

## EXPECTATIVAS E REALIDADES NAS PESQUISAS E CURSO DE HIDROGÊNIO VERDE NO COMPLEXO SUAPE: EVIDÊNCIA DO CICLO DE HYPE.

**Edson Fernando Pereira<sup>1</sup>; Maria Eduarda Figuerêdo Melo Costa<sup>2</sup>, Leticia Matias Batista da Silva<sup>3</sup>, Bianca Maria dos Santos Silva<sup>3</sup>, Sérgio Marivaldo dos Santos<sup>3</sup>, Allyson Pedro Alves Soares de Lima<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Professor do Curso de Bacharelado em Engenharia Mecânica – IFPE Ipojuca; <sup>2</sup>Bolsista de graduação em Bacharelado em Engenharia Mecânica – Pibex/IFPE Ipojuca. <sup>3</sup>Bolsista de Iniciação Científica do Facepe/IFPE Ipojuca; E-mail autor correspondente: edsomfernando@ipojuca.ifpe.edu.br

Área de conhecimento/Subárea: Área 03 Engenharia Mecânica

ODS vinculado(s): Foco principal OSD7 Energia limpa, sustentável e renovável, ODS 13 Ação contra a mudança global do clima e, contribuição direta ODS 9 Inovação infraestrutura.

### INTRODUÇÃO

O Brasil já dispõe de fontes de energia renováveis, como a energia eólica, solar e, com diversos parques instalados no nordeste, que são capazes de favorecer energia para o desenvolvimento da geração de hidrogênio verde.

Segundo a MME/EPE (2022) no plano decenal da expansão da energia elétrica para o ano 2031, a matriz de energia elétrica prevista para o ano 2031, consistirá de energia renovável (87%), e energia não renovável (13%).

Entretanto, a matriz energética em 2031 terá um conteúdo de energia não renovável (52%) e energia renovável (48%). Então, observa-se que na matriz energética haverá um crescimento da energia não renovável, por isso necessita-se de geração de energia limpa que não gere gases de efeito estufa e que contribua para a transição energética.

Logo, o hidrogênio verde (H<sub>2</sub>V) tem sido apontado mundialmente como um insumo de alto valor agregado, com capacidade energética maior que os combustíveis fósseis, e ter um grande potencial para gerar e acumular energia sem a necessidade de emissão de gás carbônico CO<sub>2</sub> e outros gases.

Segundo a publicação do site SUAPE (2021), informa que o Governo do Estado, por meio do Complexo Industrial Portuário de Suape, e a Neoenergia firmaram um Memorando de Entendimento para a criação do projeto piloto de uma usina de produção de hidrogênio verde (H<sub>2</sub>V).

Observa-se nas publicações da mídia, que o setor industrial global já vem utilizando o H<sub>2</sub>V, que é obtido utilizando água pura desmineralizada, a partir do processo de eletrólise, onde as soluções de água desmineralizada misturada com um sal, como o hidróxido de potássio, usadas para acelerar a separação das moléculas da água ao receber a carga elétrica, separando os gases hidrogênio do oxigênio, na qual descreveremos mais adiante.

O problema é a falta de conhecimento da comunidade acadêmica e da sociedade sobre a geração de hidrogênio via eletrólise da água, onde normalmente a mídia preconiza que o hidrogênio irá substituir os combustíveis fósseis, como: principalmente o carvão mineral, o gás natural, a gasolina, o óleo diesel e até mesmo o etanol, que na realidade é bem diferente.

Neste sentido, a transição energética de substituir os combustíveis fósseis por fonte renovável é mais urgente, devido às mudanças climáticas, que se observa atualmente, mas essa transição energética, não é instantânea, precisa de investimentos em infraestrutura, treinamento, capacitação, operacionalização entre outros, por isso que criamos as pesquisas

direcionadas ao curso de hidrogênio verde no complexo Suape, para difundir as ideias sobre a geração de hidrogênio e, poder capturar a sensibilidade do aprendizado pela comunidade.

Nosso objetivo geral, neste artigo consiste em destacar as expectativas e as realidades criadas e observadas, pela comunidade, antes e depois das pesquisas e do curso, de hidrogênio verde no complexo Suape, sobre a geração e a utilização do hidrogênio como um insumo de alto valor agregado, que futuramente poderá substituir os combustíveis fósseis e, observar se houve evidência do surgimento ou não, das características do ciclo de Hype, conforme **Figura 1**, no sentido de expectativas infladas e desilusão, conhecimento e produtividade.

**Figura 1** – Ciclo de Hype - Expectativas versus Maturidade



Fonte: Neigrando (2017)

## MATERIAL E MÉTODOS

O material básico resultado das pesquisas oriundas do projeto PIBIC, no ano de 2023, onde foram pesquisados 192 artigos nas áreas de geração Hidrogênio Verde H2V, que conduziram a apresentar a comunidade um curso de hidrogênio verde no complexo Suape teve os conteúdos tecnológicos que são descritos na sequência de apresentação, assim: 1- Transição energética; 2- Energias renováveis; 3- Produção de Hidrogênio e suas características; 4- Armazenamento e transporte de Hidrogênio; 5- Economia Industrial e suas aplicações; 6- Tópicos de segurança industrial; 7- Complexo portuário de Suape e sua base energética; 8- Pesquisas e desenvolvimento das aplicações industriais do hidrogênio.

Também, foram utilizados os instrumentos das tecnologias digitais para a educação para facilitar a aplicação da metodologia como: Web, site de pesquisa, Google, e-mails, pastas de drives, classroom, formulários Form, planilhas Excel e editor de texto Word e agendamento de encontros Meet, onde ambos contribuíram para fonte das pesquisas e instrumentalização do curso, para aquirir perguntas e obtenção das respostas dos participantes para análise.

Além, das pesquisas realizadas e catalogadas em fichários eletrônicos, também a utilização dos métodos tradicionais para elaboração de programas de curso de extensão tecnológica, como elaboração do plano de trabalho, ementa, cronograma, estipulação da carga horaria, processo de inscrição, tipo e quantidade de avaliações, gabarito das avaliações, disponibilidade de conteúdo das aulas, acesso ao material, como também, postagem de vídeos aulas no canal do Youtube, plano de divulgação, horários e datas, entre outros.

Também, os métodos de levantamentos estatísticos foram baseados nas respostas das consultas aos participantes com as estatísticas de expectativas e realidades e das opiniões

sobre o curso e o que contribui para enriquecer os conhecimentos e, os demais levantamentos estatísticos derivadas dos resultados das avaliações e participações durante o curso.

Nesta temática é salutar apresentamos a seguir o processo, resultados das pesquisas realizadas no PIBIC ano 2023, de geração de hidrogênio via eletrólise da água mais específico a água do mar, onde e destaca a opção de seleção pelo complexo Suape, para sua implantação.

Decorrente das pesquisas nos meios acadêmicos, que se gerou um conhecimento sobre os processos e os equipamentos da tecnologia H2V via eletrólise da água do mar, o processo mais indicado para regiões de portos. Exemplo do porto de Pecém, Açú, Suape entre outros.

Convém observar que, a condição essencial para o processo de hidrogênio verde é a utilização de fontes energética renovável, do tipo energia eólica, solar ou hidra, ambas podendo ser complementadas e/ou acopladas, pois essas não geram gases de efeito estufa.

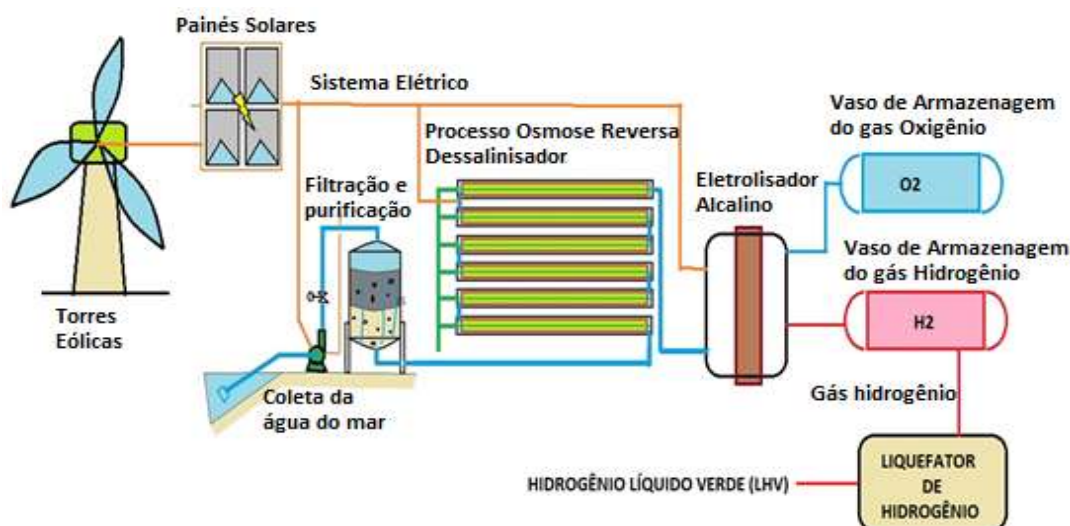
Na **Figura 2**, mostra o fluxograma do processo de geração de hidrogênio verde (H2V), via eletrólise da água do mar, que consiste em captar água do mar, para posteriormente passar por um sistema de ultrafiltração de membranas, para retirada de matérias orgânicas e de microrganismos marítimos, denominado pré-tratamento da osmose reversa.

Após essa ultrafiltração, a água contém ainda uma grande quantidade de sais dissolvidos, então, a água salgada passa por um sistema de dessalinizador, de processo de Osmose Reversa, (RO), onde, eleva-se a pressão da água e faz passar a água por sistema de membranas semipermeável de filtração especial que executa a separação dos sais e produzindo a água desmineralizada e o resíduo um concentrado de sal, que geralmente retorna ao mar ou reutilização dos subprodutos.

A água desmineralizada passa pelo Eletrolisador, podendo ser alcalino AEL ou membrana PEM, ou outros, onde ocorre à eletrólise da água trata-se da decomposição de moléculas de água (H<sub>2</sub>O), com o objetivo de produzir o gás oxigênio (O<sub>2</sub>) e gás hidrogênio (H<sub>2</sub>) através da passagem de uma corrente elétrica pela mesma.

Depois de separado, o gás Hidrogênio e o Oxigênio são armazenados em vasos de pressão apropriados com controle da temperatura e pressão, podendo ser liquefeito a temperatura de -253°C utilizando-se um sistema de isolamento térmico adequado.

**Figura 2-** Fluxograma de geração de Hidrogênio via Eletrolise da água do Mar



Fonte: Autores (2022)

Sabe-se que vários fatores internos e externos influenciaram o desenvolvimento do processo de geração do hidrogênio, como: o emprego das tecnologias, as condições de mercado, os usos e aplicações, a economia e os investimentos, entre outros e criaram entusiasmos em diferentes momentos.

Segundo Yap e Mclellan, (2023) mostram que os resultados consolidados, num período de tempo, exploram as tendências de mudança e como os eventos ou atores específicos influenciaram o desenvolvimento da economia do hidrogênio com as suas agendas.

Então, surge o ciclo de hype (que é uma representação gráfica do ciclo de vida de uma tecnologia, desde a inovação até a adoção e maturidade no mercado), com as expectativas infladas, a depressão, o conhecimento e a produtividade da futura economia do hidrogênio.

Nesta pesquisa, reafirmamos que iremos observar se houve evidência do surgimento ou não, das características do ciclo de hype, no sentido de expectativa e desilusão, conhecimento e produtividade, entre os participantes do curso hidrogênio verde no complexo Suape.

A expectativa é considerada o que é mais provável de acontecer, ou seja, seria uma opinião ou uma previsão do que poderia acontecer. No nosso caso, por exemplo, qual a sua expectativa do fato da mudança climática afetar o clima mundial? As respostas podem ter diversas conotações e depender da visão, do conhecimento técnico e tecnológico, do seu modo de vida ou de fatores emocionais, entre outras, na qual descreveremos no capítulo de resultado e discussão.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo, quanto às análises de expectativas e resultados baseia-se no seguinte: as respostas assertivas tiveram uma conotação das expectativas, entretanto as respostas despontual foram desconsideradas, cerca de 5%, porém os resultados das avaliações em cada quesito mostram a realidade do entendimento do conteúdo.

Assim, compomos a **Tabela 1** que mostra a expectativa do conteúdo e a sua realidade, nas notas das avaliações, que claramente observa que as expectativas infladas no início, são gradualmente reduzidas, formando assim, a característica do ciclo de Hype.

**Tabela 1** - Expectativas e realidades obtidas no curso de hidrogênio em Suape

Código	Conhece o conteúdo?	Expectativas (Percentual)	Realidade (Percentual)
1AP5	Mudanças Climáticas	72,1%	27,9%
1AP3	Transição Energética	56,7%	43,3%
2A4P	Energia Renovável - Acoplamento-Hidro-Nuclear	75,5%	24,5%
2A3P	Energia Renovável Solar-Eólica-Complementar	73,5%	26,5%
2A6P	Produção Hidrogênio e Características-parte 1	69,4%	30,6%
2AP7	Produção Hidrogênio e Características-parte 2	81,6%	18,4%
3AP7	Armazenamento e Transporte H2 Hidretos Liquefação Compressão	68,9%	31,1%
3AP5	Armazenamento e Transporte H2 Suprimento H2 Austrália-Japão [HESC]	63,2%	36,7%
4A6P	Tópicos de Segurança Industrial	76,3%	23,9%
4AP1	Complexo Suape e Base Energética	60,5%	39,5%
SEM	Pesquisa e Desenvolvimentoem Hidrogênio	56,2%	43,8%

Fonte: Autores (2024)

Para um melhor entendimento sobre expectativas e resultados, por exemplo, o participante conhece o gás efeito estufa, sabe que é o gás dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) tem uma excelente expectativa, mas quando lhe é apresentado que o gás (CO<sub>2</sub>) é o gás de efeito estufa



mais importante na atmosfera, sendo responsável por aproximadamente 66% do efeito de aquecimento do clima, principalmente por causa da queima de combustíveis fósseis e da produção de cimento.

A expectativa do participante começa a mudar por novas informações adicionais, gás efeito estufa (CO<sub>2</sub>) que se origina da combustão de combustível fóssil, no caso do automóvel e da produção de cimento, pois o calcário é calcinado em alta temperatura que precisa de muita energia, no caso, seria o aprendizado mais detalhado para o item de mudanças climáticas.

Também, que os Potenciais de Aquecimento Global (GWP) ou (PAG) indicam a eficácia relativa dos GEE em reter o calor da terra num determinado horizonte de tempo, onde o gás CO<sub>2</sub> é usado como gás de referência e tem um GWP de um (1).

E que o gás Metano (CH<sub>4</sub>) é um poderoso gás de efeito estufa, onde 40% do metano são emitidos para a atmosfera por fontes naturais (por exemplo, pântanos e cupins), e cerca de 60% vem de fontes antropogênicas (por exemplo, ruminantes, agricultura de arroz, exploração de combustível fóssil, aterros e queima de biomassa).

Continuando, onde o potencial de aquecimento global do gás metano é 21 vezes maior do que o potencial do gás carbônico (CO<sub>2</sub>). Então, aparece à figura do (CO<sub>2</sub> equivalente) do metano é igual a 21.

Então, verifica-se que se têm muitas informações sobre o gás (CO<sub>2</sub>), assim, outro novo conceito foi instalado de gás carbono equivalente, (CO<sub>2</sub> eq.). Logo, os resultados reais das avaliações são bem diferentes das expectativas sobre o gás (CO<sub>2</sub>). Isto é, o ciclo de Hype.

Por outro lado, observa-se na **Tabela 2**, que mostra o resultado das presenças e das notas das avaliações, que nos itens: a) produção de hidrogênio e características, armazenamento; b) transporte por hidretos; armazenamento e c) transporte na cadeia de suprimento HESC, os resultados das notas abaixaram devido aos acúmulos de informações e conteúdos técnicos, sobre essas matérias, caracterizando assim novamente o ciclo de Hype.

**Tabela 2-** Relatório das presenças e das medias das notas do curso

Aulas	Conteúdo	Presença		Nota Geral
		Aula	Avaliação	
Aula 1.1	Mudanças Climáticas e Transição Energética	51,0%	43,8%	6,75
Aula 1.2	Detalhamento da transição Energética	54,0%		
Aula 2.1	Energia Renovável Acoplamento Hidro e Nuclear	44,5%	34,3%	7,38
Aula 2.2	Energia Renovável Solar Eólica e Complementar	35,8%		
Aula 3.1	Produção H <sub>2</sub> e Características - parte 1	41,6%	39,4%	
Aula 3.2	Produção H <sub>2</sub> e Características - parte 2	39,4%		
Aula 4.1	Armazenamento e Transporte H <sub>2</sub> Hidretos Liquefação Compressão	33,6%	33,6%	5,33
Aula 4.2	Armazenamento e Transporte H <sub>2</sub> Suprimento H <sub>2</sub> Austrália-Japão [HESC]	33,6%		
Aula 5.1	Economia Industrial e suas Aplicações	31,4%	27,7%	7,39
Aula 6.1	Tópicos de segurança industrial.	51,0%		
Aula 7.1	Base energética do Complexo de SUAPE	41,6%	x	x
Aula 8.1	Pesquisas e desenvolvimento em hidrogênio	47,9%		
		Média Geral =		6,71

Fonte: Autores (2024)

Na avaliação dos participantes quanto ao curso no aspecto geral foi perguntado:

O que você achou sobre o conteúdo GERAL do curso Hidrogênio verde em Suape? 34-respondentes, onde 27 respostas Ótimo (79,4%) e 07 respostas Bom ( 20,6%)

Na sua visão, qual o conteúdo que precisa melhorar? 34-respondentes, onde 18 respostas de NDR (Nenhuma das respostas anteriores); 03-Produção de Hidrogênio e suas características parte 1 e 2. (8,82%); 04-Tópicos de segurança industrial (11,8%), etc.

Qual a sua opinião sobre a didática nos vídeos a aulas? 34-respondentes, onde 26 respondentes acharam Ótimos (76,5%); 07 Bons (20,6%) e 1- Média (2,94%).

Caso deseje, faça algum comentário? *“Parabéns pela iniciativa, ótimo curso”*; *“Curso foi excelente. O material muito rico em informações. Acredito que Pernambuco tem potencial para liderar e explorar o hidrogênio verde”*. *“Para isso, precisa-se de muito incentivo para pesquisa e Desenvolvimento”*; *“Gostei de participar do curso, pois abrange conhecimentos que antes eu não tinha essa visão sobre o hidrogênio verde”*; *“Seria mais favorável uma abordagem mais presente num sistema como o Google Classroom ou outro de monitoramento de atividades, etc.”*.

Inclusive, em uma das descrições mostra claramente que as expectativas diferentes dos resultados, caracterizando o ciclo de Hype, no processo de aprendizagem do hidrogênio.

## CONCLUSÕES

Observa-se a complexidade do conteúdo de hidrogênio verde como expectativa tecnológica de alto valor agregado, entretanto, quando se verifica os detalhes do processo existente, as pesquisas e desenvolvimento ainda por fazer, os investimentos de infraestrutura, as mudanças de paradigma, na comunidade, nas novas teorias, nas buscas dos novos conhecimentos encontra-se uma realidade impactante, que naturalmente sente-se uma decepção, porém a medida que se cerca de informações, pode-se aumentar a produtividade.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Instituto Federal de Pernambuco (IFPE) campus Ipojuca, pelo suporte na realização do curso de Hidrogênio Verde em Suape. A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Pernambuco (FACEPE) pelo financiamento do evento e ao Complexo Industrial Portuário Governador Eraldo Gueiros, (SUAPE) pela parceria na condução do evento.

## REFERÊNCIAS

MME/EPE. Plano decenal da expansão da energia elétrica para o ano 2031. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília. 2022. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Documents/PDE%202031\\_RevisaoPosCP\\_rvFinal\\_v2.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Documents/PDE%202031_RevisaoPosCP_rvFinal_v2.pdf). Acesso em 15/03/2023.

NEIGRANDO. As Expectativas Tecnológicas das Startups e os Ciclos de Hype do Gartner. 2017. Disponível em: <https://neigrando.com/2017/05/08/as-expectativas-tecnologicas-das-startups-e-os-ciclos-de-hype-do-gartner/> Acesso em 12/03/2023.

SUAPE. Complexo de Suape e Neoenergia firmam parceria para produzir Hidrogênio Verde em Pernambuco. 2021. Disponível em: <http://www.suape.pe.gov.br/pt/noticias/1522-complexo-de-suape-e-neoenergia-firmam-parceria-para-produzir-hidrogenio-verde-em-pernambuco>. Acesso em 05/09/2022.

YAP. J.; MCLELLAN. B. A Historical Analysis of Hydrogen Economy Research, Development, and Expectations, 1972 to 2020. MDPI. 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3298/10/1/11>. Acesso em 25/03/2023.