

# PREVENÇÃO DE INCÊNDIOS EM TURBINAS EÓLICAS: CAUSAS E IMPACTOS, PERCEPÇÃO DOS ESPECIALISTAS, LACUNAS REGULATÓRIAS E SISTEMAS PREVENTIVOS

Alexander M. C. de Albuquerque <sup>1</sup>, André Saretta <sup>2</sup>

1 Diretoria Executiva - Industrial Solutions Brasil

2 Diretoria Operacional - Industrial Solutions Brasil

Rua Viaza, 374 - Sala 143B - Jardim Aeroporto - 04633-050 - São Paulo

Rua Vinte de Setembro, 87 - Azenha - 90130-090 - Porto Alegre

[alex.mathias@industrialsolutions.com.br](mailto:alex.mathias@industrialsolutions.com.br)

[andre.saretta@industrialsolutions.com.br](mailto:andre.saretta@industrialsolutions.com.br)

## RESUMO

Em todas as parte do mundo a prevenção a incêndios em naceles de aerogeradores é um grande desafio e, mesmo considerando que estes eventos sejam menos frequentes, são a segunda maior causa de acidentes em turbinas eólicas, responsáveis por aproximadamente 10% a 30% do total de sinistros registrados. São potencialmente danosos à vida, às estruturas e ecossistemas no entorno imediato e aos aspectos financeiros envolvendo seguros, indenizações, imagem pública e a própria continuidade operacional.

Os incêndios têm como causas principais os raios, falhas elétricas, mecânicas e de manutenção. As estatísticas sobre fogo em turbinas eólicas são escassas e não existe entidade responsável ou padronização internacional estabelecida para realizar registros consistentes, o que dificulta o levantamento de dados para o setor. Especialistas acreditam que o problema é bem maior do que os registros disponíveis apontam. Dados de fontes ligadas ao segmento validam o abismo entre a realidade e o que a própria indústria conhece, o que pode levar gestores de parques eólicos a subestimar o problema.

Com o controle e prevenção de incêndios nestes equipamentos ainda bastante dependentes de sistemas caros e opcionais, de eficiência questionável e manutenção trabalhosa, os riscos estão bem além do consenso.

Este trabalho pretende mostrar que a falta de informação prejudica o setor e que há alternativas preventivas para as quais o segmento começa a dirigir sua atenção.

**Palavras-Chave:** Incêndios em aerogeradores; Causas; Riscos; Custos; Prevenção.

## **1. INTRODUÇÃO**

Com uma capacidade atual de 14,71Gb, mais 4,33GW em construção, o Brasil deverá ter 19,04 GW até 2024, estimando um crescimento de cerca de 30% na matriz energética eólica em relação a 2018, completamente conectadas ao Sistema Interligado Nacional (SIN) [1]. Maior capacidade instalada significa mais turbinas eólicas, além do possível aumento de incidentes. Com os elementos básicos para o surgimento de chamadas presentes em confinamento no interior de nacelles, combustíveis, oxigênio e funcionamento em altas temperaturas, uma vez que a ignição ocorre, a reação humana para debelar o princípio de incêndio é bastante dificultada, devido à localização remota, altura das torres e o tempo de reação e deslocamento das brigadas de combate à incêndio. Isso torna o controle e monitoramento destes equipamentos de fundamental importância, mas os sistemas vigentes de detecção e prevenção ao fogo no segmento pouco evoluíram desde sua criação e ainda são caros e sujeitos a falhas.

As estatísticas sobre o tema não são abundantes, mas ainda assim pode-se afirmar, a partir dos relatos de especialistas e dos dados disponíveis em fontes dedicadas ao setor, que a realidade remete a um cenário mais sombrio, pois parte significativa das operadoras aparentemente não consegue realizar as manutenções de acordo com as indicações dos fabricantes, e falhas humanas potenciais agravam o problema. Estes fatores levam ao aumento de incidentes envolvendo fogo em turbinas eólicas com perdas potencialmente catastróficas, muitas das quais as seguradoras não cobrem.

Considerando-se lacunas de legislação e fiscalização específicas para prevenção contra incêndios em aerogeradores, o próprio segmento fica limitado no que diz respeito a informações críticas e fundamentais para tomada de decisões preventivas importantes. Estas lacunas devem ser preenchidas e os gestores do segmento precisam estar muito bem informados sobre todas as variáveis para saber quais decisões tomar na implementação de segurança preventiva a incêndios, evitando ou minimizando danos para manter seus parques com a máxima operacionalidade possível. Há um dispositivo de prevenção pouco difundido, de baixo custo e alto benefício, que o segmento começa a adotar.

## **2. OBJETIVO**

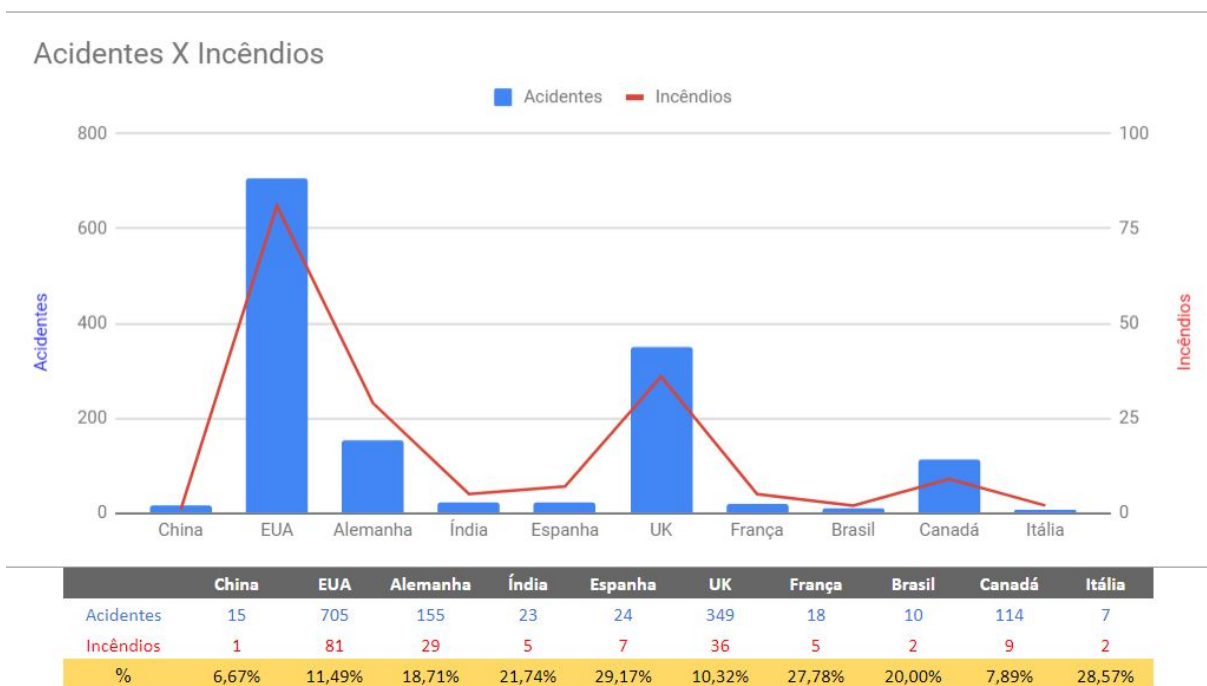
Este estudo tem como objetivo fornecer um panorama realista e válido para retratar alguns aspectos importantes no desafio ao entendimento dos problemas relativos a incidentes envolvendo fogo em turbinas eólicas, cobrindo outros riscos ligados à segurança geral do segmento, buscando uma maior aproximação com a realidade na identificação das atuais condições que o setor enfrenta com impacto na segurança e, em particular, na prevenção a incêndios em turbinas eólicas com dispositivos disruptivos.

Mais que um alerta para a inconsistência de dados globais e regionais disponíveis sobre o tema e os riscos que isto possa implicar, outro propósito desta pesquisa é chamar a atenção de operadoras, gestores e especialistas do setor a respeito de fatores fundamentais que podem passar despercebidos, comprometendo a plena compreensão do meio e desafios em que se inserem e, possivelmente, prejudicando tomadas de decisão mais adequadas à segurança de suas operações.

### 3. A REALIDADE, O QUE O SEGMENTO SABE E O QUE EFETIVAMENTE VEM A PÚBLICO

Considerando somente os 10 maiores países de acordo com a potência instalada, foi realizado um levantamento de acidentes reportados com destaque para quantos envolveram incêndios. O resultado pode ser visto no Gráfico 1 (países por ordem de potência instalada):

**Gráfico 1** - Acidentes X Incêndios por país de jan/2008 a dez/2018.



Fonte: Adaptado de CWIF [2].

De acordo com os dados registrados pela CWIF, o gráfico apresenta os EUA em primeira posição, totalizando 705 acidentes, dos quais 81 referentes a incêndios. Em segundo lugar, aparece o Reino Unido com 349 acidentes, sendo 36 com fogo. O Brasil aparece em nono lugar, somando 10 acidentes no total, sendo 2 incêndios [2; 3]. Percebe-se, portanto, que acidentes com fogo estão presentes entre os principais produtores dessa matriz, e que existem disparidades passíveis de questionamento nos resultados. Um exemplo é a possibilidade improvável de que a China, com a maior potência instalada do mundo, figure apenas no oitavo lugar quanto ao número de acidentes, com um total de 15 e sendo apenas 1 referente a incêndio. Já os EUA,

segundo colocado em potência instalada aparece na primeira colocação em números de acidentes gerais e também de incêndios. O fato de um país altamente desenvolvido como os EUA estar no topo da lista não significa que as condições de trabalho ou fiscalização não sejam respeitadas, restando como explicação mais provável que esta diferença se deve ao fato de que eles mantêm registros e controles mais consistentes sobre seus incidentes, manifestando maior comprometimento com a segurança e fiscalização de suas instalações, além da contribuição de uma liberdade de imprensa mais ampla.

Com mais informações que corroboram a inexistência de dados consistentes em relação aos incidentes com ou sem fogo no segmento, entre 2006 e 2010, a Renewable UK admitiu a ocorrência de 1.500 incidentes, dos quais somente 142 foram documentados na base de dados da CWIF no mesmo período. Isso implicaria que menos de 10% dos incidentes são registrados oficialmente ou publicamente reportados [4]. Uma publicação da Power Technology de 2018 aponta, somente em 2016, 737 incidentes em parques offshore majoritariamente operacionais no Reino Unido envolvendo resgates por equipes especializadas, contra apenas 4 registrados pela CWIF no mesmo período [3; 5]. Observe-se que o gráfico 1, mostrado acima, relata somente 349 acidentes na região em 10 anos, outro reforço ao argumento de que os registros disponíveis estão muito distantes da realidade.

Nos EUA, desde agosto de 2001, houve dúzias de incidentes catastróficos noticiados envolvendo fogo com diversas causas (arcos voltaicos e falhas elétricas, questões ligadas a falhas de manutenção e raios), todas resultando em perda total e danos ao entorno das turbinas [6].

Muitos especialistas acreditam que os registros disponíveis subestimam, de forma grosseira, a escala do problema, pois, enquanto incidentes significativos possam ser publicados por grandes grupos de mídia, os pequenos normalmente passam despercebidos do público, e não existe nenhuma norma, legislação ou organização encarregada de compilar estes dados. Estes pequenos incidentes podem não implicar em perdas totais, mas, com certeza, levam a prejuízos significativos com a interrupção das operações e custos de reparos [6].

O documento [7] reporta 9 incidentes relacionados a incêndios no período entre março/2009 a outubro/2016 em território brasileiro. Nenhum deles está apontado nos registros da CWIF usada como base para análise neste documento, que mostra 2 outros acidentes com fogo para o mesmo intervalo de tempo. Ao somarmos estes 9 incidentes ao gráfico 1 acima, temos o Brasil com aproximadamente 57% dos incidentes envolvendo fogo.

O Dr. Guillermo Rein do Departamento de Engenharia Mecânica da Imperial College no Reino Unido afirma:

“Fogo é um problema para a indústria, impactando na produção, economia e emissões tóxicas. Isso coloca uma sombra sobre as ‘credenciais verdes’ do segmento. Preocupantemente nosso relatório mostra que fogo é provavelmente um problema maior do que mostram os relatórios oficiais” [4].

Ele disse ao “Telegraph” em 2014 que acredita “ser responsabilidade da indústria” manter uma base de dados adequada e crê que ela própria se vê “surpreendida pela magnitude do problema” [4].

Sendo assim, a disparidade dos resultados observados leva à conclusão inequívoca de que os números apresentados pelo setor estão muito aquém da realidade.

#### **4. FALHAS DE MANUTENÇÃO**

De acordo com o engenheiro Roberval Luna da Silva:

“O desconhecimento dos técnicos em relação a materiais e suas propriedades físicas tem sido causa de diversos incêndios, da mesma forma que o uso de cigarros e fósforos e o desrespeito aos avisos de ‘não fumar’ já foi objeto de graves incidentes” [7].

Uma pesquisa informal realizada em aproximadamente 75 parques eólicos nos EUA descobriu que alarmantes 60% deles estavam atrasados com seus procedimentos de manutenção [8]. Essa constatação, num país reconhecido por sua eficiência na fiscalização e respeito a normas e procedimentos, projeta uma sombra sinistra em qualquer outro menos comprometido com regras.

Os fatos acima expostos corroboram os dados informados pelas seguradoras que reclamam de problemas no transporte, armazenamento e manutenção dos componentes de turbinas de vento e consideram o segmento um setor de risco, embora atraente. As operadoras deveriam contar com danos em suas instalações, exceto por falhas de funcionamento ou interrupções não cobertas por suas apólices, pelo menos uma vez a cada 4 anos, e atualmente as seguradoras tem o cuidado de inserir os termos de manutenção diretamente nas apólices, exigindo dos parques eólicos a troca de peças e componentes vulneráveis, como, por exemplo, as Gearboxes, a cada 5 anos [8].

Além disso, as análises de componentes condenados realizadas posteriormente às suas falhas revelaram que as forças suportadas pelas Gearboxes são muito maiores que as originalmente antecipadas, com velocidades e mudanças aleatórias na direção dos ventos e suas rajadas imprimindo esforços de magnitude além do

normalmente calculado nos projetos [8]. Está claro, portanto, que o cuidado com inspeções e manutenção exige mais cautela e frequência do que prevêm os manuais de operação e o conhecimento tácito disponível no qual o setor se baseia para seus planos de manutenção.

## **5. PROBLEMAS E CAUSAS DO FOGO EM TURBINAS EÓLICAS**

A matriz energética eólica é bastante diferente dos demais sistemas de geração no que diz respeito ao risco de perda total como resultado de um incêndio inicial, pois o contingente humano disponível nos parques é limitado, o que dificulta a identificação de focos de incêndio de maneira mais ágil. Quando a detecção acontece por sensores de monitoramento, a distância dos centros operacionais ou urbanos onde se encontram as equipes de combate ao fogo, não raro, tornam improváveis as chances de salvar o máximo possível das turbinas, resultando em danos totais ou mais extensos que poderiam ser minimizados com escolhas mais adequadas de dispositivos de prevenção aos estágios iniciais do fogo. Nesse contexto, o trabalho dos bombeiros acaba ficando restrito à proteção dos locais no entorno do foco e à prevenção de incêndios secundários no solo ou em instalações próximas.

Com uma grande concentração de elementos combustíveis, centenas de litros de lubrificantes, engrenagens de grande porte operando a altas velocidades e sistemas elétricos confinados ao mesmo ambiente, submetidos a grandes temperaturas, e com uma oferta considerável de oxigênio na forma de vento, basta uma pequena faísca em qualquer conexão vulnerável, ou que a temperatura de um componente chegue ao ponto de ignição de fluídos lubrificantes ou componentes sólidos para que se inicie um desastre de proporções consideráveis, imprevistas e tendendo aos piores cenários.

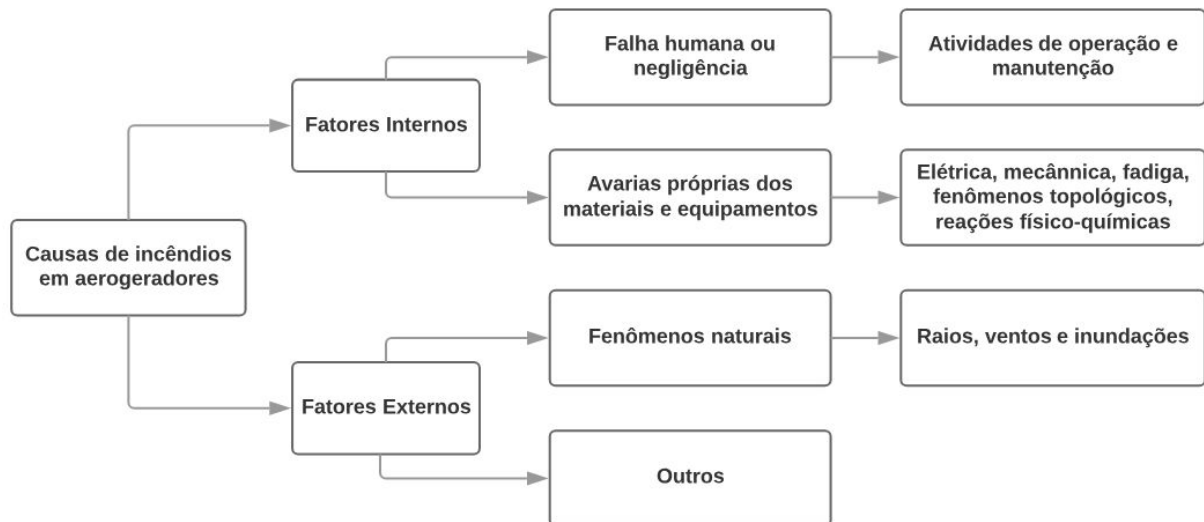
Dado regional importante no entendimento da complexidade da equação é que de acordo com os estudos do Grupo de Eletricidade Atmosférica (ELAT) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), o Brasil se encontra na posição de recordista em descargas atmosféricas, com a quantidade média de descargas em território brasileiro estimada em 50 milhões por ano [9].

Considere-se ainda que em instalações elétricas todos os condutores estão expostos em circuitos que facilitam o caminho de sobretensões transitórias, podendo provocar perturbações na alimentação de qualquer um dos sistemas elétricos conectados [10], e que descargas atmosféricas podem produzir eventuais efeitos secundários eletrodinâmicos, térmicos, magnéticos, eletromagnéticos, sobrecargas [7] e todo tipo de danos potenciais imprevistos. Por todas essas razões, torna-se crítica e imprescindível a presença de dispositivos adequados de prevenção a eventuais focos iniciais de fogo, já que não são raras as falhas dos sistemas de escoamento transitório de energias provenientes de descargas atmosféricas nas turbinas presentes em suas pás.

Em relação às causas de incêndios, foram identificados dois grupos de fatores que as caracterizam em turbinas eólicas [7], conforme pode ser visto no diagrama da figura 1:

- **Fatores internos:** Decorrem de falhas humanas e/ou negligências e avarias próprias do uso de materiais, ferramentas, equipamentos e componentes;
- **Fatores externos:** Decorrem por fenômenos naturais, como queda de raios, ventos e inundações.

**Figura 1** - Causas de incêndio em aerogeradores.



**Fonte:** Autoria própria

No primeiro grupo as falhas estão potencialmente presentes em atividades de manutenção e operação. Como exemplos, temos a falta de limpeza e/ou organização e a acumulação de materiais e combustíveis armazenados em áreas de risco [7].

**Figura 2** - Incêndio causado por raio



**Fonte:** Portal Energia, 2016

Mais uma confirmação do consenso presente nos dados disponíveis pelo setor quanto às causas de incêndios em aerogeradores: de acordo com a GCube, maior fornecedora de seguros para usinas eólicas do mundo, as mais comuns são raios e falhas de manutenção.

O relatório da GCube de novembro de 2015 declara que há pelo menos 50 incêndios em turbinas eólicas por ano, e a estatística permanece em seu relatório de 2018. Novamente, conforme os relatórios da CWIF e GCube, fogo em turbinas eólicas tem como a terceira causa falhas geradas pelos sistemas elétricos na presença de grandes quantidades de materiais inflamáveis (fluidos lubrificantes, materiais compostos e polímeros) e pelo superaquecimento gerado pelo atrito de caixas de rolamentos, engrenagens e partes móveis em isolamento a altas temperaturas no interior das naceles [3; 8; 11].

Além disso, os sistemas eletroeletrônicos dos aerogeradores, por exemplo, são considerados elementos muito sensíveis aos efeitos eletromagnéticos secundários gerados pelas descargas atmosféricas diretas ou nas proximidades. Tais efeitos podem resultar em problemas no sistema de frenagem aerodinâmica, provocando uma leitura incorreta da velocidade das hélices do aerogerador. Com velocidades acima dos valores permitidos pelo projeto, sem que haja a detecção pelos instrumentos de controle, teremos a elevação do risco de incêndios na presença dos raios e/ou ventos fortes [7].

Foi descoberto ainda, de acordo com investigações de incêndios em naceles que pode haver diversas causas-raiz, pois as turbinas são produzidas com peças provenientes de diferentes fabricantes. Os originados em problemas elétricos estão relacionados, principalmente, a transformadores, quadros elétricos e sistemas conversores, podendo ter como resultado arcos voltaicos ou pontos quentes causados por afrouxamentos de conexões, bastante comuns, ocasionadas pelas fortes vibrações características destes equipamentos. As falhas elétricas também podem ocasionar problemas de leitura dos sensores e controle de velocidade, um efeito “cascata” que agrava os riscos. Outros podem ter causas mecânicas ou práticas operacionais e de manutenção impróprias [12].

O que pode ser feito?

- Tendo havido um incidente de fogo em um turbina eólica, leia os relatórios da investigação e certifique-se de que entendeu a causa-raiz.
- Considere a instalação de um sistema de prevenção para eliminar o alastramento de um potencial incêndio para limitar os danos ao local onde o fogo se iniciou.
- Tenha amplo entendimento dos requisitos de manutenção e lubrificação das turbinas, realizando ajustes às recomendações dos fabricantes para garantir que tudo esteja adequadamente lubrificado.



- Por último, compartilhe experiências e medidas preventivas com a indústria para ajudar os demais a manter suas turbinas funcionando [12].

## **6. SISTEMAS DE DETECÇÃO E PREVENÇÃO A INCÊNDIOS**

Sistemas de prevenção estão disponíveis em muitas formas e dimensões; contudo, a chave para o sucesso reside nos métodos de detecção e ação. Poeira, temperaturas extremas, fluxo de ar e outras variáveis são critérios importantes a considerar para dimensionar a capacidade e eficiência de detectar e debelar as chamas. Os fatores a serem considerados ao avaliar soluções de prevenção a incêndios em projetos eólicos atuais ou futuros deveriam incluir [13]:

- Sistemas simples, práticos e de fácil instalação.
- Métodos de detecção e prevenção roteados por todos os componentes internos e particularmente nos pontos de maior risco.
- Dispositivos que não serão afetados por condições de poeira, ventos e temperaturas extremas.
- Sistemas de prevenção com ativação automática e que não necessitem de fontes de energia, podendo fornecer proteção 24/7.
- Equipamentos com dimensão condizente com a aplicação e que não ofereçam risco à integridade de componentes no interior das nacelles, nem à saúde de pessoas ou ao meio-ambiente.
- Sistemas que possam interromper imediatamente o funcionamento das turbinas para evitar a preocupação com maiores danos e o espalhamento de destroços potencialmente perigosos.

Atualmente, muitos proprietários e operadoras não arriscam e estão incorporando algum tipo de sistema automático de detecção ou prevenção de fogo em suas turbinas. Os custos variam, dependendo do sistema e fabricante, mas, de maneira geral, representam uma fração insignificante do valor de uma turbina [14].

Ao detectar e prevenir um foco de fogo em estágio inicial, a maioria dos sistemas, bem como algumas combinações, podem fazer grande diferença, mas devem suportar alguns desafios. Precisam resistir à poeira, vibrações, variações térmicas e climáticas, e ainda limitar a quantidade de alarmes falsos. Dos diversos tipos disponíveis, podem detectar fumaça ou calor sendo adequados para alertar sobre riscos potenciais, mas a variação dos fluxos de ar e condições climáticas podem impactar sua efetividade [14].

Detecção de calor por sistemas lineares tradicionais ou de fusíveis (projetados para ativação quando temperaturas atingem pontos em que os fusíveis se rompem) são uma alternativa que não sofre com ventos ou poeira. Contudo, são condutores elétricos sujeitos a descargas e perturbações, podendo representar algum risco ao ambiente interno da turbina. Estes dispositivos também dependem de eletricidade

para serem monitorados, o que significa que não funcionarão se houver problema no fornecimento de energia pela rede ou falha em no-breaks ou baterias [14].

Diversos agentes anti-fogo tem sido avaliados como passíveis de uso na prevenção ao fogo em turbinas de vento. Sistemas de espuma comprimida e borrifadores de água são exemplos. Mas a indústria se preocupa com sua eficiência em componentes elétricos energizados e seu potencial corrosivo acaba limitando seu uso [14].

O dióxido de carbono também possui atributos para uma prevenção efetiva, pois pode agir rapidamente nas chamas; no entanto este agente apresenta sérios riscos à saúde, uma vez que esgota o oxigênio no ambiente quando utilizado. Outras alternativas são preferíveis sempre que possível, pois há normas e exigências rígidas de no uso de EPIs em relação ao uso deste agente para proteger os trabalhadores. Além disso, o tamanho e peso destes sistemas também são fatores determinantes no ambiente apertado de uma nacela [14].

Como cada sistema disponível individualmente traz algum tipo de proteção, o método mais adotado acaba sendo a combinação de alguns deles em pacotes disponíveis para a indústria eólica com o propósito de detectar e debelar princípios de incêndios [14], limitando os danos e permitindo reparos com custos e perdas operacionais menores. Graças a novas tecnologias, comparado com alguns anos atrás, atualmente temos dispositivos de tamanho bastante reduzido e custo atraente que utilizam agentes “verdes”, não agressivos tanto a pessoas quanto aos sistemas mecânicos e elétricos presentes no interior das nacelas, sendo boas escolhas protecionais para o segmento.

Sistemas preventivos carregados com agentes não agressivos a pessoas e ao meio-ambiente, que não sejam condutores ou corrosivos, significam pouco trabalho após os incidentes; são eficientes e não comprometem instalações. Soluções de abordagem simples, que possam ser instaladas de forma fácil e rápida, próximas às áreas conhecidas por apresentar maiores riscos (transformadores, freios, painéis elétricos, conexões, capacitores, junções hidráulicas e de engrenagens), e que possam ser rapidamente substituídas, com toda certeza, merecem ser avaliadas. Cada componente de uma turbina e todos os demais pontos de atenção deveriam passar por criteriosa avaliação individual para determinar como devem ser protegidos. Não há dúvida de que o investimento em sistemas de prevenção a incêndios confiáveis e adequados para cada situação podem evitar danos potencialmente extensos e caros, evitando ou limitando prejuízos.

## **7. CUSTOS E QUESTÕES SECURITÁRIAS**

“Enquanto o custo dos aerogeradores aumenta, as medidas de prevenção contra incêndios permanecem opcionais” [15]. O efeito nocivo dessa realidade pode

provocar um consenso de que o problema é de menor relevância e possivelmente acaba não ganhando atenção adequada por parte do segmento.

Considere-se que, nos casos de perda total da nacela, o tempo de parada para reparo pode variar entre 9 até 12 meses [16], o que significa, além de todos os custos de sua substituição, que o ativo vai deixar de gerar receita por este período.

De acordo com a declaração do Head of Business Development da GCube, Jatin Sharma, à revista especializada na indústria de energia renovável Recharge em 2017: “O custo do fogo em aerogeradores está subindo em comparação a 5 anos atrás, basicamente devido à chegada de turbinas maiores.” [15]. Em novembro de 2018, Sharma afirmou a Renewables Now:

“Precisamos tratar as causas e consequências de fogo em turbinas e, reconhecer, como uma comunidade, que afetam a todas as companhias nesta indústria, e não somente ‘nossos competidores’. Não podemos permitir que um punhado de ativos em chamas se torne símbolo de nossa inabilidade em trabalhar juntos” [11].

A GCube afirma ainda que, embora o número de incêndios em nacelas sejam relativamente pequenos, eles causam danos financeiros desproporcionalmente grandes às operadoras e seguradoras [15]. De acordo com a International Association for Fire Safety Science (IAFSS), mais de 90% dos incidentes com fogo em turbinas eólicas resultam em perda total ou grandes danos estruturais em seus principais componentes [15].

A International Association of Engineering Insurers IMIA desenvolveu um relatório discutindo os desafios e concluiu, na IMIA Conference 2009, que o risco de perda total de turbinas de vento é alto, se não houver sistemas de detecção e preventivos implementados [6].

Alguns reparos são cobertos pelas garantias dos fabricantes de turbinas, mas há limitações. Jarret Ryan, presidente da divisão de instalações da ABCO Fire Protection, que trabalha com proteção de turbinas há anos, encoraja os clientes a estarem familiarizados com os custos de substituição de seus investimentos [15].

De acordo com o especialista, “As garantias dos fabricantes cobrem somente a substituição de peças em caso de defeitos”, ficando as operadoras responsáveis por todos os outros efeitos colaterais como perdas operacionais e todas as tarefas, custos e tempo de reparo de um aerogerador [15].

Não raro gestores e operadoras são surpreendidos não só com as perdas causadas por estes incidentes, mas com longos processos investigativos por parte das seguradoras e pelas negativas em honrar suas obrigações com base na

inobservância de cláusulas que estabelecem como sendo das operadoras as responsabilidades por danos causados por falhas ou negligência nos processos de manutenção e prevenção. Daí a importância em ter conhecimento detalhado de todas as exigências de manutenção e suas relações com as questões securitárias.

A maioria das turbinas eólicas não costuma possuir sistemas instalados pelos fabricantes para detecção ou prevenção de incêndios, porque, de acordo com Mark Johnston, especialista em prevenção de incêndios em fontes de energia renovável na Bulldog Turbine Systems, esta opção simplesmente não é solicitada pelo usuário final.

“Alguns fabricantes fornecem extintores de incêndio nas turbinas, mas, na maioria dos casos um técnico fica responsável por carregar um pequeno extintor portátil em sua mochila de ferramentas - junto com todo seu EPI e as demais ferramentas necessárias à execução de suas atividades” [17].

Não é necessário ser um especialista para afirmar que um pequeno extintor poderia não ser suficiente dependendo do tipo de incidente durante uma operação de manutenção se qualquer componente pegasse fogo dentro de uma nacela.

Johnston admite que fogo em turbinas são menos frequentes, mas, nas condições certas uma simples faísca pode levar a danos irreparáveis e fatalidades. “Com um custo tão alto das potenciais perdas, você deveria pensar que todo parque eólico necessita ter protocolos de proteção a incêndios e à vida”, diz Johnston. “Mas eles não pensam assim” [17].

“Nós recomendamos proteger as turbinas com soluções pequenas e efetivas que possam ser direcionadas diretamente aos pontos de risco. Há dispositivos de uso seguro no mercado, mesmo quando os técnicos estão dentro das turbinas” [17].

“Uma abordagem abrangente com um portfólio de dispositivos de prevenção que garanta o maior tempo de funcionamento das turbinas é a chave”, concorda Heiko Jahr, porta-voz da desenvolvedora de turbinas Siemens [17]. Com turbinas de vento a 130m de altura, fora do raio de ação das brigadas de incêndio, o lógico para a segurança contra fogo seria manter o foco em medidas preventivas.

## **8. LEGISLAÇÃO E FISCALIZAÇÃO**

Aparentemente não há legislação dirigida especificamente ao segmento em nenhuma parte do mundo a respeito de como conduzir as questões de prevenção a incêndios no interior das nacelas. O que se tem são diversas normas nacionais, internacionais e eventualmente regionais, sejam de qualidade e controle ou governamentais e/ou de segurança do trabalho descrevendo requisitos para prevenção, gestão, fabricação, projetos e montagens de maneira geral.

No Brasil, em relação à segurança do trabalho, o segmento está sujeito às normas regulamentadoras - NRs 01 a 12, 15 a 21, 23 a 28, 33 e 35 [18], que, embora sejam aplicáveis, não foram criadas especificamente para prever os riscos particulares de operações eólicas, deixando a fiscalização restrita aos parâmetros previamente existentes nestas normas.

Considere-se ainda que a correta aplicação destas normas depende de fatores culturais, do investimento em contratação de mão-de-obra qualificada e, do fornecimento de capacitação de qualidade para todos os encarregados, com foco na observação não só das regras efetivamente fiscalizadas pelo estado como das de controle de qualidade dos processos internos e normas internacionais, fora do escopo do poder público, além das orientações indicadas pelos fabricantes.

Conseqüentemente, no Brasil, com a lacuna de leis e normas especificamente dirigidas, a fiscalização realizada está limitada à conformidade de NRs “genéricas”, que se aplicam a parte significativa das necessidades e, evidentemente imprime algum grau de segurança, mas possivelmente não o que seria necessário ou adequado para abranger todos os riscos inerentes às operações dos equipamentos desta matriz energética em particular.

Diante deste cenário, e tendo atendido às normas existentes, operadoras e gestores desenvolvem de forma independente seus próprios planos de contingência e segurança, particularmente no que diz respeito à prevenção de incêndios em naceles e para quaisquer outras variáveis não previstas em lei. É provavelmente um precedente perigoso todo o segmento estar livre para seguir somente as orientações presentes nos manuais dos fabricantes e normas de qualidade nacionais ou internacionais existentes de acordo com seus próprios entendimentos, processos e diretivas de segurança internos, e isso pode significar um grau de risco impossível de mensurar, por mais que todos tentem observar rigorosamente normativas e recomendações fora do controle e fiscalização do estado.

## **9. SISTEMA INOVADOR DE PREVENÇÃO A INCÊNDIOS**

Mecanismo autônomo que explode no contato com as chamas, a Bola Extintora Automática ABC (Figura 3) se apresenta como um dispositivo aplicável e de viabilidade operacional e financeira atraentes, não exigindo manutenção ao longo de sua vida útil de 5 anos. Com agente extintor premium, monofosfato de amônia a taxa de 90%, não causa danos à saúde, ao meio ambiente ou aos componentes no interior da nacela, deixando como resíduo apenas o pó, facilmente removível com uma simples limpeza.

**Figura 3 - Bola Extintora ABC Automática**



O dispositivo é amplamente utilizado por diversos setores da indústria em todas as partes do mundo na prevenção de incêndios em quadros e sistemas elétricos, bem como na proteção de máquinas e motores de maneira geral, a exemplo de grandes montadoras automotivas, que já fornecem seus veículos com o dispositivo instalado.

No setor eólico a Bola Extintora já está sendo adotada em diversas turbinas em parques na Bélgica e França.

No Brasil já temos, pelo menos, dois grandes grupos de operadoras no segmento em fase de negociação avançada para fazer o mesmo. Uma grande fabricante de turbinas já emitiu laudo no Brasil validando seu uso como opção viável, e já existem suportes acessórios especialmente projetados para instalação da Bola Extintora no interior das naceles, sendo esta opção um aditivo protetional efetivo em sua proposta, com capacidade para prevenir grandes perdas e permitindo que as equipes de manutenção realizem reparos críticos antes de se tornarem imensos prejuízos.

## **10. MÉTODO DA PESQUISA**

A pesquisa pode ser caracterizada como descritiva, de abordagem básica estratégica, tendo contemplado as seguintes etapas:

1. Pesquisa bibliográfica e identificação dos dados em fontes especializadas.
2. Análise, comparação e organização dos dados.
3. Consolidação das informações teóricas e elaboração da linha de argumentação técnica.

## 11. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Turbinas eólicas são sensíveis a diversos elementos e forças externas e internas. Sua combinação com os combustíveis e sistemas em seu interior as tornam potencialmente suscetíveis a incêndios. Embora as ocorrências estatísticas desse tipo de acidente não sejam alarmantes, suas consequências podem ser devastadoras para a continuidade das operações e a imagem pública das operadoras, exigindo meses até que a substituição dos componentes ou mesmo de uma turbina inteira seja realizada, com grandes perdas operacionais e financeiras e possíveis efeitos colaterais legais consideráveis.

A organização e disponibilidade do conhecimento disponível sobre estatísticas e causas destes acidentes provavelmente altera a percepção dos riscos, possibilitando decisões potencialmente equivocadas a respeito das necessidades de segurança e dispositivos de controle e prevenção. Além disso, dados de fontes confiáveis revelam que manutenções não são realizadas como deveriam, aumentando riscos. Sensores, de maneira geral, são suscetíveis a falhas e, por essa razão, podem não atuar permitindo que o fogo inicie e se alastre de forma incontrolável. A falta de legislação e normatização específicas tornam os sistemas de prevenção mais eficientes ou adequados opcionais, deixando parte considerável do controle de processos envolvidos nas instalações, como projetos, manutenções e fiscalizações das turbinas de vento a cargo exclusivo das próprias operadoras.

Todos estes fatores mostram que é fundamentalmente importante que o setor busque a plena compreensão das realidades e riscos nos quais se insere, implementando planos de melhoria contínua que incluam desde capacitação de gestores, engenheiros e técnicos até a definição de processos mais adequados e rígidos tanto na realização quanto na fiscalização e controle de procedimentos e manutenções, com o objetivo maior de proteger seus investimentos e negócios.

Essa busca inclui e justifica novas opções preventivas em apoio aos métodos possivelmente já existentes, a exemplo da Bola Extintora Automática ABC como dispositivo complementar de prevenção a incêndios nos pontos de risco. O mesmo vale para qualquer nova tecnologia capaz de validar estes esforços e tornar as operações do setor mais continuadas e rentáveis.

Para o futuro, e dada a importância global do tema para o segmento, é necessário o desenvolvimento de bancos de dados nacionais e internacionais integrados e comprometidos em compartilhar suas experiências com objetivo de tornar o setor cada vez mais seguro e lucrativo.

## REFERÊNCIAS

- [1] ABE EÓLICA. Homepage. Disponível em: <<http://abeeolica.org.br/>>. Acesso em: 6 fev. 2019.
- [2] Wind Turbine Accident and Incident Compilation. **Caithness Windfarm Information Forum (CWIF)**, p. 50-193, 2018. Disponível em: <<http://www.caithnesswindfarms.co.uk/fullaccidents.pdf>> Acesso em: 06 fev. 2019.
- [3] Summary of Wind Turbine Accident data to 31 December 2018. **Caithness Windfarm Information Forum (CWIF)**, 2018. Disponível em: <<http://www.caithnesswindfarms.co.uk/AccidentStatistics.htm>>. Acesso em: 28 jan. 2019.
- [4] GOSDEN, E. Wind turbine fires 'ten times more common than thought', experts warn. **The Telegraph**, 2014. Disponível em: <<https://www.telegraph.co.uk/news/earth/energy/windpower/10971762/Wind-turbine-fires-ten-times-more-common-than-thought-experts-warn.html>>. Acesso em: 01 fev. 2019.
- [5] HUSSEINI, T. Golden hour: the paramedics saving lives on offshore windfarms. **Power Technology**, 2018. Disponível em: <<https://www.power-technology.com/features/golden-hour-paramedics-saving-lives-offshore-windfarms/>>. Acesso em: 29 jan. 2019.
- [6] SHARPLEY, N. What are the fire hazards and solutions in a wind turbine? **Windpower Engineering Development**, 2015. Disponível em: <<https://www.windpowerengineering.com/operations-maintenance/safety/what-are-the-fire-hazards-and-solutions-in-a-wind-turbine/>>. Acesso em: 2 fev. 2019.
- [7] COLUNA - Consultoria, Desenvolvimento e Treinamento. **Riscos de incêndios nas torres eólicas**, 2015. Disponível em: <<https://irpcdn.multiscreensite.com/3e619e2f/pdf/RISCODEINC%C3%8ANDIOSNASTORRESE%C3%93LICAS.pdf>>. Acesso em: 03 fev. 2019.
- [8] RAGHEB, M. Safety of Wind Systems. **Wind Farm Action**, p. 3-28, 2011. Disponível em: <<http://www.windfarmaction.files.wordpress.com/2011/10/safety-of-wind-systems.pdf>>. Acesso em: 01 fev. 2019.
- [9] DAMASCENO, C. Incidência de raios no Brasil gera pesquisas e inovações. **Conselho em Revista**, v. 5, n. 54, p.14-16, fev. 2009. Disponível em: <<http://www.crea-rs.org.br/site/arquivo/revistas/ed54.pdf>>. Acesso em: 8 fev. 2019.
- [10] BONFIM, MICHAEL R., YAMANISHI, BRUNO K. **Análise dos Efeitos de Sobretensões causados por descargas atmosféricas em Aerogeradores**, 31 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017. Disponível em: <[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/9276/1/CT\\_COELE\\_2017\\_1\\_20.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/9276/1/CT_COELE_2017_1_20.pdf)>. Acesso em: 06 de fev. 2019.



- [11] TSANOVA, T. Turbine fires hurt both the performance and image of wind - study. **Renewables Now**, 2018  
<<https://renewablesnow.com/news/turbine-fires-hurt-both-the-performance-and-image-of-wind-study-502116/>>. Acesso em 29 jan. 2019.
- [12] DVORAK, P. Turbine fires and how to prevent them. **Windpower Engineering & Development**, 2017 Disponível em:  
<<https://www.windpowerengineering.com/business-news-projects/featured/turbine-fires-prevent/>>. Acesso em: 02 fev. 2019.
- [13] ZIPP, K. What you should know about wind turbine fires. **WindPower Engineering & Development**, 2011. Disponível em:  
<<https://www.windpowerengineering.com/operations-maintenance/safety/what-you-should-know-about-wind-turbine-fires/>>. Acesso em: 27 jan. 2019.
- [14] FROESE, M. Making the case for wind-turbine fire detection and suppression systems. **WindPower Engineering & Development**, 2015. Disponível em:  
<<https://www.windpowerengineering.com/operations-maintenance/safety/making-the-case-for-wind-turbine-fire-detection-and-suppression-systems/>>. Acesso em: 02 fev. 2019.
- [15] SCHOENBAECHLER, G. Twisting in the Wind. **ABCO Fire**, 2017. Disponível em:  
<<https://www.abcofire.com/wind-turbine-fires/>>. Acesso em: 01 fev. 2019.
- [16] CHAUMEL, J.L; GIRAUD, L.; ILINCA, A. Wind energy sector - Occupational Health and Safety Risks and Accident Prevention Strategies. **The Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST)**, 62 p. 2015. Disponível em:  
<<http://www.irsst.qc.ca/media/documents/PublIRSST/R-858.pdf>>. Acesso em: 03 de jan. 2019.
- [17] FROESE. M. What regulations exist for fire protection in wind turbines? **WindPower Engineering & Development**, 2015. Disponível em:  
<<https://www.windpowerengineering.com/operations-maintenance/safety/what-regulations-exist-for-fire-protection-in-wind-turbines/>>. Acesso em: 02 fev. 2019.
- [18] SEGALOVICH, R.N.; WINTER, A.N. **Análise das condições de segurança em usinas eólicas**. 2018. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2018. p. 49-50 Disponível em:  
<[https://nupet.daelt.ct.utfpr.edu.br/tcc/engenharia/doc-equipe/2017\\_1\\_21/2017\\_1\\_21\\_final.pdf](https://nupet.daelt.ct.utfpr.edu.br/tcc/engenharia/doc-equipe/2017_1_21/2017_1_21_final.pdf)>. Acesso em: 03 fev. 2019.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos à Ana Elisa Fernandes, Betty Fernandes, Cristina Fleury Leitão, Eng. Giovanni Cruz, Flávio Fernandes, Juliana Pinheiro e Ricardo Burle por sua importância no apoio, inspiração ou contribuição para a realização deste trabalho.