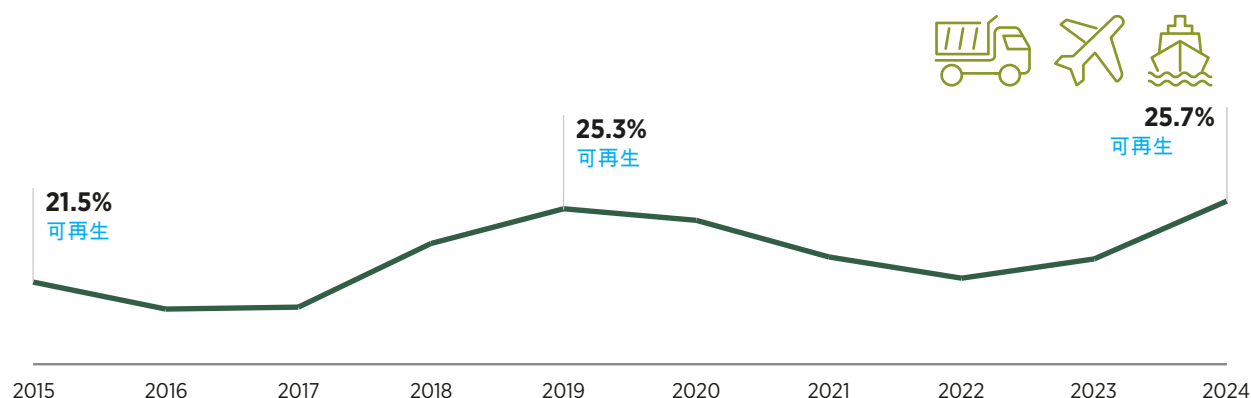
图2 生物能源在总最终能源消费中的占比（2023年）



来源：(MME/EPE, 2024a; REN21, 2024)。

在交通领域，生物能源的可再生份额占2021年世界交通终端能源消费总量的3.9%（REN21，2024），而在巴西，这一比例在2024年达到了25.7%（图3）。

图3 交通运输部门终端能源消费中可再生能源占比的演变



来源：(MME/EPE, 2024a)。

³ 根据IRENA，传统方法包括使用低效且可能有害的炉灶进行烹饪，而现代生物能源则涵盖工业、建筑和交通中液体生物燃料的生产和使用，以及沼气和生物电的产生（IRENA，2024a）。

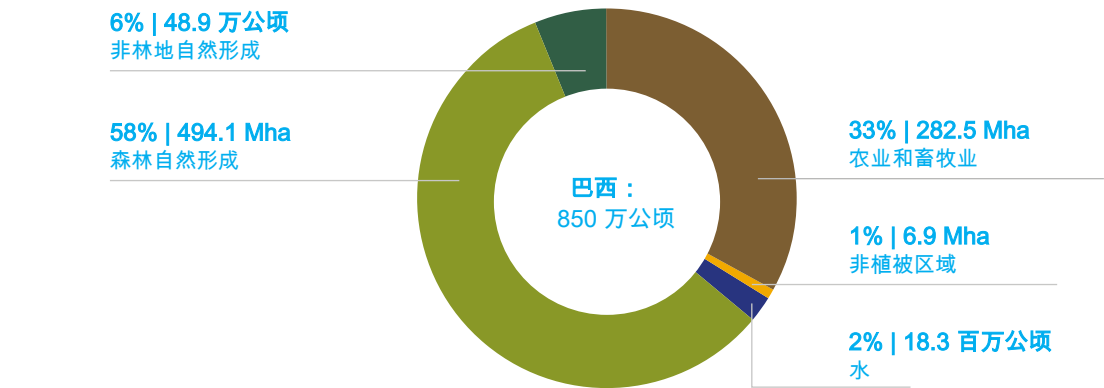
巴西的可再生能源约占该国工业能源结构的65%，而甘蔗渣预计在2023年将占22%（MME/EPE，2024a）。在全球范围内，2021年工业部门终端能源消费中可再生能源的份额为16.8%（REN21，2024）。

生物能源的重要性通过生物燃料的多样化和生产扩张，在巴西的能源结构中日益巩固，这符合脱碳、环境保护和经济发展等国家目标。巴西是世界第二大乙醇生产国和第三大生物柴油生产国，但尚未引入绿色可再生柴油⁴或可持续航空燃料（USDA，2024）。

生物能源生产的一个自然关切在于它可能为争夺土地而与粮食生产竞争。在这方面，巴西在管理生物能源生产用地方面取得了显著进展，在保护和农业扩张之间取得了平衡。

该国将其最大面积的领土（64%）覆盖以自然植被，主要是森林。巴西领土的三分之一用于农业和畜牧业（图4）。面对其领土如此大比例的复杂的土地分配和森林保护挑战，该国已实施命令和控制措施、国家政策和环境立法，以在促进可持续农业实践的同时保护自然资源（BNDES和CGEE，2024）。

图4 2022年巴西的土地利用和土地覆盖



源代码：
(BNDES和CGEE，2024).
注意：Mha = 百万公顷。

该国的甘蔗乙醇（第一代生物燃料[E1G]）生产依赖于适合高生产力栽培和高产作物品种的土壤和气候条件地区，使用相对较小的农业区域。集中在中南和东北地区，主要扩展在退化牧场，其中98%的扩张发生在之前使用的农业土地上。2000年，用于甘蔗的面积中，不到1.6%是自然植被，表明森林砍伐风险较低（BNDES和CGEE，2024）。值得注意的是，过去十年中，用于甘蔗种植的面积一直保持在800万公顷到900万公顷的范围内（EPE，2024）。通过着力恢复自然植被并减少对其的压制，甘蔗生产致力于环境标准和生物燃料生产政策（BNDES和CGEE，2024）。

⁴ 绿色可再生柴油是一种生物质基柴油。它可用作交通燃料、取暖油或航空燃料的添加剂，其特点是能够将温室气体排放减少50%或更多（EPE，2020）。

最近，从玉米生产生物乙醇已显著扩大。玉米在主要大豆作物收获后作为次要作物种植，其生产不需要额外土地。因此，采用优化的土壤管理，消除与其他主要作物在土地上的竞争，并减少生产所需的总投入（BNDES和CGEE，2024）。

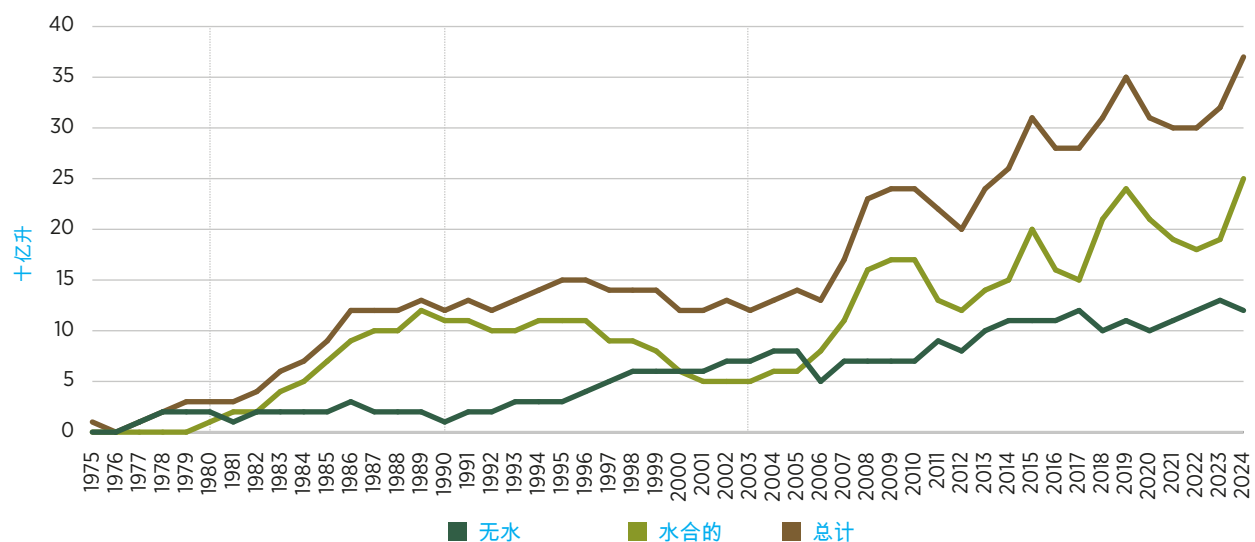
农业和工业的技术进步已使巴西的成本大幅降低，使生物燃料的价格接近传统燃料。然而，由于化石燃料价格的扭曲，生物燃料的竞争力往往被扭曲（BNDES和CGEE，2024）。加利福尼亚州的低碳燃料标准和巴西的RenovaBio（见第5.2.1.1节）等政策有助于使低碳生物燃料（如生物乙醇）更具竞争力。

3.1 生物乙醇

乙醇是液体生物燃料中一个值得注目的选项，因为它在燃烧发动机和涡轮机中具有多样性和高效性。它是一种即插即用的技术，可以利用现有基础设施实施。这有助于通过多样化能源来源和减少对燃料进口的依赖来增强能源安全。

巴西的乙醇市场，年消费量超过300亿升，是全球第二大市场，仅次于美国。该国与乙醇有着悠久的历史，主要使用甘蔗作为原料。有利的气候条件和之前对新型甘蔗品种和农田改造的投资提高了生产力和产量。

图5 乙醇消耗，1975-2024



来源：(MME/EPE, 2025)。

巴西甘蔗生物乙醇生产中的高度机械化显著提高了生产力。机械化甘蔗收获的采用受以下因素驱动：i) 经济因素（成本降低）；ii) 社会因素（劳动力技能再培训和劳动力市场再融入）；iii) 环境因素（在收获前禁止燃烧的法律法规、规范和激励计划）。目前，巴西92%的甘蔗收获是机械完成的，保持了该行业机械化率上升的趋势。

在巴西的中央南部地区，这里负责了巴西甘蔗生产的90%以上，且以平坦地区为主，适合机械收割，收割机械化率已占总量的约99%（BNDES和CGEE，2024）。

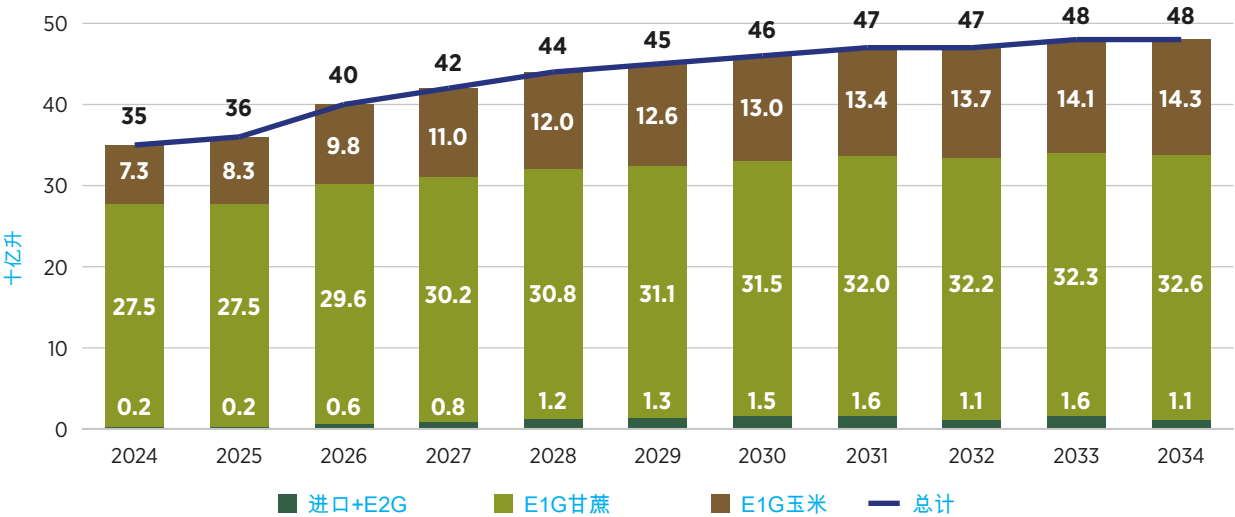
自2017年以来，由于粮食供应增加和生产成本降低，玉米乙醇生产激增，尤其是在中西地区，那里廉价的玉米供应和家禽业利用蒸馏副产品支持乙醇产业（USDA，2024）。在玉米中变得占主导地位 第二季作物乙醇生产，这反过来又占2024年总乙醇生产的约20%。

此外，巴西从甘蔗和次级作物玉米中生产的生物乙醇拥有全球最佳的碳足迹之一（BNDES和CGEE，2024）。甘蔗生产采用可持续农业实践，如作物轮作、废物管理和利用退化地区，这减少了温室气体排放并提高了土壤健康质量。⁵此外，甘蔗渣作为副产品被用于发电联产，从而进一步降低碳强度（USDA，2024）。玉米生物乙醇在种植大豆后作为第二茬作物种植，无需额外土地。⁶如前所述，该方法确保了优化的土壤管理，并减少了投入品的使用。因此，与汽油相比，巴西生物乙醇实现了70%至82%的碳足迹减少，在最佳情况下可达90%（BNDES和CGEE，2024）。

3.1.1 视角

在未来十年内，巴西的乙醇供应预计将以每年3.8%的速度增长，到2034年将达到485亿升（图6）。这种增长主要是由甘蔗推动的，占生产量的约70%，其余部分由玉米乙醇补充。第二代（2G）乙醇生产预计将利用一小部分可用的甘蔗渣和秸秆，到2034年将达到12亿升（MME/EPE，2024b）。

图6 乙醇国内供应预测



源代码：
(MME/EPE, 2024b)
注意： E1G = 第一代生物燃料；E2G = 第二代生物燃料。

⁵ 关键在于，通过实施轮作，即玉米紧随大豆之后种植，该系统有效地利用了前茬大豆作物在土壤中生物固化的空气氮。这种做法不仅显著提高了土壤肥力，还大大减少了后续玉米对合成氮肥的需求（MAPA，2020）。

⁶ 当前，第二茬玉米的产量大于第一茬或第三茬玉米的产量。

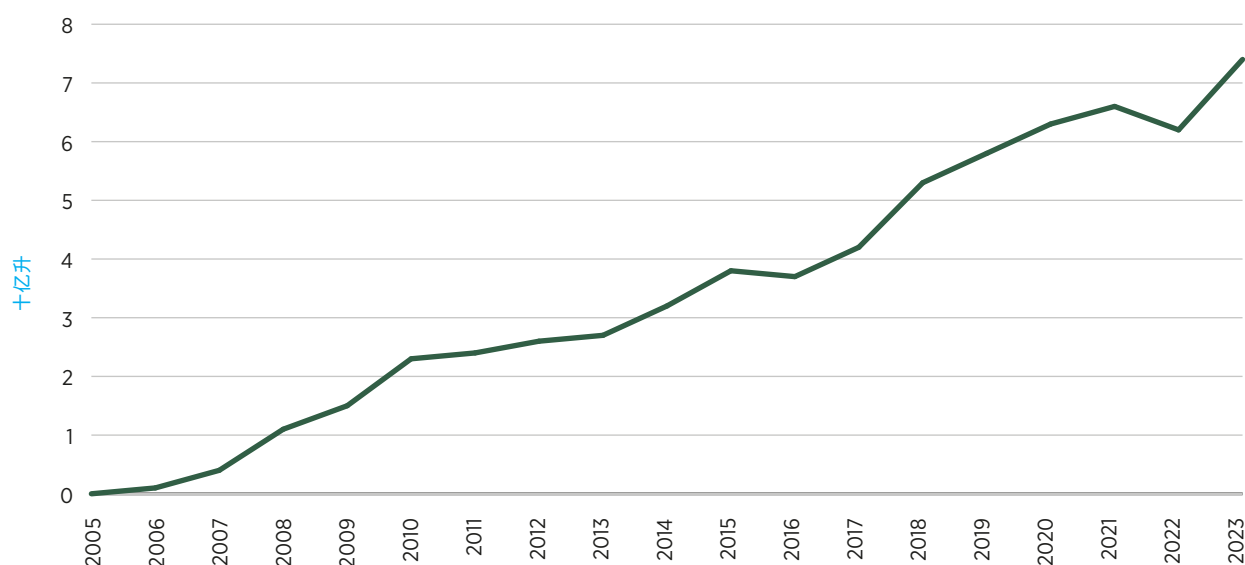
含水乙醇的产量预计将达到350亿升，而无水乙醇预计将达到130亿升。关于乙醇进口，将利用特定的季节性窗口机会（MME/EPE, 2024b）从国际市场进行定向采购。

3.2 生物柴油

巴西拥有全球第三大生物柴油产业，仅次于美国和印度尼西亚。该国的生物柴油生产增长得益于不断扩大的柴油市场和在国家生物柴油生产与使用计划（PNPB——见第5.1.3节）下推行的掺混规定，该计划于2005年成立（MME/EPE, 2024b）。

从2005年到2023年，该行业在国内销售了67.5亿升生物柴油（见图7）。当前的强制混合比例是14%，根据国家能源政策委员会（CNPE）的决议，到2030年将增加到20%（见第5.1.4.2节）。⁷

图7 生物柴油消费演变，2005-2023



来源：(MME/EPE, 2024a)。

总体而言，巴西的生物柴油市场主要以国内为主，主要受进口对当地劳动力的影响以及大豆链对国内生产总值（GDP）的贡献所驱动。生物柴油进口很少，且仅限于特殊情况。尽管巴西的生产能力很强，但它并未大量出口纯生物柴油（B100）或混合比例高于B30的生物柴油。然而，巴西已成为向美国出口大量废烹饪油和猪油的major出口国，这些产品在美国被用于生产生物柴油。

⁷ PNPB允许在强制掺混之外，在特定情况下自愿使用生物柴油，例如用于自有车队以及在农业、工业和实验应用中。一些已获得国家石油、天然气和生物燃料局（ANP）授权的公司已经在其车队和船舶中使用纯生物柴油（B100）（MME/EPE, 2024b）。

并且可再生柴油生产（USDA，2024）。此外，政府实施了战略性举措，通过诸如社会生物燃料邮票（框1）等项目，实现原料多样化并增加社会包容性。

框 1

社交生物燃料邮票计划

社会生物燃料印花计划，于2004年以社会燃料印花的名义启动，旨在通过将生物柴油生产与家庭农业的成功相结合，来促进农村经济发展、推广可持续农业、保障粮食安全以及多样化巴西农业（MME/EPE，2024b）。社会生物燃料印花由农业发展部（MDA）发行，每五年应更新一次。

该计划向生物柴油制造商提供资金和市场优势，这些制造商将纳入国家强化家庭农业计划（PRONAF）的家庭农民大量整合到其供应和生产结构中。这些优势包括降低联邦税率，过去在生物柴油拍卖中也获得了优先权。

联邦法规要求燃料分销商至少从持有社会生物燃料印章的生物柴油生产商处购买其生物柴油销售的80%。参与该计划的其他关键要求包括向这些农民提供免费技术支持，并从其运营中获取至少一定百分比的原料。虽然允许进口，但强烈鼓励从国内来源，特别是家庭农场获取（MME/EPE, 2024b）。

该计划也涉及合规和尽职调查问题。生物柴油生产商必须保存其原料采购和生物柴油销售的详细记录，以证明其符合计划要求。农业、畜牧业和粮食供应部（MAPA）进行定期审计，以确保生产商遵守计划规则和法规。

然而，挑战依然存在。确保充足的技术支持和家庭农场真正受益于该计划需要持续的监测和评估。此外，波动的原料价格会影响生物柴油生产的经济可行性，要求对计划政策和法规进行调整（MME/EPE，2024b）。

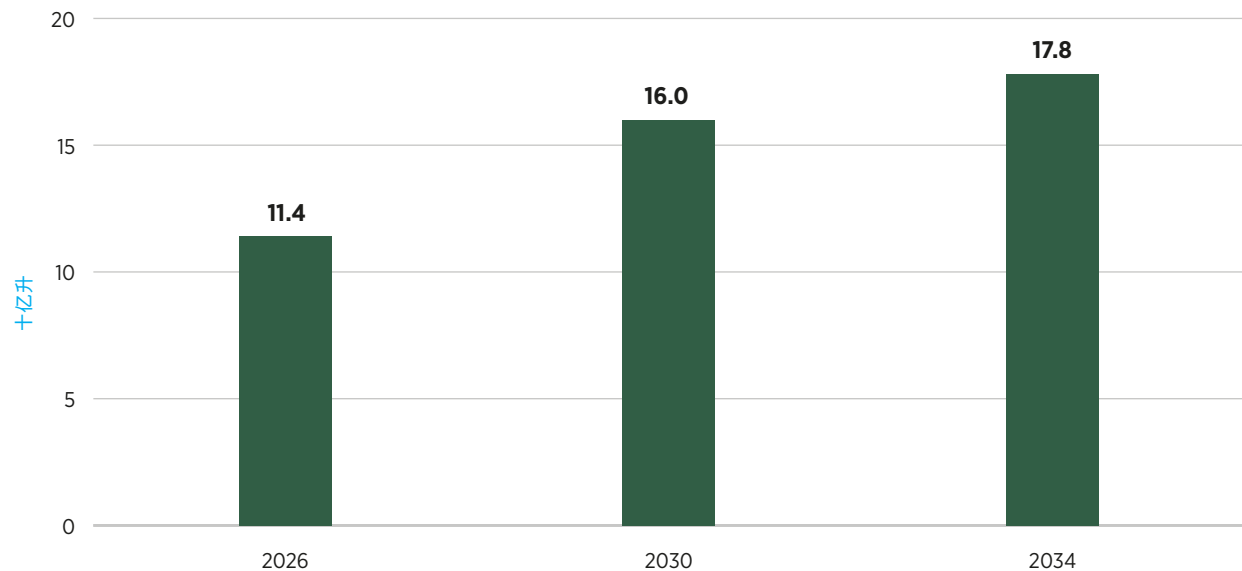
监管机构必须事先批准生物柴油供应合同，这些合同应有最少两个月期限。进口原材料不被禁止，进口指南由监管机构决定。同时也在探索生物柴油在航海领域的使用，以满足减排目标。巴西生物柴油价格与大豆油密切相关，⁸ 这占生产成本的约80%。

⁸ 巴西是全球大豆的主要生产国，产量占全球的近40%，出口量占55%。南部和 Midwest 地区是主要的生产中心，分别贡献了生物柴油产量的42%和40%（美国农业部，2024年）。

3.2.1 视角

能源研究办公室预测，到2034年，生物柴油消费量将达到178亿升，考虑了强制性的未来燃料法（见第6.2节）的混合比例，该比例将在2030年实现20%[B20]（EPE，2024）。

图8 生物柴油消耗预测



来源：(EPE, 2024)。

3.3 工业产能：生物精炼厂

通过多样化其产品组合，生物精炼厂可以为生物质和相关生产工艺增加显著价值。产品多样化利用了工业运营中的协同效应，优化了能源、材料和设施的使用。这反过来降低了生产成本，最大限度地减少了环境影响，并减少了市场价格波动带来的脆弱性（BNDES和MME，2022）。

更重要的是，生物精炼厂不仅是生物燃料生产的技术组成部分，而且被视为向低碳经济转型中的核心要素，整合了可持续性、创新和经济发展的理念，并在能源转型中代表了一个新的投资前沿（MME/EPE，2024b）。有竞争力的生物质供应成本可能使石化等行业的转型成为可能，在同一设施内生产绿色化学品和第二代生物燃料（E2G）。

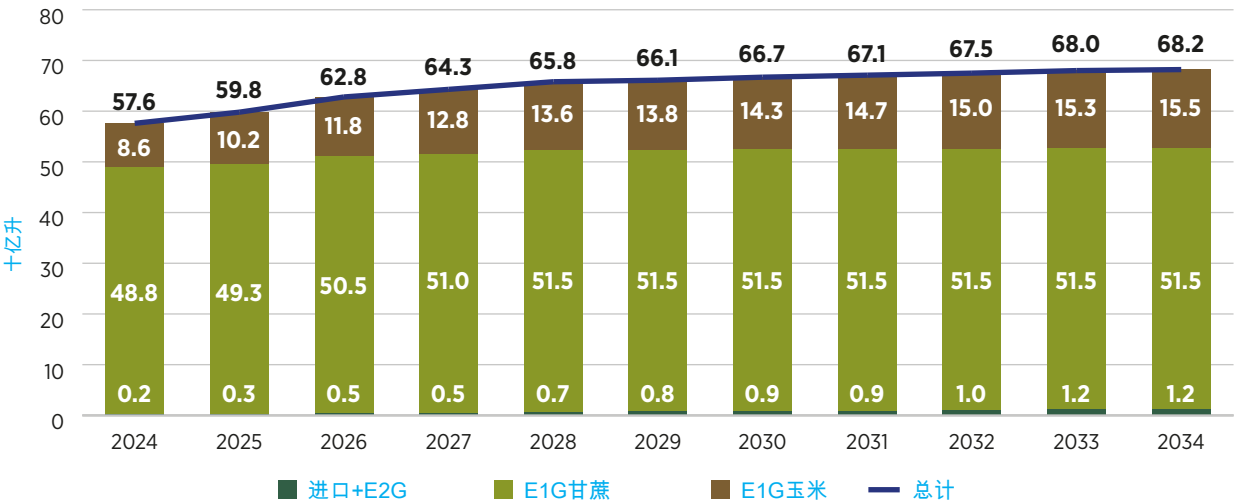
在巴西，甘蔗生物精炼厂是这个模式的良好典范，它们生产乙醇、糖、电力以及动物饲料蛋白、沼气/生物天然气、生物肥料、生物塑料和生物化学品等副产品。E2G可以通过改造现有的精炼设施，将多种投入物转化为高附加值产品，从而在加强和多样化巴西的生物经济中发挥关键作用（MME/EPE，2024b）。

生物精炼厂的成功演变取决于新法规的建立。这些法规对于解决原料、产品和循环经济等问题至关重要，最终将塑造一种新的商业模式：生物经济。在巴西，现有的乙醇和生物柴油厂在

涵盖燃料、电力和环境问题的全面法规。巴西生物燃料行业在农业、工业、监管、分销和最终消费阶段积累的这些经验为推进生物精炼厂发展奠定了坚实基础 (MME/EPE, 2024b)。

在未来十年，在巴西，计划用于乙醇生物炼油能力的投资预计约为40亿巴西雷亚尔（BRL）（约66亿美元），主要用于玉米乙醇，占30亿美元，以及E2G，代表26亿美元（MME/EPE，2024b）。这些投资将使乙醇生产能力在2034年达到680亿升（图9）。

图9 乙醇生产能力预测



源代码：
(MME/EPE, 2024b)
注意： E1G = 第一代生物燃料；E2G = 第二代生物燃料。

4. 制度治理

国家石油能源局负责制定生物燃料的使用和生产指南，并负责汽油和柴油池中乙醇和生物柴油的强制性混合。

矿产与能源部（MME）是制定政策框架、确保市场稳定、促进投资及维持巴西不断发展的生物燃料行业监管协调的中央机构。它负责评估燃料供应状况和市场整体演变，包括在特殊情况下为尽量减少供应中断风险而采取的应急措施。它还向监管机构ANP提出遵循的指导方针，并协调整个生物燃料行业的补助金和授权流程。

ANP实施国家生物燃料政策，重点在于能源安全和燃料市场运作，其中包括明确生物燃料的质量标准。



5. 政策、计划、项目和其他政府举措

巴西在制定和实施促进生物能源生产和使用的政策方面的五十年经验，突出了政府举措在支持生物能源融入能源结构中的关键作用。这些举措包括通过能源、气候和税收政策等直接激励生物能源，以及通过旨在汽车和农业部门的政策进行间接激励。

5.1 能源政策

巴西支持生物燃料的能源政策主要源于对能源安全和燃料进口对国家国际收支产生的负面影响（Goldemberg，2006）。首个重大举措Proalcohol于1975年推出，以应对1973年的石油危机，用乙醇替代汽油。20世纪90年代，政府转向以市场为导向的燃料部门框架，同时通过强制混合法规解决生物燃料生产问题。到2005年，社会目标被纳入政府的生物柴油扩张计划。近年来，巴西启动了RenovaBio计划，该计划通过碳减排信用市场为扩大生物燃料创造私人激励。

5.1.1 国家酒精计划（普罗酒精）

proalcohol于1975年成立，旨在促进燃料乙醇的生产，并通过减少石油进口来缓解1973年石油危机对经常账户赤字的影响（Aguar），2024）。最初，该计划等专注于生产无水乙醇以与汽油混合。然而，在1979年的第二次石油危机之后，政府也实施了措施以激励生产含水乙醇，将其作为轻型汽车所用汽车汽油的直接替代品（BNDES和CGEE，2024；EPE，2020）。

普罗阿尔科尔成功替代了相当一部分汽油消耗，使甘蔗来源的生物能源在总能源供应中的占比从1975年的4.5%增加到1987年的14.4%。到1991年，大约60%的轻型汽车使用水合乙醇作为燃料。⁹ 然而，始于20世纪80年代中期的国际油价下跌，加上政府支持减少以及该行业向为全球市场生产糖的转变，导致了燃料乙醇短缺危机。这些危机侵蚀了消费者信心，导致对乙醇燃料汽车的需求下降。这一趋势直到2003年随着灵活燃料技术（EPE，2020）（BNDES，2008）的引入才得以逆转。

政府在20世纪90年代终止了Proalcohol，当时它对乙醇市场实施了去管制化进程（BNDES，2008）。

⁹ 相反，无水乙醇的增长直接与强制混合要求有关（参见乙醇部分）。

5.1.2 能源用植物油生产计划

1980年，在Proalcool取得成功以及20世纪70年代石油供应危机之后，巴西启动了其生物柴油计划，该计划被称为PRO-OLEO（能源用植物油生产计划）倡议。该计划要求将植物油或其衍生物与化石柴油混合30%，最终目标是完全替代。生物燃料生产的提议方法是植物油的酯交换。类似于Proalcool，1980年代中期国际油价下降最终导致了PRO-OLEO在1986年被中止（Ekbom，2023）。

5.1.3 国家生物柴油生产和使用计划

PNPB于2005年成立，其主要机构目标有三：实施可持续的生物柴油生产和使用计划，同时促进社会包容；确保产品的竞争价格、质量和供应；以及从不同地区的各种油料作物生产生物柴油。另一个目标是减少对矿物柴油的依赖（BNDES，2008）。

该方案最初允许将2%生物柴油（B2）自愿混入商品柴油中。这项混合要求于2008年变为强制性的，并逐渐增加到目前的14%（B14）混合比例，如生物柴油部分所述。

PNPB支持从农业阶段到工业生产过程（包括储存）的整个生产链中的研究、开发和创新。该法规允许使用各种油料生产生物柴油，使农业企业和家庭农业都能参与其中。ANP监管燃料质量标准，并监督生物柴油的生产和商业化，而燃料分销商和炼油厂负责将生物柴油与化石柴油混合。

5.1.4 强制混合

强制混合被用作确保能源安全的一种手段，通过减少石油进口（Aguilar，2024）。等

乙醇

巴西有将乙醇强制掺入汽油的悠久历史，可追溯到20世纪30年代（图10）。混合比例随着时间的推移不断调整，以应对油价变化、战争、经济危机、糖产量过剩以及汽油进口对国际收支影响的程度。即使在20世纪90年代燃料市场解禁后，政府仍维持了乙醇混合的强制要求（BNDES，2008）。

充足的燃油规范和内燃机（ICE）的技术进步——如今已融入数字电子监控——已显著提高了效率，并解决了诸如冷启动和材料兼容性等挑战（BNDES和CGEE，2024）。

未来燃料法案，于2024年颁布，允许汽油中的乙醇混合比例范围为22%至35%（较之前的18%至27.5%的范围有所提高）。自2015年以来，巴西已专门强制要求在所有普通汽油和添加剂汽油中使用27%的无水乙醇，并通过广泛的排放、经济性和内燃机性能测试提供支持。此外，2025年3月，巴西政府宣布，在性能和兼容性测试完成后，汽油中混合30%乙醇的技术可行性。

图10 巴西乙醇掺混政策的演变历程



源代码：
埃克博姆（2023）。
注意：CNP = 国家石油委员会；CIMA = 跨部门糖和乙醇委员会；MAP = 农业和畜牧业部。

生物柴油

2008年规定了柴油中必须添加最低比例的生物柴油，为2%（B2）（图11）。自那以后，由于涉及生物柴油质量、分销商未遵守脱碳目标以及关于高成本的投诉等方面的指控，生物柴油混合法规已被修订多次（USDA，2024）。

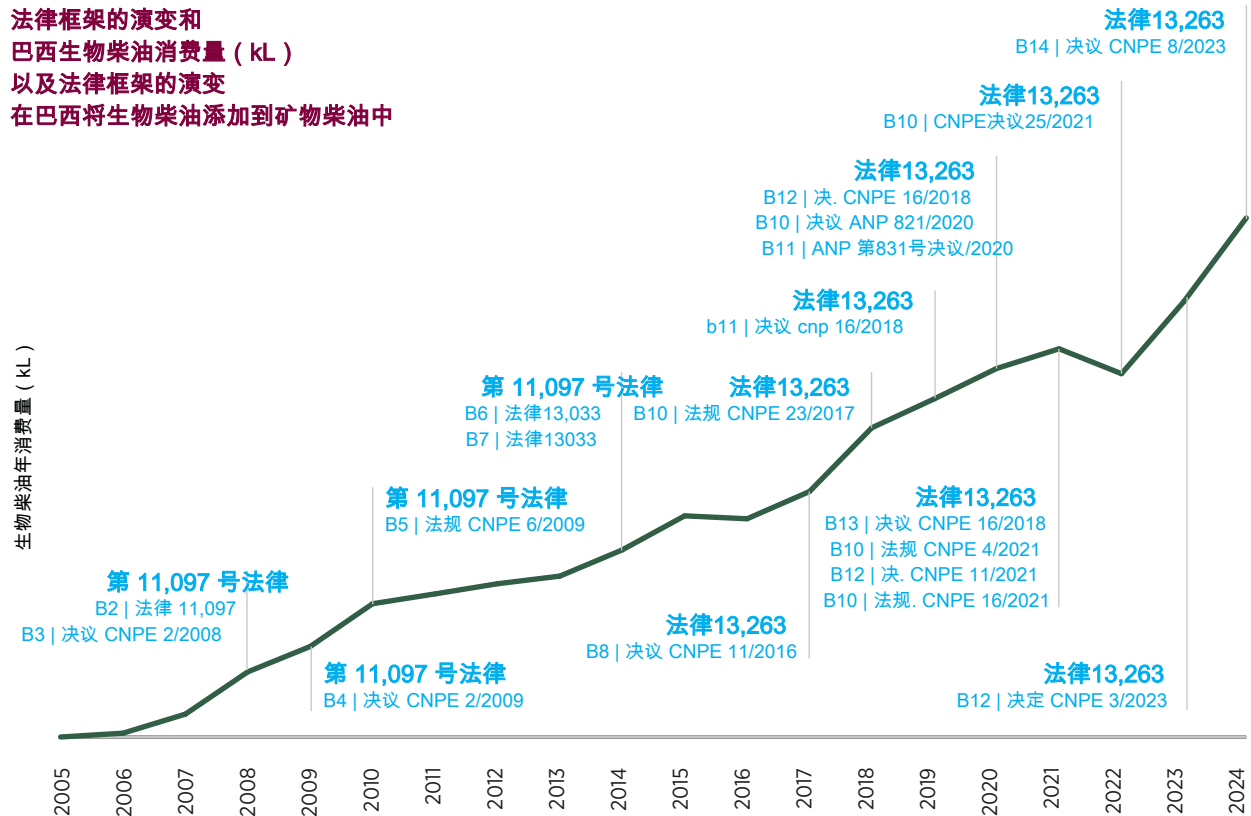
随着巴西市场成熟，CNPE逐步提高比例，于2010年1月达到B5，比法律规定的时间提前了三年。在接下来的几年里，在发动机性能经过广泛测试的情况下，授权级别稳步提高。

自2024年3月起，全国当前商业化柴油中的生物柴油混合比例为14%。未来燃料法规规定了13%至25%之间的强制性生物柴油混合比例，年度目标从2025年的15%开始，到2030年增加到20%。CNPE将根据技术可行性评估提高强制比例。

图11 巴西历史上的生物柴油混合义务和生物柴油年消费量

法律框架的演变和
巴西生物柴油消费量 (kL)

以及法律框架的演变
在巴西将生物柴油添加到矿物柴油中



源代码：
(MME/EPE, 2024b)
注意：kL = 千升。

5.2 气候政策

5.2.1 巴西国家自主贡献

巴西国家自主贡献 (NDC) 承诺的一个关键方面涉及增加生物燃料的生产和使用，特别是像E2G这样的先进生物燃料。尽管巴西的NDC涵盖了整个经济，而没有特定部门的目标，但该国旨在到2030年将生物燃料在其能源组合中的比例增加到约18%，并将可再生能源提高到45%。

生物燃料在减少巴西的温室气体排放中发挥着关键作用。2023年，巴西能源结构中生物燃料的广泛使用避免了8.56亿吨 (Mt) 的温室气体排放当量 (CO当量) 。

² (EPE, 2024)。自2003年引入燃油发动机以来，生物乙醇的需求激增，据估计，这导致巴西预防了600 Mt CO eq排放量 (UNICA, 2020) 。

²

国家生物燃料政策 (RenovaBio)

巴西于2017年推出了国家生物燃料政策，即RenovaBio，该政策与其气候承诺相符。该政策旨在减少交通部门的温室气体排放，并促进生物能源在国家能源结构中的扩展。RenovaBio力求在2030年实现年乙醇产量达500亿升 (BNDES和MME，2022) 。

与Proalcool不同，RenovaBio不涉及政府的财政激励。相反，它强调通过一个类似于美国可再生能源识别号码（RIN）市场的碳减排信用（CBIOS）市场来提供私人激励（Aguiar），2024）。等

生物燃料¹⁰ 其价值基于相较于化石燃料替代品减少温室气体排放的能力。国家石油公司为燃料分销商设定年度温室气体排放目标，分销商除需符合乙醇掺混要求外，还必须购买碳生物燃料抵消证书。¹¹ 要根据其市场份额完成配额。生物燃料生产商（或进口商）发行的CBIO，一旦在RenovaBio注册，就会根据其化石燃料相比的温室气体减排工作获得一个效率评分。更高的生产量 và 更低的碳强度会导致更多的CBIO。

全生命周期评估认证¹² 确保生物燃料被评估其减少温室气体排放的效率。ANP监督认证过程，确保生物燃料符合环境合规性并有助于保护本土植被。¹³

自2020年以来，CBIOS已在巴西证券交易所交易。尽管面临经济挑战，合规率仍保持较高水平，反映了政策的严格执行。乙醇主导CBIO市场，生物柴油和生物甲烷占比较小。2019年至2023年间，发行了1.05亿CBIOS，避免了1.05亿吨CO当量（USDA，2024年）。预计将有6100万至8300万CBIOS² 到2034年被交易（表1）。

表1 RenovaBio CBIO目标及预计减排值

CBIOS (百万)	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
目标	40.39	48.09	52.37	56.41	61.24	64.08	67.13	68.81	71.29	72.54
上 波段	-	55.30	60.23	64.87	70.43	73.70	77.20	79.14	81.98	83.42
下 波段	-	40.88	44.51	47.95	52.05	54.47	57.06	58.49	60.59	61.66

来源：(IRENA, 2024b)。

尽管RenovaBio提供激励措施，但其对先进生物燃料（如E2G、SAFs和氢化植物油（HVO））的支持不如美国可再生能源标准或欧盟可再生能源指令等国际计划具体（BNDES和MME，2022）。

¹⁰ RenovaBio涵盖纤维素乙醇、甘蔗和玉米乙醇、生物柴油和加氢衍生可再生柴油（HDRD）、航空生物航煤以及生物甲烷。

¹¹ 每个 CBIO 代表通过使用生物燃料而不是化石燃料而避免的一吨 CO 等当量，从而激励更低

² 温室气体排放。

¹² 基于与化石燃料的生命周期评估，生物燃料的碳强度采用由巴西农业研究公司Embrapa开发的“井到轮”方法进行计算（USDA，2024）。

¹³ Renovabio 促进已开垦土地的使用，并禁止使用 2018 年后毁林的原生植被地区的原料。此外，还对农村财产进行监控，以确保遵守森林法，这是保护巴西原生植被的主要法律框架（BNDES 和 CGEE，2024）。

5.3 税收政策

在巴西，联邦和州税都征收于交通燃料，其中州税占最大比例。该国采用联邦税收差异化政策，以区分生物燃料和化石燃料，例如将乙醇和生物柴油与汽油和柴油进行对比。汽车行业适用间接税收政策。

5.3.1 直接仪器

燃料和生物燃料行业历来受益于直接补贴或税收优惠，以鼓励生产和降低消费者价格。税收政策受多种演变目标的影响，最常见的包括控制通货膨胀；平衡乙醇的供需，其敏感于糖价和汽油价格；以及管理公共部门预算（USDA，2024）。

宪法第123号修正案于2022年7月14日生效，旨在为生物燃料相对于化石燃料建立竞争优势，特别是在税收方面，作为促进生物燃料产业和解决油价和燃料价格异常上涨带来的社会影响的措施。该修正案在宪法第225条中增加了一条规定，要求为最终消费用途的生物燃料维持有利的税收制度。这确保了与化石燃料相比，生物燃料将承担较低的税收负担，从而提升其竞争力。

直到特定立法颁布，生物燃料的竞争性差异将通过确保自2022年5月15日起，化石燃料及其生物燃料替代品的税率之间的百分比差异保持不变而维持。此外，在修正案颁布后的20年内，联邦法律不能建立低于2022年5月规定水平的生物燃料竞争性差异。化石燃料税率的任何变化，无论是通过新法律还是司法裁决，都将导致生物燃料税率自动调整以维持相同的竞争性差异。

该修正案加强了巴西支持生物燃料作为其能源组合关键组成部分的承诺，确保生物燃料相对于化石燃料在市场上保持竞争力。

5.3.2 间接工具

联邦税收优惠政策适用于灵活燃料轻型汽车，根据车辆尺寸不同，可减少制造商建议零售价中税收占比高达2.8个百分点（ANFAVEA，2024）。

通过基础设施发展特别激励制度（REIDI）可获得额外的税收优惠。REIDI针对合格的基础设施项目，对与批准的基础设施计划直接相关的货物和服务的收购、租赁和进口，暂停某些联邦税收贡献。这些税收优惠适用于项目管理机构获得资格后的指定时间段内。

能源部已为本激励计划下批准能源基础设施项目建立了框架和协议。这些指南涵盖了各种能源领域，包括发电和输电、天然气生产和加工以及管道开发。能源部的法规定义了能源项目如何获得资格并受益于这些税收优惠，以支持国家能源格局中的更广泛的基础设施发展目标。

5.4 公共资金和低息信贷额度

气候基金会在2009年作为巴西国家气候变化政策的一部分成立，是政府为减少温室气体排放和促进气候适应项目提供的主要资金支持之一。它专注于可再生能源、高效设备和气候相关创新，提供优惠利率和长达25年的直接融资，并由巴西发展银行（BNDES）（可报销资源）和环境保护部（不可报销资金）管理。该基金会由政府收入、捐赠和融资回报资助，在2011年至2023年期间每年大约分配3亿雷亚尔（约合5500万美元）。

2023年，巴西财政部发行的绿色债券增加了20亿美元，根据当年的资源应用计划进行分配。尽管2024年的预算有所增加，但优惠资金有所减少。原有资金以1%的利息支付石油收入分成，而债券则为风能和太阳能项目提供8%，为可再生氢能、储能、能效和可持续燃料（IRENA，2024c）提供6.15%。

政府为生物燃料生产提供直接或间接的激励措施和补贴信贷额度，特别是通过BNDES，BNDES专注于扩大生产能力、促进创新、增强正向外部性和促进可持续性（IRENA，2024b）。

巴西国家发展银行在其贷款和投资中强调环境保护和气候变化减缓指标。其资金渠道提供与环保目标挂钩的延长还款期限和优惠利率，例如减少温室气体排放、为生物燃料运输、分销基础设施和生物精炼厂提供资金。生物能源项目受益于多样化的商业模式和融资模式，包括涉及互补代理（如生物质生产者、系统开发者、金融机构和生物燃料购买者）的财团（IRENA，2024b）。

Finem信贷额度资助可持续性、沼气、生物甲烷生产、生态系统保护、能源效率和高效车辆采购项目。融资条款取决于项目类型。

2021年推出的RenovaBio系列，为生物燃料生产者提供利率折扣，以提升环境绩效。它根据每个客户的当前能源和环境效率设定减少碳排放的目标（USDA，2024）。

巴西国家经济和社会发展银行(BNDES)也支持与生物燃料相关的研发和创新项目。在过去的20年里，该银行已拨付约110亿美元(700亿雷亚尔)用于提高甘蔗生产和生物燃料产业部门，包括E2G和转基因甘蔗品种等创新(IRENA, 2024b)。

该银行也通过与Embrapii的合作促进技术创新¹⁴ 提供高达 7,500 万巴西雷亚尔（约合 1,200 万美元）的不可报销资金。这些资金支持新型生物燃料技术的发展，包括 E2G。此外，BNDES 正在调整其“气候基金”计划，为先进生物燃料提供有竞争力的信贷利率。

通过与Finep（联邦创新机构）的联合倡议，BNDES为生物能源项目提供各种工具，从基础研究到E2G生产投资以及酶和设备等关键投入。

¹⁴ 巴西工业创新研究公司Embrapii是一个于2013年成立的联邦实体，旨在加强技术研究机构并在巴西工业中促进创新。

费内普也为企业和非营利机构提供有竞争力的利率融资，创新性高的项目利率更低。它通过经济补助和合作项目提供无偿资金支持技术开发。与MME合作，费内普将无偿资源分配给汽车产业链，包括生物燃料技术。

除了BNDES和Finep之外，其他政府机构，例如圣保罗州研究支持基金会（FAPESP）和国家科学技术发展委员会（CNPq），也有研究和开发资金来支持巴西生物燃料的生产和发展（BNDES，2008）。

政府也提供间接资金，例如MAPA的财务计划Plano Safra，该计划通过一个名为RenovAgro（可持续农业系统融资计划）的具体计划，支持甘蔗、玉米、大豆和其他生物燃料生产农用投入品。还提供其他优惠信贷条件，特别是在采用可持续农业实践并将牧场和退化土地改造成耕地的情况下（USDA，2024）。

5.5 其他激励

政府已为生物燃料提供了额外激励，包括公开拍卖，以进一步促进其在巴西的使用。

公开拍卖直至2021年用于经济支持生物柴油生产链。然而，ANP得出结论认为此拍卖模式效率低下，并在私人交易中施加了过度的公共干预。

2022年，政府实施了新的生物柴油交易市场模式，允许生物柴油生产商和分销商直接进行谈判。该模式使场外（OTC）合约能够锁定为期两个月的生物柴油供应的80%，与拍卖日历相呼应。其余部分可以在现货市场上进行交易。2020年在任何燃料类别中市场份额至少为5%的燃料分销商必须将其交易量的80%承诺到场外合约。这项决定实际上排除了生物柴油定价和私人之间交易的拍卖重新引入的可能性（USDA，2024）。

框2

估算巴西生物燃料行业的就业人数

巴西在世界生物燃料生产国中位居前列，该行业雇佣了最多的劳动力。

在生物柴油领域，巴西是世界上仅次于印度尼西亚和美国的世界第三大生产国。巴西生物柴油产量继续增长，预计2024年为97亿升，较2023年的76亿升有所增加（ABIOVE，2025年）。里奥格兰德多西州占产量的四分之一，整个南部和中西部分别约占40%（USDA，2024年）。

计算工作机会的一种方法是通过估计大豆行业（生物柴油的最大原料）中适用的就业份额。应用经济学高级研究中心（CEPEA，2025年）与巴西植物油工业协会（ABIOVE）共同发布巴西大豆行业的就业数据。2023年，大豆供应链雇佣了228万人（包括农业和其他投入、工业设备、服务）。大豆产量用于生物柴油生产所占的百分比（3-4%）得出的生物柴油相关就业人数约为150000。强劲的产出增长可能使这一数字在2024年提高到190000个岗位。大豆占生物柴油原料的四分之三。因此，粗略的推算表明，包括其他原料（各种植物油）使2024年的就业人数约为258000个岗位。

这可能是一个保守的估计。另一种基于不同原料的就业因素的方法表明，2024年巴西生物柴油相关的就业人数可能达到了383800个岗位，比2023年的320900个岗位有所增加。这项计算基于单个原料的就业因素（Da Cunha和Da Silva, 2014）；2024年各原料的份额来自(ABIOVE, 2025)。就业因素根据假设的每年劳动生产率改善率进行了调整，以近似机械化影响。

在美国之后，巴西是第二大 **生物乙醇**

世界最大的生产者。估计就业岗位的一种方法是评估甘蔗行业（生物乙醇的主要原料）中就业的相关份额。根据甘蔗和生物能源观测站（UNICAdata，2025年）的数据，2024年巴西甘蔗-能源行业的总就业岗位数为751,377个。其中大约一半可以被视为生物燃料就业岗位，反映了巴西甘蔗作物用于生产乙醇的部分（与用于制糖的部分相反）。UNICA数据显示，近三分之二的甘蔗就业岗位属于农业，近四分之一属于工业，其余部分属于其他行业。许多岗位与机械化相关，这意味着未来手工岗位可能会继续减少。

政府数据显示，截至2024年有378100个生物乙醇工作岗位（包括甘蔗种植和原料加工），较2023年的367500个岗位有所增加（MTE, 2025）。尽管机械化程度不断提高，但由于产量上升，就业岗位稳步增长。地理上，以甘蔗为基础的工作岗位主要集中在国家的东南部，特别是圣保罗州，而以玉米为基础的作物则集中在巴西中西部地区的马托格罗索（USDA, 2024）。玉米正越来越多地被用作另一种原料，因此总就业人数高于上述数字所示。

总共，巴西在2024年生物燃料相关活动中可能有约762000个就业岗位。

6. 巴西能源转型下的生物燃料新政策

6.1 国家能源转型政策

国家能源转型政策（PNTE）于2024年启动，旨在重组巴西能源结构，使其更具可持续性，并与该国的温室气体减排目标相一致。它负责能源安全、普遍能源获取和减少能源不平等的指导方针。¹⁵

国家能源转型计划（Plante）是一份旨在通过引导政府和利益相关方的努力，实现PNTE目标，构建低碳排放的可持续能源体系，为2050年实现国家温室气体净零排放目标做出贡献的长期行动计划。Plante的特点是其长期视角、行业和跨部门方法，以及每四年进行一次定期审查，以适应能源环境的变化并确保其行动的相关性。除了扩大巴西能源体系中可再生能源（含生物质能）的比重这一目标外，它还鼓励使用低碳燃料（如生物燃料和低排放氢能）、提高能源效率以及清洁能源技术的技术创新。

此外，政府通过国家能源转型论坛（Fonte）建立了与公民社会和生产部门进行对话的平台。其主要目标是制定建议，提高能源政策制定中的透明度和公众参与，确保转型尊重地区多样性，并促进社会包容。

6.2 未来燃料法

未来燃料法，于2024年设立，旨在通过整合各种生物燃料，促进交通可持续燃料和燃料技术发展，同时鼓励创新和技术进步。该法寻求提高燃料生命周期中的环境与能源效率，并包含多项举措（生物甲烷）。它将RenovaBio与Mover计划以及巴西机动车整合。例如，它还建立了国家可持续航空燃料计划（ProBioQAV）和国家绿色柴油计划（PNDV）。该法律建议提高汽油中强制乙醇混合比例，规范合成燃料，并建立碳捕获和储存框架。

probioqav鼓励研究、生产和营销萨弗。从2027年开始，航空公司必须在国内航班中使用萨弗减少温室气体排放，逐步从1%增加到2037年的10%，从2029年开始每年增加1%。

¹⁵ 国家能源转型政策。可在以下网址获取（仅葡萄牙语）：www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/sntep/dte/cgate/pnte。

PNDV 推动可再生柴油的研究、生产、营销和能源使用。CNPE 每年设定柴油混合物中的可再生柴油强制性最低含量，到 2037 年为止最高为 3%。¹⁶

实现 beccs 技术旨在使巴西生物乙醇具有负碳排放，显著减少 ghg 排放。为此，《未来燃料法》建立了 co 捕获和地质储存的法律框架，允许将其注入地下储层以满足

² 温室气体减排目标。ANP 负责监管和授权这些活动，30 年可续签许可证仅限于在巴西成立的公司或合资企业，要求运营商确保安全要求。

6.2.1 高级生物燃料

先进生物燃料，如从各种生物气资源中提取的生物甲烷、SAF 和第二代乙醇，正越来越引起关注。它们代表着减少交通运输部门对化石燃料依赖的技术重大进步，预计在未来 20 年将吸引大量投资（BNDES 和 MME，2022）。

第二代乙醇

第二代乙醇（E2G）利用木质纤维素生物质，包括植物结构纤维如茎秆、叶片和其他农业废弃物，从而最大化作物及其废物的能源和化学潜能。¹⁷

E2G 是巴西生物燃料技术的重大进步。它主要是由甘蔗渣生产的，这减少了生物燃料与食品生产之间的竞争问题，并缓解了土地利用变化带来的直接和间接排放。特别是，E2G 的碳足迹比汽油低约 90%，比第一代乙醇低约一半，导致脱碳信用增加了 15%（BNDES 和 MME，2022）。

巴西在第一代乙醇生产方面拥有丰富的经验，使其 E2G 生产在出口市场上具有竞争力，尤其是在利用第一代乙醇和糖生产的基础设施和设备时。巴西的设施已经正在生产和销售这种燃料，主要面向国际市场（特别是在那些支持先进生物燃料的国家）。¹⁸ 表明尽管在降低生产成本方面存在挑战，但关键技术难题已得到克服（IRENA，2024b）。

2024 年，巴西预计将生产 5100 万升纤维素乙醇（美国农业部，2024 年）。到 2031 年，该国的潜在产量可能代表乙醇总供应量的 12%（巴西国家经济和社会发展银行及矿产能源部，2022 年）。巴西凭借较低的生物质成本优势在国际市场上具有显著竞争力，显著降低了其 E2G 生产成本（佩尔克曼斯，2024 年）。

¹⁶ ANP 将可再生柴油定义为由适合柴油发动机的烷烃类碳氢化合物组成的生物燃料，通过多种方法（包括水处理和生物质合成）生产。截至 2024 年，其中只有 HDRD 在某些国家实现了规模化商业化，并且尽管有生产商的压力，巴西（USDA，2024）没有强制混合规定。

¹⁷ E2G 利用农业工业残留物作为原料。其生产将新技术集成到工业流程中，将木质纤维素物料分解为高级糖类和木质素。这些糖类主要用于 E2G 生产，在较小程度上用于高价值生物分子的生产。木质素是一种副产品，可以立即用作发电燃料，但将其作为大分子或用于衍生物生产的估值可以为生物精炼厂提供额外效益。与 E2G 生产相关的产品组合是根据具体情况确定的，具体取决于市场需求、所涉及的转化过程、技术成熟度和商业化价格。

¹⁸ 国际先进生物燃料市场提供差异化的报酬，并在各国面临较少的进入壁垒（BNDES 和 MME（2022））。

可持续航空燃料

可持续航空燃料 (SAFs) 目前在巴西尚未商业化生产，但有几个乙醇厂已获得国际认证。行业估计表明，巴西每年可从废料中生产120亿升SAFs，满足国内和出口需求 (USDA, 2024)。

这尤其值得注意，考虑到全球背景：航空业约占全球人为排放的2-3%，但全球可持续航空燃料生产能力仍处于早期阶段，占航空燃料总使用量不到1%，预计到2024年底将达到全球航空燃料需求的约0.5% (国际可再生能源署, 2024d)。国际可再生能源署的分析表明，到2050年，可持续航空燃料需要为航空减排贡献显著的40-60% (国际可再生能源署, 2024d)。

2021年，ANP批准了巴西生产SAFs的多种生产路线，标志着行业发展向前迈进一步。全球范围内，SAFs采用的一个重大挑战仍然是其成本，通常比传统化石喷气燃料高两到三倍 (IRENA, 2024d)。

巴西正通过多种倡议积极推动其可持续航空燃料 (SAF) 产业，这些倡议与全球政策趋势一致，强调供应激励措施，例如ProBioQAV。这些雄心勃勃的项目预计将对减排目标产生重大影响。在2027年至2034年间，预计它们将平均满足国际航空碳抵消和减排计划 (CORSIA) 设定的温室气体 (GHG) 减排目标的41%。¹⁹ 并且与ProBioQAV。此外，这些努力预计将占2023年至2033年期间预计航空燃料需求的12%。

这项发展得益于关键的立法与合作框架。例如，《未来燃料法》设立了国家生物航油计划，旨在鼓励从生物质中生产生物航油的研究、生产、商业化和使用。巴西航空生物航油和可再生碳氢化合物网络 (RBQAV) 以及区域平台正积极推进可持续航空燃料的生产和市场整合。国家民用航空局 (ANAC) 通过其可持续航空燃料连接论坛进一步促进这一进程。该平台汇集了公共和私人利益相关者，讨论和制定通过使用可持续航空燃料来实现巴西航空部门脱碳的提案。

这种多方利益相关者参与和强有力的政策框架对于克服新兴SAF产业固有的障碍并推动其发展至关重要——这是一个在全球各地都观察到的挑战 (IRENA, 2024d)。

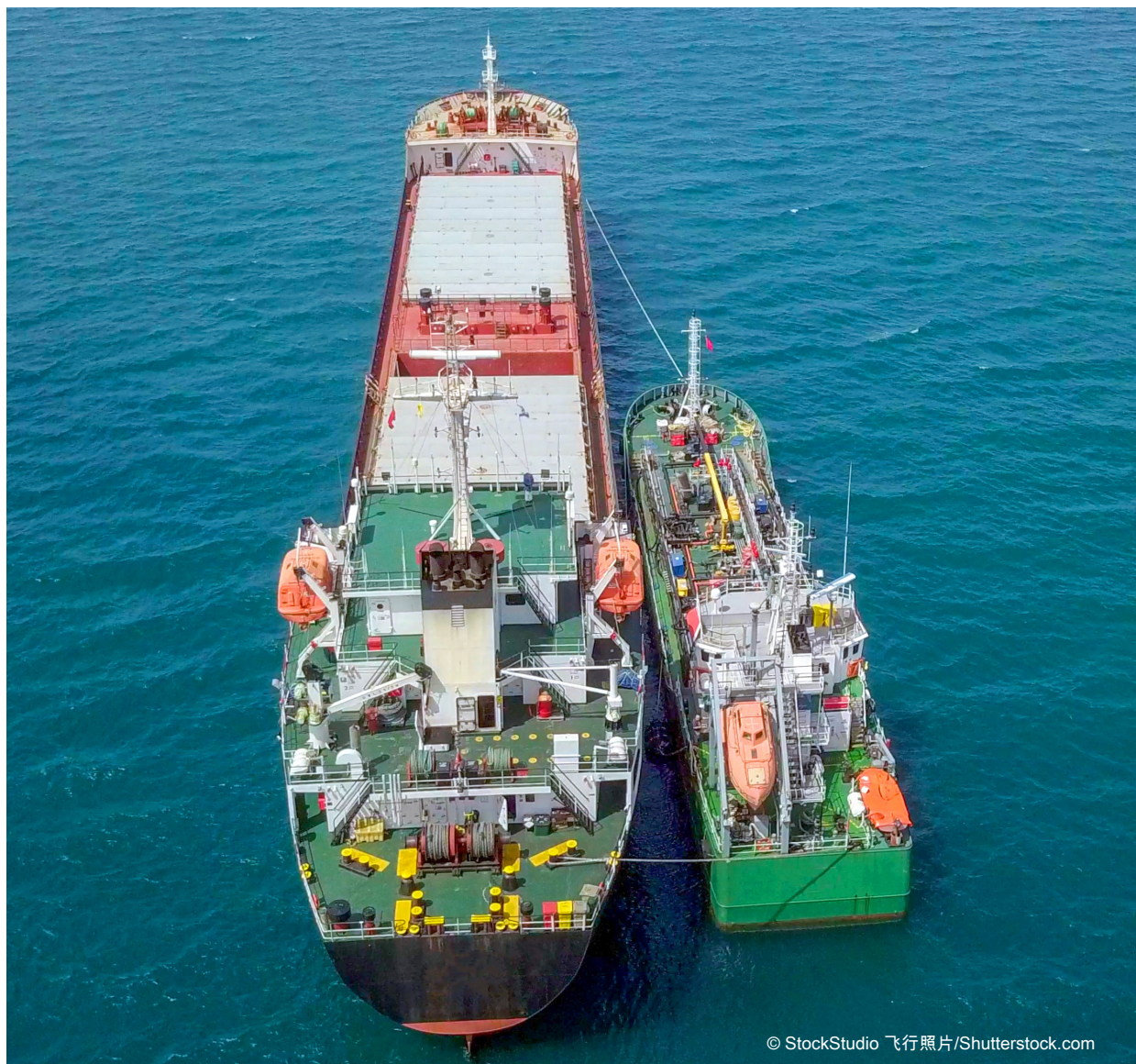
加氢衍生生物柴油

HDRD,²⁰ 其使用与生物柴油相同的植物油或动物脂肪生产，目前在巴西尚未以商业化规模生产。巴西国家石油公司 (Petrobras) 正主导HDRD生产，预计到2025年将建成一座新的生物精炼厂 (USDA, 2024)。目前正在进行创建SAF的工作，通过HEFA (氢化酯和脂肪酸) 工艺和HDRD，特别是使用HVO。

根据《未来燃料法》，柴油中必须掺混至少高达3%的绿色柴油。CNPE将每年确定最低掺混要求。

¹⁹ 在 CORSIA 框架下，确立了到 2050 年实现净零排放的目标以及碳中和增长路径 (长期全球愿景目标) (IRENA, 2024a)。国际航空运输协会进一步强调了可持续航空燃料的关键作用，估计到 2050 年，它将需要在全范围内为航空部门所需的减排量占 65% (IRENA, 2024a)。

²⁰ 可再生柴油 (在巴西立法中称为“绿色柴油”) 通常用作纯替代品，以取代石油柴油，因为它与生物柴油不同，在为运行石油柴油而设计的未改装柴油发动机中没有混合限制。



共炼柴油和喷气燃料

共处理柴油（巴西立法中的“R柴油”）由化石原油和生物可再生成分组成。与原油基柴油相比，可再生部分相关的排放减少报告至少为60%。与HDRD和所有可再生柴油类型一样，共处理柴油也不需要发动机进行修改。

巴西目前只有派特罗布拉斯公司在商业规模上进行柴油共同加工，并计划到2027年生产106亿升。派特罗布拉斯正推动将其纳入生物燃料强制性标准。

bunker fuel

2024年，ANP批准了含有24%生物柴油的海上燃料油（船用燃料油）的商业化，这是巴西首次批准含可再生成分的船用燃料油。这符合国际海事组织实现航运业2050年净零温室气体排放的战略。

6.3 新兴产业巴西计划

2024年启动的新产业巴西计划旨在通过补贴、低息贷款、税收优惠和联邦投资，到2033年刺激工业增长。在生物经济领域，资金和信贷将优先支持通过碳捕获、利用与封存（CCUS）和BECCS减少温室气体排放的技术解决方案；生物燃料的生物质生产与加工的生物技术进步；可再生柴油、合成燃料、航空生物燃料（SAFs）、低碳氢，以及源自可再生资源的生物产品与生物投入（美国农业部，2024年）。

新产业巴西计划旨在到2033年，将生物燃料在交通能源矩阵中的比例从当前的21%提升至50%。已实施的措施之一包括加速提高生物柴油掺混强制标准的日程。将通过由Finep和BNDES支持的招标提供公共融资方案（USDA，2024）。

6.3.1 绿色交通与创新计划

2024年，联邦政府启动了绿色交通与创新计划（Mover），取代了之前的举措。

移动指南促进使用乙醇和生物柴油等生物燃料、其他低碳燃料和替代推进方法（电动汽车）。其核心目标是规范车辆市场，例如以及明确的能源效率、材料可回收性、可及性和绿色税收结构的目标的税收制度。该计划还通过财政优惠鼓励本地研发投资，支持汽车零部件和供应商的工业和技术发展。此外，其范围广泛，涵盖农业和道路机械（BNDES和CGEE，2024）。

该计划旨在促进汽车行业的可持续性和创新，在2024年至2028年间提供190亿雷亚尔（约合30亿美元）的资金信贷。该计划的信贷旨在用于投资研究和开发以生产电动汽车和混合动力汽车的公司，并将抵消联邦税收，通过税收优惠鼓励投资。

Mover 包括涵盖整个能源周期“端到端”的碳排放测量，并建立了工业和技术发展国家基金（FNDIT）。然而，从2027年开始，它通过全面的“摇篮到坟墓”生命周期评估，对轻型汽车、公共汽车和卡车设定了更严格的可持续性要求。该评估包括所有车辆组件、生产阶段、使用、处置以及能源源生命周期（包括燃料）的碳足迹。

7. 技术革新

除了促进生物能源的政策，技术创新在推动巴西生物能源产业发展中发挥了关键作用，对其经济和环境格局产生了重大影响。

一项最具变革性的创新是2003年引入的柔性燃料技术。这项创新标志着巴西生物乙醇发展的第二阶段扩张，柔性燃料汽车为驾驶员提供了灵活性，使他们能够以任何比例使用汽油（含有所需比例的无水乙醇）或水乙醇（E100）。这种适应性使车主能够根据价格、续航里程、性能或供应情况选择燃料，从而获得了卓越的消费者接受度（BNDES，2008）。

对灵活燃料汽车的超常接受激发了国内市场对含水生物乙醇的需求，为巴西甘蔗产业的扩张创造了新的机遇。

尽管巴西生物乙醇生产扩张取得了成功，生产效率提高且环境负面影响逐步减少，但在将生物质转化为能源载体方面，采用渐进式改进和工艺完善仍具有相当大的潜力。这些改进风险较低，能带来良好的短期效果，并且应当被鼓励，因为它们比颠覆性创新更容易获得且风险更小（IRENA，2024b）。²¹

甘蔗基生物能源生产的新可能性，例如利用木质纤维素副产品生产生物乙醇和电力，高度依赖于仍在开发中的工艺，并由政府、私营部门和学术机构支持，这些机构主要位于该国最大的甘蔗生产州——圣保罗州。²²

²¹ 增量创新的例子包括与生物质生产相关的措施，例如生物害虫防治、通过甘蔗 vinasse 灌溉实现养分循环、直接种植以及优化收获和运输。在生物能转换方面，可以通过更高效的提取系统、改进锅炉和蒸汽系统控制以及增加联合发电来提高效率。尽管这些技术众所周知且易于获得，但它们仍未在更保守的生产单位或金融获取受限的单位中得到广泛采用，为增强生物能生产链提供了一条可行的路径（IRENA，2024b）。

²² 巴西甘蔗产业的关键参与者是甘蔗技术中心（CTC），该创新中心成立于1969年。CTC以其农业研究而闻名，已推出60多种用于巴西的甘蔗品种。虽然CTC主要专注于农业研究，但也跨越整个生产链进行创新，包括农村管理、种植和能源系统。CTC的贡献对于推进巴西甘蔗酒精农业产业的创新和提高生物乙醇生产效率至关重要（BNDES，2008）。

8. 巴西生物燃料经验的教训

8.1 充足的监管框架和制度治理

一个可持续的生物能源监管框架对市场成功至关重要，即使存在有利的自然条件和经济潜力也是如此。该框架应明确界定责任，并将目标与能够适应更广泛环境的长期战略相一致。在巴西，于20世纪70年代启动的国家酒精计划（Proálcool）是一项政府主导的市场开发努力，它通过直接补贴、保证采购以及研发计划来支持乙醇产业的早期阶段。相反，于2010年代末引入的RenovaBio计划（国家生物燃料政策）更适合于更市场导向的生物燃料产业，实施碳减排信用系统（CBIOs），提供可预测的碳定价和目标，从而直接鼓励私营部门参与者进行长期投资。

此外，有效的治理对于最大化生物能源扩张带来的机遇、同时最小化其潜在负面影响至关重要。通过良好的治理，可持续生物能源能够应对与土地利用和资源利用相关的风险、对粮食安全、生态系统、碳储量的影响，以及管理公平、正义、经济竞争力和可负担性方面的挑战。巴西森林法要求在乡村土地上保护永续保护区（APP）和法律保护区（RL），包括那些用于生物能源的生物质种植，这表明了更广泛的治理承诺对环境可持续性。此外，有效的治理确保生物能源系统与可持续发展目标相一致，保障粮食和能源安全、气候正义、生物多样性、土地和水权以及地方发展优先事项（BNDES和CGEE, 2024）。



© by DroneVideos/Shutterstock.com

8.2 平衡和可预测的公共政策

平衡且可预测的生物质能源公共政策的重要性不可低估。生物燃料计划严重依赖这些政策，因为目前没有已知的成功市场引入案例没有政府支持（IRENA，2024b）。此类支持通常涉及生物燃料使用的强制要求，创造有利的长期资金条件，碳价或更平衡的税收框架，该框架纳入了与生物燃料生产和使用相关的正外部性，并提高了人们对生物燃料相对贡献的认识。

燃料规范和混配强制要求应谨慎定义和实施。鉴于生物能源技术和生物燃料的多样性，巴西的经验表明，逐步实施方法更合适。从有限市场开始，以低混配水平进行，例如乙醇/汽油和生物柴油/柴油混配，生物燃料比例高达10%（E10和B10），这有助于获取更多知识，而不会造成重大问题。这些混配水平可以迅速采用；然而，更高水平可能需要市场评估和发动机性能的进一步评估，这可能导致发动机改造。这些强制要求最初可以针对专属车队或区域化。

当获得长期资金的机会有限时，政府支持可以帮助应对挑战。在巴西，BNDES和FINEP提供针对(生物)能源部门私营部门投资和研究开发需求的长期融资计划。

碳价或更均衡的税收框架，承认生物能源的正外部性，对于生物燃料的竞争力也至关重要（IRENA，2024b）。通过例如Renovabio等碳信用机制，可以减少化石燃料补贴造成的生物燃料价格竞争力扭曲。

最后，任何生物燃料市场发展计划都应包括针对用户、零售商和纳税人的沟通计划，以解释生物燃料使用的意义及正当性，例如减少排放和支持可持续发展目标（SDGs）。公布已实现和预计的能源、社会经济和环境成果的进度指标也有帮助。克服政策障碍（例如能源政策缺乏连续性、法律不确定性、制度薄弱、协调国家参与者的困难以及官僚主义障碍）需要包容性和有效的对话

8.3 国际协作的力量

无论通过双边、区域或多边努力，国际合作是实现生物燃料在 глобальной углерод-нейтральной работе充分发挥其潜力的有力工具。生物燃料可以提供各种利益，可以根据不同的国家和社区进行调整。通过合作，专家、立法者、监管机构和行业代表可以互相学习彼此的经验和最佳实践，提高政策、生产效率和可持续性，从而为国内外稳定生物燃料市场做出贡献。

在过去的五十年里，巴西在生物能源领域发展了丰富的专业知识，并通过技术合作和能力建设计划与其他国家分享这些知识。全球生物能源伙伴关系计划、生物未来平台等²³和巴西的可持续交通：

²³ 生物未来平台于2016年启动，拥有22个成员国，促进技术合作、可持续性共识、生物质治理、融资机制和政策趋同。

乙醇对话事例表明，国家主导的努力可以促进生物燃料市场的经验交流与合作。印度得益于与巴西的合作，提升了生物燃料生产和使用灵活燃料汽车来减少交通运输排放。此外，印度在2023年担任二十国集团主席期间启动的全球生物燃料联盟，目前包括25个国家与12个国际组织，为生物燃料政策的技术合作提供平台。（BNDES和CGEE，2024）

2024年，在巴西担任G20主席期间，能源转型工作组（ETWG）内部讨论有所加强。各国表现出增加可再生能源、提高能源效率以及减少对化石燃料依赖的承诺。巴西为ETWG设立了三个优先事项：加速能源转型融资；解决能源转型的社会维度；以及探索可持续燃料的创新视角。氢能等新兴能源促使巴西及其合作伙伴在国际认证和碳核算辩论中发挥影响力。一致的标准和方法对于避免市场扭曲、确保各种能源之间的公平竞争至关重要。

政府、行业、金融机构和多边机构之间的对话可以增进知识并为促进生物能源提供基准。巴西及其合作伙伴根据氢能和可持续燃料等新能源市场的兴起，积极参与了关于认证和碳核算的国际辩论。基于生命周期分析的碳核算方法中，关于一致性、共同标准和可比性的需求引发了激烈的讨论。这些努力对于防止市场扭曲、避免歧视性措施以及为所有能源创造公平竞争环境至关重要。

参考文献

abiove (2025), "生物柴油统计数据2025 [Biodiesel Statistics 2025]", 巴西植物油工业协会 <https://abiove.org.br/estatisticas-biodiesel-2025/> (访问于2025年6月13日)。

阿奎亚尔, D. R. D., (2024), "巴西乙醇燃料: 政策与碳排放避免", 等 生物燃料 第16卷 (3), 第1-11页, <https://doi.org/10.1080/17597269.2024.2405765>

ANFAVEA (2024). 《ANFAVEA巴西汽车工业年鉴》 https://anfavea.com.br/site/wp-content/uploads/2024/05/ANFAVEA-ANUARIO-DIGITAL-2024-NOVOATUALIZADOalta_compressed.pdf

BNDES (2008), "以甘蔗为基础的生物乙醇: 可持续发展能源", 巴西国家经济和社会银行和CGEE, 里约热内卢。

BNDES和MME (2022年)。“第二代乙醇大规模生产的技术和经济条件评估——奥托循环报告”nd 乙醇生成——奥托循环报告], GT E2G [E2G工作组]. 未来燃料计划[未来燃料计划]. 巴西利亚: 矿业和能源部

BNDES和CGEE (2024年), "生物乙醇: 快速实现交通脱碳——政策制定者概要", 巴西经济和社会银行, 里约热内卢。

CEPEA (2025), "大豆及生物柴油产业链[大豆及生物柴油链GDP]", 应用经济学高级研究中心[应用经济学高级研究中心], www.cepea.org.br/br/pib-da-cadeia-de-soja-e-biodiesel-1.aspx (访问于2025年6月13日)。

杜门哈, G., 和达席尔瓦, W. (2014), "巴西生物柴油生产的社会经济和环境评估", 在 , 里斯本, www.iioa.org/conferences/22_22国际投入产出会议nd nd / papers/files/1771_20140512071_Paper_Cunha_Guilhoto_Walter.pdf

Ekbohm, T. (2023), "生物燃料推广的成功评估与经验教训, 报告工作包1: 巴西、加拿大、德国、瑞典和美国的生物燃料政策及市场推广现状", 国际能源署生物能源技术合作计划。

EPE (2020), 《用于柴油循环发动机的可再生燃料》, 技术简报DPG-SDB第1/2020号 www.epe.gov.br/sites-en/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-219/技术笔记_用于柴油循环发动机的可再生燃料_eng.pdf

EPE (2024), 《当前生物燃料前景分析——2023年》, 技术简报 EPE/DPG/SDB/2024/03 www.epe.gov.br/sites-en/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-264/NT-EPE-DPG-SDB-2024-03_生物燃料当前展望_年度2023.pdf

戈尔登贝格, 约瑟。(2006)。"巴西的乙醇计划", , 第1卷, 014008, 环境研究快报 <https://doi.org/10.1088/1748-9326/1/1/014008>

IRENA (2022), , 国际可再生能源 世界能源转型展望2022年: 1.5°C路径 代理机构, 阿布扎比, www.irena.org/Publications/2022/Mar/世界能源转型展望2022

IRENA (2023), 国际可再生能源 世界能源转型展望2023 : 1.5°C路径
 代理机构, 阿布扎比, www.irena.org/Publications/2023/Jun/世界能源转型展望-2023

IRENA (2024a), 国际可再生能源 世界能源转型展望2024年 : 1.5°C路径
 代理机构, 阿布扎比, www.irena.org/Publications/2024/Nov/世界能源转型展望2024

IRENA (2024b), 拉丁美洲可持续生物能源路径 : 促进生物能源投资
 , 国际可再生能源机构, 阿布扎比, [www.irena.org/publications/2024/jan/ 可持续性拉丁美洲可持续生物能源路径—促进生物能源投资和可持续性](http://www.irena.org/publications/2024/jan/可持续性拉丁美洲可持续生物能源路径—促进生物能源投资和可持续性)

IRENA (2024c), 发展银行与能源规划 : 吸引能源领域的私人投资
 , 国际可再生能源机构, 阿布扎比, [www.irena.org/ 转型 - 巴西案例出版物/2024/九月/发展银行与能源规划-吸引私人投资支持能源转型-巴西](http://www.irena.org/转型-巴西案例出版物/2024/九月/发展银行与能源规划-吸引私人投资支持能源转型-巴西)

IRENA (2024d), 东南亚可持续航空燃料 : 生物基解决方案的区域视角
 国际可再生能源署, 阿布扎比 www.irena.org/Publications/2024/Dec/可持续航空燃料在东南亚——对生物基解决方案的区域视角

MAPA (2020), "巴西农业温室气体排放与去除因素汇编", 农业部/SENAR, www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/fatores-nacionais-para-emissao-e-remocao-de-gases-de-efeito-estufa-na-agropecuaria-estao-em-coletanea-inedita-do-mapa/Coletanea_agricultura.pdf

MME/EPE (2024a), "国家能源平衡" [National Energy Balance], 矿产能源部 [Ministry of Mines and Energy] 和 能源研究公司 [Energy Research Office].

MME/EPE (2024b), "2024年十年能源扩展计划" [Ten-Year Energy Expansion Plan 2024], 矿业和能源部 [Ministry of Mines and Energy] 和 能源研究公司 [Energy Research Office].

MTE (2025), "社会信息年度列表 : 包含甘蔗种植和酒精制造领域活跃与不活跃就业的数据库" 年度社会信息报告
 , 劳工部 [Ministry of Labour and Employment]. 社交信息]

佩尔克曼斯, L. (编) (2024), "巴西生物能源的实施——2024年更新", 国际能源署生物能源技术合作计划。

REN21 (2024), REN21 可再生能源2024全球状况报告 : 可再生能源在能源需求中
 秘书处 www.ren21.net/gsr-2024/modules/energy_demand

UNICA (2020), "甘蔗能源行业" [Sugarcane Energy Sector], 蔗糖和生物能源工业联盟 [巴西甘蔗和生物能源协会], <https://unica.com.br/setor-sucroenergetico/>

UNICAdata (2025), "甘蔗能源行业信息面板", <https://unicadata.com.br/listagem.php?idMn=146&idioma=1> 观察站和生物能

USDA (2024), 美国农业部, 外国农业服务局, 圣保罗, 巴西 : 生物燃料年度报告
www.fas.usda.gov/data/巴西生物燃料年度-11

