

# A APLICABILIDADE DO GERENCIAMENTO E PRODUÇÃO DE ENERGIA EÓLICA NOS GRANDES CENTROS URBANOS

DUARTE, Marcio Sebastião Alves <sup>1</sup>

LACERDA, Guilherme Alves <sup>2</sup>

KRÜGER, Suewellyn <sup>3</sup>

## RESUMO

A energia elétrica está se tornando cada vez mais importante na sociedade e seu consumo vem aumentando a cada ano no Brasil e em alguns países, impulsionado principalmente por mudanças na indústria, comércio e hábitos. O aumento do consumo exige novas fontes de produção de energia que sejam sustentáveis e evitem a poluição atmosférica. A energia eólica tem grandes vantagens sobre outras fontes de energia, tem um pequeno impacto ambiental e tem grande potencial de desenvolvimento, mas as soluções atuais exigem instalações de turbinas eólicas de grande área com alturas de rotor em torno de 100 metros. Este trabalho tem como objetivo explorar a geração de energia eólica em grandes centros urbanos, através de pesquisas e trabalhos realizados por diversos pesquisadores ao redor do mundo, utilizando a altura e/ou largura de edifícios, e dar maior clareza sobre a importância da energia eólica para a produção de energia elétrica. Com estes dados será evidenciado o quão benéfico pode ser a aplicabilidade de gerenciamento e produção de energia eólica nos grandes centros urbanos.

Palavras-chave: Energia eólica, centros urbanos; fontes de energia; impacto ambiental.

## 1 INTRODUÇÃO

A demanda por energia elétrica aumenta gradativamente desde a segunda metade do século XVIII e é atrelada principalmente às revoluções industriais e o crescimento populacional que moldaram o mundo como é hoje. Na primeira revolução industrial, ocorrida na Inglaterra, teve por base a energia térmica obtida de carvão como fonte para

---

<sup>1</sup> Aluno de Bacharelado em Engenharia de Produção no Centro Universitário Internacional UNINTER

<sup>2</sup> Aluno de Bacharelado em Engenharia de Produção no Centro Universitário Internacional UNINTER

<sup>3</sup> Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas pela PUCPR e Professora Orientadora no Centro Universitário Internacional UNINTER

impulsionar as máquinas de trabalho a vapor (PEREIRA & SIMONETTO, 2018). Após 100 anos, a segunda revolução industrial foi o marco da energia elétrica que possibilitou o desenvolvimento das principais indústrias automotivas e de linhas de produção do início do século XX (COELHO, 2016). Já a terceira revolução industrial, iniciada nas décadas de 70 a 80, dentre outras marcas, caracterizou-se pelo surgimento de possibilidades de geração de energia como a solar e a eólica (DRATH & HORCH, 2014).

Em 2011, na Alemanha, surgiu o conceito de Indústria 4.0, este foi o marco da quarta revolução industrial com uma pauta mais verde, sustentável, e assim pôde atender as demandas energéticas de grandes populações e sem abandonar a proteção ambiental. A Indústria 4.0 estimula a otimização e aproveitamento de espaços físicos, redução de custos e formas inteligentes de produzir e consumir como é o caso das cidades inteligentes (PEREIRA & SIMONETTO, 2018).

Pesquisas voltadas ao desenvolvimento de fontes alternativas de energia têm ganhado espaço e prestígio diante de toda a problemática que cerca a questão climática global e ao suprimento das demandas futuras sem prejudicar ainda mais o meio ambiente (MACHADO, 2020). Somado a isso e sem deixar de considerar que as reservas de petróleo são fontes finitas de energia além de extremamente poluentes, outras fontes como a eólica se tornam cruciais para criar uma sociedade sustentável com um meio ambiente equilibrado para as gerações futuras. No entanto, mesmo com isso em vista, questões como viabilidade, espaço para aplicação e vantagens de se ter projetos como estes ainda são frequentemente levantadas, o que influencia de forma direta o grande interesse para implementação. Diante disso, têm-se o questionamento: seria viável um gerenciamento específico para o desenvolvimento e aplicabilidade de energia eólica em espaços já construídos, buscando aproveitar ainda mais todas as estruturas e reduzir de forma considerável o impacto ambiental para produção de energia?

Dentro desse contexto, o presente projeto visa em geral um estudo aprofundado sobre a produção de energia eólica dentro de grandes centros urbanos brasileiros. Como objetivo específico pretende-se: (i) analisar formas de mitigar os impactos ambientais, (ii) analisar possíveis soluções e problemas para aplicação dessa tecnologia e (iii) identificar os principais pontos e vantagens para o uso da energia eólica nos grandes centros urbanos. Apresentando em uma forma metodológica dedutivo-bibliográfica, para buscar

o máximo de informações possíveis afim de responder dúvidas ainda relutantes quanto a viabilidade de um investimento nessa área.

Diante das fontes não-renováveis como o carvão e o petróleo além de fontes renováveis que causam um alto impacto ambiental, a energia eólica representa uma das energias mais limpas e naturais do planeta (MONTEFUSCO *et al*, 2020). Dessa forma, a ampliação desse sistema energético representa vantagens e possibilidades das mais diversas para os setores público e privado além da sociedade como um todo, sobretudo no Brasil, pois este país possui um grande volume de ventos que chegam a ser muito maiores do que a média mundial. Além disso, sua aplicação se justifica, também, no detalhe de não geração e emissão de gases estufas na atmosfera e de outras substâncias nocivas ao ambiente.

O documento é estruturado em cinco seções, já com a inclusão da seção de introdução apresentada. A seção 2 contém a fundamentação teoria sobre os principais pontos da energia eólica. A seção 3 contém a metodologia aplicada ao desenvolvimento do projeto. A seção 4 apresenta os resultados e discussões para a elaboração do projeto, com dados e apontamentos. Por fim, a seção 5 terá as considerações finais levantadas a partir da elaboração deste trabalho.

## **2 ENERGIA EÓLICA**

### **2.1 PRINCIPAIS ASPECTOS DO SISTEMA ELÉTRICO NACIONAL**

Ano após ano, o consumo de energia elétrica aumentou-se gradativamente e com ele a oferta deve acompanhar para suprir as necessidades da população. Entre 2015 e 2016, anos de retração econômica no Brasil, o crescimento do consumo foi avaliado em 1 % (BP, 2017) com perspectivas de crescimento de 3,6 % por ano até 2016 (EPE, 2017). Essa necessidade por energia pode ser explicada pelo crescimento populacional, climatização de ambientes internos e pelo aumento no poder aquisitivo das famílias (SILVA & ABREU-HARBICH, 2017). É possível ainda afirmar que a ocupação do solo nas grandes cidades gera aquecimento, em alguns casos denominadas de ilhas de calor, onde passa a se necessitar do uso de aparelhos de refrigeração de ar por exemplo.

Historicamente, a composição da matriz energética brasileira é renovável, ou seja, uma energia renovável utiliza de fontes capazes de manutenção a longo prazo e por natureza não são esgotáveis como a água, biomassa, o vento, ondas do mar e o sol. Cerca de 70 % provem de hidrelétricas espalhadas por todo o país (SILVA & ABREU-HARBICH, 2017). Os apagões, comuns em décadas passadas, e estiagens prolongadas, cada vez maiores nos últimos anos, reforçaram a necessidade de mudança no sistema energético brasileiro, com investimentos em outras formas de geração de energia, uma vez que o número de hidrelétricas não pode aumentar conforme a demanda (VALENÇA, 2010).

Isso se deve por dificuldades de expansão, impacto ambiental com áreas alagadas, desapropriação de terras, e diversos outros (TOLMASQUIM, 2016). Além desses agravantes, toda vez que o consumo é maior que a oferta das hidrelétricas, as usinas termelétricas são ligadas ao sistema elétrico, o que pode acarretar numa elevação sensível do preço por KWh ao consumidor, além dos danos ambientais por ser uma forma de energia não-renovável. Diante disso, se tornou essencial a procura por maiores investimentos em outras formas de geração inteligente de energia a fim de suprir a demanda e sem prejuízos ao meio ambiente com foco total em sustentabilidade como a energia solar e a eólica.

## 2.2 A ENERGIA EÓLICA NO BRASIL

No Brasil, cerca de 70% da energia nacional foi gerada por usinas hidrelétricas e 5,6% (36% maior que a produção de 2015) por turbinas eólicas em 2016 (EPE, 2017). Nos últimos anos o fomento em produzir energia dentro de centros urbanos cresceu como uma forma de minimizar impactos ambientais em regiões de baixo povoamento e rica em diversidade de fauna e flora. Diante das formas de produção de energia sustentável, a tecnologia eólica pode ser adotada dentro de cidades onde podem aproveitar mais o espaço já afetado pelo homem.

Por definição, a energia eólica é resultado do aproveitamento da energia cinética de massas de ar por meio de aerogeradores, que em contato do vento, movimentam hélices, onde se pode gerar energia a partir de um rotor por indução eletromagnética e

transformá-la em energia mecânica e posteriormente em energia elétrica (MOREIRA *et al*, 2020). Desde 2002 com a criação do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas (PROINFA) pelo governo federal por meio da Lei nº 10.438/2002 que a energia solar e a eólica somam investimentos cada vez mais robustos. Como resultado nos dias de hoje, no Nordeste, a produção eólica alcançou 90% do consumo elétrico da região com 14,5 GW de capacidade instalada em 506 parques eólicos (FIERN, 2020). A geração eólica é de baixo impacto ambiental, e pode ser instalada em terra ou no mar, montanhas ou litoral, e ainda com uso do solo juntamente da agricultura (COSTA, *et al*, 2009).

Mesmo diante de todo este cenário de vantagens, existem, entretanto, pontos que dificultam o avanço ainda maior deste setor. O custo de implantação de uma torre aerogerador ainda é muito alto, com um custo de vida médio de 25 anos, com retorno do investimento entre 6 e 9 anos (MOREIRA *et al*, 2020). Além disso, existem trabalhos que citam sobre a poluição visual e o choque de aves migratórias nas hélices uma vez que a altura dessas torres pode atingir até 120 metros (NUNES, 2017).

A Figura 1 mostra o potencial eólico em território brasileiro, sendo possível entender o potencial de produção do Nordeste e do Sul do Brasil. Por meio desses mapas e outros disponibilizados pelo Atlas do Potencial Eólico Brasileiro é que são avaliados parâmetros para a implantação de parques eólicos. Para os próximos anos, essa nova forma de geração elétrica tem buscado mais inovação, eficiência, redução de impactos ambientais, de custos de instalação e manutenção além de mais pontos de microgeração.

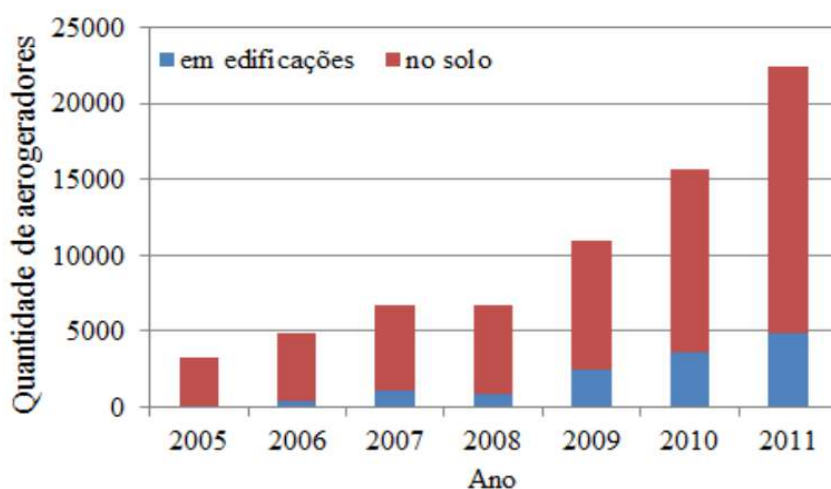
**Figura 1:** Mapa ilustrativo do potencial de geração de energia eólica no Brasil.



Fonte: CRESESB (2017).

Uma alternativa é a criação de microgeradores nos topos de edificações em centros urbanos uma vez que no topo de prédios a velocidade do vento é maior (BORGES, 2020). Na Inglaterra por exemplo, o segmento tem ganhado cada vez mais interesse. A Figura 2 mostra como foi essa evolução. É possível perceber que a partir do ano de 2009, a quantidade de aerogeradores instalados em edificações passou a ser um valor considerável, aproximadamente 25% da quantidade total instalada no ano. E essa média continuou durante os anos seguintes.

**Figura 2:** Projeções iniciais para a Inglaterra num intervalo de 6 anos apresentado que o potencial produzido em edificações começa a ser despontado.

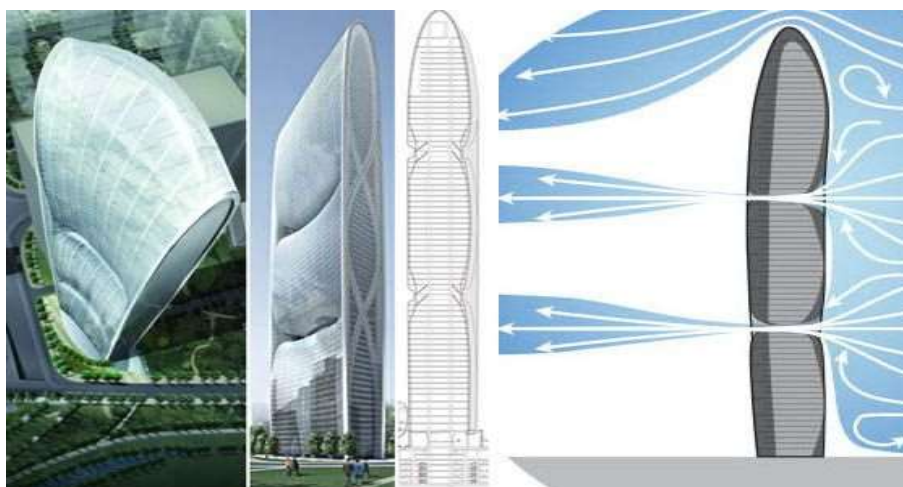


Fonte: MOREIRA (2010).

Por meio de estudos detalhados do comportamento de correntes de ar dentro das cidades, assim como em espaços abertos, é possível identificar locais onde existem os denominados “corredores de ar” por efeitos concentradores que os edifícios formam com velocidades até superiores ao vento livre (MOREIRA, 2010).

Assim, podem ser adaptados prédios já existentes ou construir projetos ecológicos e sustentáveis como o *Pearl River Tower* na China inaugurado em 2011 ilustrado já com a parte esquemática da planta externa na Figura 3 e o *World Trade Center* inaugurado em 2004 no Barém com um *design* bastante favorecedor ilustrado na Figura 4.

**Figura 3:** Imagem ilustrativa da planta externa da *Pearl River Tower* na China com destaque ao *design* inovador para maximizar a produção eólica e climatização interna.



Fonte: PLACETECH (2015).

**Figura 4:** Imagem panorâmica do *World Trade Center* no Barém no qual apresenta o *design* que favorece a produção de energia eólica por 3 aerogeradores externos à estrutura do edifício.



Fonte: CRUICKSHANK (2017).

Conforme as Figuras 3 e 4 o *design* pode ser interno ou externo das hélices e ambos são exemplos de prédios inteligentes. É possível também afirmar que diante dos exemplos citados, o engajamento ambiental inserido nas novas definições de Indústria 4.0 é marcante e se torna bom exemplo de máximo aproveitamento energético.

Alguns trabalhos realizados no Brasil foram direcionados para a avaliação da capacidade de geração de energia eólica em centros urbanos. Silva e Abreu-Harbich

(2017) realizaram um estudo para avaliar essa capacidade na cidade de Goiânia a partir de dados meteorológicos e de morfologia urbana. Os autores puderam concluir que o tecido urbano de Goiânia é inviável para a produção de energia eólica com um maior fator de capacidade em torno de 0,35 %, o que é muito baixo para viabilizar a instalação de um sistema de micro ou minigeração.

Já o trabalho realizado por Valença (2010) verificou a capacidade para o bairro de Boa Viagem na cidade de Recife da existência de um potencial de produção para alguns prédios específicos em razão dos “corredores de ar” formados pela morfologia urbana na região. Assim, é possível a aplicação de minigeradores com produção de até 9,4 MWh/ano. Portanto, existe viabilidade de geração de energia eólica dentro de centros urbanos. Posto isto, conforme os estudos acima citados, é possível realizar um levantamento completo sobre a viabilidade de cada cidade.

### **3 METODOLOGIA**

Conforme Alyrio (2009), a pesquisa bibliográfica é o começo de uma construção de todo o trabalho de investigação, isto é, após a escolha do tema o passo seguinte é estruturar por meio do conhecimento bibliográfico.

Dessa forma, o desenvolvimento desse projeto de artigo científico será estruturado numa metodologia dedutivo-bibliográfica, com a dedução diretamente pautada em artigos científicos dos últimos 20 anos, revisões da literatura, teses e dissertações além de informações quantitativas disponibilizadas por órgãos governamentais além do Atlas do Potencial Eólico Brasileiro que servirão de base bibliográfica para a consolidação deste trabalho. Bases de dados como *Google Scholar* e *Science Direct* serão adotadas para encontrar estes documentos. Em outras palavras, o método dedutivo baseia-se no caminho do geral até o particular onde seguirá unicamente a lógica (ALYRIO, 2009).

Especificamente, serão levantadas as principais respostas que um processo de análise de produção de energia eólica em espaços abertos deve possuir para ser viável. Assim, por dedução, correlacionar se estes mesmos fatores são importantes de serem



avaliados no interior de centros urbanos. Tais dados levantados, terão origem a partir de projetos já realizados e com resultados já divulgados.

Este estudo é abrangente e inovador pois é uma evolução positiva da produção eólica que outros países iniciaram há alguns anos e, de fato, urgente de ser explorado para pensar de modo inteligentes as cidades brasileiras. Frente às estiagens prolongadas e secas severas que deixam o sistema hidrelétrico muito instável, a produção eólica dentro das cidades surge com uma possibilidade para garantir a soberania da produção energética nacional.

Com isso, espera-se que este estudo juntamente de diversos outros gerem um grande volume de informações para motivar a sociedade e órgãos governamentais da necessidade de que as cidades brasileiras sejam sustentáveis e inteligentes.

#### **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Dentro de um ambiente urbano, a rugosidade superficial que resulta em uma zona de alta turbulência influencia muito na velocidade e na direção do vento. Uma vez que os edifícios são objetos tridimensionais, a velocidade do vento ao seu redor aumenta com a altura à medida que a turbulência diminui. Ao mesmo tempo, quando o ar atinge edifícios e outros obstáculos no ambiente urbano, um complexo de ar ou ondas são formados. Com base neste efeito turbulento, as turbinas eólicas precisam ser colocadas altas o suficiente para capturar ventos fortes e estarem acima de qualquer ar turbulento. Outro detalhe, é que os sistemas de energia eólica podem ser economicamente viáveis no ambiente urbano, pois eliminam a necessidade de expandir a oferta elétrica de alta tensão. Isso porque os sistemas de energia eólica colocam a fonte de energia perto da carga elétrica.

Devido à natureza turbulenta do vento no ambiente urbano, a estabilidade da saída de energia depende do tipo da turbina eólica instalada, bem como da localização dentro da região de turbulência. Embora muitos governos estejam fornecendo esquemas atraentes para incentivar a aplicação de microturbinas em áreas urbanas, há um impasse por considerar tais turbinas eólicas esteticamente desagradáveis para a integração

predial. Além disso, elas também são perigosas devido as frequentes falhas das pás da turbina, que têm levantado preocupação pública sobre questões de segurança, ruído, vibração e impacto visual. Alguns pesquisadores, no entanto, surgiram com novas técnicas e dispositivos inovadores, como o *power augmentation-guide-vane* (Aumento De Potência-Guia-Palheta PAGV) e o *Omni-direction-guide-vane* (Omni-direção-guia-palheta ODGV), que foram melhorias para integração com turbinas eólicas para resolver ou minimizar os desafios de segurança, ruído, vibração e impacto visual.

#### 4.1 INTEGRAÇÃO DAS TURBINAS EÓLICAS COM A FORMA ARQUITETÔNICA

Este método envolve um nível técnico relativamente avançado e um plano de construção que geralmente leva a um enorme investimento de capital durante o desenvolvimento. Opções para integrar turbinas eólicas ao edifício geralmente são desenvolvidas durante a fase inicial do projeto de construção.

Os edifícios no meio urbano, sobretudo os de maior altura, apresentam uma cobertura plana, que se torna um local interessante para a aplicação de uma turbina eólica. Contudo é necessária uma análise do comportamento do escoamento sobre as construções para avaliar sua aplicabilidade.

Provavelmente entre os exemplos mais populares de projetos integrados de construção usando o conceito de afunilamento estão as Torres Gêmeas do Bahrein. O icônico marco do Bahrein é o primeiro do mundo a ser integrado em tal escala em um desenvolvimento comercial usando três lâminas de 29 m de diâmetro instaladas no eixo horizontal para geração de energia. A energia que pode ser gerada a partir das turbinas, quando totalmente operacional, equivale a entre 1100 e 1300 MWh por ano. Isso representa aproximadamente de 11 a 15% do consumo de energia elétrica da *office tower* (BELLER, 2009).

#### 4.2 INTEGRAÇÃO DAS TURBINAS EÓLICAS EM RODOVIAS

Esta é uma nova maneira de recapturar parte da energia gasta por veículos que se deslocam em altas velocidades em rodovias urbanas, como mostrado na Figura 5. O

conceito é construído com base nos efeitos da turbulência do ar gerada por veículos que se movem em alta velocidade, particularmente caminhões pesados. Entende-se que em muitas áreas construídas possuem volume constante suficiente de tráfego que pode manter um ar estável durante a maior parte do dia.

A extração de eletricidade envolve a montagem de turbinas eólicas horizontais acima da estrada, que são então impulsionadas pelo ar em movimento gerado pelo tráfego passageiro. As turbinas podem ser usadas localmente ou serem alimentadas na rede, o principal desafio é a segurança da instalação para o tráfego e a natureza de turbulências que podem surgir aleatoriamente.

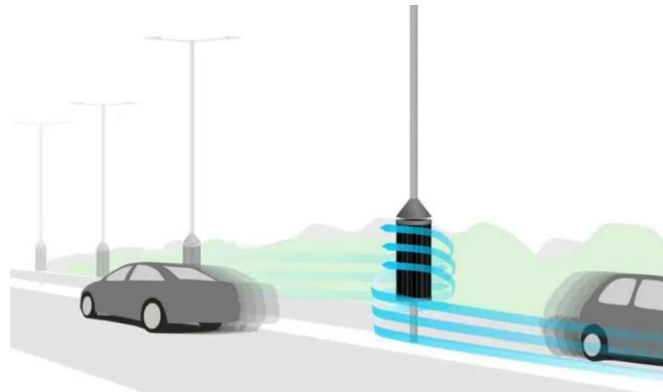
**Figura 5:** Turbinas eólicas em eixo horizontal acima de rodovias.



Fonte: VISO (2007)

Outra opção para captação de energia eólica em rodovias é a instalação de turbinas de eixo vertical em postes de luz situados à beira de estradas. Atualmente, o empresário britânico Barry Thompson e sua empresa Alpha 311 desenvolveram turbinas, ilustradas na Figura 6 com eficiência e custos que chamam atenção. Na Inglaterra se encontra a *Thanet Way*, uma estrada com menos de 30 Km de extensão que tem 1.114 postes de iluminação. As turbinas foram instaladas na parte central da rodovia e aproveitam o vento gerado pelos carros que passam nas duas direções. Esses dispositivos podem ser usados, inicialmente, para alimentar as luzes às quais estão conectados. Elas podem gerar tanta energia quanto 21 metros quadrados de painéis solares (OLIVEIRA, 2021).

**Figura 6:** Turbinas eólicas em eixo vertical instalada em rodovias.



Fonte: OLIVERA (2021)

### 4.3 RESULTADOS DE PESQUISAS

Uma pesquisa realizada pelo Instituto de Energia e Ambiente (IEE), em parceria com o Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG), ambos da USP, apresentou que os ventos que incidem em centros urbanos, também podem ser fontes de energia limpa e renovável. Ao instalar sensores para coleta de dados anemômetros no topo do prédio de 18 andares da Secretaria da Fazenda do Estado de São Paulo, e analisarem as leituras por um período de quatro anos, conseguiram obter compilados de dados eólicos, como velocidade média do vento em cada mês e períodos de horas diários. Neste caso foi obtido índices entre 3.92 m/s e 5.0 m/s.

Cruzando esses dados com as variáveis encontradas com a curva de potência de aerogeradores, chega-se ao resultado de uma geração estimada em 4.330 kWh/ano. Tendo em vista que o consumo residencial médio no Brasil seja em torno de 152 kWh/mês, seria possível abastecer com folga duas residências com a energia gerada pelo sistema eólico.

O prazo de retorno para este tipo de investimento depende de inúmeras variáveis, principalmente porque os aerogeradores geralmente são importados e possuem custos altos, mas ainda assim o retorno poderia estar na média de 16 anos após a instalação (HUSSNI, 2020).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como se espera que mais pessoas se mudem para áreas urbanas durante as próximas décadas e que o tamanho da população total sempre aumente, mais fontes de energia que sejam seguras, acessíveis e ecológicas precisam ser exploradas para serem suficientes para a crescente população. Os recursos de energia eólica, sua exploração e o uso em áreas urbanas estão sob crescente desenvolvimento como parte de soluções de energia renovável. Devido a esses fatores, soluções mais únicas para a aplicação da tecnologia de energia eólica em ambientes urbanos foram e estão sendo desenvolvidos. O desenvolvimento de novos sistemas de energia eólica em áreas urbanas permite aos projetistas integrar arquitetonicamente o sistema de energia eólica ao edifício e outras estruturas urbanas. Ao utilizar novas tecnologias de energia eólica incorporadas no ambiente urbano, alguns dos desafios como o forte impacto visual, vibrações e problemas de ruído na construção e outras estruturas são capazes de ser mitigadas.

Tecnologias eólicas no ambiente urbano é um novo campo em desenvolvimento com grande potencial. Até agora, os tipos comuns de turbinas eólicas utilizadas no ambiente urbano são tipos de turbinas eólicas de eixo horizontal. Embora a simplicidade na construção civil e o baixo custo dos materiais tenham sido um dos principais fatores propulsores no processo de tomada de decisão, as turbinas de eixo vertical têm sido as preferidas para a produção de energia em pequena escala no ambiente urbano, pois possuem os fatores de design necessários para aproveitar as características urbanas de baixa turbulência e baixa velocidade do vento, desafios do espaço de instalação, vibração e redução de ruído, entre outros.

Uma das principais vantagens econômicas que o sistema de energia eólica proporcionará quando incorporado no ambiente urbano é a colocação da fonte de energia próxima à carga elétrica. Isso elimina a necessidade de expandir a rede elétrica de alta tensão para fornecer eletricidade para essas cargas. Além de gerar eletricidade em áreas urbanas, as turbinas eólicas ajudam a manter um ambiente mais natural em nossas cidades por meio da emissão zero de gases de efeito estufa. Outro fato importante, é que com a ampliação do parque de energia eólica e de outras energias renováveis, a

sobrecarga sobre as hidroelétricas diminui, auxiliando de forma direta no impacto ambiental.

Como todos os métodos humanos, nem todos concordam com a colheita de energia eólica para aplicações urbanas, no entanto, trabalhos recentes realizados indicam que a energia eólica urbana é um recurso que é bom demais para ir ao lixo, dado os desafios energéticos e ambientais que o mundo e o Brasil vêm enfrentando. Planejamento atencioso, exame do local e seleção de turbinas podem ajudar a dominar o vento urbano indisciplinado para se ter um bom uso.

## REFERÊNCIAS

- ALYRIO, R. D. **Métodos e técnicas de pesquisa em administração**. Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ, 2009.
- BELLER, C. **Urban Wind Energy**. Riso DTU, 2009. Disponível em: <<https://www.osti.gov/etdeweb/servlets/purl/968707>>. Acesso em 22 mar 2022.
- BORGES, G. S. **Estudo experimental em túnel de vento do campo de velocidades no topo de uma edificação para análise do potencial de geração de energia eólica**. Trabalho de Conclusão de Curso 2020. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/205811>>. Acesso em 25 jun 2021.
- BP. **Global BP Statistical Review of World Energy Jun**. 2017. Relatório. Disponível em: <<http://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>>. Acesso em 25 jun 2021.
- COELHO, P. M. N. **Rumo à indústria 4.0**. Dissertação de Mestrado Universidade de Coimbra 2016. Disponível em: <<https://estudogeral.uc.pt/handle/10316/36992>>. Acesso em 01 jul 2021.
- COSTA, R. A.; CASOTTI, B. P.; AZEVEDO, R. L. S. **Um panorama da indústria de bens de capital relacionados à energia eólica**. BNDES – Banco Nacional do Desenvolvimento 2009. Disponível em: <[https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/1317/3/BS37\\_BD.pdf](https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/1317/3/BS37_BD.pdf)>. Acesso em 01 jul 2021.
- CRESESB. **Atlas do Potencial Eólico Brasileiro**. 2017. Disponível em: <[http://novoatlas.cepel.br/wp-content/uploads/2017/07/Novo-Atlas-do-Potencial-Eolico-Brasileiro-SIM\\_2013.pdf](http://novoatlas.cepel.br/wp-content/uploads/2017/07/Novo-Atlas-do-Potencial-Eolico-Brasileiro-SIM_2013.pdf)>. Acesso em 20 jun 2021.
- CRUICKSHANK. **Edifícios mais inteligentes do mundo: Pearl River Tower, Guangzhou**. e-archtech. 2017. Disponível em: <<https://placetech.net/pt/analysis/worlds-smartest-buildings-pearl-river-tower-guangzhou/>>. Acesso em 25 jun 2021.
- DRATH, R.; HORCH, A. **Industrie 4.0: Hit or hype?** IEEE *industrial electronics magazine* 2014. Disponível em: <<https://url.gratis/DXGUZ0>>. Acesso em 01 ago 2021.
- EPE. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanço energético nacional 2017: ano base 2016**. Ministério de Minas e Energia. Disponível em: <<https://url.gratis/ow7S0J>>. Acesso em 01 ago 2021.
- FIERN. **Nordeste gera 85% da energia eólica do Brasil**. Federação das Indústrias do Estado do Rio Grande do Norte. 2020 Disponível em: <<https://url.gratis/15RzAb>>. Acesso em 25 de set 2021.
- HUSSNI, L. A. **Avaliação do potencial eólico em ambiente urbano para aplicação de micro e minigeração distribuída: estudo de caso em edifício no centro da cidade de**

**São Paulo.** Dissertação de Mestrado, São Paulo 2020. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/106/106134/tde-08032021-132811/pt-br.php>>. Acesso em 22 mar 2022.

MACHADO, M. G. A. **Benefícios da Implementação de Energia Eólica no Estado do Ceará-Brasil.** Dissertação de Mestrado Universidade do Porto 2020. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/129242/2/419815.pdf>>. Acesso em 01 ago 2021.

MOREIRA, I. R., ROCHA, M. G., BELLONI, M., DE MELO PUGLIA, V., SANCHEZ, R. B. **Energia Fotovoltaica e Eólica no Brasil. Caleidoscópio.** 2020. Disponível em: <<https://ojs.eniac.com.br/index.php/Anais/article/view/683/685>>. Acesso em 01 ago 2021.

MONTEFUSCO, C.; SANTOS, M. J.; SANTOS, J. R. C. **Energia Eólica e ODS: uma análise dos níveis de evidenciação socioambiental no Rio Grande do Norte/Brasil.** 2020. Disponível em: <<http://periodicos.unesc.net/RDSD/article/view/6316/5487>>. Acesso em 01 ago 2021.

NUNES, A. L. **Energia eólica: potencial eólico brasileiro e a aplicação da NR10.** Trabalho de Conclusão de Curso Universidade do Sul de Santa Catarina. Florianópolis 2017. Disponível em: <<https://url.gratis/cDtkqb>>. Acesso em 01 ago 2021.

OLIVEIRA, M. **Turbinas Eólicas Geram Energia com Vento de Veículos em Movimento.** Portal Ekko Green 2021. Disponível em: <<https://ekkogreen.com.br/turbinas-eolicas-energia-vento/>>. Acesso em 22 mar 2022.

PEREIRA, A.; SIMONETTO, E. O. **Indústria 4.0: conceitos e perspectivas para o Brasil.** Revista da Universidade Vale do Rio Verde 2018. Disponível em: <<http://periodicos.unincor.br/index.php/revistaunincor/article/view/4938>>. Acesso em 01 ago 2021.

SILVA, L. M.; ABREU-HARBICH, L. V. **Metodologia simplificada para avaliação do potencial de energia eólica em centros urbanos.** PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, 2017. Disponível em: <<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8648501>>. Acesso em 01 ago 2021.

TOLMASQUIM, M. T. **Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica.** Rio de Janeiro. EPE /MME. 2016.

VALENÇA, D. A. A. **Proposição de uma metodologia para a avaliação do aproveitamento da energia eólica em ambiente urbano.** Dissertação de Mestrado Universidade Federal de Pernambuco 2010. Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/5191>>. Acesso em 01 ago 2021.

VISO, E. **Turbinas en la autopista = energía eléctrica.** Motor Pasión 2007. Disponível em: <<https://www.motorpasion.com/tecnologia/turbinas-en-la-autopista-energia-electrica>>. Acesso em 22 mar 2022.