

Setor eólico: impactos ambientais negativos e ordenamento jurídico ambiental em nível federal

Wind sector: negative environmental impacts and environmental legal regulation at federal level

Nathália Ledra Turnes*
Reginaldo Geremias**

Resumo: O presente trabalho teve como objetivo geral realizar estudos dos impactos ambientais provocados pelo setor eólico e refletir se o ordenamento jurídico ambiental brasileiro na esfera federal tem sido satisfatório na precaução, prevenção e mitigação dos danos e na recuperação do meio ambiente atingido por essa atividade econômica. Os resultados obtidos nos estudos dos impactos ambientais negativos permitiram revelar que o setor eólico é capaz de provocar danos na atmosfera, no solo, na água, na fauna, na flora e na saúde e bem-estar da população humana. Constatou-se também que são poucas as leis de proteção ambiental direcionadas diretamente ao setor eólico e que elas não abrangem todas as etapas do processo produtivo. A partir dos resultados obtidos, concluiu-se que os problemas na regulamentação ambiental do setor podem comprometer a qualidade ambiental, sendo, portanto, necessário dirimir as omissões e fragilidades da legislação vigente.

Palavras-chave: Meio ambiente; Legislação ambiental federal; Setor eólico.

Abstract: This investigation aimed to study of environmental impacts caused by the wind power industry and reflect the Brazilian federal environmental legislation has been satisfactory in precaution, prevention and mitigation of impacts and

* Mestranda na condição de bolsista do Programa de Pós-graduação em Energia e Sustentabilidade da UFSC – Araranguá. Engenheira de Energia pela Universidade Federal de Santa Catarina. Realiza pesquisa relacionada às tecnologias de redes sem fio aplicadas ao monitoramento e controle da distribuição de energia elétrica, durante a graduação pesquisou sobre o ordenamento jurídico do setor energético brasileiro, gestão de projetos em energia e edificações sustentáveis.

** Doutor em Química pela Universidade Federal de Santa Catarina (2008). Mestre em Farmácia pela Universidade Federal de Santa Catarina (2002). Possui graduação em Farmácia pela Universidade Federal de Santa Catarina (1998). Atualmente é professor na Universidade Federal de Santa Catarina – Campus Araranguá. Realiza pesquisas na área de Energia e Sustentabilidade.

Submissão: 13.01.2020. **Aceite:** 15.07.2020.

restoration of the environment affected by this economic activity. The results of the studies showed that the wind power industry is capable of causing negatives impacts to air, soil, water, fauna, flora and the health and well-being of the human population. Few environmental protection laws directed directly to the wind power industry was found and that they do not cover all stages of the production process. In conclusion, the problems in the environmental regulation of the sector may compromise environmental quality, is therefore necessary to resolve the deficiencies and weaknesses of the current legislation.

Key-words: Environmental; Federal environmental legislation; Wind power industry.

Introdução

A matriz energética brasileira é caracterizada pela sua diversidade, sendo que a oferta interna de energia em 2018 apresentou valores de 83,3% para fontes renováveis e 16,7% para não renováveis, conforme dados divulgados no Relatório do Balanço Energético Nacional (BEN) do ano de 2019 pelo Ministério de Minas e Energia (MME, 2019). Dentre as fontes de energia renováveis exploradas no Brasil está a eólica, a qual, atualmente, apresenta 626 empreendimentos em operação, 70 em construção e 134 com construção não iniciada, conforme consta no Banco de Informações de Geração (BIG) da Agência Nacional de Energia Elétrica-ANEEL (ANEEL, 2019).

A energia eólica é descrita como sendo de fonte renovável e de menor impacto ambiental negativo, quando comparada a outras fontes energéticas, tais como petróleo e derivados, carvão mineral, gás natural e hidráulica. Entretanto, diversos estudos têm demonstrado que este setor energético é capaz de provocar impactos negativos na atmosfera, no solo, na água, na fauna, na flora e na saúde e bem-estar da população humana durante as diferentes etapas de sua cadeia produtiva. Estes estudos apontam para a necessidade de mecanismos de controle para a proteção do meio ambiente, sendo que o ordenamento jurídico pode servir como um dos instrumentos para este propósito (DAI *et al.*, 2015; WANG; WANG, 2015).

O Brasil apresenta um expressivo arcabouço jurídico voltado às atividades econômicas que são potencialmente ou efetivamente impactantes ao meio ambiente, incluindo-se a do setor energético. Entretanto, tem-se sugerido que o atual ordenamento jurídico do setor eólico apresenta omissões e fragilidades em termos de proteção ambiental, sendo que essa realidade aponta para a necessidade de maiores estudos e reflexões acerca desta problemática.

Partindo destes pressupostos é que o presente trabalho propôs realizar estudos dos principais impactos ambientais negativos provocados pelo setor eólico,

juntamente com a pesquisa da legislação brasileira ambiental na esfera federal voltada, diretamente, ao setor.

Estes estudos visaram a refletir se o ordenamento jurídico tem se mostrado satisfatório na proteção do meio ambiente impactado por esta atividade econômica e apontar alternativas para diminuir as possíveis omissões e fragilidades na legislação.

Impactos ambientais negativos do setor eólico

Em nossos estudos, foi efetuado um levantamento de referências teóricas publicadas por meios escritos e eletrônicos, cujo objeto são os principais impactos ambientais provocados pelo setor energético de fonte eólica. Com base nos estudos consultados, foi constatado que o setor eólico é capaz de provocar impactos negativos em diversas matrizes ambientais abióticas e bióticas e no bem-estar da população humana, os quais serão descritos a seguir.

Em relação aos impactos na atmosfera, pesquisas efetuadas por Roy e Traitteur (2010), tendo como referência dados obtidos em um parque eólico situado em San Gorgonio (Califórnia-Estados Unidos) e simulações em sistemas de modelagem, analisaram a oscilação de temperatura atmosférica em parques, sendo observado que estes empreendimentos provocam um efeito de aquecimento durante a noite e de arrefecimento durante o dia na atmosfera local. Esse fenômeno ocorre em decorrência da intensificação da mistura vertical do ar atmosférico, a qual faz com que o ar quente vá para baixo, ocasionando o aquecimento do ar frio que está perto da superfície.

Keith e colaboradores (2004) realizaram estudos de simulações de modelos climáticos nos laboratórios da Universidade de Calgary, no Canadá, com o intuito de avaliar a alteração de temperatura na camada limite da atmosfera em zonas de interação com turbinas eólicas. Sugeriu-se que as alterações resultantes dos picos de temperatura sazonal podem ser de até $\pm 0,5$ Kelvin. Os autores concluíram que a utilização em larga escala da energia eólica pode provocar oscilações na temperatura local e global, devido à alteração no transporte turbulento do ar na camada limite atmosférica.

A emissão de gases de efeito estufa (GEE) promovida por parques eólicos *onshore* foi avaliada em estudo realizado por Chen, Yang e Zhao (2011), tendo como referência um parque situado em Guangxi, na China. De acordo com a pesquisa, o principal gás emitido durante o ciclo de vida de uma usina eólica é o CO₂. Foi estimado que um parque eólico operando por período de 20 anos emite, aproximadamente, 9.930 toneladas de CO₂, o que equivale à emissão de 0,002 kg de CO₂ por MJ de energia gerada. Estimou-se que 68,8% da emissão total de CO₂

nestes empreendimentos é proveniente de obras de construção civil. Os processos de fabricação dos componentes mecânicos e eletrônicos das turbinas eólicas são responsáveis por 27,1% e as fases de operação e manutenção emitem apenas 3,5% do total dos gases. A utilização de combustíveis fósseis é extensiva durante o processo de fabricação dos componentes necessários durante a construção dos parques eólicos. Visto que a queima destes combustíveis resulta em grandes quantidades de poluentes, os autores puderam estimar a participação de cada componente na emissão total de GEE relacionada ao processo de fabricação dos mesmos. Os resultados apontam que, dos componentes utilizados na construção civil, a produção de barras de aço é responsável, em média, por 30,6% das emissões, e o concreto por 67,1%. Na produção dos componentes de turbinas eólicas, as nacelles representam 56,4% das emissões, os rotores 32,3% e as torres representam 11,3%.

Em estudo realizado por Reimers, Özdirik e Kaltschmitt (2014), em um parque eólico *offshore*, localizado na parte alemã do Mar do Norte, a 50 km da costa, foram avaliadas as emissões de GEE durante o seu ciclo de vida. Estimou-se que ao longo do ciclo de vida do parque em questão foram lançadas 507.000 toneladas de CO₂ na atmosfera, o que equivale à emissão específica de 16,8 g de CO₂ por kWh gerado. Segundo os autores, a etapa de fabricação dos componentes da usina é a maior contribuinte para a emissão dos gases, sendo responsável por 64% do total, enquanto que a fase de instalação, incluindo os transportes, possui a contribuição mais baixa, com apenas 5%, e a fase operacional, juntamente com a fase de manutenção do parque, somam 25%. Constatou-se, também, que durante a fase de operação em parques eólicos *offshore* 47% das emissões de GEE são liberados na operação do conversor de energia eólica. A torre, as pás do rotor, a caixa de velocidade e a placa-cama também contribuem para as emissões na fase de operação, sendo que a massa de CO₂ emitido por cada componente é proporcional às massas dos mesmos. Além disso, 39% das emissões totais de GEE relacionadas à construção de parques *offshore* é proveniente da fabricação do aço necessário na estrutura de revestimento com os seus anexos e as pilhas para a fixação ao fundo do mar. A ligação à rede, incluindo as subestações, contribui com apenas 14%. Durante a fase operacional, a maior parte das emissões de GEE provém do transporte de componentes e funcionários, por navios ou helicópteros, sendo que 33% das emissões são atribuídos à operação de navios especializados para troca de grandes componentes, enquanto o transporte de peças sobressalentes e lubrificantes ocupa a grande proporção de 46%.

Em trabalho de revisão da literatura feito por Raadal (2011), que buscou compreender a emissão de GEE em parques eólicos *onshore* e *offshore*, foi constatado que a fase de construção civil é a que possui maior contribuição nas

emissões desses gases, sendo responsável por cerca de 90 a 99% do total. Este estágio inclui a produção de materiais e componentes da usina, a eliminação de resíduos, o transporte, a montagem e a instalação. Entretanto, a produção de aço é a atividade relacionada que mais contribui para as emissões, seguida pela produção de concreto. Constatou-se também que as emissões de GEE na fase operacional de uma usina eólica são, relativamente, insignificantes, quando comparadas às emissões totais do empreendimento.

Em relação aos impactos no solo e na água, pesquisas feitas por Filho, Azevedo e Fernandes (2013) no estado de Minas Gerais e trabalho de revisão da literatura realizado por Dai e colaboradores (2015) apontam que as etapas de instalação e operação das usinas eólicas podem provocar a degradação da área ocupada e seu biosistema, em virtude do processo de desmatamento, topografia e terraplenagem. Os impactos gerados pela terraplenagem estão relacionados às atividades de retirada e soterramento da cobertura vegetal, que expõe o solo a fortes ventos e chuvas, resultando na erosão do mesmo, alteração do nível hidrostático, abertura de cortes transversais e longitudinais e aterros para a abertura de vias de acesso, área de manobra para caminhões, pás mecânicas e tratores de esteira, preparação do terreno para a instalação do canteiro de obras. Destacam-se, também, a impermeabilização e compactação do solo causadas pela introdução de material sedimentar durante a etapa de implantação, visando a proporcionar o tráfego de veículos sobre a rede de vias de acesso aos aerogeradores, ao canteiro de obras, ao depósito de materiais, do escritório e do almoxarifado. Águas residuais e óleo do canteiro de obras também podem infiltrar no solo e levar a sérios problemas ambientais. Além disso, a implantação de usinas eólicas em locais inadequados pode provocar impactos em sítios arqueológicos (FILHO; AZEVEDO; FERNANDES, 2013; DAI *et al.*, 2015).

Os estudos dos impactos negativos na fauna e na flora descrevem que as usinas eólicas têm sido frequentemente associadas com a morte de aves e morcegos em decorrência da colisão com as turbinas. Wang e Wang (2015) analisaram as evidências disponíveis relacionadas à produção de energia eólica, em termos de ruídos, mortes de pássaros e morcegos e demais impactos na superfície terrestre, por meio da compilação de diversos trabalhos da literatura. De acordo com os autores, as turbinas eólicas geram dois tipos de ruído: mecânicos e aerodinâmicos. Os ruídos gerados podem ter efeito sobre a mortalidade de algumas espécies de morcegos, as quais são conhecidas por orientar-se via ecolocalização e podem ser atraídas pelo ruído ultrassom produzido pelo vento em contato com às hélices da turbina eólica.

Outros aspectos influenciam na mortalidade de morcegos em parques eólicos, incluindo-se a colisão dos mesmos nas pás da turbina, a interferência na percepção ocasionada pelos campos eletromagnéticos complexos produzidos, causando desorientação, e a modificação das condições meteorológicas (inversão térmica, chuva intensa, vento muito forte ou muito fraco), a qual influencia nas condições de voo, ocasionando uma maior probabilidade de colisão dos indivíduos com as pás das turbinas. A presença de parques eólicos também pode ser relacionada com a morte de pássaros, se as instalações da usina forem localizadas em regiões onde as aves são abundantes. Os principais fatores que determinam a mortalidade das aves por colisão incluem topografia da paisagem, direção e força dos ventos locais, as características de *design* das turbinas e a distribuição espacial das mesmas. Segundo os mesmos autores, a mortalidade de aves varia de 0,02 a 0,6 colisões por turbinas por ano e as espécies mais suscetíveis são as aves de rapina (WANG; WANG, 2015).

Dai e colaboradores (2015) descreveram diversos estudos da literatura, visando compreender questões associadas ao desenvolvimento da energia eólica, bem como os impactos ambientais causados por ela. De acordo com os autores, entre as principais questões ambientais relacionadas ao uso de energia eólica estão a segurança de animais selvagens, a perturbação de sistemas biológicos, o ruído gerado, a poluição visual e eletromagnética. Os autores apontam que, em estudo realizado nos Estados Unidos, observou-se que as torres eólicas podem provocar a mortalidade de aves através de colisões. Relata-se que a taxa de mortalidade de aves é, em média, de 2,3 aves por turbina por ano para turbinas eólicas com rotor com diâmetros que variam de 33 m a 72 m. Nos mesmos estudos, foi descrito que, além das espécies que comumente são afetadas, as turbinas eólicas também provocam a mortalidade de algumas espécies raras de aves, tais como águias-douradas, cisnes e a espécie *Cantabian capercaillies*, conforme dados obtidos da Associação Canadense de Energia Eólica.

Existem vários fatores determinantes para que empreendimentos eólicos contribuam para a mortalidade de aves, como o desenho da turbina e sua disposição, as espécies de pássaros que possuem rota no local de influência da usina e variáveis climáticas. A mortalidade de aves é maior para turbinas de treliça do que para outros tipos de torres. A localização e o *layout* do parque eólico, juntamente com o ângulo formado entre a trajetória de voo das aves e a orientação, também possuem influência sobre a taxa de mortalidade desses animais. Esta taxa aumenta se as turbinas estiverem localizadas em cumes, em encostas contra o vento ou perto das rotas de migração das aves (DAI *et al.*, 2015).

De acordo com as estatísticas obtidas nos estudos desenvolvidos nos municípios de Alameda, Contra Costa e Solano, situados nos Estados Unidos, as águias-douradas, gaviões-de-rabo-vermelho e falcões-americanos são mortos mais frequentemente do que perus, abutres e corvos, sendo que este fato pode ser atribuído aos comportamentos de forragem ou características de voo dessas aves. Outros impactos negativos que turbinas eólicas e suas infraestruturas associadas podem causar em aves são a destruição do *habitat*, o efeito de barreira e o impacto sobre a procriação e comportamento alimentar. Algumas turbinas eólicas podem criar barreiras físicas, as quais impedem o acesso das aves ao seu *habitat* natural, onde se alimentam. As correntes de ar produzidas pelo funcionamento das turbinas eólicas também podem assustar as aves e estreitar seus territórios de voo, o que pode influenciar no comportamento de forrageamento das aves (DAI *et al.*, 2015).

Dai e colaboradores (2015), em seus estudos da literatura, constataram que as aves tentam evitar linhas de energia e locais de construção de estradas a uma distância de pelo menos 100 metros. Além disso, as linhas de energia e estradas podem causar grande fragmentação do *habitat* e fornecer um caminho de invasão para espécies exóticas. De acordo com os autores, tem sido observada uma alta taxa de mortalidade de morcegos perto de empreendimentos eólicos, sendo que sua pesquisa revelou que turbinas eólicas influenciam na mortalidade da população de morcegos locais e também de espécies migratórias. Os primeiros estudos apontaram que pelo menos 50% dos morcegos foram mortos devido à queda de pressão repentina perto das bordas da turbina, a qual acarretou barotrauma e hemorragia interna. Alguns dos fatores que influenciam na mortalidade de morcegos são a localização dos empreendimentos eólicos e a altura da turbina. Parques eólicos em cumes florestais e torres muito altas apresentam maior perigo para os morcegos, onde a taxa de mortalidade dos mesmos aumenta exponencialmente à medida que a altura da torre aumenta.

Empreendimentos eólicos também podem provocar impactos negativos sobre espécies marinhas. A construção das fundações das torres eólicas pode tornar a água do mar turva e introduzir objetos estranhos no fundo do mar, o que pode acarretar danos à fauna e à flora bentônica. A mudança na distribuição dos peixes ocasionada pela interferência no vento e a formação de recifes de corais artificiais devido à estrutura subaquática também podem influenciar na biodiversidade local. No entorno da fundação das turbinas, a abundância e a diversidade das comunidades bentônicas aumentaram mais do que as comunidades na fauna nativa. As turbinas eólicas construídas na água do mar causam um aumento na população de peixes, possivelmente devido à maior oferta de alimento no entorno. Além disso, o ruído e o campo eletromagnético próximos das turbinas podem causar

impactos negativos aos peixes e aos mamíferos marinhos, como os botos e selos, especialmente durante a fase de construção (DAI *et al.*, 2015).

As usinas eólicas podem provocar impactos na flora local, principalmente a supressão da vegetação e fragmentação local dos ecossistemas relacionados, notadamente, durante a fase de construção da usina, nas etapas da terraplenagem e obras civis (KUNZ *et al.*, 2007; WANG; WANG, 2015).

Por fim, em relação aos impactos provocados na população humana, tem-se proposto que a implantação de parques eólicos também causa alguns desconfortos à população residente na vizinhança do empreendimento. Muitos desses desconfortos são temporários e estão relacionados ao período de obras. A interferência no cotidiano da comunidade local dá-se pelo aumento de fluxo de veículos, pela poluição sonora, insegurança no trânsito, aumento temporário da densidade demográfica local – devido à geração de empregos – e aumento da especulação imobiliária. O acréscimo do fluxo de veículos, principalmente pesados, pode gerar insegurança aos demais motoristas, por causa de eventuais desvios e interrupções do tráfego. Além disso, os trabalhadores de usinas eólicas e demais pessoas que estão em sua área de influência estão sujeitos a acidentes, por estarem em local de risco (WANG; WANG, 2015).

O aumento temporário da densidade demográfica local é fator preocupante, pois pode gerar problemas relacionados à falta de moradia, vandalismo e prostituição. Impactos visuais na paisagem, poluição sonora, interferência em radares e em sistemas de comunicação também são alguns dos impactos socioambientais relacionados aos empreendimentos eólicos. Turbinas eólicas podem ter efeitos adversos à saúde humana, se situadas muito perto de áreas residenciais. Tais efeitos incluem distúrbios do sono, ansiedade, irritação, estresse e convulsões de epilepsia (WANG; WANG, 2015).

Legislação ambiental federal do setor eólico

Os estudos da legislação foram conduzidos mediante pesquisa bibliográfica em diferentes dispositivos legais ambientais em nível federal voltados, direta ou indiretamente, à regulamentação do setor eólico. Eles serviram de subsídios para posterior reflexão sobre a efetividade da legislação em termos de proteção do meio ambiente impactado por essa categoria de empreendimento energético.

Além da atual Constituição Federal do Brasil, foi possível constatar a existência de diversas leis na esfera federal que regulam o setor produtivo em termos de proteção ambiental, dentre as quais destacam-se: A Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente e de seus diferentes órgãos de gestão; a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 (Lei

dos Crimes Ambientais), que dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente; e a Lei Federal nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Entretanto, os conteúdos previstos nestes dispositivos legais não abordam diretamente o setor energético e, de forma específica, de fonte eólica, mas trazem objetivos, princípios, diretrizes, instrumentos e sistema de gestão de forma mais genérica (BRASIL, 1988; MACHADO, 2013).

Constatou-se que algumas Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) tratam de regulamentação do setor energético, com ênfase no processo de licenciamento ambiental, estudos de impactos ambientais (EIA) e respectivos Relatórios de Impacto Ambiental (RIMA) voltados aos serviços de exploração, geração e distribuição de energia elétrica, mas de forma mais genérica e não especificamente ao setor eólico. Dentre elas, destacam-se a Resolução nº 001, de 23 de janeiro de 1986, que dispõe sobre o estudo de impacto ambiental e respectivo relatório de impacto ambiental; a Resolução nº 006, de 16 de setembro de 1987, a qual estabelece regras gerais para licenciamento ambiental de obras de grande porte, notadamente de instalações de geração de energia elétrica; e a Resolução nº 237, de 19 de dezembro de 1997, que dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental (CONAMA, 1986; CONAMA, 1987; CONAMA, 1997).

Na pesquisa sobre os dispositivos legais na esfera ambiental voltados mais diretamente ao setor eólico, foram encontradas a Resolução do CONAMA nº 279, de 27 de junho de 2001, a Resolução do CONAMA Nº 462, de 24 de julho de 2014 e o Decreto nº 8.437, de 22 de abril de 2015, cujas principais diretrizes são a seguir descritas.

A Resolução 279/2001 foi criada em um contexto de crise energética em que havia a necessidade de acelerar o processo de licenciamento ambiental dos empreendimentos desse setor. Nesta Resolução, é estabelecido um procedimento simplificado de licenciamento dos empreendimentos de baixo porte que era necessário para o incremento da oferta de energia do país, incluindo-se as usinas eólicas, conforme previsto em seu artigo 1º, inciso IV. No seu anexo I, consta o conteúdo mínimo para o Relatório Ambiental Simplificado (RAS), o qual inclui a descrição do projeto, o diagnóstico e prognóstico ambiental, bem como as medidas mitigadoras e compensatórias (CONAMA, 2001).

A Resolução do CONAMA Nº 462, de 24 de julho de 2014, estabelece critérios e procedimentos específicos para o licenciamento ambiental de empreendimentos de geração de energia elétrica a partir de fonte eólica em superfície terrestre. Em seu Artigo 3º é designado que caberá ao órgão licenciador o enquadramento quanto

ao impacto ambiental dos empreendimentos, considerando o porte, a localização e o baixo potencial poluidor da atividade. No § 1º do mesmo artigo, há a previsão de que a existência de Zoneamento Ambiental e outros estudos que caracterizem a região, bacia hidrográfica ou bioma da região deve ser considerada no processo de enquadramento do empreendimento. O § 2º do referido artigo preconiza que o licenciamento ambiental de empreendimentos eólicos considerados de baixo impacto ambiental deverá ser realizado mediante procedimento simplificado (RAS) e dispensa apresentação do EIA/RIMA. No mesmo artigo, em seu § 3º, é definido que não serão considerados de baixo impacto os empreendimentos eólicos que estejam localizados: em formações dunares, planícies fluviais e de deflação, mangues e demais áreas úmidas; no bioma Mata Atlântica e implicar corte e supressão de vegetação primária e secundária no estágio avançado de regeneração; na Zona Costeira e implicar alterações significativas das suas características naturais; em zonas de amortecimento de unidades de conservação de proteção integral, adotando-se o limite de 3 km (três quilômetros) a partir do limite da unidade de conservação, cuja zona de amortecimento não esteja ainda estabelecida; em áreas regulares de rota, pouso, descanso, alimentação e reprodução de aves migratórias constantes em relatórios oficiais; em locais em que venham a gerar impactos socioculturais diretos que impliquem inviabilização de comunidades ou sua completa remoção; em áreas de ocorrência de espécies ameaçadas de extinção e áreas de endemismo restrito, conforme listas oficiais. Nestes casos, a Resolução exige a apresentação de Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA), além de audiências públicas (CONAMA, 2014).

No Anexo I da Resolução nº 462/2014, encontra-se a proposta de termo de referência, a qual estabelece o conteúdo mínimo para a elaboração dos Estudos de Impactos Ambientais (EIA) para empreendimentos eólicos, que inclui: informações gerais de identificação do empreendimento; caracterização do empreendimento; estudos de alternativas tecnológicas construtivas e de localização; planos, programas e projetos governamentais e privados propostos e em implantação na área de influência; diagnóstico ambiental; análise integrada para avaliar e identificar os impactos decorrentes do empreendimento; prognóstico ambiental; medidas mitigadoras e programas ambientais; compensação ambiental; o relatório de impacto ambiental, entre outros (CONAMA, 2014).

Na referida Resolução, em seu artigo 5º, há a previsão de que os empreendimentos eólicos sujeitos ao procedimento simplificado de licenciamento deverão elaborar relatórios simplificados. No seu Anexo II, há a proposta de conteúdo mínimo para a elaboração do Relatório Simplificado de Licenciamento Ambiental (RAS), que deve conter informações gerais de identificação do empreendimento e

estudo ambiental, incluindo a caracterização ambiental, identificação e avaliação dos impactos ambientais e medidas mitigadoras/compensatórias. No parágrafo único do artigo 5º é descrito que o órgão licenciador poderá, em uma única fase, atestar a viabilidade ambiental, aprovar a localização e autorizar a implantação do empreendimento eólico de baixo impacto ambiental, sendo emitida diretamente licença de instalação, cujo requerimento deverá ser realizado antes da implantação do empreendimento, desde que apresentadas medidas de controle, mitigação e compensação (CONAMA, 2014).

O artigo 6º da referida Resolução preconiza que, sempre que o órgão licenciador julgar necessário, deverá ser promovida Reunião Técnica Informativa para apresentação e discussão dos estudos ambientais e das demais informações, garantida a consulta e a participação pública. No artigo 9º, parágrafo único, há a previsão de que, quando houver a necessidade de supressão de vegetação para a instalação dos empreendimentos eólicos, a autorização correspondente deverá ser requerida na fase da Licença de Instalação, com a apresentação dos estudos pertinentes. O artigo 10 prevê que as autorizações para manejo de fauna silvestre em licenciamento ambiental, quando requeridas para a elaboração de estudos ambientais, deverão ser emitidas em um prazo máximo de 20 (vinte) dias a partir de seu requerimento e da apresentação das informações solicitadas pelo órgão licenciador. De acordo com o artigo 16, independentemente do enquadramento quanto ao impacto ambiental dos empreendimentos de geração de energia eólica, caso exista potencial de impacto ao patrimônio espeleológico, deverão ser elaborados os estudos previstos em legislação própria. Por fim, no artigo 17, é previsto que os empreendimentos eólicos deverão ser dotados de tecnologia adequada para evitar impactos negativos sobre a fauna (CONAMA, 2014).

O Decreto nº 8.437, de 22 de abril de 2015, prevê em seu Artigo 3º, inciso VII, alínea a, que usinas eólicas, no caso de empreendimentos e atividades *offshore* e zona de transição terra-mar, serão licenciadas pelo órgão ambiental federal (BRASIL, 2015).

Portanto, com base nestes estudos do ordenamento jurídico, pode-se constatar que a maioria dos dispositivos legais apresenta correlações indiretas com o setor eólico, embora este se encontre em expansão na matriz energética brasileira.

Algumas reflexões e proposições

O Brasil, atualmente, é referência no mercado de energias renováveis e, dentre elas, destaca-se a de fonte eólica. Dados da Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEÓLICA, 2019) apontam que, ao final do ano de 2019, o país contava com um total de 620 usinas e 15,45 GW de potência eólica instalada,

o que representou um crescimento de 5,07% de potência em relação a dezembro do ano anterior, quando a capacidade instalada era de 14,70 GW. Foram gerados um total de 55,9 TWh de energia eólica ao longo de 2019.

A expansão nacional do setor faz suscitar a necessidade de se obter maior conhecimento sobre os vários aspectos envolvidos na sua cadeia produtiva, incluindo os seus impactos negativos sobre o meio ambiente e as estratégias capazes de prevenir e mitigar estes impactos. Neste contexto, a realização do estudo do ordenamento jurídico ambiental associado à análise dos impactos negativos causados pelo setor assume um papel de grande importância, uma vez que pode fornecer informações relevantes sobre possíveis omissões e fragilidades na legislação.

Em nossos estudos, foi possível constatar que o setor eólico pode provocar impactos negativos ao meio ambiente e na população humana, mesmo utilizando energia provinda de fonte renovável. Entretanto, esta constatação deu-se através de estudos científicos realizados em outros países, sendo que trabalhos que tratam deste tema ainda são escassos no território brasileiro, possivelmente em virtude de a implementação de usinas que utilizam o recurso eólico ser mais recente no país, quando comparado a outras plantas que utilizam outros recursos, tais como o petróleo e derivados, carvão e o hídrico. Visto o atual crescimento do uso do recurso eólico no Brasil para geração de energia, cabe apontar a necessidade de se fomentar mais pesquisas nesta área de conhecimento. Estes estudos induziriam a criação de leis ambientais voltadas diretamente ao setor e fundamentariam as mesmas, tornando-as mais adaptadas à realidade socioeconômica e ambiental brasileira.

Na pesquisa sobre a legislação ambiental em nível federal – notadamente, a atual Constituição Federal, as leis da Política Nacional do Meio ambiente, da Política Nacional de Resíduos Sólidos e dos Crimes Ambientais, além de Decretos e Resoluções – foi constatado que elas apresentam diversos princípios, diretrizes, instrumentos, competências e sistemas de gestão voltados à proteção ambiental. Entretanto, são poucos os conteúdos destes dispositivos legais voltados, diretamente, ao setor energético que contemplem suas diferentes etapas do processo produtivo, sendo ainda mais restritos os relacionados diretamente ao setor eólico. Entende-se que este perfil demonstra omissão e fragilidade no ordenamento jurídico, o que pode comprometer o seu papel na regulação de medidas de precaução, prevenção e mitigação dos danos e recuperação do meio ambiente impactado por esta atividade econômica.

Em nossos estudos sobre a legislação específica do setor eólico, foi constatado que, apesar de a primeira torre eólica ter sido instalada no Brasil em 1992, o tema

foi tratado de forma expressa apenas a partir de 2001, por meio da criação da Resolução do CONAMA nº 279, a qual estabelece um procedimento simplificado para a obtenção do licenciamento em caso de empreendimentos energéticos considerados de pequeno potencial de impacto ambiental, incluindo eólicas e outras fontes de energia. Ressalta-se que apenas em 2014 foi criada a Resolução do CONAMA nº 462, sendo que esta se dedica única e exclusivamente ao processo de licenciamento de empreendimentos eólicos, estabelecendo parâmetros de classificação de acordo com o seu potencial poluidor, e descreve os respectivos processos para obtenção do licenciamento ambiental. Portanto, esse lapso temporal permite constatar um atraso na regulamentação ambiental do setor.

Destaca-se, ainda, que a Resolução do CONAMA nº 462/2014 prevê que o Relatório Ambiental Simplificado pode ser utilizado no processo de licenciamento de empreendimentos eólicos, desde que o mesmo não cause potencial e significativo dano ambiental. Entretanto, verificou-se que esta modalidade de Relatório ambiental apresenta importantes limitações, pois deixa de contemplar avaliações ambientais mais aprofundadas sobre os impactos futuros dos empreendimentos e atividades de pequeno porte e baixo potencial poluidor. Desta forma, faz-se necessária a revisão e/ou ampliação do conteúdo mínimo exigido nos relatórios simplificados, de forma que este contemple importantes aspectos ambientais atualmente não previstos nos mesmos.

Os estudos apontam que a legislação voltada unicamente ao setor eólico é escassa e que as leis existentes dão maior ênfase para a etapa de instalação do empreendimento, com ênfase aos processos de licenciamento ambiental, sendo que as demais etapas do ciclo de vida dos empreendimentos eólicos ainda não são efetivamente contempladas.

Por fim, outro aspecto a ser levado em consideração, é que a legislação possível de ser acessada encontra-se de forma descentralizada em diferentes ambientes virtuais oficiais dos diversos órgãos governamentais, o que dificulta a pesquisa e compilação dos dispositivos legais em estudo. Assim, a criação de um ambiente virtual contendo um compilado da legislação ambiental do setor poderia contribuir para o acesso e a pesquisa desta temática.

Conclusão

Na presente pesquisa, constatou-se que, apesar de o setor eólico utilizar recurso renovável para geração de energia elétrica, o mesmo é capaz de provocar impactos ambientais negativos sobre o meio ambiente e na população humana.

Na atmosfera, os principais impactos constatados estão relacionados com oscilações de temperatura e emissões de CO₂. Por sua vez, no solo e na água,

as atividades do setor causam degradação da área ocupada e do seu biossistema local, o que pode incluir retirada e soterramento da cobertura vegetal, erosão e danos em sítios arqueológicos. Os impactos na flora e na fauna mais recorrentes nas pesquisas foram a morte de aves e morcegos, sendo que parques *offshore* também podem provocar impactos negativos sobre espécies da fauna e na flora bentônica. Na população humana, pode-se observar interferências no cotidiano da comunidade próxima aos empreendimentos eólicos, poluição sonora, falta de moradia, vandalismo e prostituição, além de distúrbios do sono, ansiedade, irritação, estresse e convulsões de epilepsia.

Os impactos aqui descritos foram extraídos, majoritariamente, a partir da pesquisa de trabalhos realizados em outros países, uma vez que foram encontrados poucos estudos nesta área de conhecimentos executados em território brasileiro. Cada país apresenta características bióticas e abióticas específicas, sendo que a atividade do setor eólico pode causar danos diferentes em cada bioma, muitos dos quais ainda não identificados. Portanto, esta realidade faz suscitar a necessidade do fomento a pesquisas mais representativas dos impactos ambientais negativos causados pelo setor eólico no Brasil.

Por meio da pesquisa referente à legislação do setor eólico, constatou-se que ainda são poucas as leis de proteção ambiental na esfera federal direcionadas especificamente ao setor eólico e que as leis atuais não abrangem todas as etapas do processo produtivo do setor, o que pode comprometer o meio ambiente. Desta forma, há a necessidade do aperfeiçoamento na legislação, de forma a dirimir suas omissões e fragilidades.

Por fim, a expectativa é de que os estudos aqui executados possam servir como subsídios norteadores de ações na esfera científica e jurídica que visem a contribuir para a precaução, prevenção e mitigação dos danos e recuperação do meio ambiente atingido por esta importante atividade econômica.

Referências

ABEEÓLICA. Boletim Anual de Geração Eólica (2019). Disponível em: <http://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2020/06/Boletim-Anual-de-Gera%C3%A7%C3%A3o-2019v.pdf>. Acesso em: 26 dez. 2020.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Banco de Informação de Geração. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>. Acesso em: 10 dez. 2019.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal, 2010. 544 p.

BRASIL. Decreto nº 8.437, de 22 de abril de 2015. Regulamenta o disposto no art. 7º, caput, inciso XIV, alínea “h”, e parágrafo único, da Lei Complementar nº 140, de 8 de dezembro

de 2011, para estabelecer as tipologias de empreendimentos e atividades cujo licenciamento ambiental será de competência da União. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2015/Decreto/D8437.htm . Acesso em: 08 mar. 2019.

CHEN, G. Q., YANG, Q., ZHAO, Y. H. Renewability of wind power in China: a case study of nonrenewable energy cost and greenhouse gas emission by a plant in Guangxi. **Renewable & Sustainable Energy Reviews**. v. 15, p. 2322-9, 2011.

CONAMA. Resolução nº 001, de 23 de janeiro de 1986. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>. Acesso em: 06 fev. 2019.

CONAMA. Resolução nº 006, de 16 de setembro de 1987. Estabelece regras gerais para Licenciamento Ambiental de Obras de Grande Porte, notadamente de instalações de geração de energia elétrica. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0686.html>. Acesso em: 15 mar. 2019.

CONAMA. Resolução nº 237, de 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>. Acesso em: 16 jun. 2019.

CONAMA. Resolução nº 279, de 27 de junho de 2001. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res01/res27901.html>. Acesso em: 20 abr. 2019.

CONAMA. Resolução nº 462, de 24 de julho de 2014. Estabelece procedimentos para o licenciamento ambiental de empreendimentos de geração de energia elétrica a partir de fonte eólica em superfície terrestre, altera o art. 1º da Resolução CONAMA nº 279, de 27 de julho de 2001, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=703>. Acesso em: 25 set. 2016.

DAI, K.; BERGOT, A.; LIANG, C.; XIANGE, W. N.; HUANG, Z. Environmental issues associated with wind energy: a review. **Renewable Energy**. v. 75, p. 911-921, 2015.

FILHO, W. P. B.; AZEVEDO, A. C. S.; FERNANDES; T. V. M. Licenciamento ambiental de usinas eólicas no estado de Minas Gerais. **Revista Hidro & Hydro**, v. 15, n. 57, abr./jun. 2013.

KEITH, D. W.; DE CAROLIS, J. F.; DENKENBERGER, D. C.; LENSCHOW, D. H.; MALYSHEV, S. L.; PACALA, S.; RASCH, P. J. The influence of large-scale wind power on global climate. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 101, p. 16115-16120, 2004.

KUNZ, T. H.; ARNETT, E. B.; ERICKSON, W. P.; HOAR, A. R.; JOHNSON, G. D.; LARKIN, R. P.; TUTTLE, M. D. Impactos ecológicos do desenvolvimento da energia eólica em morcegos: questões, as necessidades de pesquisa e hipóteses. **Fronteiras em Ecologia e Meio Ambiente**, v. 5, n. 6, p. 315-324, 2007.

MACHADO, P. A. L. Direito Ambiental Brasileiro. 21. ed. rev., amp. e atual. São Paulo: Malheiros, 2013, 1311 p.

MME. Ministério de Minas e Energia. Balanço Energético Nacional 2019. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-377/topico-494/BEN%202019%20Completo%20WEB.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2019.

RAADAL, H. L.; GAGNON, L.; MODAHL, I. S.; HANSSENA, O. J. Life cycle greenhouse gas (GHG) emissions from the generation of wind and hydro power. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, n. 7, p. 3417-3422, 2011.

REIMERS, B.; ÖZDIRIK, B.; KALTSCHMITT, M. Greenhouse gas emissions from electricity generated by offshore wind farms. **Renewable Energy**, v. 72, p. 428-438, 2014.

ROY, S. B.; TRAITTEUR, J. J. Impactos dos parques eólicos nas temperaturas do ar de superfície. **Proceedings da Academia Nacional de Ciências**, v. 107, n. 42, p. 17.899-17.904, 2010.

WANG, S.; WANG, S. Impacts of wind energy on environment: a review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 49, p. 437-443, 2015.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Banco de Informação de Geração. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>. Acesso em: 10 dez. 2019.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal, 2010. 544 p.

BRASIL. Decreto nº 8.437, de 22 de abril de 2015. Regulamenta o disposto no art. 7º, caput, inciso XIV, alínea “h”, e parágrafo único, da Lei Complementar nº 140, de 8 de dezembro de 2011, para estabelecer as tipologias de empreendimentos e atividades cujo licenciamento ambiental será de competência da União. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2015/Decreto/D8437.htm. Acesso em: 08 mar. 2019.

CHEN, G. Q., YANG, Q., ZHAO, Y. H. Renewability of wind power in China: a case study of nonrenewable energy cost and greenhouse gas emission by a plant in Guangxi. **Renewable & Sustainable Energy Reviews**. v. 15, p. 2322-9, 2011.

CONAMA. Resolução nº 001, de 23 de janeiro de 1986. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>. Acesso em: 06 fev. 2019.

CONAMA. Resolução nº 006, de 16 de setembro de 1987. Estabelece regras gerais para Licenciamento Ambiental de Obras de Grande Porte, notadamente de instalações de geração de energia elétrica. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0686.html>. Acesso em: 15 mar. 2019.

CONAMA. Resolução nº 237, de 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>. Acesso em: 16 jun. 2019.

CONAMA. Resolução nº 279, de 27 de junho de 2001. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res01/res27901.html>. Acesso em: 20 abr. 2019.

CONAMA. Resolução nº 462, de 24 de julho de 2014. Estabelece procedimentos para o licenciamento ambiental de empreendimentos de geração de energia elétrica a partir de fonte eólica em superfície terrestre, altera o art. 1º da Resolução CONAMA nº 279, de 27 de julho de 2001, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=703>. Acesso em: 25 set. 2016.

- DAI, K.; BERGOT, A.; LIANG, C.; XIANGE, W. N.; HUANG, Z. Environmental issues associated with wind energy: a review. **Renewable Energy**, v. 75, p. 911-921, 2015.
- FILHO, W. P. B.; AZEVEDO, A. C. S.; FERNANDES, T. V. M. Licenciamento ambiental de usinas eólicas no estado de Minas Gerais. **Revista Hidro & Hydro**, v. 15, n. 57, abr./jun. 2013.
- KEITH, D. W.; DE CAROLIS, J. F.; DENKENBERGER, D. C.; LENSCHOW, D. H.; MALYSHEV, S. L.; PACALA, S.; RASCH, P. J. The influence of large-scale wind power on global climate. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 101, p. 16115-16120, 2004.
- KUNZ, T. H.; ARNETT, E. B.; ERICKSON, W. P.; HOAR, A. R.; JOHNSON, G. D.; LARKIN, R. P.; TUTTLE, M. D. Impactos ecológicos do desenvolvimento da energia eólica em morcegos: questões, as necessidades de pesquisa e hipóteses. **Fronteiras em Ecologia e Meio Ambiente**, v. 5, n. 6, p. 315-324, 2007.
- MACHADO, P. A. L. Direito Ambiental Brasileiro. 21. ed. rev., amp. e atual. São Paulo: Malheiros, 2013, 1311 p.
- MME. Ministério de Minas e Energia. Balanço Energético Nacional 2019. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-377/topico-494/BEN%202019%20Completo%20WEB.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2019.
- RAADAL, H. L.; GAGNON, L.; MODAHL, I. S.; HANSSENA, O. J. Life cycle greenhouse gas (GHG) emissions from the generation of wind and hydro power. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, n. 7, p. 3417-3422, 2011.
- REIMERS, B.; ÖZDIRIK, B.; KALTSCHMITT, M. Greenhouse gas emissions from electricity generated by offshore wind farms. **Renewable Energy**, v. 72, p. 428-438, 2014.
- ROY, S. B.; TRAITTEUR, J. J. Impactos dos parques eólicos nas temperaturas do ar de superfície. **Proceedings da Academia Nacional de Ciências**, v. 107, n. 42, p. 17.899-17.904, 2010.
- WANG, S.; WANG, S. Impacts of wind energy on environment: a review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 49, p. 437-443, 2015.