

QUESTÕES DE SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO ASSOCIADAS À CONSTRUÇÃO ECOLÓGICA

1. Introdução

A presente E-facts aborda as questões relativas à segurança e saúde no trabalho (SST) no setor da energia eólica, tendo por objetivo a sensibilização e o apoio a bons níveis de SST nas instalações terrestres e marítimas. Resume as conclusões do relatório da EU-OSHA *Occupational safety and health in the wind energy sector* (Segurança e saúde no trabalho no setor da energia eólica) (EU-OSHA, 2013a). Analisa as atividades associadas à energia eólica e identifica os perigos específicos a que estão sujeitos os trabalhadores ao longo de todo o ciclo de vida das turbinas eólicas, desde a conceção e fabrico dos componentes, passando pelo seu transporte, instalação e manutenção, até às intervenções de emergência e ao tratamento dos resíduos. O facto de a energia eólica ser considerada «ecológica» e boa para o ambiente não significa necessariamente que seja boa para a saúde e a segurança dos trabalhadores do setor. Com efeito, ao longo das diferentes fases de um projeto de parque eólico, os trabalhadores do setor podem ser expostos a perigos suscetíveis de causar a morte, lesões graves ou problemas de saúde. Muitos aspetos da implantação, montagem, manutenção, reparação e eventual desmantelamento das turbinas eólicas têm um carácter único e mesmo que a maior parte dos perigos para os trabalhadores não o tenha (por exemplo, trabalho em altura, movimentação manual, riscos elétricos ou espaços confinados), os ambientes e as situações de trabalho em que os trabalhadores enfrentam estes perigos geram desafios únicos (por exemplo, zonas isoladas, condições meteorológicas extremas ou trabalho no mar). As novas tecnologias ou métodos de trabalho associados à energia eólica geram igualmente novos perigos, que têm de ser enfrentados com novas combinações de competências (EU-OSHA, 2013b).

1.1. Setor da energia eólica

A produção de energia é responsável por 80 % das emissões de gases com efeito de estufa da União Europeia (UE). Na sua Estratégia Europa 2020 (Comissão Europeia, 2010), a Comissão Europeia comprometeu-se a, até 2020, reduzir as suas emissões de gases com efeito de estufa, pelo menos, 20 %, a melhorar 20 % a eficiência energética e a aumentar 20 % a quota de energias renováveis.

A energia eólica é renovável e limpa, não emitindo gases com efeito de estufa. A Europa tem a ambiciosa meta de aumentar a sua capacidade de produção de energia eólica até esta representar 25 % do consumo de eletricidade em 2030 (Associação Europeia da Energia Eólica (EWEA, 2010). Em 2012, a energia eólica representou 13 % da capacidade energética da UE e 32 % das novas capacidades de produção de energia da Europa (EWEA, 2014). Enquanto o setor energético da União Europeia explora alternativas aos combustíveis petrolíferos, carboníferos e nucleares, a energia eólica registou um crescimento extraordinário ao longo das últimas décadas e assim deverá prosseguir.

Em 2010, existiam na União Europeia 70 488 turbinas eólicas terrestres e 1132 turbinas eólicas marítimas (EWEA, 2013a). No final de 2009, o setor da energia eólica europeu já empregava 192 000 pessoas, sendo necessários muitos mais trabalhadores com formação adequada em domínios que vão do fabrico à gestão de projetos. De acordo com as previsões, em 2020, o setor da energia eólica europeu responderá por 446 000 postos de trabalho (EWEA, 2012).

O crescimento do setor da energia eólica pode ser atribuído a uma série de fatores, nomeadamente a confiança financeira, o progresso tecnológico, o apoio legislativo das autarquias locais e o aumento do apoio e da sensibilização da opinião pública. À medida que o setor da energia eólica da União vai crescendo, vão-se perfilando novos desafios. Com um número crescente de trabalhadores ativos em diversas fileiras do setor da energia eólica, a preocupação com a saúde e a segurança no trabalho (SST) vai assumindo novas proporções. A energia eólica é uma indústria relativamente nova, pelo que alguns trabalhadores podem não estar perfeitamente cientes dos perigos inerentes a este

ambiente de trabalho. Além disso, o ritmo a que a indústria da energia eólica da União está a crescer pode dar origem a défices de competências, que induzem o envolvimento de trabalhadores inexperientes em processos para os quais não possuem formação, colocando em risco a sua saúde e a sua segurança.

1.2. Turbinas eólicas

As turbinas eólicas utilizam o vento para gerar eletricidade. Numa primeira etapa, a energia cinética do vento é convertida em energia mecânica pelos rotores das turbinas eólicas, sendo esta em seguida convertida em eletricidade, que é transferida para a rede.

As turbinas eólicas são instaladas em terra, tanto no interior como na orla costeira, e no mar, a uma certa distância da costa. Tanto as turbinas eólicas terrestres como as marítimas são constituídas por componentes similares, apresentados na Figura 1: uma torre, assente numa estrutura subjacente ou em fundações, uma nacela, situada no topo da torre, e um rotor, com ligação à nacela e com um cubo a que estão fixadas as pás e que as mantém em posição enquanto giram. A nacela, o «cérebro» da turbina, contém grandes componentes primários, como o eixo principal, a caixa de velocidades, o gerador, o transformador e o sistema de controlo, bem como outros componentes mecânicos. A maior parte das turbinas eólicas comerciais tem rotores com três pás.

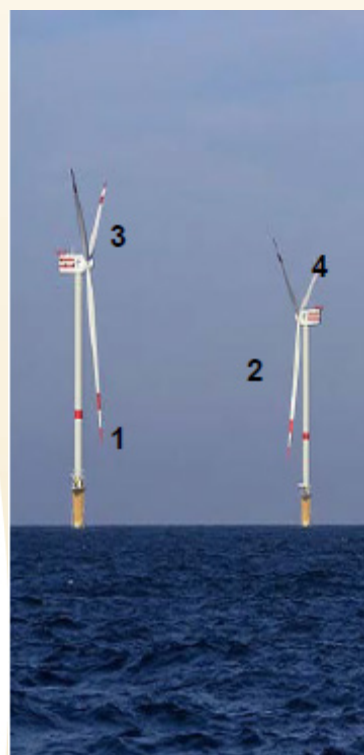
Figura 1: Componentes normais de uma turbina eólica: (1) torre, (2) pás, (3) cubo e (4) nacela. Esquerda: turbinas eólicas terrestres Direita: turbinas eólicas marítimas

Esquerda: turbinas eólicas terrestres



Autor: Leaflet

Direita: turbinas eólicas marítimas



Autor: Hans Hillewaert

As turbinas e os parques eólicos marítimos são maiores do que os terrestres, pelo que a produção de eletricidade de cada turbina é superior. A dimensão das turbinas eólicas terrestres está condicionada, nomeadamente pelo transporte rodoviário dos componentes e do equipamento das instalações para zonas frequentemente isoladas. Em última análise, a dificuldade de acesso aos locais de implantação

dos parques limita a dimensão e a capacidade das turbinas terrestres. Em contrapartida, o transporte e o equipamento das instalações marítimas permitem utilizar componentes maiores e mais pesados nos parques eólicos marítimos.

O ambiente de trabalho é significativamente diferente nos parques eólicos marítimos e terrestres. O trabalho no mar, num ambiente marítimo, é difícil e apresenta inúmeros perigos que não estão presentes nas instalações terrestres, nomeadamente, o trabalho a partir de um barco ou com um barco ou o trabalho submarino no âmbito de operações de mergulho. Acresce que as condições meteorológicas no mar podem ser muito duras e muito instáveis, aumentando assim os riscos para os trabalhadores que montam ou asseguram a manutenção dos parques eólicos ou que são transferidos de e para as plataformas das turbinas por navios que navegam em águas agitadas.

1.3. Legislação

Para além da Diretiva 2009/28/CE, relativa à promoção da utilização de energia proveniente de fontes renováveis, não há legislação específica para o setor da energia eólica. Não obstante, são aplicáveis outras diretivas relativas à SST em diferentes estádios do ciclo de vida.

A Diretiva-quadro (Diretiva 89/391/CEE) determina que os empregadores são obrigados a avaliar os riscos para a saúde e a segurança dos trabalhadores e estabelece os princípios gerais de prevenção aplicáveis ao trabalho no setor da energia eólica, nomeadamente, a eliminação ou substituição dos perigos, a realização de controlos técnicos e administrativos, a utilização de equipamento de proteção individual como último recurso e a informação, consulta e participação e formação adequadas dos trabalhadores e dos seus representantes.

Outra legislação europeia relacionada com trabalho em turbinas eólicas:

- Diretiva 2009/104/CE relativa às prescrições mínimas de segurança e saúde para a utilização pelos trabalhadores de equipamentos de trabalho no trabalho.
- Diretiva 2006/42/CE relativa às máquinas.
- Diretiva 96/53/CE que fixa as dimensões máximas autorizadas no tráfego nacional e internacional e os pesos máximos autorizados no tráfego internacional para certos veículos rodoviários em circulação na Comunidade.
- Diretiva 98/24/CE relativa à proteção da segurança e da saúde dos trabalhadores contra os riscos ligados à exposição a agentes químicos no trabalho.
- Diretiva 2004/37/CE relativa à proteção dos trabalhadores contra riscos ligados à exposição a agentes cancerígenos ou mutagénicos durante o trabalho.
- Diretiva 90/269/CEE do Conselho relativa às prescrições mínimas de segurança e de saúde respeitantes à movimentação manual de cargas que comportem riscos, nomeadamente dorsolombares, para os trabalhadores.
- Diretiva 92/57/CEE relativa às prescrições mínimas de segurança e de saúde a aplicar nos estaleiros temporários ou móveis.

2. Desafios de carácter geral para a SST específicos no setor da energia eólica

O setor da energia eólica é ainda relativamente novo, estando a tecnologia das turbinas eólicas em permanente evolução no que respeita à conceção das torres e à tecnologia utilizada nos componentes. Desta evolução permanente advém uma igualmente permanente responsabilidade de assegurar que os trabalhadores que executam tarefas relacionadas com a instalação, o funcionamento ou a manutenção de turbinas eólicas o façam nas condições mais seguras possíveis.

Poder-se-ia argumentar que os perigos existentes num parque eólico não são muito diferentes dos atualmente existentes noutros setores. Contudo, dadas as condições por vezes únicas e extremas em que esses perigos surgem, a nova combinação desses perigos e a inexperiência de alguns trabalhadores do setor, é possível que os perigos não possam ser controlados ou geridos convenientemente (EU-OSHA, 2013b).

Entretanto, destacaram-se alguns desafios comuns para a SST no setor da energia eólica, desafios esses que são abordados em seguida.

2.1. Falta de dados e informações sobre SST

Como é evidente, a quantidade de informações disponíveis relacionadas com a SST é bastante escassa e, em alguns casos, extremamente vaga. As principais razões para esta falta de dados sobre SST no setor da energia eólica são as seguintes:

- A frota de turbinas eólicas é relativamente nova.
- A inexistência de dados de investigação/experimentais sobre a exposição dos trabalhadores aos riscos, concentrando-se a maior parte dos trabalhos de investigação na segurança de terceiros.
- Os dados sobre o funcionamento das turbinas não são divulgados pelos fabricantes. Alguns operadores do setor da energia eólica partilham os respetivos dados sobre incidentes e acidentes de SST entre si (principalmente entre membros de associações setoriais), mas não tornam esta informação pública, limitando assim as possibilidades de os responsáveis pela SST contribuírem para a investigação e a tomada de medidas para melhorar as condições de SST no setor.

É importante que o setor da energia eólica compreenda as vantagens de partilhar ideias e experiências em matéria de SST (por exemplo, informações sobre fracassos e êxitos) dentro do setor, com outros setores, com responsáveis no domínio da SST e com investigadores. Essa partilha contribuiria para melhorar as normas de SST e as condições de trabalho dos trabalhadores do setor. Foi igualmente sugerido que relativamente aos parques marítimos mais recentes poderia ser útil aprofundar a investigação no intuito de identificar os problemas de SST e o nível e tipo de avaliação de riscos necessária.

Algumas das áreas em que é necessária informação adicional são descritas nas secções seguintes.

2.1.1. Estatísticas sobre acidentes e doenças relacionadas com o trabalho

Os dados sobre acidentes e doenças relacionadas com o trabalho no setor da energia eólica não só são muito escassos como as informações disponíveis não são muito exaustivas. O relatório em que se baseia a presente E-facts reúne material relativo à SST no setor da energia eólica obtido junto de organismos setoriais nacionais e de outras partes interessadas. Com efeito, algumas associações setoriais nacionais coletam e publicam estatísticas sobre acidentes; por exemplo:

- Em 2013, a RenewableUK substituiu a sua base de dados empíricos pelo *Renewable Industry Safety Exchange system* (Sistema de Intercâmbio de Dados relativos à Segurança no Setor das Energias Renováveis) (RISE; cf.: <http://www.renewableuk.com/en/our-work/health-and-safety/incidents--alerts.cfm>). O RISE é uma iniciativa setorial que visa facilitar a recolha, partilha e divulgação de dados relativos a incidentes de saúde e segurança, bem como eventos, experiências e boas práticas do setor.
- A *Asociación Empresarial Eólica*, a associação espanhola do setor da energia eólica, recolhe informações das empresas que dela fazem parte e que passaram de 12 em 2007 para 40 em 2012 (AEE, 2013).

Estas entidades confirmam que, nos últimos anos, se observou uma tendência para o aumento do número de acidentes registados no setor da energia eólica. Quanto mais turbinas se constroem, mais acidentes ocorrem.

2.1.2. Questões de género

Não foi fácil obter informações sobre a composição da mão de obra em termos de género. Contudo, ressalta claramente de artigos como *Where are the women in wind?* (Onde estão as mulheres na energia eólica?) (Rose, 2010) que, por muito consolidado que esteja, o setor da energia eólica da UE continua a constituir, basicamente, um bastião masculino. Embora as mulheres que trabalham no setor considerem que o seu trabalho é bom e estimulante, são ainda muito poucas as mulheres que

optam por trabalhar como técnicas de turbinas eólicas. Nada sugere que as mulheres tenham dificuldade em suportar as exigências físicas e psicológicas do trabalho em parques eólicos ou que as mulheres com qualificações adequadas sejam excluídas - ou se autoexcluam - do trabalho no terreno no setor.

Há notícia de casos de mulheres que foram expostas, no processo de fabrico e reparação de pás de turbina, a resinas epóxicas por contacto cutâneo, exposição essa que teve efeitos no seu sistema reprodutor, dando origem, nomeadamente, a menstruações irregulares. As mulheres em causa foram aconselhadas a não ter filhos durante os dois anos seguintes à exposição. São necessários mais trabalhos de investigação no domínio da SST para identificar outras atividades desenvolvidas ao longo do ciclo de vida das turbinas eólicas suscetíveis de serem prejudiciais para a saúde das mulheres. Esses trabalhos devem incidir igualmente nas medidas de prevenção necessárias para proteger a saúde tanto das mulheres como dos homens ao longo do ciclo de vida das turbinas eólicas.

2.1.3. Envelhecimento da mão de obra

Não existe qualquer literatura sobre o envelhecimento da mão de obra no setor da energia eólica. Algumas das profissões do setor da energia eólica são fisicamente exigentes, especialmente as que obrigam a escalar escadas nas torres altas ou a trabalhar em espaços confinados durante longos períodos de tempo, o que pode ter impacto na saúde e, por outro lado, afetar a capacidade dos trabalhadores mais velhos. Por exemplo, quando os técnicos descem a escada de uma turbina eólica o impacto no seu corpo aumenta, sobrecarregando tornozelos e joelhos. Apesar de serem relativamente bem pagos, muitos trabalhadores não permanecem no setor mais de três ou quatro anos (Dvorak, 2010). O setor da energia eólica é ainda relativamente jovem, pelo que é importante realizar estudos sobre o impacto a longo prazo das atividades do setor na carreira e na saúde não só dos trabalhadores mais velhos, mas de todos os trabalhadores do setor.

2.1.4. Dados e investigação no domínio da SST sobre o impacto da energia eólica

Ao longo dos anos, foi elaborada uma série de análises e relatórios sobre os impactos comprovados dos parques eólicos na saúde e na segurança, que destacam, essencialmente, o impacto potencial dos parques eólicos na saúde das populações locais. O impacto e os efeitos que um parque eólico pode ter na saúde pública e no ambiente estão amplamente documentados, mas nenhum destes relatórios considera os riscos para a SST a que estão expostos os trabalhadores. Questões como a construção e a segurança operacional, a trepidação, a radiação eletromagnética, o ruído, a doença vibroacústica e a síndrome das turbinas eólicas foram estudadas para determinar o seu efeito na saúde e na segurança das pessoas que vivem na proximidade das turbinas eólicas, mas não há provas do impacto destas questões na saúde dos trabalhadores. Atenta a diversidade de atividades perigosas associadas ao ambiente de alto risco das turbinas eólicas, seria importante realizar estudos de impacto mais centrados nos trabalhadores. A fim de garantir que o setor da energia eólica oferece um ambiente seguro e responsável para trabalhar e investir, é necessário aprofundar a investigação sobre as suas implicações em matéria de SST para os trabalhadores que trabalham em projetos com turbinas eólicas.

2.2. Escassez de pessoal qualificado e formado

Tendo em conta que, no essencial, o setor da energia eólica não conta mais de uma década, são ainda escassos os especialistas e a mão de obra qualificada. O rápido crescimento do setor nos últimos anos revelou um sério défice de pessoal qualificado. O pessoal qualificado em falta pode ser na ordem de 18 000 trabalhadores em 2030, o que representa quase 5 % da mão de obra do setor da energia eólica (EWEA, 2013b). O atual défice de qualificações faz-se sentir a dois níveis: primeiro, a nível profissional, nomeadamente de gestores de projeto e de engenheiros, e, segundo, a nível operacional, ou seja, de pessoal como tripulantes de navio e eletricitas. Nos próximos anos, a proporção de trabalhadores operacionais em relação aos trabalhadores profissionais aumentará, à medida que o setor evolua das fases de conceção e construção para a fase de exploração.

O setor da energia eólica não pode competir com os salários tradicionalmente mais elevados e as melhores oportunidades oferecidas pelos setores do petróleo e do gás, devido ao facto de os seus lucros serem muito menos expressivos. Por este motivo, a maior parte dos trabalhadores que estão dispostos a trabalhar no setor têm pouca ou nenhuma experiência de trabalho em parques eólicos e não estão familiarizados com os desafios em matéria de SST que têm de enfrentar. Poder-se-ia dizer que um dos fatores que contribui para a escassez de mão de obra qualificada é a ausência de uma norma setorial para a formação prática para o trabalho no setor; a formação é importante para promover a fiabilidade do setor da energia eólica. As pequenas e médias empresas têm mais dificuldade em proporcionar formação aos seus potenciais empregados e, em consequência, têm mais dificuldade em contar com trabalhadores qualificados. Mesmo empresas de maior dimensão, que têm meios para proporcionar essa formação, poderiam beneficiar de uma norma de formação comum e os recursos destinados à formação de novos empregados poderiam ser utilizados para a expansão de outras vertentes da atividade.

Muitos profissionais de outros setores industriais poderiam ser formados para utilizar as suas qualificações ou para transferir as suas competências para o setor da energia eólica (por exemplo, transferir as competências dos trabalhadores que trabalham em plataformas marítimas dos setores do petróleo e do gás para o setor da energia eólica, uma vez que estes setores partilham muitas sinergias). Contudo, uma formação específica para o setor da energia eólica permitiria a adaptação de competências técnicas às necessidades deste setor.

Os trabalhadores do setor da energia eólica desejam que haja mais programas normalizados, bem como uma harmonização da certificação da formação, o que reduziria os custos e o tempo investido, para além de aumentar a mobilidade da mão de obra do setor. Na Europa, realizou-se trabalho e fizeram-se investimentos significativos para desenvolver formação específica no setor, integrando aspetos da SST; por exemplo, uma recomendação de formação (Duff, 2010) indica que os trabalhadores do setor da energia eólica devem receber, no mínimo, formação em matéria de:

- subida às torres/salvamento nas torres;
- segurança geral do setor ou da vertente de construção (se possível, específica ao setor);
- primeiros socorros, incluindo reanimação cardiopulmonar e desfibrilhação automática externa;
- segurança elétrica e de medição de corrente elétrica;
- avaliações práticas do equipamento de medição;
- segurança mecânica;
- equipamento de torque e outros instrumentos de trabalho;
- sinalização de grua e práticas de fixação;
- movimentação manual segura;
- trabalho em altura;
- trabalho em espaços confinados;
- sensibilização para incêndios;
- sobrevivência no mar.

3. Questões de SST ao longo do ciclo de vida de uma turbina eólica

Os trabalhadores do setor da energia eólica, tanto em terra, como no mar, podem ser expostos a riscos em matéria de SST ao longo de todo o ciclo de vida de uma turbina eólica. Para a maior parte dos trabalhadores do setor da energia eólica, em terra e no mar, não é incomum trabalhar em altura, subir escadas muitas vezes por dia, trabalhar em espaços confinados em posições inadequadas, fazer grandes esforços físicos ou ser exposto a produtos químicos, gases e poeiras. Estas condições de trabalho criam muitos perigos para a SST. Contudo, o ambiente de trabalho no mar apresenta perigos adicionais ou agrava os riscos para os trabalhadores, nomeadamente no que respeita a:

- Transferências de pessoas – há perigos durante as transferências de pessoas entre os navios e helicópteros e as turbinas eólicas, riscos de colisão e de queda de pessoas à água.
- Operações de mergulho – há perigos durante a implantação das fundações, o assentamento de cabos e a inspeção e a manutenção das turbinas.
- Evacuações de emergência – as evacuações durante um incêndio, em caso de explosão ou com condições meteorológicas adversas são mais difíceis. Em situações de emergência deve ser tida em conta a distância a percorrer até à costa.

- Exposição a condições meteorológicas, ao calor e ao frio – as plataformas marítimas estão sujeitas a condições meteorológicas mais extremas. As mudanças nas condições meteorológicas e o atraso dos transportes provocam pressões e condicionalismos de tempo. Os trabalhadores podem ficar isolados durante vários dias.
- Riscos estruturais – a ação das ondas, as correntes e a corrosão afetam os componentes das turbinas.
- Operações de elevação – as turbinas marítimas são maiores e a força do vento é igualmente maior devido às condições meteorológicas extremas. Há o risco de os navios se deslocarem durante a elevação e a movimentação das turbinas.
-

3.1. Perigos de cada fase do ciclo de vida

Os riscos para a saúde e a segurança dos trabalhadores relacionados com o desenvolvimento de parques eólicos podem ocorrer durante qualquer uma das fases mais importantes de um projeto.

3.1.1. Importância da SST durante a conceção e o desenvolvimento

Quanto maior a sensibilização e os conhecimentos adquiridos em matéria de SST nas fases iniciais de um projeto de parque eólico, maior a probabilidade de o projeto conseguir gerir as implicações decorrentes durante todo o seu ciclo de vida. O processo de conceção deve ser considerado como a melhor fase para eliminar perigos e riscos e evitar ou minimizar acidentes e problemas de saúde relacionados com o trabalho durante todo o ciclo de vida das turbinas. É na fase de conceção que deve ser prevista a segurança da montagem, construção, instalação, entrada em serviço, funcionamento, manutenção e desmantelamento das turbinas. A prevenção através da conceção é um conceito que requer uma perspetiva de conjunto de todo o ciclo de vida e é importante para o desenvolvimento de novas tecnologias, processos e materiais no setor da energia eólica. Este é um conceito que deve ser promovido como um meio eficaz para prevenir e reduzir os acidentes e os problemas de saúde relacionados com o trabalho e para reforçar a SST no setor.

O debate entre os responsáveis pela conceção e os contratantes melhora frequentemente as soluções técnicas e reforça a eficácia das operações, minimizando o tempo que os trabalhadores passam a desenvolver atividades perigosas em todas as fases do ciclo de vida das turbinas, por exemplo, nomeadamente através do recurso a diagnósticos remotos para reduzir a frequência das inspeções e da manutenção. Ao minimizar a necessidade de visitar as turbinas diminui-se o número de horas de manutenção e, por conseguinte, os riscos para os trabalhadores. Alguns dos mais recentes modelos de turbinas eólicas, como as tecnologias de plataforma flutuante e de turbina eólica volante ou respetivos conjuntos, podem, potencialmente, reduzir o número de quedas em altura e de problemas musculoesqueléticos, na medida em que podem simplificar algumas das tarefas mais difíceis (EWEA, 2010; EERA, 2010; Byon, 2010). Quanto mais tempo as turbinas eólicas beneficiarem das características de conceção, maiores os benefícios para a SST dos trabalhadores, que passam menos tempo a executar tarefas de manutenção nas turbinas e em torno das mesmas. Em última análise, em situações que exigem uma visita, a conceção das turbinas deve permitir que os técnicos solucionem rapidamente e em segurança eventuais problemas que se apresentem. Contudo, os esforços na procura de eficiências podem conduzir a que sejam ignoradas as implicações em matéria de SST. Um exemplo é a utilização de nanomateriais nas denominadas «tintas inteligentes». Estas tintas foram desenvolvidas com o objetivo de reduzir o efeito dos agentes atmosféricos sobre os componentes das turbinas eólicas. A condutividade das tintas permite igualmente a utilização de sensores de controlo remoto e de robôs com a capacidade de inspecionar à distância a integridade das pás, a partir de uma sala de controlo. No entanto, a utilização de nanomateriais suscita problemas potenciais para os trabalhadores envolvidos no fabrico e em qualquer outra fase em que as reparações ou o desmantelamento possam dar origem à exposição à pintura ou a poeiras que contenham nanotubos de carbono ou outros nanomateriais. Há indicações de que alguns tipos de nanotubos de carbono poderão ter efeitos idênticos aos do amianto.

A adequação dos elevadores que estão a ser instalados em muitas turbinas altas é outro aspeto que suscita preocupação. Não existe atualmente qualquer norma europeia para os elevadores de turbinas. Apesar de, com turbinas cada vez maiores e com um número crescente de turbinas instaladas na União, as vantagens da instalação de elevadores serem inquestionáveis, há indicações de que os elevadores que estão a ser instalados podem não cumprir os requisitos da Diretiva 2009/104/CE (utilização de equipamentos de trabalho). A necessidade de gerir o trabalho em altura

obrigou os operadores de turbinas eólicas a considerar atentamente os aspetos práticos da instalação de elevadores. Sem uma norma específica para os elevadores de turbinas eólicas, devem ser aplicadas conjuntamente a Diretiva 2009/104/CE relativa à utilização de equipamentos de trabalho e a Diretiva 2006/42/CE relativa às máquinas, que estabelecem obrigações específicas relativas ao acesso seguro, importantes para o fornecimento e a instalação de elevadores. É importante estar consciente de todos riscos, na fase de conceção, aquando da planificação da segurança do acesso às turbinas. Devem ser tidos em conta os benefícios e os riscos das instalações para a saúde e a segurança, por exemplo, a instalação pode ocasionar riscos acrescidos e, nomeadamente, comprometer a segurança elétrica, contra incêndios e de salvamento em caso de emergência (Renewable UK, 2011).

Os responsáveis pela conceção e o desenvolvimento têm de ter em devida conta o impacto a longo prazo para os trabalhadores dos seus projetos e dos materiais que utilizam. O ritmo da mudança tecnológica no setor da energia eólica é tal que as avaliações dos riscos para a saúde e a segurança têm de ser suficientemente dinâmicos e flexíveis para responder a essas mudanças (Wood, 2009; United States Department of Labor, Occupational Safety & Health Administration (Departamento do Trabalho dos Estados Unidos, Administração da Saúde e Segurança no Trabalho)).

3.1.2. Riscos para a SST associados ao fabrico de turbinas eólicas

O fabrico de turbinas eólicas e dos respetivos componentes ocupa, por si só, quase 60 % dos trabalhadores do setor da energia eólica. As turbinas eólicas são peças de maquinaria grandes e complexas, cujo fabrico apresenta perigos idênticos aos da indústria automóvel e aeroespacial, reconhecidos pela Organização Internacional do Trabalho. Tal como em qualquer indústria de engenharia pesada, os trabalhadores são expostos a uma série de riscos associados ao fabrico de componentes de turbinas, por exemplo, movimentação manual, utilização de maquinaria e equipamento, perigos elétricos e ruído; contudo, a maioria dos dados e da literatura disponíveis centram-se na exposição a riscos químicos. Os produtos químicos mais frequentemente referidos são as resinas epóxicas e o plástico reforçado com fibra de vidro.

- As resinas epóxicas são produtos químicos sintéticos utilizados tradicionalmente em tintas, colas ou materiais compósitos, sendo agora também utilizadas no fabrico de sistemas de turbinas eólicas. Os trabalhadores correm o risco de contrair alergias de contacto e dermatites quando utilizam estes produtos químicos.
- As pás das turbinas eólicas são fabricadas em plástico reforçado com fibra de vidro. O processo de fabrico do plástico reforçado com fibra de vidro já foi definido há vários anos, mas, apesar de ser relativamente simples, a exposição dos trabalhadores ao vapor do solvente (estireno) libertado durante o processo é extremamente difícil de controlar. A dimensão dos artigos fabricados pode aumentar a exposição ao estireno, como é especialmente o caso das pás das turbinas eólicas, que podem atingir 90 metros de comprimento.

De todas as atividades de fabrico identificadas, o trabalho nas pás das turbinas é aquele que mais expõe os trabalhadores a substâncias perigosas. Dois estudos realizados numa fábrica (Ponten *et al.*, 2004; Rasmussen *et al.*, 2005) observaram que as queixas de problemas cutâneos estavam associadas, essencialmente, ao trabalho na unidade de acabamento, que inclui o preenchimento de eventuais falhas nas extremidades das pás, a adição de uma fina camada de fibra de vidro à extremidade das pás, o polimento de eventuais imperfeições e a pintura. Outros riscos foram identificados na unidade de cobertura das pás, em que os moldes destas são feitos e em seguida enchidos com o material escolhido, nomeadamente compósitos, bem como na unidade em que são cortados materiais pré-impregnados em fibra de carbono. Foi estabelecida a existência de uma relação entre alergia por contacto com resinas epóxicas em éteres diglicídicos de bisfenol A (DGEBA-R) e de uma possível dermatite exógena (dermatite causada por fatores externos), com o número mais elevado de casos no primeiro ano de trabalho.

Para além dos perigos químicos da exposição a resinas epóxicas, a estireno e a solventes, há que ter em conta outros gases, vapores e poeiras nocivos gerados no processo de fabrico. As poeiras e os gases da fibra de vidro, endurecedores, aerossóis e carbono podem causar problemas de saúde comuns, nomeadamente dermatites, tonturas, torpor, sonolência, lesões no fígado e nos rins, bolhas, queimaduras químicas e anomalias no sistema reprodutor.

As fábricas mais recentes podem investir mais em processos de produção modernos, nomeadamente em cabinas de pulverização robotizadas ou na moldagem por transferência de resina assistida a vácuo, que reduzem a exposição dos trabalhadores a substâncias perigosas e o seu contacto com essas substâncias; contudo, os processos de fabrico continuarão a levantar outros problemas de SST, aos quais continuará a ser necessário dar resposta. Com turbinas eólicas cada vez maiores, é necessário avaliar o impacto dos seus componentes maiores e mais pesados na SST dos trabalhadores que as produzem, especialmente no que respeita à carga física exercida sobre o corpo (movimentação manual, posturas inadequadas, etc.). As turbinas eólicas marítimas são cada vez mais produzidas e instaladas em novas unidades situadas em portos, o que é uma tendência interessante. Os trabalhadores podem montar componentes de maior dimensão preparados para serem diretamente içados para navios especializados na instalação de turbinas eólicas. Mais pode ser feito para avaliar os problemas musculoesqueléticos suscetíveis de ocorrer em consequência da maior dimensão destes componentes.

3.1.3. Riscos para a SST associados ao transporte de componentes de turbinas eólicas e de trabalhadores

Transportar componentes enormes de turbinas eólicas por centenas de quilómetros é mais do que um sério desafio logístico para o setor. Com efeito, suscita igualmente preocupações em relação à SST dos trabalhadores implicados no processo. Embora a maior parte dos acidentes rodoviários ocorra devido à queda de partes das turbinas dos veículos de transporte – por exemplo, num incidente, uma secção de turbina com 45 metros de comprimento colidiu com uma casa quando estava a ser transportada –, há igualmente registo de capotamento de veículos, de casos de deslocação da carga para diante, causando ferimentos graves nos motoristas, e de colisões com outros veículos, sobretudo em estradas estreitas. O transporte marítimo levanta problemas adicionais, como o transporte de componentes de turbinas maiores e mais pesadas ou mesmo de turbinas já montadas, a exposição às condições meteorológicas, o risco de encalhe ou de colisão, bem como os riscos inerentes a diferentes movimentações, como o balanço transversal e longitudinal. Para assegurar o transporte em segurança de componentes de turbinas, tanto em terra, como no mar, os riscos supramencionados têm de ser tidos em conta tão cedo quanto possível na fase de conceção do projeto, a fim de possibilitar a identificação do tipo de medidas a tomar, nomeadamente a necessidade de escolta, a definição de medidas de emergência, vias de acesso condicionado, declives acentuados, encerramento de corredores rodoviários, a aderência no piso da rodovia, pontos de viragem limitada ou as formas de comunicação necessárias. Deve, além disso, realizar-se um reconhecimento minucioso do percurso antes do transporte, a fim de prever e evitar situações perigosas.

A evolução para o fabrico dos componentes das turbinas marítimas em portos deverá minimizar a importância dos problemas inerentes ao transporte rodoviário. Porém, dado que as turbinas eólicas marítimas estão a ser implantadas a uma distância cada vez maior da costa, a distância a percorrer pelos trabalhadores no mar é também cada vez maior. Importa lembrar que não são apenas as implicações do transporte dos componentes para a SST que têm de ser tidas em conta. Embora as preocupações imediatas e óbvias em matéria de SST dos trabalhadores possam ser identificadas e corrigidas, os trabalhos relacionados com as turbinas podem esbolear igualmente problemas latentes que apenas se revelam após um longo período de tempo. Um destes problemas são as vibrações transmitidas a todo o organismo, normalmente causado pela deslocação em embarcações não preparadas para navegar em águas agitadas. A seleção dos navios de transporte (EWEA, 2009) é importante para assegurar que os trabalhadores realizam as suas viagens em segurança e que as vibrações transmitidas ao organismo e a consequente fadiga e desconforto são minimizados, a fim de evitar impactos na saúde dos trabalhadores e na sua capacidade para exercerem as suas funções em segurança. A Renewable UK elaborou um guia de segurança dos navios, que oferece orientações para os construtores de sistemas de energias renováveis no mar. O guia considera que uma boa seleção e um bom funcionamento dos navios são muito importantes e apresenta exemplos, como a exposição das tripulações dos pequenos navios a lesões resultantes das vibrações transmitidas a todo o organismo ou de choques graves resultantes de impactos, ou ainda dos riscos associados às vibrações, suscetíveis de causarem fadiga ou desconforto (nomeadamente enjoo), que podem ter consequências para a capacidade e a segurança (RenewableUK, 2012).

A acessibilidade dos parques eólicos marítimos depende muito das condições meteorológicas e da tecnologia escolhida para o transporte e a transferência dos trabalhadores da construção, exploração

e manutenção dos navios para as turbinas. A estratégia global utilizada nessa transferência é influenciada pelo sistema de acesso escolhido e pode ser otimizada através de modelos de previsão adequados, conjugados com tecnologias eficazes. Entretanto, prosseguem os trabalhos para disponibilizar sistemas de acesso e transferência centrados nos seguintes aspetos:

- o acesso rápido ao parque eólico em condições meteorológicas mais diversificadas;
- o modo de evitar o enjoo durante o transporte e as transferências de pessoal;
- a disponibilização de alojamento em plataformas marítimas; e
- a compensação total da movimentação nas transferências de pessoal para as turbinas.

O desenvolvimento desses sistemas garantirá maiores níveis de segurança e boas condições de segurança e saúde para os trabalhadores da energia eólica marítima.

Nos próximos anos, as atividades não cessarão de crescer em zonas muito movimentadas como é o caso do Mar do Norte. O setor da energia eólica marítima concorre pelo uso do espaço com os corredores de transporte marítimo, os operadores de plataformas marítimas e outras partes interessadas. Dado que o acesso às plataformas marítimas de exploração de petróleo e gás natural é geralmente feito de helicóptero, a construção de parques eólicos na sua vizinhança suscita muitos problemas, sendo necessário ter em conta a segurança dos helicópteros e não prolongar excessivamente os períodos de inacessibilidade às plataformas.

3.1.4. Riscos para a SST associados à construção de turbinas eólicas

A construção é reconhecidamente a fase mais complicada e talvez mais perigosa do ciclo de vida de uma turbina eólica, uma vez que envolve a instalação de componentes importantes, designadamente as fundações e a peça de transição, bem como a montagem da turbina. Inclui também a maior parte da elevação dos componentes mais pesados, juntamente com a realização de múltiplas tarefas em rápida sucessão, o que gera vários problemas de segurança.

Entre os perigos presentes na fase de construção dos parques eólicos figuram os seguintes:

- queda de estruturas, cargas ou objetos durante as operações de elevação;
- quedas em altura;
- perigos mecânicos, como o contacto com peças em movimento;
- riscos elétricos — curto-circuitos, sobrecargas, fenómenos eletrostáticos ou quedas causadas por choques;
- incêndio ou explosão das turbinas (utilização de materiais combustíveis) ou do navio;
- movimentação manual de componentes pesados das turbinas;
- riscos ergonómicos — fadiga causada pela subida de escadas ou do trabalho em espaços confinados, ou efeitos fisiológicos resultantes do levantamento de pesos e de movimentos repetitivos;
- trabalho com substâncias perigosas;
- trabalho em espaços confinados — a configuração de todas as nacelas faz com que sejam classificadas como espaços confinados;
- efeitos ambientais — vento, ondas e correntes, ou queda de raios;
- perigos organizacionais — pressão do tempo, equipamentos de segurança insuficientes ou inexistentes, falta de pessoal competente ou qualificado para trabalhar no setor da energia eólica, diferentes intervenientes/empresas envolvidos na mesma operação;
- exposição ao ruído e a vibrações;
- dificuldade em evacuar pessoas das turbinas eólicas devido à variação das condições meteorológicas e às diferenças em cada local;
- perigos no mar — operações e transporte marítimos, por exemplo, colisão de navios ou queda de homem à água.

A construção de instalações de energia eólica em terra e no mar exige um extenso trabalho de planeamento e um conhecimento aprofundado das condições locais, por exemplo, a localização, a topografia, o estado do solo e outros fatores.

Antes de dar início ao processo de instalação, tanto em terra como no mar, será necessário dispor de um depósito para armazenar os componentes de grande dimensão.

A construção de turbinas eólicas envolve alguns dos maiores equipamentos de elevação utilizados na atualidade e a elevação de componentes com mais de 80 toneladas a alturas superiores a 90 metros

exige a máxima atenção às questões de segurança. Por exemplo, o operador de uma grua morreu durante a instalação de turbinas numa localidade da Alemanha. O acidente resultou da queda sobre a cabina da grua de uma pá que estava a ser instalada por um contratante (Lee, 2012). Devido à sua dimensão, as gruas utilizadas tanto nos projetos terrestres como nos marítimos têm de ser transportadas desmontadas e novamente montadas quando chegam ao local da obra.

As gruas portáteis colocadas nas proximidades de instalações terrestres apresentam riscos de sobrecarga, movimentos não intencionais do braço ou do veículo suscetíveis de atingir outros trabalhadores, riscos para os trabalhadores situados fora do campo de visão do operador da grua, acesso inadequado à cabina e contacto com linhas elétricas. Muitos incidentes com gruas devem-se à inadequação das superfícies de apoio, sendo por isso necessário determinar, em relação a cada atividade, as pressões exercidas e a capacidade da superfície do solo para as suportar, quer se trate de içar uma carga ou de deslocar a grua.

Nos projetos marítimos, as gruas carregam os componentes para as estruturas de transporte, que depois flutuam até ao local do projeto. Estas gruas instaladas em embarcações estão disponíveis em diversos tamanhos, consoante o peso dos componentes a içar e de a carga ser içada para a plataforma de trabalho ou para a nacela. As embarcações usadas dependem da operação de elevação, mas trata-se normalmente de estruturas flutuantes ou de barcas autoelevadoras. Nas operações de elevação efetuadas no mar, há que ter em conta as condições meteorológicas extremas, que aumentam o peso da carga devido ao vento, os movimentos do navio durante a operação de elevação, o reduzido espaço de trabalho disponível na embarcação, a movimentação da turbina (quando instaladas em estruturas flutuadoras), o facto de poder ser necessário içar a carga sobre o convés e, finalmente, a presença na zona de outras embarcações envolvidas no processo de construção. A utilização de barcas autoelevadoras com várias pernas permite melhorar a segurança, pois, na medida em que as pernas são descidas e firmadas no fundo do mar, a embarcação eleva-se acima da superfície das águas e deixa de ser afetada pela ondulação. Fica, assim, totalmente estabilizada e permite realizar operações de elevação com precisão.

Um dos perigos evidentes do trabalho em parques eólicos, tanto terrestres como marítimos, é o das quedas em altura, que importa ter em conta não só na fase de construção, mas também nas fases de exploração, manutenção e desmantelamento. Por exemplo, um operário da construção com 19 anos de idade morreu em consequência de uma queda de 30 metros ao longo do veio de uma turbina eólica (BBC News, 2007). A turbina eólica estava a ser construída na altura e ele trabalhava no seu interior. Os trabalhadores estão expostos a quedas durante a construção da torre e, depois, quando a turbina é descida. Chegam a ficar suspensos no ar durante horas e podem ter de subir escadas e levantar materiais pesados. Quando trabalham no exterior da turbina, necessitam de pontos de ancoragem e cabos de tração certificados para o trabalho de instalação da nacela e das pás. Dentro da torre, podem correr riscos ao subirem as escadas fixas para acederem à nacela. Essas escadas devem estar protegidas por um guarda-corpo ou por um dispositivo de segurança anti-queda. Os sistemas verticais de prevenção de quedas devem acompanhar a escada em toda a sua altura e podem incluir um cabo de aço inoxidável ou galvanizado ou um carril de alumínio ou aço inoxidável. Os trabalhadores devem usar arneses de corpo inteiro presos aos sistemas verticais de prevenção de quedas por corredeiras ou mangas que os acompanhem nas subidas e descidas. Em caso de queda, a corredeira tem um sistema de bloqueio que a impeça.

A instalação de cabos elétricos entre as turbinas e a subestação e a sua posterior ligação à rede elétrica obedece a um padrão semelhante nos parques eólicos terrestres e nos marítimos. Todavia, a presença de água no ambiente marítimo adiciona-lhe outra dimensão, porque a instalação de cabos envolve operações de mergulho ou o recurso a veículos telecomandados. As atividades de mergulho são perigosas e fisicamente exigentes, podendo ser necessárias em várias fases do processo, designadamente na implantação das fundações, no assentamento de cabos, na soldadura, nas inspeções regulares das fundações e na reparação de diversas estruturas. Os mergulhadores enfrentam numerosos perigos para a segurança e saúde relacionados com o próprio mergulho e com o facto de trabalharem com ferramentas ou máquinas num ambiente subaquático, designadamente as mudanças de pressão a que estão sujeitos ao descerem ao fundo do mar e ao subirem à superfície, o equipamento volumoso e complexo que devem utilizar e a submersão durante períodos eventualmente longos. Os mergulhadores estão confrontados com as condições específicas de cada local, como as marés e os perigos existentes no fundo do mar, e têm de trabalhar com pouca luz ou com iluminação artificial. Além disso, os mergulhadores profissionais são frequentemente obrigados a trabalhar com ferramentas ou máquinas pesadas, o que exige muita experiência e formação. Todas as operações de mergulho devem ser bem planeadas e cuidadosamente geridas do princípio ao fim.

Embora no futuro possam vir a ser utilizados veículos telecomandados, designadamente para o assentamento de cabos, os mergulhadores profissionais continuam a ser necessários para muitas tarefas em águas pouco profundas.

Embora o número de trabalhadores envolvidos na fase de instalação dependa da dimensão do parque eólico, no desenvolvimento e exploração das turbinas, esta é a fase que mobiliza mais pessoal. Durante o período de construção (que pode demorar mais ou menos um ano, em função da dimensão do projeto, da sua localização e das condições meteorológicas), trabalham no local operários, engenheiros, inspetores, instaladores de turbinas, eletricitas, administrativos e gestores. Por exemplo, no projeto marítimo BARD, na Alemanha, trabalharam aproximadamente 500 trabalhadores na construção e instalação das turbinas eólicas. Em regra, a maioria dos trabalhos referentes à conceção, construção, instalação e colocação em serviço, são executados por contratantes. Tal como em quaisquer outras obras de construção, a gestão da SST na cadeia de subcontratação é essencial, mas no setor da energia eólica tem ainda mais importância, porque a maioria dos trabalhadores nunca terão trabalhado em parques eólicos, principalmente no mar. Uma boa gestão do projeto dependerá, portanto, dos seguintes aspetos:

- nomeação de pessoas competentes para as principais funções de segurança;
- seleção adequada dos subcontratados, valorizando a cultura de segurança e dando preferência aos contratantes que invistam na formação de pessoal competente e no desenvolvimento de métodos seguros, em vez de se ter apenas em conta os custos iniciais;
- comunicação eficiente das informações de segurança ao pessoal que delas necessita, inclusive entre os contratantes e as diversas fases de um projeto;
- adoção de disposições contratuais adequadas, que promovam a segurança no trabalho e definam indicadores-chave de desempenho pertinentes;
- controlo eficaz do desempenho dos contratantes com base nos referidos indicadores e no cumprimento dos métodos contratualmente previstos.

Em projetos marítimos anteriores, criaram-se vários centros de formação em terra para responder à falta de experiência ou de conhecimentos dos contratantes. A formação ministrada incluía dois dias de formação básica sobre segurança *offshore*, abrangendo matérias como os primeiros socorros, a proteção contra incêndios, o salvamento no mar, a segurança individual e a evacuação de helicóptero. Estes tipos de iniciativas visam garantir a segurança de todo o pessoal envolvido na fase de construção do projeto.

3.1.5. Riscos para a SST associados à exploração e à manutenção das turbinas eólicas

Uma vez operacionais, os parques eólicos são instalações basicamente automatizadas a que os trabalhadores só acedem para efeitos de manutenção e reparação. Independentemente de a turbina eólica estar instalada em terra ou no mar, as tarefas operacionais e de manutenção que os técnicos executam no seu interior são exatamente as mesmas. Entre as falhas operacionais a que o pessoal que trabalha no interior ou em redor das turbinas eólicas pode estar exposto contam-se as seguintes:

- colapso da torre;
- avaria das pás;
- colisão com a torre;
- incêndio;
- descargas atmosféricas.

As condições meteorológicas constituem um importante aspeto operacional que pode gerar riscos para os trabalhadores tanto dos parques eólicos terrestres como dos marítimos. Os planos de trabalho devem ter em conta as informações fornecidas pelos serviços meteorológicos nacionais, que não devem ser subestimadas pelos operadores dos parques eólicos. Na Finlândia, devido à proximidade do Círculo Polar Ártico, as condições atmosféricas podem dificultar particularmente a execução de certas tarefas, como as referentes à exploração e manutenção das turbinas eólicas. Para que os trabalhadores possam tomar as medidas adequadas para se prepararem e protegerem, a Harsh Weather Testing Network da Finlândia (Harsh Weather Testing Network, 2011) alerta antecipadamente para a ocorrência de condições adversas, sobretudo quando se prevê formação de gelo.

Muito embora os parques eólicos marítimos tenham alguns riscos idênticos aos das instalações terrestres, como o risco de eletrocussão proveniente dos cabos de alta tensão da turbina quando se trabalha no interior desta ou em seu redor, o ambiente marítimo agrava os problemas de segurança.

Dado que as torres eólicas marítimas não têm, normalmente, pessoal permanente, apresentam poucos riscos para os trabalhadores durante a fase de exploração. O elemento mais perigoso da exploração de um parque eólico marítimo é a transferência para as turbinas do pessoal incumbido de proceder às inspeções e à manutenção. Uma vez que o acesso só pode efetuar-se por barco ou por helicóptero, o estado do mar é determinante para se conseguir chegar às turbinas. Os trabalhadores podem ficar isolados na estrutura de uma turbina se a ondulação aumentar muito enquanto trabalham. O pessoal pode ficar alojado na plataforma de transmissão durante bastante tempo e este facto deve ser tido em conta no processo de conceção, no que se refere à segurança dos seres humanos em condições extremas.

Muito poucos estudos abordam efetivamente os efeitos das turbinas de pequena dimensão sobre a saúde em geral e nenhum avalia o impacto do ruído nos trabalhadores dos parques eólicos. O ruído das turbinas tem duas origens: mecânica, devido ao movimento das peças próximas do gerador, e aerodinâmica, devido à deslocação do ar causada pela rotação das pás. De um modo geral, este ruído oscila entre 35 e 50 decibel A (dBA), o que é comparável ao nível de ruído de fundo interior. A percepção deste ruído varia de pessoa para pessoa, sendo que algumas o consideram desagradável ou indesejável. Um ruído das turbinas eólicas entre 35 e 50 dBA pode ser associado à interrupção do sono em pessoas que vivam a menos de 2,5 km das turbinas, o que poderá ser problemático para os trabalhadores dos parques eólicos marítimos alojados em plataformas próximas das turbinas eólicas. Estas também podem produzir ruído de baixa frequência, que normalmente oscila entre 50 e 70 decibéis (dB). Desconhecem-se os efeitos para a saúde da exposição prolongada a baixos níveis de ruído de baixa frequência, mas algumas pessoas atribuem ao ruído das turbinas eólicas sintomas como dores de cabeça, tonturas, desequilíbrio, náuseas, exaustão, ansiedade, irritabilidade, depressão, problemas de sono crónicos, agressividade, zumbidos e dificuldades de concentração e aprendizagem (Heagle *et al.*, 2011). Por vezes, estes sintomas são coletivamente designados por síndrome da turbina eólica, mas até agora não há provas suficientes da sua existência.

As atividades de manutenção incluem tarefas comuns como a limpeza das pás, a lubrificação de peças, a revisão geral do gerador, a substituição de componentes e a reparação de unidades de comando elétrico. Geralmente, são tarefas mais repetitivas e em que os técnicos da manutenção se familiarizam com os riscos do trabalho em altura, em interação com a eletricidade e em espaços confinados, bem como com os procedimentos adotados para lhes fazer face. Ainda assim, as operações de manutenção nas turbinas eólicas podem apresentar dificuldades e vários perigos para a SST. Os desafios que os trabalhadores enfrentam ao fazer a manutenção dos parques eólicos terrestres e marítimos são diversificados e provêm tanto da própria instalação como das condições ambientais e meteorológicas exteriores, que podem ser extremamente difíceis, sobretudo no mar. O trabalho de manutenção dentro ou em redor da nacela envolve riscos associados às peças em movimento, se a nacela rodar, às peças quentes que causam queimaduras e aos cabos de alta tensão. Se as partes móveis da turbina (como as engrenagens e as pás) não estiverem adequadamente protegidas, podem provocar lesões graves, como o esmagamento de dedos ou das mãos, amputações, queimaduras ou lesões oculares graves, suscetíveis de causar cegueira. O acesso à nacela também obriga a subir escadas verticais muito altas (por exemplo, de 80 metros) em turbinas sem elevador ou com o elevador avariado. Os trabalhadores podem ter de subir as escadas várias vezes em cada turno, o que implica muito esforço físico e pode causar lesões músculo-esqueléticas e exaustão física, exigindo-lhes aptidão cardiorrespiratória, bem como pernas e braços fortes.

Nas inspeções e tarefas de manutenção relacionadas com as pás, os trabalhadores podem utilizar sistemas e equipamentos de proteção anti-queda semelhantes aos utilizados na instalação das turbinas. Nos casos em que os trabalhadores necessitem de aceder às pás a partir do exterior, devem utilizar-se equipamentos e técnicas de acesso com cabos mais especializados. Se for necessário fazer operações de manutenção frequentes, também podem instalar-se sistemas permanentes de prevenção das quedas, designadamente, sistemas de corrimãos horizontais presos à nacela ou elevadores montados no solo que transportem os técnicos para as plataformas, a fim de prevenir as quedas. Os equipamentos de prevenção de quedas utilizados pelos trabalhadores dos parques marítimos estão expostos a maiores intempéries, devendo ser concebidos para condições ambientais extremas.

É particularmente importante monitorizar a exposição dos trabalhadores a gases e poeiras quando trabalham em espaços confinados (Galman, 2009). Vários espaços na turbina eólica podem considerar-se confinados, designadamente as nacelas, as pás, o cubo do rotor, a torre, a base da torre e as caixas dos transformadores. As nacelas, as pás, o cubo do rotor, a torre e a base da torre

possuem a dimensão e a configuração adequadas para os trabalhadores poderem entrar, mas poucos meios de acesso e de saída, e não estão concebidos para longas permanências. Antes de entrar num espaço confinado, qualquer técnico da manutenção deve ter na sua caixa de ferramentas um monitor de gás portátil e testar amostras de ar do espaço em causa, a fim de se prevenir contra os múltiplos riscos com que se pode deparar, por exemplo, detetando gases tóxicos a concentrações de partes por milhão e gases inflamáveis no limite inferior de explosão. Um detetor normal de quatro gases inclui sensores que permitem controlar o oxigénio, o hidrogénio, o monóxido de carbono e o sulfureto de hidrogénio, os quais merecem especial atenção no trabalho em espaços confinados. Se a entrada num espaço confinado estiver sujeita a autorização, ou seja, se esse espaço puder conter perigos relacionados com a qualidade do ar (tóxico, inflamável ou asfixiante), com a sua envolvente ou qualquer outro perigo grave reconhecido, o empregador deve emitir uma autorização por escrito. Esta autorização deve descrever pormenorizadamente as medidas que devem ser tomadas para tornar o espaço seguro antes e durante a entrada. É essencial ministrar aos trabalhadores da manutenção formação adequada sobre o modo de enfrentar esses riscos e perigos em espaços confinados, bem como sobre a utilização do equipamento de medição.

Adicionalmente aos riscos relacionados com a presença de substâncias perigosas e a falta de oxigénio em espaços confinados, há que ter em conta outras questões, como a ergonomia e as lesões músculo-esqueléticas associadas a posições inadequadas e estáticas. As temperaturas elevadas também podem ser problemáticas, por exemplo, durante os trabalhos no interior da nacela, principalmente no verão, os quais também podem causar perturbações cardiovasculares.

A manutenção programada é preferível à não planeada, que geralmente implica uma pior organização do trabalho e pode envolver trabalhadores pouco familiarizados com o parque eólico ou com a turbina em causa, ou com os desafios específicos resultantes da sua localização. Se for necessário fazer manutenção reativa, recomenda-se (RenewablesUK, 2010) a ponderação das limitações decorrentes das condições meteorológicas; é necessário dispor de luz suficiente para trabalhar com segurança durante a noite, de equipamentos de proteção adequados para as tarefas a realizar e para o local onde devem ser realizadas, e procedimentos de emergência.

Devido à rapidez da evolução neste setor, os modelos de turbinas eólicas de primeira e segunda geração ainda em funcionamento não tiveram na devida conta os riscos operacionais e de manutenção para a SST de que agora temos conhecimento, nomeadamente o facto de os trabalhadores terem de subir a turbina várias vezes por dia ou a necessidade de trabalhar em espaços confinados. A melhoria dos meios técnicos de controlo, os ciclos de manutenção mais curtos e a inspeção à distância possibilitada pelos modelos mais recentes melhoraram a segurança e saúde no trabalho. As boas práticas de gestão, incluindo o envolvimento dos trabalhadores, são fundamentais para promover uma boa SST, mas o setor também deve ter em conta o stresse que a pressão para trabalhar com eficiência nos períodos frequentemente curtos em que há boas condições meteorológicas pode causar numa mão de obra sujeita a um trabalho muito exigente. A construção de plataformas marítimas em águas profundas e o facto de os trabalhadores terem de passar alguns períodos em plataformas de alojamento exigem que se investigue melhor as questões psicossociais associadas ao trabalho nos parques eólicos marítimos.

3.1.6. Infraestruturas associadas

Tanto as instalações terrestres como as marítimas implicam a instalação de redes de cabos de alta tensão para receber a eletricidade produzida e transportá-la para as subestações. Se a subestação for marítima, também será necessário um cabo de transporte para a rede terrestre. Estes cabos são pesados e difíceis de movimentar, sobretudo os cabos submarinos. De todos os cabos utilizados, os de exportação tendem a ser os mais pesados, com um diâmetro de cerca de 200 mm e um peso que ronda os 80 kg por metro. Os cabos de exportação também se danificam facilmente se não forem adequadamente movimentados e, caso fiquem danificados, o trabalho de reparação subsequente aumenta a exposição aos riscos marítimos (RenewableUK, 2013).

As operações de tração dos cabos envolvem a aplicação de elevadas forças de tração para contrariar os efeitos do peso dos cabos e do atrito contra as superfícies sobre as quais são puxados. Puxar um cabo para dentro da peça de transição do gerador de energia eólica implica uma tensão de várias toneladas e a tração dos cabos através de uma praia ou no seu subsolo exige uma tensão muito maior. Se os equipamentos se quebrarem ou soltarem, a energia armazenada é subitamente libertada, pondo em perigo todas as pessoas que estejam nas imediações. No caso das instalações

marítimas estas operações ainda são mais perigosas, visto ser mais difícil controlar a tensão exercida quando os guinchos das estruturas flutuantes puxam o cabo para dentro das estruturas fixas, e também devido ao pouco espaço disponível nas turbinas. O assentamento e a instalação de cabos prolongam-se para além das fronteiras do parque eólico, aumentando a interação com outros utilizadores em terra e no mar. Esta situação aumenta os riscos para outras pessoas, não só na fase de instalação destes cabos de alta tensão, mas também depois, quando outros trabalhos são executados na sua vizinhança.

Os riscos para a SST a que os trabalhadores podem ser expostos durante o assentamento de cabos em terra incluem o trabalho em escavações e valas, nas imediações de outras linhas elétricas ou condutas de gás, e de outras infraestruturas, na proximidade do tráfego rodoviário, nos espaços confinados dos túneis de passagem dos cabos, e a movimentação manual dos carretéis quando os cabos são puxados. O assentamento dos cabos também deve ser feito com cuidado, devido às tensões elétricas induzidas pelos outros cabos instalados em paralelo ou nas imediações.

O risco de eletrocussão e/ou de incêndio, sobretudo tendo em conta a vulnerabilidade das turbinas eólicas às descargas atmosféricas, constitui um verdadeiro problema. Para reduzir esse risco, todas as turbinas e os equipamentos associados devem ser concebidos de modo a serem compatíveis com o código de distribuição do operador da rede em causa e a cumprirem todas as recomendações técnicas e regras de segurança aplicáveis.

3.1.7. Reforço (repowering) e desmantelamento

Em terra, a expansão da energia eólica está a tornar-se cada vez mais difícil, dado que a maior parte dos locais adequados já estão ocupados e a expansão dos parques eólicos existentes é limitada pela escassez de vento na maioria das regiões do interior, bem como pelas restrições impostas pelo ordenamento do território (proteção do ambiente, conservação da natureza e da paisagem). Com estas condicionantes, o reforço das instalações permite aumentar a produção de eletricidade sem aumentar simultaneamente o espaço ocupado.

Entende-se por reforço (*repowering*) a substituição das turbinas eólicas mais antigas, mais pequenas e menos potentes por outras mais recentes e dotadas de maior potência. A experiência adquirida nesta área corrobora a ideia de que, do ponto de vista económico, pode fazer sentido utilizar esta opção muito antes de findarem os 20 anos de esperança de vida das turbinas. Quanto às implicações para a SST, a substituição dos principais componentes das turbinas eólicas terá riscos semelhantes aos descritos em relação às fases de construção e de manutenção. Além disso, quando se planeia o prolongamento da vida útil/reforço de uma turbina, é importante prever simultaneamente a modernização do seu nível de segurança e dos elementos de segurança necessários para o efeito (EU-OSHA, 2013b).

A expectativa é de que as turbinas eólicas funcionem durante cerca de 20 anos. Segundo a Vestas, empresa que produziu a primeira turbina em 1979, o tempo de vida útil de uma turbina eólica ativa pode ser igual ou superior a 30 anos. Embora já tenham sido desmanteladas turbinas, os parques eólicos de países como a Alemanha, a Dinamarca, o Reino Unido e a Espanha, onde a energia eólica é mais sólida, vão ser confrontados com o aumento das atividades de desmantelamento.

O aumento do desmantelamento de turbinas, com os riscos concomitantes para a SST, que deverá ter lugar nos próximos anos, deve-se à menor eficiência das primeiras gerações de turbinas, apesar dos avanços tecnológicos registados na conceção e produção de pás, que prolongaram a vida útil de muitas delas. Os riscos para a segurança e a saúde no trabalho associados às fases finais da vida das turbinas ou dos seus componentes não estão bem documentados no domínio público, mas é de presumir que sejam idênticos, na fase de desmantelamento, aos que estiveram presentes nas fases de construção e instalação. Muito provavelmente tais instalações foram concebidas sem ter em conta o período subsequente ao seu desmantelamento, nem o modo como seriam desmanteladas e as suas peças recicladas. É evidente que os processos de desmantelamento são muito diferentes consoante os parques eólicos se situem em terra ou no mar. Os processos de desmantelamento e transporte de um parque eólico marítimo são mais complexos e dispendiosos do que no caso dos parques terrestres, devido às condições climáticas (vento, ondulação, etc.) e à sua particular localização no mar (Ortegon *et al.*, 2013). As condições atmosféricas existentes no mar podem ter causado corrosão nas turbinas eólicas, pondo em risco a integridade técnica dos parques eólicos marítimos. Por exemplo, é previsível que a corrosão provoque falhas e suscite preocupações de segurança durante o desmantelamento das turbinas.

Inevitavelmente, a maior parte das tarefas de desmantelamento serão realizadas por empresas subcontratadas e os responsáveis terão de garantir a adoção de medidas de supervisão das suas atividades e a integração dessas medidas na sua cultura de SST enquanto estiverem no local. Mas os responsáveis não terão apenas dificuldades com os trabalhadores subcontratados; a falta de técnicos devidamente formados também poderá levar algumas empresas a recorrer a trabalhadores de empresas de trabalho temporário, o que dificulta a promoção pelos gestores de uma cultura de boa conduta em matéria de SST.

3.1.8. Gestão e reciclagem de resíduos

Na análise do ciclo de vida das turbinas eólicas, tanto terrestres como marítimas, presume-se que a maior parte dos seus materiais serão reciclados no fim desse ciclo. No entanto, as pás das turbinas, fabricadas quase totalmente em plástico termo endurecido (o único material que se conhece capaz de satisfazer as normas de fiabilidade, graças à sua resistência relativamente elevada e ao baixo peso), não podem ser recicladas no termo da sua vida útil. As pás desmanteladas têm três destinos possíveis: aterro, incineração ou reciclagem. A maioria é enviada para aterro, mas em vários países da UE é ilegal depositar materiais compósitos nos aterros. Outra modalidade comum é a incineração, mas as cinzas que subsistem após a incineração são consideradas poluentes devido à presença de materiais inorgânicos nos compostos e os gases da combustão podem ser perigosos. A última opção é a reciclagem como material ou como produto. No entanto, atualmente há poucos métodos eficazes para reciclar as pás das turbinas eólicas. Estas necessitam de ser cortadas em pedaços mais pequenos para poderem ser transportadas, o que pode causar problemas respiratórios devido às poeiras finas produzidas quando as pás são cortadas e desbastadas. Devido a essa falta de planeamento prospetivo, desconhecem-se as futuras práticas de tratamento dos resíduos das pás dos rotores, bem como as suas consequências para a segurança e a saúde dos trabalhadores.

4. Desafios futuros

A segurança e a saúde no trabalho, bem como a forma de a manter e melhorar, é uma questão muito importante no setor da energia eólica. À medida que o setor for evoluindo nos próximos anos, é preciso garantir que as normas de SST continuem a ser aplicadas e que são mantidos níveis de segurança elevados. Uma segurança e saúde no trabalho mais rigorosa neste setor melhorará a proteção dos trabalhadores e também a reputação da energia eólica.

O trabalho em colaboração para a divulgação de informações e a redução do nível dos riscos em todo o setor é fundamental. Entre os desafios a que o setor da energia eólica terá de responder ao desenvolver e melhorar os seus níveis de SST, figuram os seguintes:

Comunicação: a necessidade adotar estratégias para que todos os trabalhadores, contratantes ou visitantes recebam informações de SST atualizadas, designadamente sobre as medidas a tomar em caso de emergência ou acidente.

Partilha de informações: é necessário partilhar melhor as informações relativas à SST. Quanto mais essas informações forem partilhadas (por exemplo, estatísticas de acidentes), mais as empresas e organizações aprenderão com as experiências umas das outras, contribuindo para melhorar as normas de SST e as condições de trabalho. Importa manter um debate sensato e construtivo em permanência para que o regime de SST seja o mais eficaz possível.

Formação: a uniformização dos programas e a harmonização da certificação da formação (que incluíam a difusão de conteúdos educativos e técnicas adequados para o setor) reduziria os custos e o tempo perdido, além de aumentar a mobilidade dos trabalhadores da energia eólica. Os que possuírem o nível correto de formação no domínio da SST estarão mais seguros do que os insuficientemente formados. Essa formação tem de ser eficaz e compreensível, e abarcar todos os trabalhadores, incluindo os dos clientes e dos contratantes.

Competência: a formação no domínio da SST é um componente importante da SST no local de trabalho, mas só será eficaz se os trabalhadores compreenderem a formação recebida e as instruções que lhes são dadas. Devem adotar-se formas de verificar a competência do pessoal nesta matéria, incluindo os contratantes.

Conceção: muitos dos riscos de SST no setor da energia eólica provêm da fase de conceção. Esta fase é determinante para minimizar os problemas para a SST ao longo de todo o ciclo de vida das turbinas eólicas. Com a prevenção através da conceção, a SST será incorporada na conceção desde as fases iniciais de um projeto de parque eólico, eliminando os riscos e perigos à partida e ajudando a

prevenir ou minimizar os acidentes de trabalho e as doenças profissionais no setor. A indústria deve conceber os sistemas para serem seguros e não adaptar uma conceção para torná-la segura.

Harmonização de procedimentos e orientações: se as empresas e organizações falarem a mesma linguagem em matéria de SST será fácil transferir trabalhadores a nível internacional, perdendo-se menos tempo e recursos. Se trabalharem de acordo com orientações harmonizadas as empresas poderão colaborar melhor e as boas práticas melhorarão em todo o setor.

Estímulo ao recrutamento: a previsivelmente escassa entrada de trabalhadores qualificados neste setor causa grande preocupação no que à SST diz respeito, uma vez que muitos dos trabalhadores dispostos a ingressar na indústria têm pouca ou nenhuma experiência dos desafios que enfrentarão. Serão necessárias várias medidas para estimular o emprego e aumentar o número de trabalhadores qualificados (Boettcher *et al.*, n.d.). Entre elas poderão mencionar-se os esforços para atrair novos talentos através da criação de oportunidades iguais a outros setores concorrentes, como os do petróleo e do gás natural; um *marketing* eficaz de carreiras profissionais, que são simultaneamente difíceis e muito satisfatórias, para aumentar a atratividade do setor; ou o maior investimento na educação, talvez através da concessão de bolsas universitárias a engenheiros.

Gestão de resíduos: a energia eólica necessita de garantir que a falta de planeamento não impossibilita o cumprimento dos objetivos das energias renováveis. Quando uma turbina está a funcionar, produz energia verde, mas quando é desmantelada transforma-se repentinamente num problema porque os materiais utilizados (como os compostos de fibras de carbono, um dos principais materiais das pás das turbinas eólicas) não podem ser reciclados. Desde 2004, a maioria dos Estados-Membros aprovaram leis que proíbem a deposição desses compostos nos aterros. Além disso, a incineração dos plásticos é desencorajada devido à potencial libertação de subprodutos tóxicos. Em consequência de na fase de conceção destas turbinas eólicas não se ter ponderado as implicações dos materiais usados, o maior desafio que hoje se coloca é o de desenvolver um processo de reciclagem rentável e seguro para as pás de fibras de carbono indesejadas. Outra preocupação relativa à gestão dos resíduos é a atual utilização de nanomateriais.

Essa utilização gera potenciais problemas para os trabalhadores envolvidos no trabalho de gestão e reciclagem de resíduos, uma vez que pode expô-los a tintas ou poeiras com nanotubos de carbono ou outros nanomateriais. Para evitar estes riscos de SST nas últimas etapas do ciclo de vida das turbinas eólicas, é importante que as implicações futuras dos resíduos deste tipo de materiais sejam tidas em conta nas fases de conceção.

Investigação adicional

Na União Europeia, está em curso uma vasta investigação no domínio da energia eólica, sendo mais de 80 % da investigação a longo prazo realizada pela Associação Europeia da Energia Eólica, que inclui 27 institutos em sete Estados-Membros da UE (EWEA, 2010; EERA, 2010). Embora a SST propriamente dita não tenha grande visibilidade no atual plano de investigação, é provável que algumas das áreas investigadas a influenciem.

Devido à falta de dados sobre a exposição dos trabalhadores aos riscos (até agora os estudos centraram-se maioritariamente na segurança de terceiros), é necessário investigar melhor o domínio laboral para que o setor da energia eólica possa ser considerado um setor de trabalho seguro e responsável.

A investigação é sobretudo necessária nos seguintes domínios:

- o impacto das atividades profissionais na carreira e na saúde a longo prazo de todos os trabalhadores deste setor;
- as lesões músculo-esqueléticas que podem resultar da maior dimensão dos componentes utilizados na produção de turbinas;
- as novas combinações de riscos tradicionais em novos ambientes, incluindo ruído, vibrações, radiações eletromagnéticas, utilização de substâncias perigosas, doença vibroacústica e síndrome da turbina eólica;
- o uso, neste setor, de nanomateriais e possivelmente de outras novas substâncias com efeitos desconhecidos para a saúde; e
- o tratamento dos resíduos das pás dos rotores.

5. Referências

Asociación Empresarial Eólica (EAA), «Informe de índices de siniestralidad del sector eólico», informe n.º 3, Período 2007-2013, 12 de abril de 2013. Disponível em:

<http://www.aeeolica.org/uploads/documents/5324-informe-de-indices-de-siniestralidad-delsector-eolico-informe-3-periodo-2007-2012.pdf> (acedido em 15 de novembro de 2013).

BBC News, «Man dies after 100ft turbine fall», 2007. Disponível em:

http://news.bbc.co.uk/1/hi/scotland/tayside_and_central/6685447.stm

Boettcher, M., Nielsen, N.P. and Petrick, K., «Employment opportunities and challenges in the context of rapid industry growth», n.d. Bain & Company. Disponível em: <http://www.bain.com/Images/2008-11-01%20BB%20Wind%20energy%202008.pdf>

Byon, Y.D., «Season-dependent condition based maintenance for a wind turbine using a partially observed markov decision process», *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol. 25, N.º 4, 2010, pp. 1823-1834.

Duff, J., «Training wind energy workers», *Occupational Health & Safety*, 1 de abril de 2010, p. 4447.

Dvorak, P., «Lift assist "shortens" long ladders», 2010. Disponível em:

<http://www.windpowerengineering.com/maintenance/safety/lift-assist-%E2%80%98shortens%E2%80%99-long-ladders/>

EERA (Aliança Europeia de Investigação Energética), «The EERA joint programme on wind energy», 2010. Disponível em: <http://www.eera-set.eu/set.eu/index.php?index=23>

EU-OSHA (Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho), «Occupational safety and health in the wind energy sector», relatório do Observatório Europeu dos Riscos (da EU-OSHA), 2013a. Disponível em:

<https://osha.europa.eu/en/publications/reports/occupational-safety-and-health-in-the-wind-energy-sector>

EU-OSHA (Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho), *Green jobs and occupational safety and health: Foresight on new and emerging risks associated with new technologies by 2020*, 2013b. Disponível em:

<https://osha.europa.eu/en/publications/reports/green-jobs-foresight-newemerging-risks-technologies/view>

Comissão Europeia, «Europa 2020: Estratégia para um crescimento inteligente, sustentável e inclusivo», Comunicação da Comissão, Com(2010) 2020 final, 2010. Disponível em: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/HTML/?uri=CELEX:52010DC2020&from=PT>

EWEA (Associação Europeia de Energia Eólica), «European Wind Energy Platform, wind energy technology roadmap implementation plan 2010–2012», 2010. Disponível em: http://ec.europa.eu/energy/technology/initiatives/doc/wind_implementation_plan_final.pdf

EWEA (Associação Europeia de Energia Eólica), «Wind energy factsheets», 2012. Disponível em: http://www.ewea.org/fileadmin/swf/factsheet/8_employment.pdf

EWEA (Associação Europeia de Energia Eólica), «Wind in power, 2012 European statistics», 2013b. Disponível em:

http://www.ewea.org/fileadmin/files/library/publications/statistics/Wind_in_power_annual_statistics_2012.pdf

EWEA (Associação Europeia de Energia Eólica), «Wind energy FAQs», 2013a. Disponível em: <http://www.ewea.org/wind-energy-basics/faq/>

EWEA (Associação Europeia de Energia Eólica), «EU wind industry skills shortage: over 5,000 more workers needed per year», 2013b. Disponível em: <http://www.ewea.org/news/detail/2013/02/06/eu-wind-industry-skills-shortage-over-5000-more-workers-needed-per-year/>

EWEA (Associação Europeia de Energia Eólica), *Wind in power, 2013 European Statistics*, 2014. Disponível em:

http://www.ewea.org/fileadmin/files/library/publications/statistics/EWEA_Annual_Statistics_2013.pdf

Galman, D., «Cultivating safety at wind farms», *Occupational Health & Safety Journal*, janeiro 2009, p. 28.

Harsh Weather Testing Network, 'Harsh Weather Testing Network', 2011. Disponível em: <http://www.harshnet.eu>

Heagle, A. L. B., Naterer, G. F. and Pope, K., «Small wind turbine energy policies for residential and small business usage in Ontario, Canada», *Energy Policy*, Vol. 39, 2011.

Lee, A., «Falling blade kills worker during Vestas installation in Germany», *Recharge News*, 2012. Disponível em: <http://www.rechargenews.com/wind/article1301409.ece>

O'Sullivan, J., «Broken wind turbine blades create mountainous waste problem», *Co2 Insanity*, 12 de junho de 2011. Disponível em:

<http://co2insanity.com/2011/06/12/broken-wind-turbine-blades-create-mountainous-waste-problem/>

Ortegon, K., Nies, L. F. e Sutherland, J. W., «Preparing for end of service life of wind turbines», *Journal of Cleaner Production*, Vol. 39, 2013, pp.191-199.

Ponten, A., Carstensen, O., Rasmussen, K., Gruvberger, B., Isaksson, M. and Bruze, M., «Epoxy-based production of wind turbine rotor blades: occupational dermatoses», *Contact Dermatitis*, Vol. 50, 2004, pp. 329-338.

Rasmussen, K., Carstensen, O., Ponten, A., Gruvberger, B., Isaksson, M., Bruze, M., «Risk of contact allergy and dermatitis at a wind turbine plant using epoxy resin-based plastics», *International Archives of Occupational and Environmental Health*, Vol. 78, N.º3, 2005, pp. 211-217.

RenewableUK, *H&S guidelines: onshore & offshore H&S*, 2010. Disponível em:

<http://www.renewableuk.com/en/publications/index.cfm/guidelines-for-onshore-and-offshore-wind-farms>

RenewableUK, «Lifts in wind turbines», 2011. Disponível em:

<http://www.renewableuk.com/en/publications/index.cfm/Lifts-in-Wind-Turbines>

RenewableUK, «H&S guidelines: vessel safety», 2012. Disponível em:

<http://www.renewableuk.com/en/publications/index.cfm/vessel-safety-guide>

RenewableUK, «Offshore wind and marine energy health and safety guidelines», 2013: Issue 1.

Rose, C., «Where are the women in wind?», *Wind Directions*, abril de 2010, pp. 30-33. Disponível em: http://www.ewea.org/fileadmin/emags/winddirections/2010-04/pdf/WD_April_2010.pdf

United States Department of Labor, Occupational Safety & Health Administration, «Green job hazards: wind energy – falls», sem data. Disponível em:

http://www.osha.gov/dep/greeniobs/windenergy_falls.html

Wood, S., «COSHH failures blow £35,000 off wind power firm's profits», *Health and Safety at Work*, 2009.

Legislação e normas principais

Diretiva 89/391/CEE do Conselho, de 12 de junho de 1989, relativa à aplicação de medidas destinadas a promover a melhoria da segurança e da saúde dos trabalhadores no trabalho. Disponível em:

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31989L0391:pt:HTML>

Diretiva 92/57/CEE do Conselho, de 24 de junho de 1992, relativa às prescrições mínimas de segurança e de saúde a aplicar nos estaleiros temporários ou móveis (oitava Diretiva especial na aceção do n.º 1 do artigo 16.º da Diretiva 89/391/CEE). Disponível em:

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX:31992L0057>

Diretiva 98/24/CE do Conselho, de 7 de abril de 1998, relativa à proteção da segurança e da saúde dos trabalhadores contra os riscos ligados à exposição a agentes químicos no trabalho (décima-quarta Diretiva especial na aceção do n.º 1 do artigo 16.º da Diretiva 89/391/CEE). Disponível em:

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:1998:131:0011:0023:pt:PDF>

Diretiva do Conselho, de 29 de maio de 1990, relativa às prescrições mínimas de segurança e de saúde respeitantes à movimentação manual de cargas que comportem riscos, nomeadamente dorso-lombares, para os trabalhadores (quarta Diretiva especial na aceção do n.º 1 do artigo 16.º da Diretiva 89/391/CEE) (90/269/CEE). Disponível em:

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX:01990L0269-20070627>

Diretiva 2004/37/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 29 de abril de 2004, relativa à proteção dos trabalhadores contra riscos ligados à exposição a agentes cancerígenos ou mutagénicos durante o trabalho (sexta diretiva especial nos termos do n.º 1 do artigo 16.º da Diretiva 89/391/CEE do Conselho). Disponível em:

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2004:229:0023:0034:PT:PDF>

Diretiva 2006/42/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 17 de maio de 2006, relativa às máquinas e que altera a Diretiva 95/16/CE (reformulação). Disponível em:

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:157:0024:0086:PT:PDF>

Diretiva 2009/104/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de setembro de 2009, relativa às prescrições mínimas de segurança e de saúde para a utilização pelos trabalhadores de equipamentos de trabalho no trabalho (segunda Diretiva especial, na aceção do n.º 1 do artigo 16.º). Disponível em:

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:260:0005:0019:PT:PDF>

Diretiva 2009/28/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de abril de 2009, relativa à promoção da utilização de energia proveniente de fontes renováveis que altera e subsequentemente revoga as Diretivas 2001/77/CE e 2003/30/CE. Disponível em:

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/HTML/?uri=CELEX:32009L0028&from=pt>

Diretiva 96/53/CE do Conselho, de 25 de julho de 1996, que fixa as dimensões máximas autorizadas no tráfego nacional e internacional e os pesos máximos autorizados no tráfego internacional para certos veículos rodoviários em circulação na Comunidade. Disponível em:

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31996L0053:pt:HTML>

Diretiva 2009/28/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de abril de 2009, relativa à promoção da utilização de energia proveniente de fontes renováveis que altera e subsequentemente revoga as Diretivas 2001/77/CE e 2003/30/CE. Disponível em:

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/pt/TXT/PDF/?uri=CELEX:02009L0028-20130701&qid=1396266364534&from=pt>

Diretiva 96/53/CE que fixa as dimensões máximas autorizadas no tráfego nacional e internacional e os pesos máximos autorizados no tráfego internacional para certos veículos rodoviários em circulação na Comunidade. Disponível em:

http://ec.europa.eu/transport/modes/road/weights-and-dimensions_en.htm

Diretivas 2001/77/CE e 2003/30/CE. Disponíveis em:

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/pt/TXT/PDF/?uri=CELEX:02009L0028-20130701&qid=1396266364534&from=pt>