

ANÁLISE DE EFICIÊNCIA AMBIENTAL DE UM SISTEMA HÍBRIDO SOLAR FOTOVOLTAICO – EÓLICO

Jorge Mario Avella Ruiz – jorgemario@feg.unesp.br

Cristhian Lao Vorobieff – contato@revisaoenergetica.com.br

José Luz Silveira – joseluz@feg.unesp.br

Celso Eduardo Tuna – celso.tuna@feg.unesp.br

UNESP - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, IPBEN – Instituto de Pesquisa em Bioenergia, LOSE – Laboratório de Otimização Energética

Resumo. Atualmente no mundo todo, os governos estão na procura de criar leis, regulações, campanhas e projetos para incrementar a participação de fontes renováveis de energia na matriz energética de cada país para diminuir os impactos negativos ao meio ambiente pela utilização de energias convencionais que queimam combustíveis fósseis. Em termos gerais, as energias renováveis poluem menos quando são comparadas com energias convencionais, por isso algumas vezes são chamadas de energias limpas. Porém, as energias não convencionais não são de todo limpas, já que por exemplo, no seu ciclo de vida é utilizada energia elétrica para a fabricação e construção, e também utiliza combustíveis fósseis no transporte até seu local de instalação. Este trabalho realiza uma análise ambiental para um sistema híbrido solar fotovoltaico – eólico. É explicada a avaliação do ciclo de vida implementado em produtos. O ciclo de vida tanto para um sistema solar fotovoltaico como para um sistema eólico possui quatro etapas as quais são a obtenção da matéria prima e fabricação, a construção, a operação e manutenção, e a etapa de reciclagem e reutilização. Da avaliação do ciclo de vida de cada tecnologia deriva-se o indicador GWP (Global Warming Potencial), o qual quantifica as emissões de gases estufa por cada quilowatt-hora de energia produzida pelo sistema de geração. É calculada a eficiência ecológica com base no indicado GWP tomando dados da literatura pesquisada. Encontra-se que o sistema eólico polui menos que o sistema solar fotovoltaico. Neste trabalho é apresentada uma forma de calcular a eficiência ecológica global para um sistema híbrido utilizando uma média ponderada.

Palavras-chave: Energia Eólica, Energia Solar, Sistemas Híbridos.

1. INTRODUÇÃO

As fontes de energia renovável estão sendo cada vez mais exploradas em zonas urbanas. Um Sistema Híbrido de Geração de Energia (SHGE) combina duas ou mais fontes de eletricidade, normalmente fontes de energia solar e eólica com um sistema de armazenamento adicional. Uma vantagem do SHGE é o aumento da confiabilidade na geração de energia elétrica. A combinação de energia solar com energia eólica é um dos mais atraentes SHGE para a produção de eletricidade com sua baixa poluição ambiental (comparando com os combustíveis fósseis) e sua economia promissora. A manutenção e boas condições técnicas são de grande importância na implementação do sistema (ABARKAN et al., 2013).

Estes dois tipos de fontes renováveis são os mais adequados para ser implementados em comunidades isoladas como para áreas urbanas. Neste trabalho foi avaliado para o perfil de consumidores em áreas urbanas, mais específico para edifícios residenciais com o objetivo de fornecer a demanda de eletricidade requisitada, ligados diretamente à rede de distribuição.

Neste trabalho foi desenvolvida a análise das emissões ambientais das tecnologias envolvidas em um SHGE. O primeiro passo tomado pelos governos de países desenvolvidos foi o tratado de Kyoto, onde foi acordado reduzir as emissões por meio de limitar a dependência de fontes convencionais de energia entre o ano 2000 e 2012 (CUCCHIELLA et al., 2012).

O desenvolvimento do mercado de painéis solares fotovoltaicos na atualidade tem mostrado a necessidade de desenvolver um método sustentável para tratamento dos resíduos dos módulos fotovoltaicos, uma vez terminada sua vida útil. As indústrias têm desenvolvido estratégias e técnicas para recuperar os materiais valiosos contidos nos produtos fotovoltaicos para ter um impacto ambiental positivo (CUCCHIELLA et al., 2012).

2. MÉTODOS

2.1 Avaliação do ciclo de vida

Segundo Cucchiella et al. (2012), para produzir 1 kWh de eletricidade, é necessário queimar 2,56 kWh de combustíveis fósseis, os quais emitem 0,53 kg de CO_2 na atmosfera. Assim significa que cada kWh produzido por um sistema eólico (SE) ou sistema solar fotovoltaico (SSF) evita a emissão de 0,53 kg de dióxido de carbono.

A avaliação do ciclo de vida de ou *life cycle assessment* (LCA por suas siglas em inglês), é um método para explorar como a entrega ou a demanda de um produto ou serviço específico, envolve processos que podem causar impactos ambientais. A LCA ajuda a ter uma imagem completa da responsabilidade ambiental causada por um produto (ARVESEN; HERTWICH, 2012). A LCA leva em consideração os impactos diretos e indiretos através do ciclo de vida do produto, incluindo as fontes de materiais, a fabricação, a operação, o transporte, a reciclagem e demais (YUE; YOU; DARLING, 2014).

Existem dois métodos que são utilizados para conhecer o valor de LCA. O primeiro método é o convencional, o qual é conhecido como processo LCA. Este método define e descreve as operações em termos físicos, utilizando informação que é específica para os processos envolvidos, tornando os resultados altamente detalhados e precisos. No entanto, a utilização deste método, exclui as operações que tem pouca contribuição.

O segundo método, chamado análise de *input-output* (EEIOA por suas siglas em inglês), utiliza dados monetários dos setores econômicos. Este método não exclui operações como o processo LCA. Entretanto, a análise EEIOA é muito geral, o qual tem dificuldades com produtos específicos. O método mais utilizado na literatura é o processo LCA (ARVESEN; HERTWICH, 2012).

Segundo o Nugent e Sovacool (2014), existem quatro fases de ciclo de vida: a obtenção da matéria prima e fabricação, a construção, a operação, e a reutilização e reciclagem.

Obtenção da matéria prima e Fabricação

Foi considerada a fase de obtenção da matéria prima e fabricação representa toda a extração da matéria prima, o processo dos materiais, e a união do produto final. Dentro da produção da matéria prima no processo de mineração, refino e purificação do silício e outros materiais requeridos na fabricação de células fotovoltaicas, vidro, estruturas, inversores e outros equipamentos estruturais e eletrônicos. Adicionalmente, a extração de petróleo para a produção de plásticos, a extração de gás natural para processos de aquecimento dos materiais são incluídos também nesta fase. Para a energia eólica, o conceito é igual, a extração de metais e outros materiais para o aço, plástico, cabeamento e outros (NUGENT; SOVACOOOL, 2014).

Construção

As emissões de gases de efeito estufa nesta fase incluem a queima de combustíveis fósseis na logística e na montagem do sistema no local, além das estruturas de suporte dos sistemas, cabeamento e subestações em alguns casos (NUGENT; SOVACOOOL, 2014).

Operação e Manutenção

No caso da energia solar fotovoltaica, a operação inclui a manutenção, com a reposição de peças quando necessário, limpeza dos módulos, entre outros processos. Para a energia eólica, também encontra-se a manutenção regular, limpeza, lubrificação e a substituição de partes como pás, ou engrenagens da caixa de velocidades (NUGENT; SOVACOOOL, 2014).

Reutilização e Reciclagem

A reutilização e reciclagem é a fase final do ciclo de vida do produto. Esta etapa envolve os processos de desconstrução, refugo, reciclagem, entre outros (NUGENT; SOVACOOOL, 2014).

2.2 Impactos ambientais da energia eólica

A turbina eólica é desenhada para converter energia limpa sem produzir emissões de CO_2 durante a operação. No entanto, poluentes são emitidos e a energia é usada através dos processos de fabricação, de construção e de reutilização e reciclagem. Isto significa, que a energia eólica não é completamente livre de emissões de gases de efeito estufa (ASO; CHEUNG, 2015). Segundo Nugent e Sovacool (2014), não existe uma tecnologia totalmente livre de emissões de poluentes.

De acordo com Aso e Cheung (2015), muitos autores chegam à conclusão que a etapa onde é mais notável o impacto ambiental é na manufatura, e as emissões dependem dos métodos de produção de cada turbina. Tanto Arvesen e Hertwich (2012) como Aso e Cheung (2015), explicam que quanto maior o tamanho da turbina eólica, menor a quantidade de

emissões produzidas. O local de instalação onde possui uma considerável média de ventos, também influi reduzindo o impacto ambiental das turbinas eólicas (DEMIR; TASKIN, 2013).

Uddin e Kummar (2014), compararam os efeitos no ambiente dos dois tipos de turbinas eólicas, HAWT e VAWT. Segundo eles, as VAWT podem produzir mais poluentes que as HAWT.

A etapa de reciclagem e reutilização é a única fase do ciclo de vida em que pode-se reduzir as emissões e uso de recursos. Depois da fase de operação, os componentes dos sistemas eólicos são reciclados ou incinerados para obter matéria-prima (ARVESEN; HERTWICH, 2012).

De acordo com Boyle (2004), existem outros impactos ambientais das turbinas eólicas que são: o ruído gerado pelas turbinas, aspectos visuais para as pessoas, e impactos na fauna.

Atualmente, os fabricantes de turbinas eólicas reduziram a emissão de ruído com caixas de velocidades e geradores pouco sonoros. No entanto, o ruído causado pela aerodinâmica do vento quando passa pelas pás das turbinas é muito notável quando a turbina eólica é de grande tamanho. O impacto visual é o maior incômodo em comunidades locais (AHMED; CAMERON, 2014), porém atualmente as pessoas acostumaram-se ver as turbinas eólicas nas paisagens. A respeito da fauna, as aves são as mais prejudicadas pelos aero geradores. De acordo com o estudo de Brinckerhoff (2010), poucos pássaros colidem com as pás dos aero geradores, causando a morte de 4 pássaros por cada MW de capacidade instalada. Segundo Boyle (2004), as aves têm mais risco de bater em um carro do que em um aero gerador.

Segundo o estudo realizado por Nugent e Sovacool (2014), o intervalo de emissões de gases de efeito estufa sobre o ciclo de vida da energia eólica encontra-se entre 0,4 e 364,8 g CO₂-eq/kWh, com um valor médio de 34,1 g CO₂-eq/kWh. A cultivo e fabricação representam o 71% das emissões, seguido da construção com 24%, e a operação e reciclagem com a porcentagem restante de (5%).

2.3 Impactos ambientais da energia solar fotovoltaica

O ciclo de vida dos sistemas solares fotovoltaicos consiste nas seguintes fases: a primeira é a fase de fabricação ou manufatura, a segunda fase é de transporte, a terceira é a fase de operação e por última a fase de reciclagem (SENG; LALCHAND; LIN, 2008). Como acontece na tecnologia eólica, a energia solar fotovoltaica não produz poluentes na fase de operação. Os impactos ambientais ocorrem nas etapas de fabricação e de transporte.

Segundo Boyle (2004), na fase de manufatura, o processo de extração de silício e criação das células de silício consome eletricidade, dependendo da matriz energética do país, e assim, pode-se variar a quantidade de emissões. Na fase de reciclagem, o autor pontua que a reciclagem diminui consideravelmente o impacto ambiental, já que pode-se obter matéria prima para usar na indústria eletrônica. No entanto, é necessária a energia elétrica para realizar a reciclagem dos materiais. Esta eletricidade pode ser fornecida pela concessionária, tendo uma porcentagem de utilização de combustíveis fosseis para a geração (SENG; LALCHAND; LIN, 2008).

Quando as plantas solares fotovoltaicas são instaladas no campo, a indústria agrícola perde terreno para utilizar na plantação de alimentos, porque os painéis solares criam sombra no chão, o qual faz que o solo não receba radiação solar, dificultando o processo de fotossíntese na vegetação. No entanto, quando os módulos fotovoltaicos são instalados nos telhados dos edifícios, em estacionamentos e casas, não é necessário terreno adicional. Esta escolha de locação depende do tamanho do sistema fotovoltaico.

De acordo com o estudo realizado por Nugent e Sovacool (2014), o intervalo de emissões de gases de efeito estufa sobre o ciclo de vida da energia solar fotovoltaica está entre 1 e 218 g CO₂-eq/kWh, com um valor médio de 49,9 g CO₂-eq/kWh. A cultivo e fabricação representam o 71% das emissões, seguido da construção com 19%, a operação tem o 13% e reciclagem com a porcentagem restante (3,3%).

2.4 Comparação ambiental das tecnologias utilizadas

Os autores Nugent e Sovacool (2014), pontuam que o transporte não é uma etapa que produz a maior quantidade de emissões dentro da fase de construção, tanto para a energia solar fotovoltaica como para a eólica. A etapa de fabricação e manufatura envolvem processos que utilizam combustíveis fosseis para processos de aquecimento e energia elétrica. A Fig. 1 apresenta as emissões em cada etapa do ciclo de vida para a energia eólica e solar fotovoltaica. Observa-se que a etapa de obtenção da matéria prima e fabricação contribui com 71,5% e 71,3% dos poluentes produzidos pela energia eólica e solar fotovoltaica, respectivamente, seguido da etapa de construção com 24% e 19%, da etapa de operação com 23,9% e 13%, e da etapa de reutilização e reciclagem com -19,4% e -3,3%.

A última etapa do ciclo de vida tem valores negativos por motivo que nesta fase, a reciclagem produz matéria prima. De acordo com Reich et al. (2012), as fontes convencionais ou não convencionais da matriz energética do país, afeta a intensidade dos poluentes, de zero g CO₂-eq/kWh quando a matriz energética está composta por energia renovável e nuclear a 200 g CO₂-eq/kWh para uma matriz energética de unicamente combustíveis fosseis.

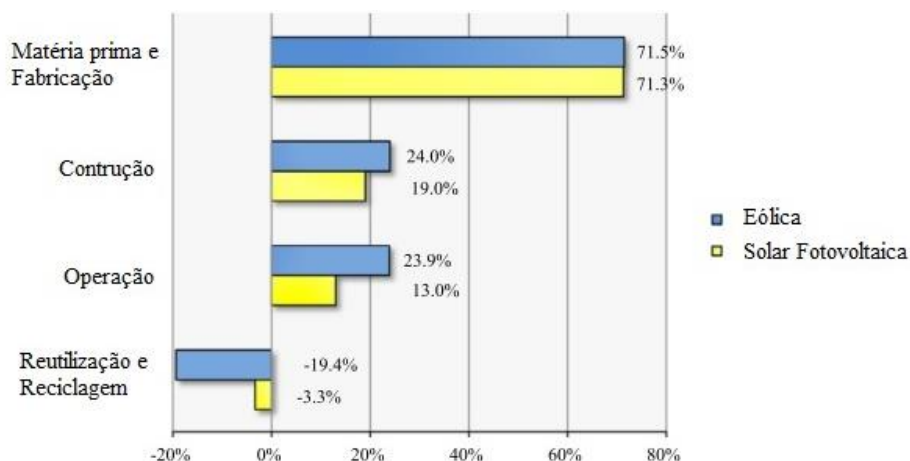


Figura 1 - Emissões produzidas nas etapas do ciclo de vida do SE e SSF

Fonte: Adaptado de (NUGENT; SOVACOOOL, 2014).

A eficiência ambiental depende dos recursos eólicos e solares do local. Quanto maior os recurso renováveis, maior geração de energia elétrica, ocasionando menores quantidades de emissões. O mesmo fenômeno acontece com o tamanho dos sistemas eólicos, quanto maior tamanho das turbinas eólicas, menores serão as quantidades de poluentes produzidas. Para os painéis solares esta tendência não é de todo verdadeira. Em termos da vida útil das duas tecnologias, mostra-se que quanto maior a expectativa de duração da tecnologia, menores as quantidades de poluentes emitidos (NUGENT; SOVACOOOL, 2014).

De acordo com Turconi, Boldrin e Astrup (2013), o indicador de Potencial de Aquecimento Global (GWP) para turbinas eólicas é de $0,0153 \text{ kg}(\text{CO}_2)_e/\text{kWh}$ ou $0,00425 \text{ kg}(\text{CO}_2)_e/\text{MJ}$. O indicador GWP para painéis solares fotovoltaicos é de $0,052 \text{ kg}(\text{CO}_2)_e/\text{kWh}$ ou $0,0144 \text{ kg}(\text{CO}_2)_e/\text{MJ}$ (TURCONI; BOLDRIN; ASTRUP, 2013).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Eficiência ecológica

O ponto de vista ecológico é muito importante no momento de dimensionar o projeto para conhecer se o estudo é viável ou não. Os principais gases de efeito estufa estão descritos na Tab. 1.

Tabela 1 - Principais gases de efeito estufa

Nome do Poluente	Símbolo
Dióxido de Carbono	CO_2
Dióxido de Enxofre	SO_2
Óxidos de Nitrogênio	NO_x
Material Particulado	MP

Fonte: Autoria própria.

De acordo com Cardu e Baica (1999), a eficiência ecológica avalia o quanto poluidor é uma planta termelétrica, considerando a combustão de 1kg de combustível, e não a quantidade de gases liberados por unidade de energia gerada. O CO_2 em kg/kg_e equivalente está descrito por estas formulas:

$$(\text{CO}_2)_e = \text{CO}_2 + (\text{SO}_2)_e + (\text{NO}_x)_e + (\text{MP})_e \quad (1)$$

$$(\text{CO}_2)_e = \text{CO}_2 + 80(\text{SO}_2) + 50(\text{NO}_x) + 67(\text{MP}) \quad (2)$$

Segundo Silveira et al. (2012), a eficiência ecológica é um indicador adimensional que permite avaliar o impacto ambiental das emissões gasosas de uma planta termelétrica, mediante uma comparação entre emissões de poluentes integrados hipoteticamente (emissões equivalente de CO_2) com os padrões existentes de qualidade do ar. A Eq. (3) é a definição da eficiência ecológica:

$$\varepsilon = \left[\frac{0,204\eta_p}{\eta_p + \Pi_g} \ln(135 - \Pi_g) \right]^{0,5} \quad (3)$$

Sendo, ε a eficiência ecológica [%], η_p a eficiência da tecnologia [%], e Π_g o indicador de poluição [kg/MJ], o valor da eficiência ecológica está dentro do intervalo de 0 a 1. Inclusive, quando ε é igual a zero, o sistema é muito poluidor. Quando ε é igual a um, o sistema não tem poluição. O valor crítico da eficiência ecológica é 0,5. O indicador de poluição está definido assim:

$$\Pi_g = \frac{(CO_2)_e}{Q_i} \quad (4)$$

Sendo, Q_i o poder calorífico inferior do combustível PCI [MJ/kg].

Um sistema híbrido solar – eólico não utiliza combustível para gerar eletricidade. A energia eólica e energia solar fotovoltaica usarão os recursos naturais que possui o local da instalação do sistema de geração. Por enquanto, o indicador de poluição Π_g usará o indicador GWP, sendo utilizado em LCA o qual quantifica o impacto ambiental da produção e implementação de um tipo de tecnologia. Aplicando a Eq. (3) e (4) com o GWP das tecnologias utilizadas obtêm-se a eficiência ecológica.

3.2 Eficiência ecológica do sistema híbrido de geração de eletricidade

Conhecendo a eficiência ecológica para cada tecnologia utilizada no SHGE, pode-se calcular a eficiência ecológica para o SHGE como a média ponderada na seguinte equação:

$$\varepsilon_{SHGE} = \frac{E_{SE} \cdot \varepsilon_{SE} + E_{SSF} \cdot \varepsilon_{SSF}}{E_{SE} + E_{SSF}} \quad (5)$$

Sendo, E_{SE} a energia elétrica gerada pelo SE [kWh], ε_{SE} a eficiência ecológica do SE [%], E_{SSF} a energia elétrica gerada pelo SE [kWh], e ε_{SSF} a eficiência ecológica do SE [%].

A Tab. 2 apresenta a eficiência ecológica do SHGE, SE e SSF. Em termos ambientais, a planta híbrida possui uma boa performance com o ambiente, mais não alcança o 100%, confirmando o encontrado na literatura que as energias renováveis tem baixos impactos ambientais em consequência dos processos e materiais utilizados na fabricação dos aero geradores e painéis solares fotovoltaicos.

Tabela 2 - Eficiência ecológica dos sistemas utilizados

Descrição	Eficiência ecológica (%)
SE	97,6
SSF	87,2
SHGE	92,4

Fonte: A autoria própria.

4. CONCLUSÕES

Na análise ambiental, o objetivo era conhecer o valor da eficiência ecológica das tecnologias desenvolvidas no SHGE. Considerando o indicador GWP (*Global Warning Potential*) de cada tecnologia (eólica e solar fotovoltaica), a eficiência ecológica para SE e de 97,6%, e para o SSF e de 87,2%, sendo o sistema eólico mais eficiente ambientalmente e menor contaminante que o sistema solar fotovoltaico. Analisando o conjunto o sistema híbrido tem uma eficiência ecológica de 92,4%.

Algumas sugestões para ser consideradas para trabalhos futuros, primeiramente, fazer o estudo de viabilidade para um edifício real no Brasil, com os dados reais do consumo de eletricidade, para garantir que o dimensionamento do SHGE este mais adequado com a realidade.

REFERÊNCIAS

- ABARKAN, M.; ERRAHIMI, F.; K.M'SIRDI, N.; NAAMANE, A. **Analysis of Energy Consumption for a Building Using Wind and Solar Energy Sources**. Energy Procedia, v. 42, p. 567–576, 2013. Elsevier B.V. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610213017608>>. .
- AHMED, N. A.; CAMERON, M. **The challenges and possible solutions of horizontal axis wind turbines as a clean energy solution for the future**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 38, p. 439–460, 2014. Elsevier. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2014.06.004>>. .
- ARVESEN, A.; HERTWICH, E. G. **Assessing the life cycle environmental impacts of wind power: A review of present knowledge and research needs**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 16, n. 8, p. 5994–6006, 2012. Elsevier. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2012.06.023>>. .
- ASO, R.; CHEUNG, W. M. **Towards greener horizontal-axis wind turbines: analysis of carbon emissions, energy and costs at the early design stage**. Journal of Cleaner Production, v. 87, p. 263–274, 2015. Elsevier Ltd. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652614010610>>. .

- BOYLE G., et al. **Renewable Energy: Power for a Sustainable Future**. Second Edition. Oxford 18 University Press, May 6, 2004, 464 p.
- BRINCKERHOFF P. **Update of UK shadow flicker evidence base for the Department of Energy and Climate Change**. 2010. (https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/48052/1416-update-uk-shadow-flicker-evidence-base.pdf) Accessed on 29 Sept. 2015.
- CARDU, M.; BAICA, M. **Regarding a Global Methodology to Estimate the Energy-Ecologic Efficiency of Thermopower Plants**. Energy Conversion and Management, v.40, pp. 71-87, 1999.
- CUCCHIELLA, F.; D'ADAMO, I.; GASTALDI, M.; KOH, S. C. L. **Renewable energy options for buildings: Performance evaluations of integrated photovoltaic systems**. Energy and Buildings, v. 55, p. 208–217, 2012. Elsevier B.V. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.08.029>>. .
- DEMIR, N.; TAŞKIN, A. **Life cycle assessment of wind turbines in Pınarbaşı-Kayseri**. Journal of Cleaner Production, v. 54, p. 253–263, 2013. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S095965261300231X>>. .
- NUGENT, D.; SOVACOO, B. K. **Assessing the lifecycle greenhouse gas emissions from solar PV and wind energy: A critical meta-survey**. Energy Policy, v. 65, p. 229–244, 2014. Elsevier. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2013.10.048>>.
- REICH N.H., ALSEMA E.A., VAN SARK W. G. J. H. M., TURKENBURG W. C., SINKE W. C. **Greenhouse gas emissions associated with photovoltaic electricity from crystalline silicon modules under various energy supply options**. Progress in Photovoltaics: Research and Applications, v. 20, n. 1, p. 6–11, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/pip.1160>>. .
- SENG, L. Y.; LALCHAND, G.; SOW LIN, G. M. **Economical, environmental and technical analysis of building integrated photovoltaic systems in Malaysia**. Energy Policy, v. 36, n. 6, p. 2130–2142, 2008.
- TURCONI, R.; BOLDRIN, A.; ASTRUP, T. **Life cycle assessment (LCA) of electricity generation technologies: Overview, comparability and limitations**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 28, p. 555–565, 2013. Elsevier. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2013.08.013>>. .
- UDDIN, M. S.; KUMAR, S. **Energy, emissions and environmental impact analysis of wind turbine using life cycle assessment technique**. Journal of Cleaner Production, v. 69, n. 2014, p. 153–164, 2014. Elsevier Ltd. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652614000973>>. .
- YUE, D.; YOU, F.; DARLING, S. B. **Domestic and overseas manufacturing scenarios of silicon-based photovoltaics: Life cycle energy and environmental comparative analysis**. Solar Energy, v. 105, p. 669–678, 2014. Elsevier Ltd. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.solener.2014.04.008>>. .

ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL EFFICIENCY OF A SOLAR PHOTOVOLTAIC - WIND HYBRID SYSTEM

Abstract. Nowadays, governments all over the world are in the seek to create laws, regulations, campaigns and projects to increase the percentage of renewable energy sources in the energy mix of each country to reduce the negative impacts on the environment by the utilization of conventional energy sources that burn fossil fuels. Overall, renewable energies pollute less when they are compared with conventional energy, so they are sometimes called clean energy. However, non-conventional energy are not all clean, as for example in its life cycle is used electricity for manufacturing and construction, and also uses fossil fuels for the transport to their place of installation. This paper makes an analysis environmental for a photovoltaic solar hybrid system - Wind. It is explained the evaluation of the life cycle assesment in products. The life cycle for both a photovoltaic solar system as for a wind system has four stage which are the extraction of raw material and manufacturing, construction, operation and maintenance, and decommissioning. The evaluation of the life cycle of each technology derives the indicator GWP (Global Warming Potential), which quantifies the greenhouse gas emissions per kilowatt-hour of energy produced by the generation system. It is calculated the eco-efficiency, based on GWP indicator taking data from the literature. In conclusion, wind energy system pollutes less than the solar photovoltaic system. This paper presents a way to calculate the overall eco-efficiency for a hybrid system using a weighted average.

Keywords: Wind Power, Solar Power, Hybrid Systems.