



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

YURI MAIA BARROSO

**ANÁLISE DA MIGRAÇÃO DE UM CONSUMIDOR DA MODALIDADE TARIFÁRIA
CONVENCIONAL DE ENERGIA PARA MODALIDADE TARIFÁRIA BRANCA E A
INSERÇÃO NO SISTEMA DE COMPENSAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA
ATRAVÉS DE UMA PLANTA FOTOVOLTAICA**

FORTALEZA

2019

YURI MAIA BARROSO

ANÁLISE DA MIGRAÇÃO DE UM CONSUMIDOR DA MODALIDADE TARIFÁRIA
CONVENCIONAL DE ENERGIA PARA MODALIDADE TARIFÁRIA BRANCA E A
INSERÇÃO NO SISTEMA DE COMPENSAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ATRAVÉS
DE UMA PLANTA FOTOVOLTAICA

Trabalho Final de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Ph.D. Fernando Luiz Marcelo Antunes

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

B285a Barroso, Yuri Maia.

Análise da migração de um consumidor da Modalidade Tarifária Convencional para Modalidade Tarifária Branca e a inserção no sistema de Compensação de Energia Elétrica através de uma planta Fotovoltaica / Yuri Maia Barroso. – 2019.

44 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Elétrica, Fortaleza, 2019.

Orientação: Prof. Dr. Fernando Luiz Marcelo Antunes.

1. Tarifa Convencional. 2. Tarifa Branca. 3. Sistema Solar Fotovoltaico. I. Título.

CDD 621.3

YURI MAIA BARROSO

ANÁLISE DA MIGRAÇÃO DE UM CONSUMIDOR DA MODALIDADE TARIFÁRIA
CONVENCIONAL DE ENERGIA PARA MODALIDADE TARIFÁRIA BRANCA E A
INSERÇÃO NO SISTEMA DE COMPENSAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ATRAVÉS
DE UMA PLANTA FOTOVOLTAICA

Trabalho Final de Curso apresentado ao
Departamento de Engenharia Elétrica da
Universidade Federal do Ceará, como requisito
parcial à obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Elétrica.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Ph.D. Fernando Luiz Marcelo Antunes (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Eng. Kevin Rabelo Costa

Eng. Bruno Dantas Gomes

A Deus.

Aos meus pais, José Carlos e Maria Niura.

Ao meu irmão, Isaac Maia.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela força e perseverança para conclusão do meu curso.

Agradeço à minha mãe Maria Niura de Paula Maia pelo amor incondicional, ao meu irmão Isaac Maia por toda força e ao meu segundo pai José Joel, que sempre se fez presente em minha vida.

Ao Prof. Dr. Fernando Luiz Marcelo Antunes, por aceitar a tarefa de orientação e pelo apoio prestado na realização deste trabalho.

Aos engenheiros Kevin Rabelo Costa e Bruno Dantas Gomes, por aceitarem participar da banca examinadora deste trabalho.

Ao professor Elineudo Pinho, do Departamento de Engenharia Metalúrgica, pelo apoio e amizade.

Agradeço a todos os colegas que participaram da minha vida acadêmica, por toda contribuição.

Agradeço a todos os professores do Departamento de Engenharia Elétrica, ao pessoal do coordenação, da limpeza e demais colaboradores da Instituição.

“Ninguém ignora tudo. Ninguém sabe tudo
Todos nós sabemos alguma coisa.
Todos nós ignoramos alguma coisa.
Por isso aprendemos sempre.”

(Paulo Freire)

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo realizar o estudo e analisar a possibilidade de migração de um consumidor do grupo B, residencial, que é tarifado pela tarifa convencional para a tarifa branca. A tarifa convencional é do tipo monômnia, considerando apenas o consumo sem a diferenciação horária, enquanto que na tarifa branca o valor do kWh varia de acordo com os postos tarifários, sendo mais caro no posto tarifário de ponta que é o período em que a rede elétrica da concessionária está mais sobrecarregada. Para esse estudo foi feita a análise do perfil de consumo do consumidor de acordo com os horários de utilização dos equipamentos para que fossem fornecidos os consumos de acordo com os postos tarifários, para isso foi utilizado o simulador da tarifa branca da ENEL SP, porém os cálculos serão realizados com os valores de tarifa da ENEL CE. Também foi realizado um estudo para avaliar a geração de energia elétrica através de um sistema solar fotovoltaico conectado à rede da Concessionária para o consumidor. Os dados do recurso solar para a cidade de Fortaleza no Estado do Ceará foram obtidos no site do Laboratório de Modelagem e Estudos de Recursos Renováveis de Energia (LABREN) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). De acordo com o estudo da migração da tarifa convencional para a tarifa branca e através da análise do perfil de consumo nota-se que não é viável essa migração, por não haver equipamento que possa ter seu consumo deslocado, uma vez que a residência permanece a maior parte do dia fechada.

Palavras-chave: Tarifa Convencional. Tarifa Branca. Sistema Solar Fotovoltaico.

ABSTRACT

This work has the purpose of accomplish study and analyze the possibilitie of migration of a group B consumer, that is charged by conventional fare to white fare. The conventional fare consider just the consume without differentiation of time, while in white fare the kWh value varies in accord with the period of use, that is more expensive in the rush hour, the period that electrical grid is over used. For this study was made an analyze of consumption profile for the consumer in accord with utilization period of equipments, to be provided the consumption in each period, for this was used the white tariff simulator of ENEL SP, however the calculations will be doing using fare values of ENEL CE. Also, was realized a study to evaluate the electrical energy generation through a photovoltaic solar system conected to a grid. The solar resource data for Fortaleza in Ceara state was obtained at website of Laboratório de Modelagem e Estudos de Recursos Renováveis de Energia (LABREN) of Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). In accord with the study of migration from conventional fare to white fare and through profile analyze of consumption, notice that this migration is not viable, because does not have any equipment that can have consumption's time changed, due the house is closed most of the day.

Keywords: Conventional Tariff. White Tariff. Photovoltaic Solar System.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura institucional do setor elétrico.....	18
Figura 2 – Comparativo entre tarifa branca e convencional.....	25
Figura 3 – Postos tarifários da Tarifa Branca.....	25
Figura 4 – Divisão das tarifas para a modalidade branca.....	26
Figura 5 – Dados do consumo utilizando o simulador da ENEL SP.....	31
Figura 6 – Tarifas para a tarifa branca.....	33
Figura 7 – Dados de Irradiação para o estado do Ceará.....	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Feriados Nacionais.....	24
Tabela 2 – Dados da Unidade Consumidora.....	29
Tabela 3 – Período de funcionamento dos equipamentos.....	30
Tabela 4 – Comparativo entre valores da fatura nas modalidades convencional e branca.....	33
Tabela 5 – Dados de latitude e longitude da unidade consumidora.....	35
Tabela 6 – Irradiação Global no Plano Inclinado para o estado do Ceará.....	36
Tabela 7 – Consumo de energia elétrica do consumidor.....	37
Tabela 8 – Cálculo da energia gerada num sistema com 10 módulos.....	38
Tabela 9 – Consumo e geração no ano para o sistema com 10 módulos.....	39
Tabela 10 – Cálculo da energia gerada num sistema com 9 módulos.....	40
Tabela 11 – Consumo e geração no ano para o sistema com 9 módulos.....	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EPE	Empresa de Pesquisa Energética
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
MME	Ministério de Minas e Energia
ACR	Ambiente de Contratação Regulada
CDE	Conta de Desenvolvimento Energético
GD	Geração Distribuída
FV	Fotovoltaica
TB	Tarifa Branca
CMSE	Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico
ONS	Operador Nacional do Sistema
CCEE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
ACL	Ambiente de Contratação Livre
CNPE	Conselho Nacional de Políticas Energéticas
PIE	Produtores Independentes de Energia
PIS	Programa de Integração Social
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços
COFINS	Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
TE	Tarifa de Energia
TUSD	Tarifa do Uso do Sistema de Distribuição

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	MODELO INSTITUCIONAL DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO	17
3	ESTRUTURA TARIFÁRIA BRASILEIRA.....	19
3.1	Consumidor.....	20
3.2	Bandeiras tarifárias	21
3.3	Modalidades tarifárias	22
4	TARIFA BRANCA.....	23
4.1	Sistema de medição.....	28
5	ESTUDO DE CASO.....	29
5.1	Estudo do efeito da migração de um consumidor na modalidade convencional para a modalidade tarifária branca.....	29
5.2	Análise do efeito do sistema de compensação de energia na conta de energia de um consumidor residencial.....	34
6	CONCLUSÃO.....	43
	REFERÊNCIAS.....	44

1 INTRODUÇÃO

O Serviço de Energia Elétrica é essencial no dia a dia da sociedade, indispensável ao desenvolvimento socioeconômico das nações. No Brasil, a principal fonte de geração de energia é a hidrelétrica que responde por 62% da capacidade instalada em operação no país (ANEEL, 2016a).

O Brasil possui uma matriz elétrica de origem predominantemente renovável e com uma geração hidráulica correspondendo a 66,6% da oferta interna, de acordo com o Balanço Energético Nacional de 2019, tomando como base os dados do ano de 2018, fornecido pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Com a crise hídrica dos últimos anos, buscou-se uma forma de diversificar a matriz energética brasileira. Uma das soluções consiste em se investir em outras fontes renováveis de energia tais como solar, eólica.

As geradoras produzem energia, as transmissoras a transportam do ponto de geração até os centros consumidores de onde as distribuidoras a levam à residência dos consumidores. O sistema elétrico brasileiro permite o intercâmbio da energia em todas as regiões, com exceção dos sistemas isolados, localizados principalmente na Região Norte.

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) é o órgão regulador do setor elétrico, criada em dezembro 1996, autarquia em regime especial vinculada ao Ministério de Minas e Energia (MME) com a missão de “proporcionar condições favoráveis para que o mercado de energia elétrica se desenvolva com equilíbrio entre os agentes e em benefício da sociedade”.

A ANEEL normatiza as políticas e diretrizes estabelecidas pelo Governo Federal para o setor elétrico, fiscaliza a prestação do fornecimento de energia elétrica à sociedade faz a mediação de conflitos entre os agentes do setor, como também, define as tarifas de energia de acordo com o que está estabelecido em lei e nos contratos de concessão assinados com as empresas.

Durante o cenário hidrológico desfavorável do ano de 2013, que impactou o custo de compra de energias das concessionárias de distribuição, foram publicados, visando garantir a modicidade tarifária, os Decretos 7.945/2013, 8020/2013 e 8.221/2014 que permitiram o repasse adicional de recursos da Conta de Desenvolvimento Energético (CDE) às distribuidoras para cobertura de parcela de custos decorrentes do despacho de usinas termoeletricas e da exposição involuntária no mercado de curto prazo. O Decreto nº 8.221/2014 criou a conta no Ambiente de Contratação Regulada - ACR com a finalidade de cobrir, parcial ou totalmente, as despesas incorridas pelas concessionárias de distribuição no

período de fevereiro a dezembro de 2014. Os recursos da Conta - ACR foram viabilizados por meio de contratação de operações de crédito com os Bancos Financiadores, amortizadas no prazo de 54 meses a partir de novembro de 2015 (ANEEL, 2016a).

Em razão da dependência da geração de energia elétrica às condições climáticas, no ano de 2015, entrou em vigor o Sistema de Bandeiras Tarifárias, que sinaliza aos consumidores os custos reais da geração da mesma. O funcionamento é simples: as cores das Bandeiras (verde, amarela ou vermelha) indicam se a energia custará mais ou menos em função das condições de geração de eletricidade. Com as Bandeiras, a conta de luz fica mais transparente e o consumidor tem a melhor informação para usar a energia elétrica de forma mais consciente (ANEEL, 2015b).

A Geração Distribuída (GD) no Brasil tornou-se mais flexível após a publicação da Resolução Normativa (RN) N°482, de 17 abril de 2012, sendo modificada em partes pela (RN) N°687, de 24 de novembro de 2015. Ela apresenta-se como uma solução viável e atrativa, gerando benefícios tanto para os consumidores quanto às concessionárias e é caracterizada como uma geração de menor potência, localizada próxima à carga que independe da tecnologia de geração e proporcionará ao consumidor de energia elétrica uma maior autonomia. Entre os benefícios apontados estão a liberdade de gerenciamento da conta de energia, o qual pode resultar em economia através do sistema de compensação de créditos na tarifa, além da possibilidade de vender energia no mercado de energia (CGEE, 2012).

Dentro das modalidades de GD será dado um maior enfoque na energia solar fotovoltaica (FV), que é um dos temas que será desenvolvido neste trabalho, devido ao aproveitamento do recurso solar, facilidade de instalação, manutenção. Ela é definida como sendo uma fonte de energia renovável obtida pela conversão de energia solar em energia elétrica, realizada através de células fotovoltaicas. Esta produção pode servir para suprir a demanda imediata de energia, de tal forma que, o que for produzido a mais de energia elétrica pelo consumidor deve ser injetado na rede e usado em até 60 meses, conhecido como sistema de compensação de crédito. Os sistemas FV podem ser conectados à rede elétrica (*on-grid*) ou armazenados em um sistemas de baterias (*off-grid*).

O sistema de tarifação é realizado de maneira diferente para os consumidores do grupo B (baixa tensão) e grupo A (média e alta tensão). Os consumidores do grupo B são faturados por uma tarifa que independe das horas do dia ou período do ano, em função disso, são os maiores responsáveis pelos custos de expansão dos sistemas de distribuição. Com o intuito de incentivar o uso mais racional de energia elétrica pelos consumidores do grupo B

foi discutida a criação de uma nova modalidade tarifária, denominada Tarifa Branca (TB). Esta modalidade será abordada com mais detalhes no capítulo 4.

A partir de 1º de janeiro de 2018, os consumidores tiveram a oportunidade de optar pela adesão à Tarifa Branca, com exceção do tipo iluminação pública e subclasse baixa renda da classe residencial. Para aderir a nova tarifa é necessário que o consumidor conheça seu perfil consumo no decorrer do dia e faça uma análise antes de optar. A TB apresenta três distintas tarifações por horários de consumo, uma com o custo menor nos horários em que o sistema é menos demandado, outra mais cara para o horário de maior pico de consumo e um terceiro valor para os horários intermediários (ANEEL, 2015c).

Busca-se com este trabalho desenvolver um estudo de caso em duas etapas, aplicado a um consumidor do grupo B, subgrupo B1, tarifado pela modalidade convencional de energia elétrica, definido pela Resolução Normativa nº 464 e Norma Técnica nº 311 de 22 de novembro de 2011. A primeira etapa tem por objetivo analisar a possibilidade de adesão do consumidor em estudo para Tarifa Branca. Será realizado um estudo do consumo diário do referido consumidor, para se ter um perfil dos horários em que os custos com a energia elétrica é maior, e com isso fazer a análise financeira e um comparativo entre a Tarifa Convencional e Tarifa Branca e determinar se para o referido consumidor compensará a adesão a esta Tarifa.

A segunda, tem por objetivo realizar um estudo sobre a inserção desta unidade consumidora no sistema de compensação de energia, caso ela gere sua própria energia através de um sistema fotovoltaico.

O presente trabalho divide-se em seis capítulos, incluindo este introdutório, que fornece uma visão geral do que será abordado. O segundo capítulo apresenta o modelo institucional do setor elétrico brasileiro, mostrando a organização do setor. O terceiro capítulo contempla a estrutura tarifária brasileira, sendo dividido em três tópicos: o primeiro discorre sobre os tipos de consumidores, o segundo sobre o sistema de bandeiras tarifárias e o terceiro sobre as modalidades tarifárias. O quarto capítulo aborda com maior nível de detalhamento acerca da tarifa branca, mostrando algumas normas, definições. O quinto capítulo é destinado especificamente ao tema central do trabalho onde se desenvolve o estudo do caso. O sexto capítulo conclui-se o trabalho e discute-se o resultado encontrado.

2 MODELO INSTITUCIONAL DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO

Em 2004, o governo federal lançou as bases de um novo modelo institucional, um novo marco regulatório para o setor elétrico brasileiro sustentado pelas Leis n.º 10.847 e 10.848, de 15 de março de 2004 (ANEEL, 2008).

O novo modelo definiu a criação de uma entidade responsável por estudos relacionados ao planejamento energético, a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), um órgão com a função de avaliar permanentemente a segurança do suprimento de energia elétrica, o Comitê de Monitoramento do Setor elétrico (CMSE) e uma instituição para celebrar os contratos de comercialização de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional, Câmara de Comercialização de Energia elétrica (CCEE).

A atuação da Aneel, agência reguladora independente foi priorizada nos seus diversos papéis, em especial os de regulação, de fiscalização e do estabelecimento das tarifas, de forma a preservar o equilíbrio econômico-financeiro dos agentes e proteger os consumidores quanto aos custos da energia fornecida e também preservou o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), responsável por coordenar e supervisionar a operação centralizada do sistema interligado brasileiro.

Além disso, o novo modelo instituiu dois ambientes para a celebração de contratos de compra e venda de energia: o Ambiente de Contratação Regular (ACR), exclusivo para geradoras e distribuidoras, e o Ambiente de Contratação Livre (ACL), do qual participam geradoras, comercializadoras, importadores, exportadores e consumidores livres.

Do Ambiente de Contratação Regulada (ACR) participam, na parte compradora, apenas as distribuidoras, para as quais essa passou a ser a única forma de contratar grande volume de suprimento para o longo prazo. As vendedoras da energia elétrica são as geradoras.

No Ambiente de Contratação Livre (ACL), vendedores e compradores negociam entre si as cláusulas dos contratos, como preço, prazo e condição de entrega. Da parte vendedora participam as geradoras enquadradas com produtores independente de energia (PIE). A parte compradora é constituída por consumidores com demanda superior a 0,5 MW (megawatt) que adquirem a energia elétrica para uso próprio.

Destaca-se a importância do Conselho Nacional de Políticas Energéticas (CNPE), Conselho Interministerial Consultivo da Presidência da República, que tem como principais atribuições a definição de diretrizes e a aprovação das políticas energéticas formuladas pelo Ministério de Minas e Energia.

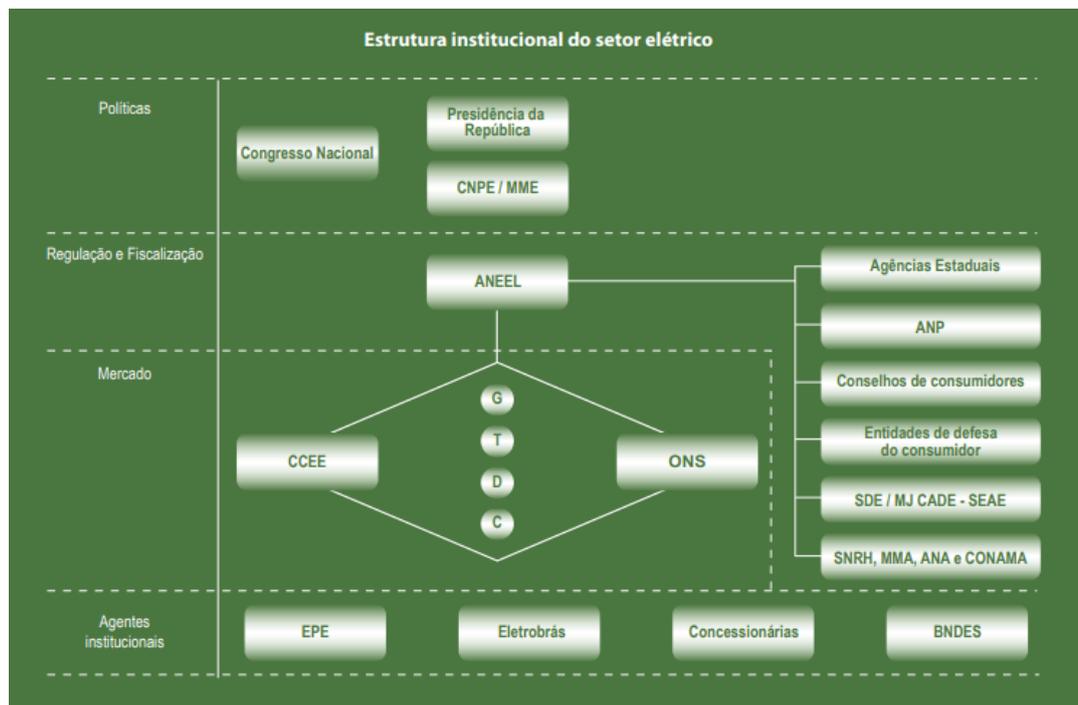
O novo modelo institucional estabelecido em 2004 tinha como objetivos a segurança do suprimento energético, modicidade tarifária e universalização do atendimento.

Para atingir o primeiro objetivo, a segurança energética, foi fundamental a retomada das competências do Estado na elaboração das atividades de planejamento do setor energético.

Para atingir o segundo objetivo, a modicidade das tarifas, decidiu-se estimular a competição entre os agentes pela construção das usinas geradoras e dos sistemas de transmissão, por meio de leilão pelo menor preço, mais eficientes e econômicos.

Com relação ao terceiro objetivo, universalização do atendimento, o Programa Luz para Todos, concluiu o atendimento, com energia elétrica, no ano de 2013.

Figura 1 – Estrutura institucional do setor elétrico



Fonte: Atlas de Energia Elétrica do Brasil, ANEEL.

3 ESTRUTURA TARIFÁRIA BRASILEIRA

Antes da vigência da Lei nº 8.631/1993 que extinguiu o regime de equalização da tarifas de energia elétrica nos Estados brasileiros a tarifa de energia era única em todo o país (ANEEL, 2016a).

As concessionárias tinham direito a uma remuneração garantida porque vigorava o regime de regulação pelo custo de serviço.

A lei de Concessão (Lei nº 8.987/95), por sua vez, determinou que a tarifa fosse fixada por concessionária (tarifa pelo preço e não mais pelo custo de serviço) dando início à regulação, mediante a qual as distribuidoras são incentivadas a se tornarem mais eficientes (ANEEL, 2016a).

As revisões tarifárias e reajustes tarifários passaram a considerar as características de cada área de concessão. Além da tarifa, os impostos e taxas de iluminação pública também são diferentes em todos os estados e municípios.

A tarifa deve garantir o fornecimento de energia com qualidade e assegurar aos prestadores dos serviços receitas suficientes para cobrir custos operacionais eficientes e remunerar investimentos necessários para expandir a capacidade e garantir o atendimento. Os custos e investimentos repassados às tarifas são calculados pelo órgão regulador e podem ser maiores ou menores do que os custos praticados pelas empresas.

As tarifas consideram três custos distintos: energia gerada + transporte de energia até a as unidades consumidoras + encargos setoriais.

Além da tarifa, os Governos Federal, Estadual e Municipal cobram na conta de luz o PIS/COFINS, o ICMS e a Contribuição para Iluminação Pública.

O valor da tarifa e os mecanismos para sua atualização estão definidos nos contratos assinados entre as distribuidoras e a União. Os contratos preveem três mecanismos para atualização tarifária, que são o reajuste anual, a revisão tarifária e a revisão tarifária extraordinária. A correção das tarifas é essencial para manter o equilíbrio econômico-financeiro da concessão, a fim de assegurar a qualidade e continuidade do fornecimento de energia elétrica à sociedade.

3.1 Consumidor

Segundo a Resolução Normativa nº 414/2010, atualizada pela Resolução Normativa nº 418/2010 da ANEEL define consumidor de energia elétrica como:

Consumidor de energia elétrica pessoa física ou jurídica de direito público ou privado, legalmente representada que solicite o fornecimento, a contratação de energia ou uso do sistema elétrico à distribuidora, assumindo as obrigações decorrentes deste atendimento às suas unidades consumidoras, segundo dispostos nas norma e nos contratos. (Resolução Normativa nº 414 de 2010, Aneel).

Os consumidores podem ser definidos como consumidor cativo e consumidor livre. O consumidor livre compra energia diretamente dos geradores ou comercializadores, através de contratos bilaterais com condições livremente negociadas, como preço, prazo, volume etc. Eles também podem ser definidos de acordo com o artigo 15º da lei 9.074 como “os consumidores com carga igual ou superior a 3.000 kW, atendidos em tensão igual ou superior a 69 kV, poderão optar pela compra de energia elétrica a qualquer concessionário, permissionário ou autorizado de energia elétrica do mesmo sistema interligado” (THOMAZ, 2017). Os consumidores cativos são aqueles que compram energia das concessionárias de distribuição às quais estão ligadas e por isso não participam do mercado livre e são atendidos sob condições reguladas (ANEEL).

Para efeito de aplicação das tarifas de energia elétrica, os consumidores são identificados por classes e subclasse de consumo: residencial, industrial, comercial e serviços, rural, poder público, iluminação pública, serviço público e consumo próprio.

Alta tensão

- A1 – tensão de fornecimento igual ou superior a 230 kV;
- A2 – tensão de fornecimento de 88kV a 138 kV;
- A3 – tensão de fornecimento de 69 kV;
- A3a – tensão de fornecimento de 30 kV a 44 kV;
- A4 - tensão de fornecimento de 2,3 kV a 25 kV;
- AS - tensão de fornecimento inferior a 2,3 kV atendida a partir de sistema

subterrâneo de distribuição e faturada no Grupo A excepcionalmente.

Baixa tensão;

- B1 – residencial e residencial de baixa renda;
- B2 – rural, cooperativa de eletricidade rural e serviço público de irrigação;
- B3 – demais classes;

- B4 – iluminação pública.

3.2 Bandeiras tarifárias

A partir de 2015, as contas de energia passaram a utilizar o Sistemas de Bandeiras Tarifárias, que indicam se a energia custa mais ou menos, em função das condições de geração de eletricidade. Nesse sentido, o Decreto nº 8.401/2015, criou a Conta Centralizadora dos Recursos de Bandeiras Tarifárias - Conta Bandeiras, sob a Gestão da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), destinados à cobertura das variações dos custos de geração por fonte termelétrica e da exposição ao mercado de curto prazo.

O sistema de Bandeiras Tarifárias, que acrescentará ou não um pequeno valor na conta de energia do consumidor em função das condições de geração de energia, tem como objetivo sinalizar aos consumidores os custos reais da geração de energia elétrica. As bandeiras (verde, amarela e vermelha) faz uma alusão às cores do semáforo. Abaixo será mostrado as bandeiras e suas definições, retiradas do site da ANEEL.

- Bandeira verde: condições favoráveis de geração de energia. A tarifa não sofre nenhum acréscimo;
- Bandeira amarela: condições de geração menos favoráveis. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,015 para cada quilowatt-hora (kWh) consumidos;
- Bandeira vermelha - Patamar 1: condições mais custosas de geração. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,040 para cada quilowatt-hora kWh consumido.
- Bandeira vermelha - Patamar 2: condições ainda mais custosas de geração. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,060 para cada quilowatt-hora kWh consumido.

As tarifas são definidas tendo como referência a bandeira verde. Se a situação for adversa, podem ser acionadas as bandeiras amarela e vermelha.

O sistema de bandeiras é aplicado em todos os estados do Brasil, exceto o de Roraima, que ainda não está no Sistema Interligado Nacional – SIN. Os valores dos acréscimos para cada kWh consumido já estão atualizados para o ano de 2019.

3.3 Modalidades tarifárias

As Modalidades Tarifárias são um conjunto de tarifas aplicáveis aos componentes de consumo de energia elétrica e demanda de potência ativa, considerando as seguintes modalidades:

Azul: aplicada às unidades consumidoras do grupo A, caracterizadas por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica e de demanda de potência, de acordo com as horas de utilização do dia. O enquadramento nessa modalidade aos consumidores dos sub grupos A1, A2 e A3 é obrigatória, sendo opcional para os consumidores dos sub grupos A3a, A4 e AS.

Verde: aplicada às unidades consumidoras do grupo A caracterizadas por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia, e de uma única tarifa de demanda de potência. Podem enquadrar-se nessa modalidade consumidores dos sub grupos A3a, A4 e AS.

Convencional Binômia: aplicada às unidades consumidoras do grupo A caracterizadas por tarifas de consumo de energia elétrica e demanda de potência, independentemente das horas de utilização do dia.

Convencional Monômia: aplicada às unidades consumidoras do Grupo B, caracterizadas por tarifas e consumo de energia elétrica, independentemente das horas de utilização do dia;

Branca: aplicada às unidades consumidoras do Grupo B, exceto para o subgrupo B4 e para a subclasse Baixa Renda do subgrupo B1, caracterizadas por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia.

4 TARIFA BRANCA

A modalidade tarifária branca foi regulamentada pela Resolução Normativa nº 733/2016 e houve algumas regras para que o consumidor pudesse aderir a essa tarifa. São elas: A partir de janeiro de 2018 puderam optar pela nova modalidade os consumidores nos quais a média anual de consumo mensal fosse superior a 500 kWh; a partir de janeiro 2019, os consumidores com média anual de consumo mensal superior a 250 kWh; e a partir de janeiro de 2020 poderão aderir qualquer consumidor do grupo B.

A regulamentação para a tarifa branca abre a opção para uma nova modalidade tarifária para os consumidores do grupo B, que até então, possuíam apenas a opção convencional. De forma geral, a tarifa branca difere da convencional em diferentes sinalizações tarifárias que variam de acordo com o horário da utilização da energia.

O intuito da criação desta modalidade tarifária é fazer com que o consumidor possa gerenciar o consumo de energia e procurar consumir em horários em que a rede de distribuição não esteja tão carregada, pois essa modalidade leva em consideração o horário em que a energia está sendo consumida.

Para o entendimento pleno dessa modalidade tarifária é necessário introduzir o conceito dos subgrupos existentes no grupo B, mencionados no tópico 3.1. Os subgrupos são agrupamentos de classificações de consumidores com a finalidade de aplicar variações nos preços das tarifas. Dessa forma, cada subgrupo do grupo B irá possuir uma tarifa específica e a sua correta classificação é de responsabilidade da distribuidora de energia no momento da ligação da unidade consumidora.

Segundo a resolução normativa nº 479/2012 (ANEEL) a tarifa branca é definida da seguinte forma:

Modalidade tarifária horária branca: aplicada às unidades consumidoras do grupo B, exceto para o subgrupo B4 e para as subclasses Baixa Renda do subgrupo B1, caracterizada por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia (Resolução Normativa nº 479/2012).

E possui as seguintes características:

- Uma tarifa para o consumo de energia para o posto tarifário ponta, que é definido como período composto por 3 (três) horas diárias consecutivas definidas pela distribuidora considerando a curva de carga de seu sistema elétrico, aprovado pela ANEEL para toda a área de concessão ou permissão, com exceção feita aos sábados, domingos, terça-feira de carnaval, sexta-feira da Paixão, Corpus Christi, e os seguintes feriados, como mostra a tabela abaixo:

Tabela 1 – Feriados Nacionais.

Dia e mês	Feriados nacionais	Leis federais
01 de janeiro	Confraternização Universal	662, de 06/04/1949
21 de abril	Tiradentes	662, de 06/04/1949
01 de maio	Dia do Trabalho	662, de 06/04/1949
07 de setembro	Independência	662, de 06/04/1949
12 de outubro	Nossa Senhora Aparecida	6.802, de 30/06/1980
02 de novembro	Finados	662, de 06/04/1949
15 de novembro	Proclamação da República	662, de 06/04/1949
25 de dezembro	Natal	662, de 06/04/1949

Fonte: Resolução Normativa 479/2012.

- Uma tarifa para o consumo de energia para o posto tarifário intermediário, que é definido como período de horas conjugado ao posto tarifário ponta, sendo uma hora imediatamente anterior e outra imediatamente posterior, aplicado para o Grupo B. São aplicadas as mesmas exceções de finais de semana e feriados nacionais do posto ponta;
- Uma tarifa para o consumo de energia para o posto tarifário fora de ponta, que é definido como período composto pelo conjunto das horas diárias consecutivas e complementares àquelas definidas nos postos ponta e intermediário.

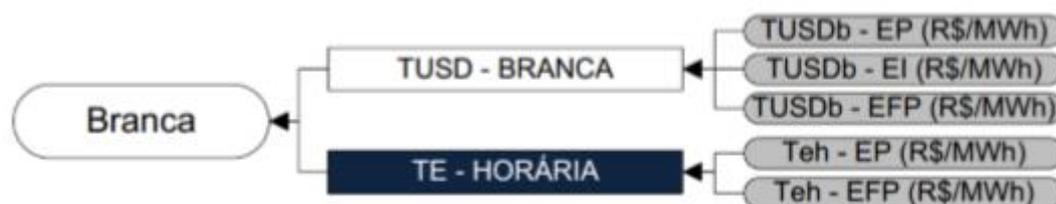
A regulamentação prevê que a adesão ao novo modelo tarifário será opcional. De forma geral, o modelo foi elaborado para que o preço do posto fora de ponta seja menor que o preço da tarifa convencional e os demais postos sejam maiores. Logo, o consumidor deverá avaliar se o seu perfil de consumo permite a retirada da carga onde a energia é mais cara (ponta e intermediária) e se está disposto a mudança de hábito de consumo com uma eventual perda de conforto. Caso a avaliação seja positiva a migração para a tarifa branca poderá reduzir o valor final da conta de energia.

A figura abaixo mostra uma comparação entre a tarifa branca e a convencional para um consumidor do grupo B.

Os horários que são englobados pelos postos tarifários são definidos pelas concessionárias de energia com aprovação da ANEEL. Na distribuidora ENEL CE, o horário de ponta é definido das 17h30 às 20h30, os horários intermediários das 16h30 às 17h30 e das 20h30 às 21h30 e o horário fora de ponta vai das 21h30 às 16h30.

A Nota Técnica nº 311 e a Resolução Normativa nº 464 definiu para consumidores do grupo B residenciais uma estrutura tarifária para a tarifa branca que leva em consideração os postos tarifários. O consumidor irá pagar a Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD) somada à Tarifa de Energia (TE), equivalente à cada posto tarifário. A TUSD é cobrada pelos serviços de disponibilização do meio físico, incorporados à ela estão os custos relativos ao transporte de energia, às perdas do sistema e alguns encargos para manutenção do sistema. A TE é referente ao consumo de energia elétrica cobrada aos consumidores, possuindo além do preço energia, custos relativos às perdas, encargos e transporte (LIMBERGER, 2014). A figura abaixo, retirado de (THOMAZ, 2017) ilustra a divisão das tarifas para a modalidade branca.

Figura 4 – Divisão das tarifas para a modalidade branca.



Fonte: (THOMAZ, 2017).

Em que:

- EP: Energia no período de Ponta (MWh);
- EI: Energia no período Intermediário (MWh);
- EFP: Energia no período Fora de Ponta (MWh).

Logo, o consumidor que aderir à modalidade branca será faturado da seguinte maneira: multiplicando-se o consumo mensal por posto tarifário pela soma de suas respectivas tarifas. Em seguida soma-se o consumo mensal por posto tarifário e multiplica pelo acréscimo, que é referido ao sistema de bandeiras tarifárias. Por fim, soma-se os valores obtidos por posto ao somatório do consumo mensal total que foi multiplicado pelo acréscimo. Abaixo serão apresentadas as equações para o cálculo do valor total da fatura de energia.

$$V_{B,P} = CM_P(TUSD_{B,P} + TE_{H,P}) \quad (1)$$

$$V_{B,I} = CM_I(TUSD_{B,I} + TE_{H,I}) \quad (2)$$

$$V_{B,FP} = CM_{FP}(TUSD_{B,FP} + TE_{H,FP}) \quad (3)$$

$$CM_T = CM_P + CM_I + CM_{FP} \quad (4)$$

$$VF_B = VF_{B,P} + VF_{B,I} + VF_{B,FP} + (CM_T * \text{acrécimo}) \quad (5)$$

Em que:

- $V_{B,P}$: Valor Modalidade Branca – Faixa horária Ponta (R\$);
- $V_{B,I}$: Valor Modalidade Branca – Faixa horária Intermediária (R\$);
- $V_{B,FP}$: Valor Modalidade Branca – Faixa horária Fora Ponta (R\$);
- V_{FB} : Valor Total da Fatura – Modalidade Branca (R\$);
- CM_P : Consumo medido no horário Ponta (kWh);
- CM_I : Consumo medido no horário Intermediário (kWh);
- CM_{FP} : Consumo medido no horário Fora Ponta (kWh);
- CM_T : Consumo total medido (kWh);
- $TUSD_{B,P}$: Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição – Branca – Faixa horária Ponta (R\$/kWh);
- $TUSD_{B,I}$: Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição – Branca – Faixa horária Intermediária (R\$/kWh);
- $TUSD_{B,FP}$: Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição – Branca – Faixa horária Fora Ponta (R\$/kWh);
- $TE_{H,I}$: Tarifa de Energia – Horária – Faixa horária Intermediária (R\$/kWh);
- $TE_{H,P}$: Tarifa de Energia – Horária – Faixa horária Ponta (R\$/kWh);
- $TE_{H,FP}$: Tarifa de Energia – Horária – Faixa horária Fora Ponta (R\$/kWh);
- Acrécimo: Acrécimo sobre o quilowatt-hora consumido – Bandeiras (R\$/kWh).

Todas as fórmulas e metodologia de cálculo foram retiradas do trabalho de (THOMAZ, 2017).

4.1 Sistema de Medição

Conforme Resolução Normativa nº 502/2012 da ANEEL, o sistema de medição das unidades consumidoras enquadradas na modalidade tarifária branca deve apurar o consumo de energia elétrica ativa em pelo menos 4 (quatro) postos tarifários, devendo ser programáveis o início e o fim de cada posto, observando a regulamentação técnica, metrológica específica.

Para faturar a unidade consumidora na modalidade branca a distribuidora deve utilizar sistema de medição com a funcionalidade de apuração do consumo de energia elétrica em postos tarifários aprovado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – Inmetro.

A ANEEL aprovou em sua 29ª Reunião Pública Ordinária, em 7 de Agosto de 2012, a resolução que regulamenta os requisitos básicos para o sistema de medição eletrônica de energia elétrica de unidades consumidoras do grupo B. A expectativa é de que a decisão da agência traga uma série de benefícios para os consumidores de energia com a possibilidade de atuarem como pequenos geradores de fontes alternativas de energia. Além destes, outros benefícios como: o consumo mais eficiente de energia; a possibilidade de atendimento remoto pela concessionária; o melhor monitoramento da rede pela distribuidora; a redução de perdas técnicas e não-técnicas.

O que motivou a criação dos medidores eletrônicos foi o fato de que os medidores eletromecânicos utilizados atualmente para faturar consumidores de tarifa convencional não possuem capacidade de faturamento em modalidades horárias, o que seria necessário para a tarifa branca, pois não conseguem fazer a distinção do consumo de acordo com os postos tarifários.

A proposta da ANEEL estabelece dois tipos de medidores eletrônicos. Um deles, a ser instalado sem ônus, será fornecido no caso de o usuário aderir à modalidade tarifária branca. O outro modelo, mais completo, oferecerá acesso as informações específicas individualizadas sobre o serviço prestado e a instalação poderá ser cobrada pela distribuidora. Em ambos os casos a instalação do medidor ocorrerá por solicitação do consumidor.

A proposta de regulamentação dos requisitos mínimos para os medidores eletrônicos foi debatida na Audiência Pública nº 43/2010 realizada em Brasília em 26 de janeiro de 2011.

5 ESTUDO DE CASO

Neste capítulo será abordado um caso dividido em duas etapas para análise de uma unidade consumidora que tem por finalidade reduzir o valor de sua conta de energia. Na primeira etapa será realizada uma comparação ente a modalidade convencional e a modalidade tarifária branca.

Na segunda etapa será apresentado o estudo da inserção deste mesmo consumidor no sistema de compensação de energia, tendo como base o período de novembro de 2018 a novembro de 2019.

5.1 Estudo do efeito da migração de um consumidor residencial na modalidade convencional para a modalidade tarifária branca

Para este estudo foi selecionada uma residência, na cidade de Fortaleza, com três moradores adultos, composta por dez cômodos (três quartos, sala, sala de estar, cozinha, banheiros e área de serviço).

Será utilizado como referência o mês de outubro de 2019, da unidade consumidora do grupo B1, com ligação monofásica. Os dados serão apresentados na tabela abaixo:

Tabela 2 – Dados da unidade consumidora

Unidade Consumidora	
Tipo de Ligação	Monofásica
Mês de Referência	Outubro/2019
Consumo (kWh)	387

Fonte: Próprio Autor

Após a inclusão dos dados da tabela 3 no simulador da ENEL SP, o consumo total é fornecido pelo simulador, foi de 387,28 kWh compatível com o consumo do mês de outubro de 2019 da unidade consumidora, por isso este mês foi considerado como referência para fins de comparação entre as modalidades tarifárias.

Tabela 3 – Período de funcionamento dos equipamentos.

Quantidade	Equipamento	Potência (W)	Período de uso na semana	Período de uso no final de semana
1	Televisão	150	21 às 22	21 às 22
3	Lâmpadas	9	21 às 22	21 às 22
1	Ventilador	65	21 às 6	21 às 6
2	Lâmpadas	9	13 às 15 18 às 22	18 às 22
1	Ventilador	65	13 às 15 18 às 22	-
1	Ar condicionado	1200	22 às 6	22 às 6
1	Notebook	80	18 às 20	-
1	Televisão	165	20 às 22	20 às 22
3	Lâmpadas	9	-	21 às 22
1	Televisão	225	13 às 16 19 às 21	19 às 21
1	Geladeira	200	Dia todo	Dia todo
1	Bomba d'água	368	9 às 9h20	-
1	Máquina de lavar	500	7 às 9h30	14 às 16h30
1	Liquidificador	300	7 às 7h05	7 às 7h05
1	Microondas	1200	7 às 7h05	7 às 7h05
4	Lâmpadas	9	18 às 22	-
1	Geladeira	130	Dia todo	Dia todo
3	Lâmpadas	9	19 às 22	19 às 22
1	Televisão	95	21 às 23	-
1	Ar condicionado	1200	22 às 6	-

Fonte: Próprio Autor

A tabela acima mostra os dados dos equipamentos presentes na moradia, com suas potências, dias de operação por mês e horário de funcionamento diário na semana e nos finais de semana e serão aplicados para o cálculo do consumo mensal através do simulador da ENEL SP.

No estudo realizado foi computado cinco dias para o período da semana e dois dias para o período do final de semana e um período de trinta dias para o cálculo do consumo. Houve alguns equipamentos que seu funcionamento não ocorreu durante todos os dias da semana, como é o caso da bomba d'água que funcionou durante apenas um dia, a máquina de lavar também durante um dia da semana e um ar condicionado foi utilizado dois dias na semana.

A figura abaixo mostra a simulação realizada no simulador disponível em <<https://www.eneldistribuicaoosp.com.br/simulador-tarifa-branca/Paginas/inicio.aspx>>, da ENEL SP após a inserção dos dados fornecidos da tabela apresentou o dado de consumo por aparelho e de acordo com os postos tarifários. O valor da tarifa utilizada nos cálculos será o da ENEL CE.

Figura 5 – Dados do consumo utilizando o simulador da ENEL SP. (continua).

Aparelho		Quantidade	Consumo	Horário 
TELEVISÃO (150W)		1	 3.6 kWh	 0 kWh  1.5 kWh  2.1 kWh
LÂMPADA BULBO LED (9W)		3	 0.65 kWh	 0 kWh  0.27 kWh  0.38 kWh
VENTILADOR (65W)		1	 6.24 kWh	 0 kWh  0.65 kWh  5.59 kWh
LÂMPADA BULBO LED (9W)		2	 2.45 kWh	 0.9 kWh  0.36 kWh  1.19 kWh
VENTILADOR (65W)		1	 7.8 kWh	 3.25 kWh  1.3 kWh  3.25 kWh
AR-CONDICIONADO (1200W)		1	 86.4 kWh	 0 kWh  0 kWh  86.4 kWh
NOTEBOOK (80W)		1	 3.2 kWh	 3.2 kWh  0 kWh  0 kWh

Figura 5 – Dados do consumo utilizando o simulador da ENEL SP. (conclusão)

TELEVISÃO (165W)		1	7.92 kWh	1.65 kWh 3.3 kWh 2.97 kWh
LÂMPADA BULBO LED (9W)		3	0.43 kWh	0 kWh 0 kWh 0.43 kWh
TELEVISÃO (225W)		1	24.3 kWh	6.75 kWh 2.25 kWh 15.3 kWh
GELADEIRA 2 PORTAS (200W)		1	124.4 kWh	12 kWh 8 kWh 104.4 kWh
BOMBA D'ÁGUA 1 CV (368W)		1	0.49 kWh	0 kWh 0 kWh 0.49 kWh
LAVADORA DE ROUPAS (500W)		1	10 kWh	0 kWh 0 kWh 10 kWh
LIQUIDIFICADOR (300W)		1	0.6 kWh	0 kWh 0 kWh 0.6 kWh
FORNO MICROONDAS (1200W)		1	2.4 kWh	0 kWh 0 kWh 2.4 kWh
LÂMPADA BULBO LED (9W)		4	2.88 kWh	1.8 kWh 0.72 kWh 0.36 kWh
GELADEIRA 1 PORTA (130W)		1	80.86 kWh	7.8 kWh 5.2 kWh 67.86 kWh
LÂMPADA BULBO LED (9W)		3	1.94 kWh	0.81 kWh 0.54 kWh 0.59 kWh
TELEVISÃO (95W)		1	1.52 kWh	0 kWh 0.38 kWh 1.14 kWh
AR-CONDICIONADO (1200W)		1	19.2 kWh	0 kWh 0 kWh 19.2 kWh
Total		30	387.28 kWh	38.16 kWh 24.47 kWh 324.65 kWh

Fonte: Próprio Autor

Na tabela abaixo serão mostradas as tarifas fixadas pela resolução n °2.530/2019 (ANEEL) para a tarifa branca na concessionária ENEL CE, de acordo com as classes de consumidores e bandeiras tarifárias.

Figura 6 – Tarifas para a tarifa branca.

TARIFA DE FORNECIMENTO - TARIFA BRANCA
Tarifas Grupo B homologadas pela ANEEL

HORO SAZONAL TARIFA BRANCA

SUB-GRUPO/NIVEL DE TENSÃO	VERDE				AMARELA				VERMELHA			
	kWh PT	kWh FPT	KWh - HINT	KWh - HR	kWh PT	kWh FPT	KWh - HIN	KWh - HR	kWh PT	kWh FPT	KWh - HIN	KWh - HR
B1 - RESIDENCIAL NORMAL	1,52999	0,61049	0,95877		1,55058	0,63109	0,97936	-	1,58491	0,66541	1,01369	-
SUB-GRUPO - OUTROS	kWh PT	kWh FPT	KWh - HINT	KWh - HR	kWh PT	kWh FPT	KWh - HIN	KWh - HR	kWh PT	kWh FPT	KWh - HIN	KWh - HR
B2 - R U R A L	0,83322	0,33547	0,52254	-	0,84824	0,35050	0,53756	-	0,87328	0,37554	0,56261	-
B2 - RURAL IRRIGANTE 8,5 horas	-	-	-	0,09058	-	-	-	0,09463	-	-	-	0,10140
B2 - SERV PUBLICOS IRRIGACAO	0,74551	0,30016	0,46853	-	0,76053	0,31519	0,48355	-	0,78558	0,34023	0,50859	-
B3 - AGUA, ESG. E SANEAMENTO	1,35836	0,53964	0,85089	-	1,37896	0,56023	0,87149	-	1,41329	0,59456	0,90581	-
B3 - DEMAIS CLASSES (Com, Ind e Poder Público)	1,54359	0,61322	0,96692	-	1,56419	0,63382	0,98752	-	1,59852	0,66814	1,02185	-

Fonte: ENEL CE.

Quadro comparativo de consumo entre tarifa convencional e tarifa branca, em que são considerados os tributos PIS/PASEP, COFINS e ICMS embutidos no valor da tarifa, porém não foi considerado a taxa de iluminação pública.

Tabela 4 – Comparativo entre valores da fatura na modalidade convencional e branca

	Consumo (kWh)	Tarifa (R\$)	Valor (R\$)	Percentual(%)
Tarifa Convencional	387,28	0,72702	281,56	-
Tarifa Branca	-	-	-	-
Ponta	38,16	1,58491	60,48	9,85
Intermediário	24,47	1,01369	24,80	6,32
Fora de Ponta	324,65	0,66541	216,02	83,82
Total de Tarifa Branca	-	-	301,30	-

Fonte: Próprio Autor.

A tarifa branca voltada aos consumidores de baixa tensão não tem o objetivo de reduzir o consumo de energia, mas sim promover uma mudança de hábitos, deslocando o consumo do período de maior carregamento para horários em que o sistema esteja subutilizado. Caso o consumidor realoque seu consumo para períodos de menor carregamento do sistema, com tarifas mais baratas, poderá reduzir o valor de sua conta de energia.

Conforme exposto na tabela 4 acima constatou-se que 83,82% do consumo do cliente foi no horário fora de ponta. Seguido de 6,32% no período intermediário e 9,85% no período de ponta. Na modalidade convencional o consumidor pagaria R\$ 281,56 (duzentos e oitenta e um reais e cinquenta e seis centavos) no valor mensal da fatura de energia, e se optasse pela tarifa branca pagaria R\$301,30 (trezentos e um reais e trinta centavos). Aduz que a unidade consumidora mantendo o mesmo hábito de consumo não tem vantagem aderir para modalidade da tarifa branca.

5.2 Análise do efeito do sistema de compensação de energia na conta de energia de um consumidor residencial

Para incentivar a geração própria, a Aneel criou em 2012 um sistema de compensação por meio do qual o consumidor fica com uma espécie de crédito a ser utilizado para diminuir a fatura em meses seguintes quando a energia gerada for superior à consumida. Falar sobre o sistema de compensação de energia, precisa-se do conceito de Geração Distribuída, que pode ser definida como uma fonte de energia elétrica conectada diretamente à rede de distribuição ou situada no próprio consumidor. Essa definição foi feita a partir do artigo 14º do Decreto Lei nº 5.163/2004, que foi atualizada pelo Decreto nº 786/2017. Também pode ser considerada como uma geração conectada próxima aos centros de consumo, em nível de baixa ou média tensão e que, portanto, dispensa a etapa da transmissão e a passagem por subestações (THOMAZ, 2017).

O sistema de compensação de energia elétrica foi instituído pela resolução normativa nº 482/2012 da ANEEL que foi atualizada pela 687/2015, no qual permite que a energia excedente gerada pela unidade consumidora com micro ou minigeração seja injetada na rede da distribuidora que funcionará como um sistema de bateria, armazenando esse excedente e gerando um crédito de energia para o consumidor.

A geração distribuída, em conformidade com a 687/2015, é definida como:

Microgeração, quando central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75 kW e que utilize cogeração qualificada, conforme

regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras. (Resolução Normativa nº 687/2015).

Minigeração, quando central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 3 MW para fontes hídricas ou menor ou igual a 5 MW para cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou para as demais fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras. (Resolução Normativa nº 687/2015).

É definido pela resolução nº 687/2015 que no faturamento da unidade consumidora integrante do sistema de compensação de energia elétrica será cobrado, no mínimo, o valor referente ao custo de disponibilidade para o consumidor do Grupo B, ainda que a energia injetada na rede seja superior ao consumo, ou da demanda contratada para o consumidor do Grupo A.

Nesta seção será feito um estudo a partir da aplicação do sistema de geração de energia solar fotovoltaica conectada à rede de distribuição da ENEL CE, a fim de gerar energia elétrica e injetar o excedente na rede elétrica da concessionária sempre que o seu consumo for menor que a energia gerada.

Para o estudo deste caso se faz necessário ter acesso aos seguintes dados:

1) Localização da unidade consumidora:

Com o uso da ferramenta Google Earth localizou-se a Unidade Consumidora nas imediações do bairro Edson Queiróz, na cidade de Fortaleza.

Tabela 5 – Dados de latitude e longitude da unidade consumidora.

Dados da Unidade Consumidora	
Latitude	3°47'07" S
Longitude	38°27'54" W

Fonte: Próprio Autor.

2) Irradiação Global no Plano Inclinado para o Estado do Ceará.

Em consulta ao site do LABREN, foi identificada a cidade de Fortaleza no mapa através do ID 57337 e com isso conseguiu-se os dados de irradiação solar durante o ano. Em seguida foi feita uma tabela apenas para colocar os dados da irradiação em kWh/m².dia para facilitar os cálculos, pois o consumo é fornecido em kWh.

Figura 7 – Dados de Irradiação para o Estado do Ceará.



(LABREN, 2017).

Tabela 6 – Irradiação Global no Plano Inclinado para o estado do Ceará.

Mês	I[kWh/m ² .dia]
Janeiro	5,65
Fevereiro	5,77
Março	5,64
Abril	5,00
Maio	5,41
Junho	5,45
Julho	5,61
Agosto	5,89
Setembro	5,99
Outubro	6,20
Novembro	6,23
Dezembro	5,90

Fonte: Próprio Autor

3) Dados do consumo de energia elétrica do consumidor em estudo.

A seguir será fornecido o histórico da conta de energia do consumidor do período de Novembro/2018 a Outubro/2019.

Tabela 7 – Consumo de energia elétrica do consumidor.

Mês de Referência	Consumo (kWh)
Novembro/2018	308
Dezembro/2018	445
Janeiro/2019	445
Fevereiro/2019	545
Março/2019	392
Abril/2019	302
Mai/2019	337
Junho/2019	359
Julho/2019	363
Agosto/2019	258
Setembro/2019	276
Outubro/2019	387
Consumo Anual	4417

Fonte: Próprio Autor

É definido pela Resolução nº 687/2015 que no faturamento da unidade consumidora integrante do sistema de compensação de energia elétrica será cobrado, no mínimo, o valor referente ao custo de disponibilidade para o consumidor do Grupo B, com fornecimento monofásico que corresponde 30 kWh de energia consumida em um mês, totalizando o valor de 360 kWh em um ano. Logo, o consumo total de energia elétrica da residência estudada desconsiderando a energia referente ao custo de disponibilidade é de 4057 kWh.

4) Cálculo da energia produzida.

Para este cálculo será considerado um módulo fotovoltaico de 265 W, a irradiação média diária anual no Ceará de 5,73 kWh/m² e eficiência do sistema de 80%:

$$\text{Energia produzida} = 0,265 * 5,73 * 0,80$$

$$\text{Energia produzida} = 1,214 \text{ kWh/dia}$$

Para calcular a energia produzida durante um mês por um módulo, multiplica-se o valor encontrado acima por trinta. Logo, temos:

$$\text{Energia produzida mês} = 1,214 * 30$$

$$\text{Energia produzida mês} = 36,44 \text{ kWh/mês}$$

Para o cálculo do número de módulos numa residência que tem como consumo médio mensal de 368,08 kWh, deduzindo a taxa de disponibilidade para sistema monofásico que é 30 kWh, resulta num consumo de 338,08 kWh.

1 módulo – 36,44 kW

x módulos – 338,08 kW

x = 9,27 módulos

Será realizado o cálculo da energia gerada considerando 10 módulos de 265 Wp cada. Logo, a potência instalada do sistema será de 2,65 kWp. O módulo utilizado será da Canadian Solar, modelo CS6K-265P.

O inversor que será utilizado deve possuir uma potência de no máximo 20% acima da potência do sistema, para que não fique superdimensionado ou no mínimo 20% a menos para que o sistema não fique subdimensionado. O inversor escolhido para esse estudo será o da Ecosolys, modelo ECOS300, com potência nominal de 3,0 kW.

Tabela 8 – Cálculo da energia gerada num sistema com 10 módulos.

Mês	Dias	Potência Instalada (kWp)	Radiação Solar (kWh/m ²)	Rendimento do Sistema	Energia Mensal Gerada (kWh)
Janeiro	31	2,65	5,65	0,8	371,32
Fevereiro	28	2,65	5,77	0,8	342,51
Março	31	2,65	5,64	0,8	370,66
Abril	30	2,65	5,00	0,8	318,00
Maio	31	2,65	5,41	0,8	355,54
Junho	30	2,65	5,45	0,8	346,62
Julho	31	2,65	5,61	0,8	368,69
Agosto	31	2,65	5,89	0,8	387,09
Setembro	30	2,65	5,99	0,8	380,96
Outubro	31	2,65	6,20	0,8	407,46
Novembro	30	2,65	6,23	0,8	396,23
Dezembro	31	2,65	5,90	0,8	387,25
Total					4432,83

Fonte: Próprio autor.

Tabela 9 – Consumo e geração no ano para o sistema com 10 módulos.

Mês	Consumo (kWh)	Gerado (kWh)	Geração – Consumo (kWh)	Crédito de Energia (kWh)	Novo Valor a ser pago (R\$) sem GD	Novo Valor a ser pago (R\$) com GD	Diferença (R\$)
Nov/2018	308	396	88	88	223,97	21,81	202,16
Dez/2018	445	388	-57	61	323,52	21,81	301,71
Jan/2019	445	371	-74	17	323,52	21,81	301,71
Fev/2019	545	342	-203	0	396,22	135,22	261,00
Mar/2019	392	371	-21	0	284,99	21,81	263,18
Abr/2019	302	318	16	16	219,56	21,81	197,75
Mai/2019	337	356	19	35	245,00	21,81	223,19
Jun/2019	359	347	-12	35	261,00	21,81	239,19
Jul/2019	363	369	6	41	263,90	21,81	242,09
Ago/2019	258	387	129	170	187,57	21,81	165,76
Set/2019	276	381	105	275	200,65	21,81	178,84
Out/2019	387	407	20	295	281,35	21,81	259,54
Total	4417	4433			3.211,25	375,13	2.836,12

Fonte: Próprio autor.

Foi considerado o valor da tarifa com bandeira verde da ENEL CE que é no valor de R\$ 0,72702. O valor a ser pago foi considerado sem incidência impostos.

De acordo com o Caderno Temático de micro e mini geração, 2º edição da ANEEL, nos meses em que o consumo for igual ou inferior à energia injetada na rede da concessionária ou quando mesmo sendo maior o consumo e a diferença for menor ou igual à taxa de disponibilidade, que no caso é 30 kWh, a unidade consumidora será faturada pelo custo de disponibilidade.

De acordo com a tabela acima, o único mês que o consumidor vai pagar acima da taxa de disponibilidade é o mês de fevereiro onde se utilizou 17 kWh do crédito restante no mês de janeiro, mas ainda será pago o valor de R\$135,22 referente ao consumo de 186 kWh.

Será realizado o cálculo da energia gerada utilizando 9 módulos, pois foi um valor aproximado da quantidade de módulos encontrados pela fórmula. O novo valor da potência instalada será 2,38 kWp.

O inversor escolhido para esse estudo será o da SMA Sunny Boy, modelo SB2.5-1VL-40, com potência nominal de 2,5 kW.

Tabela 10 - Cálculo da energia gerada num sistema com 9 módulos.

Mês	Dias	Potência Instalada (kWp)	Radiação Solar (kWh/m ²)	Rendimento do Sistema	Energia Mensal Gerada (kWh)
Janeiro	31	2,38	5,65	0,80	333,48
Fevereiro	28	2,38	5,77	0,80	307,61
Março	31	2,38	5,64	0,80	332,89
Abril	30	2,38	5,00	0,80	285,60
Maio	31	2,38	5,41	0,80	319,32
Junho	30	2,38	5,45	0,80	311,30
Julho	31	2,38	5,61	0,80	331,12
Agosto	31	2,38	5,89	0,80	347,65
Setembro	30	2,38	5,99	0,80	342,15
Outubro	31	2,38	6,20	0,80	365,95
Novembro	30	2,38	6,23	0,80	355,86
Dezembro	31	2,38	5,90	0,80	348,24
Total					3981,17

Fonte: Próprio autor.

Os valores da energia gerada foi obtido pelo produto do número de dias, potência instalada, radiação solar e rendimento do inversor. Estes valor foram utilizados na Tabela 11- Consumo e geração anual para o sistema com 9 módulos.

Tabela 11– Consumo e geração anual para o sistema com 9 módulos.

Mês	Consumo (kWh)	Gerado (kWh)	Geração – Consumo (kWh)	Crédito de Energia (kWh)	Novo Valor a ser pago (R\$) sem GD	Novo Valor a ser pago (R\$) com GD	Diferença (R\$)
Nov/2018	308	356	48	48	223,92	21,81	202,11
Dez/2018	445	348	-97	0	323,52	35,62	287,90
Jan/2019	445	333	-112	0	323,52	81,42	242,10
Fev/2019	545	308	-237	0	396,22	172,30	223,92
Mar/2019	392	333	-59	0	284,99	42,89	242,10
Abr/2019	302	286	-16	0	219,56	21,81	197,75
Mai/2019	337	319	-18	0	245,00	21,81	223,19
Jun/2019	359	311	-48	0	261,00	34,89	226,11
Jul/2019	363	331	-32	0	263,90	23,26	240,64
Ago/2019	258	348	90	90	187,57	21,81	165,76
Set/2019	276	342	66	156	200,65	21,81	178,84
Out/2019	387	366	-21	156	281,35	21,81	259,54
Total	4417	3981			3211,20	521,24	2689,96

Fonte: Próprio autor.

No sistema de compensação com GD, o consumidor pagará mensalmente, no mínimo, o valor correspondente ao custo de disponibilidade. No caso em estudo será de 30 kWh para ligação monofásica. Este valor será aplicado nas situações seguintes: quando o consumo for menor ou igual à energia gerada; quando o consumo for maior que a energia gerada e a diferença entre eles, for menor ou igual a 30 kWh. Sendo o consumo maior, e a diferença entre o consumo e a energia gerada no mês for maior que 30 kWh, pagará o valor total da diferença. Existindo crédito poderá abater do valor a faturar.

Analisando a tabela acima, vê-se que no mês de novembro a energia injetada foi maior que a consumida, proporcionando assim um crédito de 48 kWh.

No mês de dezembro o consumo foi maior do que a energia injetada. O valor a ser faturado seria portanto a diferença entre a energia gerada e o consumo (97 kWh). Utilizou-se o crédito do mês de novembro no valor 48 kWh e ainda será pago o valor de R\$35,62

referente ao consumo de 49 kWh.

Nos meses de janeiro, fevereiro, março, junho e julho nos quais o consumo foi maior do que a energia gerada, e não há créditos para serem compensados, serão pagos valores maiores que o referente ao custo de disponibilidade. Os meses de abril, maio, agosto, setembro e outubro foram pagos o valor referente apenas ao custo de disponibilidade.

Diante do exposto, o consumidor em estudo, produzindo sua própria energia no período de doze meses, resultará em uma economia o valor de R\$ 2.689,96 (dois mil, seiscentos e oitenta e nove e noventa e seis centavos).

Neste caso, é viável para unidade consumidora a utilização do sistema fotovoltaico.

6 CONCLUSÃO

O aumento de consumo da classe de consumidores residenciais pôs em evidência o problema de concentração da demanda de energia em horários específicos. Com a intuito de incentivar o consumo no horário fora de ponta para evitar a elevação de grandes cargas no sistema elétrico no horário de ponta, foi proposta a modalidade tarifária branca. A Tarifa Branca oferece benefícios ao consumidor na condição de mudança de rotina reduzindo sua conta mensal, e também ao setor elétrico resultando na diminuição de pico no sistema elétrico no horário de ponta.

No caso estudado, para a Unidade Consumidora residencial tipo B1, composta por três adultos, não aponta uma viabilidade econômica para adesão à tarifa branca, já que o resultado encontrado nesta modalidade apresentou um aumento de 7,01% na sua conta mensal. Os hábitos de consumo foram mantidos os mesmos, pois a residência permanece na maior parte do dia fechada, ou as vezes, uma pessoa permanece parte do período da tarde. Não há equipamento que possa ter seu consumo deslocado, sem comprometer o conforto dos moradores.

Com o advento da Resolução Normativa 482/2012 da Aneel, o consumidor brasileiro passou a ter possibilidade de conectar-se à rede de distribuição elétrica com o fim de injetar nesta, a energia gerada por sua unidade geradora através de um sistema fotovoltaico. Caso o consumo seja menor que o gerado, há a possibilidade do consumidor utilizar estes créditos em um momento posterior.

Após o estudo do caso, para a mesma Unidade Consumidora, mostrou-se economicamente viável a inserção no sistema de compensação de energia através do sistema fotovoltaico nas duas situações estudadas, só que para o sistema com dez módulos o crédito acumulado é maior no decorrer dos doze meses. Com base nos resultados, neste período alcançou uma redução em torno de 88,32 % no sistema com GD em relação ao sem GD para o sistema com dez módulos e 83,76% para o sistema com nove módulos.

O estudo não levou em consideração o investimento que o consumidor deveria fazer para montar o sistema, nem o tempo de retorno financeiro.

Como sugestão para trabalhos futuros, propõe-se estudo idêntico a este utilizando os dados de consumo em um período maior, pelo menos de seis meses para que seja analisado as possíveis variações significativas de consumo neste período, para se obter uma análise mais segura e real.

REFERÊNCIAS

- ANEEL. **Por dentro da conta de luz**. 7.ed. Brasília, DF, 2016a. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/publicacoes/-/asset_publisher/RZHMABCrxNd/document/id/14913816?inheritRedirect=false&redirect=ht tp%3A%2F%2Fwww.aneel.gov.br%2Fpublicacoes%3Fp_p_id%3D101_INSTANCE_RZHM ABCrxNd%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-2%26p_p_col_count%3D1>. Acesso em 18 setembro 2019.
- ANEEL. **Entendendo a tarifa**. 2015a. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/entendendo-a-tarifa>>. Acesso em: 11 setembro 2019.
- ANEEL. **Micro e Minigeração Distribuída**. Sistema de Compensação de Energia Elétrica 2.ed – Cadernos Temáticos ANEEL. Brasília/ 2016b.
- LABREN. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. 2017 Disponível em: <http://labren.cest.inpe.br/atlas_2017.html>. Acesso em: 12 novembro 2019.
- SANTOS, Laura Lisiane Callai dos. **Metodologia para análise da tarifa branca e da geração distribuída de pequeno porte nos consumidores residenciais de baixa tensão**. 2014. 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.
- LIMBERGER, Marcos Alexandre. **Estudo da Tarifa Branca para a Classe Residencial pela Medição de Consumo de Energia e de Pesquisa de Posses e Hábitos**. 2014. 161 f. Dissertação (Mestrado em Metrologia para Qualidade e Inovação) – Programa de Pós-Graduação em Metrologia, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.
- THOMAZ, Talita. **Estudo de viabilidade econômica de adesão à tarifa branca para consumidores residenciais com geração distribuída fotovoltaica**. 2017. 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá, 2017.
- ANEEL. **Bandeiras Tarifárias**. 2015b. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/bandeiras-tarifarias>> Acesso em: 12 setembro 2019.
- CGEE. **Redes Elétricas Inteligentes: Contexto Nacional**. Brasília, 2012.
- ANEEL. Resolução Normativa nº 418, de 23 novembro de 2010. Retifica a Resolução Normativa nº 414, de 9 de setembro de 2010, que estabelece as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica de forma atualizada e consolidada. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2010418.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2019
- ANEEL. Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2019

ANEEL. Tarifa Branca. 2015c. Disponível em:< <https://www.aneel.gov.br/tarifa-branca>>. Acesso em 13 set. 2019.

ANEEL. Resolução Normativa nº 687, de 24 de novembro de 2015. Altera a Resolução Normativa nº 482 de 17 de abril de 2012 e os módulos 1 e 3 do PRODIST. Disponível em:< <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>>. Acesso em: 14 set. 2019

ANEEL. Resolução Normativa nº 479, de 3 de abril de 2012. Altera a Resolução Normativa nº 414, de 9 de setembro de 2010, que estabelece as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica de forma atualizada e consolidada. Disponível em: < <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012479.pdf>> Acesso em: 20 set. 2019

ANEEL. Nota Técnica nº 311, de 17 de novembro de 2011. Disponível em:< <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/nren2011464.pdf>> Acesso em: 17 set. 2019

ANEEL. Resolução Normativa nº 464, de 22 de novembro de 2011. Aprova os Procedimentos de Regulação Tarifária – PRORET referente ao Módulo 7 – Estrutura Tarifária das Concessionárias de Distribuição, de que trata a Resolução Normativa nº 435, de 24 de maio de 2011, e dá outras providências. Disponível em:< <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2011464.pdf>>. Acesso em: 17 set. 2019

ANEEL. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. 2008 Disponível em:< http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_par1_cap1.pdf>. Acesso em: 11 out. 2019

ANEEL. Resolução Normativa nº 502, de 7 de agosto de 2012. Regulamenta sistemas de medição de energia elétrica de unidades consumidoras do Grupo B. Disponível em:< <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012502.pdf>>. Acesso em: 7 out. 2019.

ANEEL. Resolução Normativa nº 733, de 6 de setembro de 2016. Estabelece as condições para a aplicação da modalidade tarifária horária branca. Disponível em:< <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2016733.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2019.

ENEL SP. **Simulador de tarifa branca**. Disponível em:< <https://www.eneldistribuicaoosp.com.br/simulador-tarifa-branca/Paginas/inicio.aspx>> Acesso em: 5 nov. 2019.