



ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DE ENERGIA SOLAR NAS ÁREAS COMERCIAIS E INDUSTRIAIS DO ESTADO DO CEARÁ NOS ANOS DE 2012 A 2016

ANALYSIS OF THE IMPLEMENTATION OF SOLAR ENERGY IN THE COMMERCIAL AND INDUSTRIAL AREAS OF THE STATE OF CEARÁ IN THE YEARS OF 2012 TO 2016

Lia Fontenele Cavalcante, Faculdade Ari de Sá, Brasil, liafontenelec@hotmail.com

Pamela Oliveira Vital, Faculdade Ari de Sá, Brasil, pamela.ln85@gmail.com

Vanderlane de Almeida Costa, Faculdade Ari de Sá, Brasil, vanderlane_costa@hotmail.com

Natália Varela da Rocha Kloeckner, Faculdade Ari de Sá, Brasil, natalia.varela@aridesa.com.br

Resumo

Diante da crise energética mundial, uma das alternativas mais comentadas é a adaptação e implantação de energias renováveis, visto que estas são consideradas limpas, ou seja, geram o mínimo de impacto ambiental possível, além de produzirem uma quantidade considerável de energia para a região. Dessa forma, visto que o Brasil possui um elevado potencial para o desenvolvimento e aproveitamento desse tipo de energia, a presente pesquisa tem por objetivo analisar o consumo de energia nas zonas industriais e comerciais do Estado do Ceará entre os anos de 2012 a 2016, para que se possa estimar o investimento médio que cada zona necessita para suprir a sua demanda a partir de painéis fotovoltaicos. Para tal, a metodologia empregada neste estudo é de natureza quantitativa de caráter descrito-explicativo, com a utilização prioritária de ferramentas estatísticas, a fim de realizar uma melhor análise dos dados, tal como viabilizar o cálculo de retorno financeiro (payback). Dessa forma, pôde-se observar que para a área comercial é viável a implantação de painéis fotovoltaicos, possuindo um retorno de investimento de 7,9 anos. Contudo, a zona industrial comporta-se de forma diferente, uma vez que a área mínima necessária para a implantação, assim como o investimento inicial, é muito elevada. Espera-se que este trabalho contribua para a compreensão da importância e do potencial da utilização de energias alternativas, como a fotovoltaica, para o crescimento das atividades econômicas da região de maneira sustentável.

Palavras-chave: Fotovoltaica; Zonas comerciais; Zonas industriais; Ceará.

Abstract

In the face of the global energy crisis, one of the most talked about alternatives is the adaptation and implementation of renewable energies, since these are considered clean, that is, generate the minimum possible environmental impact, besides producing a considerable amount of energy for the region. Thus, considering that Brazil has a high potential for the development and use of this type of energy, the present research has the objective of analyzing the energy consumption in the industrial and commercial zones of the State of Ceará between 2012 and 2016, to that we can estimate the average investment that each zone needs to supply its demand from photovoltaic panels. For this, the methodology used in this study is of a quantitative character of described-explanatory nature, with the priority use of statistical tools, in order to carry out a better analysis of the data, such as to enable the calculation of payback. With this, it could be observed that for the commercial area it is feasible the implantation of photovoltaic panels, having an investment return of 7.9 years. However, the industrial zone behaves differently, since the minimum area required for implementation, as well as the initial investment, is very high. It is hoped that



this work will contribute to the understanding of the importance and potential of the use of alternative energies such as photovoltaic for the economic growth of the region in a sustainable way.

Keywords: *Photovoltaics; Commercial areas; Industrial areas; Ceará.*

1. INTRODUÇÃO

Em meio à crise energética mundial, que se instalou nos últimos anos, assim como à questão da degradação ambiental, torna-se evidente a necessidade de utilização de uma forma de produção de energia que não utilize combustíveis fósseis (Pacheco, 2006). Mediante a tal cenário, emergem o desenvolvimento das energias renováveis, advindas de recursos energéticos fornecidos pela natureza, que se dá pela produção de energia “limpa” e sustentável que reduzam os impactos energético, ambiental, social, econômico e financeiro no meio que são instaladas (Bermann, 2008).

O Brasil têm 45% da sua energia proveniente de fontes renováveis (Pacheco, 2006). Entretanto, a matriz energética do País se encontra concentrada nas hidrelétricas, o que se torna um problema, visto que nos períodos de estiagem todo o País sofre com a escassez de água, principalmente a região Nordeste, ocasionando um comprometimento de geração de energia. Contudo, o Brasil tem um alto índice de incidência solar, sendo beneficiado por sua localização geográfica. Neste contexto, o Estado do Ceará, localizado na região nordeste do país, apresenta-se como um dos estados com maior incidência solar durante o ano, com insolação média de 7,5 horas diárias e média de radiação solar global diária de 18MJ/m² (megajoule por metro quadrado) (Tiba, 2000; FUNCEME, 2010). Esta característica incentiva o uso de energia solar para geração de energia elétrica.

Mediante ao exposto, o presente estudo tem por objetivo avaliar a implantação de painéis fotovoltaicos levando-se em consideração a demanda de energia elétrica para as áreas industriais e comerciais do Estado do Ceará no período de 2012 a 2016. A escolha por estas áreas se justifica pela representação que possuem no consumo energético cearense, aproximadamente 42,1% (EPE, 2011). Unido a isso, será realizado um levantamento de dados estatísticos a fim de assegurar a viabilidade de tal implantação e estimular a autoprodução¹. Para validação da abordagem, será realizado uma análise por estudo de caso acerca da implantação de painéis solares em um edifício comercial.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Necessidade de fontes renováveis de energia

A revolução industrial foi a responsável pelo aumento mais significativo no incentivo da utilização dos combustíveis fósseis, uma vez que representou a transição de manufatura artesanal para novos processos mecânicos – o automatismo – (Krüger, 2011), onde tais máquinas necessitavam desses tipos de combustíveis para funcionar. Dessa forma, o petróleo

¹ **Autoprodução:** Pessoa física, jurídica ou empresas reunidas em consórcio que recebem concessão ou autorização para produzir energia elétrica destinada ao seu uso exclusivo. (Decreto n. 2.003, de 10 setembro de 1996).



acabou se tornando um elemento de influência nas relações geopolíticas, concentrando a matriz energética básica. (de Barros, 2007).

Após o crescimento acelerado da demanda energética mundial e a realização tardia de uma política voluntarista e rigorosa para a redução do consumo de energias fósseis a fim de minimizar os danos ambientais (Sachs, 2007), instaurou-se uma incerteza frente ao suprimento energético futuro da sociedade, dada pelo possível esgotamento do petróleo. Assim, a economia global passou-se a se ver obrigada a convocar novas fontes de energia (de Barros, 2007). Contudo, deve-se levar em conta que “a mudança climática é a maior falha de mercado jamais vista” (STERN, N. 2006) citado por Sachs (2007). Demonstrando a necessidade de se incluir questões ambientais na discussão acerca da revolução energética mundial.

Nesse contexto é inserida a geração de energias renováveis - ou limpas – provenientes de ciclos naturais de maneira que não alteram o balanço térmico do planeta (Pacheco, 2006), e não causam tantos danos ao ecossistema. As principais são as que utilizam o sol como a fonte primária, (solar, hídrica, marítima e eólica) uma vez que a radiação emitida por ele é convertida em calor, ventos, potenciais hidráulicos e corrente marítimas, sendo uma pequena parte absorvida pelos vegetais através da fotossíntese (Lucon & Goldemberg, 2007).

2.2 Energia Solar

Segundo Silva (2015), a radiação proveniente do sol pode ser utilizada de duas maneiras: como fonte de energia térmica ou; convertida diretamente em energia elétrica. Diante disso, emerge o conceito de sistema fotovoltaico de energia, o qual converte energia solar em elétrica.

No que se refere a esse sistema de geração de energia, sabe-se que é composto por 3 partes básicas, sendo elas: (i) bloco gerador; (ii) bloco de condicionamento de potência e; (iii) bloco de armazenamento. O bloco gerador é representado pelas células fotovoltaicas, responsáveis por converter a energia proveniente da radiação solar por meio do efeito fotoelétrico (Carvalho & Calvete, 2010), um arranjo em série dessas células são chamados de módulos fotovoltaicos e uma associação destes (em série ou paralelo) formam os painéis solares (Rampinelli, 2010). Já o bloco de condicionamento de potência é dado principalmente pelo inversor, que é responsável por alterar a corrente contínua (CC) para corrente alternada (CA) com a finalidade de sincronizar o sistema com a rede elétrica de distribuição (Rampinelli, 2010). Por sua vez, o bloco de armazenamento é composto por baterias, que convertem energia elétrica em química quando carregam, sendo a energia acumulada convertida em elétrica, novamente, quando descarregam (Copetti & Macagnan, 2007).

Sendo assim, o sistema de geração de energia solar atua de forma que

“quando a radiação atinge um átomo do semicondutor este liberta um electrão que pode ser conduzido pelo campo eléctrico interno para os contactos, contribuindo assim para a corrente produzida pela célula fotovoltaica” (Brito & Silva, 1954).

A produção de corrente dos módulos é dada por uma corrente contínua (CC), ou seja, quando o fluxo de elétrons estão todos se locomovendo um único sentido. Entretanto, a rede pública de distribuição utiliza a corrente alternada (CA) a fim de alcançar maiores voltagens, dessa



forma o inversor atua fazendo a transformação CC/CA e sincronizando com a rede elétrica (Rampinelli, 2010). Durante os períodos de não produção de energia a bateria acoplada ao sistema serve para armazenar o que foi produzido durante o dia.

2.2.1 Disponibilidade do recurso no panorama brasileiro

O Brasil possui uma significativa vantagem em relação ao resto do mundo, uma vez que é privilegiado geograficamente e tem uma extensão continental. Além disso, o governo brasileiro, visto a necessidade de incentivar o uso de energias renováveis, desenvolveu o Programa de Incentivos às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfra), para, assim, diversificar a matriz energética do País (MATRIZ..., 2006) citado por (Pacheco, 2006), a qual encontra-se concentrada nas hidrelétricas.

Segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), responsável pela medição do potencial de insolação, a região nordeste tem o maior potencial do País, com valores médios de 206 W/m² (watt por metro quadrado) (Vichi & Mansor, 2014), sendo Bahia, Piauí, Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará, Tocantins, Goiás, Minas Gerais e São Paulo os estados brasileiros que possuem os maiores índices de radiação (Silva, 2015). De modo geral, o Brasil possui um elevado potencial visto que a irradiação solar global no território varia de 4.200 a 6.700 kWh/m²/ano (quilowatt hora, por metro quadrado, por ano), sendo superior aos países que possuem um maior potencial instalado, como Alemanha (900-1.250 kWh/m²/ano), França (900-1.650 kWh/m²/ano) e Espanha (1.200-1.850 kWh/m²/ano) (Silva, 2015).

Dessa forma, visto que o País possui uma elevada capacidade energética no que se refere a radiação solar, a implantação do sistema fotovoltaico, entretanto, necessita passar por no mínimo 3 etapas, sendo elas: (i) o reconhecimento e análise do local a ser implantado; (ii) a seleção dos tipos de painéis de acordo com a disponibilidade do local e a potência necessária e; (iii) a instalação do sistema no local solicitado.

Além disso, Cavalcante, et al. (2017), ressalta a importância da visualização do retorno financeiro que será gerado para o investidor por meio do cálculo de payback. Este cálculo se concentra em realizar um levantamento do total gasto com a implementação do sistema, adicionado as taxas de manutenção e instalação. Além do levantamento do custo energético anual sem o sistema em comparação ao custo energético anual com o sistema instalado, e por fim o cálculo relativo ao tempo de retorno do valor investido.

2.2.2 Impacto da Energia Solar nas Atividades Econômicas

Segundo a EPE (2012), a instalação dos painéis fotovoltaicos em telhados vem sendo cada vez mais usada, com destaque na Alemanha, Espanha, Itália e Estados Unidos, reduzindo o preço de implantação do sistema, uma vez que 60% do custo é correspondente aos painéis. Além disso, é possível observar a instalação nos três setores do mercado: residenciais; comerciais e; industriais.

No que se refere ao setor residencial, sabe-se que este corresponde à maior parcela de energia consumida entre os setores devido ao nº de consumidores, o consumo do setor é caracterizado



pela simplicidade de seus usos finais como: aquecimento de água, iluminação, serviços gerais e lazer (Achão, 2003). Logo, o suporte energético dado através da implantação do sistema fotovoltaico seria de menor potência que o implantado no setor comercial, por exemplo, cujo consumo é atribuído ao condicionamento do ar, a iluminação, e equipamentos de escritório (Santana, 2006). Seria ainda menor caso comparado com o setor industrial, cujo necessita cerca de 33,78 vezes a potência que o setor comercial consome, segundo o EPE (2011).

De tal forma, visto que os setores responsáveis por uma maior demanda de energia por unidade de consumo são o comercial e industrial, a presente pesquisa objetiva realizar o cálculo de viabilidade de implantação de um sistema fotovoltaico adequado para tais setores objetivando a produção da energia total demandada.

3. METODOLOGIA

O desenvolvimento do estudo foi feito por meio de pesquisa quantitativa e qualitativa, com embasamento e fundamentação em referências bibliográficas, bem como em análise estatística a partir da extração de dados do Anuário Estatístico de Energia Elétrica (2017), sendo eles: i) nº de consumidores (Industriais e Comerciais); ii) ano; iii) estado; iv) consumo (da área industrial e comercial), Como ilustra a Figura 1.



Figura 1 – Fluxograma da metodologia utilizada

O método do estudo se caracteriza como descritivo-exploratório, uma vez que corresponde a uma amostragem não probabilística. Segundo Gil (2008), tal método é adequado para discussão de temas pouco explorados e para análise empírica de áreas que visem atender a um perfil pré-determinado em estudo.

A partir disso, foi realizado o cálculo da correlação entre o consumo total das áreas comerciais e industriais do Ceará e a quantidade de consumidores de cada uma. Assim como a regressão do consumo das áreas em questão para investigar a natureza dos dados e o intervalo de confiança a fim de indicar a confiabilidade das estimativas, além da projeção futura do aumento de consumo. Para finalizar, o consumo foi estimado para um comércio e para uma indústria.

Além disso, foi realizado o cálculo da quantidade de placas solares necessárias para suprir toda a sua demanda e a área necessária para a implantação, de tal forma que pôde-se realizar o cálculo de retorno financeiro da mesma – payback –, considerando o investimento total e a quantidade média de energia gasta para um comércio e uma indústria, a partir dos dados do EPE (2011),



além da projeção de lucratividade a partir do estudo de Cavalcante, et al. (2017). Cabe aqui destacar que há uma estimativa de tais dados referentes à área industrial, visto que o estudo-base parte de um estudo de caso de um edifício comercial.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a identificação se o consumo passa por um período crescente ou decrescente foi realizado o cálculo da função de regressão linear simples, a partir dos dados de consumo total de energia no Estado do Ceará (tabela 1), a qual resultou na equação 1.

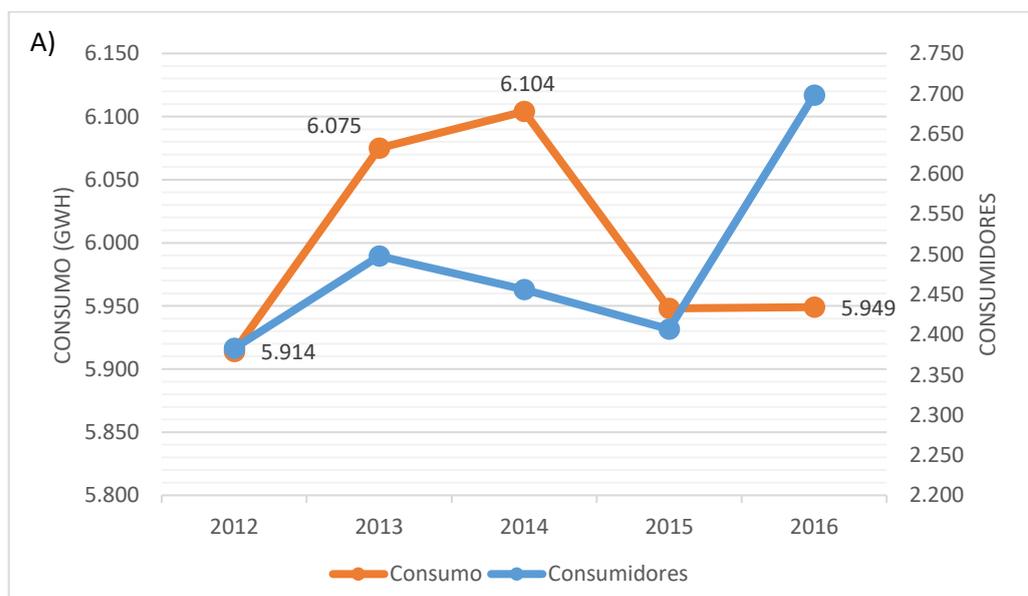
Anos	2012	2013	2014	2015	2016
Consumo (GWh)	10.025	10.809	11.357	11.326	11.914

Tabela 1 – Consumo total de energia do Estado do Ceará, dos anos 2012 a 2016, em GWh

$$Y = 429,5x - 853927 \quad (1)$$

Ainda conforme os dados da tabela 1, obteve-se um coeficiente de determinação de 0,936, o que significa que o modelo de regressão linear proposto (equação 1) descreve o fenômeno. Em outras palavras, o coeficiente de determinação indicou percentual significativo (93,6%) da variação de Y (anos) que é explicada pela variável independente x (consumo em GWh).

A partir dos dados encontrados no Anuário Estatístico de Energia Elétrica (2017), foram realizados os cálculos de correlação entre consumo e número de consumidores da área industrial (-0,0009) e comercial (0,9974), de acordo com a figura 2 a) e figura 2 b), respectivamente, o que significa que o primeiro não se correlaciona, enquanto o segundo possui uma relação positiva.



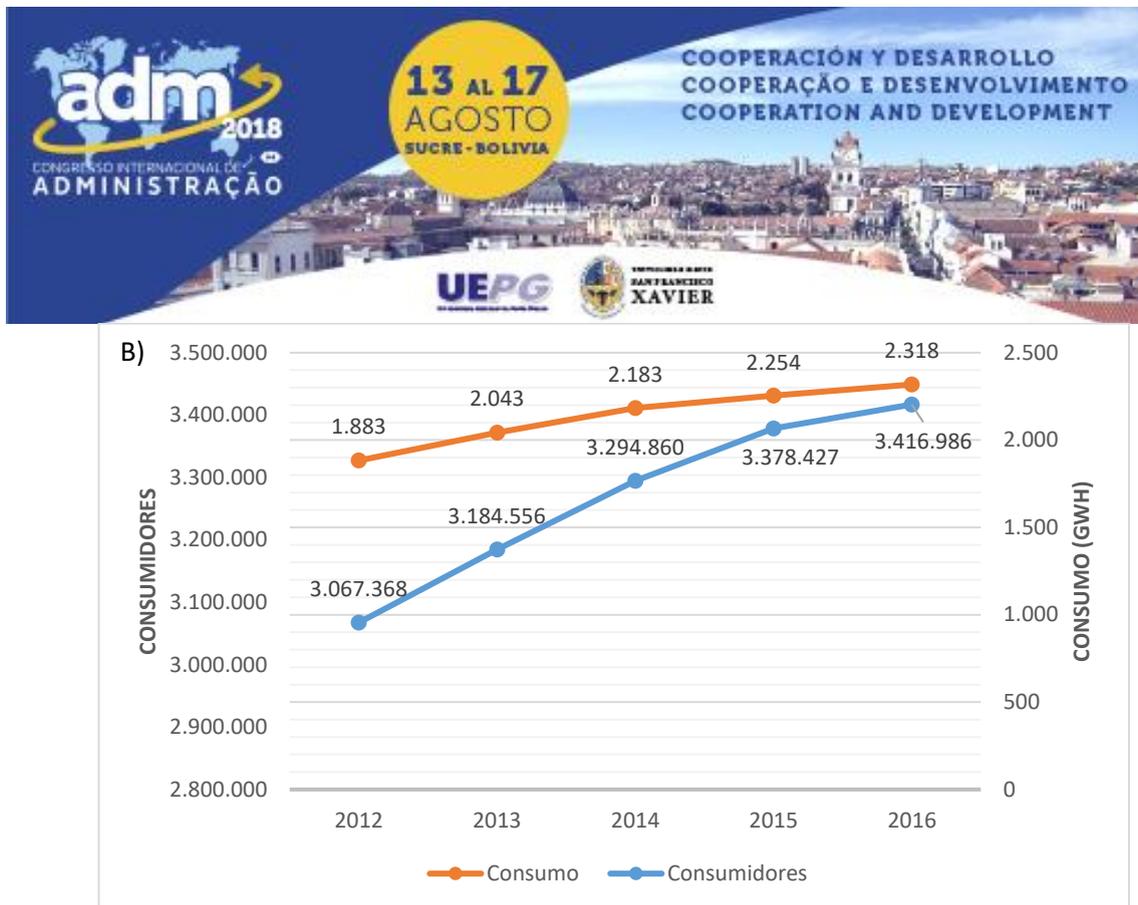


Figura 2 – Relação entre consumo em GWh e consumidores de cada área. a) Relação da área industrial. b) Relação da área comercial.

Em se tratando da quantidade de painéis solares, de 260 Watts, necessários para suprir um comércio e uma indústria, a partir do estudo de Cavalcante, et al (2017), são necessários 19 para a área comercial e 68.449 painéis para a área industrial. Dessa forma, será necessária uma área média de comércio de 38,59 m² e para indústria, de 142.372,89 m² para a implantação dos mesmos. O payback calculado para o comércio é de 7,9 anos e para a indústria é de 74,4 anos. Como mostra o quadro 1.

	COMERCIAL	INDUSTRIAL
Investimento	R\$ 42.885,53	R\$ 124.014.077
Payback	7,9 anos	74,4 anos

Quadro 1 – Comparação entre o investimento e o payback das zonas comerciais e industriais.

A fim de indicar uma possível sobrecarga futura nas redes públicas de eletricidade foi realizada uma estimativa linear do consumo total de energia elétrica, como mostra a figura 3. Cabe aqui ressaltar que foi utilizada uma estimativa de oito anos a frente do ano de 2016, uma vez que considerou-se uma estimativa de um ciclo octano para o tempo de retorno financeiro diante da implementação do sistema fotovoltaico de energia. A estimativa apresentou uma sobrecarga de 14.599,73 em 2027.

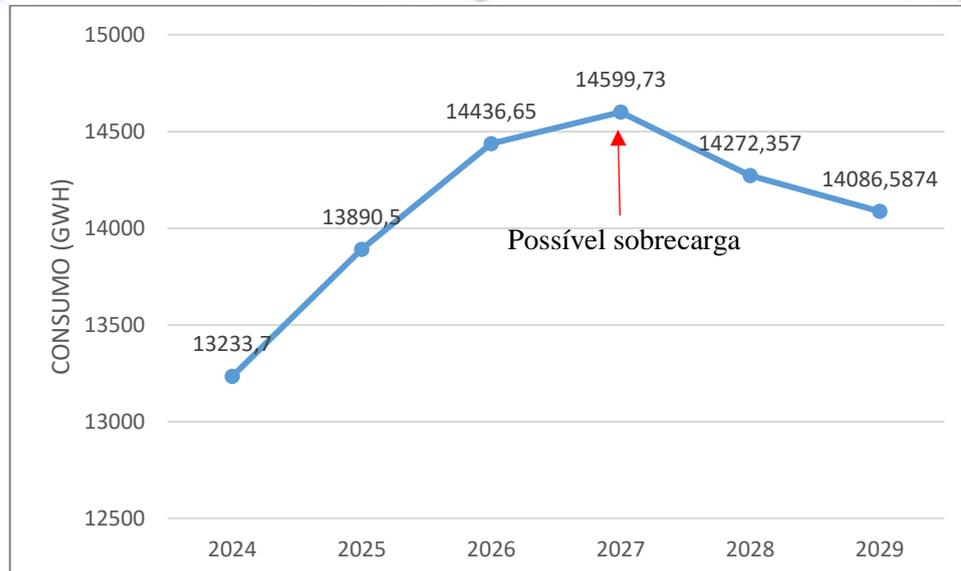


Figura 3 – Consumo Estimado em 8 anos, dos anos 2024 a 2029, em GWH

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Visto que há um crescimento do consumo total de energia, e que, de acordo com Pacheco (2006), o País passa por uma grande crise energética, torna-se viável e imprescindível a adaptação das classes comerciais para essa solução.

Assim, pretende-se com esse trabalho difundir e divulgar essa alternativa de produção energética a partir de fontes renováveis à empresas comerciais e industriais que possuem um elevado consumo, e têm interesse em poder tornar mais eficiente essa sua abordagem. Entretanto, há uma restrição quanto a área necessária para implantação desses painéis na classe industrial, pois esse espaço mínimo se mostrou muito alto, assim como o investimento requerido.

REFERÊNCIAS

- Achão, C. da C. L. (2003). Análise de estrutura de consumo de energia pelo setor residencial brasileiro, 122.
- Bermann, C. (2008). Crise ambiental e as energias renováveis. *Ciencia e Cultura*, 60(3), 20–29.
- Brito, M. C., & Silva, J. A. (1954). Energia fotovoltaica: conversão de energia solar em electricidade. *O Instalador*, 25(676), 07. Retrieved from <http://solar.fc.ul.pt/i1.pdf>
- Carvalho, E. F. A., & Calvete, M. J. F. (2010). Solar energy: Past, present... a whole future. *Revista Virtual de Química*, 2(3), 192–203. <https://doi.org/10.5935/1984-6835.20100018>
- Cavalcante, L. F., Costa, V. de A., Gadelha, I., Marques, E., & Böes, J. S. (2017). EMPREGO DO CONCEITO NET ZERO EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR : um estudo de caso na Faculdade Ari de Sá. *Anais Do VI Seminário Internacional de Construções Sustentáveis*, 6, 58–68. Retrieved from <https://soac.imed.edu.br/index.php/sics/visics/paper/viewFile/834/210>



- Copetti, J., & Macagnan, M. (2007). Baterias Em Sistemas Solares Fotovoltaicos. *Congresso Brasileiro de Energia Solar*, 10.
- de Barros, E. V. (2007). A matriz energética mundial e a competitividade das nações: bases de uma nova geopolítica. *Engevista*, 9(1), 47–56.
- EPE. (2011). Anuário estatístico de energia elétrica 2011, 1, 244. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- EPE. (2012). Análise da inserção de Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira. *Ministerio de Minas e Energia*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- FUNCEME. (2010). Atlas Solarimétrico do Ceará: 1963 a 2008. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, 108.
- GIL, Antonio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- Krüger, E. L. (2011). Uma abordagem sistêmica da atual crise ambiental. *Revista Educação & Tecnologia*, (4), 37–43. <https://doi.org/10.5380/dma.v4i0.3038>
- Lucon, O., & Goldemberg, J. (2007). Energias renováveis: um futuro sustentável. *Revista USP*, (72), 6–15.
- Pacheco, F. (2006). Energias Renováveis : Breves Conceitos. *Conjuntura e Planejamento*, (149), 4–11. Retrieved from <https://scholar.google.pt/scholar?hl=pt-PT&q=Energias+Renováveis+:+Breves+Conceitos&btnG=&lr=>
- Rampinelli, G. A. (2010). Estudo de Características Elétricas e Térmicas de Inversores Para Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede, 285.
- Sachs, I. (2007). A revolução energética do século XXI. *Estudos Avançados*, 21(59), 21–38. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142007000100004>
- Santana, M. V. (2006). Influência de parâmetros construtivos no consumo de energia de edifícios de escritório localizados em Florianópolis–SC. *Universidade Federal de Santa Catarina*, 181.
- Silva, R. Ma. da. (2015). ENERGIA SOLAR NO BRASIL: dos incentivos aos desafios, 46. Retrieved from www.senado.leg.br/estudos
- Tiba, C. (2000). Atlas Solarimétrico do Brasil: banco de dados solarimétricos. Centro de Pesquisas e Energia Elétrica - CEPTEL/ELETOBRAS. Universidade Federal de Pernambuco, 111.
- Vichi, F. M., & Mansor, M. T. C. (2014). Energia, Meio Ambiente E Economia: O Brasil No Contexto Mundial. *Quim. Nova*, 37(7), 1158–1164. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000300019>