

A VIABILIDADE ECONÔMICA DE MICROGERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA POR MEIO DE SISTEMA EÓLICO PARA USO RESIDENCIAL: ESTUDO DE CASO

VIABILITY ECONOMIC ELECTRICITY MICROGENERATION IN SYSTEM THROUGH WIND POWER FOR RESIDENTIAL USE: CASE STUDY

DIEGO PEREIRA DE **GODOI**^{1*}, RICARDO CARDOSO DE **OLIVEIRA**²

1. Acadêmico do curso de graduação em Engenharia Civil da UNINGÁ - Centro Universitário Ingá; 2. Engenheiro Químico, Doutor pela Universidade Estadual de Maringá; docente do curso de graduação em Engenharia Civil da UNINGÁ - Centro Universitário Ingá.

* Rua Florianópolis, 1911, Zona 2, Cianorte, Paraná, Brasil. CEP: 87200-310. diegopgodoi@gmail.com

Recebido em 20/09/2016. Aceito para publicação em 07/11/2016

RESUMO

A busca pela sustentabilidade no cenário da construção civil deve ser desenvolvida de maneira sustentável atendendo às necessidades básicas do homem sem agredir ao meio ambiente. Assim, este trabalho tem como propósito verificar a viabilidade econômica na implementação de um aerogerador eólico para a microgeração de energia elétrica em uma residência localizada no município de Cianorte no Noroeste do Paraná. Desta forma, comparando o valor do investimento na instalação do sistema eólico com o retorno financeiro pela produção de energia elétrica. Este estudo se baseou na resolução Normativa ANEEL nº482 / 2012, que permite ao consumidor a instalação de geradores de energia em sua unidade consumidora e a conectar-se com o sistema elétrico da distribuidora local, proporcionando ao usuário deste sistema se tornar produtor de sua própria energia elétrica.

PALAVRAS-CHAVE: Microgeração de energia elétrica, aerogerador eólico, construção sustentável.

ABSTRACT

The search for sustainability in the construction scenario should be developed in a sustainable manner meeting the basic needs of man without harming the environment. This work aims to verify the economic viability of the implementation of a wind turbine for electricity microgeneration in a residence located in Cianorte municipality in Paraná Northwest. Thus, by comparing the value of the investment in the installation of the wind system with the financial return for the production of electricity. This study was based on Resolution Normative ANEEL no482 / 2012, which allows the consumer to install power generators in its consumer unit and connect with the electrical system of the local distributor, providing the user of this system become a producer of his own electricity.

KEYWORDS: Microgeneration of electricity, wind turbine, sustainable construction.

1. INTRODUÇÃO

A busca pela sustentabilidade no mercado da construção civil vem se destacando entre as empresas construtoras, buscando o desenvolvimento de novas alternativas que aliem atividades de construção civil de forma socioeconômica e respeitando o ambiente. As atividades associadas ao mercado da construção civil possuem grande impacto ambiental, que se expandem desde as mineradoras até a demolição de um empreendimento. Com objetivo de amenizar esse efeito são tomadas várias alternativas para diminuir esse impacto ambiental como, por exemplo, a reciclagem de resíduos da construção civil, reaproveitamento da água, lâmpadas de LED, energia renovável entre outros¹.

Discutir o desenvolvimento sustentável direcionado à construção civil, com o propósito de incentivar o desenvolvimento de novos projetos e inovações tecnológicas com o objetivo de diminuir a produção de resíduos e o consumo de recurso natural, como água e energia, torna-se, assim, o desenvolvimento sustentável de imediato uma preocupação existente para indústria da construção civil¹.

Aprofundando mais no conceito energético, Segundo Roméro e Reis (2012)²a energia está presente em todas as atividades humanas, incluindo à sua sobrevivência no planeta, como não está acessível e diretamente de forma natural, e só pode ser transformada por meio de recursos naturais, assim sua utilização de forma adequada, se torna cada vez mais importante e fundamental para uma construção sustentável em desenvolvimento.

O conteúdo energético é satisfatório no quadro ambiental. Com inovações tecnológicas sustentáveis por meio de fontes renováveis para geração de energia elétrica, destacando a energia solar e a eólica, que tem sido executada em grandes centrais, ou para sistemas de pequeno porte³.

No Brasil, a geração elétrica a partir da energia eólica vem mostrando um significativo aumento, não só devido ao seu custo competitivo, mas também, por incentivos governamentais como o Programa de Incentivo a Fontes Alternativas de Energia – PROINFA (2002)⁴.

De acordo com Goldemberg e Paletta (2014)⁵ a energia provinda da movimentação dos ventos, conhecida como energia eólica, foi uma das primeiras fontes tecnológicas de energia renovável utilizada pela humanidade. Sua aplicação em moinhos de grãos e navegações é conhecida desde a antiguidade, bem antes da era cristã. A produção de energia elétrica por meio do sistema eólico teve seu início com o surgimento dos geradores elétricos, empregados em pequeno porte em países como Estados Unidos da América no século XIX. Sua aplicação comercial apareceu por volta da década de 80, com aerogeradores de 50 W e 80 W, introduzido e modificado até os dias de hoje.

Segundo Viera (2014)⁶ a energia eólica e basicamente a energia cinética contida na massa de ar, que transformada em energia elétrica com a utilização dos geradores eólicos chamado de aerogeradores ou turbina eólica. Assim a movimentação do vento produz a energia cinética que movimenta as pás da turbina eólica, transformando a energia cinética em energia mecânica, que por sua vez a energia mecânica é convertida em energia elétrica por meio do aerogerador. O procedimento e efetuado da seguinte forma:

O vento faz girar as pás da turbina, que estão acopladas a um eixo central. Este eixo está ligado a uma caixa de transmissão, que tem a função de aumentar a velocidade de rotação do gerador elétrico. A caixa de transmissão está ligado o gerador elétrico, que é responsável por converter a energia mecânica do eixo em energia elétrica. Esta energia elétrica, por sua vez, é enviada por cabos que descem pelo interior da torre e se conectam a uma rede elétrica ou a um banco de baterias no caso de sistemas autônomos⁶.

A microgeração atualmente está se tornando uma das excelentes sugestões para a solução do problema ambiental. São sistemas de produção de energia elétrica obtido por meio de fontes renováveis com potências suficientes para abastecer pequenos consumidores, que por sua vez, são os próprios produtores em suas residências, comércios e até galpões industriais. De acordo com o caderno temático ANEEL (2014)⁷ classifica como microgeração distribuída central geradores com potência menor ou igual a 100 quilowatts (kW).

A microgeração de energia elétrica, embora, não seja muito comum entre a população brasileira por falta de incentivo do governo e o alto custo para sua implantação para diminuir as barreiras para a conexão de pequenas centrais geradoras na rede de distribuição, a Agência Nacional de Energia Elétrica- ANEEL Publicou a Resolução Normativa nº482/2012 onde estabelece, entretanto, todos os procedimentos para acesso de micro

e minigeradores ao sistema de distribuição das concessionárias de energia⁸.

Desta forma, será disposto no presente trabalho a viabilidade econômica para instalação de um gerador eólico, vantagens e desvantagens, considerando o custo de instalação do gerador eólico, como uma significativa diminuição da conta de luz, de acordo com a Resolução Normativa nº 482/2012, por meio do estudo de caso numa tradicional residência unifamiliar localizada no município de Cianorte no Noroeste do Paraná.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Esta proposta visa investigar se, nos dias de hoje, é viável a implantação de um aerogerador eólico para geração de energia elétrica em uma residência no município de Cianorte no Noroeste do estado do Paraná, ocupada por três moradores. Foram utilizadas consultas bibliográficas em livros e artigos, também foram realizados orçamentos em duas empresas que atuam no estado do Paraná ligadas às atividades de implementação do sistema eólico residencial, levando em consideração o potencial eólico da região e o consumo de energia da residência fornecido pela Companhia Paranaense de Energia-COPEL.

Após coletadas essas informações em forma de tabela, e sabendo sobre o consumo de energia em quilowatt-hora (kWh) pelo período de um ano (doze meses), será realizada uma análise para avaliar a viabilidade econômica desse projeto, por meio das ferramentas, Taxa Interna de Retorno (TIR); Valor Presente Líquido (VPL) e o Período de retorno do investimento (Payback simples), permitindo indicar se haverá lucro e se a Taxa Interna de Retorno do investimento é maior que a Taxa Mínima de Atratividade (TMA).

Determinação do potencial eólico

Levou em consideração as informações de potencial eólico da região com dados do banco estático do CRE-SESB- Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito⁹.

Determinação do consumo de energia em (kWh)

Considerado o consumo de energia junto à conta de luz da residência fornecido pela COPEL, sendo avaliada a média anual em kWh/ano.

Escolha do aerogerador eólico

Com base nos dados citados acima, repassados para as empresas que atuam no setor de microgeração de energia por meio do sistema eólico, obtendo o resultado em forma de orçamentos, onde foi escolhido o sistema em que se enquadra a demanda energética da residência.

Produção de energia elétrica

Utilizada para cálculos anualmente, fornecido e cal-

culado pela empresa fabricante escolhida, por meio do programa software payback aerogerador[®], levando em consideração o potencial eólico da região.

Resolução Normativa nº 482

Para o estudo da viabilidade levou em consideração a Resolução Normativa no 482/2012, que estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração distribuída ao sistema de distribuição de energia elétrica, utilizando o sistema de compensação de energia elétrica.

Vantagens e desvantagens do aerogerador eólico

Foram concluídas as vantagens e desvantagens da microgeração de energia por meio do sistema eólico.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado para o potencial eólico na região levando em consideração as coordenadas geográficas para as informações de potencial eólico da região de Cianorte, de acordo com dados em forma de tabela fornecidos pelo banco estatísticos do CRESESB, sendo obtido o resultado da velocidade média anual do vento em 4,99 metros por segundo (m/s) a uma altura de 50 metros (m) obtido na Tabela 1.

Tabela 1. Histórico do consumo de energia elétrica e cálculo da média anual.

Latitude: 23.663° S
Longitude: 52.605° O

Atlas do Potencial Eólico Brasileiro		Dados de ventos a 50 m de Altura				
Grandeza	Unidade	Dez-Fev.	Mar-Mai	Jun-Ago	Set-Nov	Anual
Velocidade média do vento	m/s	4,19	5,09	5,7	4,97	4,99

Fonte: CRESESB

Conforme a localização da casa em relação ao potencial eólico, de acordo com os dados do CRESESB⁹ de velocidade média anual, mostra que a região apresenta velocidade de ventos que são possíveis à produção de energia, porém não o suficiente para uma produção adequada, visto que para maioria dos aerogeradores a velocidade para um bom aproveitamento é a partir de 5,8 m/s¹⁰.

Com base ao histórico de consumo energético presente na nota fiscal da conta de energia elétrica da residência estudada como pode ser vista na Tabela 2, foi calculado utilizando-se do software Excel a média anual em kWh obtendo o resultado de 2941 kWh/ano ou 245,08 kWh/mês.

Tabela 2. Orçamento escolhido enviado pela empresa prestadora de serviço via e-mail.

Mês	05/16	04/16	03/16	02/16	01/16	12/15
Consumo	216	225	187	176	232	244
Mês	11/15	10/15	09/15	08/15	07/15	06/15
Consumo	259	302	246	290	313	261
Cons. Anual	2914			kWh/ano		
Média anual	245,08			kWh/mês		

Fonte: COPEL

Com base nos dados da Tabela 2 e da média anual do consumo energético da residência, repassada para as empresas prestadoras de serviço que dimensionarão a turbina eólica que se enquadrava nas especificações da residência. Com a resposta dos orçamentos apresentando pouca diferença de valor monetário, uma com fabricação importada e outra nacional. Desta forma, à escolha da turbina eólica a ser instalada foi realizada levando em consideração o valor do investimento, potência nominal e país de Fabricação, assim, foi escolhido um sistema eólico modelo horizontal de 3 kW de potência nominal, com fabricação nacional. Um produto focado no fornecimento de energia renovável e limpo, voltado à região urbana, com designer desenvolvido para melhor captação dos ventos e podendo ser instalado a cima do telhado ou com torre de 12 m do chão para um melhor aproveitamento do vento ilustrado na Figura 1.

Sistema Off-grid e Grid-tie

O aerogerador pode ser instalados de duas formas, pelo sistema Off-grid ou Grid-tie, o sistema Off-grid são caracterizados para ser usado em locais isolados onde não pode ser conectados à rede elétrica da distribuidora utilizando baterias para o armazenamento de energia elétrica gerada¹¹.



Figura 1. Aerogerador eólico 3 kW de potência nominal.

Já o sistema grid-tie é caracterizado por estar conectados à rede de distribuição de energia local, o sistema possui uma grande vantagem com relação ao sistema Off-grid por não utilizar o armazenamento em baterias tornando isto cerca de 30% mais eficiente e com aproveitamento de toda energia gerada¹¹.

Para o cálculo de viabilidade econômica o valor orçado contempla o produto aerogerador de 3kW potência nominal com vida útil estimada para 20 anos, instalado e pronto para gerar energia, incluindo o sistema de controle, torre de 12m, sistema eletrônico de conexão com a rede elétrica (grid-tie) em um valor total de R\$ 35.000,00.

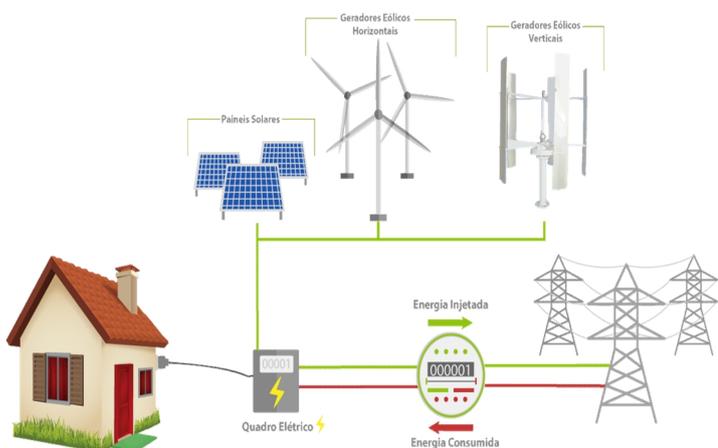


Figura 2. Turbinas eólicas – sistema grid-tie acesso em 01/08/2016

Devido à injeção de energia para rede distribuidora de energia é necessário um medidor bidirecional para contabilizar o fluxo de energia e gerar crédito nos momentos que a produção exceda o consumo de energia disponibilizado pela concessionária local¹².

O valor investido é de R\$ 35.000,00. Este sistema de aerogerador começa a gerar energia elétrica com ventos a partir 3m/s (velocidade inicial de geração) e 12,5 m/s a produção máxima da turbina, segundo as especificações do produto fornecido pelo fabricante.

Tabela 3. Orçamento escolhido enviado pela empresa prestadora de serviço via e-mail.

		Valor dos equipamentos	
Quantidade	Descrição	Valor unitário	Valor TOTAL do investimento
1	Aerogerador 3kW	R\$35.000,00	R\$35.000,00

No caso para residência Cianortense orçado, a produção energética do sistema de microgeração eólica atribuída às condições de potencial eólico local da residência, teve vento médio anual de 4,99 m/s. Assim a estimativa da produção energética é de algo em torno de 1.686,00 kWh/ano ou 140,75 kWh/mês, calculados pela empresa fabricante por meio do programa software payback aerogerador apresentado na Figura 3.

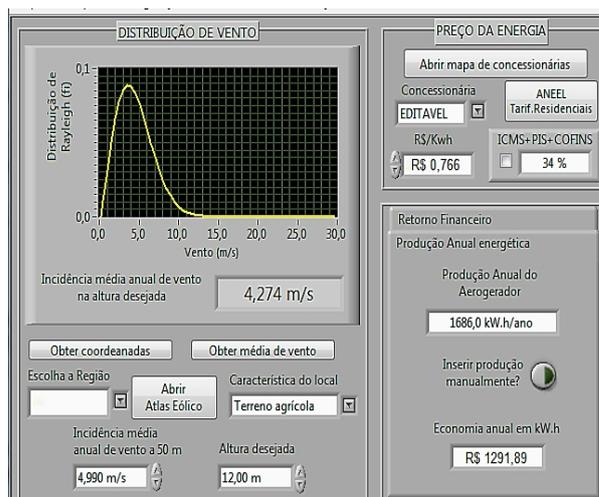


Figura 3. Cálculo Produção anual do aerogerador a 12 m de altura. Fonte: Software Payback Aerogerador®

Segundo o histórico de consumo energético da conta de energia elétrica da residência e calculado sua média anual teve resultado de 245,08 kWh/mês, confrontando o resultado obtido com o resultado do sistema da empresa contratada de 140,75 kWh/mês, temos uma diferença de 104,33 kWh/mês, assim, conclui, que o aerogerador eólico atenderá às necessidades energéticas desta família em aproximadamente 75 %, com disponibilidade do sistema de compensação de energia excedente segundo a resolução normativa nº 482/2012.

Levando em consideração um custo de 0,766 reais por kW (custo unitário kW), a economia anual seria em torno de 1.291,89 como mostra a Figura 3.

Considerando o investimento inicial de R\$ 35.000,00 a ser pago no momento da compra, calculado pela ferramenta de payback simples, teve o resultado que em um ano economizaria R\$ 1.291,89 (pagando somente a diferença entre a produção e o que for utilizado da distribuidora). Em aproximadamente 27 anos o sistema se pagaria, além de estar produzindo energia limpa de forte renovável contribuindo ao ambiente.

Considerando o mesmo investimento inicial (Fluxo de caixa) de R\$ 35.000,00, foi calculado por meio do

software Microsoft Excel para facilitar os

cálculos, a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Valor Presente Líquido (VPL), levando em consideração o juro de poupança, em uma taxa mínima de atratividade (TMA) de 8,25 ao ano (aa), obteve os seguintes resultados.

Taxa interna de retorno TIR= (2,73 %), como pode notar a TIR e menor que o TMA indicando assim que o investimento e economicamente inviável.

Com a ferramenta Valor presente líquido tendo como resultado VPL= (R\$ -22.548,57), com resultado encontrado negativo indica o quanto ira perder ao longo do 20

anos considerando o juro de poupança, tornado o investimento inviável.

Como pode notar para a região, o tempo de retorno é superior a vida útil do aerogerador de 20 anos, mesmo com baixo índice da manutenção e podendo ultrapassar a vida útil estipulado pelo fabricante, o investimento tornasse inviável e não tão atrativo economicamente.

Porém, em locais como maior potencial eólico, o aerogerador terá maior rendimento, ventos apartir de 6 m/s já tem um aumento drasticamente e significativo visto que a velocidade do vento é ao expoente 3, devido este cálculo ser feito em base a norma IEC 61400-12 medição potencial de aerogeradores¹³.

Em região como litorais ou com maior potencial eólico como próximo ao rio Paranapanema onde a média anual de ventos é de 6,22 m/s tem um ótimo rendimento, e atenderia 100% das necessidades de uma residência ao mesmo porte, com um produção energética próximo a 3.322,33 kWh/ano ou 277 kWh/mês, com disponibilidade do sistema de compensação de energia excedente como mostra a Figura 4.

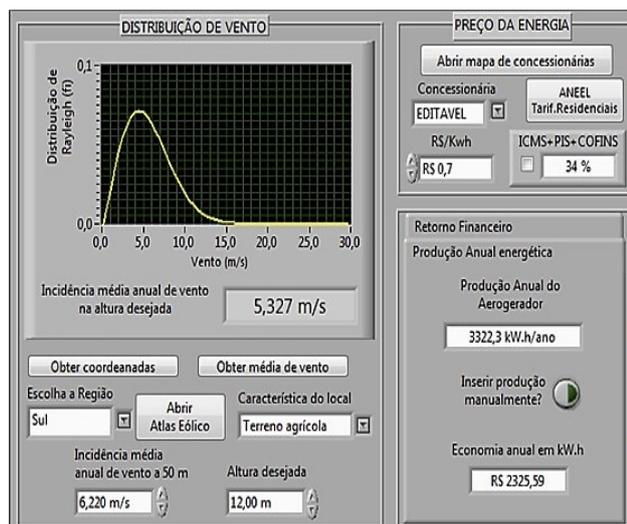


Figura 4. Cálculo Produção anual do aerogerador a 12 m de altura. Fonte: software payback aerogerador®

Para uma residência de mesmo porte em região com maior índice de eventos o sistema se torna mais atrativo como mostra a Figura 4. Obtendo uma produção anual do aerogerador 3.322,3 kWh/ano e aproximadamente uma economia anual de R\$2.325,59 abatendo totalmente a conta de luz, produzindo sua própria energia elétrica de forma correta, renovável e limpa.

Sistema de compensação

Este projeto foi desenvolvido segundo a resolução normativa nº 482 disponível na ANEEL diminuindo as barreiras para produção de energia elétrica.

“sistema de compensação de energia elétrica: sistema no qual a energia ativa injetada por unidade consumidora com

microgeração distribuída ou minigeração distribuída é cedida, por meio de empréstimo gratuito, à distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa dessa mesma unidade consumidora ou de outra unidade consumidora de mesma titularidade da unidade consumidora onde os créditos foram gerados, desde que possua o mesmo cadastro de pessoa física (CPF) ou cadastro de pessoa jurídica (CNPJ) junto ao ministério da fazenda”⁸.

Com essa normativa permite que a energia excedente gerada pelo aerogerador residencial seja injetada na rede da distribuidora, a qual funcionara como uma bateria, armazenando-o até o momento que a unidade consumidora necessite de energia da distribuidora. Desta forma a energia produzida a mais é emprestada a distribuidora gerando créditos válidos para o tempo máximo de 3 anos, posteriormente compensada com o consumo da energia em meses de menos produção de energia ou em outra unidade consumidora de mesma titularidade¹⁴.

Vantagens;

- Com o sistema de microgeração distribuída eólica reduz as perdas de energia.
- O gerador eólico apresenta um índice muito baixo de manutenção.
- O sistema proposto não utiliza baterias para armazenar energia, são ligadas diretamente a sistema elétrico da distribuidora de energia pelo sistema on-gride, diminuindo assim seu valor e aproveitando totalmente a energia produzida.
- Utilização de energia limpa e renovável, preservando os recursos naturais.
- A produção energética residenciais por fonte renovável como a eólica esta avançando e consolidando inovações tecnológicas, futuramente serão economicamente mais acessíveis podendo consumidores produzir sua própria energia¹⁵.

Desvantagens:

- Alto custo inicial, com retorno em longo prazo. Em alguns casos não haverá retorno financeiro, passando a ser não tão atrativos.
- Pouca empresa atuante no ramo requer mão de obra especializada para instalação do equipamento.
- Caso houve manutenção o prazo de retorno poderá aumentar seu custo.
- Poluição visual.
- Pouco incentivo do governo para tornar mais economicamente viável.

4. CONCLUSÃO

A partir de todas as análises realizadas concluiu-se que a região de Cianorte-PR não possui potencial eólico para atender 100% da demanda energética da residência de pesquisa, atendendo apenas 75% da demanda energética por fonte renovável, teoricamente um resultado bom,

levando em consideração a sustentabilidade utilizando de 75% de energia limpa e renovável, contribuindo e preservando o ambiente.

Porém, economicamente, o retorno do investimento é de 27 anos concluindo que a vida útil do equipamento é de 20 anos, sendo menor que o retorno financeiro, torna-se o resultado financeiro pouco atrativo, devido seu custo de instalação ainda ser muito alto.

O resultado da ferramenta VPL foi negativo, $VPL = (R\$ -22.548,57)$ indicando o quanto iria deixar de ganhar se aplicando na poupança durante os 20 anos, e TIR ser menor que TMA, assim indicando que o investimento é economicamente inviável.

Em região com maior potencial eólico, a microgeração eólica se torna mais atrativa, atendendo às necessidades energéticas em 100% em uma unidade consumidora do mesmo porte, e disponibilizando o sistema de distribuição, podendo ser abatida em outra unidade consumidora de mesmo titular, além da utilização de energia limpa, e o prazer de estar produzindo sua própria energia elétrica.

Dessa forma, ressalta-se com este estudo que a energia eólica mesmo não apresentando um investimento atrativo para algumas regiões como a proposto neste trabalho, vem sendo vista como a energia do futuro, sendo eficaz, com baixos impactos socioambientais, não emitindo gases poluentes na atmosfera e por se tratar de uma energia totalmente renovável, além de poder ser produzida pelos seus próprios consumidores com centrais de pequeno porte.

REFERÊNCIAS

- [1] Leandro HS. Construção Sustentável – Construindo o futuro, hoje. [Acesso 04 maio 2016]. Revista Habitare 2009; 23. Disponível em: <http://www.revistahabitare.com.br/ecologia/construcao-sustentavel-construindo-o-futuro-hoje/24>.
- [2] Roméro MA, Reis LB. Eficiência energética em edifícios. São Paulo: Manole; 2012.
- [3] Reis LB. Geração de energia elétrica 2ª ed. rev. e atual. São Paulo: Barueri; 2011.
- [4] Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa) LEI Nº 10.438, DE 26 DE ABRIL DE 2002.
- [5] Goldemberg J, Paletta CF. Série energia e sustentabilidade, energia renováveis. 2ª ed. São Paulo: Blucher; 2014.
- [6] Vieira RYCJ. Gerador Eólico. Dissertação. Porto Alegre, Instituto Federal de Educação, Ciência Tecnologia do Rio Grande do Sul Campus Restinga, 2014.
- [7] Agência Nacional de Energia Elétrica-ANEEL. Caderno Temático ANEEL, Micro e Mineração Distribuída, Sistema de compensação de Energia Elétrica, Brasília-DF, março 2014.
- [8] Agência Nacional de Energia Elétrica-ANEEL, Resolução Normativa nº482, Brasília-DF, 2012.
- [9] CRESESB. Centro de Referência para Energias Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. Disponível em:

<http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data>. Acesso em 28/07/2016.

- [10] Moreira RIP. Avaliação do potencial eólico em regime de microgeração. Dissertação. Porto Portugal, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2010.
- [11] Siqueira LMP. Viabilidade da microgeração de energia elétrica em uma residência por um sistema composto por painéis fotovoltaicos conectados à rede. Dissertação. Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013.
- [12] Agência Nacional de Energia Elétrica-ANEEL, Nota Técnica no /2015 SRM/SRD/SRG/SGT/ANEEL, Brasília-DF, 2015.
- [13] Lima CAA, Diógenes PNN, Pinto JGS, Santos E, Lemos DFA, Ventura AJB. Aspectos Técnicos da Energia Eólica, Centro de Tecnologias do Gás e Energias Renováveis-CTGÁS-ER, Natal – RN, 2012.
- [14] Agência Nacional de Energia Elétrica-ANEEL, Módulo 1. Procedimento de Distribuição de Energia no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST, Brasília-DF, 2012.
- [15] Custódio RS. Energia eólica para produção de energia elétrica. Rio de Janeiro: Acta: abeeólica, 2013.