

## **ANÁLISE DA IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE MICROGERAÇÃO DE ENERGIA UTILIZANDO MICROINVERSOR E INVERSOR MULTI-STRING**

**ANSELMO FHELLIPE SOUZA MAIA<sup>1\*</sup>, MATEUS DE AQUINO MOREIRA<sup>2</sup>, EDVALDO FRANCISCO FREITAS LIMA<sup>3</sup>, NAJI RAJAI NASRI AMA<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Acadêmico de Eng. de Controle e Automação, UCDB, Campo Grande-MS, ansefmofh.ucdb@gmail.com

<sup>2</sup>Acadêmico de Engenharia Mecânica, UCDB, Campo Grande-MS, mateusdeam@gmail.com

<sup>3</sup>Msc. em Engenharia da Computação, Prof. UCDB, Campo Grande-MS, edvaldo.ucdb@gmail.com

<sup>4</sup>Dr. em Engenharia Elétrica, Prof. UCDB, Campo Grande-MS, naji@ucdb.br

Apresentado no

Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2017

8 a 11 de agosto de 2017 – Belém-PA, Brasil

**RESUMO:** Com o desenvolvimento da tecnologia no setor energético e a cobrança de que indústrias, empresas, prédios e casas produzam e consumam sua própria energia -de forma limpa- têm aquecido o mercado global para oferecer serviços e tecnologias que utilizem fontes renováveis para produção de energia elétrica. No Brasil, a partir de 2015 o setor ganhou um incentivo forte, devido a atualização da normativa nº 482/2012 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANAEEL) que permite e qualifica o uso de qualquer fonte renovável, além da cogeração qualificada, para produção de energia elétrica conectada à rede. Desta forma, este artigo tem como objetivo verificar os custos para implementação de uma unidade de microgeração de energia fotovoltaica em duas casas de consumos distintos utilizando microinversor e inversor multi-*string* em Campo Grande – MS, em que se pode observar que o custo de implementação utilizando microinversor é maior do que inversor multi-*string*, contudo o primeiro apresenta maior viabilidade, pois além de outras características, possui um sistema MPPT (*Maximum Power Point Tracking*) individual que impacta em maior eficiência produtiva, criando uma compensação em relação ao custo e benefício do investimento.

**PALAVRAS-CHAVE:** Inversor Solar, Fotovoltaico, Conversores Estáticos.

### **VIABILITY ANALYSIS OF GRID CONNECTED PHOTOVOLTAIC MICROGENERATION USING MICRO AND MULTI-STRING INVERTER**

**ABSTRACT:** Developing technology in the energy sector and charging that industries, businesses, buildings and homes produce and consume their own energy - cleanly - have warmed the global marketplace to offer services and technologies that use renewable sources for electric power generation. In Brazil, from 2015 onwards, the sector has gained strong inventiveness, due to the updating of the National Electric Energy Agency (ANAEEL) regulation 482/2012, which allows and qualifies the use of any renewable source, in addition to qualified cogeneration, for energy production connected to the electric grid. This article aims to verify the costs to implement micro photovoltaic generation unit in two houses of different consumption using microinverter and multi-*string* inverter in Campo Grande - MS, in which it can be observed that the cost of implementation using microinverter is higher than multi *string* inverter, however, the first one is more feasible because, in addition to other characteristics, it has an individual MPPT (*Maximum Power Point Tracking*) system that impacts on higher productive efficiency, creating a compensation in relation to the cost and benefit of the investment.

**KEY WORDS:** Solar Inverter, Photovoltaic, Static Converters.

## INTRODUÇÃO

As contas de energia elétrica sofreram nas últimas décadas um aumento significativo enquanto, felizmente, o custo para instalar sistemas fotovoltaicos faz uma trajetória contrária, diminuindo anualmente devido a fortes contribuições de incentivos fiscais e tendência mundial. Com a atualização da normativa N° 482/2012 da ANAEEL, a geração descentralizada de energia fotovoltaica tornou-se uma opção interessante e viável não só para consumidores de grande porte como grandes indústrias, mas agora também para pequenas empresas, prédios e até casas. Em regiões favorecidas pelo clima e geografia, o investimento neste sistema de geração tem se tornado cada vez mais atrativo.

Esta atualização n° 482/2012 permite que qualquer fonte renovável seja instalada em estabelecimentos consumidores, classificando-os assim em: unidade de microgeração produzindo até 75 kW e unidade de minigeração distribuída aquela com potência acima de 75kW e menor ou igual a 5 MW (ANAEEL, 2015).

De acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica, em setembro de 2016 o Brasil chegou na marca de 5.525 unidades consumidoras com produção da sua própria energia classificados em microgeração distribuída. No mesmo mês de 2015, eram apenas 1.155 unidades demonstrando que houve um crescimento de 400% neste período. A ANAEEL estima que o mercado continuará em expansão até 2024, onde o Brasil deverá ter 1,2 milhão de unidades produzindo eletricidade em diferentes modalidades de produção de energia limpa (ANAEEL, 2016).

Esse sistema permite além da possibilidade do consumidor produzir energia para seu consumo, se houver excedentes nesta produção, a energia pode ser introduzida na rede elétrica da concessionária gerando créditos que o consumidor terá até 60 meses para “gastar”. Inclusive, é permitido descontar este excedente produzido em outro imóvel, desde que esteja no nome da mesma pessoa.

No Mato Grosso do Sul e em outros 20 estados, este excedente produzido tem isenção do imposto ICMS (Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Serviços), o que torna a microgeração de energia mais barata (CONFAZ, 2016).

A Geração solar é a mais utilizada entre as unidades consumidoras que produzem sua própria energia. Esta geração é oriunda da transformação direta de radiação solar em energia elétrica. As células fotovoltaicas “entregam” a energia em corrente contínua, isto ocasiona a necessidade de um equipamento para realização da conversão e sincronização para conectar à rede elétrica. A conversão mais utilizada é a transformação da energia de corrente contínua (CC) para corrente alternada (CA), visto que a grande maioria dos equipamentos elétricos e eletrônicos trabalham em corrente alternada (CEPEL, 2014).

Atualmente o inversor solar mais utilizado para sistemas fotovoltaicos é o *Grid-Tie*, expressão em inglês que significa conectado à rede. Este tipo de inversor tem como característica uma função para desligar rapidamente caso a rede elétrica venha cair, e a possibilidade de utilizar o sistema sem um banco de baterias para armazenamento da energia, isto é, toda energia produzida “escoa” diretamente para rede elétrica. Também existe os inversores solar para sistemas sem conexão à rede elétrica (*off-grid*) objeto que não será foco neste estudo. Através da tabela 1 é possível verificar a classificação de inversores conectados à rede elétrica.

Tabela 1. Classificação de inversores conectados à rede elétrica (TEODORESCU, 2011).

<b>Inversor <i>Grid-Tie</i></b>	<b>Potência</b>	<b>Descrição</b>
Microinversor	50 W – 500 W	Potência Baixa, utilizado com 1 ou 2 painéis solar.
Inversor <i>string</i>	500 W – 2.000 W	Painéis conectados em série.
Inversor multi- <i>string</i>	1.500 W – 6.000W	Painéis conectados em série e paralelo.
Mini Inversor Central	6.000W – 100.000 W	Alta potência, utilizado em pequenas indústrias.
Inversor Central	100.000 – 1.000 KW	Alta potência, utilizado em indústrias e usinas.

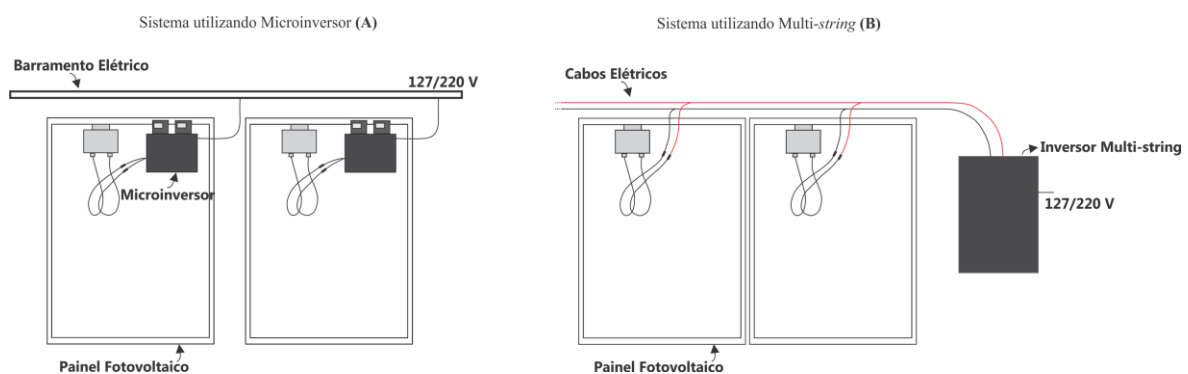
Outro aspecto dos inversores *grid-tie* com exceção do microinversor é que trabalham com a conversão de toda energia produzida pelos painéis solares de uma vez para depois ser inserida na rede elétrica. Já o microinversor trabalha com a capacidade de realizar a conversão da energia separadamente de cada painel solar criando uma independência de conversão.

Esses dois tipos de inversores apresentam vantagens e desvantagens. Neste contexto, este trabalho apresenta uma comparação de preços para implementação de um sistema fotovoltaico de classificação *on grid*, utilizando inversor multi-*string* e microinversor, para duas unidades residencial consumidoras diferentes. Desta forma será possível verificar a viabilidade da utilização dos sistemas conectados à rede elétrica utilizando estes inversores solar.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O objeto deste estudo abordará a comparação de preços para instalação de um sistema fotovoltaico de característica conectado à rede elétrica (*on grid*) por meio da comparação dos custos de implementação de cada uma dessas tecnologias de inversores em duas residências diferentes. Logo para o estudo e entendimento do funcionamento dos sistemas utilizando microinversor e inversor multi-*string* construiu-se a figura 1.

Figura 1. Sistema utilizando microinversor (A) e inversor multi-*string* (B)



Constatou-se que o microinversor é posicionado diretamente na placa fotovoltaica realizando a conversão da corrente contínua (CC) para corrente alternada (CA) exclusivamente daquele painel solar. No inversor multi-*string* destaca-se que ao contrário do sistema com microinversor, este não realiza a conversão exclusiva de um painel fotovoltaico, mais sim de todos os painéis fotovoltaicos do sistema.

Para realização da comparação de viabilidade de investimento, inicialmente foi feita uma identificação das unidades consumidoras para facilitação do entendimento quando os mesmos fossem citados. A residência com menor consumo de energia tem seu valor igual a 256 kWh mês denominada casa 01. A unidade consumidora com maior consumo de energia elétrica tem seu valor igual 2.233 kWh mês e denominada casa 02. O processo de escolha dessas unidades consumidoras foi realizado de forma optar por uma unidade com consumo médio de uma residência pequena, e a outra o consumo médio de uma residência grande.

O processo de seleção das empresas para realização dos orçamentos de instalação dos sistemas fotovoltaicos, foi definido conforme a especialidade de trabalho com os inversores. Visando a integridade de imagem das empresas, as com especialidades na implementação do projeto utilizando microinversor foram denominadas de MA e MB, sendo diferente empresas respectivamente. As empresas com especialidade em inversores comuns foram denominadas IA e IB.

Para determinar um critério de igualdade para realização dos orçamentos foi apenas disponibilizado a conta de energia elétrica para as empresas. Sendo que neste documento, contém todas as informações necessárias para confecção de um orçamento algumas características necessárias são: endereço da unidade consumidora, histórico dos últimos 12 meses do consumo de energia elétrica, valor médio de consumo dos últimos 12 meses e valor médio total pago para concessionária de energia dos últimos 12 meses.

Para apresentação dos valores dos orçamentos fornecidos, será considerado também os custos das estruturas de fixação, cabos, suportes, placas de sinalização, disjuntores, e outros componentes elétricos necessários para a instalação do sistema. Assim elimina-se uma possível diferença significativa de valor quanto a fixação dos inversores, pois o inversor *multi-string* tem sua instalação próxima ao quadro de carga, e os microinversores ficam posicionados normalmente em baixo das placas fotovoltaicas no telhado.

Por fim, quando se obteve os orçamentos, realizou-se um processo de avaliação para verificar possíveis erros de dados como utilização de informações incorretas por parte das empresas e com intuito de facilitar a compreensão comparativa dos dados obtidos, apresenta-se uma tabela para a entendimento da viabilidade dos sistemas utilizando microinversores e inversor *multi-string*.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando o processo de validação dos orçamentos recebidos, apresenta-se abaixo a tabela comparativa com os dados referente a implementação de um sistema fotovoltaico em duas unidades consumidoras diferentes, utilizando microinversor e inversor comum.

Tabela 2. Apresentação dos dados

EMPRESA	CASA 01 (256kWh)	CASA 02 (2.233kWh)
MA (Microinversor)	R\$ 20.540,96	R\$ 151.628,66
MB (Microinversor)	R\$ 23.310,70	R\$ 155.053,18
IA (Inversor <i>multi-string</i> )	R\$ 17.860,50	R\$ 142.884,00
IB (Inversor <i>multi-string</i> )	R\$ 18.328,99	R\$ 141.547,45

Nota-se que houve uma variação de preços do microinversor quando comparado a orçamentos recebidos do inversor *multi-string*. Realizando uma conta simples para conseguir a média de cada residência, temos que para o investimento na casa 01 utilizando microinversor necessita-se de cerca de R\$ 21.925,83, e com inversor comum cerca de R\$ 18.094,74, e para o investimento na casa dois R\$ 153.340,92 com microinversor e R\$ 142.214,40 com inversor *multi-string*. Contudo antes de realizar o parecer da viabilidade, devemos analisar as principais vantagens e desvantagens destes inversores, conforme apresentado na tabela 2.

Tabela 3. Vantagens e Desvantagens do inversor versus o microinversor.

TIPO	Vantagens	Desvantagens
<b>Inversor <i>multi-string</i></b>	Opera com alta voltagem;	Sombreamento de um único painel afeta o sistema;
	Baixo Custo de Investimento;	Monitora o sistema como um todo;
	Vasta quantidade de fabricantes no mercado;	Limitado as opções de expansão;
<b>Microinversor</b>	Cada painel pode ser monitorado de forma individual;	Se o microinversor apresentar falha, será necessário subir no telhado;
	Possibilidade de expansão do sistema;	Exposição ao clima;
	Cada painel tem seu próprio MPPT;	Alto custo de investimento;

Observa-se que utilizando o microinversor cada painel terá seu próprio MPPT (*Maximum Power Point Tracking*), podendo assim explorar com muito mais eficiência toda capacidade de

geração de energia de cada placa fotovoltaica, característica que o inversor Grid-Tie realiza considerando o sistema como um todo, isso ocasionará em uma perda de eficiência. Este aproveitamento melhor da eficiência pode maximizar a geração de energia de cada módulo, cerca de 5%, e até 25% dependendo das condições individuais (APSYSTEMS, 2017).

Também observando que na utilização do inversor multi-*string*, o consumidor não terá a opção de expansão do sistema, caso seu consumo aumente, devido seu inversor ter uma potência limitada máxima de operação. Enquanto o microinversor apresenta a vantagem do sistema poder ser expandido da forma e quantidade que o cliente necessitar.

Por outro lado, o inversor multi-*string* apresenta um valor de investimento menor para o consumidor, e também elimina a necessidade de subir ao telhado para realizar algum tipo de manutenção se por ventura ocorrer. Bem como nota-se a possibilidade de fabricantes disponíveis no mercado, que é significativamente maior do que do microinversor.

## CONCLUSÕES

Através da análise dos resultados, observou-se que a diferença de preço para o investimento do microinversor em comparação ao inversor multi-*string* na casa 01 foi cerca de 17,5%, e para a casa 02 foi cerca de 7,3%, sendo assim constatou-se que o investimento com inversor multi-*string* é menor para ambas residências. Contudo esta diferença de preço tenderá a cair devido o microinversor ainda ser uma tecnologia de recente utilização no Brasil. De acordo com Instituto Nacional de Metrologia Normalização e Qualidade Industrial existe apenas um microinversor homologado (INMETRO, 2016).

Em relação a viabilidade, esta diferença apresentada pode ser equalizada, considerando as vantagens do microinversor quanto ao monitoramento individual das placas fotovoltaicas, melhor eficiência de produção das placas devido ao MPPT e possibilidade de expansão do sistema, sendo assim apresentando uma viabilidade de investimento igual ou até em alguns casos melhor do que inversor multi-*string*.

## AGRADECIMENTOS

A Universidade Católica Dom Bosco pelo incentivo de bolsa na participação no Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC), CNPq pelo apoio financeiro e concessão de bolsa, ao orientador desta pesquisa e de PIBIC Dr. Naji Rajai Nasri Ama pela oportunidade e contribuição quanto aos assuntos técnicos.

## REFERÊNCIAS

- ANAEEL. Agência Nacional De Energia Elétrica. Resolução Normativa 687 de 24 de novembro de 2015. Brasília-DF, 2015.
- ANAEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. 2016. Disponível em: <http://www.anaeel.gov.br>. Acesso em: 01 de maio de 2017.
- ANAEEL. Geração de Energia por Consumidores cresce 400% em 1 ano. Disponível em: <http://g1.globo.com/economia/noticia/2016/11/geracao-de-energia-por-consumidores-cresce-400-em-1-ano.html>. Acesso em: 29 de abril de 2017.
- CONFAZ – Conselho Nacional De Política Fazendária. Convênio ICMS 15. Brasília-DF, 2016.
- Teodorescu, R.; Liserre, M.; Rodriguez, P. Grid Converters For Photovoltaic and Wind Power Systems. 2011
- CEPEL. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. Rio de Janeiro, 2014.
- Davinson, J. The New Solar Electric Home: The Fotovoltaic How-to Handbook. AATEC Publications, 1995.
- APSYSTEMS – Altenergy Power – The APsystems Microinverter Models. Disponível em: <http://usa.apsystems.com/solar-microinverters/>. Acesso em: 01 de maio de 2017.
- INMETRO – Instituto Nacional De Metrologia, Qualidade E Tecnologia. Tabela de Componentes Fotovoltaicos – Inversores conectado à Rede Elétrica (On Grid). Brasília-DF, 2016.