

## **NORMAS REGULAMENTADORAS (NRS) E A INDÚSTRIA DO HIDROGÊNIO VERDE: DESAFIOS E OPORTUNIDADES PARA A SEGURANÇA NO TRABALHO**

**DOI: 10.5281/zenodo.14872878**

Eliane da Silva Oliveira<sup>1</sup>

Orivaldo da Silva Lacerda Júnior<sup>2</sup>

Aldeni Barbosa da Silva<sup>3</sup>

Marcelo Máximo Purificação<sup>4</sup>

Avaetê de Lunetta e Rodrigues Guerra<sup>5</sup>

### **RESUMO**

As Normas Regulamentadoras (NRs) no Brasil desempenham um papel crucial na segurança e saúde dos trabalhadores, especialmente em indústrias emergentes como a do hidrogênio verde. Embora ainda não exista uma NR específica para essa nova indústria, várias NRs são relevantes para a sua operação. A NR 20, que trata da segurança no trabalho com inflamáveis, é essencial, dado o caráter altamente inflamável do hidrogênio. A NR 13, que regulamenta a segurança em caldeiras e vasos de pressão, também é importante para o armazenamento e produção de hidrogênio. Além disso, a NR 10, relacionada à segurança em instalações elétricas, é aplicável devido ao uso de eletricidade na produção de hidrogênio verde. Contudo, a aplicação dessas NRs na indústria de hidrogênio verde enfrenta desafios, como a desatualização das normas e a falta de uma regulamentação específica para novas tecnologias. Para superar esses obstáculos, é necessário atualizar continuamente as NRs, simplificar a sua aplicação e capacitar tanto os profissionais que atuam na fiscalização quanto aqueles que trabalham diretamente na produção de hidrogênio verde. Promover uma cultura de segurança no trabalho e adaptar as normas às especificidades regionais e setoriais também são passos essenciais para assegurar a implementação eficaz das NRs nessa indústria em crescimento. Assim, garantir a segurança e a conformidade regulamentar na indústria do hidrogênio verde requer tanto a aplicação rigorosa das normas existentes quanto a criação de novos regulamentos específicos para lidar com as particularidades desse setor inovador.

---

1 Centro Educacional Técnico Profissional, CEDUCAT, Brasil.

2 Universidade Federal do Amazonas, UFAM, Brasil.

3 Instituto Federal da Paraíba, IFPB, Brasil.

4 Centro Universitário de Mineiros, UNIFIMES, Brasil.

5 Instituto Federal da Paraíba, IFPB, Brasil.

**Palavras-Chaves:** NRS, Hidrogenio verde, Segurança no Trabalho, Desafios.

## ABSTRACT

The Normas Regulamentadoras (NRs) in Brazil play a crucial role in the safety and health of workers, particularly in emerging industries like green hydrogen. Although there is no specific NR for this new industry, several NRs are relevant to its operation. NR 20, which addresses safety in working with flammable substances, is essential given the highly flammable nature of hydrogen. NR 13, which regulates the safety of boilers and pressure vessels, is also important for hydrogen storage and production. Additionally, NR 10, related to safety in electrical installations, is applicable due to the use of electricity in green hydrogen production. However, the application of these NRs in the green hydrogen industry faces challenges, such as outdated regulations and the lack of specific regulations for new technologies. To overcome these obstacles, it is necessary to continuously update the NRs, simplify their application, and provide training for both those involved in enforcement and those working directly in hydrogen production. Promoting a culture of workplace safety and adapting regulations to regional and sectoral specificities are also essential steps to ensure the effective implementation of NRs in this growing industry. Thus, ensuring safety and regulatory compliance in the green hydrogen industry requires both the strict application of existing regulations and the creation of new, specific regulations to address the particularities of this innovative sector.

**Keywords:** NRs, Green Hydrogen, Workplace Safety, Challenges.

## 1. INTRODUÇÃO

Com a crescente demanda por energia, surge cada vez mais a necessidade de obtenção de fontes de produção que garantam a segurança do suprimento da demanda energética a um custo aceitável. Outros fatores importantes são a preocupação com os efeitos das mudanças climáticas e o impacto do uso dos combustíveis fósseis como fonte de energia na intensificação desse fenômeno. Esses fatos aumentam a necessidade de fontes alternativas de energia que eliminem ou reduzam as emissões de gases poluentes. Assim, nas últimas décadas, ganhou força a proposta de se usar o hidrogênio como fonte de energia. Abundante, principalmente na sua forma gasosa ( $H_2$ ), estima-se que ele possa desempenhar um importante papel na transição da matriz energética global para uma mais limpa e sustentável (Staffell et al., 2019).

O hidrogênio, apesar de conhecido desde o século XVI, só a partir do desenvolvimento do processo de síntese da amônia em 1913 e da I Guerra Mundial,

passou a apresentar um interesse industrial, sendo produzido em maior quantidade. Entretanto, apenas a partir da II Guerra Mundial através da redução dos custos devido ao desenvolvimento tecnológico e aos baixos preços do gás natural é que passou a ser produzido em longa escala. As tecnologias modernas de geração do hidrogênio são ainda mais recentes, datando dos anos 60, a partir dos programas espaciais. (SILVA 1991).

O hidrogênio verde (HV) é a tecnologia da obtenção do elemento químico hidrogênio através da eletrólise de energias renováveis. Consiste na decomposição de moléculas de água ( $H_2O$ ) em oxigênio ( $O_2$ ) e hidrogênio ( $H_2$ ). A eletrólise é realizada por eletrolisadores, um dispositivo com capacidade de quebrar moléculas de água em átomos de oxigênio e hidrogênio. A água usada para eletrólise contém sais e minerais para conduzir eletricidade, e dois eletrodos são submersos na água e conectados a uma fonte de energia limpa à qual é aplicada uma corrente contínua. A dissociação de hidrogênio e oxigênio ocorre quando os eletrodos atraem íons de cargas opostas entre si (IBERDROLA, 2022).

Assim, o hidrogênio verde (HV) é obtido a partir de fontes de energia limpas e renováveis, como a energia eólica, solar e de biomassa. Por essa razão, ele não produz nem libera  $CO_2$ , configurando-se como uma alternativa promissora para a substituição dos combustíveis fósseis, que têm origem em fontes não renováveis e são responsáveis pela emissão de gases de efeito estufa. Esses gases importantes para a retenção de calor na atmosfera, elevando as temperaturas, o que constituem um sério risco para as gerações presentes e futuras (EPE,2022).

O hidrogênio verde (HV) eliminaria a emissão de  $CO_2$  na atmosfera, uma prioridade para diversos países europeus, que buscam promover avanços sustentáveis gradualmente, mudando atendendo às metas condicionais pelo Acordo de Paris. Esse tratado, assinado em abril de 2016 pelas Nações Unidas, define orientações para a redução das emissões de gases de efeito estufa pelos países que o ratificaram (SOUSA, 2022).

Em maio de 2022, o Porto do Açu firmou uma parceria com a Shell Brasil, por meio de um memorando de entendimento, para o desenvolvimento de uma planta piloto de hidrogênio verde no norte do Rio de Janeiro. Esse projeto, que prevê investimentos de

até US\$ 120 milhões em pesquisa e inovação, visa fomentar a descarbonização e contribuir para a indústria do hidrogênio verde no Brasil (PORTO DO AÇU, 2022). De forma complementar, o HUB de Hidrogênio Verde, inaugurado em 2021 no Complexo de Pecém, Ceará, em parceria com a Federação das Indústrias do Estado do Ceará (FIEC) e a Universidade Federal do Ceará, tem como objetivo transformar o estado em um fornecedor importante global de hidrogênio verde, promovendo a geração de empregos, renda e contribuindo para a descarbonização global (CRUZ, 2022).

O desenvolvimento de projetos de hidrogênio verde, como os realizados no Porto do Açú e no HUB de Hidrogênio Verde do Ceará, representa uma oportunidade significativa para a descarbonização global e a geração de empregos. No entanto, a expansão dessa indústria também evidencia a carência de profissionais envolvidos na área de segurança do trabalho, fundamentais para garantir a operação segura dessas novas plantas industriais. Normas como a NR-10, que trata da segurança em instalações elétricas, a NR-13, que regulamenta caldeiras e vasos de pressão, a NR-12, que aborda segurança em máquinas e equipamentos, a NR-20, externa para a segurança em atividades com inflamáveis, e a NR-35, que trata do trabalho em altura, podem ser adaptadas e aplicadas à indústria de hidrogênio verde, considerando os riscos específicos dessa tecnologia. Assim, há uma demanda crescente por profissionais especializados em segurança do trabalho que possam atuar nesse setor, o que abre novas perspectivas para a formação e inserção de trabalhadores na indústria.

A indústria do hidrogênio verde representa uma oportunidade crucial para a descarbonização e a transição energética global, além de fomentar a criação de empregos e desenvolvimento econômico. No entanto, essa expansão deve ser acompanhada de uma atenção rigorosa à segurança do trabalho, com a adaptação e cumprimento das normas regulamentadoras que garantem a operação segura das plantas industriais. A formação de profissionais especializados em segurança é essencial para que o Brasil e o mundo possam explorar plenamente os benefícios dessa tecnologia inovadora, ao mesmo tempo em que protegem seus trabalhadores e o meio ambiente.

## 1. HIDROGÊNIO VERDE

O hidrogénio verde é um combustível limpo produzido através da eletrólise da água, um processo que divide a água ( $H_2O$ ) em hidrogénio ( $H_2$ ) e oxigénio ( $O_2$ ) usando eletricidade proveniente de fontes de energia renováveis, como solar, eólica ou hidrelétrica (IRENA,2020). O grande diferencial do hidrogénio verde em relação a outras formas de hidrogénio é a sua produção sem a emissão de gases de efeito estufa, o que o torna uma opção essencial para a transição energética rumo à descarbonização da economia global (IRENA,2020).

Figura 01. Produção de hidrogênio verde a partir de energias renováveis eólica e solar (fonte próprio autor,2024 Canva).



A produção de hidrogénio verde, embora tenha ganhado mais destaque nos últimos anos, é uma evolução das tecnologias de eletrólise que já existem há décadas (IEA, 2020). O conceito de hidrogénio como vetor energético começou a ganhar tração nas décadas de 1970 e 1980, durante a crise do petróleo, mas foi a partir dos anos 2000, com o avanço das energias renováveis, que a ideia de produzir hidrogénio de forma sustentável se consolidou (IEA, 2020). Países como Alemanha e Japão foram pioneiros em investir no desenvolvimento de tecnologias de hidrogénio verde, e mais recentemente, países como Portugal, Espanha, Austrália e Chile também passaram a investir fortemente nessa indústria, aproveitando o seu potencial para gerar energia renovável em grande escala (IEA, 2020).

O hidrogénio verde contribui de maneira significativa para a transição energética global, oferecendo uma alternativa limpa aos combustíveis fósseis em setores difíceis de descarbonizar, como a indústria pesada (aço, cimento, produtos químicos) e o transporte de longa distância (navios, camiões, aviação). Além disso, o hidrogénio verde pode ser utilizado para armazenar energia, permitindo uma maior integração de fontes renováveis variáveis na matriz energética, como a solar e a eólica, ao fornecer uma solução para o problema da intermitência. Outra contribuição importante é a sua capacidade de reduzir a dependência de combustíveis fósseis importados, aumentando a segurança energética dos países.

A queima de combustíveis fósseis, como carvão, petróleo e gás natural, é uma das principais fontes de emissão de gases de efeito estufa (GEE), que são responsáveis pelo aquecimento global e as mudanças climáticas. Esses combustíveis, quando queimados, liberam dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ) e outros GEE que se acumulam na atmosfera, retendo o calor e levando ao aumento das temperaturas médias globais. Esse processo, conhecido como efeito estufa, é essencial para manter a Terra habitável, mas o seu excesso, devido à atividade humana, resulta em alterações climáticas adversas, como eventos climáticos extremos, elevação do nível do mar e perda de biodiversidade (IPCC, 2018).

A redução da queima de combustíveis fósseis é, portanto, crucial para mitigar esses impactos. A transição para fontes de energia renováveis, como solar, eólica e hidrogénio verde, oferece uma alternativa limpa e sustentável, capaz de suprir as necessidades energéticas globais sem aumentar as emissões de GEE. Além disso, a diminuição da dependência de combustíveis fósseis contribui para a melhoria da qualidade do ar, reduzindo a incidência de problemas de saúde relacionados à poluição, como doenças respiratórias e cardiovasculares (Barros & Silva, 2022).

A importância de reduzir a queima de combustíveis fósseis também se reflete nos compromissos internacionais, como o Acordo de Paris, onde os países se comprometeram a limitar o aumento da temperatura global a  $1,5^\circ\text{C}$  acima dos níveis

pré-industriais. Para atingir esse objetivo, é fundamental diminuir drasticamente o uso de combustíveis fósseis e promover a adoção de tecnologias limpas (Silva & Oliveira,2023).

Estudos demonstram que a transição para uma economia de baixo carbono não só é viável, mas também pode gerar benefícios econômicos significativos, como a criação de empregos em setores verdes e a redução de custos associados aos impactos das mudanças climáticas (IPCC, 2018). Nesse contexto, a inovação e a adoção de novas tecnologias energéticas desempenham um papel fundamental na construção de um futuro sustentável.

A indústria de hidrogênio verde tem o potencial de gerar empregos significativos, promover a descarbonização da economia e impulsionar a inovação tecnológica.

A indústria de hidrogênio verde pode criar uma ampla gama de empregos, desde a pesquisa e desenvolvimento até a construção e operação de instalações. Estima-se que o setor possa gerar milhares de empregos diretos e indiretos. De acordo com o relatório da Hydrogen Council (2020), a adoção em larga escala do hidrogênio verde poderia criar até 30 milhões de empregos até 2050. Essa nova tecnologia, produzido a partir de eletricidade renovável, é uma solução-chave para a descarbonização de setores difíceis de eletrificar, como indústria pesada e transporte. Ele pode substituir combustíveis fósseis em processos industriais, como a produção de aço e fertilizantes, e em veículos pesados e sistemas de aquecimento. Um estudo da International Energy Agency (IEA) (2021) destaca que o hidrogênio verde pode ajudar a reduzir as emissões de CO<sub>2</sub> em até 6 gigatoneladas por ano até 2050, o que representa cerca de 20% das reduções necessárias para alcançar as metas climáticas globais.

De acordo com o relatório de IEA,2020 e IERAN 2020 são destacadas algumas vantagens de desvantagens dessa nova indústria.

#### **Vantagens:**

1. **Sustentabilidade:** O hidrogênio verde não emite CO<sub>2</sub> durante a produção, contribuindo diretamente para a redução das emissões de gases de efeito estufa e ajudando a combater as mudanças climáticas.

2. **Armazenamento de energia:** O hidrogénio verde pode ser armazenado e utilizado para gerar eletricidade ou calor quando necessário, facilitando a integração de energias renováveis e aumentando a resiliência do sistema energético.
3. **Versatilidade:** Pode ser usado em uma variedade de aplicações, incluindo transportes, aquecimento, produção de eletricidade, e como matéria-prima na indústria química.
4. **Redução da dependência de combustíveis fósseis:** Ao substituir o petróleo e o gás natural em diversas aplicações, o hidrogénio verde pode reduzir a dependência de combustíveis fósseis importados.
5. **Desenvolvimento econômico:** A produção de hidrogénio verde pode gerar novos empregos e estimular o desenvolvimento de tecnologias inovadoras, promovendo o crescimento econômico sustentável.

#### **Desvantagens:**

1. **Custo elevado:** A produção de hidrogénio verde ainda é mais cara em comparação com outras formas de hidrogénio, como o hidrogénio cinza, que é produzido a partir de combustíveis fósseis. A eletricidade necessária para a eletrólise também precisa ser barata e proveniente de fontes renováveis.
2. **Infraestrutura:** A infraestrutura para produção, armazenamento, transporte e distribuição de hidrogénio ainda é limitada e requer investimentos significativos para se expandir e se tornar economicamente viável.
3. **Eficiência energética:** O processo de eletrólise é menos eficiente em termos energéticos comparado a outras formas de produção de hidrogénio, o que significa que parte da energia é perdida durante a conversão.
4. **Riscos de segurança:** Embora o hidrogénio verde seja mais seguro em termos ambientais, o hidrogénio, em geral, é um gás altamente inflamável e requer manuseio cuidadoso e medidas de segurança rigorosas para evitar acidentes.
5. **Desafios tecnológicos:** A tecnologia de hidrogénio verde ainda está em desenvolvimento, o que implica que podem surgir desafios técnicos que precisam ser superados para garantir a sua viabilidade em larga escala.

A indústria de hidrogênio verde, que se destaca por seu potencial na descarbonização e criação de empregos, ainda está em estágio inicial em muitos países. Esta nova vertente energética, que utiliza eletricidade renovável para produzir



hidrogênio, pode transformar a economia global ao substituir combustíveis fósseis em processos industriais e de transporte (BloombergNEF, 2022). No entanto, a ausência de Normas Regulamentadoras (NRs) específicas para o setor de hidrogênio verde representa um desafio significativo. As NRs são fundamentais para garantir a segurança no ambiente de trabalho e para a operação segura de equipamentos e processos industriais. No contexto do hidrogênio verde, a falta dessas normas específicas pode aumentar os riscos associados ao manuseio e armazenamento do hidrogênio, que é altamente inflamável e requer cuidados especiais (Hydrogen Council, 2020).

Sem NRs adequadas, a indústria pode enfrentar dificuldades na implementação de práticas seguras e eficientes. A falta de regulamentação pode levar a inconsistências nas práticas de segurança entre diferentes empresas e regiões, expondo trabalhadores e comunidades a riscos potencialmente graves. Além disso, a ausência de normas pode impactar a confiança do público e dos investidores na segurança e viabilidade da tecnologia (ABNT, 2014).

Para mitigar esses riscos, é crucial que órgãos reguladores e entidades do setor colaborarem para desenvolver e implementar NRs que abordem as especificidades do hidrogênio verde. Essas normas devem abranger desde a produção e armazenamento até o transporte e uso do hidrogênio, garantindo que as melhores práticas de segurança sejam seguidas (OIT, 2016).

Segundo o Ministério do Trabalho e Emprego (2024), a criação de NRs específicas não só aumentaria a segurança e a eficiência operacional, mas também promoveria a confiança no setor, facilitando a aceitação e o crescimento da indústria. Com regulamentações adequadas, a indústria de hidrogênio verde pode avançar com mais segurança, contribuindo para uma economia mais sustentável e resiliente.

### 2.1 Normas Regulamentadoras e Seus Contextos.

As Normas Regulamentadoras (NRs) são um conjunto de diretrizes e regras estabelecidas pelo Ministério do Trabalho e Emprego do Brasil, com o objetivo de garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores em diversas atividades laborais. As NRs cobrem uma ampla gama de tópicos, desde a gestão de riscos em ambientes industriais até a proteção contra acidentes e doenças ocupacionais (Brasil, 2024). Atualmente, existem 37 NRs, cada uma abordando um aspecto específico da segurança

no trabalho, desde a gestão de riscos até a implementação de medidas preventivas. Essas normas são obrigatórias para todas as empresas e são fundamentais para prevenir acidentes de trabalho, doenças ocupacionais e assegurar um ambiente de trabalho seguro e saudável (Silva., 2021).

Cada NR aborda aspectos específicos do ambiente de trabalho, como a NR 6, que trata do uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs), e a NR 12, que regulamenta a segurança no trabalho em máquinas e equipamentos. As NRs são obrigatórias para todas as empresas que operam no Brasil, e seu cumprimento é essencial para a promoção de um ambiente de trabalho seguro e saudável (Fundacentro,2020; Barreto & Almeida, 2018).

Já a NR 10 é crucial para atividades que envolvem eletricidade, estabelecendo diretrizes para a segurança em instalações elétricas. A NR 35, por sua vez, aborda a segurança no trabalho em altura, sendo vital em setores como a construção civil e telecomunicações, onde o risco de quedas é elevado. Outras NRs têm aplicações mais específicas, como a NR 20, que trata da segurança e saúde no trabalho com inflamáveis e combustíveis, importante na indústria petroquímica (Fundacentro,2020).

A NR 13, que regula caldeiras, vasos de pressão e tubulações, é essencial para indústrias que utilizam esses equipamentos em seus processos produtivos. A aplicação eficaz dessas normas é crucial para prevenir acidentes e garantir a segurança dos trabalhadores, contribuindo para a melhoria das condições de trabalho no Brasil. A fiscalização e a atualização constante das NRs são necessárias para que elas continuem relevantes e eficazes diante das inovações tecnológicas e mudanças no mercado de trabalho (Silva., 2021).

## 2.2 As NRS que Subsidiaram a Atividade do Hidrogênio Verde

O hidrogênio verde é uma forma sustentável de hidrogênio produzido por meio da eletrólise da água, utilizando eletricidade proveniente de fontes renováveis, como solar e eólica, produzindo gás de hidrogênio verde. Ao contrário do hidrogênio convencional, que é gerado a partir de combustíveis fósseis e emite grandes quantidades de dióxido de carbono, o hidrogênio verde não contribui para a emissão de gases de efeito estufa. Esse combustível emergente tem o potencial de transformar diversos

setores, como a indústria pesada e o transporte, ao oferecer uma alternativa limpa e eficiente para a redução das emissões de carbono e a promoção de uma economia mais sustentável (Hydrogen Council, 2020).

A indústria de energias renováveis, especialmente o setor emergente do hidrogênio verde, tem se tornado uma peça-chave na transição global para uma economia de baixo carbono (AIE., 2021). No entanto, à medida que essa indústria avança, é crucial garantir que todas as etapas do processo sejam realizadas com segurança e em conformidade com as regulamentações aplicáveis. A ausência de Normas Regulamentadoras (NRs) específicas para o setor de hidrogênio verde representa um desafio significativo. As NRs são fundamentais para garantir a segurança no ambiente de trabalho e para a operação segura de equipamentos e processos industriais. No contexto do hidrogênio verde, a falta dessas normas específicas pode aumentar os riscos associados ao manuseio e armazenamento do hidrogênio, que é altamente inflamável e requer cuidados especiais.

Nesse contexto, as Normas Regulamentadoras (NRs) desempenham um papel essencial. Embora ainda não exista uma NR específica para o hidrogênio verde, várias NRs já existentes são diretamente aplicáveis. A **NR 20**, por exemplo, que trata da segurança no trabalho com inflamáveis e combustíveis, é de extrema importância devido ao caráter altamente inflamável do hidrogênio (Barros & Silva, 2022). A **NR 13**, que regulamenta a segurança em caldeiras, vasos de pressão e tubulações, é igualmente relevante para o armazenamento e produção de hidrogênio. Além disso, a **NR 10**, relacionada à segurança em instalações e serviços em eletricidade, é aplicável devido ao uso intensivo de eletricidade na produção de hidrogênio verde (Silva & Oliveira, 2023).

A aplicação dessas NRs na indústria de hidrogênio verde não só assegura a proteção dos trabalhadores envolvidos, mas também garante a conformidade legal e a prevenção de acidentes que poderiam comprometer a sustentabilidade desse setor inovador. À medida que a tecnologia do hidrogênio verde se desenvolve, será necessário adaptar e atualizar as NRs para atender às novas demandas e desafios específicos desta indústria, promovendo uma operação segura e eficiente. Dessa forma, as NRs são fundamentais para que a indústria de energias renováveis, especialmente o hidrogênio

verde, se consolide de maneira segura e sustentável no cenário energético global (Silva& Oliveira, 2023).

### 3. NORMAS REGULAMENTADORAS (NRS) APLICADAS AO TRABALHO

As Normas Regulamentadoras (NRs) são diretrizes estabelecidas pelo Ministério do Trabalho e Emprego do Brasil com o objetivo de garantir a saúde e segurança dos trabalhadores em diversos setores. Abaixo está uma tabela com as principais NRs aplicáveis ao trabalho, além de uma análise das NRs relevantes para o setor de hidrogênio verde e energias renováveis (MTE, 2004).

A seguir são destacados na tabela 01 todas a NRs plicados:

Tabela 01. Normas de NRs de acordo com o Minério de trabalho e emprego (2004).

(fonte MTE,2004).

<b>Número da NR</b>	<b>Título</b>	<b>Descrição</b>
NR 1	Disposições Gerais	Estabelece disposições gerais sobre a segurança e saúde no trabalho.
NR 2	Inspeção Prévia	Define a inspeção prévia para garantir condições seguras no ambiente de trabalho.
NR 3	Embargo ou Interdição	Regras para a interdição de atividades e locais de trabalho inseguros.
NR 4	Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho	Requisitos para a presença de profissionais especializados em segurança e medicina do trabalho.
NR 5	Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA)	Criação e atuação da CIPA nas empresas para prevenir acidentes.
NR 6	Equipamento de Proteção Individual (EPI)	Define a obrigatoriedade e normas para o uso de EPIs pelos trabalhadores.
NR 7	Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO)	Estabelece requisitos para o acompanhamento da saúde dos trabalhadores.
NR 9	Programa de Prevenção de Riscos Ambientais	Requisitos para a identificação e controle dos riscos ambientais no trabalho.
NR 10	Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade	Regras para segurança em atividades envolvendo eletricidade.
NR 12	Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos	Estabelece normas para a segurança no uso de máquinas e equipamentos.
NR 15	Atividades e Operações Insalubres	Define condições e limites para atividades consideradas insalubres.

NR 16	Atividades e Operações Perigosas	Estabelece requisitos para atividades perigosas e os riscos associados. Diretrizes para a adaptação do ambiente de trabalho às condições fisiológicas dos trabalhadores.
NR 17	Ergonomia	
NR 18	Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção	Regras para a segurança e saúde na construção civil.
NR 20	Segurança e Saúde no Trabalho com Inflamáveis e Combustíveis	Normas para o manuseio e armazenamento de inflamáveis e combustíveis. Requisitos para o trabalho em campo, incluindo medidas de segurança e saúde.
NR 21	Trabalho a Campo	
NR 22	Segurança e Saúde Ocupacional na Mineração	Regras específicas para a segurança e saúde na mineração. Estabelece medidas de proteção contra incêndios e uso de equipamentos de combate.
NR 23	Proteção Contra Incêndios	
NR 24	Condições Sanitárias e de Conforto no Trabalho	Define requisitos para condições sanitárias e de conforto no ambiente de trabalho.
NR 25	Resíduos Industriais e Produtos Perigosos	Regras para o gerenciamento e disposição de resíduos industriais e produtos perigosos.

As Normas Regulamentadoras (NRs) desempenham um papel crucial na indústria de hidrogênio verde e energias renováveis ao assegurar condições seguras e saudáveis de trabalho em um setor caracterizado pela inovação tecnológica e complexidade operacional. A NR 9, por exemplo, é fundamental para a identificação e controle dos riscos ambientais associados à produção e armazenamento de hidrogênio, enquanto a NR 10 garante a segurança em instalações elétricas, essenciais para o funcionamento dos sistemas de energia renovável. A NR 20 aborda a segurança no manuseio de substâncias inflamáveis, como o hidrogênio, essencial para prevenir acidentes e garantir a integridade dos trabalhadores. Juntas, essas normas ajudam a criar um ambiente de trabalho seguro e eficiente, promovendo práticas que minimizam riscos e garantem a conformidade com os padrões de segurança na crescente indústria de energias renováveis.

### 3.1 NR10 e sua Aplicação na Indústria de Hidrogênio Verde e Energias Renováveis

A NR10, ou Norma Regulamentadora nº 10, estabelece as diretrizes e requisitos mínimos para a segurança em instalações e serviços em eletricidade (Figura 02),



visando garantir a proteção dos trabalhadores contra os riscos elétricos. Esta norma é fundamental para assegurar a integridade física e a saúde dos profissionais que lidam com sistemas elétricos, que podem ser potencialmente perigosos. (MTE, 2004).

### 3.1.1 Aplicação da NR10 na Indústria de Hidrogênio Verde e Energias Renováveis

Na indústria de hidrogênio verde e energias renováveis, a NR10 desempenha um papel crucial devido à natureza das operações que envolvem sistemas elétricos complexos e equipamentos de alta tensão. O hidrogênio verde, produzido a partir de fontes renováveis, e outras tecnologias de energia limpa frequentemente requerem a instalação e manutenção de sistemas elétricos avançados para a geração, armazenamento e distribuição de energia (ABNT, 2019).

### 3.1.2 Instalações Elétricas e Segurança

A NR10 exige que todas as instalações elétricas sejam projetadas, executadas e mantidas de forma segura. Na indústria de hidrogênio verde, isso inclui a construção e manutenção de sistemas elétricos que suportam processos como a eletrólise da água para a produção de hidrogênio (TOMAZ & OLIVEIRA, 2021). Equipamentos como geradores, inversores e sistemas de controle devem atender aos requisitos de segurança estabelecidos pela NR10 para prevenir acidentes e garantir a segurança dos operadores (SENAI,2018).

Figura 02. Aplicação da NR 10 em segurança em instalações e serviços em eletricidade (Fonte.2024; Própria autora).





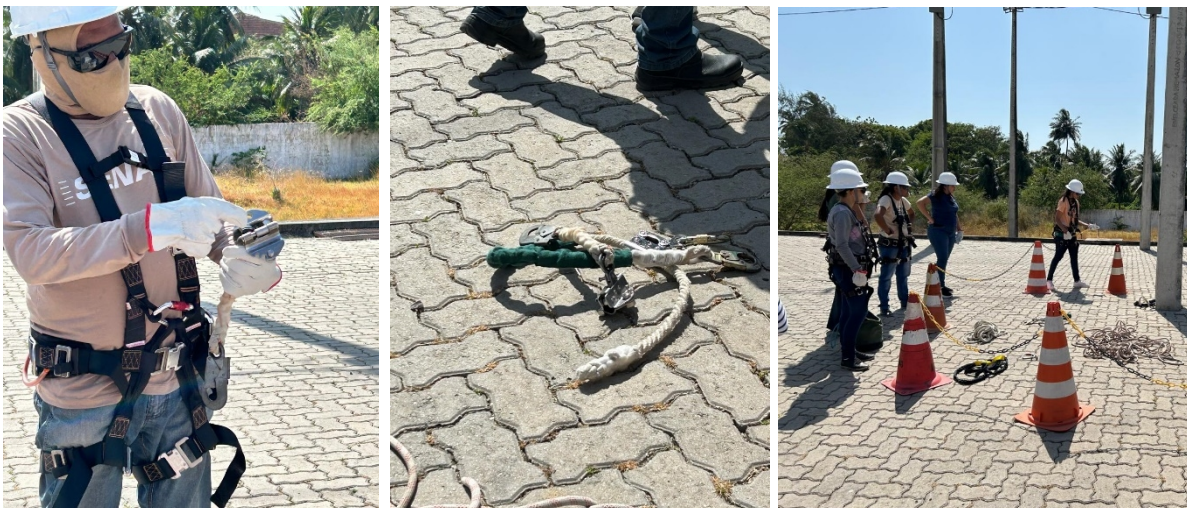
### 3.1.3 Capacitação e Treinamento

A NR10 estabelece a necessidade de treinamentos específicos para os trabalhadores que operam ou mantêm instalações elétricas (SILVA,2022). Em setores como o de energias renováveis, onde a tecnologia está em constante evolução, a capacitação contínua é essencial (Imetro,2022). Os profissionais devem ser treinados em práticas seguras e atualizados sobre novas tecnologias e procedimentos. A indústria de hidrogênio verde, que pode envolver tecnologias inovadoras e avançadas, exige que os trabalhadores estejam aptos a manejar e compreender os riscos associados a essas novas ferramentas e equipamentos (ABH2,2024).

### 3.1.4 Equipamentos de Proteção

A norma também define a obrigatoriedade do uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) (Figura 03) adequados para trabalhos em eletricidade. Em projetos relacionados ao hidrogênio verde e energias renováveis, o uso de EPIs específicos para proteção contra riscos elétricos é essencial para a segurança dos trabalhadores. Isso inclui itens como capacetes, luvas isolantes, e vestimentas apropriadas, que devem ser utilizados de acordo com os riscos identificados nas operações (ABNT, 2019).

Figura 03. Equipamentos de proteção e sinalização de segurança (Fonte,2024. Própria autora).



### **3.1.5 Procedimentos de Segurança e Manutenção**

A NR10 exige que sejam seguidas práticas rigorosas de manutenção e procedimentos de segurança, como a instalação de dispositivos de proteção, sistemas de aterramento e sinalização adequada. Na indústria de hidrogênio verde, onde a operação de sistemas elétricos complexos é uma rotina, a manutenção preventiva e corretiva deve ser realizada conforme os padrões estabelecidos pela norma para evitar falhas que possam levar a acidentes ou danos ao ambiente de trabalho (JORNAL DO BRASIL, 2022).

#### **3.1.5 Responsabilidades e Gestão**

A norma também define responsabilidades para a gestão e supervisão das atividades relacionadas à eletricidade. Em projetos de energias renováveis, a gestão deve assegurar que todas as práticas estejam em conformidade com a NR10, realizando inspeções regulares e promovendo uma cultura de segurança entre os trabalhadores. A conformidade com a NR10 não só protege os profissionais como também contribui para a eficiência e sucesso dos projetos, garantindo operações seguras e sustentáveis (ABH2,2024).

A aplicação da NR10 na indústria de hidrogênio verde e energias renováveis é de extrema importância para garantir a segurança e a integridade dos trabalhadores que lidam com sistemas elétricos avançados. O cumprimento das diretrizes estabelecidas pela norma contribui para a criação de ambientes de trabalho seguros e eficientes, apoiando o desenvolvimento de tecnologias sustentáveis e inovadoras no setor. A NR10, portanto, desempenha um papel fundamental na proteção dos profissionais e na promoção de boas práticas na indústria de energia limpa (JORNAL DO BRASIL, 2022).

#### **3.2.1 NR20 e sua Aplicação na Indústria de Hidrogênio Verde e Energias Renováveis**

A NR20, ou Norma Regulamentadora nº 20, estabelece diretrizes e requisitos para a segurança e saúde no trabalho com inflamáveis e combustíveis. Esta norma é crucial para garantir a proteção dos trabalhadores que lidam com substâncias que podem apresentar riscos significativos, como produtos inflamáveis e combustíveis, e para assegurar que as operações sejam realizadas de forma segura e eficiente (MTE, 2004).



### 3.2.2 Aplicação da NR20 na Indústria de Hidrogênio Verde e Energias Renováveis

Na indústria de hidrogênio verde e energias renováveis, a NR20 é particularmente relevante devido ao manuseio de substâncias inflamáveis e ao uso de equipamentos que podem gerar riscos associados (SILVA, 2022). O hidrogênio, por exemplo, é um gás altamente inflamável e requer cuidados especiais durante sua produção, armazenamento e transporte. Outras tecnologias de energia renovável também podem envolver o uso de combustíveis e substâncias que precisam ser geridas com segurança (OLIVEIRA & SILVA, 2021).

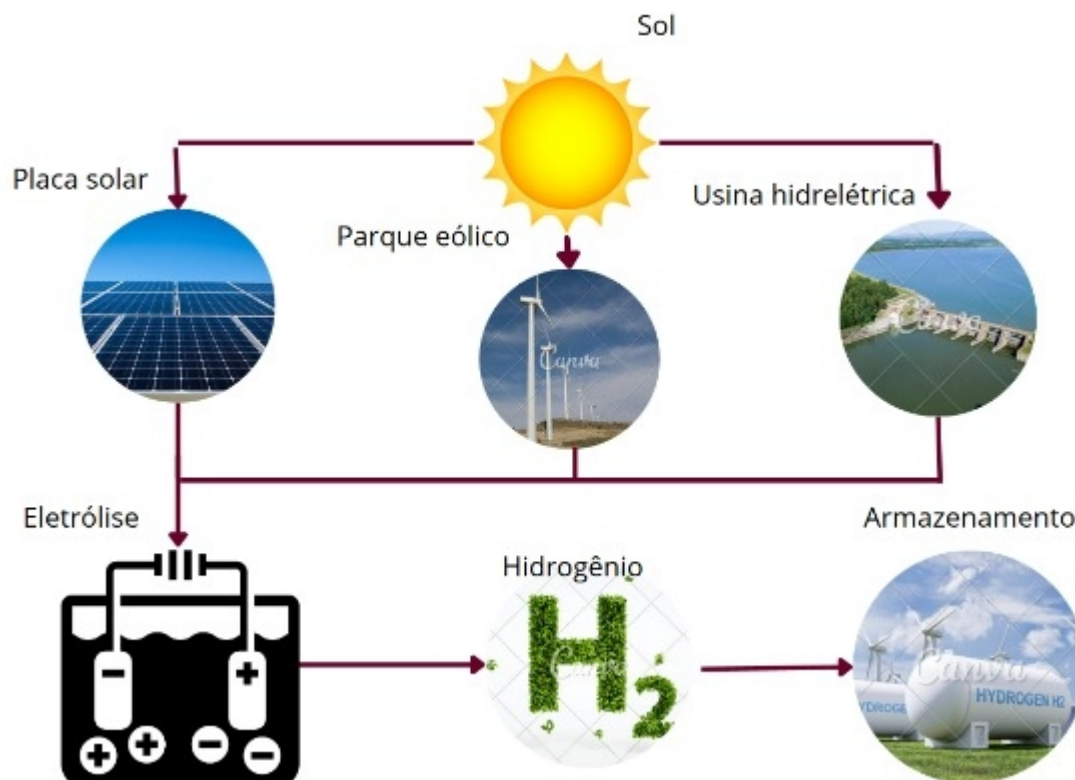
### 3.2.3 Armazenamento e Manuseio de Inflamáveis

A NR20 estabelece normas para o armazenamento seguro de líquidos inflamáveis e combustíveis. Na indústria de hidrogênio verde, isso inclui o armazenamento de hidrogênio em diferentes formas, como em cilindros ou em tanques de alta pressão (IMETRO, 2022). É crucial que as instalações atendam às exigências da norma para evitar riscos de incêndio ou explosões. Isso envolve a implementação de sistemas de ventilação adequados, a manutenção de distâncias seguras entre os tanques e fontes de ignição, e a utilização de equipamentos de proteção e sinalização apropriados (IMETRO, 2022).

### 3.2.4 Segurança em Processos de Produção

Durante a produção de hidrogênio verde, especialmente em processos como a eletrólise, há a necessidade de controlar e monitorar o ambiente para evitar a formação de atmosferas explosivas (figura 04). A NR20 exige que sejam adotadas medidas de segurança para minimizar os riscos associados, como a implementação de sistemas de detecção de gases, a realização de manutenção preventiva e a capacitação dos trabalhadores em procedimentos de segurança.

Figura 04. A eletrolise do hidrogenio verde e monitoramento do cilindro de hidrogenio no monitoramento de risco de explosão. (Fonte. <https://www.jornalbomdia.com.br/noticia/61629/producao-de-hidrogenio-verde-atraves-da-eletrolise>. Acesso 10 de outubro de 2024).



### 3.2.5 Capacitação e Treinamento

A NR20 enfatiza a necessidade de treinamento para trabalhadores que lidam com inflamáveis e combustíveis. Na indústria de energias renováveis, onde o uso de hidrogênio e outros combustíveis pode ser parte integrante dos processos, é essencial que os profissionais sejam capacitados para identificar e gerenciar os riscos. Os treinamentos devem cobrir desde o manuseio seguro de substâncias inflamáveis até a resposta a emergências, garantindo que os trabalhadores estejam preparados para lidar com situações críticas (SENAI,2020).

### 3.2.6 Equipamentos de Proteção e Segurança



A norma requer o uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) (figura 05) adequados para o manuseio de inflamáveis e combustíveis. Em instalações de hidrogênio verde e energias renováveis, os EPIs podem incluir roupas resistentes a chamas, luvas e óculos de proteção. Além disso, a NR20 também aborda a necessidade de sistemas de segurança, como detectores de vazamento e sistemas de extinção de incêndio, para proteger tanto os trabalhadores quanto as instalações (OLIVEIRA & SILVA,2021).

Figura 05. EPI adequando para manuseio de gases inflamáveis (Fonte. <https://www.kpnsafety.com.br/caracteristicas-compartilhadas-pelo-epi-de-petroleo-e-gas/> acesso 08 de setembro de 2024).



### 3.2.7 Procedimentos e Inspeções

A NR20 estabelece que devem ser seguidos procedimentos rigorosos para a operação segura e a manutenção de equipamentos e instalações. Isso inclui a realização de inspeções regulares e a implementação de planos de contingência para emergências. Na indústria de hidrogênio verde, as inspeções devem garantir que todos os sistemas de armazenamento e transporte estejam em conformidade com as normas e que as práticas de segurança estejam sendo corretamente seguidas (ABNT,2019).

### 3.3.1 NR13 e sua Aplicação na Indústria de Hidrogênio Verde e Energias Renováveis

A NR13, ou Norma Regulamentadora nº 13, estabelece requisitos e diretrizes para a segurança na operação e manutenção de caldeiras, vasos de pressão e tubulações (MET, 2006). Essa norma é crucial para garantir que esses equipamentos, que são



essenciais em muitos processos industriais, operem de forma segura e eficiente, minimizando os riscos associados a falhas e acidentes (ABNT,2018)

### 3.3.2 Aplicação da NR13 na Indústria de Hidrogênio Verde e Energias Renováveis

Na indústria de hidrogênio verde e energias renováveis, a NR13 é particularmente relevante devido ao uso de equipamentos como caldeiras e vasos de pressão (Figura 06) que são comuns em processos de produção e armazenamento de hidrogênio, além de outras tecnologias de energia limpa. O cumprimento das diretrizes da NR13 ajuda a assegurar que esses sistemas operem com segurança e eficácia, protegendo os trabalhadores e garantindo a integridade das operações.

Figura 06. Caldeira e vasos de pressão (Fonte: <https://www.treicap.com.br/inspecao-seguranca-caldeiras-vasos-pressao>. Acesso 09 de setembro de 2023).



Em conformidade de Souza, (2023), conforme tange a NR-13 item 13.5.4.1, os vasos de pressão devem ser submetidos a inspeções de segurança inicial, periódica e extraordinária. As inspeções de segurança periódica visam analisar as condições técnicas, operacionais e de segurança das caldeiras e vasos de pressão, constatando se existe alguma anormalidade ou desconformidade com a NR-13, apontando possíveis adequações e testes a serem realizados se necessário. Ao final, será confeccionado um RI (Relatório de Inspeção) contendo as recomendações necessárias através de um plano de ação com

emissão da ART (Anotação de Responsabilidade Técnica) do serviço prestado.

CORRÊA & PEREIRA, (2023). Destaca que os Tipos de testes a serem realizados conforme a NR-13 são:

**Exame Externo** - Exame da superfície e de componentes externos de um equipamento, podendo ser realizado em operação, visando avaliar a sua integridade estrutural;

**Exame interno** - exame da superfície interna e de componentes internos de um equipamento, executado visualmente, com o emprego de ensaios e testes apropriados para avaliar sua integridade estrutural;

**Teste hidrostático** - TH - tipo de teste de pressão com fluido incompressível, executado com o objetivo de avaliar a integridade estrutural dos equipamentos e o rearranjo de possíveis tensões residuais, de acordo com o código de projeto.

### 3.3.3 Segurança na Operação de Caldeiras

Caldeiras são frequentemente usadas na produção de hidrogênio verde, especialmente em processos de eletrólise e em sistemas de cogeração que utilizam energia térmica (CORRÊA & PEREIRA, 2023). A NR13 estabelece que as caldeiras devem ser operadas e mantidas de acordo com normas rigorosas para prevenir acidentes. Isso inclui inspeções regulares, manutenção preventiva e a presença de operadores qualificados que conheçam as especificações e procedimentos de segurança necessários (SENAI,2020).

### 3.3.4 Manutenção e Inspeção de Vasos de Pressão

Vasos de pressão são utilizados para armazenar hidrogênio e outros gases a alta pressão. A NR13 define requisitos para a manutenção e inspeção desses equipamentos, exigindo que sejam realizados testes periódicos para verificar sua integridade e segurança. A norma também especifica os procedimentos para a troca de componentes e reparos, garantindo que os vasos de pressão permaneçam seguros durante todo o seu ciclo de vida operacional (CONMET,2021).

### 3.3.5 Treinamento e Capacitação

A NR13 exige que os trabalhadores envolvidos na operação e manutenção de caldeiras, vasos de pressão e tubulações sejam devidamente treinados e qualificados (MAIA& ARAÚJO, 2023). Na indústria de energias renováveis, onde a tecnologia pode ser complexa e inovadora, a capacitação contínua é essencial. Os operadores e técnicos devem estar atualizados sobre os procedimentos de segurança, novos regulamentos e melhores práticas para garantir a operação segura dos equipamentos (FERREIRA & LIMA, 2022).

### 3.3.6 Procedimentos de Segurança e Emergências

A norma estabelece a necessidade de procedimentos de segurança claros e planos de emergência para lidar com situações de risco. Na indústria de hidrogênio verde, que pode envolver a manipulação de grandes volumes de gás a alta pressão, é vital ter procedimentos de emergência bem definidos para enfrentar possíveis vazamentos ou falhas de equipamentos (NORMA BRASIL, 2022). A NR13 orienta sobre a elaboração e implementação desses planos, bem como sobre a realização de simulações de emergência para preparar os trabalhadores para situações adversas (FERREIRA & LIMA,2022)

### 3.3.7 Documentação e Registros

A NR13 exige a manutenção de documentação detalhada sobre a operação, manutenção e inspeção dos equipamentos. Isso inclui registros de manutenção preventiva, inspeções periódicas e quaisquer incidentes ou falhas ocorridas (ABREN,2023). Na indústria de energias renováveis, onde a conformidade com as normas de segurança é fundamental, a documentação adequada ajuda a garantir a rastreabilidade e a identificação de áreas para melhorias contínuas (IPEA, 2023).

### 3.4.1 NR35 e sua Aplicação na Indústria de Hidrogênio Verde e Energias Renováveis

A NR35, ou Norma Regulamentadora nº 35, estabelece as diretrizes e requisitos mínimos para o trabalho em altura. A norma visa garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que realizam atividades a alturas superiores a dois metros, onde há risco de queda (ABNT,2019). A NR35 é fundamental para assegurar que todas as práticas e procedimentos envolvidos em trabalhos em altura sejam realizados de forma segura, prevenindo acidentes e lesões (MTE,2012).

#### 3.4.2 Aplicação da NR35 na Indústria de Hidrogênio Verde e Energias Renováveis

Na indústria de hidrogênio verde e energias renováveis, a NR35 é crucial devido às diversas atividades realizadas em locais elevados, como torres e plataformas para instalação e manutenção de equipamentos (OLIVEIR & COSTA, 2022). A aplicação das diretrizes da NR35 é essencial para garantir a segurança dos trabalhadores envolvidos em tarefas como a instalação de sistemas de geração de energia e a manutenção de infraestruturas críticas (SILVA, 2023).

#### 3.4.3 Instalação de Equipamentos em Altura

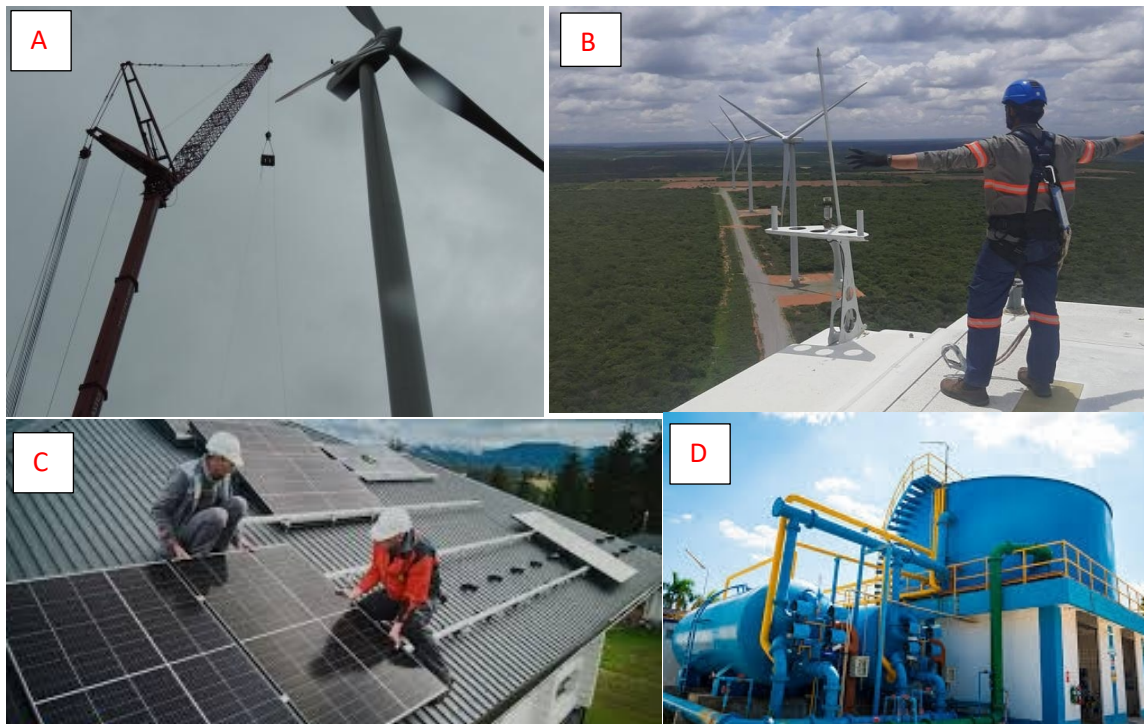
Na produção de hidrogênio verde, muitas instalações e equipamentos, como torres de resfriamento e sistemas de armazenamento, são montados em locais elevados. A NR35 assegura que a instalação desses equipamentos seja realizada com o uso adequado de EPIs (Equipamentos de Proteção Individual), como cintos de segurança e sistemas de ancoragem. Além disso, a norma define procedimentos para a realização segura de atividades em altura, incluindo a utilização de plataformas de trabalho e andaimes que estejam de acordo com as especificações de segurança.

#### 3.4.4 Manutenção de Infraestruturas e Equipamentos

A manutenção de turbinas eólicas, painéis solares e outros componentes utilizados em energias renováveis muitas vezes requer que os trabalhadores acessem locais elevados (figura 07) (NASCIMENTO & CARVALHO, 2023). A NR35 estabelece requisitos para treinamento e capacitação dos profissionais que realizam essas atividades, garantindo que eles saibam como usar os equipamentos de proteção adequados e como realizar procedimentos de resgate em caso de emergência (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2022).



Figura 07. Manutenção e aplicação da NR35; (A) manutenção pá de turbinas eólicas; (B) manutenção em altura de Reator de energia eólica; (C) manutenção em altura de energia solar e (D) manutenção de torre de resfriamento de hidrogenio verde. (fonte. <https://adequada.eng.br/nr-35/> acesso em 09 de setembro de 2024).



De acordo com TIECHER, 2017., é preciso considerar os riscos também com a utilização dos EPIs, que, segundo ALTISEG (2012) seriam a queda com o trabalhador pendendo para os lados, o que pode ocasionar lesões se houver contato com paredes e demais estruturas; a suspensão no cinturão durante o período de espera por resgate - a posição final do corpo, após queda, poderá agravar os ferimentos sofridos, gerar maior emergência e dificultar as manobras de resgate -; a força de impacto demasiadamente exercida sobre o corpo durante a retenção da queda. É preciso salientar que, além do trabalhador estar em segurança durante suas atividades, é preciso que esteja confortável durante a execução das tarefas sem que haja danos à ergonomia. Além disso, é importante observar o desgaste natural ou prematuro de todos os EPIs e providenciar a substituição dos mesmos (ALTISEG, 2012).

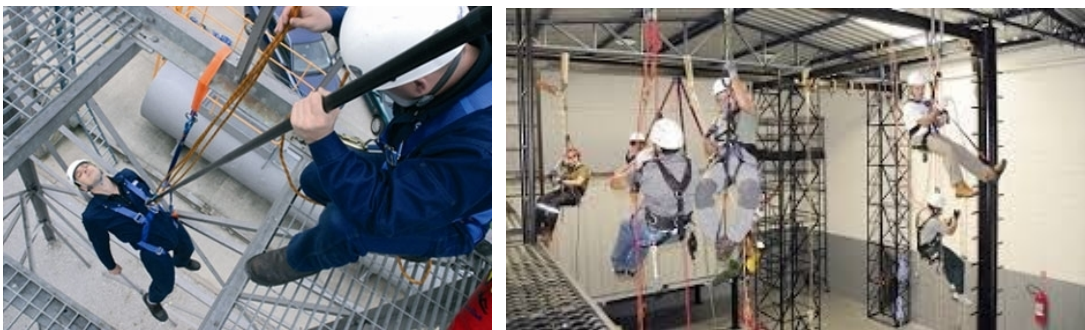




### 3.4.5 Treinamento e Capacitação

A norma NR35 exige que todos os trabalhadores que realizam atividades em altura recebam treinamento específico. Este treinamento deve cobrir não apenas o uso correto dos EPIs, mas também as práticas seguras para a realização das atividades e a resposta a situações de emergência (BRASIL, 2023). Na indústria de hidrogênio verde e energias renováveis, onde a tecnologia e os equipamentos podem ser complexos, é essencial que os trabalhadores estejam bem treinados para garantir a segurança no ambiente de trabalho (Figura 8) (SOARES,2023).

Figura 08. Treinamento de prática de segurança em altura (fonte. <https://protecao.com.br/geral/capacitacao-para-trabalho-em-altura/>. Acesso em 09 de setembro de 2024).



### 3.4.6 Procedimentos de Segurança e Emergências

A NR35 define procedimentos para o planejamento e a execução de atividades em altura, incluindo a elaboração de planos de segurança e resgate (figura 09). Em setores como o de energias renováveis, onde as condições de trabalho podem ser desafiadoras e variáveis, ter procedimentos claros e bem estabelecidos para situações de emergência é vital para a proteção dos trabalhadores e a minimização de riscos.

A aplicação da NR35 na indústria de hidrogênio verde e energias renováveis é crucial para garantir a segurança dos trabalhadores que realizam atividades em altura. A norma fornece diretrizes claras para a instalação e manutenção de equipamentos, treinamento dos trabalhadores, e procedimentos de segurança e emergência, contribuindo para um ambiente de trabalho seguro e eficiente. O cumprimento das diretrizes da NR35 não apenas protege os trabalhadores, mas também garante a

integridade das operações e a continuidade dos processos produtivos na indústria de energias renováveis.

#### 4. CONCLUSÃO

O hidrogênio verde representa uma tecnologia emergente com potencial significativo para descarbonizar a economia global. No entanto, sua implementação traz desafios de segurança específicos, como o manuseio de substâncias inflamáveis e o uso de equipamentos de alta pressão e alta tensão, que exigem cuidados e regulamentações adequadas.

O crescimento desse setor, vital para a transição energética global e a descarbonização, requer atenção especial quanto à segurança, dada a manipulação de substâncias perigosas, como o hidrogênio, e o uso de equipamentos complexos, como caldeiras, vasos de pressão e instalações elétricas.

As NRs existentes, como a NR10 (segurança em instalações elétricas), NR13 (caldeiras, vasos de pressão e tubulações), NR20 (segurança com inflamáveis e combustíveis) e NR35 (trabalho em altura), desempenham papéis cruciais na mitigação dos riscos associados à produção, armazenamento e transporte de hidrogênio verde. Embora essas normas não tenham sido criadas especificamente para o setor de hidrogênio verde, elas fornecem uma base sólida para garantir a segurança dos trabalhadores e a proteção das instalações.

É importante destacar que, à medida que a tecnologia do hidrogênio verde se expande, será necessário revisar e adaptar as NRs para lidar com os novos desafios apresentados por essa indústria. A criação de regulamentações específicas para o setor poderia ajudar a resolver lacunas regulatórias e melhorar a implementação de práticas seguras e eficientes.

Assim, conclui-se que o papel das NRs vai além da simples regulamentação: elas são ferramentas essenciais para garantir que o avanço tecnológico e industrial ocorra de forma segura e sustentável. Para que o hidrogênio verde realize todo o seu potencial como uma solução energética limpa, a adoção de práticas seguras deve ser prioridade,

com investimentos contínuos em treinamento e capacitação, atualização normativa e inovação em tecnologias de segurança.

## 5. REFERÊNCIAS

ABNT. ABNT NBR 13523: **Caldeiras e Vasos de Pressão - Requisitos Gerais de Segurança**. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2022. Disponível em: <https://www.abnt.org.br>. Acesso em: 23 ago. 2024.

ABNT. ABNT NBR 16039: **Segurança em Trabalho em Altura**. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2019. Disponível em: <https://www.abnt.org.br>. Acesso em: 23 ago. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA (ABREN). **Segurança e Normas na Indústria de Energias Renováveis: Enfoque na NR13**. Disponível em: <https://www.abren.org.br>. Acesso em: 23 ago. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE HIDROGÊNIO (ABH2). **Guia de Segurança para Tecnologias de Hidrogênio Verde**. Disponível em: <https://www.abh2.org.br>. Acesso em: 23 ago. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NR10 - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade**. ABNT NBR 5410:2019 - Instalações Elétricas de Baixa Tensão. Disponível em: <https://www.abnt.org.br>. Acesso em: 23 ago. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NR13 - Caldeiras, Vasos de Pressão e Tubulações**. ABNT NBR 13523:2018 - Caldeiras e Vasos de Pressão: Requisitos Gerais de Segurança. Disponível em: <https://www.abnt.org.br>. Acesso em: 23 ago. 2024.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE SEGURANÇA DO TRABALHO (ANAST). **Segurança em Altura: Procedimentos e Normas para Indústrias de Energias Renováveis**. Disponível em: <https://www.anast.org.br>. Acesso em: 23 ago. 2024.

AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA (AIE). **Global Hydrogen Review 2021**. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-review-2021>. Acesso em: 23 ago. 2024.

BARRETTO, S. M.; ALMEIDA, L. S. **Segurança e Saúde no Trabalho: Análise das Normas Regulamentadoras**. Revista Brasileira de Saúde Ocupacional, v. 43, n. 2, p. 45-58, 2018.

BARROS, M. E.; SILVA, R. L. **Hidrogênio Verde: O futuro da energia renovável e suas implicações no Brasil**. Revista Brasileira de Energia, v. 28, n. 3, p. 45-63, 2022.

BRASIL. Ministério da Economia. **Normas Regulamentadoras - NR35: Trabalho em Altura**. Disponível em: <https://www.gov.br/economia/pt-br/assuntos/trabalho-e-emprego>. Acesso em: 23 ago. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Prevenção de Acidentes em Trabalhos em Altura: Normas e Procedimentos**. Disponível em: <https://www.gov.br/saude>. Acesso em: 23 ago. 2024.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Segurança em Altura: Guia de Boas Práticas e Normas de Proteção**. Disponível em: <https://www.corpobombeiros militar.sp.gov.br>. Acesso em: 23 ago. 2024.

CORRÊA, J. F.; PEREIRA, T. R. **A Importância da NR13 na Segurança Operacional de Caldeiras e Equipamentos de Pressão em Indústrias de Energias Renováveis**. Engenharia e Tecnologia em Energia, v. 19, n. 2, p. 93-108, 2023.

CONSELHO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL (CONMET). **Manual de Segurança para Caldeiras e Vasos de Pressão: Aplicações da NR13**. Disponível em: <https://www.conmet.org.br>. Acesso em: 23 ago. 2024.

FERREIRA, A. S.; LIMA, V. P. **Práticas de Segurança e Normas Regulamentadoras: NR13 e a Indústria de Hidrogênio**. Revista Brasileira de Engenharia e Tecnologia, v. 21, n. 3, p. 55-72, 2022.

FUNDACENTRO. **Manual de Normas Regulamentadoras**. Disponível em: <http://www.fundacentro.gov.br/>. Acesso em: 23 ago. 2024.

IPEA. **Análise das Normas de Segurança e Seus Impactos na Indústria de Energias Renováveis**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br>. Acesso em: 23 ago. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA (Inmetro). **Normas Técnicas e Regulamentações sobre Segurança Elétrica**. Disponível em: <https://www.inmetro.gov.br>. Acesso em: 23 ago. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA (Inmetro). **Segurança em Caldeiras e Vasos de Pressão: Diretrizes e Regulações.**

Disponível em: <https://www.inmetro.gov.br>. Acesso em: 23 ago. 2024.

JORNAL DO BRASIL. **A Indústria de Hidrogênio Verde e a Aplicação das Normas de Segurança.** Disponível em: <https://www.jb.com.br>. Acesso em: 23 ago. 2024.

JORNAL DO BRASIL. **Segurança na Indústria de Hidrogênio: Conformidade com a NR13 e Outros Regulamentos.** Disponível em: <https://www.jb.com.br>. Acesso em: 23 ago. 2024.

MAIA, M. C.; ARAÚJO, J. S. **Gestão de Riscos em Equipamentos de Pressão: Aplicação da NR13 em Tecnologias Emergentes.** Engenharia de Segurança no Trabalho, v. 15, n. 4, p. 77-90, 2023.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO (MTE). **Norma Regulamentadora nº 10 (NR10) - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade.** Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/servicos/consultar-norma-regulamentadora-nr10>. Acesso em: 23 ago. 2024.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO (MTE). **Norma Regulamentadora nº 13 (NR13) - Caldeiras, Vasos de Pressão e Tubulações.** Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/servicos/consultar-norma-regulamentadora-nr13>. Acesso em: 23 ago. 2024.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO (MTE). **Norma Regulamentadora nº 35 (NR35) - Trabalho em Altura.** Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/servicos/consultar-norma-regulamentadora-nr35>. Acesso em: 23 ago. 2024.

SANTOS, L. A.; MOREIRA, C. P. **Segurança em Trabalhos em Altura na Instalação de Sistemas de Energia Renovável.** Engenharia de Segurança no Trabalho, v. 17, n. 2, p. 103-118, 2022.

SENAI. **Segurança em Caldeiras e Vasos de Pressão: NR13.** Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. Disponível em: <https://www.senai.br>. Acesso em: 23 ago. 2024.

SENAI. **Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade: NR10.** Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. Disponível em: <https://www.senai.br>. Acesso em: 23 ago. 2024.

SENAI. **Segurança em Trabalho em Altura: NR35**. Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. Disponível em: <https://www.senai.br>. Acesso em: 23 ago. 2024.

SILVA, J. C.; OLIVEIRA, F. A. **Desafios Regulatórios e Tecnológicos na Indústria do Hidrogênio Verde**. Journal of Clean Energy Technologies, v. 11, n. 2, p. 102-114, 2023.

SILVA, R. C. **Normas de Segurança para Equipamentos de Pressão na Indústria de Energias Renováveis**. Revista Brasileira de Engenharia e Segurança, v. 18, n. 3, p. 89-104, 2022.

SILVA, R. S. **Hidrogênio Verde e Segurança Elétrica: Desafios e Oportunidades**. Revista Brasileira de Energias Renováveis, v. 15, n. 4, p. 78-92, 2022.