

UM PANORAMA SOBRE O HIDROGÊNIO COMO FONTE DE ENERGIA E OS RISCOS ASSOCIADOS À SUA UTILIZAÇÃO

Beatriz de Almeida Lomba Soriano
Marcelly Antunes Perazoli
João Felipe Mitre
Geraldo de Souza Ferreira

Universidade Federal Fluminense, beatrizsoriano@id.uff.br
Universidade Federal Fluminense, marcellyperazoli@id.uff.br
Universidade Federal Fluminense, jf_mitre@id.uff.br
Universidade Federal Fluminense, geraldoferreira@id.uff.br

Resumo: As mudanças climáticas têm impulsionado a busca e utilização de fontes de energia menos poluentes e mais sustentáveis em substituição aos combustíveis fósseis, a fim de reduzir a emissão de carbono e poluentes. O hidrogênio é uma fonte de energia importante neste contexto, pois possui alto poder calorífico, pode ser armazenado, transportado e empregado em vários setores industriais, além de ser usado para produzir eletricidade. No entanto, há riscos ocupacionais e operacionais associados à sua produção, armazenamento e uso, pois o hidrogênio é muito reativo, possui baixa densidade e pode permear materiais metálicos. O presente trabalho tem como objetivo apresentar as principais características, formas de obtenção e armazenamento do hidrogênio, destacando os aspectos da segurança operacional necessários para lidar com essa fonte de energia. Assim, esse estudo destaca a importância da busca de fontes alternativas de energia, soluções para a redução de emissões de carbono, confiáveis, com alta disponibilidade de produção e baixo risco operacional.

Palavras-chaves: Hidrogênio, segurança operacional, riscos, mudanças climáticas.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento econômico após a Revolução Industrial (Século XVIII) foi impulsionado pelo uso de combustíveis fósseis – carvão, petróleo e gás natural. A partir da década de 1970, com a Conferência de Estocolmo de 1972, na Suécia, os problemas ambientais decorrentes da industrialização e do uso de combustíveis fósseis, como poluição atmosférica, da água e do solo e o efeito estufa passaram a ser discutidos internacionalmente (Ribeiro, 2001). Recentemente, o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2013) relatou que a queima de combustíveis fósseis e o uso indevido do solo possuem relação direta com o aumento das emissões de gases de efeito estufa (GEE). Este aumento decorre da grande quantidade de dióxido de carbono (CO₂) emitida para a atmosfera, estimulando as mudanças climáticas.

A ampliação da consciência sobre as alterações climáticas trouxe a pauta para as agendas governamentais e dos órgãos internacionais, apoiando a busca por fontes de energia menos poluentes e mais sustentáveis. As fontes de energia solar, eólica, biocombustíveis, hidrogênio têm sido opções adotadas para substituir fontes não renováveis e reduzir a emissão de carbono (GIZ, 2021).

Segundo a Agência Internacional de Energia (IEA, 2023), nunca houve tanto interesse internacional em ampliar a utilização do hidrogênio como fonte alternativa de energia. O hidrogênio pode ser utilizado para substituir combustíveis poluentes em setores nos quais a redução de emissões é particularmente difícil, como o transporte pesado de longa distância, a siderurgia e outras indústrias que exigem altas temperaturas. O hidrogênio também pode ser armazenado, transportado e usado para produzir eletricidade, permitindo que países com pouco espaço para equipamentos eólicos e solares sejam abastecidos com energia livre de carbono.

Nesse contexto, o hidrogênio emerge como uma alternativa promissora para descarbonizar setores desafiadores, destacando-se como uma solução viável para mitigar as mudanças climáticas, com tendência a se expandir para além dos setores industriais.

O presente trabalho tem como objetivo apresentar as principais características e formas de obtenção do hidrogênio, tendo também como propósito sintetizar e destacar aspectos da segurança operacional necessária para lidar com essa fonte de energia, em função dos riscos a ela associados. A importância deste estudo se relaciona com o contexto atual de ampliação da utilização do hidrogênio como uma das melhores opções de fonte energética para enfrentar os desafios de redução de emissões de carbono e mitigação das mudanças climáticas.

2. O HIDROGÊNIO

O hidrogênio é o elemento químico mais abundante do universo. Possui número atômico 1, sendo o elemento químico com menor massa atômica, cerca de 1,008 u, e uma densidade de 0,0899 g/L, sendo 14,4 vezes mais leve que o ar nas condições padrão de temperatura e pressão (20°C e 1 atm) (Royal Society of Chemistry, 2017). É um gás com alta densidade energética e poder calorífico superior ao de outros combustíveis, como pode se observar na Tabela 1.

Tabela 1: Poder calorífico de combustíveis selecionados (MJ/Kg).

Combustível	Poder Calorífico (MJ/Kg)
Hidrogênio	120,0
Gás Natural Liquefeito	54,4
Propano	49,6
Gasolina de Aviação	46,8
Gasolina Automotiva	46,4
Diesel Automotivo	45,6
Etanol	29,6
Metanol	19,7

Fonte: Dutta (2014).

Devido ao seu alto poder calorífico, o hidrogênio é utilizado como combustível em células de combustível e na indústria espacial. Além disso, é empregado na indústria química como matéria-prima para a produção de amônia, solventes, polímeros, entre outros produtos, e no refino de petróleo para melhorar a qualidade de derivados como gasolina e diesel (Von Zuben *et al.*, 2022).

A ocorrência do hidrogênio em forma elementar (H₂) é rara, devido à sua alta reatividade e tendência a se ligar a outros elementos químicos, como o oxigênio e o carbono. Para sua obtenção, são utilizadas como matérias-primas a água (H₂O), biomassa e combustíveis fósseis (Von Zuben *et al.*, 2022).

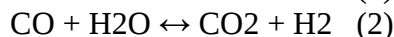
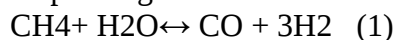
2.1. Metodologias de Produção de Hidrogênio

Os métodos mais comuns de produção de hidrogênio incluem a reforma a vapor do metano, a oxidação parcial do metano, a gaseificação do carvão, a eletrólise da água e o tratamento da biomassa (através de processos termoquímicos e biológicos).

2.1.1. Reforma a Vapor do Metano

A reforma a vapor usa como matérias-primas o gás natural e a nafta. A produção de hidrogênio é feita em altas temperaturas (820-880°C) e pressão (20-25 bar). Após a produção, o hidrogênio é

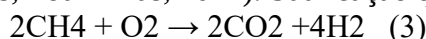
separado, usando solventes especiais ou membranas de separação. As reações químicas envolvem o metano, outros hidrocarbonetos leves e vapor d'água:



A reforma a vapor é um processo eficiente, mas consome alta quantidade de energia para a manutenção de temperaturas elevadas (Nikolaidis; Poullikkas, 2017).

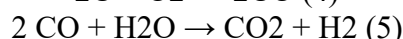
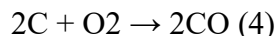
2.1.2. Oxidação Parcial do Metano

Este processo foi desenvolvido para produção de hidrogênio em células a combustível veiculares e aplicações comerciais de pequeno porte. Se assemelha à reforma a vapor, porém utiliza oxigênio em vez de vapor (Nikolaidis; Poullikkas, 2017). Sua reação química é:



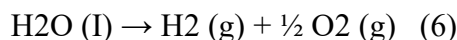
2.1.3. Gaseificação do Carvão

Na gaseificação, o carvão mineral é oxidado parcialmente em temperaturas entre 900 a 1000°C para a obtenção do gás de síntese, usado na produção de hidrogênio (Huang et al). As reações são:



2.1.4. Eletrólise da Água

Este método permite produzir hidrogênio com pureza superior a 99,9%, sendo eficaz em pequena escala. Neste processo, ocorre a passagem de corrente elétrica através da água, onde são produzidos hidrogênio e oxigênio em forma gasosa, conforme a seguinte reação:



Receptores de gás são empregados para coletar o hidrogênio produzido no cátodo e o oxigênio no ânodo.

2.1.5. Biomassa – Processos Termoquímicos

Os principais métodos de produção termoquímica do hidrogênio a partir da biomassa são a gaseificação e a pirólise. Na gaseificação, a biomassa é submetida a um tratamento térmico que produz monóxido e dióxido de carbono, hidrogênio, metano, e outros componentes. A seguir, o hidrogênio é separado dos outros gases.

Na pirólise, a biomassa é decomposta em um processo térmico em alta temperatura, na ausência de oxigênio, gerando gases, líquidos, cinzas e sólidos carbonizados. O hidrogênio é obtido por separação, a partir do gás produzido. A escolha entre gaseificação e pirólise depende das características da biomassa e dos requisitos do sistema de produção (Nikolaidis; Poullikkas, 2017).

2.1.6. Biomassa – Processos Biológicos

Os métodos biológicos envolvem a biofotólise e a fermentação. Na biofotólise, o hidrogênio é produzido a partir da água, como subproduto da fotossíntese realizada por determinados microorganismos, como algas e bactérias. Na fermentação, a biomassa produz hidrogênio a partir de processos fermentativos (Nikolaidis; Poullikkas, 2017).

2.2. Tipos de Hidrogênio

O mercado utiliza uma nomenclatura de cores para classificar o hidrogênio produzido (Tabela 2), de forma a identificar a matéria prima, como também os processos utilizados. Pelo fato de não se tratar de uma classificação oficial, algumas cores podem variar conforme a fonte de referência utilizada (Huang et al, 2023).

Tabela 2: As cores do hidrogênio

Hidrogênio	Processo de produção
Marrom	Gaseificação do carvão, com emissão de dióxido de carbono (CO ₂).
Cinza	Reforma a vapor do metano sem captura de dióxido de carbono, que é liberado na atmosfera
Azul	Produzido como o hidrogênio cinza, mas com captura e armazenamento de carbono (CCUS).
Turqueza	Pirólise do gás natural, sem emissão de dióxido de carbono.
Verde	Eletrólise da água, usando eletricidade de fontes renováveis. As emissões de carbono podem ser nulas.
Rosa	Eletrólise da água, usando energia nuclear. Não há emissões de gases de efeito estufa.
Branco	Produzido a partir de jazidas naturais subterrâneas.

Fonte: Huang et al (2023).

2.3. Armazenamento e Distribuição

Existem diversas alternativas para armazenar hidrogênio, seja em estado sólido, líquido ou gasoso, utilizando tecnologias como compressão, liquefação e armazenamento sólido. Quanto à distribuição, desde a central de produção até a estação de reabastecimento, pode ser feita por meio de gasodutos, reboques tubulares, comboios, caminhões ou navios, dependendo do estado físico em que o hidrogênio se encontra (Figura 1) (Halder *et al.*, 2023).

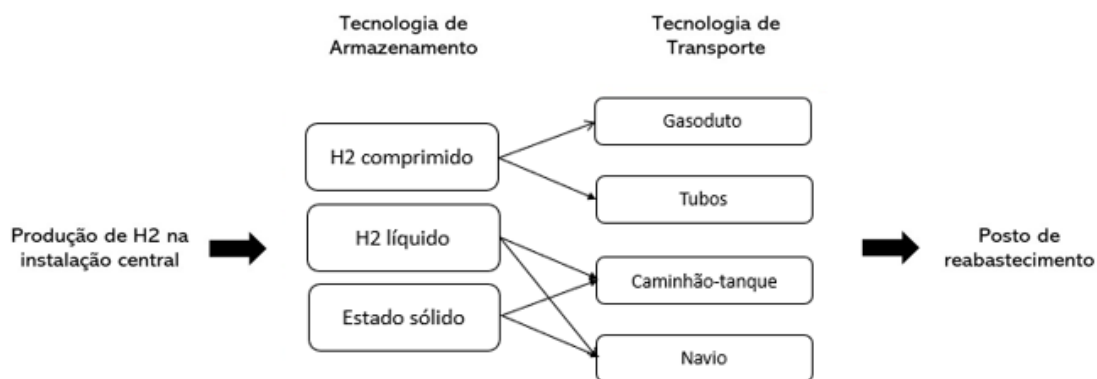


Figura 1: Armazenamento e transporte de hidrogênio (Halder *et al.*, 2023).

O hidrogênio pode ser comprimido para armazenamento em cilindros ou depósitos subterrâneos. Os cilindros são usados para transporte rodoviário e como tanques de veículos. A compressão também é necessária para o transporte em gasodutos. Para ser liquefeito, o hidrogênio deve estar a uma temperatura de -253°C. Nessa condição, ele pode ser armazenado e transportado por meio rodoviário, ferroviário e marítimo (Halder *et al.*, 2023).

O armazenamento em estado sólido é realizado por meio de tecnologias de adsorção física ou química. Na adsorção física, as moléculas de hidrogênio se ligam à superfície de um material poroso, como carvão ativado e zeólitas, por meio de forças de atração intermoleculares. Na adsorção química, ocorrem ligações entre as moléculas de hidrogênio e a superfície do material, comumente hidretos metálicos (Halder *et al.*, 2023).

3. SEGURANÇA DE PROCESSOS EM ATIVIDADES INDUSTRIAIS COM O HIDROGÊNIO

A baixa densidade e a capacidade de permear materiais metálicos trazem desafios de segurança para a cadeia produtiva do hidrogênio. A prevenção de acidentes é feita no âmbito da segurança operacional e busca evitar a perda de contenção primária que pode resultar em explosões, incêndios, vazamentos, entre outros (Daniellou et al., 2010).

Os acidentes com o hidrogênio podem possuir causas diversas, afetam pessoas em diferentes níveis organizacionais, podem interferir em todos os setores da empresa, gerando efeitos mais severos, se ocorrer uma propagação mais abrangente.

O desastre do dirigível Hindenburg, em 1937, onde 36 pessoas morreram devido a um incêndio causado pelo hidrogênio, é um exemplo marcante. Em 2007, uma explosão fatal ocorreu em uma central elétrica em Muskingum, Ohio, durante uma entrega de hidrogênio gasoso, resultando em morte e ferimentos. Além disso, em 2019, a Toyota suspendeu temporariamente a venda de carros movidos a hidrogênio após uma explosão em um posto de abastecimento, buscando garantir a segurança dos consumidores e restaurar a confiança na tecnologia (DOE, 2020).

Para lidar com a identificação, prevenção e mitigação de problemas que possam causar impactos adversos com o hidrogênio no ambiente industrial, a ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – recomenda o uso da Norma ISO 31000 para integrar o Processo de Gestão de Riscos (PGR) à estrutura, operações e processos das organizações (ABNT, 2018).

O PGR tem como objetivo documentar, monitorar e realizar a análise crítica dos riscos existentes nas atividades industriais. Sua implementação envolve a compreensão do contexto, incluindo etapas de identificação, análise, avaliação e tratamento do risco, de acordo com os critérios definidos pela organização, a partir de comunicação e consulta às partes interessadas envolvidas.

3.1. Metodologias de Prevenção e Mitigação de Acidentes com o Hidrogênio

Em conjunto com o Processo de Gestão de Riscos, são empregadas metodologias com o propósito de auxiliar na prevenção e mitigação de riscos e acidentes relacionados ao hidrogênio, tais como FMEA, APR, *Bow Tie* e HAZOP, conceituadas a seguir:

3.1.1. FMEA

A FMEA - Análise dos Modos de Falha e Efeitos (*Failure Mode and Effect Analysis* – FMEA) é um método para avaliar modos de falha em processos ou produtos, de acordo com a gravidade, probabilidade e capacidade de detecção das falhas. Permite identificar as falhas mais críticas, facilitando ações preventivas (De Cicco, 2003).

3.1.2. APR

A Análise Preliminar de Risco (APR) é uma identificação e documentação inicial dos riscos, tendo em vista a adoção de intervenções precoces (De Cicco, 2003).

3.1.3. *Bow Tie*

A análise *Bow Tie* usa um diagrama com forma de gravata borboleta para representar as causas e efeitos de um evento indesejado. Na parte central é posicionado o evento, à esquerda, as suas causas e os controles de prevenção e, à direita, as consequências e respectivas barreiras de mitigação. A técnica avalia riscos em setores de alta segurança e facilita a identificação de áreas que demandam melhoria na gestão de riscos e na comunicação entre as partes interessadas (Broadleaf, 2019).

3.1.4. HAZOP

O HAZOP - Estudo de Perigos e Operabilidade (*Hazard and Operability Study*) envolve a análise sistemática e minuciosa de componentes e operações de um sistema, para identificar potenciais desvios de projeto que resultem em riscos. Tem como objetivo identificar riscos e perigos, avaliar causas e consequências, e desenvolver medidas de controle, por meio de ações preventivas e mitigadoras (Palmer, 2004). Pode ser realizado na fase de detalhamento e construção do projeto,

quando são usados como apoio os fluxogramas de engenharia e o conhecimento sobre os processos da instalação.

4. OS RISCOS RELACIONADOS AO HIDROGÊNIO

Os riscos no ambiente de trabalho podem ser categorizados de acordo com a natureza do agente de risco em cinco tipos distintos: acidentes, ergonômicos, físicos, químicos e biológicos, conforme estabelecido pela Norma Regulamentadora 5 (NR-5) da Portaria 3.214 do Ministério do Trabalho, datada de 1978. A Tabela 3, a seguir, apresenta uma síntese dos riscos e seus agentes.

Tabela 3 - Tipos e definições de riscos de acordo com o Ministério do Trabalho.

Riscos	Descrição
Acidentes	Qualquer fator que coloque o trabalhador em situação vulnerável e possa afetar sua integridade, e seu bem-estar físico e psíquico. Exemplos: máquinas sem proteção, probabilidade de incêndio e explosão, arranjo físico e armazenamento inadequados.
Ergonômicos	Qualquer fator que possa interferir nas características psicofisiológicas do trabalhador, causando desconforto ou afetando sua saúde. Exemplos: o levantamento de peso, ritmo excessivo de trabalho, repetitividade, postura inadequada.
Físicos	Consideram-se agentes de risco físico as diversas formas de energia a que possam estar expostos os trabalhadores, tais como: ruído, calor, frio, pressão, umidade, radiações ionizantes e não-ionizantes, vibração.
Químicos	São agentes de risco químico as substâncias, compostos ou produtos que possam penetrar no organismo do trabalhador pela via respiratória ou que pela natureza da atividade, ou de exposição, possam ter contato ou ser absorvido pela pele ou ingestão.
Biológicos	Os agentes de risco biológico são as bactérias, vírus, fungos, parasitos, entre outros.

Fonte: Portaria 3.214 – NR5 (Brasil, 1978).

O hidrogênio é classificado com grau 4 - o maior grau na escala -, em todos os riscos no Diagrama de Hommel (Figura 2). Este diagrama, proposto pela *National Fire Protection Association* (NFPA), é usado para representar de modo claro os riscos envolvidos na manipulação de insumos químicos, e adota a escala de 0 a 4 em função do aumento do grau de risco à saúde, inflamabilidade, reatividade e riscos especiais.

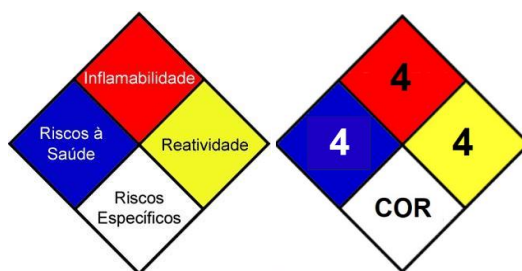


Figura 2: O Diagrama de Hommel e sua versão para o Hidrogênio (Autoria própria).

O hidrogênio não é em si um material corrosivo, no *stricto senso* da expressão, mas seus efeitos sobre os metais são comparáveis aos de substâncias altamente corrosivas, podendo converter e fragilizar o aço com facilidade. Os materiais utilizados na cadeia produtiva do hidrogênio tendem a ser mais custosos do que aqueles comumente empregados em indústrias de combustíveis fósseis, exigindo manutenção mais frequente. Para garantir a integridade nas indústrias que lidam com processos químicos envolvendo hidrogênio, são necessárias iniciativas tanto de segurança ocupacional, relacionadas às condições de trabalho, quanto de segurança operacional, voltadas para

a operação dos processos produtivos da empresa (Daniellou *et al.*, 2010). A descrição dos respectivos riscos associados ao hidrogênio é mostrada na Tabela 4.

Tabela 4: Riscos relacionados ao hidrogênio no Diagrama de Hommel.

Riscos	Descrição	Escala
Saúde	Pode causar a morte ou danos sérios em exposição muito curta.	4
Inflamabilidade	Dispersão rápida no ar, queima com facilidade.	4
Reatividade	Na temperatura ambiente, provoca detonação ou decomposição com explosão.	4
Específicos	Corrosivo	4

Fonte: Autoria própria

A identificação e análise dos riscos presentes nas unidades industriais, por meio do PGR e das metodologias de prevenção e mitigação, permitem evitar, mitigar e gerenciar as potenciais consequências, prevenindo eventos catastróficos e irreversíveis que possam afetar os trabalhadores, o meio ambiente e causar danos aos ativos industriais (Bolanho; Gotti, 2019).

4. CONCLUSÕES

As fontes de energia com baixa emissão de carbono estão ganhando destaque devido à necessidade de mitigar os impactos das atividades humanas nas mudanças climáticas. O hidrogênio surge como uma alternativa importante para substituir os combustíveis fósseis devido ao seu alto poder calorífico e à sua capacidade de ser utilizado em indústrias de alta temperatura sem produzir gases de efeito estufa. A eletrólise da água, utilizando energia nuclear ou elétrica proveniente de fontes renováveis como eólica e solar, é uma das tecnologias neutras em emissão de dióxido de carbono para a produção de hidrogênio.

O hidrogênio é um elemento químico altamente reativo, corrosivo e inflamável, classificado como de alto risco em todas as dimensões do Diagrama de Hommel. Suas características exigem práticas rigorosas de segurança ao longo de sua cadeia produtiva, incluindo produção, armazenamento, distribuição e consumo. Apesar dos riscos, há conhecimento e tecnologia para promover seu uso como fonte energética sustentável.

A aplicação de metodologias, como o HAZOP, nos processos de produção é necessária devido ao grande número de tanques, conexões, tubulações e reatores em alta pressão e temperatura. Existem desafios para estabelecer uma rotina de manutenção e alarmes adequada ao tipo de processo, que, em caso de falha, pode resultar em cenários catastróficos, com a completa destruição da planta e perda de vidas humanas. Embora tais falhas não ocorram com frequência devido à especial cautela no uso do hidrogênio, evidencia-se a necessidade de expandir a análise, como o HAZOP, no cotidiano do projeto e gestão da produção.

6. REFERÊNCIAS

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 31000:2018 - Gestão de Riscos - Princípios e Diretrizes**. Rio de Janeiro, 2018.
- BRASIL. **Portaria nº 3.214 de 08 de junho de 1978 NR - 5**. Comissão Interna de Prevenção de Acidentes.
- BOLANHO, P. D.; GOTTI, I. A. **Legislação, segurança do trabalho e meio ambiente**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2019.

Bow Tie Analysis. Broadleaf Capital International, 2019. Disponível em: <<https://broadleaf.com.au/resource-material/bow-tie-analysis/>>.

DANIELLOU, F.; SIMARD, M.; BOISSIÈRES, I. **Les facteurs humains et organisationnels de la sécurité industrielle.** FonCSI, 125p, 2010, Les cahiers de la sécurité industrielle. hal-00776052.

DE CICCIO, Francesco. E FANTAZINNI, Mario Luiz. **Tecnologias consagradas para gestão de riscos.** São Paulo: Séries Risk Management, 2003. Disponível em: < https://www.researchgate.net/publication/351613218_Tecnologias_Consagradas_de_Gestao_de_Riscos>.

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). **Mapeamento do Setor de Hidrogênio Brasileiro - Panorama Atual e Potenciais para o Hidrogênio Verde.** Câmara de Indústria e Comércio Brasil-Alemanha do Rio de Janeiro (AHK Rio de Janeiro), 2021. Disponível em: <https://www.energypartnership.com.br/fileadmin/user_upload/brazil/media_elements/Mapeamento_H2_-_Diagramado_-_V2h.pdf>.

DUTTA, S. A review on production, storage of hydrogen and its utilization as an energy resource. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, v. 20, n. 4, p. 1148-1156, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2013.07.037>.

HALDER, P.; BABAIE, M.; SALEK, F.; HAQUE, N.; SAVAGE, R.; STEVANOVIC, S.; BODISCO, T. A.; ZARE, A. Advancements in hydrogen production, storage, distribution and refuelling for a sustainable transport sector: Hydrogen fuel cell vehicles. **International Journal of Hydrogen Energy**, v 52, p. 973-1004, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2023.07.204>.

HUANG, J. BALCOMBE, P.; FENG, Z. Technical and economic analysis of different colours of producing hydrogen in China. **Fuel**, v. 337, 2023, 127227. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.127227>.

Hydrogen - Element 1. Royal Society of Chemistry (RSC). Disponível em: <https://www.rsc.org/periodic-table/element/1/hydrogen>. Acesso em: 12 de outubro de 2023.

IEA. Agência Internacional de Energia. **Carbon Capture, Utilization and Storage.** Disponível em: <https://www.iea.org/energy-system/carbon-capture-utilisation-andstorage>. Acesso em: 02 de novembro de 2023.

IPCC, 2013: **Climate Change 2013: The Physical Science Basis.** Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.

NIKOLAIDIS, P.; POULLIKKAS, A. A comparative overview of hydrogen production processes. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 67, 2017, p. 597-611, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.044>.

PALMER, P.J. Evaluating and assessing process hazard analyses. **Journal of Hazardous Materials**. v. 115, Issues 1–3, 2004, p. 181–192. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2004.05.032>.

RIBEIRO, W. C. **A ordem ambiental internacional.** 1. Ed. São Paulo: Contexto, 2001. 182 p.

U.S. Department of Energy (DOE). **Hydrogen Incident Examples.** Hydrogen Safety Panel, 2020. Disponível em: < https://h2tools.org/sites/default/files/Hydrogen_Incident_Examples.pdf>.

Von ZUBEN, T. W.; MOREIRA, D. E. B.; GERMSCHIEDT, R. L.; YOSHIMURA, R. G.; DORRETTO, D. S.; DE ARAUJO, A. B. S.; SALLES JR., A. G.; BONACIN, J. A. Is Hydrogen Indispensable for a Sustainable World? A Review of H2 Applications and Perspectives for the Next Years. **J. Braz. Chem. Soc.** 33 (8), 2022. <https://doi.org/10.21577/0103-5053.20220026>.