

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GERÊNCIA DE MANUTENÇÃO

CRISTIANO CHEPELUSKI

**ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA INSERÇÃO DE UM CONSUMIDOR
RESIDENCIAL COM GERAÇÃO FOTOVOLTAICA AO SISTEMA DE
COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA

2016

CRISTIANO CHEPELUSKI

**ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA INSERÇÃO DE UM CONSUMIDOR
RESIDENCIAL COM GERAÇÃO FOTOVOLTAICA AO SISTEMA DE
COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

Monografia apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista, do Curso de Pós-Graduação em Gerência de Manutenção da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Rodrigues

CURITIBA

2016



TERMO DE APROVAÇÃO

ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA INSERÇÃO DE UM CONSUMIDOR RESIDENCIAL COM GERAÇÃO FOTOVOLTAICA AO SISTEMA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA por

CRISTIANO CHEPELUSKI

Esta Monografia foi submetida em vinte e oito de março de 2017 como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Gerência de Manutenção. O candidato foi avaliado pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Marcelo Rodrigues, Dr.
Coordenador de Curso

ORIENTAÇÃO

Marcelo Rodrigues, Dr.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Orientador

BANCA EXAMINADORA

Francielly Elizabeth Castro Silva, Me.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Álvaro Peixoto de Alencar Neto, Me.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Ubirajara Zoccoli, Me.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

*Dedico este trabalho à minha família de sangue,
avós “In Memoriam”, mãe, filha
e a minha família de afinidade.*

AGRADECIMENTOS

É difícil agradecer a todas as pessoas que de algum modo, nos momentos serenos e ou apreensivos, fizeram ou fazem parte da minha vida, por isso primeiramente agradeço a todos.

Dediquei este trabalho "in memoriam" aos meus avós maternos (João e Antonia) que desde o início colaboraram intensamente com a minha educação.

Dedico também à família de sangue que sempre esteve próxima em todos os momentos, seja com atitudes ou com palavras e à família que vamos formando pelo caminhar da vida e pelas afinidades surgidas e que estão próximas ou são sempre lembradas.

Por fim, agradeço ao meu orientador professor Doutor Marcelo Rodrigues pelas palavras de força e encorajamento, despertando a motivação para tal desafio.

Agradeço a todos de forma bastante intensa. Obrigado!

*Na natureza nada se cria,
nada se perde,
tudo se transforma...*
(Antoine Lavoisier)

RESUMO

O presente trabalho consiste em apresentar uma análise da viabilidade econômica da inserção de um consumidor residencial, que possui um sistema de geração sustentável, a geração fotovoltaica, no sistema de comercialização de energia elétrica, também conhecido como geração distribuída, da concessionária de energia de Santa Catarina. Existe a necessidade de investimentos para o reparo dos equipamentos e na elaboração dos documentos exigidos pela concessionária para o acesso do microgerador ao sistema elétrico de distribuição. De posse do valor do investimento, foi realizada a simulação da quantidade de energia gerada pelos módulos fotovoltaicos instalados e o levantamento da média de consumo anual de energia elétrica. Com estes valores foram feitos os cálculos de quanto seria a diferença de energia elétrica mensal entre a produzida e a consumida, dos créditos que por ventura fossem injetados para a concessionária, dos valores que as faturas ficariam, do valor economizado anualmente e do tempo de retorno do investimento.

Palavras-chave: Consumidor residencial. Sustentabilidade. Geração fotovoltaica. Comercialização de Energia. Viabilidade Econômica.

ABSTRACT

The present work is based on showing an analysis of the economic viability of the inclusion of a residential consumer that has a sustainable generation system, the photovoltaic generation, in the commercialization system of electricity, also known as distributed generation, of Santa Catarina's dealership. There are investments needs to repair the damaged equipment and also to prepare the required documents by the dealership to provide the micro generator accesses to the electricity distribution system. Possessing the value of the investment, a simulation was made to get the amount of energy generated by the installed photovoltaic modules and the annual average of electricity consumption. With these values, calculations were made to show the monthly electricity difference between produced and consumed energy, the credits that by chance were injected to the dealership, the amount saved annually and the payback time on the investment.

Keywords: Residential Consumer. Sustainability. Photovoltaic Generation. Energy Trading. Economic Viability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação do medidor lâmpada-hora de Samuel Gardiner e Thomas Edson.	21
Figura 2 – Medidor GE Tipo I.	22
Figura 3 – Medidor eletromecânico.	23
Figura 4 – Diagrama de blocos do Medidor Eletrônico.	23
Figura 5 – Medidor inteligente.	24
Figura 6 – Fatura de energia elétrica no Brasil.	26
Figura 7 – Tabela de tarifas de aplicação ao grupo B.	27
Figura 8 – Horários de cobrança da tarifa branca.	29
Figura 9 – Curva de carga de demandas.	30
Figura 10 – Curva de carga dos eletrodomésticos.	30
Figura 11 – Intensidade de radiação solar no Brasil.	32
Figura 12 – Princípio de funcionamento de um painel fotovoltaico.	33
Figura 13 – Modelo de compensação de energia elétrica.	35
Figura 14 – Procedimentos e etapas de acesso.	37
Figura 15 – Irradiação Solar no Plano Inclinado.	42
Figura 16 – Dimensionamento da potência do sistema e a energia produzida.	44
Figura 17 – Informações dos módulos instalados na residência do consumidor.	45
Figura 18 – Energia elétrica gerada nos meses pelo sistema de 2 kWp da Canadian Solar.	46
Figura 19 – Cálculo do tempo de retorno do investimento sem a cobrança do ICMS.	52
Figura 20 – Cálculo do tempo de retorno do investimento com a cobrança do ICMS.	54

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Tipos de fontes renováveis.....	31
Quadro 2 – Valores para elaboração dos documentos para a solicitação de acesso do GD.....	39
Quadro 3 – Valores para reparo no sistema de geração solar.....	40
Quadro 4 – Valores para reparo no sistema de geração solar.....	43
Quadro 5 – Valores mensais de energia elétrica em kWh gerados pelos módulos solares.....	46
Quadro 6 – Diferença dos valores mensais de energia elétrica consumidos e produzidos pelos painéis solares em kWh.	49
Quadro 7 – Diferença dos valores mensais de energia elétrica totalizando os créditos em kWh.....	49
Quadro 8 – Valores mensais obtidos com a geração fotovoltaica sem cobrança do imposto na energia gerada.....	51
Quadro 9 – Valores mensais obtidos com a geração fotovoltaica com cobrança do imposto na energia gerada.....	53

LISTA DE SIGLAS

ABB	American Brown Boveri
AC	Corrente Alternada
AMR	<i>Automatic Meter Reading</i>
AMI	<i>Advanced Metering Infrastructure</i>
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ART	Anotação de Responsabilidade Técnica
BNDES	Banco Nacional Desenvolvimento Econômico e Social
CELESC	Centrais de Energia Elétrica de Santa Catarina
CRESEB	Centro de Referência para a Energia Solar e Eólica Sérgio Brito
DC	Corrente Contínua
GD	Geração Distribuída
GE	General Electric
kWh	Quilowatt-hora
kVar	Quilovolt-ampère Reativo
MCU	Microcontrolador
PLC	Power Line Communications
PRODIST	Procedimento de Distribuição de Energia Elétrica
ProGD	Programa de Desenvolvimento de Geração Distribuída
RTC	Relógio de Tempo Real
TE	Tarifa de Energia
TUSD	Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição
TWh	Terawatts - hora
WI-FI	Wireless Fidelity
WIMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 TEMA	11
1.1.1 Delimitação do tema.....	13
1.2 PROBLEMAS E PREMISSAS	14
1.3 HIPÓTESES	14
1.4 OBJETIVO GERAL.....	15
1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
1.6 JUSTIFICATIVA.....	15
1.7 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	16
1.8 ESTRUTURA DO TRABALHO	17
2 HISTÓRICO DE MEDIÇÃO DE ENERGIA.....	18
2.1 MEDIDORES DE ENERGIA	19
2.1.1 Medidor eletromecânico	19
2.1.2 Medidor Eletrônico	20
2.1.3 Medidor inteligente	21
2.2 ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL	22
2.3 TARIFAÇÃO	23
2.3.1 Tarifa convencional	24
2.3.2 Tarifa branca	25
2.4 CURVA DE CARGA.....	26
2.5 FONTES RENOVÁVEIS	28
2.5.1 Energia solar fotovoltaica	29
2.6 SISTEMA DE COMPENSAÇÃO DE ENERGIA.....	31
3 ESTUDO PARA A INSERÇÃO NO SISTEMA DE COMPENSAÇÃO.....	35

3.1 SOLICITAÇÃO DE ACESSO	35
3.2 ANÁLISE DO SISTEMA DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA INSTALADO	36
3.3 CÁLCULO DA ENERGIA SOLAR	38
3.4 CÁLCULO DA POTÊNCIA DO SISTEMA E DA ENERGIA PRODUZIDA	38
4 ANÁLISE DOS RESULTADOS	45
4.1 VALORES A SEREM INVESTIDOS	45
4.2 COMPARAÇÃO ENTRE A QUANTIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA CONSUMIDA E A PRODUZIDA EM kWh.....	45
4.3 COMPARAÇÃO FINANCEIRA	47
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	52
REFERÊNCIAS	54
ANEXO	58
ANEXO A – Formulário de Solicitação de Acesso	58

1 INTRODUÇÃO

Atualmente os termos eficiência e sustentabilidade estão cada vez mais inseridos na rotina das pessoas e/ou indústrias, pois estas precisam maximizar o uso dos recursos naturais, para a sua conservação, executando atividades cada vez mais sustentáveis e com o máximo de eficiência, visando diminuir os gastos. Entretanto o custo com a implantação é um fator que dificulta o uso destas energias renováveis, mesmo com o avanço da tecnologia em diversos países e com incentivo financeiro à geração de pequeno porte, ainda assim o custo é alto para a aquisição do sistema gerador e o retorno é de longo prazo.

No setor elétrico, também é verificável esta tendência, pois possui a necessidade de uma energia com maior eficiência, desde as fontes principais, quanto as que estão em desenvolvimento, como as fontes renováveis, que vem recebendo investimento e incentivo para fazerem parte do sistema de geração, ajudando a suprir o aumento do consumo de energia elétrica pela população e o avanço da tecnologia (Ministério de Minas e Energias, 2011).

Diante desta situação descrita acima e da Resolução Normativa n° 482, do ano de 2012, que regulamenta no Brasil o acesso de micro e minigeradores ao sistema de distribuição de energia elétrica de fontes renováveis ou cogeração. Este sistema de comercialização de energia elétrica também é denominado como GD (Geração Distribuída).

1.1 TEMA

O atual sistema convencional de distribuição de energia elétrica, incluindo a sua medição, que hoje possui operações manuais, juntamente com componentes eletromecânicos, apesar de atenderem a situação, necessita de inovações para aumentar o monitoramento, o tempo de resposta entre ocorrências e reparos, evitando os congestionamentos e apagões. O aumento da flexibilidade para inserção

de pequenos produtores de energia também é uma das demandas atuais e uma das soluções para estes pontos vem através das redes inteligentes (*Smart Grids*). Trata-se de uma nova realidade de gerenciamento da energia elétrica e todos os serviços de eletricidade. Este conceito que insere em grande escala novas tecnologias no setor energético, não de modo isolado, e sim criando toda uma nova infraestrutura interligada para distribuição e comercialização da energia, com a comodidade de monitorar e armazenar dados em tempo real, apresenta diversas vantagens, tais como: segurança, confiabilidade e utilização de energia renovável, a fim de torna-se mais popular e acessível (LAMIN, 2009).

Esta capacidade de gerenciar todo o trajeto, da energia elétrica e os benefícios deste monitoramento, coloca as redes inteligentes em evidência fazendo que empresários voltem seus olhares para este tema com grande potencial de investimentos. Ainda que, devido ao alto custo de modificação da estrutura existente, sua total concepção requer um planejamento detalhado e de longo prazo mesmo em países com grande poder econômico, ou seja, sua implantação será realizada por fases. O ponto de partida para muitos autores e que já é realidade em alguns países e no Brasil está no início, são os medidores inteligentes (*Smart Meter*). A medição inteligente tem sido classificada como a base de um sistema de rede inteligente e apontada como uma grande esperança que permitirá que os clientes residenciais sejam mais participantes do seu consumo e nas estratégias de redução dos custos de energia elétrica, além de serem enquadrados como autoprodutores (LAMIN, 2013).

Os medidores inteligentes possibilitam a comunicação em tempo real, o acesso remoto para leitura, o corte e a ligação de energia entre outras funções que auxiliam a medição e gerenciamento da energia e estão divididos em duas categorias de medição:

- Medição em dois quadrantes (unidirecional para o fluxo de energia), semelhante à medição convencional, porém agora com funções que medem energia ativa (kWh), energia reativa (kVAr), entre outras, demais grandezas elétricas e opcionais de controle em tempo real.
- Medição em quatro quadrantes (bidirecional para fluxo de energia), que é a grande inovação do setor por estar destinada à categoria de

geração distribuída conforme resolução normativa nº 482 de 17 de abril de 2012, da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Esta medição define que os consumidores residenciais que possuem geração própria de energia e que não utilizam todo seu potencial de geração, agora poderão comercializar a energia excedente. Com isso, possuindo funções de medição de energia ativa consumida (+ kWh) e energia ativa fornecida à rede (- kWh). Entre outras funções exclusivas e semelhantes ao de dois quadrantes.

A medição inteligente colabora para o uso eficiente da energia elétrica. Neste sentido, este trabalho procura avaliar a viabilidade econômica pela ótica de um consumidor residencial que possui placas solares instaladas em uma residência e pretende acessar o sistema elétrico como um microgerador, de potência instalada menor ou igual a 100 kW, segundo a classificação da ANEEL, usando um medidor bidirecional fornecido pela concessionária, o sistema passa a se enquadrar no regime de compensação de energia, ou seja, na atual política brasileira a comercialização desta energia devolvida a rede será contabilizada em forma de créditos.

1.1.1 Delimitação do tema

O consumidor residencial em estudo está localizado na cidade de Joinville no estado de Santa Catarina e possui um sistema de geração de energia elétrica através de painéis fotovoltaicos, que por ora encontra-se inoperante. Visando o aproveitamento deste conjunto, será realizada uma análise da viabilidade econômica da colocação em operação e inserção no ambiente de compensação de energia elétrica, através da ligação de um medidor inteligente bidirecional e todos os procedimentos de acesso exigidos pela CELESC (Centrais Elétricas de Santa Catarina).

1.2 PROBLEMAS E PREMISSAS

Com o aumento da demanda de energia no mundo e da preocupação para a preservação de recursos naturais, tornou-se evidente a necessidade de inovação no setor energético, que ainda depende muito da utilização de energias não renováveis.

O uso de fontes renováveis passou a ser destaque e motivo de investimento em muitos países, com isso, a tecnologia atual vem desenvolvendo equipamentos e dispositivos para utilização em larga escala destes recursos. O medidor de energia bidirecional se enquadra nesta categoria, além da sua comunicação inteligente, ele possibilita que um consumidor residencial torne-se também um mini ou microgerador de energia. No sistema de medição convencional, o quanto é pago na fatura é definido pelo valor da tarifa vigente multiplicada ao consumo e as taxas de impostos, pois a energia contabilizada é apenas aquela fornecida pela concessionária. Na medição bidirecional sua geração própria estará interligada com a rede com a possibilidade de comercialização do excedente oriunda da captação de energia por meio de placas solares por exemplo.

O uso de um sistema inteligente com compensação de energia pode ser uma solução para aproveitar a energia produzida e não aproveitada por falta de sistema de acúmulo de energia como banco de baterias e similares que possuem um custo elevado.

Então para que o consumidor residencial referido neste estudo use uma energia sustentável e tenha uma diminuição no valor da sua conta de energia elétrica, pergunta-se o quanto este deverá investir e se isso é viável economicamente?

1.3 HIPÓTESES

- A colocação em operação e inserção deste consumidor no sistema de compensação de energia é viável economicamente.
- Existe a necessidade de aumentar a energia produzida para a minimização do consumo e conseqüentemente da conta de energia.

1.4 OBJETIVO GERAL

Realizar um estudo de viabilidade econômica para inserir um consumidor residencial no sistema de compensação de energia elétrica com medição inteligente bidirecional que possui um sistema de geração de energia elétrica, através de placas fotovoltaicas instaladas, mas que estão inoperantes.

1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudar a medição de energia;
- Pesquisar sobre a tarifação da energia elétrica no Brasil;
- Estudar a energia solar fotovoltaica;
- Pesquisar sobre o sistema de compensação de energia no Brasil;
- Orçar os valores para a operacionalidade do sistema;
- Levantar as necessidades para a solicitação de acesso ao sistema de distribuição de energia elétrica da concessionária e os seus valores;
- Avaliar qual a quantidade e porcentagem, em referência ao consumo anual de energia elétrica kWh, que o sistema instalado fornecerá à residência.

1.6 JUSTIFICATIVA

A crescente preocupação mundial com os recursos finitos, com a emissão de gases na atmosfera e com o aumento da demanda consumida, desencadeou manobras políticas e de conscientização da população ao redor do globo facilmente identificados em noticiários e convenções que reúnem vários países na busca de um equilíbrio e preservação de modo geral.

Um dos contribuintes desta mudança é o avanço tecnológico, que já está inserido nas residências em diversas formas, afim de reduzir o consumo e alcançar o melhor aproveitamento do recurso disponível.

As recentes modificações regulatórias no Brasil abriam espaço para o incentivo em fontes renováveis, sendo as principais a eólica e a solar, em prol de

fortalecer a geração distribuída de microgeração e minigeração como alternativas ao modelo vigente, baseado em grandes usinas de geração que estão normalmente concentradas longe dos centros de carga.

Ao tornar o consumidor mais participativo com a possibilidade de retorno financeiro, fará com que a utilização de recursos naturais como o sol e o vento alcance um número maior de residências, contribuindo para a redução da demanda em horários de pico.

Aliado a estes fatores citados, o consumidor possui um sistema de geração de energia fotovoltaica instalado e inoperante que deixa de gerar energia elétrica e de diminuir os gastos com a mesma. Este sistema representa um investimento de aproximadamente R\$ 20.000,00, logo com a sua colocação em operação pode-se ter contribuições:

- Na diminuição da emissão de gases e da demanda exigida pelo sistema, contribuições pequenas, mas não desprezíveis;
- Na redução do consumo de energia elétrica e conseqüentemente os valores gastos;
- No retorno do investimento já realizado.

1.7 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Inicialmente é feito um levantamento de todos os custos envolvidos para a entrada do consumidor no sistema de compensação de energia elétrica. Dentre eles estão os documentos que são solicitados pela CELESC para a solicitação de acesso e a manutenção no sistema de geração de energia através dos painéis fotovoltaicos para colocá-lo em funcionamento e mantê-lo.

O cálculo da geração será realizado através de simuladores citados nos *sites* de algumas concessionárias disponíveis na *internet* e as informações apresentadas pelo fabricante dos painéis fotovoltaicos. Com estas e o consumo anual apresentado na fatura da energia elétrica, é realizada a comparação da geração com o consumo e os percentuais envolvidos.

Com todos os valores citados anteriormente calcula-se os valores gastos, a diminuição dos valores na conta de energia elétrica e analisa-se a sua viabilidade.

1.8 ESTRUTURA DO TRABALHO

A estrutura proposta para o desenvolvimento deste estudo é mostrada abaixo:

Capítulo 1: Introdução: Neste capítulo apresentou-se a relação deste trabalho com a sustentabilidade, a geração fotovoltaica, o uso de medidores inteligentes e a análise dos custos envolvidos.

Capítulo 2: Histórico da Medição de Energia: Expõe os tipos de medidores, a situação da geração de energia elétrica no Brasil, as categorias de tarifação, as curvas de carga características, introdução a energia solar fotovoltaica e o sistema de compensação.

Capítulo 3: Estudo para a Inserção no Sistema de Compensação: Apresenta o levantamento dos valores necessários para a inserção do consumidor ao sistema de comercialização, o reparo do equipamento e os documentos pedidos pela concessionária. A simulação da energia gerada e o cálculo da energia consumida anualmente.

Capítulo 4: Análise dos Resultados: Apresenta a comparação realizada entre os valores a serem investidos e o retorno deste investimento para a realização da análise da viabilidade.

Capítulo 5: Considerações Finais: Conclusão sobre este estudo de caso, os valores a serem investidos, as barreiras que existem e as sugestões para diminuí-las.

2 HISTÓRICO DE MEDIÇÃO DE ENERGIA

No início de 1870, a eletricidade tinha seu uso direcionado principalmente para o telefone e o telégrafo. E 1872, Samuel Gardiner patenteou o primeiro medidor de energia elétrica, representado na figura 01 à esquerda. Este medidor consistia de um mecanismo eletromagnético que iniciava e parava a marcação de tempo em um relógio, criando-se então uma unidade de medida definida como lâmpada-hora. Ainda no princípio de ampere-hora, Thomas Edson alguns anos a frente desenvolveu um medidor com princípio químico visto na figura 01 à direita. O mesmo era constituído de duas placas de zinco mergulhadas em uma solução condutora e conectadas em série com o circuito elétrico do consumidor, as placas eram pesadas todo mês e a diferença de peso era a medida para efetuar o cálculo da cobrança da energia, substituindo a taxa de valor fixo (DAHLE, 2015).

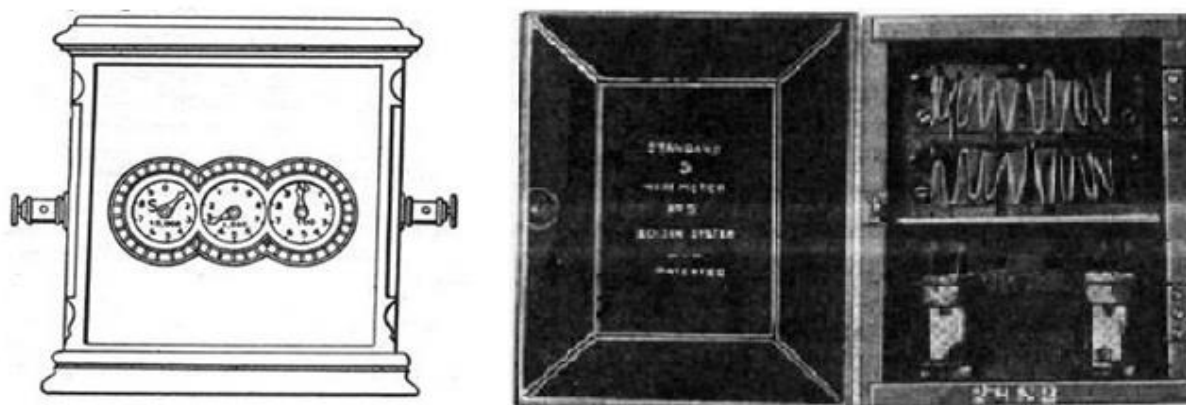


Figura 01 – Representação do medidor lâmpada-hora de Samuel Gardiner e Thomas Edson.

Fonte: Dahle, 2015

Elihu Thomson em 1889, seguindo o princípio de funcionamento que duas das fases AC (corrente alternada) no campo poderiam fazer a armadura girar, criou assim o seu Wattímetro Gravador que usava apenas um disco. Este foi então o primeiro medidor de watt-hora conhecido. Seu medidor foi desenvolvido para medição de energia alternada, mas que tinha a possibilidade de medição de energia contínua (DAHLE, 2015).

2.1 MEDIDORES DE ENERGIA

A partir dos princípios de funcionamento desenvolvidos através de Thomson, teve início a popularização dos medidores, onde foi possível desenvolver modelos que pudessem alcançar a comercialização e atender a demanda da época.

Por volta dos anos de 1903 a GE (*General Electric*) lançou o medidor modelo tipo I. Como pode ser visto na figura 02.

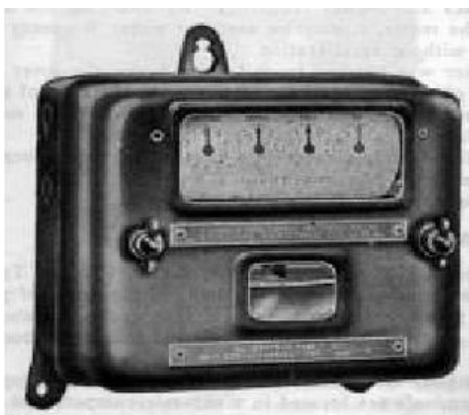


Figura 02 – Medidor GE Tipo I

Fonte: Dahle, 2015

Sendo o primeiro medidor de watt-hora para corrente alternada produzido em larga escala e que foram usados até os anos 60.

2.1.1 Medidor eletromecânico

Segundo Creder (2002, p27), os medidores eletromecânicos ou medidor tipo indução, conhecido assim por apresentar um princípio de funcionamento idêntico ao de um motor de indução, consiste em um disco leve de alumínio suspenso na região do campo magnético criado pela bobina de corrente. Neste disco são induzidas correntes parasitas (Foucault) de modo a fazer com que o disco gire no seu próprio eixo. Como pode ser visto na figura 03 a seguir.

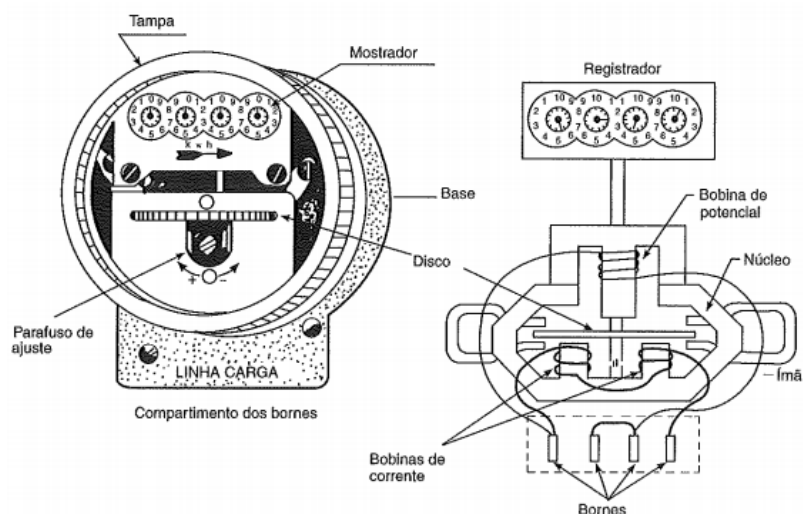


Figura 03 – Medidor eletromecânico

Fonte: Creder, 2002

2.1.2 Medidor Eletrônico

O medidor eletrônico já envolve em sua construção vários equipamentos eletrônicos que associados são capazes de medir tanto a energia reativa (kVAr) quanto à energia ativa (kWh). No diagrama de blocos da figura 04, apresenta-se os componentes principais deste tipo de medidor. A energia ativa é responsável pela execução do trabalho e a reativa é a energia gerada durante o funcionamento e consumo dos equipamentos elétricos (TOLEDO, 2012).

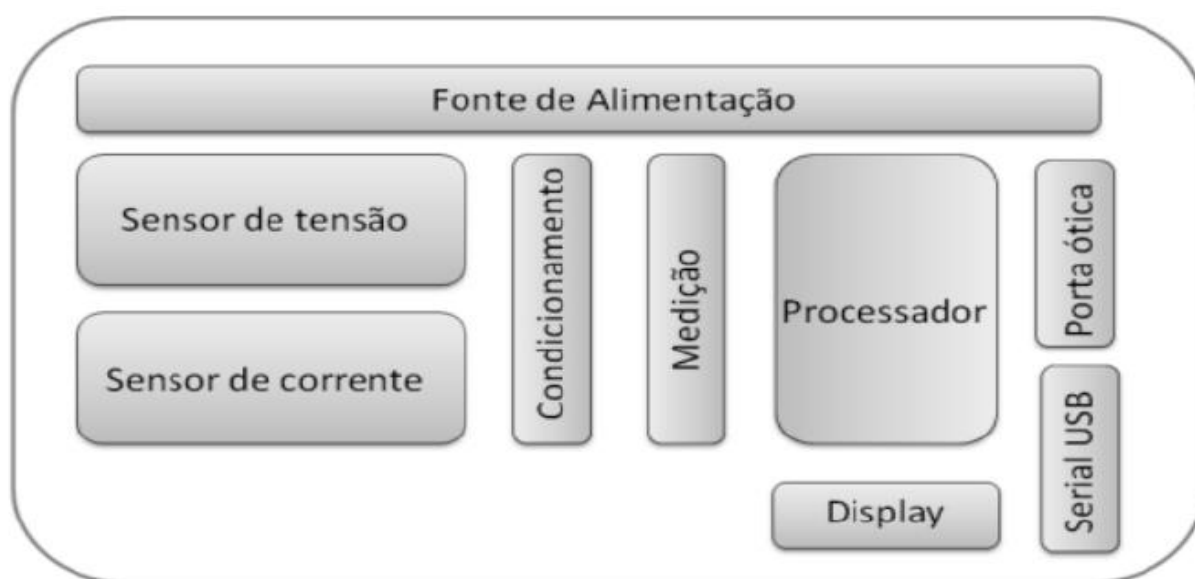


Figura 04 – Diagrama de blocos do Medidor Eletrônico

Fonte: Toledo, 2012

Os medidores eletrônicos já estão instalados em muitas residências que já apresenta um custo menor aos medidores eletromecânicos.

2.1.3 Medidor inteligente

Um medidor inteligente é bem similar a um medidor eletrônico, porém, sua proposta consiste em um sistema de coleta automática de dados medidos, e de transferência para um sistema centralizado para efetuar o processamento tudo em tempo real. A transmissão da informação pode ser realizada por diferentes redes de comunicação, incluindo sistemas wireless (WiFi, WiMax, Zigbee), PLC (Power Line Communications), entre outras (FALCÃO, 2009).

Este modelo de medidor é visto na figura 05. Apresenta uma grande diversidade de funções e recursos, tais como: Sensores de corrente e tensão, medição automática de forma online (AMR – *Automatic Meter Reading*) presente nos medidores inteligentes unidirecionais e a evolução da AMR que é AMI (*Advanced Metering Infrastructure*) que permite a comunicação e fluxo de energia bidirecional (LAMIN, 2013).



Figura 05 – Medidor inteligente

Fonte: WEG, 2016

Por se tratar de um conceito novo, não se encontra muita literatura e esquemático de construção que ficam em sigilo com os fabricantes, mas basicamente a construção e a comunicação interna de um medidor inteligente é geralmente constituído por um esquema com a interligação dos seguintes componentes: Microcontrolador (MCU), unidade de detecção de corrente e tensão, fonte de energia, relógio em tempo real (RTC), unidade de medição de energia, sistema de comunicação com chips e comandos (WERANGA et al. 2014).

Existem vários modelos e fabricantes no mercado que seguem desenvolvendo produtos e soluções para adequar a demanda brasileira, ainda mais, com a perspectiva de aumento dos autoprodutores, consumidores comuns que possam vender energia para as concessionárias, se enquadrando dentro do conceito de geração distribuída (FUGITA, 2014).

2.2 ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL

O Brasil ocupa hoje, neste contexto, uma posição excepcional no quadro mundial graças ao seu potencial de geração de energia por meio de hidroelétricas, que tem sido responsável por mais de 90% da energia elétrica consumida no país. Dentro do território tem outras fontes de geração, umas consideradas como emergenciais como é o caso das termoelétricas, devido ao seu alto custo de produção e as emergentes que são as fontes renováveis como eólica que vem recebendo grande incentivo e a solar voltada para produção de pequeno porte.

O consumo de energia elétrica no país vem crescendo exponencialmente ao longo dos anos. No setor residencial este crescimento é justificado por fatores como o aumento no número de residência, onde se tem uma estimativa de alcançar 75 milhões de unidades em 2022. Dados estes fatores, o consumo que em 2015 foi de 110 TWh (Terawatts-hora) residencial, somando todas as classes supera os 283 TWh(Terawatts-hora), como pode ser observado na figura 06, e projeta o país para uma nova realidade onde terá que se planejar para este aumento do consumo e continuar com medidas reparadoras para esta realidade futura, mas não tão distante (Ministério de Minas e Energias, 2015).

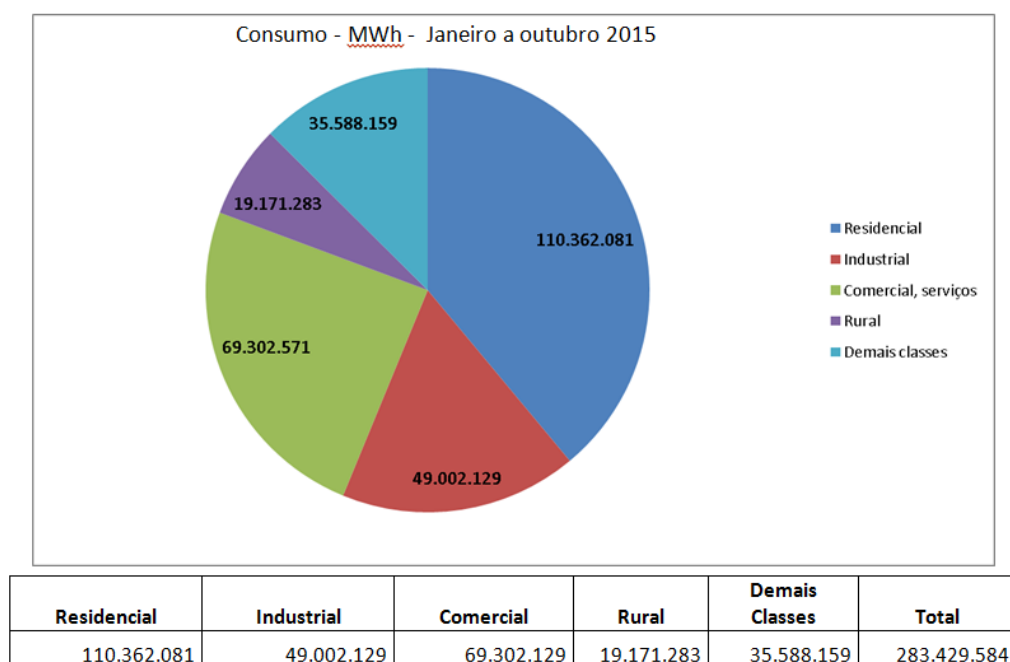


Figura 06 – Fatura de energia elétrica no Brasil

Fonte: Ministério de Minas e Energia, 2015

2.3 TARIFAÇÃO

No Brasil o decreto nº 62.724 de 1968 estabeleceu as modalidades tarifárias, onde as unidades consumidoras são classificadas em dois grupos tarifários: Grupo A, que tem a tarifa binômica e Grupo B, que tem a tarifa monômica. O agrupamento é definido, principalmente, em função do nível de tensão em que são atendidos (PROCEL, 2011).

As unidades consumidoras atendidas em tensão abaixo de 2.300 volts são classificadas no Grupo B (baixa tensão). Em geral, estão nesta classe as residências, lojas, agências bancárias, pequenas oficinas, edifícios residenciais, grande parte dos edifícios comerciais e a maioria dos prédios públicos federais, uma vez que na sua maioria são atendidos nas tensões de 127 ou 220 volts (PROCEL, 2011).

O Grupo B que está em questão neste trabalho. Em 22 de novembro de 2011, a Resolução Normativa nº 464 e a Nota Técnica nº 311/2011 definiram a nova estrutura tarifária para o Grupo, conforme a figura 07, oferecendo para o grupo de baixa tensão opções quanto a modalidade tarifária e dividindo-o em subgrupos de acordo com a atividade do consumidor, conforme apresentados a seguir: Subgrupo

B1 residencial e residencial baixa renda, subgrupo B2 rural e cooperativa de eletrificação rural, subgrupo B3 demais classes, subgrupo B4 iluminação pública (PROCEL, 2011).

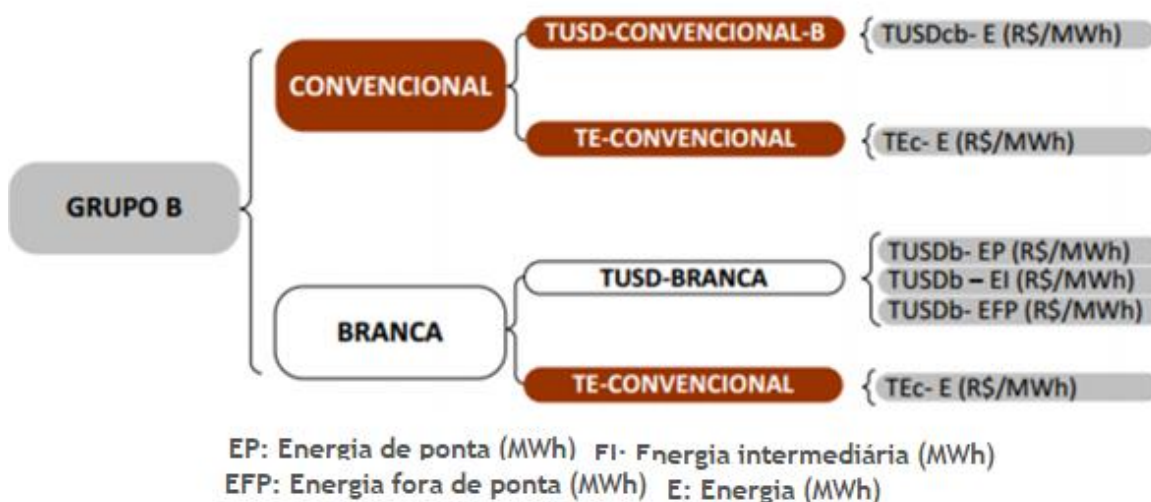


Figura 07 – Tabela de tarifas de aplicação ao grupo B

Fonte: PROCEL, 2011

As tarifas de energia elétrica são definidas levando em consideração a demanda da potência e o consumo de energia. A demanda da potência é medida em quilowatt e corresponde à média de potência elétrica solicitada pelo consumidor à distribuidora. A medição é feita durante um intervalo normalmente de 15 minutos onde o faturamento é o maior valor medido num período mais comum de 30 dias. Já o consumo de energia é medido em quilowatt-hora e corresponde ao valor acumulado pelo uso da potência elétrica disponibilizada ao longo de um período normalmente de 30 dias. O valor da tarifa da demanda é estipulado em reais por quilowatt e a tarifa do consumo é fixada por megawatt-hora e apresentada mensalmente na conta do consumidor (ANEEL, 2014).

2.3.1 Tarifa convencional

A modalidade tarifária convencional é caracterizada pela aplicação da tarifa independente do horário de utilização ao longo do dia e do período do ano

(sazonalidade). Esta modalidade tarifária é aplicada à unidades consumidoras pertencentes aos grupos A e B, possuindo diferentes componentes para cada grupo. Para unidades consumidoras do grupo A, este modelo tarifário é aplicado em sua forma binômia, possuindo uma componente relacionada à energia consumida e outra à demanda de potência contratada (PROCEL, 2011).

O grupo B é faturado neste modelo tarifário em sua forma monômia, ou seja, é aplicada apenas a componente referente ao consumo de energia. O método de cálculo desta modalidade tarifária é simples e com poucas ressalvas, sendo composto pela soma entre as parcelas de consumo e demanda, quando aplicadas ao grupo A, ou apenas pela parcela de consumo para o grupo B. Quando a demanda contratada é ultrapassada, o custo referente à ultrapassagem é acrescido ao faturamento pelo consumo do mês da ultrapassagem (PROCEL, 2011).

2.3.2 Tarifa branca

A estrutura tarifária atual aplicada ao consumidor residencial consiste na soma de duas componentes tarifárias: Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD) e Tarifa de Energia (TE), apresentada na figura 07. A primeira é relativa ao faturamento mensal de usuários do sistema de distribuição pelo seu uso. A segunda refere-se ao faturamento mensal de consumo de energia da unidade consumidora. As duas são dadas em R\$/MWh. Com a tarifa branca, o custo de energia varia de acordo com as horas e os dias da semana. Durante todo o fim de semana e feriados, madrugadas e ao longo do dia, a tarifa é mais barata. Entretanto, no início da noite dos dias da semana, quando há um pico no consumo de energia, a tarifa é mais cara. Esta cobrança é dividida em três postos tarifários conforme visto na figura 08, onde:

- Ponta: Período de três horas consecutivas diárias com exceção de sábados, domingos e feriados nacionais;
- Intermediária: Período formado pela hora imediatamente anterior e pela hora imediatamente posterior ao horário de ponta, totalizando duas horas diárias;

- Fora ponta: Período composto pelas 19 horas complementares aos períodos de ponta e intermediário, bem como os sábados, domingos e feriados.



Figura 08 – Horários de cobrança da tarifa branca

Fonte: TR Soluções WEB, 2016

2.4 CURVA DE CARGA

Uma curva de carga é um gráfico que mostra a evolução no tempo da quantidade de energia elétrica consumida em um determinado ponto da malha elétrica, conforme apresenta a figura 09 (GASTALDELLO et al. 2010).

Uma definição para a curva de carga é o registro de horário em um período diário das demandas de capacidade, podendo ser, excepcionalmente para um período semanal, mensal ou anual. A carga de um sistema é definida como a potência ou corrente média recebida durante um determinado intervalo de tempo, denominado de intervalo de demanda. Os valores usuais de intervalo de demanda são de 15 minutos, 30 minutos, 1 hora, ou até maiores, sendo o primeiro mais comum.

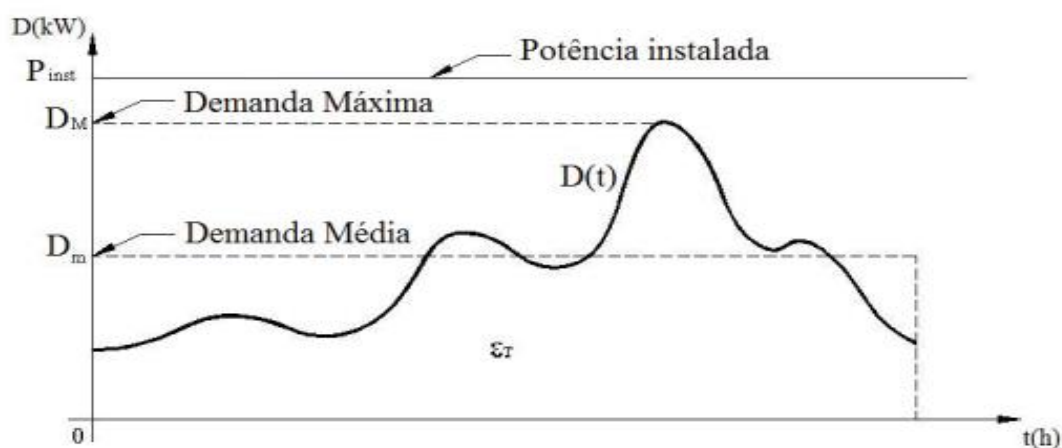


Figura 09 – Curva de carga de demandas

Fonte: Gataldello et al, 2010

A curva de carga diária no Brasil e a contribuição dos aparelhos eletroeletrônicos nas residências no momento do pico é mostrada na figura 10. Nota-se que o consumo tipicamente residencial maior se dá entre às 18h00min e 21h00min, o que corresponde ao horário de ponta, que são 3 horas diárias consecutivas definidas pela distribuidora, as demais horas que somam 21 horas são consideradas fora de ponta.

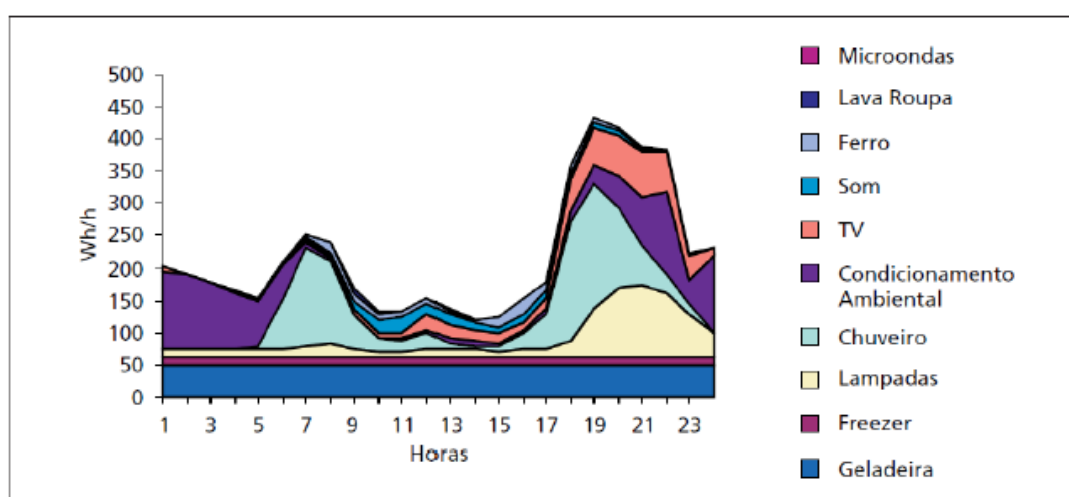


Figura 10 – Curva de carga dos eletrodomésticos

Fonte: Kup, 2015

Ainda pode ser observado que o consumo do chuveiro elétrico possui uma curva bem representativa, o que eleva o gráfico no horário de ponta.

2.5 FONTES RENOVÁVEIS

As fontes renováveis de energia são ocasionadas por fenômenos naturais. Para alguns autores, uma geração de energia é considerada renovável quando aquela energia é proveniente da natureza de modo contínuo e também supostamente infinito, como pode ser visto no quadro 01.

Fontes		Energia primária	Energia secundária	
Renováveis	"Tradicionais"	biomassa primitiva: lenha de desmatamento	calor	
	"Convencionais"	potenciais hidráulicos de médio e grande porte	hidreletricidade	
		potenciais hidráulicos de pequeno porte		
	"Novas"	biomassa "moderna": lenha replantada, culturas energéticas (cana-de-açúcar, óleos vegetais)		biocombustíveis (etanol, biodiesel), termeletricidade, calor
		outros	energia solar	calor, eletricidade fotovoltaica
			geotermal	calor e eletricidade
			eólica	eletricidade
maremotriz e das ondas				

Quadro 01 – Tipos de fontes renováveis

Fonte: Goldemberg e Lucon, 2007

As principais fontes que já estão em utilização e algumas em desenvolvimento são: A energia eólica que utiliza a força dos ventos e produz energia via aerogeradores, a energia hídrica utilizando de desvio e desníveis de rios e com a formação de barragens gerando energia com o movimento das águas passando por turbinas geradoras, ainda no contexto hídrico tem a utilização da força

dos mares e ondas para geração de energia, a energia solar por meio de captação da luz do sol e a energia geotérmica, que através da captação do calor expelido do interior da terra em suas extremidades servem geração de energia.

2.5.1 Energia solar fotovoltaica

A energia eletromagnética (energia radiante) emitida pelo sol é denominada energia por radiação solar, a qual atinge a superfície do planeta Terra sob três formas principais: 42% sob a forma de radiações dentro do espectro do visível, luz; 55% sob a forma de raios infravermelhos possuindo poder calorífico; 3% sob a forma de raios ultravioletas que são radiações altamente energéticas. A radiação solar fornece anualmente para a atmosfera terrestre cerca de $1,5 \times 10^{18}$ kWh de energia, fonte energética para toda a biosfera. No Brasil, o período de maior incidência de radiação solar encontra-se entre os meses de setembro a novembro como está destacado na figura 11 a seguir, em uma escala de kW/h/m². As regiões mais claras apresentam maior intensidade de radiação solar e isto ocorre em períodos secos.

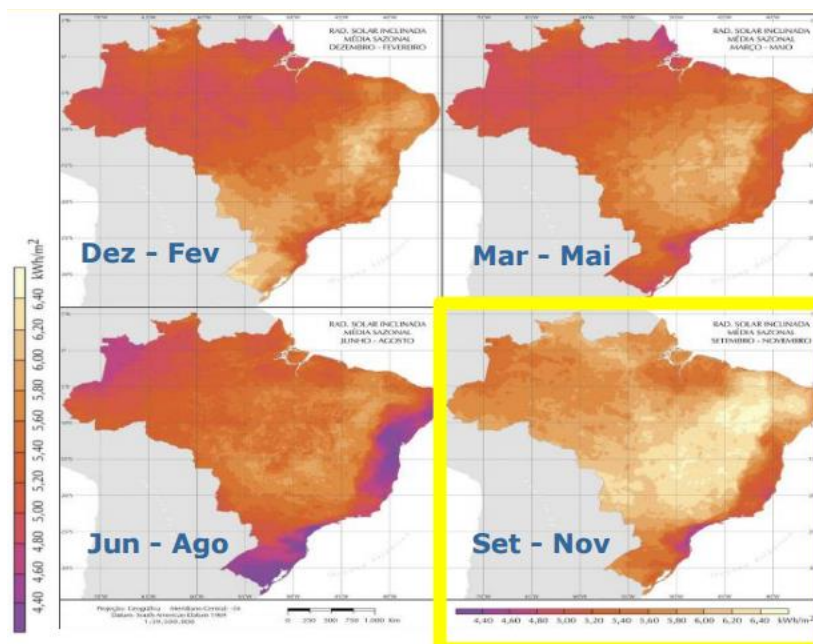


Figura 11 – Intensidade de radiação solar no Brasil

Fonte: ProGD, 2015

Os sistemas fotovoltaicos são capazes de gerar energia elétrica através das chamadas células fotovoltaicas. As células fotovoltaicas são feitas de materiais capazes de transformar a radiação solar em energia elétrica através do chamado “efeito fotovoltaico”. Hoje, o material mais difundido para este uso é o silício. O efeito fotovoltaico acontece quando a luz solar, através de seus fótons, é absorvida pela célula fotovoltaica. A energia dos fótons da luz é transferida para os elétrons que então ganham a capacidade de movimentar-se (GAGO, 2013).

O movimento dos elétrons, por sua vez, gera a corrente elétrica como visto na figura 12. As células fotovoltaicas podem ser dispostas de diversas formas, sendo a mais utilizada a montagem de painéis ou módulos solares. Além dos painéis fotovoltaicos, também se utilizam filmes flexíveis, com as mesmas características, ou até mesmo a incorporação das células em outros materiais, como o vidro.

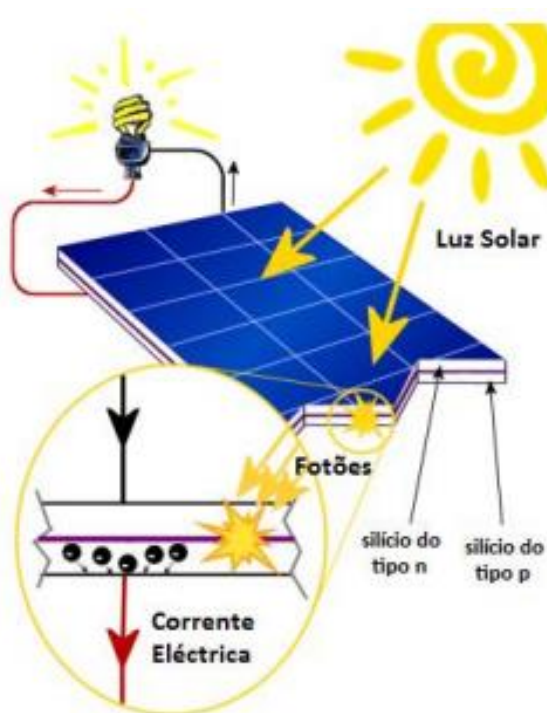


Figura 12 – Princípio de funcionamento de um painel fotovoltaico

Fonte: Gago, 2013

Para fazer todo o controle e gerenciamento desta energia gerada, é necessário um equipamento com eletrônica de ponta, os quais são aplicados nos inversores. Os inversores são indispensáveis em um sistema de geração fotovoltaica, estes transformam a energia gerada de DC (corrente contínua) para AC

(corrente alternada) o qual é ligado na rede elétrica da residência para imediato consumo (GAGO, 2013).

Nas instalações de microprodução e de miniprodução a ligação com a rede elétrica é direta, ou seja, toda a energia excedente produzida é entregue diretamente à rede elétrica pública através de um medidor bidirecional para o efeito de compensação de energia na conta da residência.

2.6 SISTEMA DE COMPENSAÇÃO DE ENERGIA

O sistema de compensação de energia está inserido dentro do conceito de geração distribuída. No Brasil, a definição de geração distribuída é descrita pelo decreto 5.163/2004. No art.14. A geração de forma distribuída é limitada em até 30 MW, onde se caracteriza como uma geração de menor porte localizada próximo à carga, aplicado a varias formas de tecnologia de geração podendo ou não gerar excedente a rede (ANEEL, 2012).

A Resolução Normativa 482, homologada pela ANEEL em 17 de abril de 2012, tem como objetivo viabilizar o mercado da geração distribuída para determinadas fontes e certa capacidade e classificando-os como minigeradores e microgeradores a fim de regulamentar a compensação de energia. Fazendo com que fosse aberto um novo mercado de geração de energia elétrica ao inserir consumidores que se enquadram em um novo seguimento conhecido como autoprodutores, os quais agora poderão comercializar energia excedente de suas residências (ANEEL, 2012).

A resolução normativa 482/2012 apresenta no Art de nº2 os seguintes níveis de geração:

I - Microgeração distribuída: Central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 100 kW e que utilize fontes com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras (REL 482/2012, 2012).

II - Minigeração distribuída: Central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 100 kW e menor ou igual a 1 MW para

fontes com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras (REL 482/2012, 2012).

O modelo de registo do sistema de compensação de energia é apresentado na figura 13 e tem por objetivo ceder a energia ativa injetada na rede da distribuidora por um medidor de energia bidirecional ou dois medidores unidirecionais, um registando a energia consumida e outro medindo a energia excedente injetada para distribuidora, a qual, posteriormente compensará esta energia cedida na conta de luz ao final do mês (ANEEL, 2014).

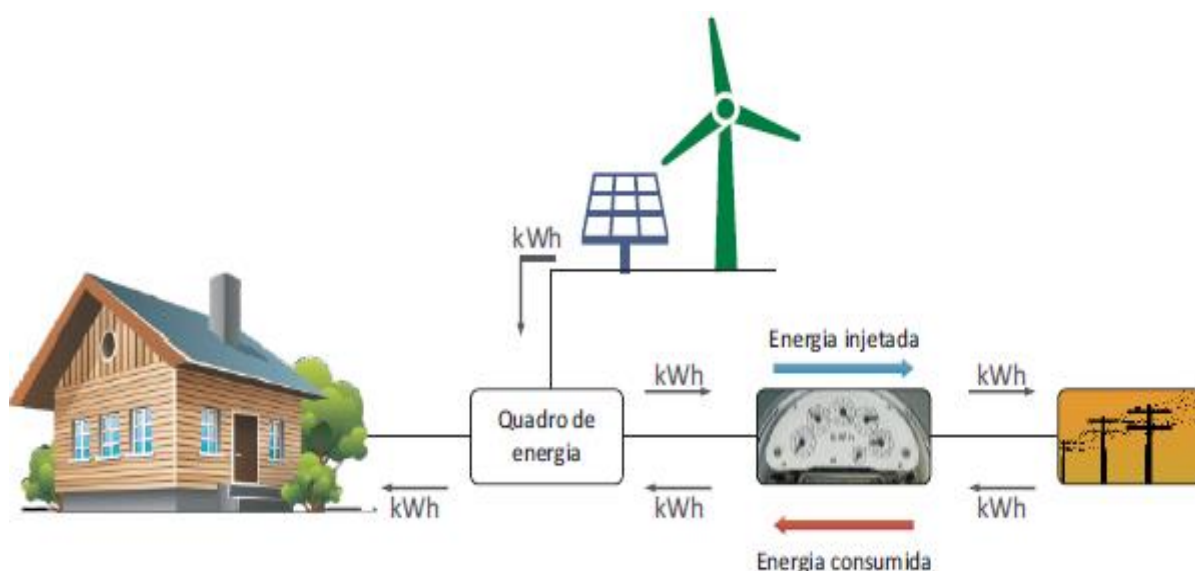


Figura 13 – Modelo de compensação de energia elétrica

Fonte: ANEEL, 2012

O pagamento desta energia gerada pelos consumidores é fornecido no sistema de compensação, onde são gerados os créditos com utilização em um prazo máximo de 36 meses, passando este prazo os créditos são expirados (Ministério de Minas e Energias, 2016).

Outras medidas são tomadas para tornar mais atrativo o mercado de micro e mini geração de energia, onde a normativa nº 687 de 24 de novembro de 2015, que entra em vigor a partir de 1 de março de 2016, em incentivo ao ProGD (Programa de Desenvolvimento de Geração Distribuída de Energia Elétrica) que passa

acompanhar a evolução deste mercado de geração distribuída (ANEEL, 2016), onde apontam além do aumento de 36 para 60 meses o tempo limite para utilização dos créditos, entre outras principais alterações, tais como: redução de 100 kW para 75kW de potência instalada para microgeração, e aumento de potência instalada 1 MW em todas as categorias para 3MW em geração por meio de fontes hídricas e 5 MW para demais fontes renováveis, compensação de energia elétrica em condomínios de forma conjunta, empréstimo no BNDES (Banco Nacional Desenvolvimento Econômico e Social) com taxas diferenciadas para hospitais e escolas públicas, redução de impostos sobre importação de equipamentos destinados a instalação de placas solares e aquisição de módulos fotovoltaicos (ANEEL,2016).

A seção 3.7 do Módulo 3 do PRODIST (Procedimento de Distribuição de Energia Elétrica), o procedimento de acesso segue um fluxo de fácil aquisição assim como os requisitos de proteção necessários para garantir a segurança das pessoas e a qualidade da energia injetada na rede (ANEEL, 2014).

A montagem do sistema de geração e medição pode ser realizada por parte do consumidor normalmente através de uma empresa especializada tanto na aquisição de um sistema novo ou na adequação do existente, em paralelo à solicitação de acesso até o período da vistoria da distribuidora. A figura 14 mostra os procedimentos e as etapas a serem realizadas para o consumidor ser inserido no sistema de compensação de energia elétrica (ANEEL, 2014).

Os custos relativos às adequações do sistema de medição necessárias para implantação do sistema de compensação de energia elétrica até o quadro de distribuição são de responsabilidade do consumidor, devendo ser ressarcidos à distribuidora acessada, como por exemplo, o valor da diferença do medidor retirado para o medidor bidirecional instalado, contudo, é da distribuidora a responsabilidade pela sua operação e manutenção, inclusive de eventuais custos de expansão ou adequação (ANEEL, 2014).



Figura 14 – Procedimentos e etapas de acesso

Fonte: ANEEL, 2014.

3 ESTUDO PARA A INSERÇÃO NO SISTEMA DE COMPENSAÇÃO

Para a simulação completa da inserção do consumidor no sistema de compensação de energia elétrica ou GD, as atividades que seguem devem ser realizadas. Para as atividades que necessitam de compra de componentes e/ou serviços foram consultadas cinco empresas especializadas.

3.1 SOLICITAÇÃO DE ACESSO

Para que a unidade produtora de energia elétrica do consumidor possa ser caracterizada como micro ou minigeradora, neste trabalho microgeradora, são necessários a solicitação de acesso e o parecer de acesso. Para a solicitação de acesso os seguintes documentos devem ser entregues na concessionária:

- a) Formulário de solicitação de acesso – Conforme anexo 3 da norma da CELESC código I 423-0004, Requisitos para a Conexão de Micro ou Minigeradores de Energia ao sistema Elétrico da CELESC Distribuição, visto no anexo A (Manual de Procedimentos CELESC, I-432.0004, 2014);
- b) Memorial descritivo da instalação contendo, entre outros elementos, os ajustes de proteção, diagrama unifilar, desenhos/projetos elétricos da instalação do micro ou minigerador, memória de cálculo dos condutores e eletrodutos utilizados e especificações técnicas dos equipamentos a serem instalados (painéis fotovoltaicos, turbinas, geradores, relés, inversores, religadores, etc) (Manual de Procedimentos CELESC I-432.0004, 2014);
- c) Anotação de Responsabilidade Técnica – ART do profissional que assina o projeto elétrico, com assinatura do titular da unidade consumidora. A ART deve conter código específico para geração de energia elétrica conforme a fonte do sistema de micro/minigeração, além de código específico para instalação elétrica, conforme nível de tensão e classe de consumo (residencial, comercial ou industrial) (Manual de Procedimentos CELESC I-432.0004, 2014).

A CELESC avaliará a documentação recebida, caso haja informações pendentes, o acessante terá 60 (sessenta) dias para rerepresentar as informações, caso contrário, seu processo será finalizado, e deverá iniciar do marco zero (Manual de Procedimentos CELESC I-432.0004, 2014).

Os valores apresentados pelas empresas oscilaram de R\$ 1.421,20 a R\$ 2.372,10, sendo o valor médio R\$ 2.005,95, conforme apresentado no quadro 2.

Empresa A	Empresa B	Empresa C	Empresa D	Empresa E	MÉDIA
R\$ 1.870,00	R\$ 2.010,25	R\$ 2.372,10	R\$ 2.356,20	R\$ 1.421,20	R\$ 2.005,95

Quadro 2 – Valores para elaboração dos documentos para a solicitação de acesso do GD.

Fonte: O autor, 2016.

3.2 ANÁLISE DO SISTEMA DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA INSTALADO

Todo sistema fotovoltaico deve passar por manutenções periodicamente de forma a garantir uma operação eficiente e diminuir problemas. Para isso deve-se seguir um plano de manutenção baseado nas recomendações feitas pelo fabricante dos equipamentos utilizados no sistema e nas normas pertinentes à segurança e à utilização dos equipamentos envolvidos na instalação fotovoltaica (Pinho e Galdino, 2014).

A manutenção preventiva nos sistemas de pequeno porte para o uso residencial é bastante simples e pode ser realizada pelo próprio consumidor. Já a manutenção corretiva exige um conhecimento técnico sobre os componentes do sistema e geralmente precisam de peças de reposição, por isso devem ser realizados por pessoas capacitadas, que além dos conhecimentos técnicos devem possuir certificados para trabalhos em altura, Norma Regulamentadora n° 35 e em trabalhos com eletricidade Norma Regulamentadora n° 10, do Ministério do Trabalho e Emprego Brasileiro.

Após a inspeção, testes e medições no sistema de geração, descobriu-se que o inversor solar do fabricante ABB (American Brown Boverly), modelo UNO de potência 2 kWp (quilowatt pico) não estava fornecendo energia para o quadro de distribuição. Os valores apresentados pelas empresas oscilaram de R\$ 4.001,20 a R\$ 8.541,02, sendo o valor médio R\$ 6.263,41, conforme apresentado no quadro 3.

Empresa A	Empresa B	Empresa C	Empresa D	Empresa E	MÉDIA
R\$ 7.694,61	R\$ 4.616,77	R\$ 4.001,20	R\$ 6.463,47	R\$ 8.541,02	R\$ 6.263,41

Quadro 3 – Valores para reparo no sistema de geração solar.

Fonte: O autor, 2016.

O valor médio encontrado através das 5 cotações das empresas consultadas foi de R\$ 6.263,41. A grande variação nos valores, cerca de 50% em relação ao valor médio é devida ao fato de que algumas das empresas apresentam como solução a troca do inversor, enquanto outras propõem o conserto do mesmo com garantia.

Para o cálculo de viabilidade pode-se considerar o valor de R\$ 8.269,36 que é o valor médio apresentado pelas empresas especializadas para a solicitação de acesso com a elaboração de todos os documentos envolvidos e o conserto no inversor da ABB. No entanto, buscando a minimização dos custos para esta fase, são adotados os valores mínimos apresentados, totalizando R\$ 5.422,40 para as 2 atividades, empresa E para a parte da solicitação do acesso e documentos pertinentes e empresa C para o reparo do sistema de geração. Considerando estes valores iniciais e com esta decisão é obtida uma redução de aproximadamente 35% em relação ao preço médio. Verificou-se que as empresas escolhidas para a execução das atividades prestam serviços na cidade e região, possuem um bom histórico e fornecem garantias sobre os trabalhos executados, além da confecção da ART (Anotação de Responsabilidade Técnica).

3.3 CÁLCULO DA ENERGIA SOLAR

A conversão da energia solar em energia elétrica é realizada através do uso das células fotovoltaicas industrialmente montadas em módulos ou painéis fotovoltaicos ou módulos ou painéis solares, quanto maior a incidência da radiação sobre o mesmo, maior é a energia produzida (LOPEZ, 2012).

Para o cálculo desta quantidade de energia solar diária média por metro quadrado recebido do sol, produzida por um módulo pode ser expressa pela equação 1,

$$E_D = E_S * A_P * \eta_P * TD, \quad (\text{Eq. 1})$$

em que:

E_D = energia elétrica diária produzida por um módulo fotovoltaico em (Wh/dia)

E_S = Energia solar recebida do sol (Wh/m²/dia)

A_m = Área do módulo fotovoltaico (m²)

η_P = Eficiência de conversão do módulo fotovoltaico

TD = Taxa de desempenho do sistema

3.4 CÁLCULO DA POTÊNCIA DO SISTEMA E DA ENERGIA PRODUZIDA

A radiação solar incidente ou a luz, comumente chamada, é uma variável que faz oscilar a energia produzida pelo sistema. No decorrer do dia existe uma grande variação que vai do zero ao valor de pico de produção, este pico depende de alguns fatores já apresentados, tais como a localização geográfica, os fenômenos meteorológicos e as estações do ano. Baseado nesta informação tem-se um índice médio e estimado para cada região. Este valor pode ser obtido usando o programa SunData, disponibilizado na *internet* pelo CRESESB (Centro de Referência para a Energia Solar e Eólica Sérgio Brito), que realiza o cálculo da radiação solar em qualquer parte do território brasileiro e é uma ferramenta de auxílio ao dimensionamento do sistema de geração solar. O rendimento do sistema de geração

solar também é outro fator impactante na geração, este está relacionado com a eficiência dos componentes.

Para a região de Joinville o programa SunData apresentou os valores de radiação da cidade de Blumenau, que é bastante próxima e tem o comportamento meteorológico similar.

Para que esta energia tenha um maior rendimento usam-se os painéis solares com uma inclinação para a captação desta irradiação, como mostra a figura 15 com estes valores.

Estação: Blumenau
Município: Blumenau, SC - BRA
Latitude: 26,9° S
Longitude: 49,066111° O
Distância do ponto de ref. (26,304444° S; 48,8461° O): 89,8 km

#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m ² .dia]												Média	Delta
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
✓	Plano Horizontal	0° N	5,17	4,81	4,39	3,50	3,08	2,53	2,83	3,08	3,38	4,28	4,97	5,03	3,92	2,64
✓	Ângulo igual a latitude	26° N	4,67	4,60	4,55	4,00	3,91	3,33	3,66	3,64	3,58	4,19	4,58	4,46	4,10	1,34
✓	Maior média anual	21° N	4,81	4,69	4,57	3,98	3,80	3,22	3,58	3,57	3,58	4,25	4,68	4,83	4,11	1,60
✓	Maior mínimo mensal	36° N	4,33	4,38	4,43	4,04	4,08	3,51	3,87	3,71	3,51	4,00	4,24	4,14	4,02	,92

Irradiação Solar no Plano Inclinado –Blumenau–Blumenau, SC-BRA

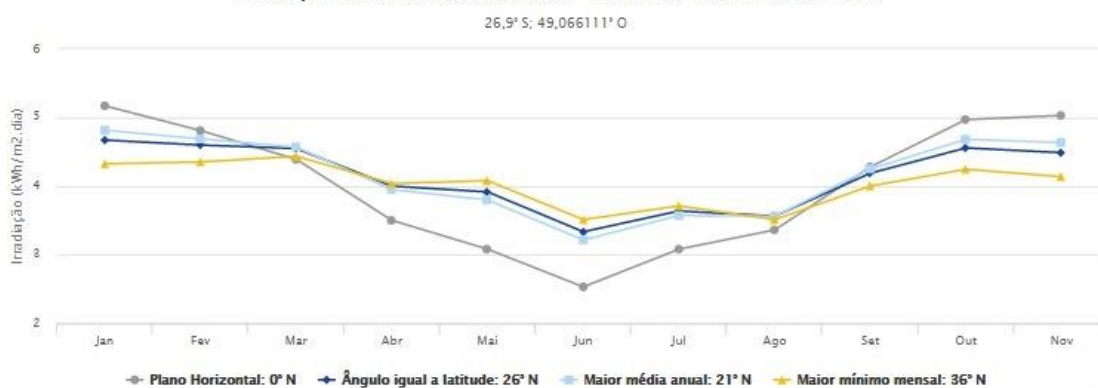


Figura 15 – Irradiação Solar no Plano Inclinado.

Fonte: Programa SunData, 2014.

Para uma estimativa mais precisa é utilizado um outro simulador, que está disponível no site www.portalsolar.com.br/calculo-solar, onde se colocam as informações do estado da federação, a cidade em que está instalado o sistema ou a cidade mais próxima, e o consumo médio anual que a instalação do consumidor possui. O consumo mensal foi obtido através das faturas que a concessionária entrega ao consumidor e está ilustrado no quadro 4.

Mês/Ano	Consumo kWh
jan/15	353
fev/15	274
mar/15	259
abr/15	239
mai/15	244
jun/15	198
jul/15	248
ago/15	311
set/15	258
out/15	238
nov/15	263
dez/15	200

Quadro 4 – Valores mensais do consumo de energia elétrica em kWh.

Fonte: O autor, 2016.

Este simulador apresenta como resposta a potência do sistema de módulos solares a ser instalado, o quanto produzirá de energia elétrica mensalmente ao longo do ano e ainda uma ideia de valores praticados do sistema para a sua aquisição. Estas informações podem ser vistas na figura 16.

A energia elétrica produzida apresentada pelo simulador tem a mesma média do consumo do consumidor como se vê no quadro 4. Entretanto o consumidor em estudo possui 8 placas de 255 Wp do fabricante Canadian Solar, totalizando uma potência instalada de 2.040 Wp e uma energia produzida anual de 2.683 Wh, como mostra a figura 17. A potência instalada é inferior a apresentada na figura 16, pois o sistema sugerido pelo simulador teria 2.280 Wp.

FICHA TÉCNICA DO SEU SISTEMA GERADOR

Para produzir 100% da sua demanda de eletricidade, o seu sistema gerador de energia solar fotovoltaica precisa ter uma potência de: **2,28 KWp**. O preço médio de um gerador fotovoltaico deste tamanho varia de **R\$ 20.519,29** até **R\$ 27.359,05**.

Capacidade (Potência instalada):

2,28 KWp

Produção Anual de energia:

3084 kWh / ano

Área mínima ocupada pelo sistema fotovoltaico:

15 m² (aprox.)

Peso médio por metro quadrado:

15kg/m² (aprox.)

Quantidade de placas fotovoltaicas:

9 placas de 250 Watts

Geração mensal de energia (em kWh)

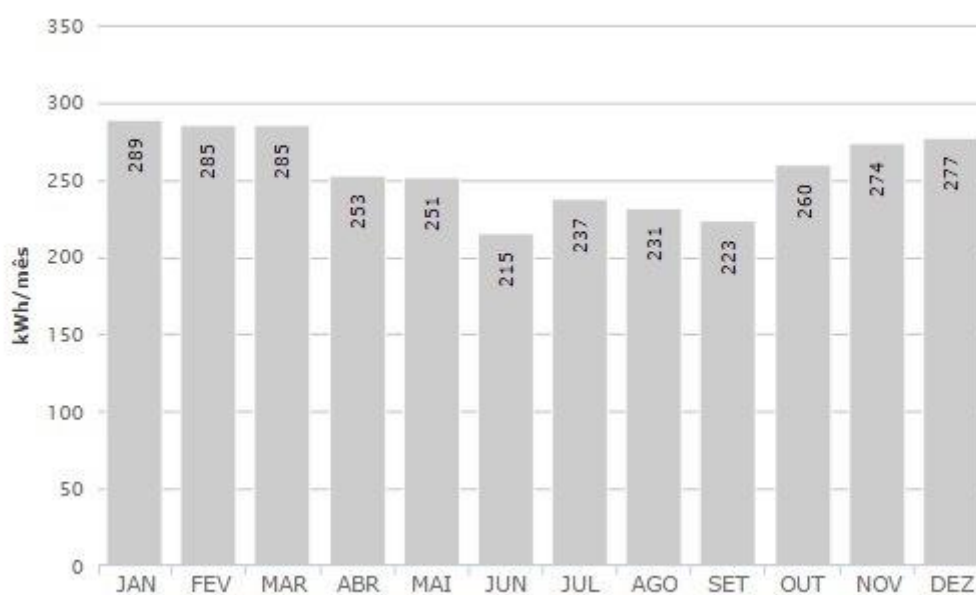


Figura 16 – Dimensionamento da potência do sistema e a energia produzida.

Fonte: Simulador Solar, Portal Solar, 2016.

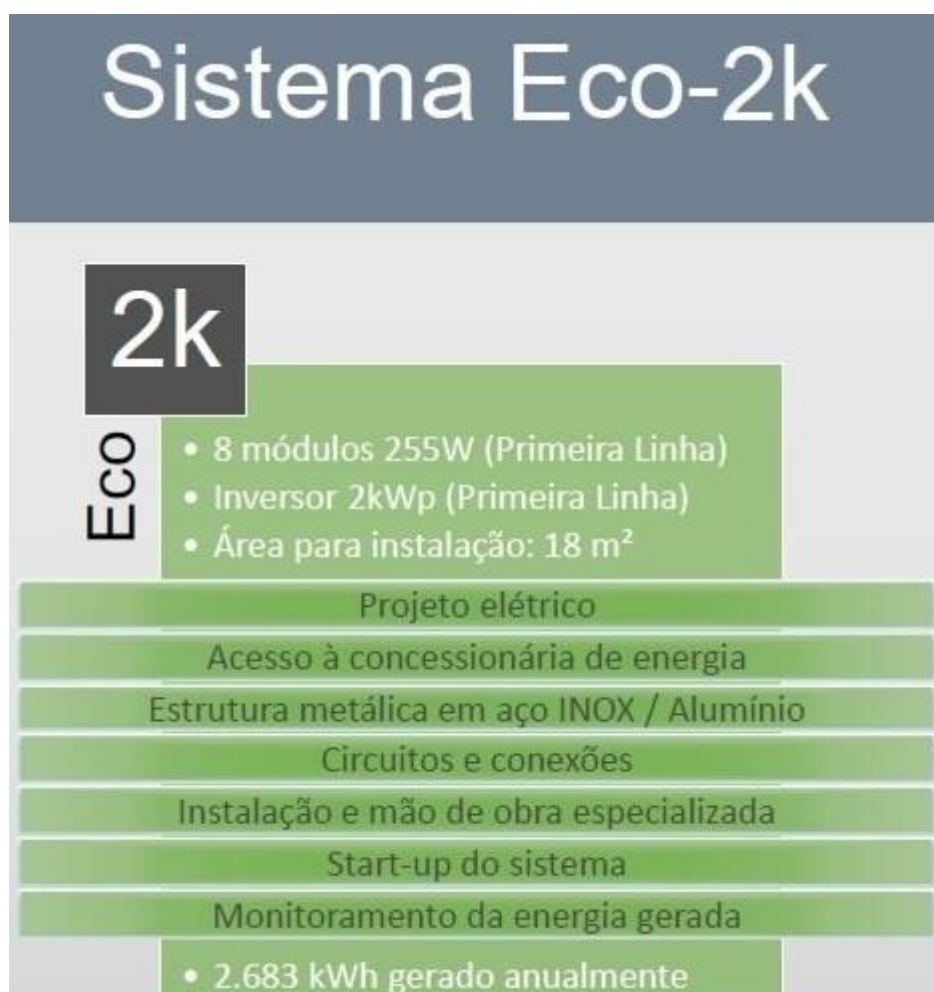


Figura 17 – Informações dos módulos instalados na residência do consumidor.

Fonte: Proposta Técnica Ecoa Energias Renováveis, 2016.

Em função da diferença dos valores apresentados pelo informativo técnico dos módulos da Canadian Solar, que estão os instalados e os valores do simulador do Portal Solar, cerca de 10% para a potência instalada e 13% para energia produzida, para menos, despreza-se os valores de produção de energia elétrica do simulador e utiliza-se os valores do fabricante. Com o cálculo apresentado pelo simulador da necessidade da potência de geração, constatou-se que o sistema instalado está próximo dos valores demandados.

A figura 18 apresenta o gráfico da estimativa de energia gerada informada pelo fabricante das placas fotovoltaicas instaladas, a Canadian Solar. Este sistema possui 8 módulos de 255 Wp, e no quadro 5 tem-se a representação numérica desta geração.

Dados do Sistema de Geração			
Fonte do Sistema:	Solar	% de Redução do Consumo de Energia:	83% (aproximado)
Potência Instalada:	2.040 Wp	Área Instalada:	15 m ² (aproximadamente)
Geração Média Anual:	2.680 kWh	Geração Média Mensal:	223 kWh
Distribuidora:	CELESC	Tensão:	127V-220V
Local da Instalação:		Frequência:	60 Hz
Tipo da Instalação:	Telhado	Cid/UF:	Joinville/SC

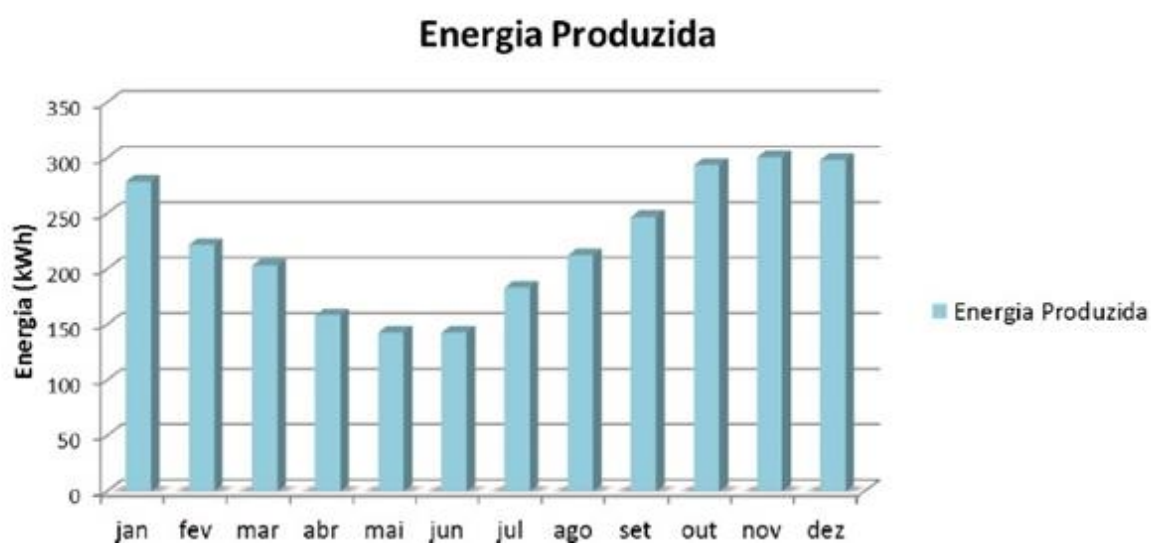


Figura 18 – Energia elétrica gerada nos meses pelo sistema de 2 kWp da Canadian Solar.
Fonte: Proposta Técnica Ecoa Energias Renováveis, 2016.

Mês/Ano	Produzida kWh Simulado	Mês/Ano	Produzida kWh Simulado
jan/15	283	jul/15	184
fev/15	221	ago/15	208
mar/15	201	set/15	245
abr/15	160	out/15	295
mai/15	141	nov/15	302
jun/15	141	dez/15	302
Total		2.683	

Quadro 5 – Valores mensais de energia elétrica em kWh gerados pelos módulos solares.
Fonte: O autor, 2016.

Neste capítulo foram levantadas as informações e os documentos para que o consumidor que possui microgeração possa acessar o sistema elétrico da CELESC Distribuição e os valores para elaboração desta etapa. Também foram estimados os valores para o reparo do sistema de geração solar e a sua colocação em funcionamento. A irradiação solar foi fornecida através do programa SunData que necessita das informações de latitude e longitude da região. Foi calculada a média anual do consumo de energia elétrica através das informações das faturas mensais da CELESC, a potência de geração demandada para atender o consumidor e a energia produzida pelos painéis fotovoltaicos por meio de um simulador e dos dados técnicos do fabricante dos painéis solares. A análise da viabilidade econômica é baseada nestes dados obtidos.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

O objetivo deste capítulo é analisar os resultados já apresentados nos capítulos anteriores.

4.1 VALORES A SEREM INVESTIDOS

O valor que o consumidor tem que investir para acessar o sistema GD, inicialmente é de R\$ 5.422,40. Este foi o menor valor apresentado pelas empresas na cotação. Não foi empregada nenhuma negociação nem a valores tampouco a prazos para o pagamento.

Na entrada de serviço de energia já existe um medidor inteligente bidirecional e não há a necessidade da sua aquisição.

4.2 COMPARAÇÃO ENTRE A QUANTIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA CONSUMIDA E A PRODUZIDA EM kWh

No quadro 4 tem-se a indicação da energia elétrica que é consumida pelo cliente e totalmente fornecida pela CELESC e no quadro 5 a simulação da energia elétrica produzida pelos painéis fotovoltaicos já instalados quando o sistema estiver reparado. Será adotado o sinal negativo para a energia gerada pelo consumidor. Unindo estas informações, no quadro 6, pode-se verificar o quanto de energia será necessário receber da concessionária ou a quantidade que será injetada na rede da concessionária. Nota-se que de janeiro a novembro a diferença é sempre negativa, indicando que o consumo é maior e não há excedente na geração solar logo não são creditados kWh no sistema de comercialização, no entanto existe uma diminuição do consumo de energia elétrica em kWh na ordem de 86,97%. A energia elétrica consumida ao longo do ano que era de 3.085 kWh passa a ser de 402 kWh, ou seja, 2.683 kWh são produzidos e consumidos pelo consumidor através do seu sistema de painéis fotovoltaicos.

Já no quadro 7 é mostrado os kWh que o consumidor injetou na rede e teve como crédito. Nota-se que de outubro a dezembro houve um total de 198 kWh de crédito.

Mês/Ano	Consumo kWh	Produzida kWh Simulado	Diferença Prod - Cons
jan/15	353	-283	70
fev/15	274	-221	53
mar/15	259	-201	58
abr/15	239	-160	79
mai/15	244	-141	103
jun/15	198	-141	57
jul/15	248	-184	64
ago/15	311	-208	103
set/15	258	-245	13
out/15	238	-295	-57
nov/15	263	-302	-39
dez/15	200	-302	-102
Totais	3.085	-2.683	402

Quadro 6 – Diferença entre a energia elétrica consumida e produzida em kWh.

Fonte: O autor, 2016.

Mês/Ano	Consumo kWh	Produzida kWh Simulado	Diferença Prod - Cons	Crédito Acumulado kWh
jan/15	353	-283	70	0
fev/15	274	-221	53	0
mar/15	259	-201	58	0
abr/15	239	-160	79	0
mai/15	244	-141	103	0
jun/15	198	-141	57	0
jul/15	248	-184	64	0
ago/15	311	-208	103	0
set/15	258	-245	13	0
out/15	238	-295	-57	57
nov/15	263	-302	-39	96
dez/15	200	-302	-102	198
Totais	3.085	-2.683	402	198

Quadro 7 – Diferença dos valores mensais de energia elétrica totalizando os créditos em kWh.

Fonte: O autor, 2016.

Nota-se ainda no quadro 7 que no decorrer do ano a energia elétrica produzida não foi suficiente para suprir a demanda do consumidor, mas ainda houve uma geração de 198 créditos (kWh) que poderá ser consumido dentro de um período de 36 meses após a sua injeção na rede.

Caso a análise fosse estendida aos próximos meses e a relação entre o consumo e a geração se mantivesse, pois nos primeiros meses do ano o consumo foi superior a geração, estes créditos seriam abatidos nas próximas faturas e o investimento torna-se mais atrativo.

4.3 COMPARAÇÃO FINANCEIRA

Com a geração fotovoltaica o consumidor passa a ter uma redução financeira na sua fatura mensal, não na mesma proporção da energia gerada por ele, pois os clientes das concessionárias devem pagar uma taxa de disponibilidade do sistema. No caso estudado o consumidor pertence à categoria B e é monofásico, o valor mínimo mensal a ser cobrado é referente a 30 kWh, equivalente a R\$ 27,29. Observa-se no quadro 8 que em 4 meses, o consumidor pagou a taxa mínima. A diferença no valor pago anualmente na fatura é de R\$ 1.497,94, aproximadamente 73% a menos, pois sem a GD o valor a ser pago anualmente é de R\$ 2.041,11 e com a GD o valor é de R\$ 543,17.

Mês / Ano	Consumo kWh	Produzida kWh Simulado	Diferença Prod - Cons	Crédito Acumulado kWh	Fatura sem GD em Reais	Fatura com GD em R\$ Estimado	Diferença em R\$	Diferença em %
jan/15	353	-283	70	0	234,13	52,22	181,91	77,70
fev/15	274	-221	53	0	180,45	41,97	138,48	76,74
mar/15	259	-201	58	0	172,30	44,99	127,31	73,89
abr/15	239	-160	79	0	161,76	57,64	104,12	64,37
mai/15	244	-141	103	0	159,44	72,11	87,33	54,78
jun/15	198	-141	57	0	128,08	44,38	83,70	65,35
jul/15	248	-184	64	0	165,80	48,60	117,20	70,69
ago/15	311	-208	103	0	201,49	72,11	129,38	64,21
set/15	258	-245	13	0	171,84	27,29	144,55	84,12
out/15	238	-295	-57	57	159,75	27,29	132,46	82,92
nov/15	263	-302	-39	96	173,85	27,29	146,56	84,30
dez/15	200	-302	-102	198	132,22	27,29	104,93	79,36
Totais	3.085	-2.683	402	198	2.041,11	543,17	1.497,94	73,20

Quadro 8 – Valores mensais obtidos com a geração fotovoltaica sem cobrança do imposto na energia gerada.

Fonte: O autor, 2016.

Considerando este cenário, os valores apresentados no quadro 8, ao longo de um ano, a redução com a conta de energia seria de R\$ 1.497,94 e adotando o método *pay back* descontado com uma taxa de 10% ao ano para analisar o investimento, o retorno seria em aproximadamente 4 anos e 3 meses. Para este cálculo foi usado o programa Excel, como pode ser visto na figura 19.

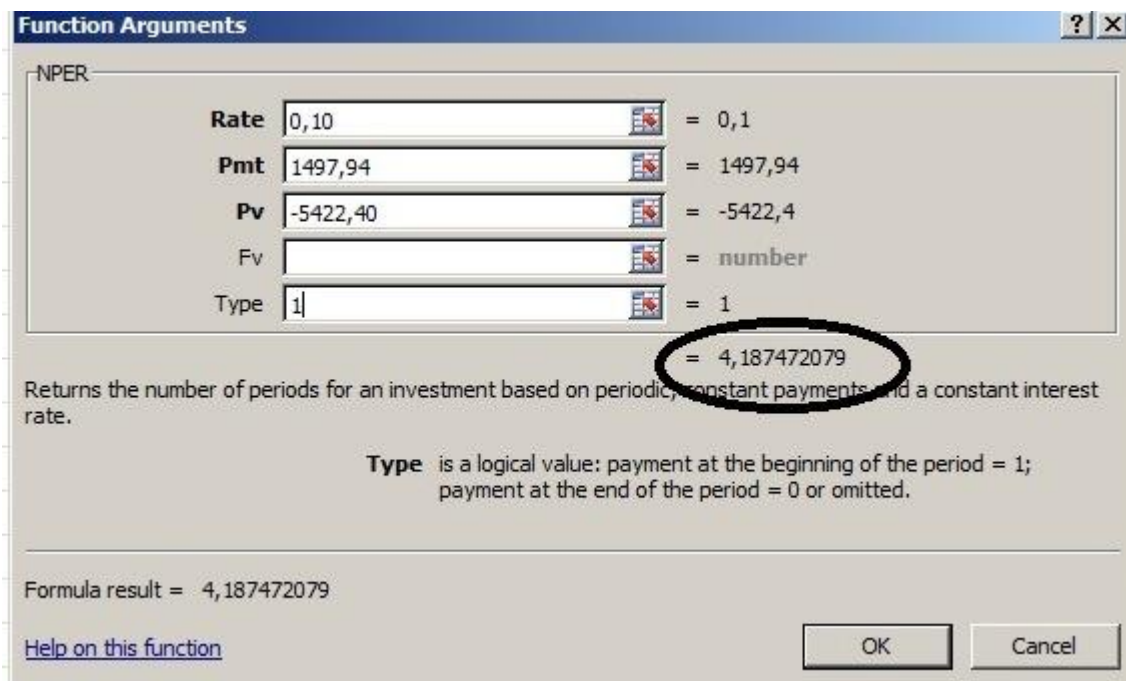


Figura 19 – Cálculo do tempo de retorno do investimento sem a cobrança do ICMS.

Fonte: O autor, 2016.

Atualmente as leis sobre as taxas dos impostos permitem que sejam cobrados sobre os valores totais que o consumidor usa de energia e não somente a diferença entre a energia consumida e a gerada. Isso é um fator que diminui os ganhos que este sistema de comercialização poderia oferecer. Algumas concessionárias não praticam a cobrança destes impostos sobre esta energia gerada pelo consumidor, por exemplo a concessionária de Minas Gerais. Em Santa Catarina, a CELESC ainda faz esta cobrança. O quadro 8 foi elaborado de forma que os impostos não sejam cobrados. Outra situação que este quadro 8 se aproxima da realidade seria o perfil de um consumidor que tem o maior uso de energia durante o dia, quando ocorre a produção de energia e é imediatamente consumida, sem ir para a rede de distribuição da concessionária e retornar posteriormente.

Para aproximar o resultado da realidade do perfil do consumidor em estudo, foi elaborado o quadro 9, nele as informações apresentadas serão consideradas que grande parte da energia gerada, durante o dia vai para a CELESC cerca de 70% e o restante é consumido no instante da sua geração.

Mês / Ano	Consumo kWh	Produzida kWh Simulado	Diferença Prod - Cons	Crédito Acumulado kWh	Fatura sem GD em Reais	Fatura com GD em R\$ Estimado2	Diferença em R\$	Diferença em %
jan/15	353	-283	70	0	234,13	89,45	144,68	61,80
fev/15	274	-221	53	0	180,45	70,87	109,58	60,73
mar/15	259	-201	58	0	172,30	72,30	100,00	58,04
abr/15	239	-160	79	0	161,76	82,85	78,91	48,78
mai/15	244	-141	103	0	159,44	97,84	61,60	38,63
jun/15	198	-141	57	0	128,08	65,27	62,81	49,04
jul/15	248	-184	64	0	165,80	74,76	91,04	54,91
ago/15	311	-208	103	0	201,49	104,91	96,58	47,93
set/15	258	-245	13	0	171,84	45,08	126,76	73,77
out/15	238	-295	-57	57	159,75	52,39	107,36	67,20
nov/15	263	-302	-39	96	173,85	55,03	118,82	68,35
dez/15	200	-302	-102	198	132,22	48,38	83,84	63,41
Totais	3.085	-2.683	402	198	2.041	859	1.181,99	57,72

Quadro 9 – Valores mensais obtidos com a geração fotovoltaica com cobrança do imposto na energia gerada.

Fonte: O autor, 2016.

Para este caso ocorre a cobrança dos impostos sobre a energia emprestada para a concessionária, os valores são apresentados no quadro 9 e ao longo de um ano a redução com a conta de energia elétrica seria de R\$ 1.181,99 e adotando também o método *pay back* descontado com uma taxa de 10% ao ano para analisar o investimento, o retorno seria em aproximadamente 5 anos e 8 meses. Para este cálculo utilizou-se o programa Excel, como mostra a figura 20.

Admitindo esta situação como a que mais se aproxima do perfil do consumidor estudado e também como a menos favorável financeiramente, são adotados estes valores para a finalização da análise da viabilidade. O projeto se pagaria em 5 anos e 8 meses e a partir de então forneceria lucratividade para o investidor, considerando as condições atuais.

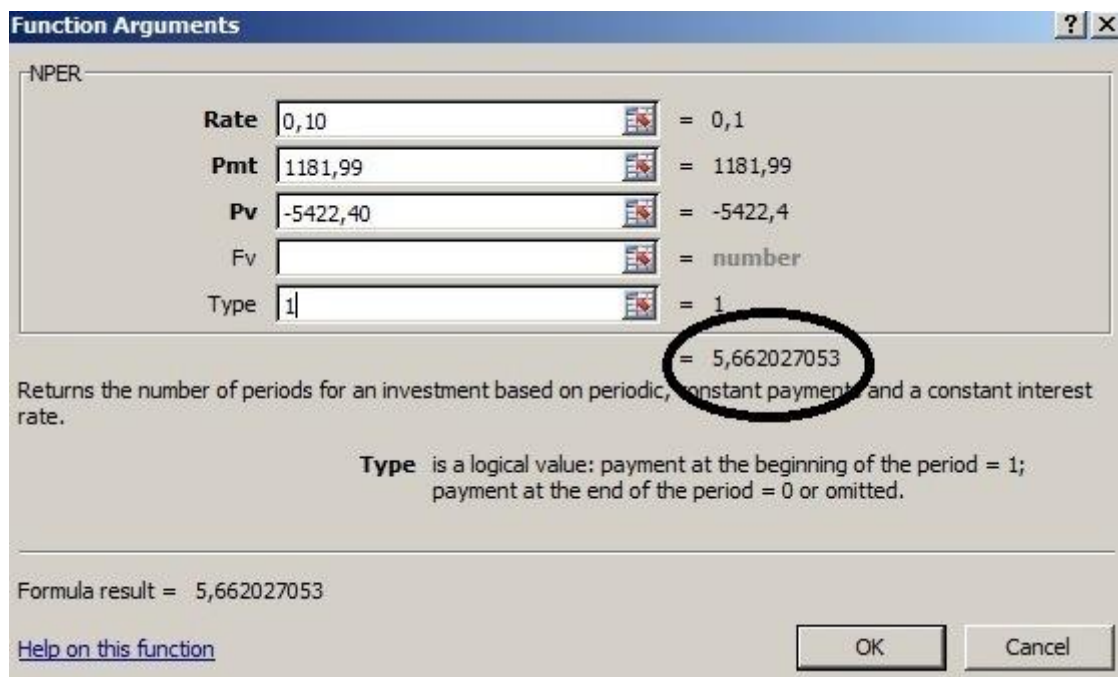


Figura 20 – Cálculo do tempo de retorno do investimento com a cobrança do ICMS.

Fonte: O autor, 2016.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho é apresentado o caso de um consumidor residencial que possui um sistema inoperante de geração de energia proveniente de placas solares. Todo o estudo foi voltado para a análise da viabilidade do reestabelecimento do sistema e a sua migração de consumidor comum na modalidade de microgeração de energia.

No curso de Especialização em Gerência de Manutenção são abordados conceitos em diversas áreas, tais como métodos de planejamento, gestão financeira e engenharia econômica. Neste trabalho salientasse os conhecimentos adquiridos em Gestão Financeira Aplicada à Manutenção, para a avaliação da viabilidade da inserção do consumidor ao sistema de comercialização de energia elétrica da CELESC.

Do ponto de vista ecológico e sustentável, o reestabelecimento do sistema de geração de energia renovável deste consumidor, contribui para a redução de emissão de gases poluentes na atmosfera, mesmo que ainda de forma tímida, mas não desprezível, principalmente no atual cenário do país, onde requer a utilização de fontes não renováveis na geração de energia elétrica para complementar a demanda.

Do ponto de vista financeiro, chegou-se a conclusão que, ao restabelecer o sistema e aderir à modalidade de compensação de excedente, o investimento é viável, usando o método de *pay back* descontado, o retorno financeiro será aproximadamente de 5 anos e 8 meses. Considerando o pior cenário e as condições atuais dos valores praticados pela CELESC, a economia realizada na fatura de energia no primeiro ano seria na ordem de R\$ 1.181,99. O sistema tem uma garantia de fábrica de 25 anos, somado a isso alguns fornecedores ainda estimam uma vida útil de 40 anos com baixos custos de manutenção.

No caso estudado, o consumidor já possuía o sistema de geração solar e torná-lo operacional para o uso da sua energia ficou viável, no entanto para a maioria dos consumidores a situação é distinta devido ao fato de não possuírem o sistema de geração solar e o valor para a sua aquisição ser elevado. Um sistema similar a este tem o seu custo em torno de R\$ 21.000,00 e o tempo de retorno

considerando os mesmos métodos e mesma situação seria inviável, não se pagaria durante a vida útil dos equipamentos.

Analisando o aumento da energia gerada, para isso o consumidor terá que investir em um ou mais painéis, estudos e cálculos mostram que com os valores e as políticas praticadas atualmente, o investimento tende a aumentar o tempo de retorno.

Outro ponto a ser avaliado caso haja o aumento da geração de energia, o consumidor tem 60 meses para usar o seu crédito, ou o perde, caso a sua geração anual seja maior que o consumo, o sistema estará superdimensionado e esta energia será perdida, salvo possua outra conta junto à concessionária e a tenha cadastrada para esta possibilidade.

O uso da energia solar no Brasil ainda necessita de muitos esforços pelas partes envolvidas para diminuir as barreiras existentes, o consumidor deve se interessar por esta energia renovável, avaliar os prós e contras do seu uso e trabalhar com retorno a longo prazo dos seus investimentos. Os investidores e as indústrias devem investir em pesquisa e desenvolvimento e o governo, por sua vez, deve aumentar os incentivos, abaixar os impostos sobre os equipamentos e a energia renovável gerada, também investir em pesquisas e desenvolvimento para realmente viabilizar a energia solar para a população, iniciando seu uso nas próprias instalações governamentais, escolas, hospitais e demais instalações.

Como sugestões de futuros trabalhos indico o estudo de qualquer item para a diminuição das barreiras citadas no parágrafo anterior.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (2016). **Cadernos Temáticos ANEEL Micro e Minigeração Distribuída. Sistema de Compensação de Energia Elétrica.** Disponível em < <http://www2.aneel.gov.br/biblioteca/downloads/livros/caderno-tematico-microeminigeracao.pdf> >. Acesso em 20 janeiro, 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (2012). **Resolução Normativa Nº 482, Microgeração e Minigeração Distribuída, DE 17 DE ABRIL DE 2012.** Assunto: Análise das contribuições reativas à Audiência Pública nº 093/2013 e alteração da Resolução Normativa nº 502/2012 com o objetivo de adequar o estabelecimento de prazos normativos. Disponível em < <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Resolu%C3%A7%C3%A3o%20Normativa%20482,%20de%202012%20-%20bip-junho-2012.pdf> >. Acesso em 27 janeiro, 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (2015). **PRODIST MÓDULO 3.** Disponível em < http://www.aneel.gov.br/visualizar_texto.cfm?idtxt=1867 >. Acesso em 8 de janeiro de 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (2015). **PRODIST MODULO 8.** Disponível em < http://www.aneel.gov.br/visualizar_texto.cfm?idtxt=1877 >. Acesso em 8 de janeiro de 2016.

CENTRAIS DE SANTA CATARINA (2014). **Manual de Procedimentos I-432.0004 Requisitos para a Conexão de Micro e Minigeradores de Energia ao Sistema Elétrico da CELESC Distribuição.** Disponível em < <http://novoportal.CELESC.com.br/portal/images/arquivos/normas/I4320004.pdf> >. Acesso em 6 de janeiro de 2016.

CREDER, Hélio. (2002). Livro **Instalações Elétricas**. 14. ed. Editora LTC, Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. Rio de Janeiro, 2002.

DAHLE, David. (2015). **A brief history of meter companies and meter evolution. Dave's old Watthour Meter webpage 2009.** Disponível em < <http://www.watthourmeters.com/> >. Acesso em: 29 de novembro de 2015.

Ecoa Energias Renováveis (2016). **Proposta Técnica de 5 de fevereiro de 2016.**

Empresa de Pesquisa Energética, (2015). **Balanco Energético.** Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/BENRelatorioFinal.aspx?anoColeta=2014&anoFimColeta=2013>>. Acesso em: 15 de novembro de 2015.

FALCÃO, Djalma M. (2009). Smart Grids e Microredes: O Futuro já é Presente. **SIMPÓSIO DE AUTOMAÇÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS**, v. 8, 2009. Disponível em <<http://www.zonaeletrica.com.br/downloads/ctee/simpase2009/documentos/IT%2044%20-%20Smart%20Grids%20e%20Microredes%20O%20Futuro%20já%20é%20Presente.pdf>>. Acesso em 1 de fevereiro de 2016.

FUGITA, Sergio (2014). **Smart Metter Integrado a Analisador de Qualidade de Energia para Propósito de Indetificação de Cargas Residenciais.** Tese de Doutorado em Ciências da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. EESC/USP. 126p. Acesso em 11 janeiro de 2016.

GAGO, João Pedro (2013). **Projeto, Acompanhamento e Execução de Instalações de Energia Renováveis.** Relatório de Estágio para obtenção do grau de mestre em instalações e equipamentos em edifícios, Instituto Politécnico de Coimbra.

GASTALDELLO, Danilo; SOUZA, André; COSTA, Pedro; OLIVEIRA, Renato; ZAGO, Maria; PAPA, João; Paulo,. (2010). **ALGORITMOS PARA ESTIMAR CURVAS DE CARGAS A PARTIR DE PADRÕES DE HÁBITOS DE CONSUMO.** 9º Brazilian Conference on Dynamics Control and Their Applications.

GOLDEMBERG, José, LUCON Oswaldo (2007). **Energia e Meio Ambiente no Brasil.** Artigos da Revista Análise Energia 2011. Disponível em: <<http://energiapga.blogspot.com.br/2011/08/goldemberg-lucon-2007-energia-e-meio.html>>. Acesso em 20 janeiro de 2016.

KUP, Mariana (2015). **Estudo de Medição Inteligente para Consumidores Residencial no Brasil.** Projeto de Graduação do curso de engenharia elétrica da escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro. P25.

LAMIN, Hugo (2009). **Medição Eletrônica em Baixa Tensão: Aspectos Regulatórios e Recomendações para Implantação**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica, Publicação PPGENE. DM-381/09, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 184p. Acesso em 5 novembro 2015.

LAMIN, Hugo (2013). **Análise de Impacto Regulatório da Implantação de Redes Inteligentes no Brasil**. Tese de Doutorado em Engenharia Elétrica, Publicação PPGENE.TD-076/13, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 300p.

LOPEZ, Ricardo Albadó (2012). **Energia Solar para Produção de Eletricidade**. São Paulo: Artiber Editora, 2012.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (2011). **Plano Nacional de Eficiência Energética, Premissas e Diretrizes Básicas**. Ministério das Minas e Energias, Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético, Departamento de Desenvolvimento Energético. Disponível em < http://www.orcamentofederal.gov.br/projeto-esplanada-sustentavel/pasta-para-arquivar-dados-do-pes/Plano_Nacional_de_Eficiencia_Energetica.pdf >. Acesso em 12 de novembro de 2015.

Pinho e Galdino (2014). **Manual Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Grupo de Trabalho de Energia Solar – GTES. Disponível em < http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf >. Acesso em 15 de dezembro de 2015.

PROCEL, (2009). **PROCEL Indústria Edição Seriada, 7, Energia Elétrica: Conceito, Qualidade e Tarifação. Guia Básico**. Disponível em < http://arquivos.portaldaindustria.com.br/app/conteudo_18/2014/04/22/6281/Energiaeltrica-qualidade.pdf >. Acesso em 15 de dezembro de 2015.

Programa SunData, (2014). **Potencial Solar – SunData**. Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito. Disponível em < <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata&> >. Acesso em 10 de dezembro de 2015.

ProGD, Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica (2015). **Ações de Estímulo à Geração Distribuída, com Base em Fontes Renováveis.** Disponível em < <http://www.mme.gov.br/documents/10584/3013891/15.12.2015+Apresenta%C3%A7%C3%A3o+ProGD/bee12bc8-e635-42f2-b66c-fa5cb507fd06?version=1.0> >. Acesso em 8 de janeiro de 2016.

SIMULADOR SOLAR, (2016). **Simulador de Custo do Sistema de Energia Solar Voltaica.** Disponível em < <http://www.portalsolar.com.br/calculo-solar> >. Acesso em 8 janeiro de 2016.

TOLEDO, FÁBIO (2012). **Desvendando as Redes Elétricas Inteligentes - Smart Grid.** Handbook. 1.ed. Editora Brasport. Rio de Janeiro, 2012.

TR Soluções WEB, (2016). **Tarifa Branca.** Disponível em < <http://www.tarifabranca.com.br> >. Acesso em 8 janeiro de 2016.

WEG (2016). **Medidores Inteligentes de Energia.** Disponível em < <http://www.weg.net/br/Produtos-e-Servicos/Controls/Medidores-Inteligentes-de-Energia/Linha-SMW> >. Acesso em 6 de janeiro de 2016.

WERANGA K. S. K. KUMURAWADU Sisil, CHANDIMA, D. P. (2014). Livro: **Smart Metering Design and Applications.** Springer Briefs in Applied Sciences and Technology, DOI: 10.1007/978-981-4451-82-6, The Author(s) 2014.

ANEXO

ANEXO A – Formulário de Solicitação de Acesso.



Celesc
Distribuição S.A. CÓDIGO: 1432.0004

FL.

7.3 Requerimento para Solicitação de Acesso de Sistemas de Microgeração Fotovoltaica e Eólica

À

Celesc Distribuição S.A.

Ag. Regional de _____

Divisão Comercial

Prezado Senhor,

Vimos formalizar a Solicitação de Acesso ao Sistema Elétrico da Celesc Distribuição, na modalidade microgerador de energia elétrica, participante do Sistema de Compensação de Energia Elétrica, termos da Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012, de 17 de abril de 2012, conforme dados apresentados abaixo.

1. Dados Gerais

UC			
Titular da UC			
CPF/CNPJ			
Representante Legal (Caso o titular seja PJ)			
CPF do Representante Legal			
Demais UCs participantes do sistema de Compensação de Energia Elétrica*			
Telefone		Email	
Endereço			
Município			
CEP			
Fonte	<input type="checkbox"/> Eólico	<input type="checkbox"/> Solar	Potência instalada do sistema de geração (kW)

*Todas as UCs devem possuir mesma titularidade.