



**XXIII SNPTTE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

FI/GPT/26
18 a 21 de Outubro de 2015
Foz do Iguaçu - PR

GRUPO II

GRUPO DE ESTUDO DE PRODUÇÃO TÉRMICA E FONTES NÃO CONVENCIONAIS – GPT

**AValiação DO SUPRIMENTO ATRAVÉS DE SIGFI30 E SIGFI45 EM FUNÇÃO DO
ATENDIMENTO A CARGAS DE REFRIGERAÇÃO EM REGIÕES REMOTAS**

Gustavo Pires da Ponte (*)
EPE

Gabriel Malta Castro
EPE

Thiago Ivanoski Teixeira
EPE

Danilo de Brito Lima
GIZ

RESUMO

Dentro do âmbito da universalização do acesso à energia elétrica, este trabalho apresenta uma avaliação comparativa sobre alternativas de suprimento de energia a unidades consumidoras remotas utilizando sistemas de geração com fontes intermitentes de energia (SIGFI) com diferentes disponibilidades energéticas e equipamentos de refrigeração com distintas eficiências e custos. Foram avaliadas economicamente e qualitativamente duas configurações de sistemas de geração, com disponibilidades energéticas mínimas de 30 kWh e 45 kWh, por mês e por unidade consumidora, denominadas SIGFI30 e SIGFI45, respectivamente, e duas opções de geladeiras, uma importada com maior custo de aquisição e alta eficiência, e outra nacional com custo e eficiência inferiores.

Os resultados da avaliação indicam que sistemas com menor disponibilidade energética, combinados com geladeiras mais eficientes, apresentam menores custos de implantação. Entretanto, ressalta-se o fato de que implantação de SIGFI45 e geladeira nacional pode ser mais vantajosa devido à maior facilidade de manutenção, o que possibilita uma melhoria na qualidade de vida dos consumidores.

PALAVRAS-CHAVE

SIGFI, Universalização, Regiões Remotas, Disponibilidade Energética, Cargas Eficientes.

1.0 INTRODUÇÃO

O Programa Luz para Todos tem por objetivo levar energia elétrica a localidades que ainda não possuem nenhuma forma de suprimento. Sob o âmbito deste Programa, a forma mais comum de realizar a eletrificação é através da extensão da rede de distribuição existente. Porém, algumas localidades estão situadas em áreas remotas, inviáveis de serem atendidas por esta solução. Para essas localidades, o atendimento é viável apenas através de geração local, especialmente com uso de painéis fotovoltaicos e baterias. A Resolução Normativa ANEEL nº 493, de 5 de junho de 2012 [1], regulamenta o fornecimento de energia elétrica por meio deste tipo de sistema e estabelece o conceito de Sistemas Individuais de Geração de Energia Elétrica com Fonte Intermitente – SIGFI.

No contexto da universalização dos serviços de distribuição de energia elétrica na área rural, a Resolução Normativa ANEEL nº 488, de 15 de maio de 2012 [2], estabelece em seu art. 8º, § 2º, que o sistema gerador deve “disponibilizar potência mínima capaz de atender as necessidades básicas dos domicílios, tais como iluminação, comunicação e refrigeração”.

De acordo com o Decreto nº 7.246/2010 [3], os agentes de distribuição de energia elétrica nos Sistemas Isolados devem submeter, para avaliação e habilitação pela Empresa de Pesquisa Energética – EPE, Projetos de Referência contendo descrição de solução de suprimento de energia elétrica para atendimento aos consumidores, inclusive aqueles localizados em regiões remotas.

(*) Empresa de Pesquisa Energética – EPE, Av. Rio Branco, nº 1 - 11º andar - CEP 20.090-003, Rio de Janeiro, RJ – Brasil, Tel: (+55 21) 3512-3370 – www.epe.gov.br – E-mail: gustavo.ponte@epe.gov.br

Os equipamentos de iluminação e comunicação disponíveis comercialmente são eficientes, de fácil acesso e baixo custo. Porém, o mesmo não pode ser dito para os equipamentos de refrigeração. As opções de geladeiras disponíveis no mercado nacional apresentam baixo custo e podem ser adquiridas de forma simples. Entretanto, as opções nacionais apresentam consumo de energia relativamente elevado, o que é incompatível com localidades atendidas por sistemas fotovoltaicos com uso de baterias. Estas geladeiras podem representar de 60 a 80% da carga mensal em uma unidade consumidora típica. Além disso, é importante lembrar que o uso dum sistema de refrigeração pouco eficiente requer maior investimento nos equipamentos de geração e armazenamento de energia.

Desta forma, levando em consideração a qualidade do serviço de eletricidade, deve-se buscar um compromisso entre custo de aquisição, eficiência e acessibilidade, tanto por parte dos equipamentos de refrigeração como dos equipamentos de geração. O objetivo deste estudo é comparar duas opções de atendimento (SIGFI30 + geladeira importada e SIGFI45 + geladeira nacional) *vis-à-vis* as suas vantagens e desvantagens em termos de custos de implantação e aspectos relacionados ao uso e à manutenção.

O trabalho está organizado em quatro seções além desta introdução. Na seção 2, é feita análise da disponibilidade energética necessária para atender os requisitos mínimos do Programa Luz para Todos e as opções de atendimento. Na seção 3, são estimados os custos de implantação de cada solução. Na seção 4 é feita uma comparação entre as duas soluções analisadas e a seção 5 apresenta as conclusões do trabalho.

2.0 AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE ENERGÉTICA DO SISTEMA DE GERAÇÃO E DE ATENDIMENTO ÀS UNIDADES CONSUMIDORAS

A Resolução Normativa ANEEL nº 493/2012 [1], que estabelece os procedimentos e as condições de fornecimento por meio de MIGDI (microssistema isolado de geração e distribuição de energia elétrica) ou SIGFI (sistema individual de geração de energia elétrica com fonte intermitente), define, em seu artigo 5º, a disponibilidade mensal que cada classe de sistema deve garantir à unidade consumidora. Além destes requisitos, esta Resolução determina a potência mínima que deve ser disponibilizada para cada unidade consumidora – UC. Estes requisitos estão destacados na Tabela 1.

Tabela 1 – Requisitos dos sistemas SIGFI e MIGDI determinados pela Resolução Normativa ANEEL nº 493/2012

| Disponibilidade mensal garantida (kWh/mês/UC) | Consumo de referência (Wh/dia/UC) | Autonomia mínima (horas) | Potência mínima (W/UC) |
|---|-----------------------------------|--------------------------|------------------------|
| 30 | 1.000 | 48 | 500 |
| 45 | 1.500 | 48 | 700 |

Desta forma, designa-se SIGFI30 um sistema do tipo SIGFI que deve disponibilizar, no mínimo, 30 kWh por mês por unidade consumidora.

Em um SIGFI baseado na fonte solar fotovoltaica, os principais componentes são: gerador fotovoltaico (conjunto de módulos fotovoltaicos), banco de baterias, inversor formador de rede e controlador de carga. Estes equipamentos devem ser dimensionados de forma que o conjunto opere perfeitamente e que o sistema seja capaz de atender a disponibilidade mínima de energia definida previamente e os requisitos da Tabela 1.

Dentro deste contexto, o Ministério de Minas e Energia – MME criou um Grupo de Trabalho, com a participação da, EPE e Eletrobras, com a finalidade de elaborar o relatório “Especificações dos Projetos de Referência no âmbito do Programa Luz para Todos” [4], que tem por objetivo estabelecer padrões e metodologias que visem agilizar os procedimentos licitatórios, apresentando padronizações para os sistemas de geração do tipo SIGFI e MIGDI.

Seguindo as orientações deste relatório, a Tabela 2 apresenta as especificações mínimas apontadas para os sistemas SIGFI30 e SIGFI45. Cabe ressaltar que estas especificações mínimas foram determinadas considerando-se níveis conservadores de diferentes critérios utilizados para o dimensionamento do sistema fotovoltaico. Por exemplo, o recurso solar foi considerado como a média mensal mínima da região Norte do país e igual a 4 kWh/m²/dia. Foram também considerados fatores de segurança no cálculo da capacidade dos equipamentos, de forma que todos eles possam operar com certa folga.

Tabela 2 – Especificações mínimas para sistemas SIGFI30 e SIGFI45 segundo o relatório “Especificações dos Projetos de Referência no âmbito do Programa Luz para Todos”

| Equipamento | SIGFI30 | SIGFI45 |
|--|---------|---------|
| Gerador fotovoltaico | 520 Wp | 780 Wp |
| Banco de baterias (C100) | 5,0 kWh | 7,5 kWh |
| Inversor formador de rede (operação de 30 minutos) | 500 W | 700 W |

Por sua vez, a Tabela 3 apresenta as configurações consideradas para os sistemas geradores utilizando valores típicos de equipamentos disponíveis comercialmente.

Foram avaliadas duas opções para o nível de tensão do barramento de corrente contínua: 12 V e 24 V. Verificou-se que os custos dos equipamentos para as duas opções são próximos, apresentando uma diferença de no máximo 6%. Do ponto de vista de orçamento, essa diferença é insuficiente para justificar a escolha de uma opção em detrimento da outra. Tendo em vista a maior oferta de equipamentos disponíveis no mercado para a tensão de 12 V, optou-se por considerar este nível de tensão para a comparação entre os SIGFIs.

Tabela 3 – Especificação dos equipamentos para sistemas SIGFI30 e SIGFI45 utilizando valores comerciais típicos

| Equipamento | SIGFI30 | SIGFI45 |
|--|--------------------------------|--------------------------------|
| Gerador fotovoltaico (módulos FV de 130 W) | 4 módulos, ligados em paralelo | 6 módulos, ligados em paralelo |
| Banco de baterias (6 elementos OPzS/OPzV de 2 V, C100) | 420 Ah | 620 Ah |
| Controlador de carga (12 V) | 40 A | 60 A |
| Inversor formador de rede (operação de 30 minutos) | 500 W | 700 W |

Ao estabelecer uma determinada disponibilidade de energia que os sistemas geradores devem fornecer, limita-se, por consequência, a carga que pode ser instalada na unidade consumidora. Assim, é recomendável a utilização de equipamentos eficientes de modo a minimizar o risco de interrupção de energia e obter o máximo de serviços relacionados ao acesso à energia elétrica.

A partir dessa observação, a Portaria MME nº 600, de 30 de junho de 2010 [5], cita que, exclusivamente em Regiões Remotas, os Projetos de Referência poderão prever o fornecimento de equipamentos eficientes, inclusive para uso doméstico, desde que reduzam o montante de investimentos e o custo total de geração.

Dentre as três necessidades básicas determinadas pela Resolução Normativa ANEEL nº 488/2012 [2], os equipamentos para iluminação e comunicação disponíveis comercialmente já se encontram em estágios aceitáveis de eficiência e disponibilidade comercial, apresentando baixos custos de aquisição. Além disso, estes equipamentos representam apenas uma pequena parte da carga total de uma unidade consumidora. Entretanto, as geladeiras não partilham destas mesmas condições.

As geladeiras mais eficientes comercializadas em território nacional, segundo o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL, apresentam consumo mensal em torno de 20 kWh. Por si só, esse valor corresponde a 65 % da energia mensal mínima disponibilizada pelo SIGFI30. Por esta razão, visto que a geladeira corresponde à maior carga da unidade consumidora, faz-se necessária uma análise mais detalhada acerca desse equipamento.

De acordo com o INMETRO [6], dois modelos de geladeiras disponíveis no mercado brasileiro apresentam consumo de 19,5 kWh/mês em condições padrão¹. São eles: Electrolux RE35 e Esmaltec ROC34. Entretanto, o modelo da Esmaltec parece não estar disponível para venda atualmente. O modelo da Electrolux pode ser encontrado por R\$ 909,00 [7].

Em relação à carga total de uma unidade consumidora típica a ser atendida por SIGFI, considerou-se, como referência, o consumo distribuído da forma detalhada na Tabela 4.

Tabela 4 – Consumo de referência esperado por unidade consumidora

| Equipamento | Quantidade | Tempo de uso [h] | Potência [W] | Consumo diário [Wh] | Consumo mensal [kWh] |
|----------------------|-------------------|-------------------------|---------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Lâmpada | 3 | 5 | 11 | 165,0 | 5,0 |
| Televisor 24" | 1 | 5 | 60 | 250,0 | 7,5 |
| Receptor de satélite | 1 | 5 | 15 | 75,0 | 2,3 |
| Geladeira | 1 | - | 75 | 756,0 | 19,5 |
| Rádio pequeno | 1 | 10 | 15 | 150,0 | 4,5 |
| <i>Consumo total</i> | | | | <i>1396,0</i> | <i>38,7</i> |

¹ O consumo nominal é verificado para condições específicas de testes e não correspondem necessariamente ao funcionamento em situações reais. Assim, pode-se esperar que o consumo real de uma geladeira seja superior ao verificado em laboratório, conforme atestado pelo Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CEPEL [11], o qual indicou que o SIGFI30 não é capaz de atender adequadamente uma geladeira similar.

Com base na Tabela 4, percebe-se que o SIGFI30 não é capaz de atender o consumo previsto, sendo necessária a instalação do sistema imediatamente superior, a saber, SIGFI45. Neste caso, ainda que o consumo da geladeira seja maior que o esperado, ainda haverá folga de capacidade para atender satisfatoriamente a carga.

Do ponto de vista técnico, vale destacar que pode ser necessário fornecer uma geladeira eficiente ao consumidor localizado em regiões remotas, visto que caso não seja fornecida ele poderá adquirir uma geladeira convencional não eficiente, sendo provável que mesmo um SIGFI45 não consiga atender às demandas energéticas da residência.

De forma a adequar a carga da unidade consumidora à energia disponibilizada pelo SIGFI30, buscou-se a utilização de geladeiras altamente eficientes. Entretanto, tais geladeiras não estão prontamente disponíveis no mercado interno. De fato, a geladeira Bosch KSV-36AW41G, não fabricada no Brasil, tem consumo de 6,25 kWh/mês, equivalendo ao critério máximo de eficiência (A⁺⁺⁺), segundo o programa de eficiência energética da Europa (EU Energy Label).

De acordo com Farrés [8], deve-se aplicar um fator de tropicalização de 35% sobre o consumo desta geladeira, resultando em um consumo esperado de 8,5 kWh/mês. Seu custo atualizado² é de R\$ 5.816,00³. Há ainda a geladeira importada Liebherr TP 1720, com custo de aquisição de R\$ 2.851,00⁴ e consumo mensal esperado de 7,0 kWh. Com esses modelos de geladeira, a demanda da unidade consumidora poderia ser atendida com um SIGFI30, conforme é mostrado na tabela abaixo:

Tabela 5 – Consumo de referência esperado por unidade consumidora, com geladeira eficiente importada

| Equipamento | Quantidade | Tempo de uso [h] | Potência [W] | Consumo Diário [Wh] | Consumo Mensal [kWh] |
|----------------------|------------|------------------|--------------|---------------------|----------------------|
| Lâmpada | 3 | 5 | 11 | 165,0 | 5,0 |
| Televisor | 1 | 5 | 60 | 250,0 | 7,5 |
| Receptor de satélite | 1 | 5 | 15 | 75,0 | 2,3 |
| Geladeira | 1 | - | 90 | 283,5 | 8,5 |
| Rádio pequeno | 1 | 10 | 15 | 150,0 | 4,5 |
| <i>Consumo total</i> | | | | 923,5 | 22,7 |

Ressalta-se que, na presente avaliação, não foram consideradas geladeiras que operam em corrente contínua. Apesar de tais equipamentos geralmente apresentarem um consumo de energia inferior, se comparado a geladeiras de corrente alternada de capacidade semelhante, eles apresentam algumas desvantagens, como menor disponibilidade no mercado, maior dificuldade de reposição de peças de manutenção e maior dificuldade em encontrar mão de obra qualificada.

Além disso, de acordo com a Resolução Normativa ANEEL nº 493/2012 [1], a implantação de sistema misto de fornecimento (corrente alternada e contínua) para o atendimento de parte da carga em corrente contínua só é possível após anuência do consumidor.

3.0 ESTIMATIVA DOS CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE GERAÇÃO E DAS CARGAS EFICIENTES

Em vista do exposto anteriormente e tendo como premissa que a geladeira (equipamento eficiente) fará parte do Projeto de Referência, sendo fornecida à unidade consumidora, mostra-se pertinente a comparação entre o custo de implantação de duas opções possíveis: a utilização do SIGFI30 em conjunto com geladeira eficiente importada; e a utilização de um SIGFI45 em conjunto com geladeira eficiente disponível no mercado nacional.

De forma a determinar o custo total de implantação médio do SIGFI30 e SIGFI45, tomou-se como referência pela EPE, após criteriosa análise das informações: (i) cotações realizadas com fornecedores e através de sítios eletrônicos nacionais e internacionais; (ii) custos apresentados nos Projetos de Referência enviados pelas distribuidoras Eletrobras Amazonas Energia, Eletrobras Distribuição Acre e Centrais Elétricas do Pará – CELPA; (iii) artigos elaborados pelo CEPEL e pela Eletrobras [9] e [10]; e (iv) outras referências internacionais.

Diante das informações acima descritas, considerando as parcelas referentes aos equipamentos, acessórios e outros materiais, kit de fornecimento (desconsiderando a entrega de geladeira), mão de obra, transporte de equipamentos e engenharia e administração, o custo total de implantação médio de um SIGFI30 resultou em aproximadamente R\$ 16.500/UC. Por sua vez, um SIGFI45 resultou em aproximadamente R\$ 21.500/UC.

² Considerando-se custo de internalização e taxa de câmbio de 3,12 EUR/BRL (média de 2014).

³ Média das cotações obtidas de [12], [13], [14] e [15].

⁴ Média das cotações obtidas de [16], [17] e [18].

As geladeiras a serem consideradas para a comparação entre as opções citadas serão: (i) geladeira nacional Electrolux RE35 com custo de aquisição de R\$ 909,00 – consumo mensal de 19,5 kWh, 262 l de capacidade e peso igual a 42 kg; (ii) geladeira importada Bosch KSV-36AW41, com custo de aquisição de R\$ 5.816,00 – consumo mensal de 8,5 kWh, 346 l de capacidade e peso igual a 72 kg; (iii) geladeira importada Liebherr TP 1720, com custo de aquisição de R\$ 2.851,00 – consumo mensal de 7,0 kWh, 145 l de capacidade e peso igual a 37 kg.

A comparação realizada no presente artigo limita-se aos custos de aquisição e implantação dos SIGFIs e geladeiras, sem considerar os custos de operação e manutenção (O&M). Essa limitação se deve, principalmente, a dois fatos. Primeiramente, há um grande número de variáveis e incertezas associadas à O&M, como distâncias percorridas, rotina e frequência de manutenção preventiva, frequência de manutenção corretiva, número de SIGFIs atendidos e outras atividades que são específicas de cada projeto. Quaisquer valores associados a tais atividades seriam absolutamente arbitrários, não sendo representativo de nenhum projeto em particular. Em segundo lugar, considera-se que as atividades de O&M de ambos os sistemas sejam semelhantes, dado que a rotina e frequência de manutenções serão as mesmas. Destarte, a não consideração desses valores não altera as conclusões deste estudo.

4.0 AVALIAÇÃO ECONÔMICA E QUALITATIVA DA UTILIZAÇÃO DE CARGAS EFICIENTES

Incluindo os custos de aquisição das geladeiras e adicionando o custo de transporte até o local de instalação, é possível comparar objetivamente as duas opções analisadas. A Figura 1 apresenta o custo total de implantação estimado, por unidade consumidora, para ambos os casos.

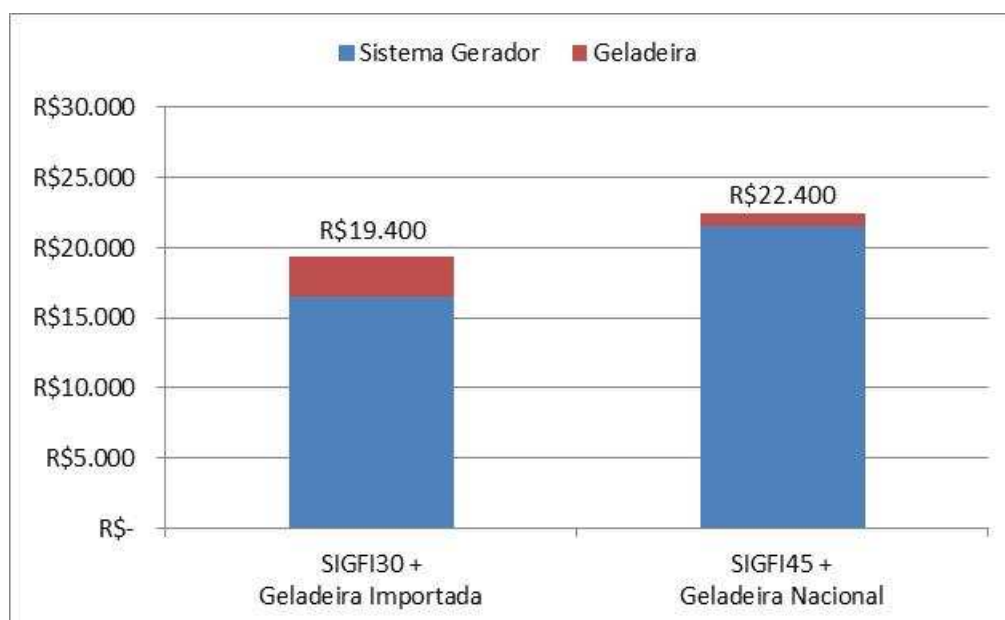


Figura 1 – Comparação dos custos estimados de implantação por unidade consumidora entre as opções de SIGFI30 com geladeira importada (Liebherr TP 1720) e SIGFI45 com refrigerador nacional

Percebe-se que a opção considerando o SIGFI30 com geladeira eficiente importada tem custo cerca de R\$ 3.000,00 inferior ao custo da opção com SIGFI45 e geladeira eficiente nacional.

Conforme citado anteriormente, foram avaliados dois modelos distintos de geladeira eficiente importada, devido às diferenças de capacidade e de preço entre estes. Para compor o preço do conjunto “SIGFI30 + Geladeira Importada” considerou-se o refrigerador Liebherr TP 1720. Caso fosse considerada a geladeira importada Bosch KSV-36AW41, de maior capacidade, o custo total do conjunto seria de R\$ 22.300, valor próximo ao do “SIGFI45 + Geladeira Nacional”.

Os valores apresentados na Figura 1 referem-se a custos médios estimados, considerando as referências anteriormente descritas. Destaca-se que tais estimativas carregam incertezas associadas a variações de preços dos equipamentos, oscilações cambiais, eventuais ganhos de escala, entre outras. Sabe-se, portanto, que esses custos podem ser maiores ou menores dependendo das condições no momento da aquisição. No que diz respeito ao custo do sistema gerador, estima-se que a variação de custos ocorra de maneira semelhante e proporcional entre as duas opções avaliadas. Contudo, o preço da geladeira importada está sujeita a variações de câmbio e custos de importação, o que não ocorre com o refrigerador nacional. Assim, estima-se que a incerteza do custo do sistema “SIGFI30 + geladeira importada” seja maior que o do “SIGFI45 + geladeira nacional”. Em relação aos

custos de geração, nota-se que o aumento de 50% na capacidade de geração é acompanhado de um aumento de 35% nos custos de implantação.

Além dos aspectos do sistema de geração, deve ser levada em consideração a procedência da geladeira a ser fornecida à unidade consumidora. Apesar de a geladeira importada apresentar consumo significativamente inferior à geladeira nacional (aproximadamente 45% menor), o que possibilita a utilização de um sistema gerador de porte inferior, sua manutenção torna-se particularmente difícil, face à falta de mão-de-obra especializada para tratar deste equipamento. Além disto, caso haja necessidade de uma eventual substituição deste equipamento, a pessoa responsável pela unidade consumidora deveria adquirir outra geladeira cujo consumo seja equivalente, visto que a disponibilidade de energia de seu sistema gerador é limitada. Entretanto, como a geladeira não está disponível no mercado nacional (o que implica em custos muito elevados assim como menor acessibilidade por parte da pessoa), existe uma possibilidade elevada de que seja adquirida uma geladeira nacional acarretando, conseqüentemente, o colapso do sistema gerador.

Vale ressaltar que a questão dos custos de implantação acaba por impactar a quantidade total de sistemas que podem ser adquiridos. Com os custos apresentados acima para cada opção, a cada 1.000 sistemas adquiridos com SIGFI45 e geladeira nacional, poderiam ser adquiridos aproximadamente 1.150 sistemas com SIGFI30 e geladeira importada.

A Tabela 6 abaixo resume as principais vantagens e desvantagens de cada opção.

Tabela 6 – Síntese das vantagens e desvantagens das opções de sistemas geradores

| | SIGFI30 + Geladeira importada | SIGFI45 + Geladeira nacional |
|---------------------|--|---|
| Vantagens | <ul style="list-style-type: none"> • Apresenta menor custo de implantação se comparado à outra opção, possibilitando que mais UCs sejam beneficiadas. | <ul style="list-style-type: none"> • Possibilidade de manutenção e substituição da geladeira de maneira mais fácil que no caso de equipamento importado; • Disponibilidade mensal média excedente, possibilitando uma maior oferta de energia à UC. |
| Desvantagens | <ul style="list-style-type: none"> • Falta de mão-de-obra especializada em equipamentos mais complexos; • Dificuldade na compra (importação) de nova geladeira em caso de necessidade de substituição; | <ul style="list-style-type: none"> • Custos mais elevados, diminuindo o número de domicílios potencialmente beneficiados. |

Além das vantagens e desvantagens já citadas, há que se considerar que a opção do conjunto “SIGFI 30 + geladeira importada” carrega consigo ainda maior risco de exposição à incerteza cambial, quando comparada à outra opção estudada. Adicionalmente, a depender do modelo de geladeira importada considerado, o custo do conjunto pode ser ainda maior que o considerado neste estudo.

Com o desenvolvimento indústria nacional, há uma tendência de que os custos dos equipamentos do sistema fotovoltaico venham a ser reduzidos, o que beneficiaria, em maior proporção, o custo do conjunto “SIGFI 45 + geladeira nacional”.

Do ponto de vista dos serviços prestados, cabe destacar que o uso de um dos modelos de geladeira nacional traz uma vantagem adicional que é a possibilidade de congelar os alimentos, visto que os modelos importados analisados possuem apenas a função refrigeração.

Em uma primeira análise, a opção com SIGFI30 e geladeira importada apresenta custo total de implantação inferior à outra opção. Entretanto, há outros aspectos que devem considerados além da perspectiva econômica.

Ao comparar o consumo total estimado *versus* a disponibilidade energética de cada conjunto analisado, verifica-se que a sobra de energia de ambos é próxima. No entanto, essa disponibilidade refere-se a valores mínimos garantidos. Espera-se que, em grande parte do ano, os sistemas disponibilizem mais energia que 30 ou 45 kWh/mês e, portanto, há maior probabilidade de que o SIGFI45 tenha uma sobra energética cerca de 50 % maior do que o SIGFI 30. Logo, a combinação “SIGFI45 + Geladeira nacional” traz como vantagem adicional, a maior disponibilidade total de energia.

Se considerarmos ainda que, segundo o art. 30 da Resolução Normativa ANEEL nº 493/2012 [1], a distribuidora deverá atender sem ônus à solicitação de aumento de carga ao cliente, depois de decorrido, no mínimo, um ano desde a ligação inicial ou último aumento de carga, pode ser relevante conceder inicialmente uma disponibilidade excedente de modo a postergar este eventual aumento de carga.

5.0 CONCLUSÃO

O presente trabalho apresentou a comparação, do ponto de vista econômico e energético, de duas opções de atendimento às regiões remotas: “SIGFI 30 + geladeira importada” e “SIGFI 45 + geladeira nacional”.

A comparação econômica concluiu que o sistema composto pelo sistema de geração SIGFI30 e refrigerador mais eficiente apresenta menor custo total de implantação quando comparado com o sistema composto por SIGFI45 e refrigerador menos eficiente. Por este aspecto, o conjunto SIGFI30 mostra-se mais propício. Entretanto, em geral, equipamentos importados requerem mão-de-obra mais especializada para sua manutenção, o que pode vir a ser um empecilho em regiões remotas, além de aumentar os custos de O&M.

Por sua vez, o conjunto “SIGFI 45 + geladeira nacional”, apesar de apresentar maior custo de implantação, possibilita que a unidade consumidora disponha de um excedente médio de oferta de energia, permitindo que o consumidor instale novas cargas em sua residência.

Portanto, a partir das condições acima apresentadas e considerando o contexto econômico e tecnológico atual, verifica-se que o atendimento através do conjunto “SIGFI 45 + geladeira nacional” mostra-se mais adequado do ponto de vista da universalização aos serviços de energia elétrica.

A conclusão acima é específica para a análise realizada e critérios adotados no presente estudo. Nesse caso, o equipamento mais eficiente mostrou-se menos atrativo devido sua procedência e desvantagens associadas a este fato. Caso houvesse um refrigerador de alta eficiência disponível no mercado nacional, a conclusão poderia ser diferente. Logo, o uso de equipamentos eficientes deve sempre ser levado em consideração.

6.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIBLIOGRAFIA

- [1] ANEEL, *Resolução Normativa nº 493, de 5 de Junho de 2012*.
- [2] ANEEL, *Resolução Normativa nº 488, de 15 de maio de 2012*.
- [3] BRASIL, *Decreto nº 7.246, de 28 de Julho de 2010*.
- [4] MME, EPE e ELETROBRAS, “Relatório do Grupo de Trabalho - Especificações dos Projetos de Referência no âmbito do Programa Luz para Todos. (Relatório restrito, não publicado),” 2014.
- [5] MME, *Portaria nº 600, de 30 de Junho de 2010*.
- [6] INMETRO, Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia, “Programa Brasileiro de Etiquetagem. Eficiência Energética – Refrigeradores,” [Online]. Available: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/refrigeradores.pdf>. [Acesso em 04 06 2014].
- [7] “Loja Electrolux,” [Online]. Available: <http://loja.electrolux.com.br/refrigerador-degelo-pratico-uma-porta-240l-branco--re35-/p>. [Acesso em 09 03 2015].
- [8] GIZ, P. Farrés Antúnez, “Programa Luz para Todos in Remote Regions - Universalization through electricity or through services?,” 2013.
- [9] CEPEL e ELETROBRAS, “Comparação de Custos entre Sistemas Fotovoltaicos Individuais e Minicentrais Fotovoltaicas para Eletrificação Rural,” *III Congresso Brasileiro de Energia Solar. Belém.*, 21 a 24 setembro 2010.
- [10] CEPEL, “Análise de Custos Históricos de Sistemas Fotovoltaicos no Brasil,” *IV Congresso Brasileiro de Energia Solar e V Conferencia Latino-Americana da ISES. São Paulo.*, 18 a 21 setembro 2012.

- [11] CEPEL, “Relatório Técnico nº 3117/2014 – Ensaios com sistemas SIGFI 20 e 30. (Relatório reservado),” 2014.
- [12] “Red Coon,” [Online]. Available: http://www.redcoon.es/B406122-Bosch-KSV36AW41_Frigo-Una-Puerta - . [Acesso em 09 03 2015].
- [13] “Alternate,” [Online]. Available: <https://www.alternate.de/Bosch/KSV36AW41-K%C3%BChschrank/html/product/1046469?>. [Acesso em 09 03 2015].
- [14] “Null Prozent Shop,” [Online]. Available: http://www.nullprozentshop.de/haushaltsgeraete/kuehlen+gefrieren/kuehlschraenke/bosch+ksv+36aw41+weiss.html?utm_source=idealo&utm_medium=npssp&utm_campaign=standard#data. [Acesso em 09 03 2015].
- [15] “Appliance Plaza,” [Online]. Available: <http://www.applianceplaza.com/bosch-ksv36aw41g-larder-fridge-186cm-p-2380.html>. [Acesso em 09 03 2015].
- [16] “Appliances Direct,” [Online]. Available: http://www.appliancesdirect.co.uk/p/tp1720/liebherr-tp1720-freestanding-fridge?refsource=apawin&affid=73258&awc=1995_1420812368_dd47387d09afb5097a7fc7741c99a40. [Acesso em 09 03 2015].
- [17] “Cyber Port,” [Online]. Available: http://www.cyberport.de/liebherr-tp-1720-comfort-tischkuehlschrank-aplusplusplus-weiss-KE72-9CP_2354.html. [Acesso em 09 03 2015].
- [18] “123 Keuken Apparatuur,” [Online]. Available: <http://www.123keukenapparatuur.nl/default.asp?artcode=TP1720-21&r=kieskeurig>. [Acesso em 09 03 2015].

7.0 DADOS BIOGRÁFICOS

Gustavo Pires da Ponte, nascido em Brasília – DF em 1984, é Analista de Pesquisa Energética na Empresa de Pesquisa Energética – EPE, graduado em Engenharia Mecânica pela Universidade de Brasília – UnB (conclusão em 2008) e pós-graduado em Engenharia de Tubulações pela PUC-Rio (conclusão em 2010).

Gabriel Malta Castro, nascido em Juiz de Fora – MG em 1982, é Analista de Pesquisa Energética na Empresa de Pesquisa Energética – EPE, graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade de Brasília – UnB (conclusão em 2005) e mestrando em Planejamento Energético pela COPPE/UFRJ.

Thiago Ivanoski Teixeira, nascido em Salvador – BA em 1983, é Consultor Técnico na Empresa de Pesquisa Energética – EPE, graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal da Bahia – UFBA (conclusão em 2006) e pós-graduado em Engenharia Econômica pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ (conclusão em 2010).

Danilo de Brito Lima, nascido no Rio de Janeiro – RJ em 1985, é consultor, empreendedor e professor na área de Energias Renováveis e presta consultoria para a Agência Alemã de Cooperação Técnica Internacional – GIZ, graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ (conclusão em 2010), mestre em Energias Renováveis pela Universität Oldenburg/Alemanha (conclusão em 2012).