SATC
EDUCAÇÃO E TECNOLOGIA

Criciuma, 26 de janeiro de 2023

Contribuições consulta pública: Plano Trienal de Hidrogênio - PNH_2

CONSIDERAÇÕES EM NEGRITO NO ITEM – VISÃO DE FUTURO DO PROGRAMA

1. Recursos de gás natural **e carvão mineral** disponíveis no País, que, associados à **tecnologias** de captura e armazenagem de CO_2, permitem a produção de hidrogênio azul;
2. Potencial e competitividade de fontes renováveis de geração elétrica para produção do hidrogênio verde;
3. Aproveitamento da energia do hidrogênio contida nos biocombustíveis (etanol e biogás, por exemplo);
4. Desenvolvimento de rotas alternativas de produção de hidrogênio, tais como energia nuclear, hidrogênio natural (proveniente de rochas), **co-gaseificação de carvão mineral, biomassas e plásticos com captura de CO_2,** por exemplo;
5. **Construir um modelo de produção de hidrogenio de forma distribuida com uso de gasificação de residuos (plastico, biomassa e carvão mineral, etc),**
6. **Criação de clusters para produção, uso utilizando as tecnologias de gasificação e captura de CO2.**
7. Consideração dos aspectos relacionados aos usos múltiplos da água, buscando promover a diversificação destas fontes para as rotas de produção de hidrogênio que a utilizem;
8. Aproveitamento de infraestruturas existentes, como elemento de transição competitiva, para uma economia de hidrogênio – por exemplo, através de misturas de hidrogênio na rede dutoviária de gás natural, em níveis regulamentados e sem comprometimento da infraestrutura existente;
9. Potencial de uso de hidrogênio em veículos pesados, tais como caminhões, locomotivas, embarcações e aeronaves;
10. Penetração do hidrogênio no processo produtivo de hidrocarbonetos renováveis no setor de transportes;
11. Inserção competitiva do uso de hidrogênio na indústria brasileira, tendo em vista sua diversificação e dinâmica;

12. Promoção de desenvolvimento inclusivo da sociedade brasileira no processo de desenvolvimento deste mercado, sob os aspectos socioeconômico e educacional, considerando também aqueles relacionados ao aspecto fiscal;
13. Promoção do desenvolvimento urbano sustentável e a melhoria da qualidade de vida nas cidades brasileiras;
14. Uso estacionário do hidrogênio, por exemplo, de células a combustível como fontes alternativas de energia;
15. Potencial propiciado pelas tecnologias digitais, com amplo espaço de aplicações nesse contexto.

JUSTIFICATIVAS

A inserção do carvão mineral no cenário de hidrogênio azul considerando a gaseificação com a tecnologia de Captura Uso e Armazenamento de CO2 - CCUS deve ser avaliada em caráter de importância igualmente a reforma de gás natural. Isto porque como bem apontando pelo Programa Nacional de Hidrogênio, o país detém a maior diversidade de matriz energética para produção de hidrogênio quando comparado a outros países que possuem programas de hidrogênio já consolidados.

No cenário atual das classificações de hidrogênio e suas cores, o carvão mineral é apontado em três situações em que estariam classificados quanto ao tipo de carvão mineral e com a inserção ou não de tecnologias de captura, uso e armazenamento de CO_2, conforme pode ser observado na tabela abaixo, publicada pela nota técnica **Bases para a Consolidação da Estratégia Brasileira do Hidrogênio** de 2021.

Tabela 1: Arco-íris do hidrogênio e sua classificação.

Cor	Classificação	Descrição
	Hidrogênio Preto	Produzido por gaseificação do carvão mineral (antracito), sem CCUS
	Hidrogênio Marrom	Produzido por gaseificação do carvão mineral (hulha), sem CCUS
	Hidrogênio Cinza	Produzido por reforma a vapor do gás natural, sem CCUS
	Hidrogênio Azul	Produzido por reforma a vapor do gás natural (eventualmente, também de outros combustíveis fósseis), com CCUS
	Hidrogênio Verde	Produzido via eletrólise da água com energia de fontes renováveis (particularmente, energias eólica e solar).
	Hidrogênio Branco	Produzido por extração de hidrogênio natural ou geológico
	Hidrogênio Turquesa	Produzido por pirólise do metano, sem gerar CO_2
	Hidrogênio Musgo	Produzido por reformas catalíticas, gaseificação de plásticos residuais ou biodigestão anaeróbica de biomassa ou biocombustíveis, com ou sem CCUS
	Hidrogênio Rosa	Produzido com fonte de energia nuclear

Fonte: EPE, 2021.

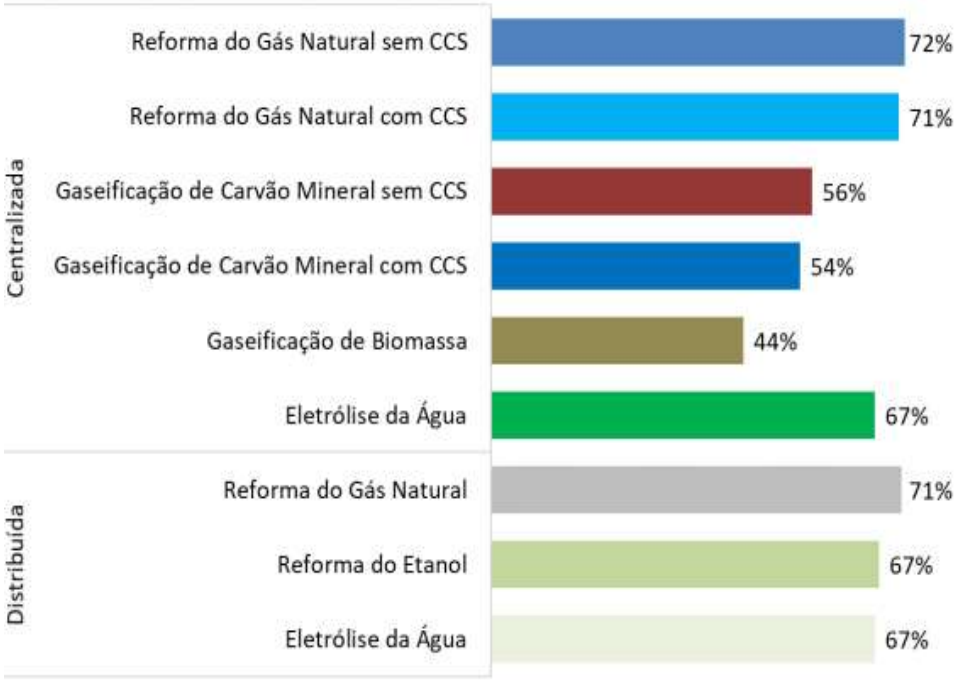
Conforme pode ser verificado, o apontamento a respeito de carvão explicitamente está associado ao hidrogênio preto e marrom, enquanto no azul deixa como principal fonte de produção o gás natural através de reforma, com possível eventualidade de outros combustíveis fósseis, no qual também se enquadraria tecnologias utilizando carvão mineral. Face a importante reserva energética do carvão brasileiro é importante deixar claro que o carvão nacional, via a gasificação e o CCUS, pode produzir hidrogenio limpo, que é o bjetivo do Programa.

Como vetor no âmbito energético aliado as expectativas do Plano de Transição Energética Justa, o carvão mineral deve ser avaliado de forma mais efetiva no decorrer da transição, principalmente no que diz respeito a região Sul do país, no qual detém as principais e maiores reservas de carvão mineral do país, em que sua maioria atende indústrias siderúrgicas (coque) e conversão energética através do abastecimento das usinas termelétricas instaladas na região.

Apesar da busca pela menor dependência dos recursos fósseis, sua importância não pode e nem deve ser desprezada pois a produção de hidrogenio com energia renováveis, tem problemas estruturais pela sua intermitencia e custo. O uso de fontes de combustivel disponivel e firmes permite uma maio previsibilidade e menor custo como é citado pelo USDOE. Por outro, lado a diversidade de fontes é essencial para a seguraná energética e o uso de fontes domesticas como o carvão mineral tem uma previsibidade de custo , não sujeito a variação de commodities. Um exemplo claro dessa constatação está no fato de países europeus, após crise ocasionada pela Rússia e Ucrânia, reativaram usinas a carvão para suprir demanda energética defasada pelos cortes no fornecimento de gás pela Rússia, o que fez acender o alerta da fonte energética segura que o carvão pode trazer.

Nesse contexto, a gaseificação de carvão para produção de gás de síntese (H_2 e CO) com captura de CO_2 passa ser interessante, tanto pela continuidade do aproveitamento do combustível fóssil mais abundante no planeta de forma sustentável, quanto pela utilização de uma tecnologia consolidada mundialmente. A respeito disso, uma descrição dos processos de produção de hidrogênio por rotas, são apresentadas conforme sua eficiência em conversão, como demonstra a Figura 1.

Figura 1: Eficiências típicas de conversão em processos de produção de hidrogênio.



Fonte: PNNL (2020).

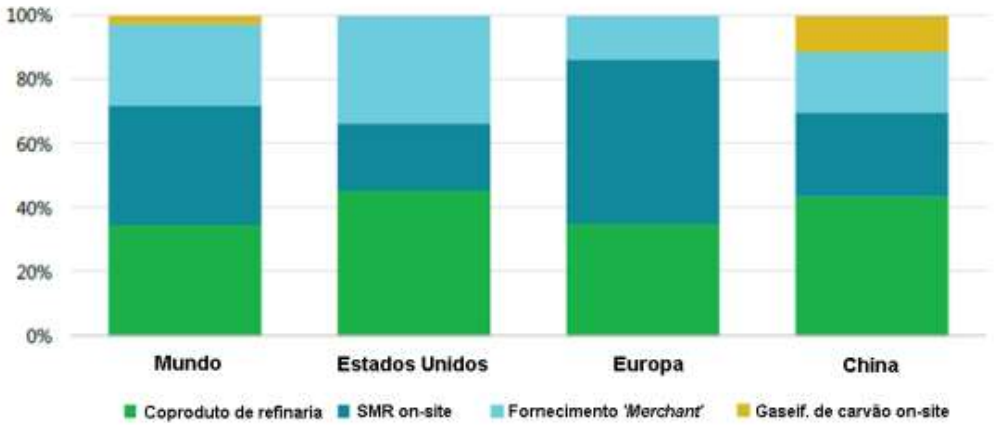
Dentre os dados apresentados e informações geradas pela Agência Internacional de Energia (IEA, 2020), a gaseificação e a reforma de gás podem ser aplicadas às fontes não renováveis portadoras de hidrogênio igualmente. Sendo que são utilizadas em sua maioria para atender refinarias, plantas de fertilizantes e de metanol. Como dado de grande relevância no mundo atualmente, a produção dedicada de hidrogênio é de 70 Mt por ano, sendo 76% a partir da reforma do gás natural e 23% da gaseificação do carvão mineral. Este dado, trás como indicativo a possibilidade de fomentar ainda mais a utilização do carvão em programas de hidrogênio visando diversificar e ser menos dependente de uma fonte geradora.

Neste âmbito, o Ministério de Minas e Energia em seu Programa para Uso Sustentável do Carvão Mineral Nacional publicado na Portaria MME n° 540/2021, aborda de forma objetiva como visão de futuro para o setor a gaseificação do carvão para produção de hidrogênio bem como outros produtos químicos advindos do gás de síntese. O arquivo comenta sobre a gaseificação do carvão ser uma potencial solução do carvão como insumo, mesmo que a tecnologia em território nacional seja nova e que deve ser avaliada através de políticas públicas voltadas ao desenvolvimento de tecnologia e fomento.

Apesar da tecnologia de gaseificação em território nacional ser recente e pouco avaliada em caráter tecnológico, sustentável e econômico, isso não é reflexo do cenário mundial a respeito do processo, onde por muitos anos e atualmente ainda se utilizam desta tecnologia.

Pode-se destacar nesse cenário, países como a China e Austrália, além dos Estados Unidos, sendo estes detentores de reservas de carvão mineral consideráveis.

Tabela 2: Fontes de produção de hidrogênio para refinarias no ano de 2018.



Fonte: IEA (2019).

Os Estados Unidos por sua vez, com enormes reservas de carvão, tem criado iniciativas de amadurecimento tecnológico para utilização do combustível fóssil para a produção de hidrogênio, que passa desde o uso de tecnologias de captura de CO_2, a incentivos para implementação de alternativas para produção de hidrogênio. O principal laboratório norte-americano que está atuando nessas iniciativas é o NETL (*National Energy Technology Laboratory*), que possui programas entorno do carvão, com destaque ao Programa de Hidrogênio com Gerenciamento de Carbono. Uma das principais ações está na investigação de sistemas de produção de H2 a partir da co-gaseificação de carvão, junto a biomassas e plásticos para obtenção de gás de síntese, visando produção de baixo custo e redução de emissões de gases de efeito estufa (CCS) em sistemas de pequena escala (5 a 50 MW). Neste programa, os pesquisadores estudam de forma isolada e combinadas carvão mineral, biomassa e resíduos plásticos. A gaseificação de biomassa e resíduos plásticos conforme descrito na

Tabela *1* se enquadram como hidrogênio musgo, sejam eles combinados ou em sistemas separados.

A avaliação dos três combustíveis em processos como este, se torna interessante sob alguns aspectos como: abatimento direto de carbono por estar utilizando biomassa na composição do combustível e sustentabilidade aliada a maior conversão devido a inserção dos resíduos plásticos com teores de carbonos voláteis altíssimos e baixa cinza.

Para esta configuração de sistema e combustíveis, não existe nenhuma política pública no Brasil a respeito, sendo que é importante considerar esse tema como visão de futuro e como uma rota alternativa no cronograma do Programa Nacional de Hidrogênio.

Dentre os movimentos realizados na região Sul do país sobre tecnologias de gaseificação de carvão destaca-se um projeto financiado via FINEP com duração entre 2000-2014 para a Associação Beneficente da Indústria Carbonífera de Santa Catarina – SATC que visava a produção de gás de síntese com carvões regionais de alta cinza para atender a demanda das indústrias cerâmicas do estado. Este projeto teve como resultado dados que viabilizariam a construção de uma unidade de gaseificação a carvão de capacidade de 5 Gcal/h em sistema de leito fluidizado borbulhante, sistema este aplicado com eficiência de até 83,7% para carvões de alta cinza. No entanto, o desenvolvimento do gaseificador não teve continuidade devido a demandas mais emergentes apontadas pelas iniciativas públicas e privadas, que teve seu expressivo retorno nos últimos anos devido a necessidade de suprir o gás natural que possui custo elevado para o setor cerâmico aliado a transição energética que volta a viabilizar estudos voltados a tecnologias a carvão, devido disponibilidade de matéria prima e avanço das tecnologias de captura de carbono.

O gerenciamento de carbono é imprescindível e passa pelo desenvolvimento de bons projetos. Na região sul está sendo implementado um Programa de Captura de CO_2, também localizado na Associação Beneficente da Indústria Carbonífera de Santa Catarina – SATC. O programa teve seu início em 2014 com metas traçadas até 2030 e com recursos já aportados na ordem de R$19,4 milhões até o momento. A partir desse programa foi desenvolvido zeólitas a partir de cinzas de carvão mineral para captura de CO_2 e também instalada uma unidade piloto com capacidade de capturar 2 toneladas de CO_2/dia. Nos primeiros testes a tecnologia em leito movente com adsorção por oscilação de temperatura (do inglês, *Moving Bed Temperature Swing Adsorption* MBTSA) foi capaz de remover de 30 a 50% do CO_2 presente em um gás exausto. Para a segunda etapa, após modificações na unidade, a expectativa é remover acima de 90% de CO_2 do gás exausto com um custo nivelado de abatimento que seja competitivo com outras tecnologias mais maduras.

Além disso, outro ponto a ser discutido, são as iniciativas estaduais de caráter inicial a respeito da criação de programas de hidrogênio internos para auxiliar demandas nacionais e contribuir de forma mais efetiva para com as necessidades locais. A partir disso, discute-se a criação futura de programas regionais incluindo os três estados da região sul. No caso de Criciúma, existe a possibilidade de montar um cluster utilizando a demanda de calor da industria ceramica, a disponibilidade de plastico via reciclagem da industria local, a disponibilidade de carvão mineral e a proximidade logistica de exportação do Porto de Imbituba. No caso do Rio Grande do Sul, a região de Candiota onde estão localizadas as maiores reservas de carvão do Brasil, tem a proximidade com o porto de Rio Grande onde pode ser criado um polo de exportação de hidrogenio limpo. Esse modelo de produção poderia seguir o exemplo do Projeto Ladrobe Valley,um consórcio (Kawasaki Heavy Industries, Shell Japão, J-Power, AGL Energy e outros) fomentado pelos governos do Japão e Austrália.

REFERÊNCIAS

CNI. Confederação Nacional da Indústria, 2022. Hidrogênio sustentável: perspectivas e potencial para a indústria brasileira. Disponível em: https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/e8/29/e829e13b-ba12-4a76-9fe2-a60116e76d7d/hidrogenio_sustentavel_web.pdf

EPE. Empresa de Pesquisa Energética, 2021. Nota Técnica "Bases para a Consolidação da Estratégia Brasileira do Hidrogênio". Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-569/NT_Hidroge%CC%82nio_rev01%20(1).pdf .

EPE. Empresa de Pesquisa Energética, 2022. Nota Técnica "Hidrogênio Cinza: Produção a partir da reforma a vapor do gás natural". Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-654/NT%20Hidrog%C3%AAnio%20Cinza.pdf .

EPE. Empresa de Pesquisa Energética, 2022. Nota Técnica "Hidrogênio Azul: Produção a partir da reforma do gás natural com CCUS". Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-654/NT%20Hidrogenio%20Azul.pdf .

IEA. International Energy Agency, 2019. The Future of Hydrogen. Seizing today's opportunities. Report prepared by the IEA for the G20, Japan. Disponível em: https://webstore.iea.org/download/direct/2803.

IEA. International Energy Agency, 2020. Tracking Energy Integration 2020. IEA, Paris https://www.iea.org/reports/tracking-energy-integration-2020.

MME. Ministério de Minas e Energia, 2021. Portaria MME nº 540/2021 - DETALHAMENTO DO PROGRAMA PARA USO SUSTENTÁVEL DO CARVÃO MINERAL NACIONAL. Disponível em: https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/mme-publica-detalhamento-do-programa-para-uso-sustentavel-do-carvao-mineral-nacional/programa-para-uso-sustentavel-do-carvao-mineral-nacional.pdf .

NTEL. Gasification Systems. Disponível em: https://netl.doe.gov/carbon-management/gasification .

PNNL - The Pacific Northwest National Laboratory, 2020. Hydrogen Production. (Planilha: Hydrogen Production Energy Conversion Efficiencies). The Hydrogen Analysis Resource Center (HyARC). Disponível em: https://h2tools.org/hyarc/hydrogen-production. Acessado em 27 de maio de 2020.

SATC
EDUCAÇÃO E TECNOLOGIA

www.**portalsatc**.com
FONE +55 48 3431.7500 | FAX +55 48 3431.7501 | OUVIDORIA 0800.648.7600
Rua Pascoal Meller, 73 | Bairro Universitário | CEP 88805-380 - CP 232 | Criciúma/SC | Brasil