

ANÁLISE DE DESEMPENHO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS COM DIFERENTES ÂNGULOS DE INCLINAÇÃO E AZIMUTE LOCALIZADOS EM PALMAS-TO.

Alcy M. Júnior¹, Karla G.S. Santana¹, Ane C. Macedo², Olívio C.S. Nascimento³, Sergio B. Silva³,

¹UFT – Universidade Federal do Tocantins, Engenharia Elétrica, Palmas-TO

alcy.monteiro@uft.edu.br; kgss23@hotmail.com

²UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais, Engenharia Elétrica, Belo Horizonte-MG

anemacedo_12@hotmail.com

³NUPSOL – Núcleo de Pesquisa em Energias Renováveis, Instituto Federal de Goiás/IFG, Engenharia Elétrica, Itumbiara-GO

olivio.souto@ifg.edu.br; sergio.silva@ifg.edu.br;

Resumo - Com a aprovação da resolução normativa 482/2012 da Aneel, diversos sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica têm sido instalados no país. Pesquisas têm sido realizadas com vistas a identificar os arranjos mais eficientes e os principais parâmetros que podem ser controlados para obter o máximo de potência gerada. Dentro deste contexto, este trabalho de pesquisa tem por objetivo avaliar o impacto do ângulo de inclinação e da orientação do arranjo fotovoltaico na produção anual de eletricidade. Para subsidiar as análises, simulações computacionais foram realizadas empregando a ferramenta computacional SOLergo. Nos estudos computacionais foi considerado um sistema típico de 3,12 kWp instalado na cidade de Palmas-TO. Para avaliar a produção energética do sistema, variações das inclinações do painel entre 0 e 30° e do ângulo de azimute foram implementadas considerando cada uma das 16 orientações da rosa dos ventos. Os resultados mostram as perdas relativamente mínimas, ocasionadas pela inclinação e orientação azimutal inadequada dos painéis conforme a disposição do telhado.

Palavras-Chave - Ângulo de orientação, Desempenho, Energia Solar, Geração Distribuída, Radiação Solar, Sistemas Fotovoltaicos.

PERFORMANCE ANALYSIS OF TILT AND AZIMUTH ANGLES FOR PHOTOVOLTAIC SYSTEMS IN PALMAS-TO

Abstract - With the approval of the rules Resolution 482/2012 of Aneel, several photovoltaic systems connected to the grid, have been installed in the country. Research has been conducted in order to identify the most efficient arrangements and the main parameters that can be controlled to get the maximum power generated. Within this context, this research aims to evaluate the impact of the tilt angle and orientation of the photovoltaic array in

the annual production of electricity. To support the analysis, computer simulations were performed using the computational tool SOLergo. In computational studies it was considered a typical system 3,12 kWp installed in the city of Palmas-TO. To evaluate the energy production system, variations of the panel slopes between 0 and 30° and the azimuth angle are implemented considering each of the 16 pink orientation of the winds. The results show the losses caused by the slope and inadequate azimuthal orientation of the panels as the roof arrangement is relatively small.

Keywords - Distributed Generation, Performance, Photovoltaic Systems, Solar Energy, Solar Radiation, Tilt Angle.

I. INTRODUÇÃO

O aumento exponencial da capacidade instalada de energia solar fotovoltaica (FV) no Brasil e no mundo deve-se por um lado a uma maior consciência ambiental da população em relação ao aquecimento global [1] e, por outro lado, a redução dos custos de equipamentos dos sistemas de geração FV quando comparados com a produção de energia oriunda das usinas térmicas [2]. Tais fatores, aliado ao alto custo da energia elétrica, a escassez de recursos não renováveis e, com as novas regulamentações que possibilitaram a compensação entre a energia gerada e a consumida, tem contribuído para o aumento deste tipo de geração distribuída, principalmente nas áreas residenciais.

Segundo dados do relatório de 2016 da Agência Internacional de Energias Renováveis (IRENA – *International Renewable Energy Agency*), no ano de 2015 aproximadamente 47 GWp gerados a partir de instalações FV, passaram a compor a matriz energética mundial [3]. A Figura 1 ilustra claramente o crescimento da capacidade instalada mundial de energia solar FV.



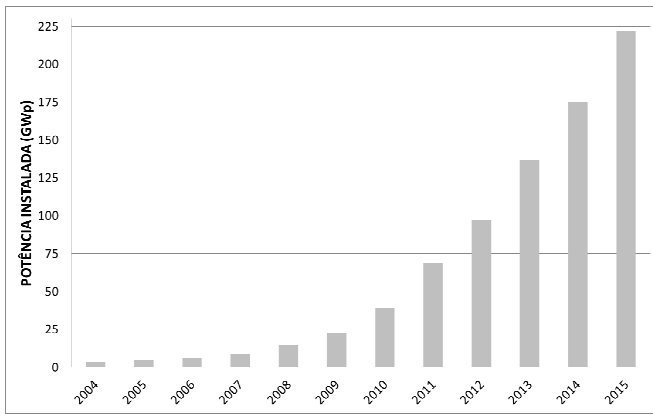


Fig. 1. Capacidade instalada de sistemas fotovoltaico global.
Fonte: IRENA (2016).

No Brasil a participação de fontes renováveis na matriz elétrica é bem favorável, segundo dados de 2014, aproximadamente 75% da energia gerada é proveniente de renováveis. Somente a geração hidráulica, representou mais de 60% de participação na matriz elétrica em 2014 [4]. O grande inconveniente desta fonte energética deve-se à sua dependência das condições hidrológicas, onde em alguns momentos pode levar a baixa produção devido a escassez de chuvas na região onde encontra-se instalada. Em função destas condições ambientais desfavoráveis faz-se necessário produzir energia a partir de usinas térmicas cujo combustível é o petróleo e seus derivados. No ano de 2014 o país passou por este tipo de problema o que exigiu o funcionamento das térmicas que representou um aumento de 43,4% em relação ao ano anterior [4].

Com relação a energia solar FV, importante destacar as condições favoráveis do Brasil dentro do cenário mundial. A boa disponibilidade de radiação solar que possui uma média diária entre 1500 kWh/m²/ano e 2200 kWh/m²/ano, podendo alcançar até 2400 kWh/m²/ano, coloca o país em posição de destaque [5]. Apesar destas condições favoráveis o que se observa é que o uso da tecnologia solar FV ainda é recente e insignificante, conforme os dados fornecidos pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). A participação da geração FV na matriz energética brasileira é da ordem de 0,0144% [6].

Como estratégia para incentivar a expansão da geração distribuída e com vistas a atender ao Plano Nacional de Energia, em abril de 2012, a ANEEL, regulamentou a conexão de micro e mini geradores a partir de fontes renováveis nas redes de distribuição, em especial a solar FV, por meio da publicação da Resolução Normativa n° 482/2012 (RN482). A RN482 prevê o sistema de compensação de energia elétrica, permitindo que se tenha o balanço entre a energia consumida e a gerada pela unidade consumidora (modelo *net metering*) [7]. Neste modelo, a energia gerada pelo sistema FV, por exemplo, quando exceder a necessidade de consumo da unidade consumidora, o excesso será compensado nas próximas faturas de energia. É uma forma de contribuir e incentivar o uso da geração distribuída por consumidores residenciais.

A partir da RN482, ocorreu um aumento significativo do número de micro e mini sistemas FV conectados à rede elétrica (SFCR). De acordo com o Ministério de Minas e

Energia [8], até o final de 2015, a potência instalada total no país era de 32 MWp, com um total de 1274 instalações registradas. Somente no primeiro semestre de 2016, de acordo com dados do Banco de Informação de Geração - BIG da ANEEL, o número de SFCR, já se alcançou 3370 unidades [6]. Esse avanço demonstra a tendência de rápida expansão desses sistemas no país.

É dentro deste cenário de rápida expansão que surge a necessidade de se investigar o desempenho destes sistemas de geração de energia elétrica com vistas a identificar as melhores opções de instalação sob o ponto de vista técnico e econômico. Adicionalmente às questões inerentes do próprio SFCR, outros fatores influenciam sobremaneira na produção de energia, como por exemplo, a intermitência da luz solar, a passagem de nuvens, sujeira acumulada ao longo do tempo, entre outros que podem influenciar no desempenho do sistema como um todo. Diante de tais problemas, faz-se necessário investigar o desempenho de tais sistemas empregando-se simuladores computacionais a exemplo: HOMER, PVSytem, etc [9].

O uso de simuladores que permitem avaliar os projetos de SFCR, leva em consideração em suas análises, tanto as questões técnicas, ou seja, as variáveis que interferem na produção de energia, com destaque para: temperatura dos módulos FV, irradiação solar, orientação e inclinação do arranjo FV, entre outros, como as questões econômicas, permitindo avaliar qual a melhor opção do ponto de vista financeiro para a inserção de SFCR. Considerando-se que os módulos FV apresentam baixo rendimento, todo esforço com vistas a maximizar tanto a produção de energia, quanto a busca pela melhor opção financeira, devem ser avaliados.

Para SFCR com arranjos fixos, estudos mostram que a produção anual de energia é otimizada quando o mesmo esteja orientado para o norte geográfico e com inclinação igual à latitude do local de instalação. Quando a edificação permite que o arranjo atenda a estas duas indicações, tem-se a condição ideal para garantir a produção anual máxima de energia elétrica. No entanto, o que se observa é que raramente tem-se esta condição favorável para a instalação dos arranjos FV. Via de regra, os SFCR são instalados em telhados cuja orientação e inclinação não atendem a situação ideal resultando numa produção de energia abaixo da situação ideal. Diante de tais questões faz-se necessário que o projetista de SFCR deva conhecer quais as melhores condições, que proporcionam ganhos de produção de energia elétrica.

Neste contexto, este trabalho tem por objetivo investigar qual o impacto que o ângulo de inclinação e a orientação dos arranjos FV na produção anual de eletricidade de um sistema fotovoltaico conectado à rede. Para tanto, utilizou-se de dados de um sistema típico localizado na cidade de Palmas-TO e do programa computacional SOLergo.

II. METODOLOGIA

A avaliação da produção de energia pelo sistema FV utilizou-se de dados de um sistema real com potência de geração de 3,12 kWp, composto por um inversor modelo ABB PVI-3.0-TL-OUTD e módulos da *Canadian Solar*. O arranjo FV é composto de 12 placas CS6P - 260P com capacidade de produção de 260 Wp cada. O sistema

encontra-se instalado na cidade de Palmas-TO, região norte do Brasil na latitude 10,19° Sul e longitude 48,30° Oeste, com uma elevação de 230 metros, em relação ao nível do mar.

A Figura 2 mostra a média diária mensal da radiação solar disponível no site do CRESESB para a localidade avaliada.

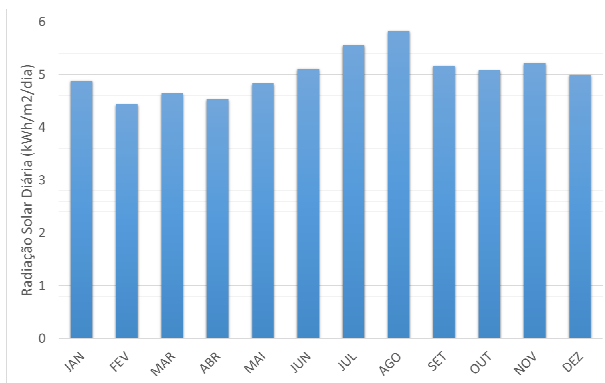


Fig. 2. Média da Radiação Solar Diária. Fonte: CRESESB/CEPEL.

Simulações computacionais foram realizadas utilizando-se da ferramenta computacional SOLergo desenvolvido pela empresa italiana ELECTRO GRAPHICS, que permite avaliar sistemas FV conectados ou sistemas isolados à rede elétrica. Inúmeros recursos são disponibilizados pelo programa computacional com vistas a avaliar o desempenho operacional destes sistemas de produção de energia, com destaque para: cálculo da radiação solar local; produção de energia em função dos parâmetros de operação; o "layout" da posição dos módulos dentro da planta arquitetônica no formato DWG; análise econômica como o cálculo do retorno de investimento e, finalmente, a elaboração automática da documentação do sistema.

O objetivo principal deste trabalho foi avaliar o impacto da inclinação e da orientação do arranjo na produção de energia. Para tanto considerou-se as 16 orientações da rosa dos ventos e, para cada orientação variou-se a inclinação de 0° a 30° com intervalos de 5°. A Figura 3 mostra a rosa-dos-ventos, com base nas quatro direções fundamentais e suas intermediárias utilizadas nesta análise.

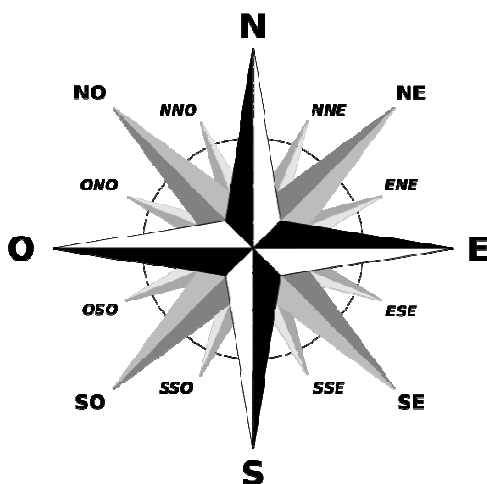


Fig. 3. Rosa-dos-ventos com as direções fundamentais e suas parciais.

O programa SOLergo permite variar as inclinações e orientações do arranjo FV e avaliar a produção de energia. A Figura 4 apresenta parte da tela gráfica do programa computacional.



Fig. 4. Tela parcial do SOLergo para simulações das orientações e inclinações.

III. RESULTADOS

Considerando a condição ideal de operação do SFCR foram determinados alguns dos indicadores de desempenho com azimute a 0° (norte) e inclinação igual a latitude (10°).

A produtividade do sistema (Y_F do inglês: *final yield*), a qual, relaciona a energia produzida pela capacidade instalada do sistema. Uma vantagem da definição da Y_F diz respeito à utilização da potência nominal do gerador FV, podendo comparar o desempenho entre sistemas com diferentes eficiências de conversão CC/CA ou até mesmo, de geradores FV com diferentes formas de montagem [10].

O desempenho global ou razão de performance (PR do inglês: *performance ration*) é definido entre a razão da produtividade do sistema e a produtividade de referência. Este índice é utilizado para avaliações e comparações de sistemas fotovoltaicos conectados à rede de diferentes latitudes [11].

E fator de capacidade (FC) é definido pela razão entre a produção de energia elétrica real e a produção de energia teórica se o sistema operasse 24h do dia em sua potência nominal em condição padrão (1000W/m² e 25°C) [11].

Nestas condições tem-se os resultados apresentados na Tabela I.

Tabela I – Síntese dos parâmetros de desempenho do SFCR de referência.

Cidade	Energia [kWh/ano]	Y_F [kWh/kWp]	PR	FC [%]
Palmas	4758,84	1525,27	0,80	17,41

Para verificar o impacto da variação do ângulo de inclinação, bem como da orientação dos painéis FV, o sistema foi simulado e os valores de produção de energia foram normalizados considerando como valor de referência a energia produzida pelo SFCR para a condição ideal.

A Tabela II apresenta os resultados obtidos para as diversas condições físicas de instalação do sistema FV. A análise da tabela permite verificar que a energia produzida pelo arranjo disposto na condição horizontal (inclinação igual a 0°), independente da orientação, a energia anual produzida tem uma redução de apenas 1% da situação ideal. Embora seja uma condição de instalação mais fácil de ser

implementada, sabe-se que nesta inclinação o acúmulo de sujeira é maior prejudicando o rendimento global do sistema. De acordo com [12-13], o acúmulo de sujeira é o terceiro principal fator ambiental que influencia nos valores de geração dos sistemas FV, sendo o nível de irradiação solar o principal parâmetro que influencia a produção de energia, seguido da temperatura dos módulos. Estudos mostram que o acúmulo de sujeira nos módulos pode levar a uma redução da ordem de 20% da energia produzida no mês [14-16].

Uma condição comum encontrada nas edificações, consiste na disponibilidade de instalação em telhados orientados para leste ou oeste e inclinações típicas entre 10° e 15°. Conforme mostra a Tabela II, para estas condições a produção anual de energia elétrica apresenta uma redução da ordem de 2%. A diferença na produção de energia entre a orientação leste e oeste não chega a ser relevante, os resultados das simulações mostraram que na orientação leste a produção anual foi 1,2% superior quando comparada com a orientação oeste.

Conforme pode ser observado na Tabela II e III, a pior condição de produção anual de energia ocorre quando o arranjo FV encontra-se orientado para o Sul e com inclinação da ordem de 30° (parte mais vermelha da tabela). Nestas condições as perdas anuais de energia são da ordem de 17,75%.

IV. CONCLUSÕES

Conforme já citado por [17], a potência de um gerador FV depende diretamente do ângulo de inclinação e orientação. A escolha do local em que o arranjo fotovoltaico deverá ser instalado é um dos fatores determinante para o melhor desempenho do SFCR. Em áreas urbanas, estudo mais precisos do ângulo de inclinação e orientação azimutal do painel passam a ser bastante relevantes para desempenho global do sistema. Neste aspecto, as análises realizadas por meio de simulações computacionais de SFCR levando em consideração não somente os dados da radiação incidente no plano inclinado, permite o cálculo do impacto da orientação do arranjo no desempenho global do sistema. Os resultados apresentados neste trabalho, mostram que, em geral, há uma faixa relativamente ampla de inclinações e orientações azimutais do arranjo FV em que as perdas anuais de energia não ultrapassam 2% da energia produzida por um sistema de referência, isto é, inclinação igual à latitude e azimute 0 (orientado para o norte geográfico). Neste sentido, os custos das instalações dos microgeradores FV podem ser reduzidos pelo fato de não haver a necessidade de fazer modificações no telhado de uma edificação existente, ou mesmo, na instalação de suportes/estruturas de fixação dos módulos FV de forma a garantir as condições ideais.

Tabela II – Energia Anual normalizada do SFCR

Orientações Inclinações	NORTE (N)	NORTE NORDESTE (NNE)	NORDESTE (NE)	LESTE NORDESTE (ENE)	LESTE (E)	LESTE SUDESTE (ESE)	SUDESTE (SE)	SUL SULDESTE (SSE)	SUL (S)	SUL SUDOESTE (SSO)	SUDOESTE (SO)	OESTE SUDOESTE (OSO)	OESTE (O)	OESTE NOROESTE (ONO)	NOROESTE (NO)	NORTE NOROESTE (NNO)
0°	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
5°	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,99	0,99	1,00	1,00
10°	1,00	1,00	0,99	0,99	0,98	0,97	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,97	0,98	0,99	0,99	1,00
15°	1,00	0,99	0,99	0,98	0,97	0,96	0,94	0,93	0,93	0,93	0,94	0,96	0,97	0,98	0,99	0,99
20°	0,99	0,98	0,98	0,97	0,95	0,93	0,92	0,90	0,90	0,90	0,92	0,93	0,95	0,97	0,98	0,98
25°	0,97	0,97	0,96	0,95	0,93	0,91	0,89	0,87	0,86	0,87	0,89	0,91	0,93	0,95	0,96	0,97
30°	0,95	0,95	0,94	0,93	0,91	0,88	0,85	0,83	0,82	0,83	0,85	0,88	0,91	0,93	0,94	0,95

Tabela III – Perdas de Energia Anual Considerando [%]

Orientações Inclinações	NORTE (N)	NORTE NORDESTE (NNE)	NORDESTE (NE)	LESTE NORDESTE (ENE)	LESTE (E)	LESTE SUDESTE (ESE)	SUDESTE (SE)	SUL SULDESTE (SSE)	SUL (S)	SUL SUDOESTE (SSO)	SUDOESTE (SO)	OESTE SUDOESTE (OSO)	OESTE (O)	OESTE NOROESTE (ONO)	NOROESTE (NO)	NORTE NOROESTE (NNO)
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
5°	0,20	0,28	0,50	0,84	1,25	1,68	2,05	2,31	2,41	2,31	2,05	1,68	1,25	0,84	0,50	0,28
10°	0,00	0,14	0,55	1,18	1,98	2,84	3,63	4,19	4,39	4,19	3,63	2,84	1,98	1,18	0,55	0,14
15°	0,41	0,60	1,14	2,02	1,98	4,47	5,70	6,60	6,94	6,60	5,70	4,47	3,17	2,02	1,14	0,60
20°	1,42	1,64	2,28	3,33	4,80	6,54	8,25	9,54	10,04	9,54	8,25	6,54	4,80	3,33	2,28	1,64
25°	3,02	3,25	3,93	5,11	6,84	9,01	11,24	12,97	13,65	12,97	11,24	9,01	6,84	5,11	3,93	3,25
30°	5,21	5,43	6,09	7,32	9,27	11,85	14,62	16,85	17,75	16,85	14,62	11,85	9,27	7,32	6,09	5,43

Mesmo para inclinações e orientações do arranjo FV diferente das condições consideradas ideais, a energia anual pode apresentar os mesmos resultados em relação a produção anual de energia, ou com perdas consideradas mínimas frente ao desempenho anual. Estes fatos são importantes nas análises de viabilidade econômica dos SFCR.

REFERÊNCIAS

- [1] H.E. Khashab, M.A. Ghamedi. "Comparison between hybrid renewable energy systems in Saudi Arabia". J Electr Syst Inform Technol, 2015.
- [2] D. Azofra, E. Jiménez, E. Martínez, J. Blanco. "Economical environmental impact of subsidised renewable energy sources for electricity (RES-E) in the Spanish system". Energy Sustain Dev 2015.
- [3] IRENA - International Renewable Energy Agency. "Renewable Capacity Statistics 2016". Acedido em 20 de maio de 2016, em <http://www.irena.org>.
- [4] EPE - Empresa de Pesquisa Energética. "Balanço Energético Nacional 2015 – Ano base 2014: Relatório Síntese". Rio de Janeiro: EPE, 2015.
- [5] F.R. Martins, R. Rüther, E.B. Pereira, S. A. Abreu. "Solar energy scenarios in Brazil. Part two: photovoltaics applications". Energy Policy, 2008.
- [6] ANEEL. BIG - Banco de Informações de Geração - Capacidade de Geração do Brasil. Acedido em 29 de junho de 2016, em: <http://www.aneel.gov.br>.
- [7] ANEEL. "RESOLUÇÃO NORMATIVA N_482", 2012. Acedido em: 01 outubro de 2014, em: <http://www.aneel.gov.br>.
- [8] MME – Ministério de Minas e Energia. "Energia Solar no Brasil e Mundo Ano de referência – 2014" Edição 16/12/2015. Acedido em: 20 de abril de 2016, em <http://www.mme.gov.br>.
- [9] M. Lalwani, D.P. Kothari, M. Singh. "Investigation of Solar Photovoltaic Simulation Softwares". International Journal Of Applied Engineering Research, Dindigul Vol. 01, No 3, 2010.
- [10] R. Zilles, W.N. Macêdo, B.M. Galhardo, S.H.F. Oliveira, "Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica" São Paulo, Oficina de Textos. 2012.
- [11] G.A. Rampinelli. "Estudo De Características Elétricas E Térmicas De Inversores Para Sistemas Fotovoltaicos Conectados À Rede. 2010. 285 f. Tese – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, UFRS, Porto Alegre, 2010.
- [12] M. Gostein, J.R. Caron, B. Littmann. "Measuring soiling losses at utility-scale PV power plants," in Photovoltaic Specialist Conference (PVSC), 2014 IEEE 40th , vol., no., pp.0885-0890, 8-13 June 2014.
- [13] L. Dunn, B. Littmann, J.R. Caron, M. Gostein, "PV Module Soiling Measurement Uncertainty Analysis," 39th IEEE Photovoltaic Specialists Conference, Tampa, FL, 2013.
- [14] A. Kimber, L. Mitchell, S. Nogradi, and H. Wenger, "The Effect of Soiling on Large Grid-Connected Photovoltaic Systems in California and the Southwest Region of the United States," in Conference Record of the 2006 IEEE 4th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion, Waikoloa, HI, 2006.
- [15] T.U. Townsend e P.A. Hutchinson, "Soiling Analysis at PVUSA," in Proceedings of ASES-2000, Madison, WI, 2000.
- [16] J. Zorrilla-Casanova, M. Piliouline, J. Carretero, P. Bernaola, P. Carpena, L. Mora-López, e M. Sidrach-de-Cardona, "Analysis of Dust Losses in Photovoltaic Modules," in Proceedings of the World Renewable Energy Congress 2011, Linköping, Sweden, 2011.
- [17] CRESESB. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. Rio de Janeiro. 2014.

DADOS BIOGRÁFICOS

Alcy Monteiro Júnior, nascido em 17/01/1987 em Teresina-PI, é Tecnólogo em Sistemas Elétricos (2011) pelo Instituto Federal do Tocantins, Mestre em Engenharia Elétrica (2014) pela Universidade Federal de Minas Gerais. Atualmente é professor no curso de Engenharia Elétrica da Fundação Universidade Federal do Tocantins. Atuando principalmente nas áreas de qualidade de energia elétrica e geração solar fotovoltaica.

Karla Gianna da S. Santana, nascido em 23/05/1990 em Imperatriz - MA, é aluna do curso de Engenharia Elétrica da Fundação Universidade Federal do Tocantins - Campus Palmas.

Ane Caroline Macedo, nascido em 30/10/1991 em Montes Claros, Minas Gerais. Graduou-se como Engenheira Eletricista em 2015 e atualmente é aluna de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica na Universidade Federal de Minas Gerais. Atuando principalmente nas áreas de sistemas de energia elétrica e geração solar fotovoltaica.

Olívio Carlos Souto do Nascimento, nascido em 05/06/1963 em Uberlândia-MG, Brasil. Graduou-se como Engenheiro Eletricista e obteve o título de Mestre e Doutor pela Universidade Federal de Uberlândia em 1998 e 2003, respectivamente. Atualmente, é professor no curso de engenharia elétrica do Instituto Federal de Goiás, em Itumbiara, GO. Sua área de pesquisa está relacionada a qualidade da energia elétrica, eficiência energética, fontes renováveis de energia, geração distribuída e impacto no sistema elétrico.

Sergio Batista Silva, nascido em 28/02/1975 em Tupaciguara-MG, Brasil. Graduou-se como Engenheiro Eletricista e obteve o título de Mestre pela Universidade Federal de Uberlândia em 1998 e 2003, respectivamente. Doutor pela Universidade de Brasília em 2010. Atualmente, é professor na engenharia elétrica do Instituto Federal de Goiás, em Itumbiara. Atuando principalmente na área de energia solar fotovoltaica.