

Instalação de energia eólica em residências: normas de segurança e análise de riscos de sistema de geração de energia eólica residencial.

Installation of wind energy in homes: safety standards and risk analysis of residential wind energy generation systems.

Siderlei Celio Oliveira¹
Isabela Alves de Almeida²
Ângelo Antônio Reis³

RESUMO

A energia eólica tem se consolidado como uma alternativa viável e sustentável para suprir a demanda energética de residências, especialmente em regiões com ventos constantes. Este artigo aborda os aspectos técnicos e práticos da instalação de sistemas de energia eólica em residências, mas visa estudar e identificar os riscos envolvidos no processo de instalação do sistema de geração de energia eólica aditivo conectado à rede. A ferramenta 5W2H e Análise de Modos de Falha e Efeitos (AMFE) são aplicadas neste estudo com o objetivo de identificar os riscos envolvidos no processo de instalação do sistema. Também são abordados os principais elementos do sistema como: Dimensionamento de baterias, escolha de inversores, altura de instalação dos aerogeradores e análise das normas de segurança aplicáveis. A pesquisa tem como objetivo verificar a viabilidade técnica e econômica da energia eólica residencial e propor um modelo eficiente de integração entre o sistema eólico e as redes domésticas. As principais conclusões sugerem que, embora a energia eólica seja promissora, o sucesso da implementação depende de fatores regionais, além de um planejamento adequado e conformidade com as normas de segurança.

Palavras-chave: Segurança, Energia eólica, Geração distribuída, Riscos, AMFE, 5W2H.

ABSTRACT

¹ E-mail: siderleicelio@hotmail.com

² E-mail: isabela.engproducao@gmail.com

³ Instituto Federal de Minas Gerais, Av. Minas Gerais, 5189, Bairro Ouro Verde – Governador Valadares, MG. E-mail: angelo.reis@ifmg.edu.br

Wind energy has become a viable and sustainable alternative to meet the energy demand of homes, especially in regions with consistent winds. This article addresses the technical and practical aspects of installing wind energy systems in homes, but aims to study and identify the risks involved in the installation process of an additive wind energy generation system connected to the grid. The 5W2H tool and Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) are applied in this study to identify the risks involved in the system installation process. The main system elements are also addressed, such as: battery sizing, inverter selection, installation height of wind turbines, and analysis of applicable safety standards. The research aims to verify the technical and economic viability of residential wind energy and propose an efficient model for integrating the wind system with domestic grids. The main conclusions suggest that, although wind energy is promising, the success of its implementation depends on regional factors, as well as adequate planning and compliance with safety standards.

Keywords: Security, Wind energy, Distributed generation, Risks, AMFE, 5W2H.

INTRODUÇÃO

O Brasil é hoje o 6º maior produtor de energia eólica do mundo, com capacidade instalada superior a 34,5 GW em 2025, distribuídos em mais de 1.000 parques eólicos. A fonte responde por aproximadamente 16,5% da matriz elétrica brasileira, com forte presença no Nordeste, região responsável por mais de 85% da produção nacional. E a energia eólica foi responsável por 50% das novas adições de capacidade de geração elétrica no Brasil em 2022 (ABEEÓLICA, 2025). Sendo os estados do Nordeste, como Rio Grande do Norte, Bahia, Piauí, e Ceará, são os maiores produtores de energia eólica no Brasil, devido às suas condições climáticas favoráveis. Sendo que o Rio Grande do Norte é o maior produtor de energia eólica, contribuindo com mais de 10 GW para a capacidade total do país (Portal Solar, 2024).

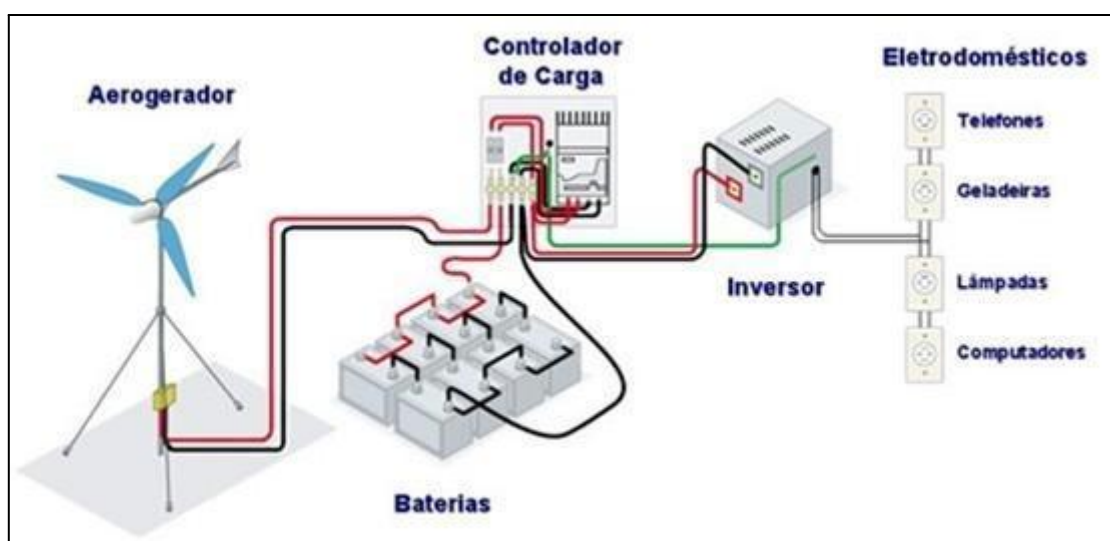
O potencial técnico do país é estimado em mais de 700 GW apenas em terra (*onshore*), podendo ultrapassar 1.200 GW com projetos (*offshore*). Projeções indicam que a energia eólica poderá representar mais de 22% da matriz elétrica até 2030, consolidando o Brasil como potência em energias renováveis (EPE, 2025).

Os dados confirmam que a energia eólica é uma das fontes mais promissoras de energia renovável, especialmente para áreas com ventos constantes. A instalação de um sistema de energia eólica em uma residência pode reduzir a dependência da rede elétrica e promover a sustentabilidade. No entanto, a viabilidade técnica e econômica depende de uma série de fatores, como a localização, a intensidade e a frequência do vento, bem como o consumo energético da residência.

O sistema de energia eólica tem os principais componentes ilustrados abaixo que podem em distintas condições de engenharia e fatores ambientais visar a maior eficiência: O aerogerador é o componente principal de um sistema de energia eólica, responsável pela conversão da energia cinética do vento em energia mecânica e, posteriormente, em energia elétrica. Ele é composto por uma torre, pás, e um rotor. O vento faz com que as pás girem, movendo o rotor, que está conectado a um gerador elétrico. Dependendo da configuração do sistema, o aerogerador pode gerar corrente alternada (CA) ou corrente contínua (CC).

- Geradores de Corrente Alternada (AC): Utilizados para sistemas que se conectam diretamente à rede elétrica. Esses geradores produzem energia que é transformada em eletricidade de corrente alternada, compatível com a rede de distribuição.
- Geradores de Corrente Contínua (CC): São usados em sistemas que requerem armazenamento de energia em baterias. A eletricidade gerada é convertida em corrente contínua, que é mais adequada para armazenamento em baterias.

Figura 1: Sistema elétrico eólico residencial.



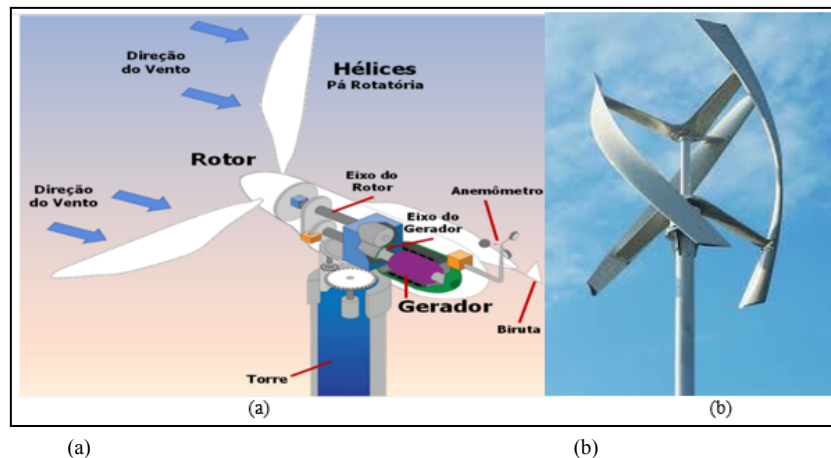
Fonte: Vian *et al*, 2021.

Tipos de Aerogeradores:

Aerogeradores de Eixo Horizontal: São os mais comuns e eficientes, especialmente em áreas com ventos constantes e fortes. A turbina é montada no topo de uma torre alta, e o eixo de rotação é horizontal (figura 2a).

Aerogeradores de Eixo Vertical: Mais raros, são usados em ambientes urbanos ou em locais com ventos turbulentos e variáveis. Eles podem capturar o vento de qualquer direção, mas geralmente são menos eficientes (figura 2b).

Figura 2: (a) Turbina eólica Eixo Horizontal e (b) Turbina eólica Eixo Vertical.



Fonte: (a) e (b) NEVES, 2024.

Intensidade e Frequência do Vento Necessária

A eficiência de um sistema de energia eólica depende significativamente da intensidade e frequência do vento no local de instalação. Para sistemas residenciais, é recomendado que a velocidade média do vento seja de pelo menos 5 metros por segundo (m/s). Ventos consistentes na faixa de 5 a 8 m/s são ideais para a maioria dos geradores eólicos domésticos, garantindo uma produção de energia eficiente e constante (Vian *et al.*, 2021). A frequência do vento também é importante, pois ventos que são menos frequentes, mas de alta velocidade, podem não ser tão eficazes quanto ventos constantes de velocidade moderada. Pode-se pesquisar em sites como INMET: Instituto Nacional de Meteorologia, ou Clima Tempo entre outros, para saber a velocidade do vento em sua localidade.

Altura de Posicionamento do Aerogerador

A altura do posicionamento do aerogerador é crucial para maximizar a captação de energia eólica. Para sistemas residenciais, recomenda-se que o aerogerador seja instalado a uma altura mínima de 10 metros acima de qualquer obstrução dentro de um raio de 100 metros. Geralmente, uma altura de 15 a 30 metros é considerada ideal para garantir uma captura eficaz do vento e minimizar as turbulências causadas por obstáculos como árvores e construções.

Escolha do Inversor

Ao escolher um inversor para energia eólica residencial, é essencial entender o papel fundamental que ele desempenha no sistema e as especificações que devem ser consideradas. O inversor é responsável por converter a corrente contínua (CC), gerada pela turbina eólica e armazenada nas baterias, em corrente alternada (CA), que é a forma de eletricidade usada para alimentar os eletrodomésticos e outros equipamentos em sua casa.

Existem três tipos principais de inversores adequados para sistemas de energia eólica residencial:

- 1) Inversores *off-grid* (fora da rede): São utilizados em sistemas de energia independentes, que não estão conectados à rede elétrica pública. Eles são combinados com baterias que armazenam a energia para uso posterior. Para instalações residenciais onde a casa é completamente desconectada da rede elétrica, esse tipo de inversor é ideal.
- 2) Inversores *grid-tie* (conectados à rede): Esses inversores permitem que a energia gerada pelo sistema eólico seja usada em conjunto com a eletricidade da rede elétrica pública. O excedente de energia gerada pode ser enviado de volta para a rede, resultando em créditos ou redução da conta de luz. É uma excelente opção para quem deseja aproveitar a energia eólica, mas ainda quer ter a segurança do fornecimento contínuo da rede.
- 3) Inversores híbridos: São capazes de funcionar tanto em sistemas *off-grid* quanto *grid-tie*. Eles permitem que a energia seja armazenada em baterias, mas também podem fornecer eletricidade para a rede elétrica pública, caso necessário. Essa opção oferece flexibilidade para o uso residencial, podendo ser utilizada em diferentes cenários.

Ao selecionar um inversor para seu sistema de energia eólica residencial, considere os seguintes fatores:

- Potência nominal: O inversor deve ter uma potência nominal que corresponda à capacidade do seu sistema eólico. É crucial que o inversor seja capaz de lidar com a quantidade de energia gerada pela turbina e pelas baterias. Um sistema residencial típico pode variar entre 1 kW e 10 kW.
- Tensão de entrada e saída: A tensão de entrada do inversor deve ser compatível com a saída da turbina eólica (corrente contínua). A maioria dos sistemas residenciais opera com tensões de entrada entre 12V, 24V ou 48V. Para a saída de corrente alternada, deve ser compatível com a rede local, normalmente 110V ou 220V.
- Eficiência do inversor: Um inversor de alta eficiência garantirá que a maior parte da energia gerada seja convertida em eletricidade utilizável, reduzindo perdas. A eficiência costuma variar entre 90% e 98%.
- Certificação e segurança: O inversor deve seguir as normas de segurança elétrica aplicáveis, como as normas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). É essencial escolher um modelo que ofereça proteção contra sobrecargas, curtos-circuitos e sobretensões, garantindo a segurança do sistema.
- Compatibilidade com baterias: Se o seu sistema utiliza baterias para armazenar energia, o inversor deve ser compatível com o tipo de bateria escolhido. Sistemas mais comuns utilizam baterias de chumbo-ácido ou de íon-lítio.
- Monitoramento e controle: Muitos inversores modernos oferecem sistemas de monitoramento digital que permitem controlar a produção de energia e o desempenho do sistema por meio de aplicativos ou interfaces online.

Figura 3: controlador inversor.



Fonte: datasonic, 2026.

Deve-se dimensionar para um sistema residencial de energia eólica a capacidade das “bancas” de baterias, pois são componentes essenciais que armazenam a energia gerada. A escolha da bateria depende de vários fatores, incluindo a capacidade de armazenamento (medida em ampère-hora, Ah) e a tensão nominal (medida em volts, V). Essencialmente o dimensionamento está correlacionado com a capacidade total de armazenamento necessária com base no consumo médio diário de energia da residência.

Lembra-se sempre que a instalação de sistemas de energia eólica deve seguir rigorosamente as Normas Regulamentadoras (NRs) do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) para garantir a segurança dos trabalhadores e a conformidade com a legislação vigente. Entre as normas destacamos a NR 10: Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade, NR 12: Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos, NR 35: Trabalho em Altura.

OBJETIVOS

A crescente busca por fontes de energia renovável tem levado muitos proprietários de residências a considerarem a instalação de sistemas de energia eólica. Este movimento é impulsionado pela necessidade de reduzir a dependência de combustíveis fósseis e mitigar os impactos ambientais, especialmente em relação às mudanças climáticas. Além de ser uma fonte limpa e sustentável, a energia eólica pode reduzir significativamente os custos de eletricidade. Assim, este artigo tem como objetivo discutir os aspectos técnicos da instalação de energia eólica em residências, apresentar o sistema e dimensionamento para instalação e quais componentes do sistema são necessários para garantir um funcionamento que atenda às necessidades elétricas de uma residência, com qualidade e segurança. Sendo destacado também as normas de segurança que regem a instalação e manuseio do sistema eólico, com intuito de minimizar os riscos de acidentes. Segundo Kurata (2016), o autor ressalta riscos relacionados ao serviço com eletricidade, ao trabalho em altura, riscos presentes no local da instalação, além de riscos ergonômicos e ocupacionais aos quais estão expostos os profissionais instaladores de energia elétrica renovável.

METODOLOGIA

A pesquisa adotou abordagem qualitativa, com revisão bibliográfica em fontes atualizadas. Foram consultados relatórios da Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2025), Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica, 2025), Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2025) e International Renewable Energy Agency (IRENA, 2025). Também foram analisadas normas da ABNT e NRs do Ministério do Trabalho e Emprego (NR 10, NR 12, NR 35), além da NBR 5410 (instalações elétricas de baixa tensão).

E a elaboração do desenvolvimento das ferramentas de gerenciamento de risco dessa pesquisa sobre a utilização da energia eólica e de como se dá a instalação de um sistema de geração de tal tipo de energia. Foi apresentada também, a bibliografia a respeito da metodologia de gestão de riscos, e as ferramentas AMFE e 5W2H.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A instalação de um sistema de energia eólica requer um planejamento cuidadoso e a contratação de profissionais qualificados. A manutenção regular do sistema é igualmente importante para garantir a eficiência e a longevidade do equipamento. Deve-se seguir as diretrizes do fabricante e as regulamentações locais para inspeções periódicas e reparos. E para auxiliar na correta identificação, análise, avaliação e tratamento dos riscos, Muniz (2017) ressalta que existem ferramentas e técnicas que podem ser aplicadas, cada qual com suas particularidades em relação à abordagem dos riscos. Para cada processo específico, deve-se avaliar e escolher a melhor ferramenta conforme os recursos disponíveis e objetivos requeridos (MUNIZ, 2017). De Cicco e Fantazzini (2003) apresentam algumas ferramentas utilizadas para análise de riscos: Série de Riscos, Análise Preliminar de Riscos (APR), Análise de Modos de Falha e Efeitos (AMFE), Técnica de Incidentes Críticos (TIC) e Análise de Árvores de Falha (AAF).

Para tal, devemos seguir algumas etapas. Primeiro, deve-se realizar um estudo de viabilidade, considerando a intensidade e a frequência dos ventos na região. Após isso, a escolha do tipo de turbina eólica é crucial, optando por modelos adequados ao espaço disponível e à demanda energética. A instalação deve seguir normas técnicas, como a NR 10, que estabelece diretrizes para sistemas de geração de energia elétrica a partir do vento. É importante garantir que a turbina esteja fixada em uma base sólida e que sua altura seja adequada para maximizar a captação de vento.

O Quadro 1 apresenta um modelo para aplicação da ferramenta AMFE, sendo que a categoria de risco deve ser preenchida conforme o Quadro 2.

Quadro 1 - Cabeçalho da ferramenta AMFE

Atividade	Falha	Causa da falha	Efeito da falha	Categoria de risco	Ações recomendadas
Qual atividade está sendo analisada?	Quais falhas podem ocorrer, impedindo a execução da atividade?	Quais poderiam ser as causas da falha?	Que efeitos tem este tipo de falha?	Classificação, conforme Quadro 2.	Quais ações são recomendadas para evitar que a falha aconteça?

Fonte: Adaptado de (TOLEDO; AMARAL, 2006).

Quadro 2 - Classificação da severidade dos efeitos

Categoria de severidade dos efeitos		
IV	Catastrófica	Morte, incapacidade permanente total, perda do equipamento/instalações, danos graves ao meio ambiente (não recuperável), perda financeira elevada, danos elevados à imagem da empresa.
III	Crítica	Lesões graves com incapacidade parcial grave, perda parcial do equipamento, danos sérios às instalações, grandes perdas financeiras, danos sérios ao meio ambiente.
II	Marginal	Lesões com incapacidade parcial leve, danos leves aos equipamentos e instalações, danos ao meio ambiente facilmente recuperável, perdas financeiras indiretas e pequenas.
I	Desprezível	Lesões leves (tratamento médico e retorno imediato ao trabalho), danos leves aos equipamentos, não prejudicial ao meio ambiente.

Fonte: (DE CICCIO; FANTAZZINI, 2003).

Quadro 3- Ferramenta 5W2H

What?	Why?	Where?	When?	Who?	How?	How much?
Definição	Justificativa	Localização	Tempo	Responsabilidade	Método	Custos
O que será feito?	Por que essa ação será realizada?	Onde cada tarefa será executada?	Quando cada uma das tarefas deverá ser executada?	Quem realizará as tarefas?	Como será realizada cada ação?	Quanto custará cada ação?

Fonte: Adaptado de (MENEZES, 2013).

Em seguida, o Quadro 4 apresenta a aplicação da ferramenta AMFE para identificação dos riscos no sistema analisado em detalhamento de procedimentos de instalação um ambiente residencial unifamiliar.

Quadro 4 - AMFE do processo de instalação do sistema de geração de energia eólica.

AMFE - Análise do Tipo e Efeito da Falha Processo: Instalação de sistema de geração de energia eólica conectado à rede de residências unifamiliares					
Atividade	Falha	Causa da falha	Efeito da falha	Categoria de risco	Ações recomendadas
Chegada ao local da instalação	Exposição à radiação UV	Exposição excessiva ao sol	Exaustão pelo calor, insolação, desidratação, desmaio, câncer de pele, queimaduras	II	Fornecer abrigo do sol; pausa para descanso, fornecer e utilizar Equipamento de Proteção Individual (EPI) adequado, como protetor solar e óculos de proteção; orientar, fiscalizar o uso e inspecionar os EPI; realizar o serviço em períodos de baixa incidência solar.
	Queda de altura	Falta, mau uso ou falha dos equipamentos de proteção; rompimento mecânico de ancoragem ou estrutura torre devido à fragilidade da estrutura, aos danos ou ao excesso de carga; superfície escorregadia	Quebra de membros, lesões, óbito, danos materiais	IV	Disponibilizar plataformas elevatórias móveis e andaimes; fornecer e utilizar EPI adequado, como cinturão de segurança e trava quedas; orientar, fiscalizar o uso e inspecionar os EPI; instalar proteção contra quedas; sinalizar o ambiente; verificar as condições estruturais da montagem da torre; treinamento em NR 35.
Instalação dos perfis de fixação da base e montagem dos perfis de sustentação da turbina	Queda de materiais e ferramentas	Acomodação inadequada dos materiais na área de risco de montagem da torre; falta de atenção	Danos materiais, acidente envolvendo terceiros	III	Instalar proteção contra projeção de objetos; sinalizar o ambiente; atenção ao serviço.
	Queda de altura	Falta, mau uso ou falha dos equipamentos de proteção devido à fragilidade da estrutura, aos danos ou ao excesso de carga; superfície escorregadia	Quebra de membros, lesões, óbito, danos materiais	IV	Disponibilizar plataformas elevatórias móveis e andaimes; fornecer e utilizar EPI adequado, como cinturão de segurança e trava quedas; orientar, fiscalizar o uso e inspecionar os EPI; instalar proteção contra quedas; sinalizar o ambiente; verificar as condições estruturais; treinamento em NR 35.
	Ruído excessivo	Equipamentos em mau estado de conversação	Perda/ diminuição da audição; dor de cabeça; irritabilidade.	III	Fornecer e utilizar EPI adequado: protetor auditivo; orientar, fiscalizar o uso e inspecionar os EPI; conferência dos equipamentos utilizados.

Fonte: Os autores (2026).

(continua)

(continuação)

AMFE - Análise do Tipo e Efeito da Falha					
Processo: Instalação de sistema de geração de energia eólica conectado à rede de residências unifamiliares					
Atividade	Falha	Causa da falha	Efeito da falha	Categoria de risco	Ações recomendadas
Instalação da turbina eólica	Contato com condutor energizado	Falta de atenção; manuseio incorreto; equipamentos elétricos em mau estado de conservação	Choque elétrico; eletrocussão; queimaduras; óbito; danos materiais	IV	Fornecer e utilizar EPI adequado, como luvas isolantes e vestimenta de proteção; orientar, fiscalizar o uso e inspecionar os EPI; utilizar ferramentas adequadas; atenção ao serviço; inspecionar os equipamentos utilizados; cobrir os painéis para que não gerem energia; treinamento em NR 10.
	Queda de altura	Falta, mau uso ou falha dos equipamentos de proteção; rompimento mecânico do telhado devido à fragilidade da estrutura, aos danos ou ao excesso de carga; superfície escorregadia	Quebra de membros; lesões; óbito; danos materiais	IV	Disponibilizar plataformas elevatórias móveis e andaimes; fornecer e utilizar EPI adequado, como cinturão de segurança e trava quedas; orientar, fiscalizar o uso e inspecionar os EPI; instalar proteção contra quedas; sinalizar o ambiente; verificar as condições estruturais do telhado; treinamento em NR 35; utilizar passarela para telhados.
	Queda de materiais e ferramentas	Acomodação inadequada dos materiais no telhado; falta de atenção	Danos materiais, acidente envolvendo terceiros	III	Instalar proteção contra projeção de objetos; sinalizar o ambiente; atenção ao serviço.
	Exposição à radiação UV	Exposição excessiva ao sol	Exaustão pelo calor, insolação, desidratação, desmaio, câncer de pele, queimaduras.	II	Fornecer abrigo do sol; pausa para descanso, fornecer e utilizar EPI adequado como protetor solar e óculos de proteção; orientar, fiscalizar o uso e inspecionar os EPI; realizar o serviço em períodos de baixa incidência solar.

Fonte: Os autores (2026).

(continua)

(continuação)

AMFE - Análise do Tipo e Efeito da Falha					
Processo: Instalação de sistema de geração de energia solar eólica conectado à rede de residências unifamiliares					
Atividade	Falha	Causa da falha	Efeito da falha	Categoria de risco	Ações recomendadas
Aterramento e instalação elétrica do sistema	Acidente com ferramentas manuais e elétricas	Falta de atenção; manuseio incorreto; ferramentas em mau estado de conservação; choque elétrico	Cortes, perfurações, queimaduras.	III	Fornecer e utilizar EPI adequado como luvas e óculos de proteção; orientar, fiscalizar o uso e inspecionar os EPI; atenção ao serviço; conferir os equipamentos utilizados.
Instalação do inversor e string box	Contato com condutor energizado	Falta de atenção, manuseio incorreto; equipamentos elétricos em mau estado de conservação	Choque elétrico; eletrocussão; queimaduras; óbito; danos materiais	IV	Fornecer e utilizar EPI adequado como luvas isolantes e vestimenta de proteção; orientar, fiscalizar o uso e inspecionar os EPI; utilizar ferramentas adequadas; atenção ao serviço; inspecionar os equipamentos utilizados; desligar instalações elétricas e mantê-las desenergizadas até o fim do trabalho; treinamento em NR 10.
	Exposição à radiação UV	Exposição excessiva ao sol	Exaustão pelo calor; insolação; desidratação; desmaio; câncer de pele; queimaduras.	II	Fornecer abrigo do sol; pausa para descanso; fornecer e utilizar EPI adequado, como protetor solar e óculos de proteção; orientar, fiscalizar o uso e inspecionar os EPI; realizar o serviço em períodos de baixa incidência solar.
	Contato com condutor energizado	Falta de atenção, manuseio incorreto; equipamentos elétricos em mau estado de conservação	Choque elétrico; eletrocussão; queimaduras; óbito; danos materiais	IV	Fornecer e utilizar EPI adequado como luvas isolantes e vestimenta de proteção; orientar, fiscalizar o uso e inspecionar os EPI; utilizar ferramentas adequadas; atenção ao serviço; inspecionar os equipamentos utilizados; desligar instalações elétricas e mantê-las desenergizadas até o fim do trabalho; treinamento em NR 10.

Fonte: Os autores (2026).

(continua)

(continuação)

AMFE - Análise do Tipo e Efeito da Falha					
Processo: Instalação de sistema de geração de energia solar eólica conectado à rede de residências unifamiliares					
Atividade	Falha	Causa da falha	Efeito da falha	Categoria de risco	Ações recomendadas
Instalação do inversor e <i>string</i> box	Ruído excessivo	Equipamentos em mau estado de conservação	Perda/ diminuição da audição; dor de cabeça; irritabilidade.	III	Fornecer e utilizar EPI adequado: protetor auditivo; orientar, fiscalizar o uso e inspecionar os EPI; inspeção dos equipamentos utilizados.
	Acidente com ferramentas manuais e elétricas	Falta de atenção; manuseio incorreto; ferramentas em mau estado de conservação; choque elétrico	Cortes; perfurações; queimaduras.	III	Fornecer e utilizar EPI adequado, como luvas e óculos de proteção; orientar, fiscalizar o uso e inspecionar os EPI; atenção ao serviço; conferir os equipamentos utilizados.
Comissionamento	Contato com condutor energizado	Falta de atenção; manuseio incorreto; equipamentos elétricos em mau estado de conservação	Choque elétrico; eletrocussão; queimaduras; óbito; danos materiais	IV	Fornecer e utilizar EPI adequado, como luvas isolantes e vestimenta de proteção; orientar, fiscalizar o uso e inspecionar os EPI; utilizar ferramentas adequadas; atenção ao serviço; inspecionar os equipamentos utilizados; treinamento em NR 10.
	Queda de altura	Falta, mau uso ou falha dos equipamentos de proteção; rompimento mecânico da torre devido à fragilidade da estrutura ou montagem incorreta, aos danos ou ao excesso de carga; superfície escorregadia	Quebra de membros; lesões; óbito; danos materiais	IV	Disponibilizar plataformas elevatórias móveis e andaimes; fornecer e utilizar EPI adequado, como cinturão de segurança e trava quedas; orientar, fiscalizar o uso e inspecionar os EPI; instalar proteção contra quedas; sinalizar o ambiente; verificar as condições estruturais do telhado; treinamento em NR 35; utilizar passarela para telhados.
Conexão do sistema à rede pública de energia	Contato com condutor energizado	Falta de atenção; manuseio incorreto; equipamentos elétricos em mau estado de conservação	Choque elétrico; eletrocussão; queimaduras; óbito; danos materiais	IV	Fornecer e utilizar EPI adequado, como luvas isolantes e vestimenta de proteção; orientar, fiscalizar o uso e inspecionar os EPI; utilizar ferramentas adequadas; atenção ao serviço; inspecionar os equipamentos utilizados; desligar as instalações elétricas e mantê-las desenergizadas até o fim do trabalho; treinamento em NR 10.

Fonte: Os autores (2026).

As ações identificadas para cada falha são recomendadas com base nas suas causas. A execução das mesmas objetiva minimizar e, até mesmo, eliminar as potenciais causas dos acidentes. O Quadro 5 mostra o plano de ação elaborado para instalação do sistema de geração de energia eólica, através da aplicação da ferramenta 5W2H.

Quadro 5 – Plano de Ação: aplicação da ferramenta 5W2H na instalação do sistema de geração de energia solar fotovoltaica.

O quê?	Por quê?	Como?	Onde?	Quem?	Quando?
Fornecer EPI adequado, orientar, fiscalizar o uso e inspecionar os EPI	Proteger o trabalhador contra os riscos presentes no ambiente de trabalho	Treinamentos e fornecimento dos EPI, fiscalização e inspeção dos mesmos durante o uso	No local da instalação e na empresa	Empresa, supervisor do projeto (obra/ instalação)	Periodicamente e em qualquer fase da instalação
Utilizar os EPI	Proteger o trabalhador contra os riscos presentes no ambiente de trabalho	Conforme definição da empresa, com base na NR 06	No local da instalação	Trabalhador	Durante todo o processo de instalação
Disponibilizar plataformas elevatórias móveis de trabalho e andaimes	Facilitar o acesso e mobilidade seguros do trabalhador em altura	Contratar empresa especializada em montagem de plataformas móveis	No local da instalação	Empresa, supervisor do projeto (obra/ instalação)	Previamente ao trabalho em altura
Instalar proteção contra queda de trabalhadores	Prevenir a queda de objetos e pessoas	Sistema de ancoragem linha de vida; rede de segurança; bandeja de proteção	No local da instalação	Projetado e instalado por profissionais legalmente habilitados	Previamente ao trabalho em altura
Desenergizar as instalações elétricas e mantê-las desenergizadas até a conclusão do trabalho	Proteger contra acidentes envolvendo eletricidade	Desligar o disjuntor geral e instalar sinalização de impedimento de reenergização	No local da instalação	O trabalhador autorizado a intervir em instalações elétricas	Antes de começar a instalação elétrica dos equipamentos

Fonte: Os autores (2026).

CONCLUSÃO

A instalação de sistemas de energia eólica em residências representa não apenas uma alternativa sustentável, mas também uma estratégia viável para promover a autonomia energética em um cenário de crescente demanda por fontes renováveis. A análise detalhada dos componentes do sistema, como aerogeradores, inversores e baterias, aliada ao rigoroso cumprimento das normas de segurança, é fundamental para garantir a eficiência e a durabilidade do sistema.

O dimensionamento adequado e a escolha dos equipamentos certos são determinantes para maximizar a produção de energia eólica, especialmente em regiões onde os ventos são constantes e previsíveis. Este estudo também destaca a importância da manutenção regular e do planejamento meticuloso na instalação, que devem ser realizados por profissionais qualificados para evitar riscos à segurança e à integridade do sistema. A partir da análise realizada através da aplicação da ferramenta AMFE, pode-se perceber a complexidade do processo analisado, no que se refere à saúde e segurança do trabalhador, pois parte do processo de instalação do sistema de geração de energia elétrica eólica é realizado por meio de trabalhos em altura e envolvendo serviços de contato com instalações elétricas, cujas ações recomendadas não devem ser negligenciadas.

Além de reduzir a dependência de fontes fósseis, a energia eólica residencial contribui para a mitigação das mudanças climáticas e oferece uma solução econômica em longo prazo, com potencial de reduzir significativamente os custos com eletricidade. Assim, à medida que a conscientização sobre as questões ambientais cresce, é crucial que o desenvolvimento de projetos de energia eólica se torne uma prioridade nas políticas energéticas e habitacionais do Brasil.

Portanto, a transição para uma matriz energética mais limpa e sustentável depende não apenas de inovações tecnológicas, mas também do compromisso coletivo em adotar práticas que respeitem as normas de segurança e promovam a eficiência energética em nossos lares.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEEÓLICA – Associação Brasileira de Energia Eólica. Dados e Estatísticas do Setor Eólico no Brasil. 2025. Disponível em: <https://abeeolica.org.br/>. Acesso em: 20 set. 2025.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Boletim de Geração Renovável. Brasília, 2025. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/>. Acesso em: 20 set. 2025.

ASSIS, De Anderson. **A ENERGIA EÓLICA PARA O CONSUMO RESIDENCIAL**. Conclusão de curso. Universidade Federal do Paraná. Curitiba; 2015. Disponível em: <<https://acervodigital.ufpr.br/xmlui/bitstream/handle/1884/43943/R%20-%20E%20-%20ANDERSON%20DE%20ASSIS.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 27 set. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro, 2004.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR 10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade. Portaria n.º 3.214, de 8 de junho de 1978. Disponível em: <<https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/norma-regulamentadora-no-10-nr-10>>. Acesso em: 31 ago. 2024.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR 12 – Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos. Portaria n.º 3.214, de 8 de junho de 1978. Disponível em: <<https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/norma-regulamentadora-no-12-nr-12>>. Acesso em: 31 ago. 2024.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR 35 – Trabalho em Altura. Portaria n.º 3.214, de 8 de junho de 1978. Disponível em: <<https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/norma-regulamentadora-no-35-nr-35>>. Acesso em: 31 ago. 2024.

Datasonic. **Sistema de Geração Eólica de Energia com Aerogerador, Controlador e Inversor Deming**, Modelo:DMWT-5KW / FKJ-GT-5KW / DMWG-5KD. Disponível em: <<https://datasonic.com.br/sistema-geracao-eolica-energia-aerogerador-controlador-inversor-deming/>>. Acesso em: 20 out. 2025.

DE CICCIO, Francesco. FANTAZZINI, Mario L. **Tecnologias consagradas de gestão de risco**. Risk Tecnologia Editora LTDA. 2003.

Energia eólica: fundamentos, tecnologia e aplicações / Ângelo Vian, Carlos Márcio Vieira Tahan, Guido Javier Rostegui Aguilar, Marcos Roberto Gouvea, Matheus Mingatos Fernandes Gemignani -- São Paulo: Blucher, 2021.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. Plano Decenal de Expansão de Energia 2025-2035. Brasília: EPE, 2025.

KURATA, Marcos E. H. **Análise de riscos em instalações de sistemas fotovoltaicos**. 2016. 67 f. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do trabalho)– Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2016. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/14907/1/CT_CEEST_XXXI_2016_15.PDF>. Acesso em 08 dez. 2024.

MENEZES, Felipe M. **MASP Metodologia de Análise e Solução de Problemas**. Apostila: Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. Porto Alegre, 2013. Disponível em: <http://static.sapucaia.ifsul.edu.br/professores/eveline/EST.%20QUAL.%20-%20T%C3%89C.%20PL%C3%81ST/2%C2%B0Sem/Apostila%20MASP_PORTUGU%C3%8AS.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2025.

MUNIZ, Rodrigo C. **A análise de risco aplicada a gestão da qualidade em processos produtivos de uma indústria de blocos de concreto**. 2017. 139 f. Monografia (Engenharia Civil)– Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro 2017. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10021830.pdf>>. Acesso em: 08 mar. 2024.

NEVES, Rafael. Grupo de Sistemas Elétricos de Potência Integrados (G-SEPi). **Novo-panorama-das-energias-renovaveis-desenvolvimento-da-energia-eolica-tanto-em-ramos-industrias-quanto-residencial.** UFBA, Salvador 2026. Disponível em: <<https://www.gsepi.eng.ufba.br/novo-panorama-das-energias-renovaveis-desenvolvimento-da-energia-eolica-tanto-em-ramos-industrias-quanto-residencial/>>. Acesso em: 1 set. 2024.

Portal Solar. "Quais estados brasileiros produzem mais energia eólica e solar." Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/quais-estados-brasileiros-produzem-mais-energia-eolica-e-solar>>. Acesso em: 1 set. 2024.

TOLEDO, José C. de; AMARAL, Daniel C. **FMEA-Análise do Tipo e Efeito de falha.** Apostila: Grupo de Estudos e Pesquisa em Qualidade – UFSCar, 2006. Disponível em: <<http://www.gepeq.dep.ufscar.br/wp-content/arquivos/FMEA-APOSTILA.pdf> >. Acesso em: 22 nov. 2024.

VIAN, Angelo et al. Energia eólica: fundamentos, tecnologia e aplicações. São Paulo: Blucher, 2021. 146 p., il. col. ISBN 978-65-5550-072-1. Disponível em: <<https://biblioteca.aneel.gov.br/acervo/detalhe/240149/>>. Acesso em: 27 set. 2024.