

Estudo do Potencial de Geração de Energia Eólica no Estado de Goiás

Thomas E. G. F. Kohler, Luís G. Moreira, Sérgio M. Brandão, Rosemberg F. N. Rodrigues & Márcio J. Dias

A energia eólica consiste em transformar energia cinética dos ventos em energia elétrica. Neste trabalho é demonstrado o avanço do potencial energético, como é produzida e distribuída a energia eólica. É provada a capacidade eólica do estado de Goiás, por meio da análise técnica da distribuição e velocidade dos ventos. Os locais mais adequados para a instalação de Parques Eólicos no estado são nos municípios São Domingos e Guarani de Goiás, comparando com o Parque Eólico de Palmas, e explicitando incentivos para impulsionar esta forma de obtenção de eletricidade como fonte de abastecimento de eletricidade para o estado de Goiás.

Palavras-chave: *energia renovável; parque eólico; estado de Goiás.*

Wind energy consists of transforming wind kinetic energy into electrical energy. This paper demonstrates the advancement of energy potential, as wind energy is produced and distributed. The wind capacity of the state of Goiás is proved by the technical analysis of the distribution and speed of the winds. The most suitable locations for the installation of wind farms in the state are in the municipalities of São Domingos and Guarani de Goiás, compared to the Palmas Wind Farm in Paraná, and explaining incentives to boost this form of obtaining electricity as a source of energy for the state of Goiás.

Keywords: *renewable energy; wind farm; state of Goiás*

Introdução

A fonte de energia mais utilizada no Brasil é a hidráulica. Contudo, em 2015, o país enfrentou uma crise neste setor frente à escassez de chuvas. Por consequência, desde então, para suprir o consumo dos brasileiros, a cada ano, o governo começou a utilizar em maior escala as usinas termelétricas, que promovem grande emissão de poluentes e possuem elevado custo para os consumidores finais. Notando-se os crescentes investimentos destinados a energias renováveis no Brasil, decidiu-se estudar o potencial do estado de Goiás quanto à energia gerada pelos ventos, campo ainda pouco explorado nesse estado.

Energias renováveis podem ser classificadas como convencionais, tradicionais e novas. As fontes convencionais são oriundas de potenciais hidráulicos; as tradicionais são provenientes de biomassa primitiva, como lenha. As novas são as que têm ganhado mercado nos últimos anos, começando a competir com as fontes de geração tradicionais, podem ser citados os painéis solares fotovoltaicos, os aquecedores solares, turbinas eólicas, pequenas centrais hidrelétricas, usinas geotermais, geração por intermédio da biomassa proveniente de cana-de-açúcar e óleos vegetais¹.

O grande desafio produtivo e econômico deste século é expresso pela alteração da matriz energética, com o provável esgotamento das reservas de petróleo e aumento da utilização de energias renováveis. Todo esse cenário é acompanhado pelas mudanças climáticas observadas, causadas pela emissão de poluentes em sua maioria provenientes dos combustíveis fósseis da matriz energética mundial².

Apesar de seu grande potencial eólico, o Brasil tem um aproveitamento muito baixo nesta forma de geração de energia renovável, tendo como foco as regiões Nordeste, Sul e Sudeste do país. Em 2002, houve a criação do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfra) fazendo com que o setor elétrico no país crescesse de forma considerável.

Segundo Eduardo Azevedo, as fontes de energia competem entre si, mas complementam umas às outras, então

secretário de Planejamento e Desenvolvimento Energético do Ministério de Minas e Energia (MME) de 2018³.

Para a aplicação desta fonte de energia são necessários incentivos fiscais, pois apesar da fácil instalação, o custo é elevado devido à tecnologia avançada e ao transporte das partes das turbinas e, principalmente, os custos para utilização dos territórios onde são instalados os parques eólicos, na maioria dos casos sendo propriedades federais ou estaduais. Em contrapartida, trata-se de uma tecnologia renovável, não alterando a geografia da região e não obriga que as comunidades locais deixem suas residências e alterem seu modo de vida.

O presente trabalho visa demonstrar o potencial eólico do estado de Goiás, por meio do estudo de viabilidade técnica da qualidade dos ventos para a geração de energia e condições legais para exploração energética. Desta forma, realizando comparações com parques eólicos em condições climatológicas semelhantes e encontrar incentivos econômicos que podem ser criados ou já existentes a serem destinados à produção eólica no estado de Goiás.

Revisão Bibliográfica

A energia do vento é explorada há milhares de anos, suas aplicações mais antigas incluem a extração de água de poços, produção de grãos e outras aplicações agrícolas. Esta energia vem evoluindo e se tornou uma das formas de produção de energia limpa mais conhecidas do mundo. O grande avanço desta tecnologia ocorreu na década de 70 quando houve a crise do petróleo, nesta época houve uma grande infusão de dinheiro em pesquisas nos Estados Unidos, Dinamarca e Alemanha para encontrar fontes alternativas de energia. Contudo, nos anos 80 os incentivos nos Estados Unidos haviam desaparecido, devido a isso, esta área da energia eólica teve um grande encolhimento. Por outro lado, na Europa, os investimentos continuaram sendo o motivo de, até recentemente o continente ser o líder referente a esta tecnologia⁴.

Os avanços tecnológicos na área da energia eólica foram muito expressivos, as turbinas eólicas destinadas

para uso comercial dispunham de uma potência nominal de 10 kW a 50 kW, no início da década de 90 a potência do maquinário foi elevada para o intervalo de 100 kW a 300 kW. Entre os anos de 1995 e 1997, ampliou-se o potencial eólico de 300 kW para 1,5 MW, dando início à geração de turbinas de grande porte. Segundo o Atlas de Energia Elétrica (ANEEL, 2005) “Em 1999 surgiram as primeiras turbinas eólicas de 2MW e hoje existem protótipos de 3,6 MW e 4,5 MW sendo testados na Espanha e Alemanha. A capacidade média das turbinas eólicas instaladas na Alemanha em 2002 foi de 1,4MW e na Espanha de 850 kW. Atualmente, existem mais de mil turbinas eólicas com potência nominal superior a 1 MW em funcionamento no mundo.” Um dado importante, juntamente com o avanço da potência é a velocidade média dos ventos para que seja viável a exploração desta fonte de energia^{5,6}.

Por meio destas tecnologias desenvolvidas ao longo das décadas, foi possível chegar à tecnologia atual, o gerador eólico, ou aerogerador. Este é composto por um rotor ligado a, em sua maioria, 3 pás que oferecem resistência ao vento fazendo com que o rotor se mova, entregando de 19 a 30 rpm. Este eixo ligado ao rotor é chamado de eixo de baixa rotação, a esta velocidade não é possível gerar energia elétrica, por isso é ligado à caixa multiplicadora entregando 1500 rpm no eixo de alta velocidade, o qual é conectado ao gerador elétrico^{7,9}.

Dentro do aerogerador, esta parte fundamental desta tecnologia o gerador elétrico, como observa-se na Figura 1, principal responsável pela produção da eletricidade, este é composto pelo condutor, fio convoluto como uma bobina, a parte interna do gerador é revestida com vários imãs acoplados que cingem a bobina. Ao receber a alta rotação do eixo, é gerado um campo magnético neste sistema no qual a energia mecânica é convertida em energia elétrica^{7,9,10}.

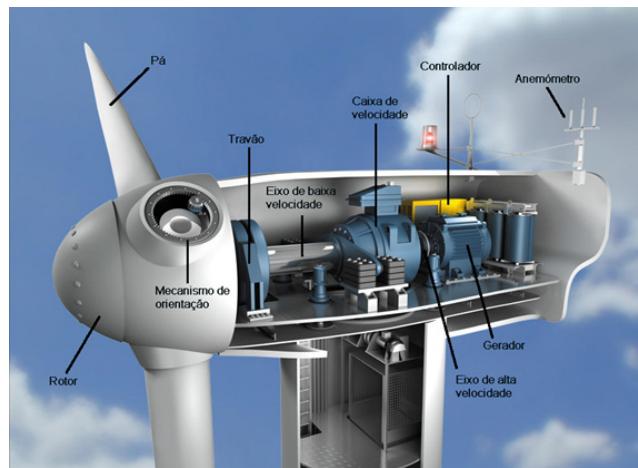


Figura 1: - Componentes do aerogerador. **Fonte:** Le Gues, 2012. Adaptado pelo autor.¹¹

Ao ser produzida, a eletricidade, pode ser encaminhada a duas aplicações distintas, sendo estas o Sistema Isolado e o Sistema Integrado à rede. No primeiro, conhecido como Off-Grid, a eletricidade é armazenada em baterias e é utilizada em residências e redes de pequena escala, na segunda, é denominado In-Grid, aplicação à eletricidade é injetada na rede elétrica e utilizada em maior escala e para fins comerciais. Então passa por um transformador para chegar a uma voltagem compatível a um dos destinos anteriormente citados^{10,12}.

Dentre os componentes já citados, existem outros que também constituem toda a estrutura do aerogerador como, o Controle de Direção, responsável por rotacionar o aerogerador como um todo, apontando o rotor para a melhor direção em que este receberá a incidência de ventos adequada para a entregar a máxima eficiência da tecnologia eólica. Os dados, para determinar a posição que a turbina eólica deve estar, são apontados pelo Anemômetro, transmitindo a velocidade e posição do vento para o controlador. Este profissional reconhece e envia os dados recolhidos para a central de controle, onde o aerogerador pode ser operado remotamente, determinado assim a quanto atuante serão os freios, ou travão, conectados ao eixo de

baixa rotação definindo a velocidade de rotação do rotor, indicando ao Controle de Direção a melhor posição e o ângulo de inclinação das pás para a melhor incidência dos ventos.^{8,9}

Apesar de todos os avanços na área de energias renováveis, principalmente eólica e solar, os combustíveis fósseis ainda dominam a matriz energética mundial, e o impacto do consumo destes combustíveis causa danos ambientais que podem e devem ser reduzidos.

Segundo Rocha *et al*¹³,

Consequentemente, vários países estão caminhando para a sustentabilidade e eficiência energética. De acordo com dados da Agência Internacional de Energia (IEA), a energia mundial produzida em 2014 foi constituída 67% de combustíveis fósseis, 11% de energia nuclear, e 22% de energia renovável. Além disso, a energia hidroelétrica contabilizada como 16% do total da matriz energética mundial; isto constituiu 74% do total de energia proveniente de fontes renováveis. Diante desse desafio, fontes renováveis de energia vêm recebendo maior atenção dos governos nacionais.

Durante as últimas décadas, a degradação do meio ambiente tem se mostrado evidente, perante às mudanças climáticas observadas, assim como aos estudos empíricos realizados comprovantes da elevação da temperatura global, segundo Dincer¹⁴.

A instalação de um parque eólico é mais rápida e causa menos impacto ambiental quando comparada com a instalação de outras formas de geração energética. Porém, existem alguns impasses que fazem com que os parques eólicos não se tornem alvos certos de todos os investidores. Segundo Herbert *et al.* (2007), a energia é o ingrediente básico para o desenvolvimento socioeconômico de qualquer país. Por possuir esse caráter essencial ao desenvolvimento das nações e se utilizar de combustíveis fósseis, a geração de energia elétrica responde por mais de 33% de toda a emissão de CO₂ relacionada ao setor de energia no mundo^{15,16}.

Atualmente, no Brasil, há uma perspectiva de investimento na geração de energia eólica. Segundo a Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica), a energia eólica possuía, em agosto de 2014, cerca de 4,5

GW de capacidade instalada país afora, distribuídos em 181 usinas. Somente em 2013, realizaram-se quatro leilões de energia, dos quais, três contemplaram a fonte eólica, resultando em 4,7 GW de energia contratada, boa parte na região Nordeste. Um recorde para o setor¹⁷.

Para este fim, algumas estratégias de incentivo devem apoiar a redução do risco financeiro para potenciais investidores no mercado de energia renovável. O Estudo feito no artigo Wind Power Generation tem como objetivo analisar o impacto de estratégias de incentivo fiscal no risco de financiamento de produção de energia eólica¹⁸.

No estudo realizado para a instalação de um parque eólico, pode-se dividir o processo de projeto de instalação de um parque eólico em projeto conceitual, o qual consiste na validação e confirmação de uma ideia como a melhor solução a atender à necessidade em questão¹⁹.

Fases do projeto conceitual:

- Clarificação
- Concepção
- Análise
- Definição
- Validação

A execução é subdividida em implementação, comissionamento e operação. Dentro da análise se encontram os estudos de sustentabilidade técnico econômica, campo no qual se concentram os estudos realizados no presente trabalho. A denominada engenharia econômica consiste na aplicação de técnicas de análise econômica às decisões de engenharia visando determinar o desenvolvimento de um projeto viável e decidir sobre alternativas excludentes. Dentre as principais empresas brasileiras atuantes no setor eólico a busca pelo preço do terreno baixo é comum. Contudo algumas optam por abordar também a questão do impacto social econômico das comunidades com grande potencial eólico transformação da comunidade por meio do aluguel da propriedade projetos sociais visando à redução das carências das regiões, à coordenação de sustentabilidade no desenvolvimento de educação, lazer e à distribuição de água potável.

A seleção do local para implantação de um parque eólico depende das condições específicas do vento para a geração de energia. Tal processo se divide nas seguintes etapas: escolha do site (análise dos ventos, topografia, meio ambiente, documentação, acessos e conexão elétrica), a qual é parcialmente abordada neste artigo; medição dos ventos (locação de torre anemométrica, especificação de equipamentos e campanha de medição) e micrositing (determinação da energia, limitações e escolha da melhor turbina)²⁰.

Uma medição confiável de vento para a estimativa de produção de energia é premissa básica para suporte à decisão sobre a realização de um empreendimento eólico. Erros nas medições de vento no local em avaliação podem comprometer todo o empreendimento eólico. De acordo com o Guia de Boas Práticas para Instalação de Estações Anemométricas, um erro na medição de vento de 9%, pode superestimar a produção de energia por uma turbina de 600kW em 21%. Além da correta obtenção de dados a sua análise é crucial, juntas essas duas etapas determinam o potencial eólico de uma região²¹.

Para obtenção de dados precisos da localidade escolhida, faz-se necessária a montagem correta da estação anemométrica e escolha de instrumentos de qualidade. As medições seguem normas internacionais estabelecidas pelos órgãos IEA (International Energy Agency), IEC (International Electrotechnical Commission) e MEASNET. Para que as medições das torres anemométricas tenham eficiência e qualidade, é imprescindível que atendam alguns requisitos básicos dispostos a seguir. Período mínimo de 12 meses de medição; medição na mesma altura dos aerogeradores a serem escolhidos; possuir no mínimo dois anemômetros em alturas distintas; as perdas dos dados não podem exceder 15 dias consecutivos e a disponibilidade da medição deve ser de no mínimo 90% para o caso de perdas não consecutivas^{20,21}.

Metodologia

A metodologia utilizada nesta pesquisa é caracterizada pelo estudo de resultados de simulações realizadas por

órgãos do governo federal brasileiro. Após pesquisas e aprofundamentos em conhecimentos disponibilizados por órgãos governamentais competentes na área de geração de energia, como: Ministério de minas e energia (MME), Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) e o Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica de S. Brito (CRESESB), e de uma revisão bibliográfica aqui apresentada, observou-se o potencial de algumas regiões do estado de Goiás na geração de energia eólica²².

Com base em dados do Atlas Eólico Brasileiro do ano de 2013, definiu-se a localidade mais indicada no estado à instalação de um parque eólico. Este atlas apresenta o mapeamento do potencial eólico de todo território brasileiro a partir do modelo numérico de mesoescala Brams, desenvolvido pelo INPE a partir de modelo semelhante da Universidade Estadual do Colorado. O Brams possui um conjunto de parametrizações físicas adequadas para simulações de processos iterativos entre a atmosfera e superfície terrestre, englobando turbulência, radiação, convecção e microfísica de nuvens. O modelo Brams é acoplado ao CCATT (Coupled Aerosol and Tracer Transport model), que é um modelo de transporte e transformação química de gases e aerossóis e integrado ao JULES. (Joint UK Land Environment Simulator)²³.

O modelo Brams do CPTEC/Inpe que dispõe o mais correto grupo de parametrizações e de finalidades de maior performance, com parâmetros quantitativos de aptidão igual ou superior a modelos de outros centros internacionais.

Para o trabalho do novo Atlas foi desenvolvida uma versão especial do Brams com o intuito de estimar, com todos os detalhes possíveis em uma grade com 5 quilômetros de resolução, a intensidade e orientação do vento em variadas alturas, em todo o território nacional, foi estimada e os dados de velocidade média anual do vento foram registrados para o período de 1 ano, nas alturas de 30, 50, 80, 100, 120, 150 e 200 metros²⁴.

A qualidade inovadora da utilização do modelo Brams exclusivamente para previsão da velocidade e da direção do vento em todo o território brasileiro gerou diversos desafios ao longo da iniciativa. Para a obtenção de um ano

típico, que refletisse informações médias de um período e não de um ano específico, optou-se por simular os anos de 2012, 2013, 2014 e 2015. A partir dos dados simulados e, a posteriori, ajustados com dados medidos, seria obtido o ano típico para o período dos quatro anos mencionados. No tocante à comparação dos resultados das simulações geradas pelo modelo Brams com dados efetivamente ponderados. Apesar da vasta rede climatológica distribuída por todo o Brasil, os melhores dados para comparação e ajuste dos resultados das simulações logradas com o modelo Brams são aqueles oriundos de estações anemométricas específicas para empreendimentos eólicos. Um dos grandes benefícios do uso destes dados se encontra nas alturas de aferição, que correspondem às alturas dos aerogeradores disponíveis comercialmente no Brasil. A partir dos dados obtidos, foram confeccionados mapas temáticos relativos às médias anuais, obtidas a partir de simulações para o ano de 2013 os quais são utilizados para extração dos dados do presente artigo científico²⁴.

Mediante a análise das velocidades dos ventos nas localidades de parques eólicos já existentes, decidiu-se realizar a comparação das áreas de maior velocidade média anual dos ventos no estado de Goiás com o de parque eólico de Palmas, no estado do Paraná na divisa com Santa Catarina, por sua similaridade em velocidade dos ventos e distribuição dessas velocidades entre as alturas de 30 a 200 metros, registradas no Atlas Eólico Brasileiro. Além da viabilidade geográfica é, também, interessante estudar quão viável seria financeiramente, por meio de incentivos, à instalação de um parque eólico, levando em consideração que a tecnologia eólica tem um alto custo de aquisição e instalação.

Logo de início a página digital do Banco Nacional do Desenvolvimento (BNDES) apresentou o Proinfra, os Leilões como Leilão de Fontes Alternativas (LFA) e Leilão de Energia de Reserva (LER), a partir de 2011 e 2012, os preços da energia eólica se aproximaram da fonte convencional mais competitiva no país (a hidrelétrica), justamente devido a estes leilões²⁵.

Foi publicado pelo Banco Central do Brasil, no site da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), o

Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura (REIDI), este que se trata de um benefício concedido pela isenção da exigência do PIS/PASEP, e COFINS sobre serviços e bens voltados a infraestrutura, dentre outros setores, o energético²⁶.

Mais um incentivo relevante foi apontado pela ENGIE, o ProGD foi criado pelo Ministério de Minas e Energia e visa à produção distribuída no país, mediante a criação de linhas de crédito e financiamento para facilitar a implantação da geração de energia em residências, indústrias e comércios²⁷.

Resultados e Discussão

Ao analisar o comportamento das regiões brasileiras em 2016, quanto a geração de energia. Nota-se que na geração de eletricidade total originária de energia renovável, a região Sul tem a maior participação com 34,9%, destacando-se nesta região a lenha (43,5%) e a hidráulica (39,9%). Em segundo lugar aparece a região Sudeste que participa no total da geração de energia renovável com 25,8%, destacando-se a gerada pelo bagaço de cana (66,0%) e pela solar (28,2%). Em seguida vem a região Norte, com 13,7% de participação, tendo a principal fonte a hidráulica (16,6%); a região Centro-Oeste, com 13,0%, sendo as principais fontes o bagaço de cana (22,1%) e a lixívia (16,6%). A região Nordeste apresenta a menor participação na produção de eletricidade por fonte renovável (12,7%) e tem seu destaque na fonte eólica (84,7%), solar (47,1%) e a lixívia (35,2%)².

Abordando apenas os estados da região Centro-Oeste, percebe-se que da produção total de energia realizada na região (60.320 GWh), a maior parcela se encontra no estado de Goiás, com 39,8%. Em segundo lugar, segue o estado de Mato Grosso do Sul, com participação de 38,1%, o estado de Mato Grosso com 22,0% e o Distrito Federal com 0,1%. Voltando o foco para a produção de eletricidade por fonte renovável para o estado de Goiás (23.996 GWh), é notável que a maior participação de Goiás está no bagaço de cana, com 51,5% (4.000 GWh), na hidráulica, com 40,0% (19.970 GWh) e na solar, com 25,0%.

Por meio da análise do atlas do potencial eólico

brasileiro, fornecido pelo centro de referência para as energias solar e eólica Sérgio de S. Brito (CRESESB) com objetivo de disponibilizar informações para capacitação da tomada de decisão na identificação de locais adequados para instalação de parques eólicos. As áreas do estado goiano com boa velocidade e distribuição dos ventos se encontram no município de São Domingos nas proximidades das coordenadas $13^{\circ} 12' 43.2''$ S e $46^{\circ} 19' 1.2''$ W e no município de Guarani de Goiás na região das coordenadas $13^{\circ} 45' 36''$ S e $46^{\circ} 16' 15.6''$ W, como representado nas Figuras 2 e 3²⁴.

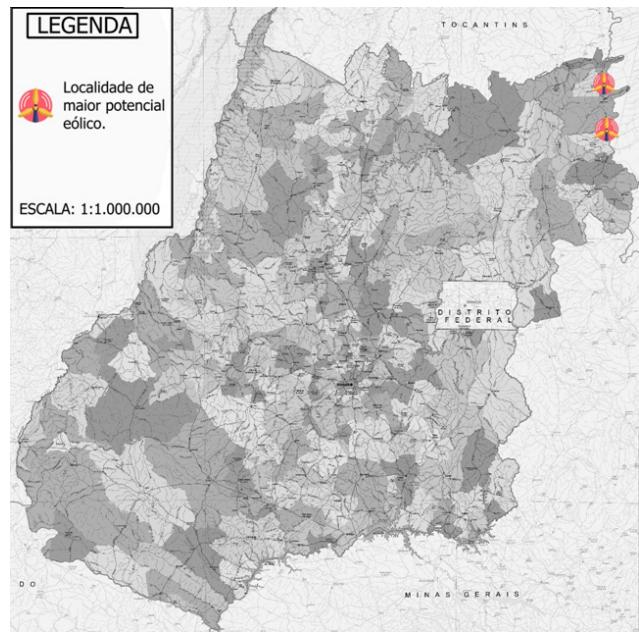


Figura 2: Localidades do estado de Goiás de maior potencial eólico. **Fonte:** Guia Geográfico, 2015. Adaptado pelo autor.²⁸

Por meio da comparação realizada com o parque eólico de Palmas, resultados observados na Figura 4, notou-se que a velocidade diurna dos ventos chega a ser maior que deste antigo parque eólico em diversos momentos do dia. Revelando por meio da analogia que os empreendimentos nas regiões goianas teriam boa produção de energia ao longo do ano^{24,29}.

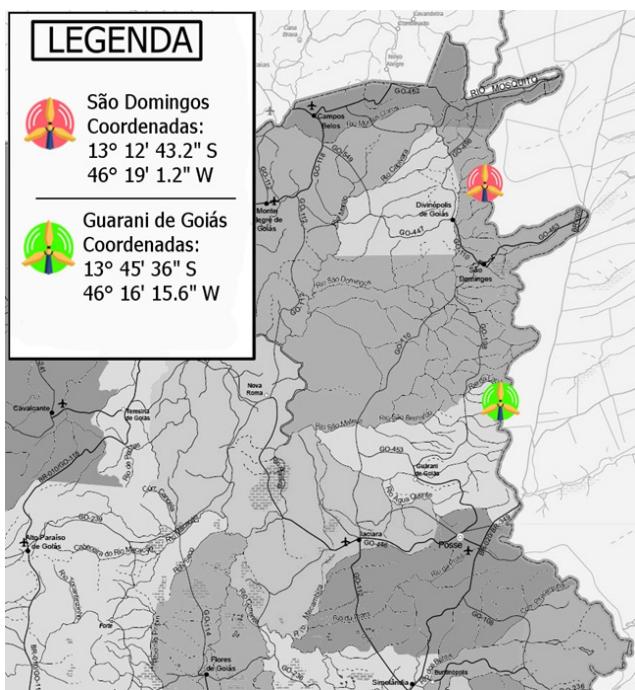


Figura 3: – Localização detalhada das áreas estado de Goiás com maior potencial eólico. **Fonte:** Guia Geográfico, 2015. Adaptado pelo autor.²⁸

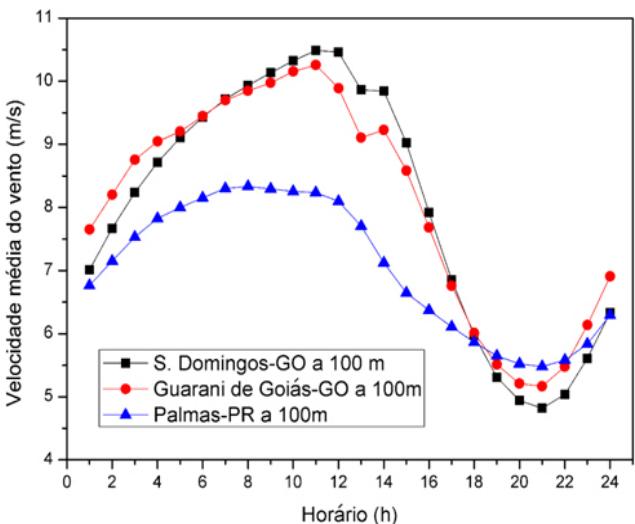


Figura 4: Comparação dos regimes diurnos da velocidade do vento entre as localidades nos municípios de São Domingos-GO, Guarani de Goiás-GO e Palmas-PR. **Fonte:** CEPEL; CPTEC, 2017. Adaptado pelo autor.

A escolha do parque eólico de Palmas, região sudoeste do Paraná se deve, principalmente, pela velocidade dos ventos desta área, representada no Atlas Eólico Brasileiro de 2013, ser semelhante as potenciais áreas de geração encontradas em Goiás. O Complexo de Geração Eólica Palmas I, entrou em funcionamento em 1999, sendo o primeiro do sul do país, com potência de apenas 2,5 MW. Em 2018 se tornou pública a informação da construção do Palmas II de potência total de 200 MW, desta forma, aquela que foi a primeira usina eólica da região se tornará a maior do sul brasileiro. O parque se localiza em áreas de incidência de ventos com velocidade média anual em torno de 7 m/s a 100 m de altura²⁹.

A instalação de parques eólicos na proximidade de unidades de conservação é um tema muito discutido. Uma das áreas com melhor velocidade dos ventos no estado se encontra ao sul da Reserva Extrativista de Recanto das Araras de Terra Ronca localizado no leste goiano, próximo a Bahia. Quanto a este fator analisou-se ressente licenciamento concedido a um empreendimento com situação semelhante no estado de Santa Catarina, o empreendimento da Vilco Energias Renováveis obteve licença prévia para instalar um parque eólico junto ao Parque Nacional São Joaquim (PNSJ), na Serra Catarinense. O projeto prevê a instalação de 28 turbinas no município de Bom Jardim da Serra, sendo que o aerogerador mais próximo do PNSJ estará a 60 metros da área de proteção integral³⁰.

A empresa obteve a licença após três anos de tramitação junto ao órgão ambiental estadual. A licença prévia, emitida pelo Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina (IMA), é a etapa inicial do licenciamento, que aprova a localização do empreendimento e atesta sua viabilidade ambiental. Para a obtenção desta, foi necessária autorização do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), o qual também é responsável pela reserva em questão no estado de Goiás.

Mediante a proximidade da localidade em Guarani de Goiás a Reserva Extrativista de Recanto das Araras de Terra Ronca, destaca-se a alteração na paisagem

causada pelas turbinas e os impactos da instalação do empreendimento, pois estradas terão de ser abertas para a passagem de caminhões. Para tanto faz-se necessária a mitigação dos impactos das obras e de controle ambiental que garantam o uso sustentável dos recursos naturais. Contudo, o estudo comparativo realizado ao empreendimento da Vilco Energias renováveis em Santa Catarina leva crer que a instalação do parque eólico não sofreria embargos por parte de órgãos ambientais^{29,30}.

A maior parte dos empreendimentos nesse setor energético preveem a concessão por número específico de anos, nos quais a região de instalação é beneficiada com a geração de empregos diretos e indiretos. A mão de obra vai desde a montagem e construção do parque até a manutenção e o monitoramento ambiental. Além dos empregos indiretos relacionados às atividades de serviços no município como alimentação, hotelaria e turismo e comércio. Apesar de tantos impactos positivos, provenientes da construção de uma usina eólica, a venda da energia elétrica produzida pelo empreendimento, que pode ser comercializada tanto em sistemas de leilão, método regulado, para as 62 distribuidoras de energia no país, como para o ambiente não regulado. No caso do mercado livre, a energia é vendida para comercializadoras que revendem o produto para grandes consumidores, como indústrias, supermercados, centros comerciais e empresas²⁹.

A altura das torres é um fator determinante para o melhor aproveitamento eólico. Em Palmas I, as torres têm 47 metros apenas, limitando a capacidade de geração. Nas palavras de Ivo Pugnaloni, presidente da ENERBIOS, responsável pelo parque eólico Palmas II^{31,32}.

A excelente jazida de ventos de altitude na região de Palmas, justifica a instalação de torres mais altas já construídas no Brasil até agora. É uma região de 1250 metros, a altura de torres não pode ser similar à beira de praia, as aplicações devem ser diferentes. O rotor deve ter 140 metros no parque piloto; é a meta, mas é possível chegar a 160 alcançando fatores de capacidade similares ao Nordeste. Experiências em outros parques demonstram que diferenças de 20, 30, 40 metros podem aumentar a

produção em mais de 20%.

Visto a importância da altura das torres sobre as quais serão instaladas as turbinas, acredita-se que alturas de mais de 120 metros de altura proporcionarão bom aproveitamento das áreas no estado de Goiás, nas Figuras 5 e 6 estão representadas as velocidades médias anuais a 120 metros. Em face de que a velocidade média dos ventos é favorável acima de 100 metros de altura^{24,31,32}.

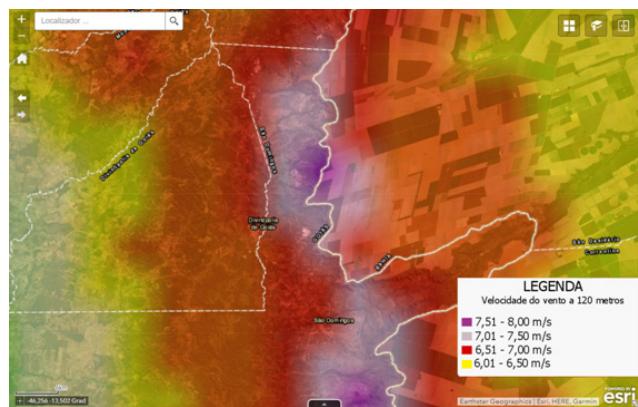


Figura 5: – Captura de tela do Atlas Online, componente do Atlas Eólico Brasileiro da localidade no município de São Domingos a 120 metros de altura. **Fonte:** CEPEL; CPTEC, 2017. Adaptado pelo autor.

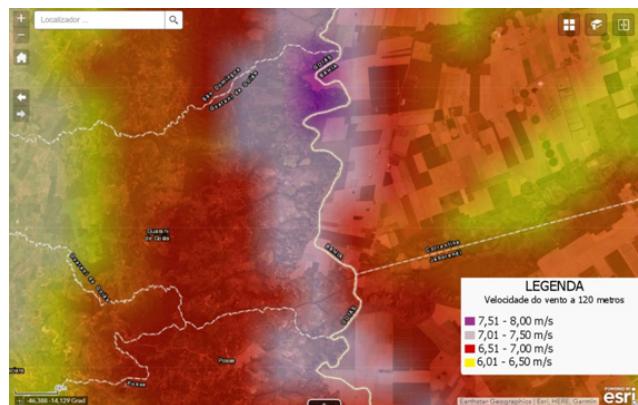


Figura 6: – Captura de tela do Atlas Online, componente do Atlas Eólico Brasileiro da localidade no município de Guarani de Goiás a 120 metros de altura. **Fonte:** CEPEL; CPTEC, 2017. Adaptado pelo autor.

Devido às dificuldades do mercado financeiro e aos altos preços da tecnologia envolvida na produção de energia eólica, a forma mais eficaz de tornar este mercado atraente é por intermédio de incentivos. Um exemplo destes incentivos é o Proinfa, Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica, funciona comercializando com o consumidor final ou que recolhem tarifa de uso das redes elétricas, para cobrir custos da energia elétrica produzida por empreendimentos autônomos com base de fontes eólicas. Foi instituído em 2002, definindo preços diferenciados e atrativos para a contratação da energia eólica²⁵.

O Proinfa é o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica, funciona comercializando com o consumidor final ou que recolhem tarifa de uso das redes elétricas, para cobrir custos da energia elétrica produzida por empreendimentos autônomos com base de fontes eólicas. Foi instituído em 2002, definindo preços diferenciados e atrativos para a contratação da energia eólica²⁵.

Após o lançamento do PROINFRA, notou-se um aumento expressivo nos projetos renováveis não convencionais para geração de energia. O país, que contava com alguns poucos projetos implantados antes da entrada em vigor do programa, viu crescer o número de projetos de geração eólica, principalmente, na região Nordeste. De acordo com a Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica), a capacidade eólica instalada no Brasil em fevereiro de 2019 era de 14,79 GW, distribuídos por 587 parques com operação comercial. O que revela a importância de políticas governamentais de incentivo a esta fonte energética^{20,33}.

Outro incentivo fiscal criado é o REIDI, criado em 2007, para dar impulso ao crescimento da infraestrutura energética do Brasil, conforme o artigo LEGISLAÇÃO E TRIBUTOS NO SETOR EÓLICO, o beneficiado tem a suspensão da exigência do recolhimento das contribuições PIS/Cofins e PASEP incidentes sobre bens e serviços voltados para a infraestrutura de, entre outros setores favorecidos, energia^{26,34}.

Existem também financiamentos facilitados pelos

próprios bancos, como o da Caixa Econômica Federal com parcelamento e baixa taxa de juros e leilões como, Leilão de Fontes Alternativas (LFA) e Leilão de Energia de Reserva (LER) foram realizados em 2007 para dar suporte, elevar a segurança do fornecimento de energia e destinar para o mercado determinada cota de energia eólica^{25,35,36}.

A Tabela 1 demonstra os incentivos citados anteriormente sobre todo o terreno nacional, o Proinfra em um escopo geral e os leilões LER e LFA do ano 2009 ao ano de 2015, provando assim o quanto fundamental são os incentivos para o avanço da energia eólica, principalmente, no estado de Goiás³³.

Tabela 1: Instalação de Parques Eólicos a partir de Incentivos. **Fonte:** ABEEÓLICA, 2019. Adaptado pelo autor.

Viability	PROINFA	LER 2009	LER 2010	LFA 2010	LER 2011	LER 2013	LER 2014	LFA 2015	LER Nov/2015
Potência (MW)	1.298,60	1.820,20	548,2	1.293,40	592,8	1.108,60	740,6	90	551,3
Nº de Parques	52	67	20	48	23	47	31	3	20

Mais um programa promissor é o ProGD, Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica, este estimula a produção de energia dos próprios consumidores, porém direcionado à produção de energia solar, sendo interessante a expansão para abranger geração de energia pela tecnologia eólica. Além de contar com o apoio do BNDES, o incentivo também tem benefícios como, a isenção de ICMS sobre o saldo de energia inserida na rede distribuidora, da mesma forma ocorrerá com o PIS/Cofins, entre outros benefícios^{3,27}.

O grupo de trabalho composto pelo MME publicou o relatório final sobre o ProGD, a partir deste poderão ser ampliadas e aprofundadas as ações de estímulo à geração de energia. Um dos grandes desafios encontrados pelo grupo é a questão do financiamento, tido como ponto vital para o programa ser inserido em larga escala por todo o território nacional³.

Conclusões

O estado de Goiás possui um potencial eólico não explorado, porém relevante e por meio deste será possível complementar sua capacidade energética com uma fonte renovável e não poluente reduzindo assim as emissões gases nocivos a atmosfera e impulsionando o mercado energético brasileiro. O apoio do governo às energias renováveis pode ser visto, também, como uma forma de retomada do crescimento do país, privilegiando uma matriz mais barata, que não agride o meio ambiente de maneira severa e que gera mais empregos no país. Apesar da descoberta do parecer favorável à instalação de parques eólicos no estado de Goiás, é necessária a realização da coleta de dados por intermédio de sensores de temperatura, umidade, pressão e velocidade instalados em torres anemométricas nas localidades aqui apresentadas e em mais de uma altura relativa ao solo.

Referências

1. Goldemberg, J.; Lucon, O. Energias renováveis: um futuro sustentável. Revista USP, n. 72, p. 6, 1 fev. **2007**.
2. Alves, L. B. Energias Renováveis: análise da geração fotovoltaica no Brasil e Goiás. Goiânia-GO: [s.n.]. Disponível em: <<http://www.imb.go.gov.br/files/docs/publicações/estudos/2018/energias-renovaveis-analise-da-geracao-fotovoltaica-no-brasil-e-goias-2018.pdf>>.
3. MME. ProGDBrasil lança Programa de Geração Distribuída com destaque para energia solar, [s.d.]. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/outras-noticas/-/asset_publisher/32hLrOzMKwWb/content/programa-de-geracao-distribuida-preve-movimentar-r-100-bi-em-investimentos-ate-2030>
4. JAIN, P. Wind Energy Engineering. [s.l.] McGRAW-HILL, **2011**.
5. ANEEL. Atlas de Energia Elétrica - 2aEdição. In: Atlas de Energia Elétrica - 2ª Edição. 2ª Edição ed. [s.l.] CEDOC, **2005**. p. 94–98.
6. BRASIL, P. Saiba como se produz energia limpa a partir da força dos ventosSaiba como se produz energia limpa a partir da força dos ventos, **2017**. Disponível em: <<http://legado.brasil.gov.br/noticias/infraestrutura/2015/02/saiba-como-se-produz-energia-limpa-a-partir-da-forca-dos-ventos>>. Acesso em: 13 out. **2019**.
7. INDÚSTRIA HOJE. O que é um gerador eólico?, **2014**. Disponível em: <<https://industriahoje.com.br/o-que-e-um-gerador-eolico>>. Acesso em: 9 out. **2019**

8. REIS, P. Como funciona um Aerogerador14/04, **2016**. Disponível em: <<https://www.portal-energia.com/funcionamento-de-um-aerogerador/>>. Acesso em: 11 out. **2019**
9. Vela, A. Energia Eólica #Infografia #Infographic #MedioAmbiente08/04/2013, 2013. Disponível em: <<https://ticosyformacion.com/2013/04/08/energia-eolica-infografia-infographic-medioambiente-5/>>. Acesso em: 10 out. **2019**
10. ECYCLE, E. O que é energia eólica?O que é energia eólica?, [s.d.]. Disponível em: <O>. Acesso em: 11 dez. **2019**
11. GUES, C. LE. Componentes do Aerogerador. Disponível em: <<https://www.behance.net/gallery/6147197/3d-cgi-technical-illustrations>>. Acesso em: 8 nov. **2019**.
12. VENTOS, C. DOS. Energia EólicaEnergia Eólica, [s.d.]. Disponível em: <<http://casadosventos.com.br/pt/energia-dos-ventos/energia-eolica>>. Acesso em: 11 out. **2019**.
13. ROCHA, L. C. S. *et al.* A stochastic economic viability analysis of residential wind power generation in Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 90, p. 412–419, jul. **2018**.
14. DINCER, I. Renewable energy and sustainable development: a crucial review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 4, n. 2, p. 157–175, jun. **2000**.
15. ANG, B. W.; Zhou, P.; Tay, L. P. Potential for reducing global carbon emissions from electricity production - A benchmarking analysis. *Energy Policy*, v. 39, n. 5, p. 2482–2489, maio **2011**.
16. Joselin Herbert, G. M. *et al.* A review of wind energy technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 11, n. 6, p. 1117–1145, ago. **2007**.
17. ABEEÓLICA. Boletim Anual de Geração Eólica **2014**. São Paulo-SP: [s.n.]. Disponível em: <<http://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2016/08/Boletim-Anual-de-Geracao-Eolica-2014.pdf>>.
18. Aquila, G. *et al.* Wind power generation: An impact analysis of incentive strategies for cleaner energy provision in Brazil. *Journal of Cleaner Production*, v. 137, p. 1100–1108, nov. **2016**.
19. Antunes, P. R. Projeto conceitual: O que é, e porque fazê-lo. Disponível em: <<http://www.meiofiltrante.com.br/edicoes.asp?link=ultima&fase=C&id=743>>. Acesso em: 20 maio. **2019**.
20. Abujamra, R. Torres Anemométricas e a importância de seu uso. Disponível em: <<https://gruposansolucoes.com/blog/torres-anemometricas>>. Acesso em: 13 out. **2019**.
21. Empresa de Pesquisa Energética, C. A. para O. D. S. G. Guia de Boas Práticas para Instalação de Estações Anemométricas. Rio de Janeiro-RJ: [s.n.]. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-236/Guia%20Boas%20Praticas%20Estacoes%20Anemometricas.pdf>>.
22. Gonçalves, P.; ... A. I.-... de E. S.; **2018**, Undefined. Análise dos Dados Climatológicos de Vento do Município de Anápolis-GO para Soluções Projetuais. anaiscbens.emnuvens.com.br, [s.d.].
23. Moreira, D. S. *et al.* Coupling between the Jules land-surface scheme and the CCATT-BRAMS atmospheric chemistry model (Jules-CCATT-BRAMS1.0): applications to numerical weather forecasting and the CO₂ budget in South America. *Geoscientific Model Development Discussions*, v. 6, n. 1, p. 453–494, 23 jan. **2013**.
24. CEPEL; CPTEC. Atlas do Potencial Eólico Brasileiro: Simulações 2013: Metodologia. Disponível em: <<http://novoatlas.cepel.br/index.php/metodologia>>. Acesso em: 11 set. **2019**.
25. BNDES. O desenrolar da energia eólica no Brasil. Disponível em: <<https://www.bnDES.gov.br/wps/portal/site/home/conhecimento/noticias/noticia/energia-eolica-brasil>>. Acesso em: 12 set. **2019**.
26. Pommosky, E. F. Legislação e Tributos no Setor Eólico Legislação e Tributos no Setor Eólico, **2017**. Disponível em: <<https://gsga.com.br/legislacao-e-tributos-no-setor-eolico>>. Acesso em: 12 set. **2019**.
27. ENGIE. Conheça 7 incentivos governamentais para quem usa energia solarConheça 7 incentivos governamentais para quem usa energia solar, 2018. Disponível em: <<https://blog-solar.engie.com.br/incentivos-governamentais-energia-solar>>. Acesso em: 12 set. **2019**.
28. Geográfico, G. Mapa Político de Goiás. Disponível em: <<https://www.brasil-turismo.com/goias/mapa-politico.htm>>. Acesso em: 10 nov. **2019**.
29. Pozzobon, B. Maior parque de geração de energia eólica da região Sul será inaugurado no Paraná em **2019**. Disponível em: <https://www.gazetadopovo.com.br/economia/nova-economia/maior-parque-degeracao-de-energia-eolica-da-regiao-sul-sera-inaugurado-no-parana-em-2019-0tz6q0q7j9nncheat2zqlhksx>. Acesso em: 12 out. **2019**.
30. Wenzel, F. Parque Eólico poderá instalar aerogerador a 60 metros do Parque Nacional São Joaquim. Disponível em: <<https://www.oeco.org.br/reportagens/parque-eolico-podera-instalar-aerogerador-a-60-metros-do-parque-nacional-sao-joaquim>>. Acesso em: 14 set. **2019**.
31. Energia, A. Maior parque eólico privado do Paraná prevê instalação já em **2019**. Disponível em: <<https://www.ambienteenergia.com.br/index.php/2018/12/maior-parque-eolico-privado-parana-preve-instalacao-ja-em-2019-35418>>. Acesso em: 12 out. **2019**.
32. Fochzato, I. C. Complexo Eólico Palmas II iniciará em fevereiro de 2019. Disponível em: <<https://rbj.com.br/geral/complexo-eolico-palmas-ii-iniciara-em-fevereiro-de-2019-4423.html>>. Acesso em: 12 out. **2019**.
33. Abeeólica. Números ABEEólica: Fevereiro de **2019**. São Paulo-SP: [s.n.]. Disponível em: <<http://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2019/02/Numeros-ABEEolica-02.2019.pdf>>.
34. SCE. REIDI - Regime Especial de Incentivos Para o Desenvolvimento da InfraestruturaREIDI, **2015**. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/reidi>>. Acesso em: 14 set. **2019**.

35. Ecoa, E. R. Quais incentivos estão fortalecendo o crescimento da energia solar. Quais incentivos estão fortalecendo o crescimento da energia solar, [s.d.]. Disponível em: <<https://www.ecoaenergias.com.br/2019/03/19/quais-incentivos-estao-fortalecendo-o-crescimento-da-energia-solar/>>. Acesso em: 12 set. 2019.
 36. Tradener, C. DE E. Informações de Mercado Informações de Mercado, 2017. Disponível em: <<http://www.tradener.com.br/informacoesmercado/pt-br>>
-

**Thomas E. G. F. Kohler*, Luís
G. Moreira, Sérgio M. Brandão,
Rosemberg F. N. Rodrigues &
Márcio J. Dias**

Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA. Avenida Universitária, km 3,5, Centro Universitário, Anápolis, Goiás, Brasil.

*E-mail: thomas.e.kohler@hotmail.com