

ANÁLISE DE OPERAÇÃO DO PRIMEIRO ANO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE DE 21,75 kW_p NA CIDADE DE PALMAS-TO SEGUNDO A RESOLUÇÃO 482/2012 DA ANEEL

Alex Vilarindo Menezes – vilarindo@uft.edu.br

Universidade Federal do Tocantins, Departamento de Engenharia Elétrica

Wilson Negrão Macêdo – wnmacedo@ufpa.br

Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia, Faculdade de Engenharia Elétrica

James Daniel Pereira Kochi – daniel@arasolenergia.com.br

Danilo Dutra de Resende – danilo@arasolenergia.com.br

Arasol Energia Solar Ltda.

Resumo. Este artigo tem por objetivo apresentar a análise de desempenho de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR) de 21,75 kW_p, composto por 75 módulos policristalinos e dois inversores trifásicos de 10 kW cada, localizado na cidade de Palmas, Estado do Tocantins. Além dessa análise, também são discutidos o processo de aprovação de projeto de microgeração distribuída junto à concessionária local e a avaliação das contas de energia da instalação. Os resultados encontrados ao longo do primeiro ano de operação garantem a viabilidade técnica e econômica do SFCR, pois a produtividade encontrada foi de 1.410 kWh/kW_p, fator de capacidade de 17,02 %, rendimento global do sistema de 65,76 % e custo da energia produzida de R\$407,00/MWh.

Palavras-chave: Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede, Análise de Desempenho, Resolução 482/2012 da ANEEL.

1. INTRODUÇÃO

A resolução normativa 482 de 2012 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) definitivamente foi um marco importante para o início da implementação de geração distribuída por fontes renováveis no Brasil. Essa resolução trata das condições gerais para o acesso da microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica (conexão à rede elétrica básica) por fontes renováveis de energia, sendo considerado microgeração os sistemas com potência instalada de até 75 kW e minigeração com potência instalada maior que 75 kW e menor que 5 MW, com exceção da fonte hidráulica, a qual tem um limite máximo de 3 MW para minigeração. Essa mesma resolução estabeleceu ainda que cada concessionária de distribuição de energia elétrica teria 240 dias após a sua publicação para adequar suas normas, a fim de que o processo de aprovação fosse executado segundo as regulamentações da ANEEL (ANEEL, 2012). De acordo com (Castro, 2015) e (ANEEL, 2015a), todo esse processo descrito anteriormente ocorreu no ano de 2012, sendo que ainda nesse mesmo ano as primeiras conexões à rede, de acordo com os procedimentos da resolução 482/2012 da ANEEL, foram sendo implantadas em todo o Brasil.

2. DESCRIÇÃO DO SISTEMA

2.1 Módulos Fotovoltaicos e inversores

O Gerador Fotovoltaico (GFV) é composto por 75 módulos fotovoltaicos policristalinos de 290 W_p, marca MEMC Silvantis, num total de 21,75 kW_p, com área total de 146,72 m². As principais características do módulo utilizado são apresentadas na Tab. 1. Para realizar a conversão da corrente contínua proveniente do GFV para corrente alternada são utilizados dois inversores trifásicos Fronius IG-Plus de 10kW, os quais podem ser vistos na Fig. 1b, contendo as suas principais especificações conforme a Tab. 2. O GFV está orientado exatamente para o Norte geográfico, com inclinação de 20°, livre de qualquer sombreamento, dividido de tal modo que 36 módulos compõem 3 fileiras de 12 módulos em série em um dos inversores de 10 kW, resultando em um Fator de Dimensionamento do Inversor (FDI – Relação entre as potências nominais do inversor e do GFV) de 0,958, enquanto que os demais (39 módulos) estão subdivididos em 3 fileiras de 13 módulos em série conectadas ao outro inversor de 10 kW, nesse caso, resultando em um FDI de 0,884. Esses valores de FDI estão dentro do que foi proposto por (ZILLES et al., 2012).

Nesse sistema não há utilização de *stringbox*, pois as fileiras são conectadas ao seu respectivo inversor em um único barramento de corrente contínua (c.c.) dentro do próprio inversor, já que esse modelo de inversor possui apenas um MPPT. As configurações dos GFV foram escolhidas tomando como base as limitações de entrada e operação do inversor utilizado em função dos parâmetros elétricos dos módulos fotovoltaicos, bem como variáveis climáticas, conforme pode ser visto em (ZILLES et al., 2012).

Tabela 1 – Especificações técnicas do módulo MEMC P290BMC para as condições de irradiância 1.000 W/m², temperatura de célula 25 °C e espectro AM 1,5.

Características	Valor
Máxima Potência ($P_{m\acute{a}x}$)	290 W
Tensão de Máxima Potência (V_{mp})	35,40 V
Corrente de Máxima Potência (I_{mp})	8,20 A
Tensão de Circuito Aberto (V_{oc})	44,7 V
Corrente de Curto-Circuito (I_{sc})	8,71 A
Coefficiente de temperatura de I_{sc}	+0,066 %/°C
Coefficiente de temperatura de V_{oc}	-0,33 %/°C
Eficiência	14,8 %
Dimensões (A x L x P – em mm)	1976 x 990 x 50

Tabela 2 - Especificações elétricas do inversor Fronius IG-Plus 120V-3.

Características	Valor
Faixa de tensão de entrada do <i>MMPT</i>	230–500 V
Máxima tensão de entrada	600 V
Máxima corrente de entrada	46,2 A
Potência nominal de saída	10 kW
Tensão nominal de saída	400/230 V
Corrente nominal de saída	14,5 A
Fator de potência	1
Máxima eficiência	95,4 %

A Fig. 1 ilustra a vista frontal da instalação na sede da empresa Arasol Energia Solar, na cidade de Palmas-TO, e os inversores instalados na parte detrás da edificação.

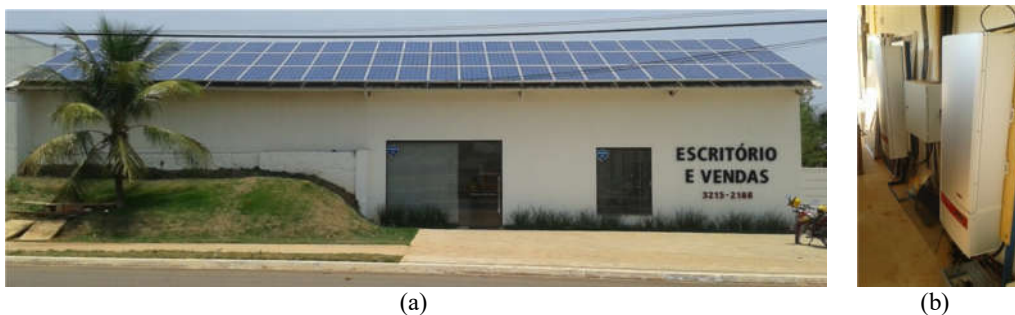


Figura 1 – (a) Módulos fotovoltaicos de 275 Wp instalados sobre o telhado. (b) Inversores trifásicos IG Plus de 10 kW cada.

2.3 Diagrama unifilar

A fim de garantir um maior entendimento acerca do sistema apresentado, a Fig. 2 ilustra o diagrama unifilar representativo da instalação.

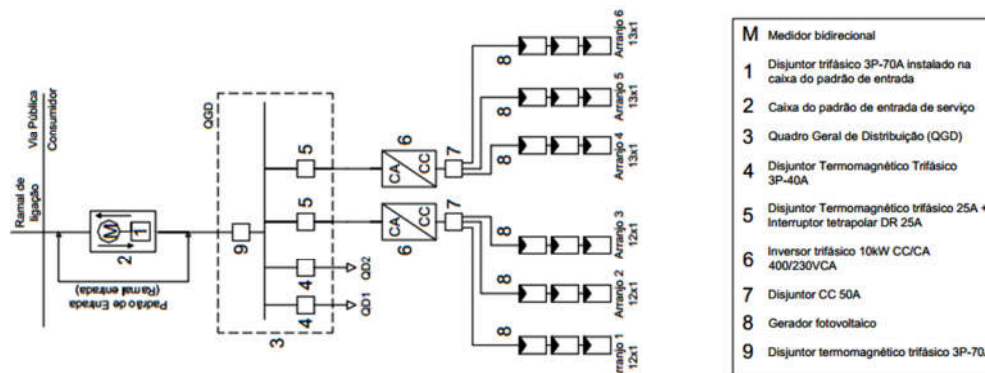


Figura 2 – Diagrama unifilar do SFCR.

Ressalta-se que o diagrama apresentado corresponde ao mesmo diagrama que foi submetido no projeto executivo aprovado junto à concessionária de energia local. Nesse diagrama é possível observar a configuração de cada subgerador fotovoltaico, onde cada fileira de módulos em série é interligada ao seu respectivo inversor após passar por uma chave seccionadora geral c.c. de 50A. Em seguida, a saída trifásica em corrente alternada, 60 Hz, 400/230 V, de cada inversor é interligada ao Quadro Geral de Distribuição (QGD) por meio de disjuntor termomagnético e interruptor diferencial residual. O QGD é utilizado nessa instalação como o ponto de acoplamento entre a rede da concessionária e o sistema de geração fotovoltaica e fornece a energia elétrica para os dois quadros de distribuição presentes na edificação, os quais são indicados por QD1 e QD2 no diagrama unifilar.

2.4 Aprovação do SFCR

A resolução normativa 482/2012 da ANEEL estabelece no artigo terceiro, parágrafo segundo, que a aprovação dos sistemas de micro e minigeração distribuída deverá ser delineada pelo Módulo 3 (Acesso ao Sistema de Distribuição), seção 3.7, dos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST. Nesse documento estão estabelecidas as condições de acesso, no que se refere à conexão e ao uso do sistema de distribuição de energia por parte da micro e minigeração distribuída, conforme apresentado na seção 3.7 do referido documento. As etapas para aprovação de um projeto de geração distribuída, segundo a seção 3.7 do PRODIST/ANEEL, são resumidas na Fig. 3:

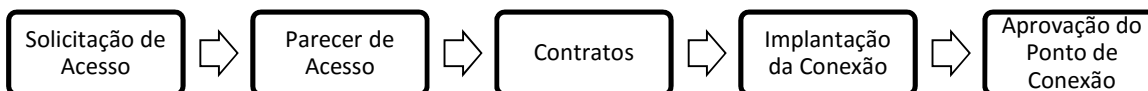


Figura 3 – Etapas para aprovação de projeto de microgeração distribuída.

Para exemplificar o que foi exposto anteriormente, descreve-se como ocorreu a aprovação do projeto do SFCR da instalação em estudo:

- Solicitação de Acesso: Entregue à concessionária no dia 24/07/14.
- Parecer de Acesso: Emitido pela concessionária no dia 28/08/14 – 35 dias após a Solicitação de Acesso, ou seja, fora do prazo de 30 dias estipulado pela ANEEL.
- Contratos: Como se trata de microgeração distribuída, foi assinado o Relacionamento Operacional no dia 23/09/14 – 26 dias após o Parecer de Acesso, logo, dentro do prazo de 90 dias.
- Implantação da Conexão: A solicitação de vistoria foi encaminhada no dia 22/09/14, sendo que a vistoria foi realizada no dia 30/09/14 – 8 dias depois da solicitação de vistoria, dentro do prazo de 30 dias. Entretanto, o relatório de vistoria não foi entregue, pois a concessionária informou, sem nenhum motivo específico, que não emitiria esse relatório, muito embora este esteja mencionado no Módulo 3, seção 3.7, do PRODIST. Em outros projetos aprovados na mesma concessionária só houve a entrega do relatório de vistoria quando ocorreu a verificação de alguma inadequação na instalação do sistema. Nesse caso, é deduzir que a concessionária local só faz a entrega desse relatório de vistoria em casos de inadequação.
- Aprovação do Ponto de Conexão: No dia 16/10/14 foi aprovado o ponto de conexão através da instalação do medidor trifásico bidirecional por parte da concessionária. Imediatamente após a instalação do medidor, foi iniciada a conexão com a rede do sistema fotovoltaico.
- No total, entre a solicitação de acesso e a aprovação do ponto de conexão, foram necessários 84 dias para o SFCR entrar em funcionamento, sendo que a etapa de instalação do sistema durou cerca de 15 dias dentro desse mesmo período.

3. ANÁLISE DA OPERAÇÃO DO PRIMEIRO ANO DO SFCR EM PALMAS-TO

3.1 Energia produzida

A cidade de Palmas possui condições muito favoráveis para aplicação de energia solar no que se refere, principalmente, à irradiação solar global anual, a qual apresenta 2114 kWh/m².ano, especificamente para o plano inclinado de 20° e azimute 0°, segundo o *software* Radiasol 2 (LABSOL, 2015), o que seria uma média mensal de 176 kWh/m² e média diária de aproximadamente 5,8 kWh/m². A Fig. 4 mostra a variação do recurso solar ao longo dos meses do ano no plano horizontal e inclinado, além das componentes direta e difusa.

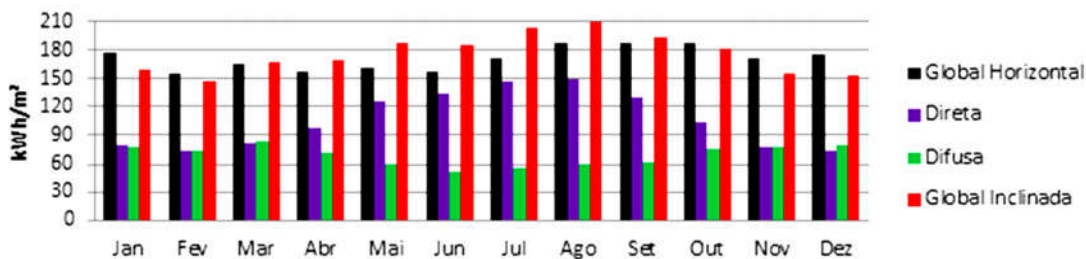


Figura 4 – Irradiação média mensal no plano inclinado 20°, azimute 0° (Norte). (Fonte: *Software* Radiasol 2)

Como pode ser observado, entre o período de Maio a Outubro tem-se uma irradiação global solar acima da média mensal para o plano inclinado, alcançando valor máximo de 210 kWh/m² (6,77 kWh/m².dia) no mês de Agosto e mínimo de 154 kWh/m² (4,98 kWh/m².dia) no mês de Dezembro.

Após a coleta dos dados de energia produzida na saída dos inversores, foi possível desenvolver as avaliações que são apresentadas neste trabalho. A Fig. 5 apresenta os gráficos da energia produzida ao longo do primeiro ano de operação, ou seja, entre os dias 16 de Outubro de 2014 e 30 de Setembro de 2015. O início da operação do SFCR ocorreu a partir do dia 16 de Outubro de 2014, por isso, antes desse período não há produção de energia, conforme pode ser visto na Fig. 5 (a). Da mesma forma, entre os períodos dos dias 26 e 28 de Novembro de 2014, 8 e 12 de Janeiro de 2015 e 5 e 9 de Março de 2015, o dispositivo diferencial residual do quadro de proteção disparou, deixando durante esses três períodos o SFCR desligado. Não foi percebido esse desligamento devido ao sistema de monitoramento ainda não possuir alarmes para indicar desligamento não programado. Assim, a atuação do sistema de proteção deixou o SFCR inoperante por 13 dias ao longo do primeiro ano de operação.

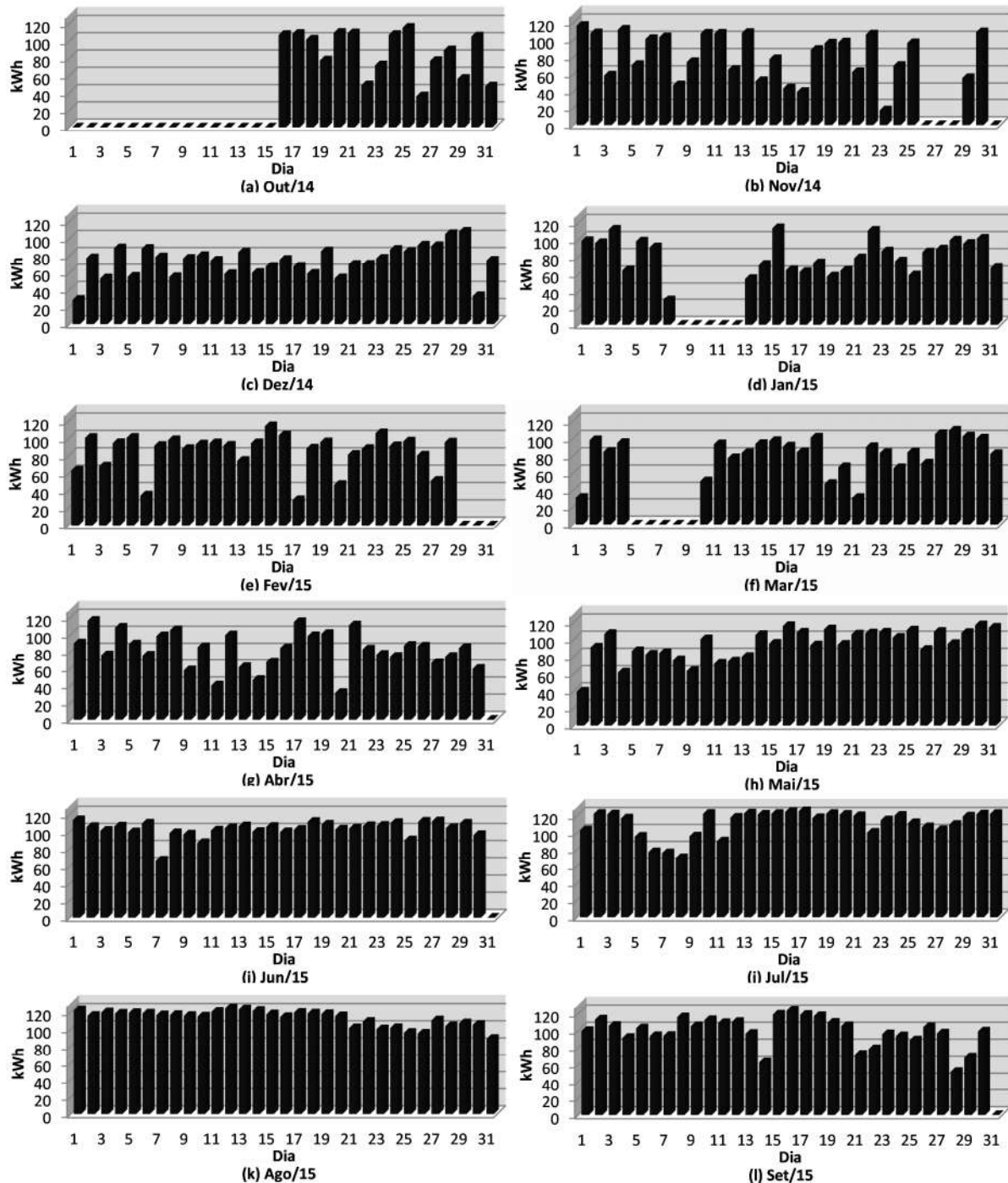


Figura 5 – Energia produzida diariamente entre os meses de Outubro de 2014 e Setembro de 2015

De fato, não se sabe exatamente o que causou esses disparos do dispositivo diferencial residual, mas percebe-se que entre os meses de Junho e Setembro de 2015 não ocorreram mais esses disparos, conforme ilustra a Fig. 5. Uma

hipótese plausível seria o fato de que como o período de chuvas e muitos raios são justamente entre os meses de Novembro a Maio, existe a possibilidade de respingos de água terem atingido o quadro de proteção, pois há essa possibilidade devido ao local onde esse quadro foi instalado.

A Fig. 5 mostra que o período de Junho a Setembro de 2015 o SFCR teve sua maior produção diária, em comparação aos períodos anteriores, em função do que foi exposto na Fig. 4 sobre a irradiação média mensal no plano inclinado. Além disso, é durante esse período (Junho a Setembro) que Palmas possui o menor índice de nebulosidade, tendo dias com poucas nuvens. Assim, a Fig. 6 mostra a média diária de energia produzida, sendo que a produção média diária, ao longo do ano, ficou em torno de 84 kWh e o consumo médio diário registrado na referida instalação é de 101 kWh.

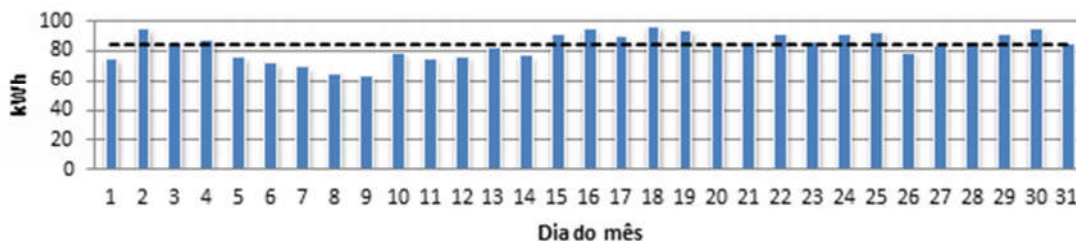


Figura 6 – Média diária da energia produzida

Ao longo de 345 dias, ou seja, entre o período de 16/10/14 e 30/09/15, o SFCR produziu 30.661 kWh, tendo uma média mensal de aproximadamente 2.555 kWh, conforme pode ser visto na Fig. 7.

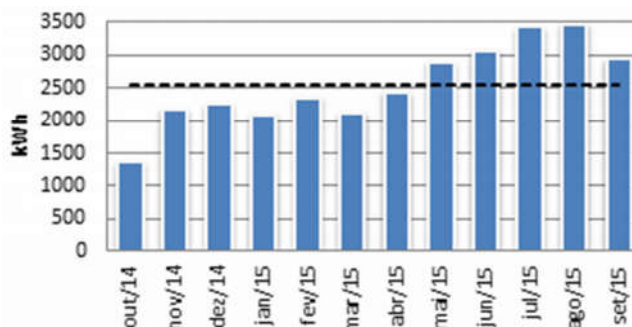


Figura 7 – Energia produzida mensalmente

3.2 Parâmetros de avaliação do SFCR

Com base nesses dados apresentados até aqui é importante levantar algumas figuras de mérito para avaliação do desempenho do SFCR em estudo, tais como, Fator de Capacidade (FC), em porcentagem, produtividade do sistema (Y_f), em kWh/kWp, rendimento global (PR), em porcentagem, e custo da energia produzida (C), em R\$/MWh. O FC foi obtido a partir da energia total produzida (30.661 kWh) ao longo dos 345 dias analisados e da potência instalada de 21,75 kWp, encontrando-se um valor de 17,02 %. A produtividade do sistema encontrada foi de 1.410 kWh/kWp. O rendimento global do sistema foi calculado tomando como base o valor total anual de irradiação solar global no plano inclinado (2.144 kWh/m²), conforme visto na seção 3.1, encontrando-se o valor de 65,76 %. Por fim, o custo da energia produzida para esse SFCR é de aproximadamente R\$407,00/MWh, considerando um custo de R\$5.854,00/kWp, taxa de desconto anual de 8 %, vida útil de 25 anos, FC de 17,02 % e OM de 1 %, conforme (ZILLES et al., 2012).

O valor da energia produzida, em torno de R\$407,00/MWh, mostra o quanto os SFCR estão com desempenhos atrativos, uma vez que, por exemplo, no estado do Tocantins, o valor da tarifa residencial de energia elétrica, considerando os impostos de ICMS, PIS e COFINS, passou de R\$425,00/MWh no ano de 2004 para R\$600,00/MWh em 2015, custando, atualmente, em torno de 47 % a mais em relação à energia produzida pelo SFCR em análise (ANEEL, 2015b). Esse SFCR não está considerando os 15 primeiros de Outubro de 2014 e também houve 13 dias de paralisação devido ao disparo do sistema de proteção, conforme já discutido anteriormente. Assim, fazendo-se uma projeção, considerando a média da energia produzida em cada mês para determinar a energia produzida nesses dias em que o SFCR esteve parado, mais os 15 primeiros dias de Outubro, é de se estimar uma produção anual em torno de 32.997 kWh. Logo, a nova produtividade seria de 1.517 kWh/kWp, FC de 17,31 %, rendimento global de 70,43 % e custo da energia produzida de aproximadamente de R\$400,00/MWh.

A Tab. 3 apresenta uma comparação entre o SFCR em análise (Arasol) com outros em operação no Brasil e em outros países, tanto dentro de centros de pesquisa, bem como em instalações comerciais, sendo tais dados obtidos nos estudos de (ZILLES et al., 2012), (JUNIOR, 2015), (MPHOLO et al., 2015), (PADMAVATHI; DANIEL, 2013), (SINGH et al., 2015) e (MORAITIS; VAN SARK, 2014).

Tabela 3 – Comparação entre diversos SFCR em operação.

Sistema	Pot. Instalada (kWp)	Ano de operação	Local	Y_f (kWh/kWp)	FC (%)
Arasol	21,75	2014-2015	Palmas - TO	1.410	17,02
UTFPR	2,1	2014	Curitiba - PR	1.149	13,16
UFSC	2	2005	Florianópolis	1.277	14,57
USP/IEE	12,3	2004	São Paulo - SP	1.090	12,50
Usina Kolar	3.056	2011	Índia	1.372	15,66
Aeroporto Int. Moshoeshoe I	281	2013-2014	Lesoto	1.501	17,20
Instituto de Tecnologia Indiano	101,38	2013-2014	Índia	1.290	14,72
764 sistemas	Média de 15,60kWp	2011-2013	Alemanha	1.030	11,75
325 sistemas	Média de 15,09kWp	2011-2013	França	1.064	12,14
532 sistemas	Média de 13,10kWp	2011-2013	Itália	1285	14,67

De fato, o SFCR da Arasol se sobressai juntamente com o sistema do aeroporto em Lesoto, os quais apresentam maiores índices de produtividade e fator de capacidade, tal fato evidenciado por estarem localizados em regiões com bastante irradiação solar. Essa situação fica mais clara ainda quando se compara com sistemas instalados no continente europeu, o qual apresenta baixos níveis de irradiação ao longo do ano, conforme pode ser visto o desempenho de SFCR nos países como Alemanha, França e Itália.

3.3 Acompanhamento das contas de energia

As contas de energia ao longo de um ano foram analisadas e os dados mais relevantes destas foram expressos na Tab. 4. O período de medição refere-se à leitura feita pela concessionária de energia mês a mês, em geral variando de 27 a 33 dias. Dentre tantos outros, os dados fornecidos na conta de energia de importância para esse estudo são: Consumo da rede, injetado na rede, excedente e consumo faturado. Os dois primeiros termos referem-se, respectivamente, ao que foi consumido da rede da concessionária pelo cliente e o que foi injetado na rede da concessionária.

É importante destacar que a concessionária local coloca na conta de energia o termo “energia gerada” ao invés de “energia injetada na rede”, gerando confusão de termos, pois, em geral, a quantidade injetada na rede é relativamente menor do que foi produzida pelo SFCR, devido ao consumo imediato por parte das cargas de cada instalação. Já o termo “excedente” refere-se ao que foi acumulado devido a uma produção de energia maior que o consumo obtido da rede, em outras palavras, os créditos de energia, enquanto que o termo “consumo faturado” indica a diferença entre o que foi consumido da rede e o que foi injetado na rede. Caso essa diferença seja menor que 100 kWh (custo de disponibilidade para instalações trifásicas), apenas o custo de disponibilidade é cobrado, conforme pode ser visto no período entre Julho e Agosto.

Tabela 4 – Acompanhamento das contas de energia.

Período de medição		Consumo da rede (kWh)	Produção PV (kWh)	Injetado na rede (kWh)	Excedente (kWh)	Faturado (kWh)	Consumo total (kWh)	Consumo médio diário (kWh)
Anterior	Atual							
06/10/2014	04/11/2014	1.444	1.775	492	0	952	2.727	97
04/11/2014	06/12/2014	1.641	2.179	451	0	1.190	3.369	105
06/12/2014	06/01/2015	1.070	2.423	830	0	240	2.663	89
06/01/2015	03/02/2015	1.252	1.767	513	0	739	2.506	93
03/02/2015	04/03/2015	1.254	2.450	786	0	468	2.918	94
04/03/2015	07/04/2015	1.341	2.464	1.063	0	278	2.742	83
07/04/2015	07/05/2015	1.225	2.339	823	0	402	2.741	91
07/05/2015	08/06/2015	1.271	3.150	999	0	272	3.422	110
08/06/2015	07/07/2015	1.308	2.987	910	0	398	3.385	117
07/07/2015	21/08/2015	1.589	5.183	1.677	88	100	5.095	116
21/08/2015	23/09/2015	1.787	3.341	904	0	795	4.224	132
Total		15.182	30.058	9.448	88	5834	35.792	X
Média		1380	2733	859	X	530	3254	102

Nesse mesmo período (Julho a Agosto) houve uma readequação da rota de leitura por parte da concessionária de energia, por isso, são 45 dias considerados para o faturamento da conta de energia, em acordo com o Art. 84 da resolução normativa 414/2010 da ANEEL. Assim, a partir desses dados presentes na conta de energia, sabendo também

quanto foi produzido pelo SFCR através do sistema de monitoramento, pode-se deduzir o consumo total, o qual pode ser obtido através da diferença entre o que foi produzido pelo SFCR e o que foi injetado na rede, mais a soma do que foi consumido da rede. Antes da instalação do SFCR o consumo médio mensal era de algo em torno de 2.700 kWh (90 kWh/dia), mas após a instalação do SFCR o consumo mensal passou a ser de 3.254 kWh (102 kWh/dia). Esse aumento de consumo foi devido ao aumento de cargas diversas no local, tais como, condicionadores de ar, iluminação, computadores, entre outros. Por isso, justifica-se a pouca frequência de créditos positivos de energia devido ao consumo ao longo do ano ser maior que a produção de energia.

A fim de exemplificar o sistema de compensação de acordo com a resolução 482/2012 da ANEEL são analisados a seguir os dados da conta de energia relativa ao período entre os dias 21/08/2015 e 23/09/2015. Nesse período, houve um consumo da concessionária local de 1.787 kWh e energia injetada na rede de 904 kWh, sendo que estes dados são provenientes da conta de energia. A produção total do SFCR foi de 3.341 kWh, deduzindo-se, então, um consumo direto de 2.437 kWh, ou seja, energia não injetada na rede. A Tab. 5 apresenta um resumo de como foi feita a cobrança dessa conta de energia no período explicitado, colocando os termos da mesma maneira que são expressos na referida conta. O valor de 992 kWh apresentado na Tab. 5 é relativo à “devolução do consumo do sistema de microgeração”, nos termos da concessionária local, considerando o crédito do mês anterior (88 kWh) mais o valor injetado no período atual considerado pela conta de energia (904 kWh). O artigo sétimo, inciso segundo, da resolução 482/2012 da ANEEL, diz que “o consumo de energia elétrica ativa a ser faturado é a diferença entre a energia consumida e a injetada, por posto tarifário, quando for o caso, devendo a distribuidora utilizar o excedente que não tenha sido compensado no ciclo de faturamento corrente para abater o consumo medido em meses subsequentes”.

Tabela 5 – Dados da conta de energia referente ao mês de 09/2015.

Dados do faturamento	Faturado (kWh)	Tarifa (R\$)	Total (R\$)
Consumo	1.787	0,462030	825,64
Adicional de Bandeira Vermelha			85,83
ICMS (25 %)			328,18
COFINS (4,5758 %)			60,07
PIS (0,9934 %)			13,04
Subtotal (R\$)			1312,76
Lançamentos e serviços			
Juros conta anterior			49,89
CIP – Cont. Ilum. Pública			45,32
Dev. Consumo Mic. Geração	992		-458,33
Subtotal (R\$)			-363,12
Total (R\$)			949,64

Se esse fosse o entendimento literal por parte da concessionária local, então o cálculo da conta de energia seria em torno do consumo faturado, ou seja, a diferença entre o consumo obtido da rede e a energia injetada na rede mais os créditos anteriores, o que para o período em análise é de 795 kWh. Nesse caso, a nova conta de energia poderia ser apresentada conforme a Tab. 6, a qual apresenta uma redução de 28,47 % em relação à conta mostrada na Tab. 5.

Tabela 6 – Dados da conta de energia referente ao mês de 09/2015 considerando um consumo faturado de 795 kWh.

Dados do faturamento	Faturado (kWh)	Tarifa (R\$)	Total (R\$)
Consumo	795	0,462030	367,31
Adicional de Bandeira Vermelha			38,16
ICMS (25 %)			146,00
COFINS (4,5758 %)			26,72
PIS (0,9934 %)			5,80
Subtotal (R\$)			584,00
Lançamentos e serviços			
Juros conta anterior			49,89
CIP – Cont. Ilum. Pública			45,32
Dev. Consumo Mic. Geração			
Subtotal (R\$)			95,21
Total (R\$)			679,21

4. CONCLUSÃO

Ao longo dos primeiros quatro anos após a publicação da resolução normativa 482/2012 da ANEEL pôde-se observar o acelerado crescimento da geração distribuída no Brasil, principalmente os SFCR – já são cerca de 94 % da quantidade de sistemas instalados (Castro, 2015). O presente trabalho abordou acerca da operação do primeiro ano de

um SFCR de 21,75 kWp na cidade de Palmas, cujos parâmetros anuais de desempenho foram uma produção total de energia elétrica de 30.661 kWh, produtividade de 1.410 kWh/kWp, fator de capacidade de 17,02 %, rendimento global de 65,76 % e custo da energia produzida de R\$407,00/MWh. Tais resultados se mostraram satisfatórios, principalmente quando comparados com outros diversos no Brasil e no mundo.

Quanto aos prazos de aprovação de projetos conforme regulamentação da ANEEL é interessante destacar que se todos os prazos estipulados na norma forem cumpridos nos seus limites por parte da concessionária de energia, no pior caso, a aprovação de um sistema de geração distribuída poderia levar até 6 meses e 3 semanas, isso considerando agilidade do acessante no que é de sua responsabilidade. Isso mostra o quanto é necessária uma revisão nos prazos e regras estipuladas pelas normas da ANEEL, a fim de que o processo de aprovação junto às concessionárias possa ser menos lento e traga mais agilidade à implantação de sistemas de micro e minigeração distribuída.

A concessionária de energia do estado do Tocantins ainda tem o entendimento do sistema de compensação de energia conforme foi exposto através da Tab. 5, ou seja, considera como consumo faturado o valor obtido da rede (1.787 kWh), ao invés de executar a cobrança a partir do consumo faturado, conforme apresenta a Tab. 6. O que ocorre de fato é uma devolução de créditos monetários, muito embora a resolução 482/2012 da ANEEL aponte que o consumo de energia elétrica ativa a ser faturado é a diferença entre a energia consumida e a energia injetada na rede. É evidente a necessidade de um ponto comum de entendimento acerca dessa forma de cobrança, pois a diferença de 28,47 % entre as duas formas de interpretar o consumo faturado é bastante significativa.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Resolução normativa n° 482, de 17 de Abril de 2012. Brasília, DF, 2012.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Disponível em: < <http://www.aneel.gov.br/scg/rcgMicro.asp> >. Acesso em: 27 out. 2015a.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Disponível em: < <http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=493>>. Acesso em: 28 out. 2015b.
- Castro, M. A. L. Diagnóstico e Perspectivas para a microgeração no Brasil. **RBS Magazine – Revista Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica**, Ano II, Edição n° 06. p. 4-12, 2015.
- Junior, J. U., 2015. Energia Solar Fotovoltaica e o Desempenho do SFVCR do Escritório Verde da UTFPR, Instituto de Engenharia do Paraná. Disponível em: <http://iep.org.br/iep/wp-content/uploads/2015/09/Int-Energia-Solar-+-EV_16set2015.pdf>. Acesso em: 03 nov. 2015.
- LABORATÓRIO DE ENERGIA SOLAR (LABSOL) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: < <ftp://ftp.solar.ufrgs.br/progs/Radiasol2.zip>>. Acesso em: 28 out. 2015.
- Macêdo, W. N., 2006. Análise do Fator de Dimensionamento do Inversor Aplicado a Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede, Tese de Doutorado, PIPGE, USP, São Paulo.
- Moraitis, P., Van Sark, W. G. J. H. M., 2014. Operational performance of grid-connected PV systems, 40th IEEE Photovoltaic Specialist Conference (PVSC), Denver, Colorado, USA.
- Mpholo, M.; Nhaba, T.; Monese, M. Yield and performance analysis of the first grid-connected solar farm at Moshoeshoe I International Airport, Lesotho. **Renewable Energy Journal**, v. 81, p. 845-852, 2015.
- Padmavathi, K.; Daniel, S. A. Performance Analysis of a 3 MWp grid connected solar photovoltaic power plant in India. **Energy for Sustainable Development**, v. 7, p. 615-625, 2013.
- Singh, V. P., Ravindra, B., Vijay, V., Bhatt, M. S., 2014. A comparative performance analysis of C-Si and A-Si PV based rooftop grid tied solar photovoltaic system in Jodhpur, 3rd International Conference on Renewable Energy Research and Applications, Milwaukee, Wisconsin, USA.
- Zilles, R., Macêdo, W. N., Galhardo, M. A. B., Oliveira, S. H. F., 2012. Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica, Oficina de Textos.

FIRST YEAR PERFORMANCE ANALYSIS OF A 21,75kWp GRID-TIED PHOTOVOLTAIC SYSTEM IN PALMAS-TO CITY ACCORDING TO 482/2012 ANEEL RESOLUTION

Abstract. *This paper aims to present the performance analysis of a 21,75 kWp Grid-Tied Photovoltaic System (GTPS), composed of 75 polycrystalline modules and two three-phase inverters of 10 kW each one, located in the city of Palmas, Tocantins state. In addition to this analysis, are also discussed the distributed microgeneration project acceptance process by the local company of energy distribution and the evaluation of the facility energy bills. The results found during the first year of operation ensure the technical and economic viability of the GTPS, because the final yield found was 1.410kWh/kWp, capacity factor of 17,02 %, performance ratio of 65,76 % and produced energy cost of R\$407,00/MWh.*

Key words: *Grid-Tied Photovoltaic System, Performance Analysis, 482/2012 ANEEL Resolution.*