

INFLUÊNCIA DA SUJEIRA NA GERAÇÃO FOTOVOLTAICA

Elismar Ramos Barbosa – elismar@unipam.edu.br

Merlim dos Santos Ferreira de Faria – merlimsff@gmail.com

Centro Universitário de Patos de Minas, Departamento de Engenharia Elétrica

Fabio de Brito Gontijo – fabiobg@unipam.edu.br

Centro Universitário de Patos de Minas, Departamento de Engenharia Elétrica

Resumo. *Este trabalho pretende mostrar as diferenças entre a produção de energia elétrica em placas fotovoltaicas limpas e sujas. Entenda-se “limpas” como placas fotovoltaicas livres de acúmulo de poeira, lama, folhas, fezes ornitológicas e outros tipos de materiais que impedem o fluxo de raios solares até o interior das células das placas fotovoltaicas, prejudicando assim o seu rendimento na geração de energia elétrica. Já as placas sujas são as que apresentam algum tipo das sujeiras descritas acima, visto que os sistemas instalados em topos de residências e edifícios ficam sujeitos ao acúmulo destes materiais com o passar do tempo. Com base nos dados coletados é possível verificar a necessidade de realizar limpezas periódicas nas placas fotovoltaicas que compõem esses sistemas, pois o rendimento deste, com placas limpas pode ser até 10% maior em relação a sistemas que não recebem nenhum tipo de limpeza.*

Palavras-chave: *placa fotovoltaica, raios solares, sujeira.*

1. INTRODUÇÃO

A tecnologia dos sistemas fotovoltaicos está cada vez mais desenvolvida e acessível em quase todo mundo. O efeito fotovoltaico foi observado pela primeira vez em 1839 por Edmond Becquerel que verificou que placas metálicas, de platina ou prata, mergulhadas num eletrólito, produziam uma pequena diferença de potencial quando expostas à luz (BLASQUES, PINHO, 2007). O sistema fotovoltaico permite a transformação de raios solares em energia elétrica através do efeito fotovoltaico, e quando esse processo ocorre é possível posteriormente transformar a tensão contínua produzida pelos painéis em alternada, para que assim possa alimentar a maioria das cargas domésticas e industriais de todo mundo.

As características de um sistema fotovoltaico dependem dos materiais empregados na constituição das placas, podendo ser eles o silício, germânio, gálio, entre outros elementos. O... mais comumente utilizado é o silício, visto que este é o segundo elemento mais abundante no planeta Terra, obtido através do quartzo ou areia de praia, o que o torna extremamente barato e acessível em relação a outros elementos semicondutores. (CECCHINI, 2003)

As placas fotovoltaicas que utilizam silício na sua constituição normalmente são denominadas monocristalino, com grau de pureza de até 99,9999% de silício, obtendo assim um aproveitamento de conversão entre 15% a 20% da luz solar incidente. Também podem ser feitas de silício policristalino, com aproveitamento entre 10% a 15%, ou ainda de amostras de silício amorfo, sendo este com menor aproveitamento de conversão, da ordem de 5% a 10%. (BLASQUES, PINHO, 2007)

Fatores externos também podem alterar a eficiência de um painel fotovoltaico, o grau de insolação de um determinado local onde o sistema será instalado e a temperatura a que o mesmo estará exposto são os principais fatores analisados antes da instalação de uma planta fotovoltaica, mas, um fator bastante importante tem sido deixado de lado por empresas que implementam esse tipo de tecnologia, o “fator sujeira”. Ocorre que na composição do ar além de oxigênio, nitrogênio e gás carbônico, existe outros fatores que podem ocasionar o acúmulo de sujeira nos painéis fotovoltaicos, fatores estes como poeira, restos de seres vivos ou organismos microscópicos como o ácaro, lama, folhas, fezes ornitológicas e outros tipos de materiais que possam impedir a passagem dos raios solares até as células das placas fotovoltaicas. Estes elementos, com o passar do tempo formam uma camada de sujeira sobre a superfície dos módulos fotovoltaicos causando assim uma possível perda na geração de energia. (MUNDO ESTRANHO, 2011)

Com dados coletados de um sistema fotovoltaico grid-tie, foi possível a realização de ensaios durante um período de trinta dias a fim de observar a influência do fator sujeira na geração fotovoltaica, obtendo dados de geração de placas limpas sem influência de qualquer tipo de “sujeira” e de placas “sujas”, sendo a maior parte da sujeira formada por poeira, provinda principalmente de obras de construções civis presentes na região.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O Sol é a principal fonte de energia para a Terra, além disso, a radiação solar constitui-se numa inesgotável fonte energética, havendo um enorme potencial de sua utilização por meios de conversão e armazenamento de energia, como por exemplo, a térmica e a elétrica (CRESCER-CEPEL, 2014).

A energia solar fotovoltaica é obtida através da conversão direta da luz em eletricidade (Efeito Fotovoltaico). Edmond Becquerel relatou o fenômeno em 1839, quando nos extremos de uma estrutura de matéria semicondutora

surge o aparecimento de uma diferença de potencial elétrico, devido à incidência de luz, explicado através da Fig. 1 (BOAVENTURA, 2013).

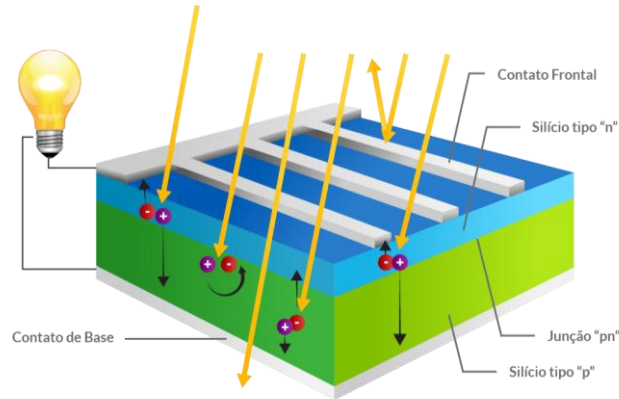


Figura 1 - Princípio de funcionamento de um módulo fotovoltaico

A irradiação solar e a temperatura são os dois principais fatores que influenciam a produção de energia pelos módulos fotovoltaicos. A corrente gerada pelo módulo varia linearmente com a irradiância, enquanto que a tensão varia logaritmicamente. Fig.2 apresenta as características de corrente e tensão em uma célula fotovoltaica da Kyocera modelo KC50T, retirada do data sheet do fabricante.

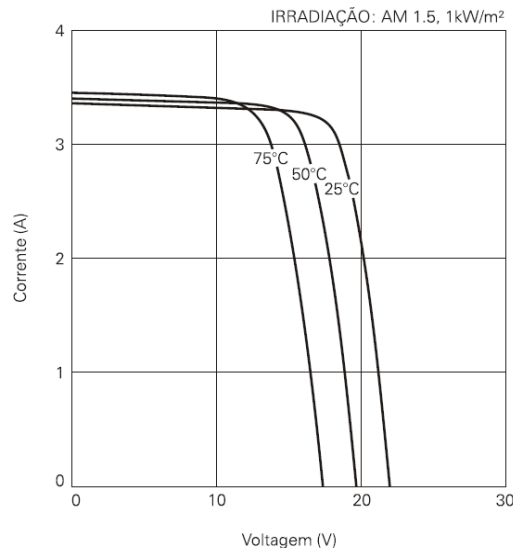


Figura 2 - Características de corrente e tensão em uma célula fotovoltaica

Com o aumento da irradiação, aumenta também a temperatura da célula e, conseqüentemente, esta tende a reduzir a eficiência do módulo. Isso ocorre porque a tensão diminui significativamente com o aumento da temperatura, enquanto que a corrente sofre uma elevação muito pequena (PALZ, 1995).

A autora Giovanna (2010) afirma que, para que haja recepção de uma maior intensidade luminosa é necessário o acompanhamento, ou, pelo menos, um melhor posicionamento das placas fotovoltaicas para o aproveitamento máximo deste movimento. As placas fotovoltaicas são geralmente instaladas em uma posição fixa, devido ao alto custo dos equipamentos que seguem a posição do sol no céu. Deste modo, é fundamental determinar a melhor inclinação para cada região, em função da latitude local e das características climáticas da região, a fim de estabelecer uma maior eficiência, evitando ainda o acúmulo de grandes quantidades de sujidades, acarretando uma menor produção de energia.

A sujidade pode ser composta por diferentes partículas. A poeira pode ser definida como qualquer material particulado de diâmetro inferior a 500µm é composto por pequenas quantidades de pólen (vegetação, fungos, bactérias), células humanas/animais, fibras de carpete/materiais têxteis e outras micro areias, sendo mais comumente, minerais orgânicos geomorfológicos (areia, argila, calcário erodido). O tamanho da partícula, dos componentes, e do formato da poeira pode variar de região para região no mundo inteiro. Além disso, o comportamento da deposição e a taxa de acumulação podem variar significativamente em diferentes localidades. Esses fatores são baseados na geografia, no clima e na urbanização de uma região (KAZMERSKI, 2015). Perdas por poeira podem ser mitigadas através de limpeza evitando sombreado indesejado das células.

De acordo com Kamila (2013), o acúmulo de sujeira pode ocasionar pequenas sombras sobre as células, podendo reduzir o rendimento do sistema como um todo, pois a célula sobre a qual incidir a menor quantidade de radiação é que irá determinar a corrente de geração do módulo e, conseqüentemente, a potência gerada de todo o conjunto de geração. Uma célula quando sombreada pode vir até a atuar como uma carga, levando ao aquecimento do módulo.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O sistema fotovoltaico utilizado encontra-se instalado na Cidade de Patos de Minas, mais especificamente no Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). O município está localizado na região do Triângulo Mineiro e Auto Paranaíba, com 18° 34' 44" latitude Sul, 46° 31' 05" longitude Oeste e apresenta uma altitude de 832 metros. (GEOGRAFO,2016)

A Micro usina Fotovoltaica do UNIPAM é considerada como sistema on-gride por ser interligada à rede de distribuição de energia elétrica, contém 240 placas fotovoltaicas, possuindo uma potência máxima de geração de 12 kWp. As placas estão fixadas a 70 cm do solo por blocos de concreto e estruturas metálicas, tendo como inclinação 20 graus apontando para o Norte, como mostra a Fig. 3.



Figura 3 - Micro usina fotovoltaica UNIPAM

A micro usina está subdividida em três conjuntos de 80 placas (denominada de strings) do tipo policristalino, fabricante Kiocera, modelo KT 50, tensão padrão 17,11 volts, corrente máxima 3,11 Ampere e potência de 56 Watts, como mostram as especificações técnicas disponibilizadas pelo fabricante apresentadas na Tab. 1.

Tabela 1 - Especificações técnicas do módulo fotovoltaico KC50T da KYOCERA

CARACTERIZA	ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS
Máxima potência	54 Watts
Tolerância	+15% / - 5%
Voltagem de máxima potência	17,4 Volts
Corrente de máxima potência	3,11 Amps
Voltagem de circuito aberto	21,7 Volts
Corrente de curto circuito	3,31 Amps
Peso	5,0 kg
Temperatura nominal de operação de célula	47 °C
Icc coeficiente de temperatura de corrente	$1,33 \times 10^{-3} \text{ A/}^\circ\text{C}$
Vca coeficiente de temperatura da tensão	$-8,21 \times 10^{-2} \text{ A/}^\circ\text{C}$

O inversor no sistema de geração fotovoltaica realiza o processo de transformação dos sinais contínuos, vindos da placa, para um sinal alternado. O sistema onde ocorreu a realização deste trabalho utiliza três inversores INGTEAM, modelo Ingecon Sun Lite 3,68TL. Os inversores são divididos por strings, cada inversor realiza o processo de transformação de sinais contínuos para sinais alternados de uma string. A Fig. 4 apresenta os inversores INGTEAM, modelo Ingecon Sun Lite 3,68TL instalados na edificação em estudo.



Figura 4 – Inversor INGETEAM modelo Ingecon Sun Lite 3,68TL

O aparelho possui uma interface com o usuário através de um display de cristal líquido, no qual são mostrados dados de geração como corrente, tensão e potência. O valor máximo tensão e corrente de entrada no inversor respectivamente 550V e 22A. Já sua saída tem como tensões configuráveis 220V/230V/240V com frequência de 50-60hz, e corrente de 17 amperes.

A micro usina conta ainda com um medidor polifásico eletrônico bidirecional classe B, fabricante Nansen e um quadro de junção de carga onde ocorre a injeção da energia elétrica gerada na micro usina à rede de energia já existente na edificação.

Para a realização da pesquisa foram utilizadas as três string (uma string limpa e duas string sujas). Os painéis sujos estão há um ano trabalhando sem manutenção, tendo como forma de limpeza apenas a água da chuva, considerando que no período de 10 maio até 31 de julho de 2016 não houve nenhuma intersetividade climática na região, conclui-se que a sujeira acumulada depositou-se de forma natural proveniente de poeira e fezes de aves.

A limpeza das placas foi realizada a cada sete dias, no período de 01 a 31 de Julho de 2016. Foram utilizados como material de limpeza a água e um tecido humedecido. A aquisição de dados foi adquirida através dos inversores citados anteriormente, as quais fornecem através do software de monitoramento da planta, INGECON SUM monitor, que armazena os dados de potência a cada 15 minutos.

4. RESULTADOS

Uma usina solar, com tecnologia fotovoltaica, necessita de irradiação solar para entrar em operação. A micro usina do UNIPAM não faz uso de banco de baterias ou algo similar para suprir a energia nos períodos em que não houver insolação. Como a usina é diretamente conectada à rede elétrica, o objetivo é produzir o máximo de energia para a rede no período em que houver irradiação disponível. De acordo os dados obtidos através de análise da geração de energia nos meses de junho e julho de 2016, foi possível obter a curva característica de geração por horas do dia, o regime de produção diário dos meses em estudo é previsto de acordo com o formato de curva indicado na Fig. 5.

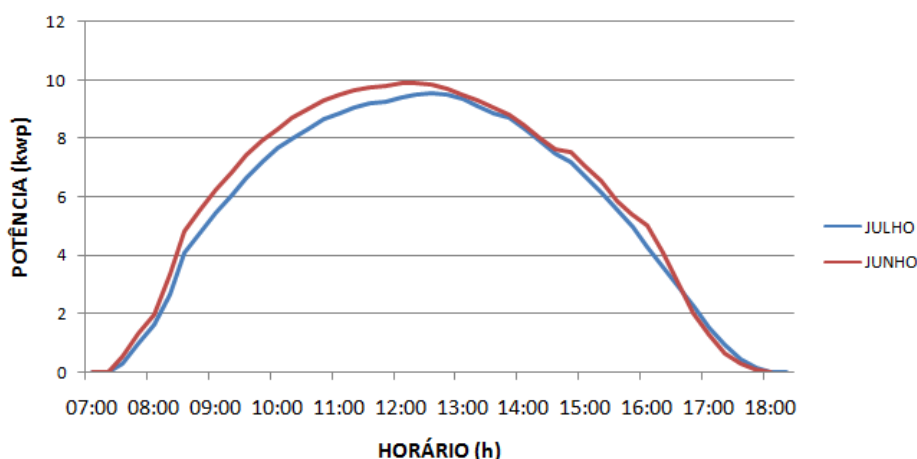


Figura 5 – Curva da potência gerada na micro usina em kWp pela hora do dia

Analisado o comportamento da produção de energia por horas do dia, pode-se concluir que a potência gerada em Kwp manteve os mesmos parâmetros de geração entre os meses de Junho e Julho, confirmando que não houve alterações climáticas nos meses em estudo. Após a confirmação da estabilidade das condições climáticas iniciou-se a coleta de dados através do banco de dados do INGECON SUM, a fim de obter os dados de geração nos meses de Junho e Julho de 2016.

A geração total de energia no mês de Junho foi de 1.639,22 kWh, sendo, 548,14 kWh no inversor 1, 546,66 kWh no inversor 2, 547,42 kWh no inversor 3, A Fig. 6 apresenta a comparação da geração de energia entre as três string referente ao mês de Junho de 2016, antes da limpeza dos painéis.

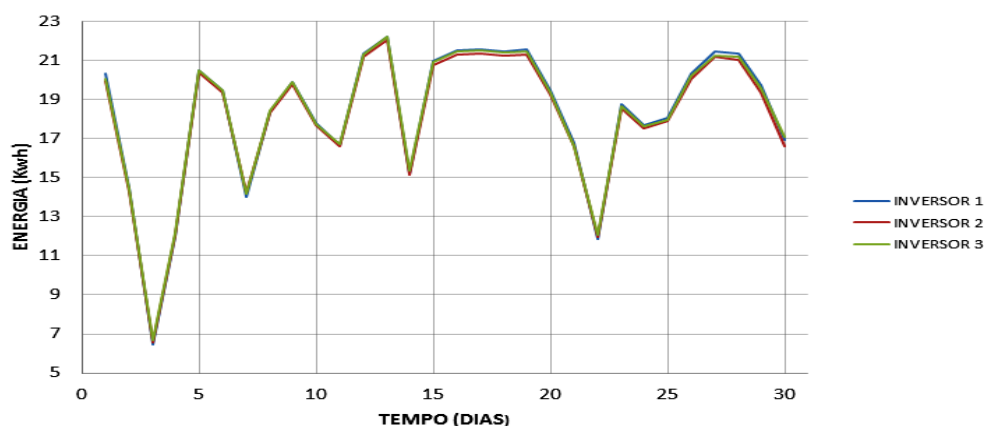


Figura 6 - Geração de Energia antes da limpeza das placas

Analisando os dados obtidos através da Fig. 6, observa-se que a geração de energia no mês de Junho obteve as mesmas características de geração nas três strings em estudo.

De acordo com o objetivo da pesquisa, o qual é analisar a produção de energia pelas placas, sendo elas sujas e limpas, deu-se início em Julho de 2016 a limpeza das mesmas, podendo ser observado que, quando a limpeza das placas é realizada, a produção aumenta. A Fig.7 apresenta a comparação das placas fotovoltaicas antes e depois da limpeza, respectivamente.



Figura 7 - Comparação dos módulos fotovoltaicos antes da limpeza e depois da limpeza

A geração total de energia no mês de Julho, onde ocorreu a limpeza das placas referente a string 3, inversor 3 foi de 1.834,62 kWh, sendo, 594,8 kWh no inversor 1, 592,13 kWh no inversor 2 e 647,69 kWh no inversor 3. A Fig. 8 apresenta a comparação da geração de energia entre as três strings no mês de Julho, onde ocorreu a limpeza das placas a cada sete dias.

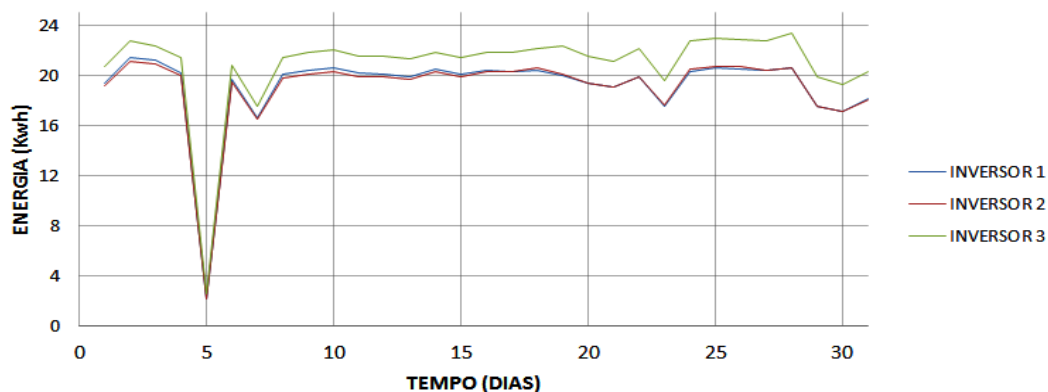


Figura 8 - Comparação da geração de energia entre as três strings no mês de Julho

Verificou-se, após a análise e comparação, que a os dados obtidos no inversor 3 utilizado na string onde houve a limpeza das placas apresentou uma eficiência 10,26% maior que a configuração de painéis sujos. A Fig. 9 apresenta a comparação da geração de energia da string 3 antes e depois da limpeza.

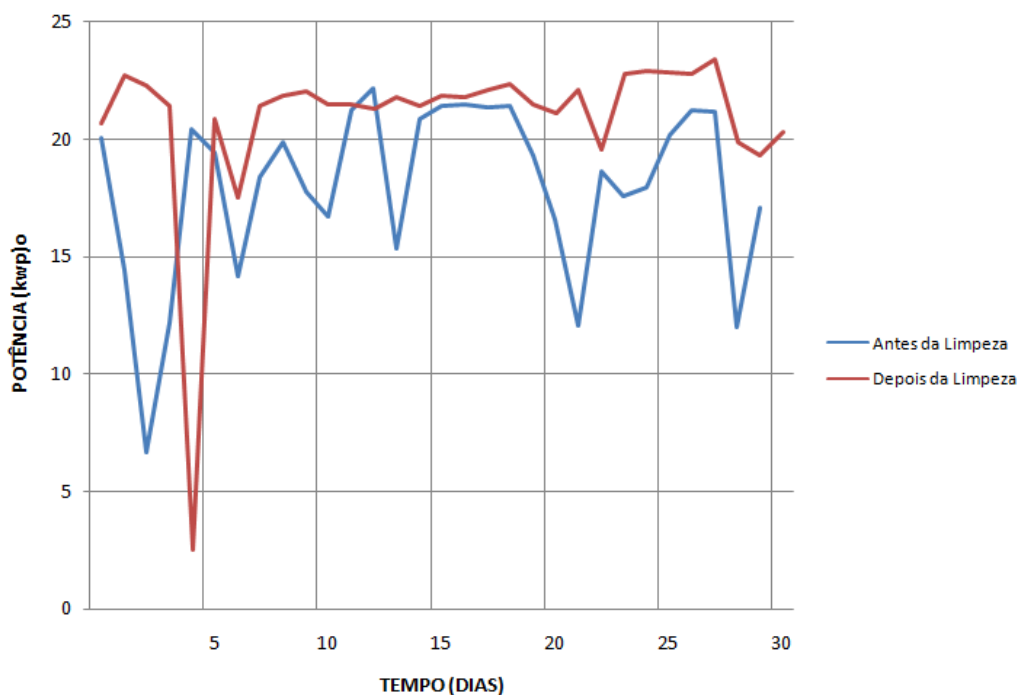


Figura 9 - Comparação da geração de energia antes e depois da limpeza

Levando em consideração que a produção de energia elétrica através do efeito fotovoltaico está ligada diretamente à irradiação solar e temperatura ambiente, foi possível concluir que a falta de manutenção nos módulos fotovoltaicos influencia diretamente na geração de energia, pois o acúmulo de “sujeira” impede a incidência dos módulos com a irradiação solar, dificultando também a troca de calor dos mesmos com o ambiente externo. Confirmando que a sujeira dos painéis causa uma diminuição na eficiência do sistema.

5. CONCLUSÃO

Esta pesquisa permitiu entender o funcionamento de um sistema fotovoltaico e o impacto que a sujeira sob as placas fotovoltaicas pode causar no rendimento do sistema como um todo. Através dos dados obtidos do sistema fotovoltaico utilizado, foram feitas análises técnicas que permitiram comparar os valores de geração de energia advinda das placas totalmente limpas com as que continham acúmulo de “sujeiras”. Assim sendo foi constatada uma produção de energia de quase 10% menor das placas sujas em relação às placas limpas. O acúmulo de sujeira foi agregado durante aproximadamente um ano nas placas “suja” analisadas, já as placas limpas tiveram uma manutenção semanal de limpeza feita com água e utilizando um pano tipo flanela limpo. Constatou-se então que através de um procedimento relativamente simples, prático e de baixo custo é possível fazer um sistema fotovoltaico apresentar rendimento nominal muito próximo do apresentado quando o sistema é novo, sem incidência de desgaste pelo tempo e pela sujeira. Para isso as manutenções de limpeza das placas fotovoltaicas devem ser feitas periodicamente, visto que o acúmulo de sujeira é diferente de acordo com o lugar onde o sistema está implantado fica evidente que a periodicidade pode variar, sendo o ideal entre limpezas semanais, quinzenais ou mensais.

6. REFERENCIAS

- BOAVENTURA, B.B. A Energia Solar Fotovoltaica e a Aplicação na Usina Solar de Tauá. – Rio de Janeiro: UFRJ / Escola Politécnica, 2013.
- CECCHINI, T. Otimização das regiões altamente dopadas de células solares fabricadas por processos térmicos rápidos de pequeno porte. 2003. 102 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003..
- Blasques, L. C. M., Vale, S. B., Pinho, J. T., 2007. Sistema Solar Fotovoltaico para Geração de Eletricidade na Estação Científica Ferreira Penna do Museu Paraense Emílio Goeldi, Caxiuana – Pará, I CBENS - I Congresso Brasileiro de Energia Solar, Fortaleza.

- CRESSEB-CEPEL, Centro de Pesquisas de Energia Elétrica. Grupo de Trabalho de EnergiaSolar. Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos / Rio de Janeiro, CRESESB,2014.
- GEOGRAFO: Coordenadas Geográficas. <http://www.geografos.com.br/cidades-minas-gerais/patos-de-minas.php>> Acesso 30/09/2016 Acesso 10 dezembro 2016
- GIOVANNA, C. C. Giovanardi.; COBENGE, Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, XXXVIII., 2010, Fortaleza-CE.; Hotel Gran Marquise, 2010.
- KAMILA. Aplicação de Energia Fotovoltaica para Prédios Administrativos e Áreas Industriais. – Juiz de Fora: UFJF / Engenharia Elétrica, 2013.
- POR REDACAO MUNDO ESTRANHO. Como se forma a poeira ?. Mundo estranho. Sao Paulo Sp, 18 apr. 2011. Disponível em: <<http://mundoestranho.abril.com.br/ciencia/como-se-forma-a-poeira/>>. Acesso em: 17 set. 2016.

INFLUENCE OF DIRT IN PHOTOVOLTAIC GENERATION

Abstract. *This work shows the differences between the production of electric energy in clean and dirty photovoltaic panels. The term "clean" is understood to mean photovoltaic panels free of accumulation of dust, mud, leaves, ornithological faeces and other types of materials that impede the flow of solar rays into the cells of the photovoltaic cells, thus damaging their yield in the generation of electricity. The dirty plates are those that present some type of dirt described above, since the systems installed in tops of residences and buildings are subject to the accumulation of these materials over time. Based on the data collected, it is possible to verify the need to perform periodic cleaning on the photovoltaic panels that make up these systems, since the efficiency of these with clean plates can be up to 10% higher in relation to systems that do not receive any type of cleaning.*

Key words: *photovoltaic plate, solar rays, dirt.*