

AUTOSSUFICIÊNCIA BRASILEIRA FRENTE A DEMANDA POR FERTILIZANTES: UTILIZAÇÃO DO HIDROGÊNIO VERDE NA PRODUÇÃO DE AMÔNIA (NH₃) PARA FABRICAÇÃO DE FERTILIZANTES.

Nascimento, Mauricio A.^{1(*)}; Júnior, Everardes P.², Júnior, Ivan O. S. ³.

1. Pesquisador do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia da Bahia -IFBA/COEDI
2. Pesquisador do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia da Bahia -IFBA/COEDI
3. Estudante de IC no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia da Bahia -IFBA/COMIN

Resumo:

A produção de amônia (NH₃) a partir do nitrogênio e do hidrogênio permite a síntese em larga escala de fertilizantes nitrogenados, possibilitando o aumento da produtividade agrícola global, impulsionando a produção de alimentos, aquecendo a economia informal ligada ao agronegócio, e contribuindo significativamente para a segurança alimentar. Neste contexto, o uso de fertilizantes a partir da amônia introduz uma grande quantidade de nitrogênio no ambiente terrestre, causando forte impacto na ciclagem de nitrogênio do ecossistema, evidenciando a necessidade de abordagens sustentáveis na gestão do uso desses fertilizantes para mitigar impactos ao meio ambiente. Vale ressaltar que o Brasil um grande consumidor de fertilizantes, deficitário na oferta interna deles (ANDA 2024), e possui potencial reconhecido na produção mundial do hidrogênio verde. Uma vez que o processo de síntese de amônia é responsável por contribuir com 1,6% das emissões antropogênicas de CO₂ mundial, e de no Brasil, a sua produção ser pautada no uso energético do gás natural, faz-se necessário o desenvolvimento de estratégias mais eficientes e sustentáveis para sua produção. Esta pesquisa analisa os sistemas de produção de fertilizantes, mais especificamente, quanto ao uso da Amônia (NH₃) no que tange ao potencial de autossuficiência brasileira na produção de fertilizantes e ao fomento da produção do hidrogênio verde na sua utilização na produção da amônia como substituto energético.

Palavras-chave: Energias limpas; Eficiência agrícola, Sustentabilidade, Eficiência energética.

Apoio financeiro: Esta pesquisa recebeu apoio financeiro do IFBA através do Edital nº 05/2025/PRPGI/IFBA de 10 de fevereiro de 2025. SELEÇÃO DE PROJETOS PARA BOLSISTAS–2025/2026 - PIBIC IFBA/FAPESB/CNPq.

Introdução:

A produção de amônia (NH₃) a partir do nitrogênio e do hidrogênio pelo processo Haber-Bosch, transformou a agricultura ao viabilizar a síntese em larga escala de fertilizantes nitrogenados, fundamentais para a produtividade agrícola e a segurança alimentar mundial (GENÇER et al., 2020). Derivados como ureia, sulfato e nitrato de amônio representam cerca de 170 milhões de toneladas anuais (CANFIELD; GLAZER; FALKOWSKI, 2010), superando a fixação biológica natural e alterando a ciclagem do nitrogênio. Contudo, o uso intensivo desses insumos gera impactos ambientais relevantes, como eutrofização, contaminação hídrica e aumento das emissões de gases de efeito estufa (LEWIS; MASLIN, 2015). Estima-se que 160 milhões de toneladas de NH₃ ao ano sejam destinadas à fabricação de fertilizantes, responsáveis por mais de 70% da alimentação mundial (DAW; STOUT, 2019).

Inicialmente o hidrogênio usado no processo era obtido do carvão e, a partir de 1920, passou a ser extraído do gás natural via reforma a vapor do metano (SMR). Embora eficiente, esse método consome entre 1% e 2% da energia global e responde por 1,6% das emissões antropogênicas de CO₂ (ERISMAN et al., 2008). Nesse cenário, pesquisas recentes avançam na produção de “amônia verde”, baseada em hidrogênio renovável. Projetos em expansão comprovam sua viabilidade, reduzindo impactos ambientais e ampliando oportunidades para os setores agrícola e energético (GENÇER et al., 2020).

O Brasil, embora grande consumidor e importador de fertilizantes (ANDA, 2024), apresenta condições privilegiadas para se destacar na produção de hidrogênio verde. Tal potencial pode reduzir custos, fortalecer a indústria nacional, diminuir a dependência externa e dinamizar economias populares ligadas ao agronegócio. Assim, o hidrogênio verde surge como vetor de sustentabilidade e desenvolvimento socioeconômico regional.

Em 2023, foram disponibilizadas cerca de 45 milhões de toneladas de fertilizantes no Brasil, 86% importados (ANDA, 2024). O aproveitamento do hidrogênio verde pode não apenas descarbonizar a cadeia produtiva, em especial da amônia, mas também fortalecer economias populares, ampliando competitividade e sustentabilidade. Esta pesquisa objetiva analisar os sistemas de produção de fertilizantes, especialmente os baseados em amônia (NH₃), considerando as demandas brasileiras e prospectando seu crescimento e produção a partir do hidrogênio verde.

Metodologia:

A metodologia deste estudo foi desenvolvida em etapas sucessivas, conforme orienta Gil (2002): levantamento bibliográfico preliminar, elaboração de plano provisório, busca de fontes, leitura do material, fichamento, organização lógica do tema e redação do texto. A partir dessa base, aprofundou-se a literatura sobre

a produção de amônia (NH_3) a partir do nitrogênio e do hidrogênio.

Na primeira etapa prática, foram levantados dados sobre o panorama no Brasil de oferta e demanda de fertilizantes, avaliando a sua capacidade de oferta interna, e sua matriz de produção energética padrão. Em seguida, levantou-se as possibilidades técnicas de introdução do hidrogênio verde como energético, em substituição aos combustíveis fósseis, na fabricação da amônia, verificando o potencial brasileiro na: produção de hidrogênio verde, na sua influência na produção interna de fertilizantes, e na contribuição para a descarbonização na cadeia de produção dos fertilizantes, em específico, através da produção de amônia (NH_3), como também no implemento da economia informal associada ao agronegócio.

As etapas metodológicas envolveram a leitura exploratória, seletiva, analítica e interpretativa das fontes, seguida da sistematização das ideias e da elaboração de um artigo científico voltado à discussão dos resultados.

Resultados e Discussão:

Serão promovidas discussões acerca das hipóteses de viabilidade econômica na utilização do hidrogênio verde como energético para fabricação de Amônia (NH_3) e de fertilizantes, de forma a provocar o debate sobre a possibilidade de autossuficiência brasileira frente a demanda por fertilizantes.

Os resultados esperados indicam que a integração do hidrogênio verde à produção de amônia pode representar uma solução economicamente viável e ambientalmente vantajosa reduzindo a dependência externa de fertilizantes de forma a contribuir para a descarbonização da cadeia produtiva. Espera-se ainda que o uso dessa tecnologia impulse o desenvolvimento da economia popular associada ao agronegócio, ampliando oportunidades de trabalho e renda e fortalecendo a competitividade nacional no mercado global de fertilizantes. A Figura 1 ilustra o processo de utilização de hidrogênio verde na fabricação da amônia.

Figura 1 - Produção de amônia (NH_3) através do hidrogênio verde.



Fonte: Dados da pesquisa

A integração de recursos energéticos de hidrogênio verde tem o potencial de impactar significativamente a produtividade e a integração da economia popular nos mercados formais. O H_2 verde, produzido através de eletrólise alimentado por fontes de energia renováveis, como a eólica ou a solar, está a emergir como um transportador de energia sustentável e versátil, com diversas aplicações em múltiplos setores (LEAL, et al. 2021). O seu potencial para descarbonizar as indústrias e os transportes energéticos têm atraído atenção, especialmente em regiões que procuram fazer a transição para fontes de energia mais limpas e sustentáveis.

Em termos de produtividade, a adoção desta fonte energética pode levar a soluções mais eficientes e econômicas para indústrias de pequena escala e microempresas. Isto pode impactar positivamente a rentabilidade e a competitividade das empresas que operam na economia popular, como é o caso da indústria do agronegócio. Ao melhorar a sustentabilidade e as credenciais ambientais dos produtos fabricados, e aqui refere-se ao exemplo da fabricação de produtos fertilizantes a base da amônia (NH_3), o hidrogênio verde pode aumentar a sua comercialização e aceitação por estruturas de mercado maiores e mais formais.

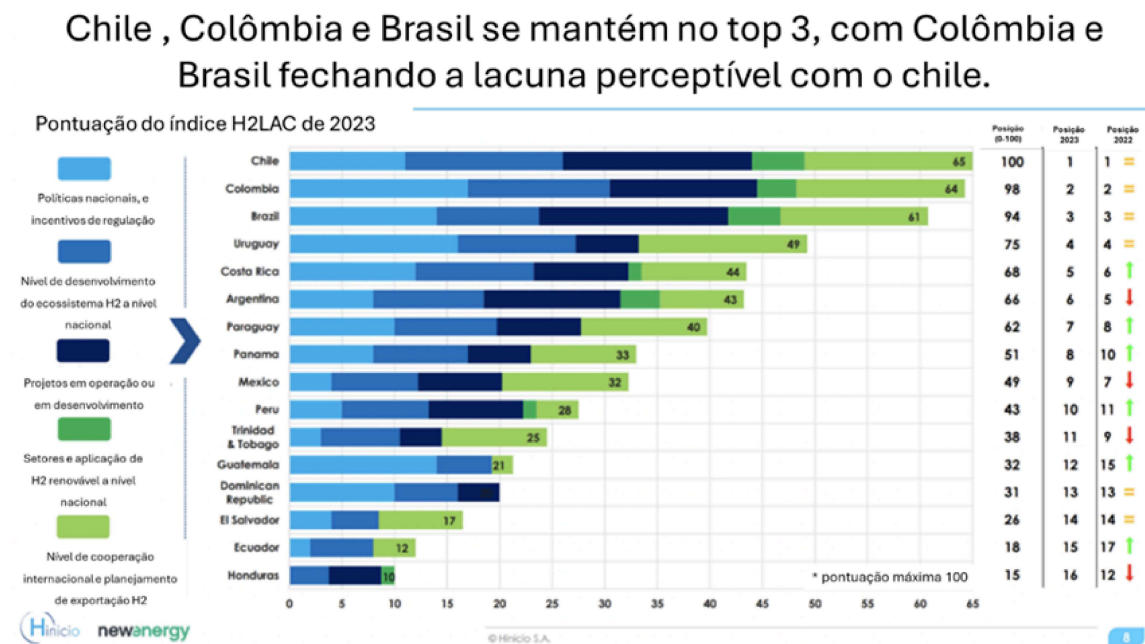
Os países da América Latina centram-se cada vez mais em tecnologias limpas e de baixo carbono, alinhando-se com a transição energética global. O hidrogênio nas suas diversas formas de utilização oferece uma alternativa viável para reduzir a dependência dos combustíveis fósseis em diferentes setores econômicos, a exemplo da indústria de fertilizantes, dentre outros. Além disso, é um importante insumo de exportação para os mercados de importação que se projetam como mais exigentes nas próximas décadas, como a União Europeia, o Japão e a Coreia. Reconhecendo esta significativa oportunidade de mercado para a região e suas economias

nacionais, de acordo com Hiniçio Latin America (HINICIO, 2023):

“...vários governos da região, como Chile, Colômbia, Uruguai e Brasil, estão integrando ativamente esta tecnologia em seus sistemas energéticos nacionais. Trabalhando políticas e objetivos de redução das emissões de gases com efeito de estufa. Isto alinha-se com o estabelecimento de associações e eventos nacionais de hidrogênio focados neste mercado, fazendo de 2023 um ano que diversificou e fortaleceu os elementos fundamentais para este mercado futuro...”.

As suas projeções em termos de liderança global da região até 2030 podem ser observados na Figura 2.

Figura 2. Pontuação índice H2LAC 2023



Fonte: Hiniçio Latin America (2023)

O Estado representa papel crucial na criação de um ambiente propício para a prosperidade da economia popular através da implementação das fontes energéticas limpas. Uma vez que o acesso aos recursos, o desenvolvimento de infraestruturas e o apoio regulamentar são fundamentais para a introdução da economia popular nos mercados formais. Além disso, a colaboração entre o Estado e a economia popular é vital para o sucesso da implementação de iniciativas de energia sustentável, como a adoção da tecnologia do hidrogênio verde, principalmente no que tange a regulação (ALTENGURB; PEGEL, 2020).

Conclusões:

A integração de recursos energéticos de hidrogênio verde tem o potencial de impactar significativamente a produtividade e a integração da economia popular nos mercados formais. O seu potencial para descarbonizar as indústrias e os transportes energéticos têm atraído atenção, especialmente em regiões que procuram fazer a transição para fontes de energia mais limpas e sustentáveis.

Em termos de produtividade, a adoção desta fonte energética pode levar a soluções mais eficientes e econômicas para indústrias de pequena escala e microempresas. Isto pode impactar positivamente a rentabilidade e a competitividade das empresas que operam na economia popular, como é o caso da indústria do agronegócio. Ao melhorar a sustentabilidade e as credenciais ambientais dos produtos fabricados, e aqui refere-se ao exemplo da fabricação de produtos fertilizantes a base da amônia (NH₃), o hidrogênio verde pode aumentar a sua comercialização e aceitação por estruturas de mercado maiores e mais formais.

O H₂ verde pode de fato funcionar como um catalisador para mudanças transformadoras na indústria de fertilizantes e na economia popular no Brasil, uma vez que mantém a promessa de catalisar a produtividade, promover a capacitação e integrar perfeitamente a economia popular nos mercados formais. Como é produzido através de processos ecológicos, oferece uma alternativa sustentável e econômica às fontes de energia tradicionais na produção de fertilizantes, implementando o agronegócio impulsionado pela fabricação de fertilizantes a base da amônia.

Além disso, a acessibilidade da tecnologia do hidrogênio verde capacita as comunidades e os pequenos empresários, fornecendo-lhes uma fonte de energia limpa e descentralizada. Esta nova independência energética não só atenua as vulnerabilidades associadas às fontes de energia tradicionais, mas também permite que as

entidades da economia popular assumam uma participação maior no controle do seu consumo de energia, contribuindo em última análise para uma maior autonomia econômica. À medida que os mercados globais exigem cada vez mais produtos sustentáveis e ecológicos, a adoção do hidrogênio verde na produção de fertilizantes pode melhorar a comercialização e a aceitação dos seus produtos e serviços.

No contexto brasileiro, onde a economia popular desempenha um papel vital nos meios de subsistência e na atividade econômica, a adoção do H₂ verde torna-se especialmente significativa. Os governos e as partes interessadas da região têm uma oportunidade única de implementar políticas que promovam a adoção da tecnologia do hidrogênio verde na sua utilização para fabricação de fertilizantes, e em específico no processo de fabricação da NH₃.

Enquanto catalisador da produtividade, da capacitação e da integração nos mercados formais, a utilização do hidrogênio verde na fabricação de fertilizantes representa não apenas um imperativo ambiental, mas também uma força transformadora para o desenvolvimento econômico inclusivo e sustentável. Ao abraçar esta oportunidade, o Brasil poderá posicionar-se como líder na busca global de um futuro verde e equitativo, e exportador de fertilizantes, ao invés de importador, papel que hoje configura a sua participação real.

Referências bibliográficas

ALMEIDA, Amanda Aparecida de; ALMEIDA, Fernanda Ferrante de. Produção de fertilizantes organomineral a partir de resíduos orgânicos. 2018. Monografia (Monografia em Engenharia química) - Universidade de Uberaba. Uberaba, MG. Disponível em: <http://dspace.uniube.br:8080/jspui/handle/123456789/1102>. Acesso em: 01/02/2025.

ALTENBURG, T., & Pegels, A. Green industrial policy: Concept, policies, country experiences. *Green Industrial Policy: Concept, Policies, Country Experiences* (2020).

ANDA - Associação Nacional e difusão de adubos. Relatório pesquisa Setorial – Macro Indicadores. Disponível em <https://anda.org.br/pesquisa_setorial/> acesso em 04/09/2024.

CANFIELD, Donald E.; GLAZER, Alexander N.; FALKOWSKI, Paul G. The evolution and future of earth's nitrogen cycle. *Science*, v. 330, p. 192–196, 2010. Disponível em: DOI: 10.1126/science.1186120. Acesso em: 01/10/2024.

CHAGAS, Aécio Pereira. A síntese da amônia: alguns aspectos históricos. *Quim. Nova*, v. 30, n. 1, p. 240-247, 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-40422007000100039>>. Acesso em: 01/05/2024.

DAW, Jennifer; STOUT, Sherry. Building island resilience through the energy, water, food nexus. 2019.

ERISMAN, Jan Willem; et al. How a century of ammonia synthesis changed the world. *Nat Geosci*, v. 1, p. 636–639, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/ngeo325>. Acesso em: 01/04/2024.

GENÇER, Emre, et al. Sustainable production of ammonia fertilizers from biomass. *Biofuels, Bioprod. Bioref.* v. 14, p. 725–733, 2020. Disponível em: doi: 10.1002/bbb.210. Acesso em: 01/04/2024

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4 ed. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

HINICIO- How the hydrogen market has evolved by 2023 in Latin America & the Caribbean. Disponível em: <https://hinicio.com/h2_latin_america_market_2023_article_eng/> Acesso 14/11/23.

LEAL, V., de Paz, P. E., & Sánchez, P. J.: Green hydrogen as a solution to promote the integration of renewable energy sources. *Energies*, 14(2), 451 (2021).

LEWIS Simon L.; MASLIN Mark A. Defining the Anthropocene. *Nature*. v. 519, p. 171–180, 2015. Disponível em: doi:10.1038/nature14258. Acesso em: 01/04/2024.