



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE ENGENHARIA E GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA  
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

**EWERTON DE ARAÚJO LUNA**

**ANÁLISE SOBRE O HISTÓRICO DAS FATURAS DE ENERGIA ELÉTRICA DA  
UFPE VISANDO O VALOR ÓTIMO DE DEMANDA DE POTÊNCIA ATIVA A SER  
CONTRATADA**

Recife

2019

EWERTON DE ARAÚJO LUNA

**ANÁLISE SOBRE O HISTÓRICO DAS FATURAS DE ENERGIA ELÉTRICA DA  
UFPE VISANDO O VALOR ÓTIMO DE DEMANDA DE POTÊNCIA ATIVA A SER  
CONTRATADA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à coordenação do curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Área de habilitação: Engenharia Elétrica

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Ribeiro Barbosa de Aquino

Recife

2019

Catálogo na fonte  
Bibliotecário Gabriel Luz, CRB-4 / 2222

L961a Luna, Ewerton de Araújo.  
Análise sobre o histórico das faturas de energia elétrica da UFPE  
visando o valor ótimo de demanda de potência ativa a ser contratada  
/ Ewerton de Araújo Luna – Recife, 2019.  
62 f., figs., tabs., gráf., siglas e abrev.

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Ribeiro Barbosa de Aquino.  
TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.  
Departamento de Engenharia Elétrica, 2019.  
Inclui referências e apêndices.

1. Engenharia Elétrica. 2. Tarifas elétricas. 3. Estruturas  
tarifárias. 4. Demanda de potência ativa. 5. Universidade Federal de  
Pernambuco. I. Aquino, Ronaldo Ribeiro Barbosa de. (Orientador).  
II. Título.

621.3 CDD (22. ed.)

UFPE  
BCTG/2019 - 308

**EWERTON DE ARAÚJO LUNA**

**ANÁLISE SOBRE O HISTÓRICO DAS FATURAS DE ENERGIA ELÉTRICA DA  
UFPE VISANDO O VALOR ÓTIMO DE DEMANDA DE POTÊNCIA ATIVA A SER  
CONTRATADA.**

Trabalho de Conclusão de Curso do  
Curso de Engenharia Elétrica da  
Universidade Federal de Pernambuco,  
como requisito da disciplina de Trabalho  
de Conclusão de Curso (EL403).

Aprovada em: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Ronaldo Ribeiro Barbosa de Aquino (Orientador)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Milde Maria da Silva Lira  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof. Dr. Zanoni Dueire Lins  
Universidade Federal de Pernambuco

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu orientador Prof. Dr. Ronaldo Ribeiro Barbosa de Aquino pelo apoio, pela disposição em ajudar, pelos ensinamentos, por toda paciência e compreensão.

A Diogo Farkatt Kabbaz por, mesmo sem ter me conhecido antes, ter se disposto sem hesitar a me ajudar. Serei muito grato sempre por isso.

A meus pais, Silvana Paz de Araújo Luna e Everaldo de Souza Luna por terem se esforçado a vida toda de forma incansável para que eu tivesse o suporte necessário, pelo apoio e pelo amor incondicional.

A Fabíola Câmara dos Santos, minha namorada e companheira, por estar sempre ao meu lado nas alegrias e, principalmente, nas dificuldades e aflições; por acreditar em mim a todo momento, levando-me a superar todos os obstáculos e cansaços; por caminhar lado a lado comigo, tornando a jornada mais leve e, também, pelo amor incondicional.

A meus professores e mestres, por todos os ensinamentos técnicos e de vida, pela dedicação e paciência.

A meus colegas de curso e amigos da vida, pelos estudos em grupo, por compartilhar aflições e alegrias, e por estarmos sempre juntos ao decorrer de nossa caminhada.

## RESUMO

Graças à tendência de crescimento da carga de energia elétrica, algumas unidades consumidoras passam a ter um perfil de consumo de valores acima dos contratados junto a concessionária. Isso leva ao pagamento de multas que elevam o custo da fatura. Esse é o caso da Universidade Federal de Pernambuco que tem incorrido frequentemente em ultrapassagem de demanda em uma de suas cabines, consumo excessivo de reativo e atraso no pagamento das faturas. O presente trabalho busca dar ao leitor um conhecimento sobre tarifação que servirão de base para que sejam realizadas análises que busquem economia. Além disso, busca-se resolver o problema de ultrapassagem de demanda de potência pela UFPE para que se reduza o custo arcado pela universidade através de um valor ótimo de demanda para cada cabine. Tal solução pode servir como guia para o leitor chegar a uma redução de custos para si.

Palavras-chave: Tarifas elétricas. Estruturas tarifárias. Demanda de potência ativa. Universidade Federal de Pernambuco.

## **ABSTRACT**

Thanks to the growing trend in electric energy, some consumer units become having values of consumption profile that are above the ones agreed in the contract with the concessionaire. This leads to fines that raise the cost of the electric energy bill. This is the case of the Federal University of Pernambuco, which has frequently incurred in excess of demand in one of its measurement booths, excessive consumption of reactive and delayed payment of electric energy bill. The present study aims to give the reader the knowledge about tariffs that will serve as the basis for making analysis that seeks for a more efficient use of the consumer's monetary resources. In addition, we seek to solve the problem of exceeding power demand by UFPE in order to reduce the cost borne by the university through an optimum value of demand for each cabin. Such solution may serve as a guide to the reader to achieve reductions of costs of their own.

**Keywords:** Electric tariffs. Tariff structures. Active power demand. Federal University of Pernambuco.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Biblioteca virtual da ANEEL.....	18
Figura 2 –	Calendário de Reajuste Tarifário Anual .....	19
Figura 3 –	Dados do cliente da fatura de energia elétrica .....	20
Figura 4 –	Demanda contratada para curva de carga da unidade consumidora .....	22
Figura 5 –	Representação em percentual dos custos de energia .....	23
Figura 6 –	Custos relacionados a Parcela A .....	23
Figura 7 –	Matriz Elétrica Brasileira em 2017 .....	24
Figura 8 –	Tarifas de aplicação e base econômica para o Grupo A .....	26
Figura 9 –	Tarifas de aplicação e base econômica para o Grupo B .....	27
Figura 10 –	Fatura da cabine 1 de janeiro/2018 da UFPE .....	37
Figura 11 –	Fatura da cabine 1 de janeiro/2018 da UFPE .....	38
Figura 12 –	Fatura da cabine 2 de janeiro/2018 da UFPE .....	39
Figura 13 –	Fatura da cabine 2 de janeiro/2018 da UFPE .....	40

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Bandeiras Tarifárias .....	24
Tabela 2 –	Classificação dos subgrupos A das unidades consumidoras .....	28
Tabela 3 –	Classificação dos subgrupos B das unidades consumidoras .....	28
Tabela 4 –	Valor percentual de meses em que ocorreu ultrapassagem de demanda no histórico .....	33
Tabela 5 –	Valores médios das faturas .....	34
Tabela 6 –	Histórico de consumo – Cabine 1 .....	35
Tabela 7 –	Histórico de consumo – Cabine 2 .....	36
Tabela 8 –	Valores ótimos – Cabine 1 .....	43
Tabela 9 –	Valores ótimos – Cabine 2 .....	43
Tabela 10 –	Todos os valores ótimos – Cabine 1 .....	44
Tabela 11 –	Todos os valores ótimos – Cabine 2 .....	44
Tabela 12 –	Valores contratados x Valores ótimos .....	45
Tabela 13 –	Valores ótimos – Cabine 1 .....	47
Tabela 14 –	Custo anual na modalidade azul – Cabine 1 .....	47
Tabela 15 –	Valores ótimos – Cabine 2 .....	48
Tabela 16 –	Custo anual na modalidade azul – Cabine 2 .....	48
Tabela 17 –	Comparativo dos custos ótimos de demanda entre as modalidades verde e azul .....	48
Tabela 18 –	Custo de consumo de energia para a cabine 1 .....	50
Tabela 19 –	Custo de consumo de energia para a cabine 2 .....	50
Tabela 20 –	Comparativo final dos custos entre as modalidades .....	51

## LISTA DE GÁFICOS

Gráfico 1 –	Custo Anual x Demanda de Potência Ativa – Cabine 1 – Verde .....	42
Gráfico 2 –	Custo Anual x Demanda de Potência Ativa – Cabine 2 – Verde .....	43
Gráfico 3 –	Custo Anual x Demanda de Potência Ativa – Cabine 1 – Azul .....	46
Gráfico 4 –	Custo Anual x Demanda de Potência Ativa – Cabine 2 – Azul .....	47

## **LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BEN	Balanco Energético Nacional
C1	Cabine 1
C2	Cabine 2
CELPE	Companhia Energética de Pernambuco
REH	Resolução Homologatória
TE	Tarifa de Energia
TUSD	Tarifa de Uso de Sistema de Distribuição
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	14
1.1	ANÁLISE DO PROBLEMA E MOTIVAÇÃO DA MONOGRAFIA.....	14
1.2	OBJETIVO DO TRABALHO.....	15
1.3	METODOLOGIA E ORGANIZAÇÃO TEXTUAL.....	15
<b>2</b>	<b>ASPECTOS GERAIS</b> .....	17
2.1	AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL) .....	17
2.2	RESOLUÇÃO HOMOLOGATÓRIA.....	17
<b>2.2.1</b>	<b>Data de publicação</b> .....	18
2.3	TARIFAÇÃO.....	19
<b>2.3.1</b>	<b>Definições</b> .....	20
2.3.1.1	Consumidor.....	20
2.3.1.2	Unidade consumidora.....	20
2.3.1.3	Demanda.....	20
2.3.1.4	Demanda máxima.....	21
2.3.1.5	Demanda medida.....	21
2.3.1.6	Demanda contratada.....	21
2.3.1.7	Demanda faturável.....	22
2.3.1.8	Demanda de ultrapassagem.....	22
2.4	PARCELAS.....	22
<b>2.4.1</b>	<b>Parcela A</b> .....	23
2.4.1.1	Sistema de bandeiras tarifárias.....	24
<b>2.4.2</b>	<b>Parcela B</b> .....	25
2.5	GRUPAMENTO DE UNIDADES CONSUMIDORAS.....	25
2.6	ESTRUTURA TARIFÁRIA.....	29
<b>2.6.1</b>	<b>Estrutura tarifária convencional</b> .....	29
<b>2.6.2</b>	<b>Estrutura tarifária horo-sazonal</b> .....	29
2.6.2.1	Tarifa azul.....	29
2.6.2.2	Tarifa verde.....	29
2.7	FATURAMENTO.....	29
<b>3</b>	<b>ESTUDO DE CASO</b> .....	32
3.1	ANÁLISE DO HISTÓRICO DE CONSUMO.....	32
<b>3.1.1</b>	<b>Procedimentos para simulação</b> .....	41

<b>3.1.2</b>	<b>Simulação na modalidade verde.....</b>	<b>41</b>
<b>3.1.3</b>	<b>Simulação na modalidade azul.....</b>	<b>45</b>
<b>3.1.4</b>	<b>Cálculo dos custos de consumo.....</b>	<b>49</b>
3.1.4.1	Custo anual de consumo na modalidade verde.....	50
3.1.4.2	Custo anual de consumo na modalidade azul.....	50
<b>3.1.5</b>	<b>Resultado comparativo final.....</b>	<b>50</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>52</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>53</b>
	<b>APENDICE A – ALGORÍTMO EM PYTHON – SIMULAÇÃO VERDE .....</b>	<b>55</b>
	<b>APENDICE B – ALGORÍTMO EM PYTHON – SIMULAÇÃO VERDE – C2.....</b>	<b>57</b>
	<b>APENDICE C – ALGORÍTMO EM PYTHON – SIMULAÇÃO AZUL – C1.....</b>	<b>59</b>
	<b>APENDICE D – ALGORÍTMO EM PYTHON – SIMULAÇÃO AZUL – C2.....</b>	<b>61</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo, o problema a ser analisado será entendido, assim como o que motivou a monografia, o objetivo deste e a metodologia utilizada.

### 1.1 ANÁLISE DO PROBLEMA E MOTIVAÇÃO DA MONOGRAFIA

As faturas de energia elétrica apresentam a quantia total que deve ser paga pelo consumidor pela prestação do serviço público de geração e distribuição dessa energia. O cálculo delas é feito através de uma estrutura tarifária que é anualmente publicada e homologada pela Agência Nacional de Energia Elétrica.

Uma análise histórica das contas de energia elétrica fornece uma quantidade rica de dados a partir da qual é possível fazer análises e estudos visando a conservação e possíveis economias no pagamento dessas faturas. Para isso, compreender a estrutura tarifária é uma tarefa importante, pois, é a partir dela que se obtém os valores necessários para a correta tomada de decisão em tais análises que podem levar a mudanças no contrato de fornecimento de modo que se adeque melhor ao respectivo tipo de consumo.

Este trabalho terá como objeto de estudo o histórico de consumo da Universidade Federal de Pernambuco. Esta é classificada na categoria A4 Horo-sazonal verde e possui duas cabines de medição que têm informado ter sido comum o pagamento de multas devido a ultrapassagem de demanda, consumo excessivo de reativo e também de atraso no pagamento da fatura. Tais multas motivam o estudo aqui realizado com o foco na contratação de uma demanda ativa que possibilite o pagamento de menos multas e, por consequência, que leve a UFPE a ter uma economia no pagamento de suas contas com relação ao consumo de energia.

É importante saber que algumas medidas de efficientização e otimização energética não são feitas pelos consumidores devido à possíveis elevados custos de implementação em comparação com o decréscimo na fatura de energia elétrica. Por exemplo, no caso de um consumidor querer contratar uma demanda superior a que ele tem no momento, é possível que haja a necessidade de uma troca de transformador para atender a tal demanda. Além disso, é necessário que a distribuidora faça um estudo sobre a disponibilização da rede, isto é, se a rede elétrica irá suportar a nova potência. Esses fatores podem tornar o custo com mudanças físicas no sistema muito elevado em comparação com a economia no pagamento da fatura.

No entanto, para os fins desse trabalho, serão desprezados possíveis custos adicionais em mudanças no sistema e será considerado que este já dispõe de um eventual valor que seja requerido pelo presente estudo.

## 1.2 OBJETIVO DO TRABALHO

Este trabalho tem como objetivo introduzir o leitor a um conhecimento sobre tarifação, de modo que este tenha os instrumentos necessários para entender como é feita a cobrança de energia elétrica no Ambiente de Contratação Regulada (mercado cativo), além de permitir que, como consumidor, possa ser feita uma análise acerca das possibilidades de economia no pagamento da fatura ao chegar em valores ótimos no contrato de fornecimento. Para alcançar tais valores, o trabalho terá como estudo de caso a Universidade Federal de Pernambuco e, através de suas faturas, será possível chegar a uma conclusão se é recomendado ou não uma mudança contratual com a distribuidora e, caso seja, qual a quantia paga que será economizada anualmente.

A fim de obter sucesso quanto ao objetivo deste trabalho, alguns subtópicos serão apresentados, dentre os quais destacam-se:

- a) Resolução Homologatória;
- b) Tarifação;
- c) Grupamento de unidades consumidoras;
- d) Estruturas tarifárias;
- e) Faturamento.

## 1.3 METODOLOGIA E ORGANIZAÇÃO TEXTUAL

Com o intuito de dar o devido destaque a cada tópico, este trabalho foi dividido em 4 capítulos. Neste primeiro, está contido informações introdutórias a respeito do que vem nos demais: tema, objetivo e o método para alcançá-lo, além de explicar, de forma geral, as vantagens de se ter uma visão clara a respeito da tarifação.

No capítulo 2 é explicado a respeito de vários itens que estão relacionados a tarifação e faturamento: agência reguladora, resolução homologatória, parcelas A e B das tarifas, definições importantes, como as unidades consumidoras se agrupam em relação a tensão de fornecimento e como são calculados alguns dos custos contidos nas tarifas.

No capítulo 3 é estabelecido as considerações que serão feitas para as simulações/análises e também é apresentado os resultados destas.

No capítulo 4 são apresentadas as conclusões a partir das análises realizadas e sugestões para futuros estudos relacionados a redução de custos e eficiência energética.

A UFPE possui duas cabines de medição no seu campus. Tendo como base os parâmetros de consumo do histórico das faturas de fevereiro de 2017 a janeiro de 2018, com valores a serem pagos corrigidos pela nova tarifação vigente a partir de abril de 2019, será feito um algoritmo em linguagem de programação Python que armazene as informações relevantes dessas faturas (onde a demanda medida de cada mês é uma informação crucial). Então a demanda contratada será variada dentro de uma faixa de valores onde, com base no processamento dos dados, cada valor terá um respectivo preço que a universidade irá pagar anualmente.

## 2 ASPECTOS GERAIS

Neste capítulo será visto como funciona a cobrança nas faturas de energia elétrica através da compreensão das estruturas tarifárias.

### 2.1 AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL)

A ANEEL, autarquia em regime especial criada em 1997 e vinculada ao Ministério de Minas e Energia, tem como finalidade regular o setor elétrico brasileiro por meio da lei nº 9.427/1996 e do decreto nº 2.335/1997. Dentre suas várias atribuições, tem-se como as principais a de implementar políticas e diretrizes do Governo Federal através da promoção das atividades relativas a outorga de concessão, permissão e autorização de empreendimentos no setor elétrico; leiloar concessões do setor através da promoção de procedimentos licitatórios para a contratação de concessionárias e permissionárias para a produção, transmissão e distribuição de energia elétrica; fazer a gestão dos contratos de fornecimento; estabelecer as regras para os serviços de energia, em especial, a sua comercialização; criar as metodologias do cálculo das diferentes tarifas do setor e calcula as tarifas aplicadas às contas das concessionárias e permissionárias de distribuição, aquelas que chegam ao consumidor final através da fatura de energia.

Devido as atribuições referentes ao cálculo e estabelecimento das diferentes tarifas do setor elétrico nacionalmente, a ANEEL é responsável pela publicação da Resolução Homologatória.

### 2.2 RESOLUÇÃO HOMOLOGATÓRIA

A Resolução Homologatória (REH) estabelece e publica o resultado do Reajuste Tarifário Anual, as Tarifas de Energia – TE e as Tarifas de Uso do Sistema de Distribuição – TUSD referentes às diversas concessionárias e permissionárias de distribuição no território nacional. É possível encontrar o documento na biblioteca virtual do site da ANEEL no campo “Consultar Legislação”. (Figura 1).

Figura 1 – Biblioteca Virtual da ANEEL

The screenshot displays the ANEEL Virtual Library interface. At the top, there is a navigation bar with 'Home', 'Pesquisa', 'Vocabulário controlado', 'Minha seleção', and 'Serviços'. Below this is a search bar with 'celpe' entered. The search results show two entries for 'REH - RESOLUÇÃO HOMOLOGATÓRIA'.

**Search Results:**

Item	Material	Norma	Data de assinatura	Data de publicação	Assuntos
1	Legislação	REH - RESOLUÇÃO HOMOLOGATÓRIA 2540/2019	30/04/2019	03/05/2019	CEAL
2	Legislação	REH - RESOLUÇÃO HOMOLOGATÓRIA 2535/2019	23/04/2019	26/04/2019	CELPE

**Filters:**

- Norma:**
  - DSP - DESPACHO (885)
  - PRT - PORTARIA (146)
  - REH - RESOLUÇÃO HOMOLOGATÓRIA (134)
  - RES - RESOLUÇÃO (100)
- Órgão de origem:**
  - ANEEL (133)
  - SRE/ANEEL (1)
- Ano:**
  - 2005 (15)
  - 2004 (12)
  - 2015 (12)
  - 2013 (11)
- Situação:**
  - NÃO CONSTA REVOGAÇÃO EXPRESSA (123)
  - REVOGADA (11)

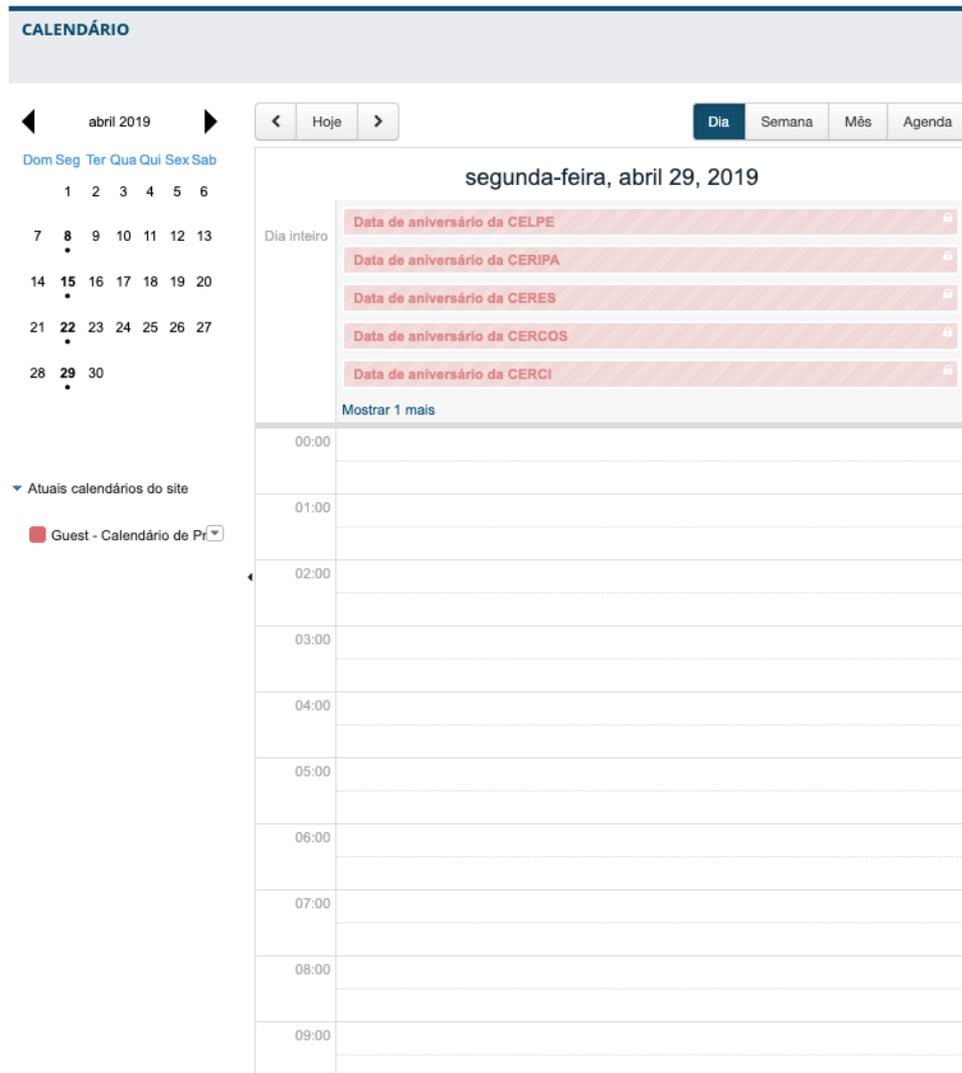
Fonte: ANEEL, 2019

### 2.2.1 Data de publicação

A data de publicação da resolução homologatória varia para cada distribuidora, conforme Calendário de Reajuste Tarifário Anual, pois ocorrem em dias definidos nos contratos de concessão ou permissão. A ANEEL também dispõe em seu site o calendário que contém a

data das distribuidoras de cada estado e pode ser acessado através da aba Tarifas/Cálculo Tarifário e Metodologia/Resultado dos Processos Tarifários de Distribuição. As tarifas referentes à Companhia Energética de Pernambuco entram em vigor no dia 29 de abril de cada ano e tem vigência até o dia 28 abril do ano seguinte. (Ver Figura 2)

**Figura 2 – Calendário de Reajuste Tarifário Anual**



**Fonte: ANEEL, 2019**

### 2.3 TARIFAÇÃO

A tarifa deve ter o valor necessário para custear a soma de todos os componentes industriais de geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica. Representam cada parcela dos investimentos, operações técnicas e remuneração realizadas

pelos agentes prestadores de serviço da cadeia de produção e da estrutura necessária para que a energia possa ser utilizada pelo consumidor.

### 2.3.1 Definições

Para melhor compreensão dos principais termos que serão mencionados neste trabalho, é importante levar em consideração algumas definições dos componentes da tarifa de energia.

#### 2.3.1.1 Consumidor

Parte contratante que solicita à concessionária o fornecimento de energia elétrica e assume as responsabilidades pelo pagamento das faturas e das demais obrigações fixadas em normas da ANEEL, conforme vinculação ao contrato de fornecimento, de uso e de conexão ou de adesão, podendo ser pessoa física ou jurídica.

#### 2.3.1.2 Unidade consumidora

É todo o aparato de equipamentos e instalações elétricas que se caracteriza pelo recebimento de energia elétrica por um único ponto de entrega e de medição que corresponde a um único consumidor. No caso da UFPE, tem-se duas unidades consumidoras: um referente à Cabine 1 e outra à Cabine 2 de medição. A Figura 3 mostra os dados da fatura de uma das unidades consumidoras.

**Figura 3 – Dados do cliente da fatura de energia elétrica**

<b>COMPANHIA ENERGÉTICA DE PERNAMBUCO</b> AV. JOÃO DE BARROS, 111, BOA VISTA, RECIFE, PERNAMBUCO CEP 50050-902 CNPJ 10.835.932/0001-08 INSCRIÇÃO ESTADUAL 0005943-93		 Grupo Neoenergia www.celpe.com.br		<b>COMERCIAL 116I PRONTIDÃO 116</b> Atendimento ao deficiente auditivo ou de fala: 0800 281 0142 Ouvidoria 0800 282 5599 Agência de Regulação dos Serviços Públicos Delegados do Estado de Pernambuco-ARPE: 0800-727-0167-Ligação Gratuita de Telefones Fixos Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL 167 - Ligação Gratuita de telefones fixos e móveis	
<b>NOTA FISCAL   FATURA   CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA 2ª VIA</b>					
<b>DADOS DO CLIENTE</b> UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO UFPE Cabine 1 MICROGERAÇÃO CNPJ: 24.134.488/0001-08 <b>ENDEREÇO</b> RUA CAMPUS UNIVERSITARIO 1 CIDADE UNIVERSITARIA/RECIFE 50000-000 RECIFE PE		<b>DATA DE VENCIMENTO</b> <b>28/04/2017</b> <b>TOTAL A PAGAR (R\$)</b> <b>0,00</b>	<b>DATA DA EMISSÃO DA NOTA FISCAL</b> <b>29/03/2017</b> <b>DATA DA APRESENTAÇÃO</b> <b>05/04/2017</b> <b>NÚMERO DA NOTA FISCAL</b> <b>003696536</b>	<b>CONTA CONTRATO</b> <b>2785423014</b> <b>Nº DO CLIENTE</b> <b>2001337951</b> <b>Nº DA INSTALAÇÃO</b> <b>2868582</b>	<b>CLASSIFICAÇÃO</b> <b>A4 Horo-sazonal Verde</b> <b>PODER PÚBLICO - FEDERAL</b> <b>RESERVADO AO FISCO</b> <b>EC02.2562.60E6.95D3.FC1F.0D4D.F5B1.DB01</b>

**Fonte: Histórico de faturas da UFPE de fevereiro de 2017 a janeiro de 2018**

### 2.3.1.3 Demanda

É a média das potências elétricas consumidas (ativas ou reativas) pela parcela da carga instalada nas unidades consumidoras durante um intervalo de tempo especificado. Essa potência, expressa em kW ou em var, pode ser calculada através do tipo da energia total consumida pela carga durante um intervalo de tempo dividida por esse intervalo de tempo. No Brasil, os medidores operam com medições em intervalos de 15 minutos, conforme Decreto nº 62.724 de maio de 1968.

$$DEMANDA_a = \frac{E_{a,total\ consumida}}{\Delta t} \quad (2.1)$$

$$DEMANDA_r = \frac{E_{r,total\ consumida}}{\Delta t} \quad (2.2)$$

Onde:

$DEMANDA_a$  – Demanda de potência ativa média solicitada pela carga no intervalo  $\Delta t$ .

$DEMANDA_r$  – Demanda de potência reativa solicitada pela carga no intervalo  $\Delta t$ .

$E_{a,total\ consumida}$  – Energia elétrica ativa total consumida durante o intervalo  $\Delta t$ .

$E_{r,total\ consumida}$  – Energia elétrica reativa total consumida durante o intervalo  $\Delta t$ .

### 2.3.1.4 Demanda máxima

É o maior valor entre as demandas medidas durante um período (dia, mês, ano, etc). Com relação as faturas de energia, o período referido é mensal (período de faturamento).

### 2.3.1.5 Demanda medida

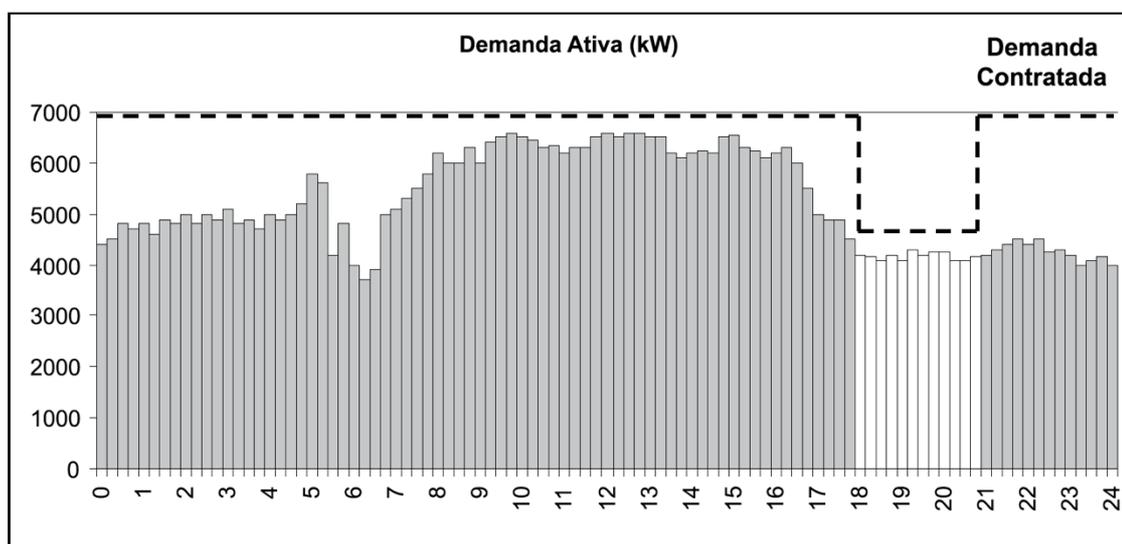
É o valor da demanda de potência ativa máxima, expressa em kW, medida dentro do período de faturamento. Ou seja, é o maior valor dentre todas as demandas de potência ativa integralizada num período de 15 minutos durante 30 dias. Portanto, é o maior valor dentre as 2880 potências ativas médias que o medidor verifica no período mensal.

### 2.3.1.6 Demanda contratada

É o valor de potência ativa que a concessionária tem por obrigação disponibilizar continuamente no ponto de entrega, conforme contrato de fornecimento, e que deve ser integralmente paga pelo consumidor mesmo quando não se faz uso total dela. Quando há ultrapassagem da demanda contratada, o consumidor incorre no pagamento de multa.

Na Figura 4 são mostradas as diversas demandas integralizadas a cada 15 minutos em um dia e a demanda contratada que, nesse caso, tem valores diferentes para horários de ponta e fora de ponta.

**Figura 4 – Demanda contratada para curva de carga da unidade consumidora**



**Fonte: Conservação de Energia 3ª Edição, 2006 – PROCEL Educação**

### 2.3.1.7 Demanda faturável

É a demanda de potência ativa considerada para fins de faturamento com a aplicação da tarifa, de acordo com os critérios estabelecidos. A demanda faturável irá variar de acordo com a categoria da unidade consumidora.

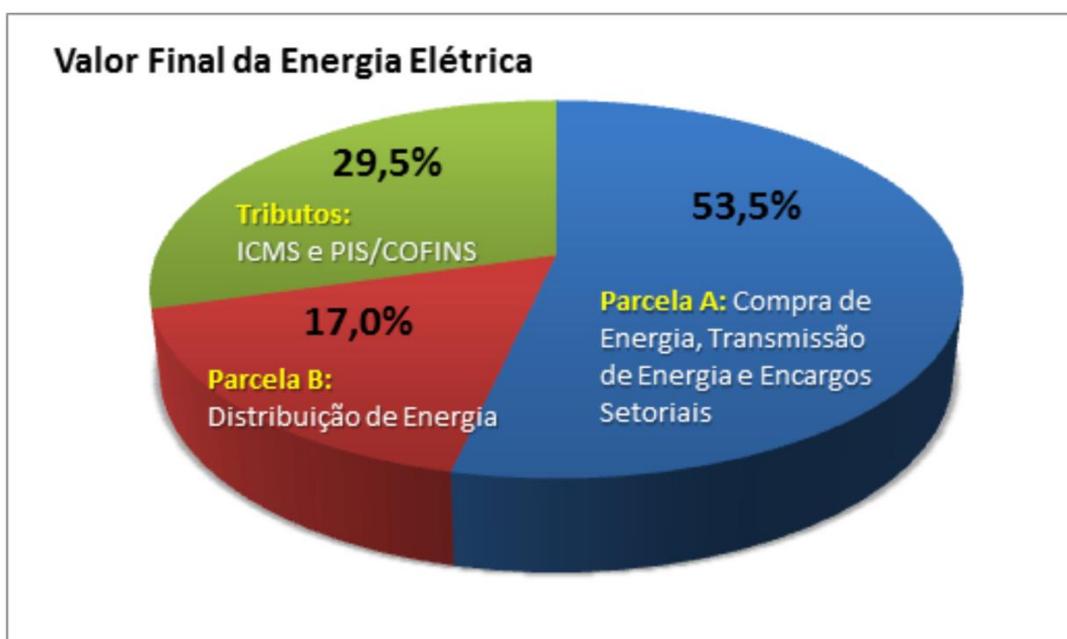
### 2.3.1.8 Demanda de ultrapassagem

Parcela da demanda medida que excede o valor da demanda contratada, expressa em quilowatts (kW).

## 2.4 PARCELAS

Para que as distribuidoras possam cumprir o compromisso de entregar energia elétrica com qualidade, é necessário que ela cubra alguns custos que depois são repassados ao consumidor através das tarifas. Esses custos são classificados em dois tipos: parcela A e parcela B. A Figura 5 mostra o percentual que cada parcela representa no custo total da energia juntamente com os tributos.

Figura 5 – Representação em percentual dos custos de energia



Fonte: ANEEL, 2017

### 2.4.1 Parcela A

A parcela A trata dos custos não-gerenciáveis onde distribuidora apenas repassa os valores brutos dos custos incorridos por ela relacionados a atividades de geração (aquisição) e transporte de energia, além dos encargos setoriais que são previstos em legislação específica (Ver Figura 6). Tais valores, até certo ponto, estão fora do controle da distribuidora e são cobrados por esta apenas para ressarcir o valor gasto. O valor da tarifa relacionada com essa parcela é chamada de Tarifa de Energia (TE), contida na resolução homologatória, e depende do montante de energia consumido.

**Figura 6 – Custos relacionados a Parcela A**

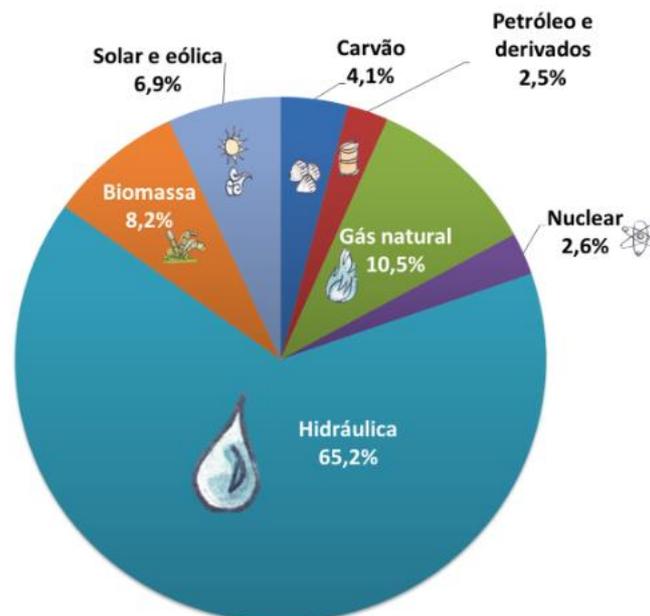


Fonte: ANEEL, 2017

#### 2.4.1.1 Sistemas de bandeiras tarifárias

Instituída em 2015, o Sistema de Bandeiras Tarifárias visa compensar a distribuidora em ciclos de faturamento onde houve situação desfavorável à geração de energia. A matriz elétrica brasileira, por ser formada, primordialmente, por recursos hídricos, está submetida à variações da Energia Natural Afluyente (ENA). Em tempos onde a ENA não está dentro de níveis satisfatórios, é necessário despachar as térmicas, fonte de energia mais cara, para suprir a demanda. Isso é refletido no valor final da fatura.

**Figura 7 – Matriz Elétrica Brasileira em 2017**



Fonte: Relatório BEN, 2018

**Tabela 1 – Bandeiras Tarifárias**

Bandeira Tarifária	Valor a ser adicionado à Tarifa de Energia (TE)
Verde	Geração satisfatória. Não há acréscimo.
Amarela	R\$ 15,00/MWh
Vermelha	R\$ 40,00/MWh
Vermelha 2	R\$ 60,00/MWh

Fonte: ANEEL, 2015

#### 2.4.2 Parcela B

A parcela B trata dos custos gerenciáveis, sendo esta onde a distribuidora obtém lucro. Tais valores são necessários para remuneração de pessoal, custo de material e outras atividades relacionadas a operação e manutenção dos serviços de distribuição, bem como dos custos de depreciação e remuneração dos investimentos realizados pela empresa para o atendimento do serviço, além de outras despesas com pesquisa e desenvolvimento de tecnologias em eficiência energética que garantem redução de custos e maior confiabilidade do sistema. O valor da tarifa relacionada com essa parcela é chamada de Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD), contida na resolução homologatória, e depende do montante de energia consumido e da demanda de potência contratada.

#### 2.5 GRUPAMENTO DE UNIDADES CONSUMIDORAS

As tarifas de energia são distintas a depender do nível de tensão que é entregue à unidade consumidora. Os diferentes níveis de tensão estão relacionados com a carga instalada, isto é, com a demanda que ela solicita do sistema. As condições gerais de fornecimento de energia são estabelecidas pela resolução ANEEL nº 414.

Essa diferenciação leva a o agrupamento das unidades consumidores em grupo de alta tensão (Grupo A – consumo de energia em maior escala: grandes indústrias, distribuidoras, universidades federais, etc.), para tensões maiores ou iguais de 2,3 kV ou abaixo de 2,3 kV mas a partir de sistema de distribuição subterrâneo faturadas nesse grupo, em caráter opcional; e grupo de baixa tensão (Grupo B – consumo de energia em menor escala: residencial, comercial, rural, poder público) para tensões abaixo de 2,3 kV.

É importante destacar que o grupo A possui uma estruturação tarifária binômica e o grupo B uma estrutura tarifária monômica. Em ambos os grupos, o consumidor pagará pelas parcelas

A e B da fatura de energia. A diferença está no pagamento da parcela B de cada caso, pois na tarifa binômica há tanto o pagamento relativo à demanda contratada (valor por potência disponibilizada continuamente, em R\$/kW) quanto ao consumo (valor por montante de energia consumida, em R\$/kW), enquanto na tarifa monômica se dá apenas o pagamento deste último. A Figura 8 e Figura 9 mostram as tarifas cobradas a depender do subgrupo e da modalidade do consumidor. Na coluna “Posto” dessas figuras se referem a ponta (P), fora de ponta (FP) e não-aplicável (NA).

**Figura 8 – Tarifas de aplicação e base econômica para o Grupo A**

SUBGRUPO	MODALIDADE	ACESSANTE	POSTO	TARIFAS DE APLICAÇÃO			BASE ECONÔMICA			
				TUSD		TE	TUSD		TE	
				R\$/kW	R\$/MWh	R\$/MWh	R\$/kW	R\$/MWh	R\$/MWh	
A1 (230 kV ou mais)	AZUL	LANXESS (ANTIGA PETROFLEX)	P	3,88	26,05	396,06	3,77	24,40	354,13	
			FP	3,88	26,05	237,76	3,77	24,40	218,97	
	AZUL APE	LANXESS (ANTIGA PETROFLEX)	P	3,88	3,80	0,00	3,77	3,25	0,00	
			FP	3,88	3,80	0,00	3,77	3,25	0,00	
	AZUL	SCHINCARIOL - CELPE	P	4,16	26,05	396,06	4,04	24,40	354,13	
			FP	4,22	26,05	237,76	4,10	24,40	218,97	
	AZUL APE	SCHINCARIOL - CELPE	P	4,16	3,80	0,00	4,04	3,25	0,00	
			FP	4,22	3,80	0,00	4,10	3,25	0,00	
	AZUL	M&G	P	3,88	26,05	396,06	3,77	24,40	354,13	
			FP	3,88	26,05	237,76	3,77	24,40	218,97	
	AZUL APE	M&G	P	3,88	3,80	0,00	3,77	3,25	0,00	
			FP	3,88	3,80	0,00	3,77	3,25	0,00	
	AZUL	CITEPE	P	3,88	26,05	396,06	3,77	24,40	354,13	
			FP	3,88	26,05	237,76	3,77	24,40	218,97	
AZUL APE	CITEPE	P	3,88	3,80	0,00	3,77	3,25	0,00		
		FP	3,88	3,80	0,00	3,77	3,25	0,00		
A3 (69kV)	AZUL	NA	P	12,45	34,98	396,06	12,25	32,06	354,13	
			FP	6,65	34,98	237,76	6,48	32,06	218,97	
	AZUL APE	NA	P	12,45	12,71	0,00	12,25	10,90	0,00	
			FP	6,65	12,71	0,00	6,48	10,90	0,00	
	DISTRIBUIÇÃO	Ceal	P	12,45	6,70	0,00	12,25	5,72	0,00	
			FP	6,65	6,70	0,00	6,48	5,72	0,00	
			NA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
			Coelba	P	8,07	6,70	0,00	7,87	5,72	0,00
				FP	6,21	6,70	0,00	6,04	5,72	0,00
				NA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		EPB - SE Sertânia	P	12,45	6,70	0,00	12,25	5,72	0,00	
			FP	6,65	6,70	0,00	6,48	5,72	0,00	
			NA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		EPB - SE Flores	P	8,07	6,70	0,00	7,87	5,72	0,00	
			FP	6,21	6,70	0,00	6,04	5,72	0,00	
			NA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	GERAÇÃO	NA	5,40	0,00	0,00	5,28	0,00	0,00		
	A4 (2,3 a 25kV)	AZUL	NA	P	42,43	54,49	396,06	42,24	48,97	354,13
FP				14,84	54,49	237,76	14,68	48,97	218,97	
AZUL APE		NA	P	42,43	30,12	0,00	42,24	25,85	0,00	
			FP	14,84	30,12	0,00	14,68	25,85	0,00	
VERDE		NA	NA	14,84	0,00	0,00	14,68	0,00	0,00	
			P	0,00	1.085,18	396,06	0,00	1.074,96	354,13	
			FP	0,00	54,49	237,76	0,00	48,97	218,97	
			NA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

Fonte: Resolução Homologatória N° 2.535, 2019

**Figura 9 – Tarifas de aplicação e base econômica para o Grupo B**

SUBGRUPO	MODALIDADE	CLASSE	SUBCLASSE	POSTO	TARIFAS DE APLICAÇÃO			TARIFAS BASE ECONÔMICA		
					TUSD		TE	TUSD		TE
					R\$/kW	R\$/MWh	R\$/MWh	R\$/kW	R\$/MWh	R\$/MWh
B1	BRANCA	RESIDENCIAL	RESIDENCIAL	P	0,00	762,34	396,06	0,00	749,04	354,13
				INT	0,00	494,27	237,76	0,00	481,98	218,97
				FP	0,00	226,21	237,76	0,00	214,92	218,97
	PRÉ-PAGAMENTO	RESIDENCIAL	RESIDENCIAL	NA	0,00	298,38	250,95	0,00	286,82	230,24
	CONVENCIONAL	RESIDENCIAL	RESIDENCIAL	NA	0,00	298,38	250,95	0,00	286,82	230,24
	CONVENCIONAL	RESIDENCIAL	BAIXA RENDA <sup>(1)</sup>	NA	0,00	272,72	250,95	0,00	262,50	230,24
B2	BRANCA	RURAL	NA	P	0,00	555,87	301,01	0,00	545,85	269,14
				INT	0,00	361,54	180,70	0,00	352,25	166,42
				FP	0,00	167,22	180,70	0,00	158,65	166,42
	PRÉ-PAGAMENTO	RURAL	NA	NA	0,00	226,77	190,72	0,00	217,98	174,98
	CONVENCIONAL	RURAL	NA	NA	0,00	226,77	190,72	0,00	217,98	174,98
	BRANCA	RURAL	COOPERATIVA DE ELETRIFICAÇÃO RURAL	P	0,00	555,87	301,01	0,00	545,85	269,14
				INT	0,00	361,54	180,70	0,00	352,25	166,42
				FP	0,00	167,22	180,70	0,00	158,65	166,42
	PRÉ-PAGAMENTO	RURAL	COOPERATIVA DE ELETRIFICAÇÃO RURAL	NA	0,00	226,77	190,72	0,00	217,98	174,98
	CONVENCIONAL	RURAL	COOPERATIVA DE ELETRIFICAÇÃO RURAL	NA	0,00	226,77	190,72	0,00	217,98	174,98
	BRANCA	RURAL	SERVIÇO PÚBLICO DE IRRIGAÇÃO RURAL	P	0,00	497,36	269,32	0,00	488,40	240,81
				INT	0,00	323,48	161,68	0,00	315,17	148,90
FP				0,00	149,61	161,68	0,00	141,95	148,90	
PRÉ-PAGAMENTO	RURAL	SERVIÇO PÚBLICO DE IRRIGAÇÃO RURAL	NA	0,00	202,90	170,65	0,00	195,04	156,56	
CONVENCIONAL	RURAL	SERVIÇO PÚBLICO DE IRRIGAÇÃO RURAL	NA	0,00	202,90	170,65	0,00	195,04	156,56	
B3	BRANCA	NA	NA	P	0,00	721,09	396,06	0,00	707,96	354,13
				INT	0,00	469,53	237,76	0,00	457,33	218,97
				FP	0,00	217,96	237,76	0,00	206,70	218,97
	PRÉ-PAGAMENTO	NA	NA	NA	0,00	298,38	250,95	0,00	286,82	230,24
CONVENCIONAL	NA	NA	NA	0,00	298,38	250,95	0,00	286,82	230,24	
B4	CONVENCIONAL	ILUMINAÇÃO PÚBLICA	B4a – REDE DE DISTRIBUIÇÃO	NA	0,00	164,11	138,02	0,00	157,75	126,63
			B4b – BULBO DE LÂMPADA	NA	0,00	179,03	150,57	0,00	172,09	138,14
B	GERAÇÃO	TIPO 1	NA	NA	7,79	0,00	0,00	7,79	0,00	0,00
		TIPO 2	NA	NA	15,18	0,00	0,00	15,18	0,00	0,00

Fonte: Resolução Homologatória N° 2.535, 2019

**Tabela 2 – Classificação dos subgrupos A das unidades consumidoras**

SUBGRUPO	TENSÃO DE FORNECIMENTO
A1	Superior ou igual a 230 kV
A2	88 a 138 kV
A3	69 kV
A3a	30 a 44 kV
A4	2,3 a 25 kV
AS	Subterrâneo

Fonte: Resolução Normativa N° 414 da ANEEL, 2010

**Tabela 3 – Classificação dos subgrupos B das unidades consumidoras**

SUBGRUPO	CLASSE
B1	Residencial
B2	Rural
B3	Demais classes
B4	Iluminação Pública

Fonte: Resolução Normativa N° 414 da ANEEL, 2010

## 2.6 ESTRUTURA TARIFÁRIA

A depender da modalidade de fornecimento de energia elétrica, há uma diferenciação no conjunto de tarifas aplicáveis no que se refere ao “posto” destas (ver Figura 8 e Figura 9)

As estruturas tarifárias que serão estudadas nesse trabalho envolvem os postos de ponta, fora de ponta e não-aplicável (não há distinção dentro da classe ou subclasse) e são divididas em convencional e horo-sazonal.

### 2.6.1 Estrutura tarifária convencional

Caracteriza-se pela aplicação de tarifas de consumo de energia elétrica e/ou demanda de potência que independem do horário de utilização do dia (horário de ponta ou fora de ponta) ou do período do ano (período úmido ou seco).

### 2.6.2 Estrutura tarifária horo-sazonal

Caracteriza-se pela diferenciação da aplicação de tarifas de consumo de energia elétrica e/ou demanda de potência a depender do horário de utilização do dia (horário de ponta ou fora de ponta) ou do período do ano (período úmido ou seco). O contrato de concessão pode fazer parte da modalidade de tarifa azul ou tarifa verde.

#### 2.6.2.1 Tarifa azul

Modalidade onde há aplicação de tarifas diferenciadas tanto para o consumo de energia elétrica quanto para demanda de potência, de acordo com as horas de utilização do dia e do período do ano.

#### 2.6.2.2 Tarifa verde

Modalidade onde há aplicação de tarifas diferenciadas apenas para o consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia e do período do ano, já para a demanda de potência contratada há apenas aplicação de uma tarifa única.

## 2.7 FATURAMENTO

A fatura de energia elétrica possui diversas informações detalhadas referentes ao consumo de energia, valores das tarifas, impostos aplicados, quantia a ser paga, entre outros, permitindo ao consumidor fazer uma análise da sua modalidade contratual para eventuais mudanças.

Os principais dados retirados do histórico das faturas que impactam no valor final a pagar e que estão contidos no campo “Demonstrativo de consumo desta nota fiscal” são:

$DEMANDA$  – Demanda Ativa (kW) – se modalidade Verde. O valor registrado será o maior entre os medidos na Demanda Máxima na Ponta e na Demanda Máxima Fora de Ponta. Se tal valor for menor ou até 5% superior que o valor contratado, o consumidor pagará pela quantidade de demanda contratada. Caso contrário, pagará pela quantidade de demanda contratada somada à multa.

$DEMANDA_P$  – Demanda Máxima Na Ponta (kW) – se modalidade Azul;

$DEMANDA_{FP}$  – Demanda Máxima Fora de Ponta (kW) – se modalidade Azul;

$CONSUMO_P$  – Consumo Ativo na Ponta (MWh);

$CONSUMO_{FP}$  – Consumo Ativo Fora de Ponta.

E os principais dados contidos no campo “Tarifas Aplicadas” relacionados ao uso do sistema de distribuição são:

$T_{TUSD_{DEM}}$  – Tarifa da TUSD de Demanda Ativa (R\$/kW) – se modalidade Verde;

$T_{TUSD_{DEM_{FP}}}$  – Tarifa da TUSD de Demanda Ativa Fora de Ponta (R\$/MWh) – se modalidade Azul;

$T_{TUSD_{DEM_P}}$  – Tarifa da TUSD de Demanda Ativa na Ponta (R\$/MWh) – Se modalidade Azul;

$T_{TUSD_{CONS_{FP}}}$  – Tarifa da TUSD de Consumo Ativo Fora de Ponta (R\$/MWh);

$T_{TUSD_{CONS_P}}$  – Tarifa da TUSD de Consumo Ativo na Ponta (R\$/MWh);

As Tarifas de Energia (TE) também compõem o valor final da fatura. Da Resolução Homologatória:

$T_{E_{FP}}$  – Tarifa de Energia Fora de Ponta (R\$/MWh)

$T_{EP}$  – Tarifa de Energia na Ponta (R\$/MWh)

Observação: As unidades de todos componentes acima estão de acordo com a unidade das tarifas conforme tabela da Resolução Homologatória. Na fatura de energia, alguns desses dados são apresentados em kWh ao invés de MWh.

A partir dessas informações, é possível fazer o cálculo de custos relacionados a fatura de energia para diferentes modalidades de contrato:

$$CUSTO = \frac{(TUSD_{montante\_consumido} + TUSD_{demanda\_contratada} + TE)}{1 - IMPOSTOS} \quad (2.3)$$

Onde

$$\begin{aligned} TUSD_{montante\_consumido} & \quad (2.4) \\ & = CONSUMO_P \cdot T_{TUSD_{CONS_P}} + CONSUMO_{FP} \cdot T_{TUSD_{CONS_{FP}}} \end{aligned}$$

Na modalidade verde:

$$TUSD_{demanda\_contratada} = DEMANDA \cdot T_{TUSD_{DEM}} \quad (2.5)$$

Na modalidade azul:

$$\begin{aligned} TUSD_{demanda\_contratada} & \quad (2.6) \\ & = DEMANDA_P \cdot T_{TUSD_{DEM_P}} + DEMANDA_{FP} \cdot T_{TUSD_{DEM_{FP}}} \end{aligned}$$

A Tarifa de Energia é dada por:

$$TE = (T_{E_{FP}} + B) \cdot CONSUMO_{FP} + (T_{E_P} + B) \cdot CONSUMO_P \quad (2.7)$$

Observação: o valor da Bandeira Tarifária (B) deve ser incluído à Tarifa de Energia (TE).

A partir das expressões acima, é possível fazer simulações que levem à modalidade contratual e ao valor de demanda de potência ativa que retornam o menor custo na fatura da unidade consumidora.

### 3 ESTUDO DE CASO

A Universidade Federal de Pernambuco, localizada na Av. Prof. Moraes Rego, 1235 - Cidade Universitária, Recife, possui duas cabines de medição da concessionária local, a Companhia Energética de Pernambuco, CELPE.

A resolução homologatória vigente é a Resolução Homologatória N° 2.535 de 23 de abril de 2019 e é válida durante o período que compreende de 29 de abril de 2019 a 28 de abril de 2020. As simulações serão feitas considerando a tarifação atualizada contida nesta resolução.

No entanto, é importante frisar que todos os componentes apresentados nas tabelas 4, 5 e 6, a seguir, se referem aos valores obtidos do histórico faturas de fevereiro de 2017 até janeiro de 2018 de ambas as cabines de medição. Durante este período, a resolução era a Resolução Homologatória N° 2.388, vigente durante o período do histórico. Portanto, os valores apresentados das tabelas são diferentes em relação ao atual quanto às tarifas e impostos.

Ainda assim, tais tabelas possuem dados importantes que merecem ser considerados nas simulações realizadas (e em eventuais estudos que outros consumidores queiram realizar), que traçam o perfil de consumo e de pagamento de multas das unidades consumidoras.

#### 3.1 ANÁLISE DO HISTÓRICO DE CONSUMO

A Universidade Federal de Pernambuco possui contrato com a concessionária na classificação “A4 Horo-sazonal Verde Poder Público – Federal”, pagando uma tarifa única pelo valor de demanda de potência ativa contratada (R\$/kW) e valores diferentes para ponta e fora de ponta de acordo com o volume de energia consumida (R\$/MWh) (ver Figura 7).

As cabines de medição 1 e 2 possuem, respectivamente, 2800 kW e 4000 kW de demandas contratadas. Verifica-se que em ambas as cabines ocorrem, em frequência considerável, ultrapassagem da demanda. A cabine 2 apresenta um problema maior nesta questão, pois em 58,33% dos 12 meses do histórico houve ultrapassagem contra 33,33% dos 12 meses da cabine 1. É possível notar também que a média dos valores registrados das demandas estão acima dos valores contratados para as cabines. Portanto, tem-se vários indícios de que existe uma nova demanda de potencia ativa que se ajustaria melhor ao perfil de consumo da universidade.

**Tabela 4 – Valor percentual de meses em que ocorreu ultrapassagem de demanda no histórico**

	Cabine 1	Cabine 2
Quantidade de ultrapassagens de demanda no histórico (%)	33,33	58,33

Fonte: O autor, 2019

Deve-se ficar claro que as unidades consumidoras só incorrerão em multa caso ultrapassem o percentual de 5% de tolerância de ultrapassagem. Isto é, as cabines 1 e 2, na prática, não são permitidas a ultrapassar 2940 kW e 4200 kW respectivamente. Porém, nas simulações, a tolerância será desconsiderada por ser um valor muito pequeno.

Verifica-se também que em todas as faturas da cabine 2 há multas por excesso de consumo de reativo e isso é algo que pode também ser estudado para que se chegue em soluções que tragam ainda mais economia.

Porém, para fins deste trabalho, o foco será no perfil de consumo de demanda de potência, pois este pode ser resolvido com uma mudança de contrato, já o consumo de excesso de reativo depende de uma mudança no sistema elétrico da UFPE, possivelmente pela instalação de bancos de capacitores.

Nas faturas da UFPE existe um componente chamado “Tributo Federal”. Esse item é um crédito de 5,85% no valor total da fatura a ser paga. Nas simulações com a tarifação atual, irá se considerar esse desconto no valor da Tarifa TUSD de Demanda Ativa ( $T_{TUSD_{DEM}}$ ) para a simulação na modalidade Verde. Para modalidade Azul, o crédito entrará no valor da Tarifa da TUSD Demanda Ativa Fora de Ponta ( $T_{TUSD_{DEM_{FP}}}$ ) e da Tarifa da TUSD Demanda Ativa na Ponta ( $T_{TUSD_{DEMP}}$ ). As expressões consideradas serão demonstradas nos próximos tópicos.

Nas páginas que precedem o próximo tópico, tem-se tabelas com os valores médios do histórico de consumo (Tabela 5), compilado de informações das faturas da cabine 1 (Tabela 6) e da cabine 2 (Tabela 7). As Figuras 10, 11, 12 e 13 são imagens das páginas 1 e 2 das faturas de janeiro de 2018 de cada unidade consumidora para ilustrar a origem dos dados das tabelas.

**Tabela 5 – Valores médios das faturas**

	Cabine 1	Cabine 2
Demanda Ativa (kW)	2.937,29	4.415,44
Consumo Ponta (MWh)	91,5877	125,3285
Consumo Fora Ponta (MWh)	859,124	1.193,00
Demanda Ultrapassagem (R\$)	5.497,50	17.262,31
Reativo Excedente (R\$)	264,31	9.041,44
Multa por Atraso (R\$)	3.675,90	5.191,48
Juros por Atraso (R\$)	608,74	883,60
ICMS Subvenção	4.994,93	7.200,80
PIS	0,81%	0,81%
CONFINS	3,74%	3,74%
ICMS	25,00%	25,00%

**Fonte: O autor, 2019**

Tabela 6 – Histórico de consumo – Cabine 1

	fev/17	mar/17	abr/17	mai/17	jun/17	jul/17	ago/17	set/17	out/17	nov/17	dez/17	jan/18
Demanda Ativa (kW)	2.800,00	3.272,64	3.276,00	3.155,04	2.800,00	2.800,00	2.800	2.800	2800	2919,84	3.024,00	2.800,00
Demanda Ativa Ultrapassagem (kW)	-	472,64	476	355,04	-	-	-	-	-	-	224	-
Consumo Ativo na Ponta (kWh)	86.871,96	99.477,00	101.918,88	104.632,08	91.364,28	81.372,48	87.940,44	91.156,80	97.902,00	93.673,44	93.103,08	69.640,20
Consumo Ativo Fora Ponta (kWh)	848.568,00	906.612,00	980.364,00	942.648,00	860.244,00	705.264,00	764.232,00	855.288,00	885.024,00	939.540,00	888.636,00	733.068,00
Consumo Reativo Exc. na Ponta (kVARh)	-	50,4	21,84	-	57,96	95,76	-	-	-	-	-	-
Consumo Reativo Exc. Fora Ponta (kVARh)	420	1008	840	1.176,00	2.352,00	2.268,00	-	420	84	252	27,94	-
ICMS Subvenção (R\$)	3.868,56	3.627,18	3.994,34	4.302,64	5.908,28	11.532,32	-	5.011,99	5.386,93	10.759,05	-	5.547,91
Contribuição Iluminação Pública (R\$)	43,85	43,85	37,13	53,54	47,75	50,48	50,48	50,67	50,67	56,99	56,99	56,99
Multa por atraso (R\$)	-	10.009,64	-	-	-	-	-	-	10.399,48	11.193,60	-	12.508,18
Juros por atraso (R\$)	-	166,82	-	-	-	-	-	-	1.326,00	4.423,52	-	1.388,23
Tributo Federal (R\$)	-29.504,48	-35.255	-32.724,20	-35.548,18	34.528,13	-30.886,01	-30.418,48	-33.631,99	-38.072,33	-40.425,48	-36.586,44	-28.171,26
PIS	0,50%	0,50%	0,42%	0,87%	1,36%	1,40%	0,28%	0,64%	1,17%	1,00%	0,90%	0,72%
CONFINS	2,29%	2,25%	1,93%	4,00%	6,22%	6,50%	1,28%	3,00%	5,35%	4,54%	4,16%	3,39%
ICMS	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%

Fonte: Kabbaz, 2018

Tabela 7 – Histórico de consumo – Cabine 2

	fev/17	mar/17	abr/17	mai/17	jun/17	jul/17	ago/17	set/17	out/17	nov/17	dez/17	jan/18
Demanda Ativa (kW)	4.173,12	4.952,64	5.100,48	4.922,40	4.263,84	4000	4000	4.015,20	4.421,76	4.751,04	4.384,80	4000
Demanda Ativa Ultrapassagem (kW)	-	952,64	1.100,48	922,4	263,84	-	-	-	421,76	751,04	384,8	-
Consumo Ativo na Ponta (kWh)	108.792,60	138.465,60	149.317,56	151.828,32	135.066,96	107.699,76	120.411,96	133.376,04	116.606,28	137.620,56	123.075,12	81.681,60
Consumo Ativo Fora Ponta (kWh)	1.171.724,00	1.268.148	1.399.776,00	1.321.572,00	1.248.492,00	992.208,00	1.086.372,00	1.224.384,00	1.064.196,00	1.360.464,00	1.213.464,00	964.236,00
Consumo Reativo Exc. na Ponta (kVARh)	445,2	667,8	701,4	682,92	3.245,76	5.043,36	2.949,24	1.773,24	1.409,52	1.537,20	2.399,00	4.017,72
Consumo Reativo Exc. Fora Ponta (kVARh)	8.820,00	11.172,00	19.992,00	17.556,00	38.388,00	33.432,00	26.124,00	29.652,00	24.780,00	24.612,00	25.704,00	25.284,00
ICMS Subvenção (R\$)	4750,97	5.047,74	5.429,27	6.156,10	8.773,59	9.071,76	8.047,06	7.042,54	7.663,97	15.955,45	-	8470,83
Contribuição Iluminação Pública (R\$)	43,85	43,85	37,13	53,54	47,75	50,48	50,48	50,67	50,67	56,99	56,99	56,99
Multa por atraso (R\$)	-	13.606,26	-	-	-	-	-	14.795,31	-	16.634,54	-	17.261,66
Juros por atraso (R\$)	-	-	-	-	-	-	-	1.886,97	-	6.573,68	-	1.915,80
Tributo Federal (R\$)	-40.076,21	-50.390,34	48.564,95	-56.456,19	-52.023,60	-42.981,88	-43.747,00	-50.043,82	-56.394,74	-61.658,84	-50.490,35	-36.935,72
PIS	0,50%	0,50%	0,42%	0,87%	1,36%	1,40%	0,28%	0,64%	1,17%	1,00%	0,90%	0,72%
CONFINS	2,29%	2,25%	1,93%	4,00%	6,22%	6,50%	1,28%	3,00%	5,35%	4,54%	4,16%	3,39%
ICMS	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%

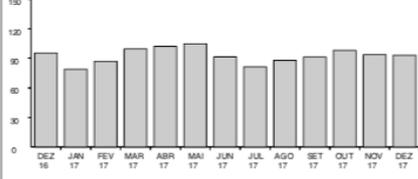
Fonte: Kabbaz, 2018

Figura 10 – Fatura da cabine 1 de janeiro/2018 da UFPE

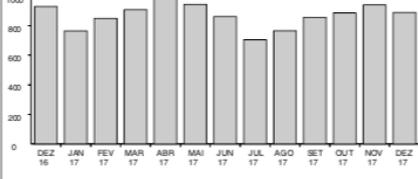
<b>COMPANHIA ENERGÉTICA DE PERNAMBUCO</b> AV. JOÃO DE BARROS, 111, BOA VISTA, RECIFE, PERNAMBUCO CEP 50050-902 CNPJ 10.835.932/0001-08 INSCRIÇÃO ESTADUAL 0005943-93		 Grupo Neoenergia www.celpe.com.br		<b>COMERCIAL 1161 PRONTIDÃO 116</b> Atendimento ao deficiente auditivo ou de fala: 0800 281 0142 <b>Ouvidoria 0800 282 5599</b> Agência de Regulação dos Serviços Públicos Delegados do Estado de Pernambuco-ARPE: 0800-727-0167-Ligação Gratuita de Telefones Fixos Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL 167 - Ligação Gratuita de telefones fixos e móveis																																													
<b>NOTA FISCAL   FATURA   CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA 2ª VIA</b>																																																	
<b>DADOS DO CLIENTE</b> UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO UFPE Cabine 1 MICROGERAÇÃO  CNPJ: 24.134.488/0001-08  <b>ENDEREÇO</b> RUA CAMPUS UNIVERSITARIO 1  CIDADE UNIVERSITARIA/RECIFE 50000-000 RECIFE PE		<b>DATA DE VENCIMENTO</b> <b>19/01/2018</b>  <b>TOTAL A PAGAR (RS)</b> <b>0,00</b>		<b>DATA DA EMISSÃO DA NOTA FISCAL</b> <b>28/12/2017</b>  <b>DATA DA APRESENTAÇÃO</b> <b>05/01/2018</b>  <b>NÚMERO DA NOTA FISCAL</b> <b>003544437</b>																																													
		<b>CONTA CONTRATO</b> <b>2785423014</b>  <b>Nº DO CLIENTE</b> <b>2001337951</b>  <b>Nº DA INSTALAÇÃO</b> <b>2868582</b>		<b>CLASSIFICAÇÃO</b> <b>A4 Horo-sazonal Verde</b> <b>PODER PUBLICO - FEDERAL</b>  <b>RESERVADO AO FISCO</b> <b>C455.93C3.E347.6A0C.C917.E5BD.1257.C043</b>																																													
<b>DESCRIÇÃO DA NOTA FISCAL E INFORMAÇÕES IMPORTANTES</b>																																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th>DESCRIÇÃO</th> <th>QUANTIDADE</th> <th>PREÇO(RS)</th> <th>VALOR(RS)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Demanda Ativa(kW)</td><td>3.024,0000000</td><td>19,44523877</td><td>58.802,40</td></tr> <tr><td>Demanda Ativa Ultrapassagem(kW)</td><td>224,0000000</td><td>38,89047755</td><td>8.711,46</td></tr> <tr><td>Demanda Reativa Excedente.(kVAR)</td><td>0,0000000</td><td>19,44523877</td><td>0,00</td></tr> <tr><td><b>BANDEIRA VERMELHA</b></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Consumo Ativo Na Ponta(kWh)</td><td>93.103,0800000</td><td>2,03979124</td><td>189.910,84</td></tr> <tr><td>Consumo Ativo Fora Ponta(kWh)</td><td>888.636,0000000</td><td>0,41406920</td><td>367.956,79</td></tr> <tr><td>Consumo Reativo Exc. Na Ponta(kVARh)</td><td>0,0000000</td><td>0,33267086</td><td>0,00</td></tr> <tr><td>Consumo Reativo Exc. Fora Ponta(kVARh)</td><td>84,0000000</td><td>0,33267086</td><td>27,94</td></tr> <tr><td>Contribuição Iluminação Pública</td><td></td><td></td><td>56,99</td></tr> <tr><td>Tributo Federal</td><td></td><td></td><td>36.586,44</td></tr> </tbody> </table>		DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	PREÇO(RS)	VALOR(RS)	Demanda Ativa(kW)	3.024,0000000	19,44523877	58.802,40	Demanda Ativa Ultrapassagem(kW)	224,0000000	38,89047755	8.711,46	Demanda Reativa Excedente.(kVAR)	0,0000000	19,44523877	0,00	<b>BANDEIRA VERMELHA</b>				Consumo Ativo Na Ponta(kWh)	93.103,0800000	2,03979124	189.910,84	Consumo Ativo Fora Ponta(kWh)	888.636,0000000	0,41406920	367.956,79	Consumo Reativo Exc. Na Ponta(kVARh)	0,0000000	0,33267086	0,00	Consumo Reativo Exc. Fora Ponta(kVARh)	84,0000000	0,33267086	27,94	Contribuição Iluminação Pública			56,99	Tributo Federal			36.586,44				
DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	PREÇO(RS)	VALOR(RS)																																														
Demanda Ativa(kW)	3.024,0000000	19,44523877	58.802,40																																														
Demanda Ativa Ultrapassagem(kW)	224,0000000	38,89047755	8.711,46																																														
Demanda Reativa Excedente.(kVAR)	0,0000000	19,44523877	0,00																																														
<b>BANDEIRA VERMELHA</b>																																																	
Consumo Ativo Na Ponta(kWh)	93.103,0800000	2,03979124	189.910,84																																														
Consumo Ativo Fora Ponta(kWh)	888.636,0000000	0,41406920	367.956,79																																														
Consumo Reativo Exc. Na Ponta(kVARh)	0,0000000	0,33267086	0,00																																														
Consumo Reativo Exc. Fora Ponta(kVARh)	84,0000000	0,33267086	27,94																																														
Contribuição Iluminação Pública			56,99																																														
Tributo Federal			36.586,44																																														
<b>TOTAL DA FATURA</b>		<b>588.879,98</b>																																															
<b>TARIFAS APLICADAS</b>																																																	
Demanda Ativa(kW)		13,60000000																																															
Demanda Ativa Ultrapassagem(kW)		27,20000000																																															
Demanda Reativa Excedente.(kVAR)		13,60000000																																															
Consumo Ativo Na Ponta(kWh-VERMELHA)		1,42663000																																															
Consumo Ativo Fora Ponta(kWh-VERMELHA)		0,28960000																																															
Consumo Reativo Exc. Na Ponta(kVARh)		0,23267000																																															
Consumo Reativo Exc. Fora Ponta(kVARh)		0,23267000																																															
<b>INFORMAÇÕES DE TRIBUTOS</b>																																																	
<b>ICMS</b>		<b>PIS</b>		<b>COFINS</b>																																													
BASE DE CÁLCULO	%	BASE DE CÁLCULO	%	BASE DE CÁLCULO	%																																												
VALOR DO IMPOSTO		VALOR DO IMPOSTO		VALOR DO IMPOSTO																																													
625.409,43	25,00	625.409,43	0,90	5.628,68	4,16																																												
				26.017,03																																													

**GRÁFICOS**

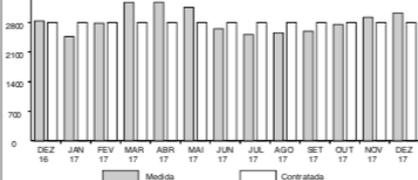
**Consumo Ativo na Ponta em MWh**



**Consumo Ativo Fora da Ponta em MWh**



**Demanda (Medida x Contratada) em kW**



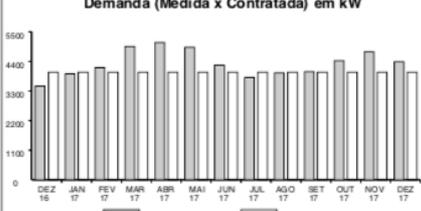
Fonte: UFPE, 2018

Figura 11 – Fatura da cabine 1 de janeiro/2018 da UFPE

<b>COMPANHIA ENERGÉTICA DE PERNAMBUCO</b> AV. JOÃO DE BARROS, 111, BOA VISTA, RECIFE, PERNAMBUCO CEP 50050-902 CNPJ 10.835.932/0001-08 INSCRIÇÃO ESTADUAL 0005943-93		 Grupo Neoenergia www.celpe.com.br		<b>COMERCIAL 1161 PRONTIDÃO 116</b> Atendimento ao deficiente auditivo ou de fala: 0800 281 0142 <b>Ouvidoria 0800 282 5599</b> Agência de Regulação dos Serviços Públicos Delegados do Estado de Pernambuco-ARPE: 0800-727-0167-Ligação Gratuita de Telefones Fixos Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL 167 - Ligação Gratuita de telefones fixos e móveis	
<b>NOTA FISCAL   FATURA   CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA 2ª VIA</b>					
<b>DADOS DO CLIENTE</b> UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO CNPJ: 24.134.488/0001-08		<b>DATA DE VENCIMENTO</b> <b>19/01/2018</b> <b>TOTAL A PAGAR (RS)</b> <b>0,00</b>	<b>DATA DA EMISSÃO DA NOTA FISCAL</b> <b>28/12/2017</b> <b>DATA DA APRESENTAÇÃO</b> <b>05/01/2018</b> <b>NÚMERO DA NOTA FISCAL</b> <b>003544437</b>	<b>CONTA CONTRATO</b> <b>2785423014</b> <b>Nº DO CLIENTE</b> <b>2001337951</b> <b>Nº DA INSTALAÇÃO</b> <b>2868582</b>	
<b>CLASSIFICAÇÃO</b> <b>A4 Horo-sazonal Verde</b> <b>PODER PÚBLICO - FEDERAL</b>					
<b>DEMONSTRATIVO DE CONSUMO DESTA NOTA FISCAL</b>					
DESCRIÇÃO DA FUNÇÃO	LEITURA		CONSTANTE	AJUSTE	CONSUMO / DEMANDA
	DE	ATÉ			
<b>Nº medidor - 3142888300 / Ciclo - 27/11/2017 a 27/12/2017 / Dias - 30</b>					
Data	271117	271217			
Hora	030000	031500			
Consumo Ativo Na Ponta	149.537,00	260.374,00	0,84000		93.103,0800000
Consumo Ativo Fora de Ponta	198.938,00	209.517,00	84,00000		888.636,0000000
Demanda Máxima Na Ponta	0,00	605,00	3,36000		2.032,8000000
Demanda Máxima Fora de Ponta	0,00	900,00	3,36000		3.024,0000000
Consumo Reativo Na Ponta	678.004,00	711.126,00	0,84000		27.822,4800000
Consumo Reativo Fora de Ponta	62.503,00	65.652,00	84,00000		264.516,0000000
Consumo Reativo Excedente Na Ponta	1.504,00	1.504,00	0,84000		0,0000000
Consumo Reativo Excedente Fora de Ponta	298,00	299,00	84,00000		84,0000000
Demanda Máxima Corrigida Na Ponta	0,00	2.211,00	0,84000		1.857,2400000
Demanda Máxima Corrigida Fora de Ponta	0,00	3.373,00	0,84000		2.833,3200000
<b>DADOS COMPLEMENTARES</b>			<b>VALORES CONTRATADOS</b>		
<b>Fator de Carga</b> Na Ponta: 0,73      Fora de Ponta: 0,45			Demanda: 2800,00		
DATA PREVISTA PARA A PRÓXIMA LEITURA    25/01/2018					

Fonte: UFPE, 2018

Figura 12 – Fatura da cabine 2 de janeiro/2018 da UFPE

<b>COMPANHIA ENERGÉTICA DE PERNAMBUCO</b> AV. JOÃO DE BARROS, 111, BOA VISTA, RECIFE, PERNAMBUCO CEP 50050-902 CNPJ 10.835.932/0001-08 INSCRIÇÃO ESTADUAL 0005943-93		 Grupo Neoenergia www.celpe.com.br		<b>COMERCIAL 1161 PRONTIDÃO 116</b> Atendimento ao deficiente auditivo ou de fala: 0800 281 0142 Ouvidoria 0800 282 5599 Agência de Regulação dos Serviços Públicos Delegados do Estado de Pernambuco-ARPE: 0800-727-0167-Ligação Gratuita de Telefones Fixos Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL 167 - Ligação Gratuita de telefones fixos e móveis																																																	
<b>NOTA FISCAL   FATURA   CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA 2ª VIA</b>																																																					
<b>DADOS DO CLIENTE</b> UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO UFPE Cabine 2  CNPJ: 24.134.488/0001-08  <b>ENDEREÇO</b> RUA CAMPUS UNIVERSITARIO -FT  CIDADE UNIVERSITARIA/RECIFE 50000-000 RECIFE PE		<b>DATA DE VENCIMENTO</b> <b>19/01/2018</b>  <b>TOTAL A PAGAR (R\$)</b> <b>0,00</b>		<b>DATA DA EMISSÃO DA NOTA FISCAL</b> <b>28/12/2017</b>  <b>DATA DA APRESENTAÇÃO</b> <b>05/01/2018</b>  <b>NÚMERO DA NOTA FISCAL</b> <b>003544438</b>																																																	
		<b>CONTA CONTRATO</b> <b>2791581012</b>  <b>Nº DO CLIENTE</b> <b>2001337951</b>  <b>Nº DA INSTALAÇÃO</b> <b>2868581</b>		<b>CLASSIFICAÇÃO</b> <b>A4 Horo-sazonal Verde</b> <b>PODER PÚBLICO - FEDERAL</b>  <b>RESERVADO AO FISCO</b> <b>9C3B.6C1B.8423.A919.B341.ADDF.4ACB.BF85</b>																																																	
<b>DESCRIÇÃO DA NOTA FISCAL E INFORMAÇÕES IMPORTANTES</b>																																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>DESCRIÇÃO</th> <th>QUANTIDADE</th> <th>PREÇO(R\$)</th> <th>VALOR(R\$)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Demanda Ativa(kW)</td> <td>4.384,8000000</td> <td>19,44523877</td> <td>85.263,48</td> </tr> <tr> <td>Demanda Ativa Ultrapassagem(kW)</td> <td>384,8000000</td> <td>38,89047755</td> <td>14.965,05</td> </tr> <tr> <td>Demanda Reativa Excedente.(kVAR)</td> <td>0,0000000</td> <td>19,44523877</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td colspan="4"><b>BANDEIRA VERMELHA</b></td> </tr> <tr> <td>Consumo Ativo Na Ponta(kWh)</td> <td>123.075,1200000</td> <td>2,03979124</td> <td>251.047,55</td> </tr> <tr> <td>Consumo Ativo Fora Ponta(kWh)</td> <td>1.213.464,0000000</td> <td>0,41406920</td> <td>502.458,06</td> </tr> <tr> <td>Consumo Reativo Exc. Na Ponta(kVARh)</td> <td>2.399,0400000</td> <td>0,33267086</td> <td>798,09</td> </tr> <tr> <td>Consumo Reativo Exc. Fora Ponta(kVARh)</td> <td>25.704,0000000</td> <td>0,33267086</td> <td>8.550,97</td> </tr> <tr> <td>Contribuição Iluminação Pública</td> <td></td> <td></td> <td>56,99</td> </tr> <tr> <td>Tributo Federal</td> <td></td> <td></td> <td>50.490,35</td> </tr> <tr> <td><b>TOTAL DA FATURA</b></td> <td></td> <td></td> <td><b>812.649,84</b></td> </tr> </tbody> </table>		DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	PREÇO(R\$)	VALOR(R\$)	Demanda Ativa(kW)	4.384,8000000	19,44523877	85.263,48	Demanda Ativa Ultrapassagem(kW)	384,8000000	38,89047755	14.965,05	Demanda Reativa Excedente.(kVAR)	0,0000000	19,44523877	0,00	<b>BANDEIRA VERMELHA</b>				Consumo Ativo Na Ponta(kWh)	123.075,1200000	2,03979124	251.047,55	Consumo Ativo Fora Ponta(kWh)	1.213.464,0000000	0,41406920	502.458,06	Consumo Reativo Exc. Na Ponta(kVARh)	2.399,0400000	0,33267086	798,09	Consumo Reativo Exc. Fora Ponta(kVARh)	25.704,0000000	0,33267086	8.550,97	Contribuição Iluminação Pública			56,99	Tributo Federal			50.490,35	<b>TOTAL DA FATURA</b>			<b>812.649,84</b>	  			
DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	PREÇO(R\$)	VALOR(R\$)																																																		
Demanda Ativa(kW)	4.384,8000000	19,44523877	85.263,48																																																		
Demanda Ativa Ultrapassagem(kW)	384,8000000	38,89047755	14.965,05																																																		
Demanda Reativa Excedente.(kVAR)	0,0000000	19,44523877	0,00																																																		
<b>BANDEIRA VERMELHA</b>																																																					
Consumo Ativo Na Ponta(kWh)	123.075,1200000	2,03979124	251.047,55																																																		
Consumo Ativo Fora Ponta(kWh)	1.213.464,0000000	0,41406920	502.458,06																																																		
Consumo Reativo Exc. Na Ponta(kVARh)	2.399,0400000	0,33267086	798,09																																																		
Consumo Reativo Exc. Fora Ponta(kVARh)	25.704,0000000	0,33267086	8.550,97																																																		
Contribuição Iluminação Pública			56,99																																																		
Tributo Federal			50.490,35																																																		
<b>TOTAL DA FATURA</b>			<b>812.649,84</b>																																																		
<b>TARIFAS APLICADAS</b> Demanda Ativa(kW) 13,60000000 Demanda Ativa Ultrapassagem(kW) 27,20000000 Demanda Reativa Excedente.(kVAR) 13,60000000 Consumo Ativo Na Ponta(kWh-VERMELHA) 1,42663000 Consumo Ativo Fora Ponta(kWh)-VERMELHA 0,28960000 Consumo Reativo Exc. Na Ponta(kVARh) 0,23267000 Consumo Reativo Exc. Fora Ponta(kVARh) 0,23267000																																																					
<b>INFORMAÇÕES DE TRIBUTOS</b>																																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">ICMS</th> <th colspan="2">PIS</th> <th colspan="2">COFINS</th> </tr> <tr> <th>BASE DE CÁLCULO</th> <th>%</th> <th>BASE DE CÁLCULO PIS/COFINS</th> <th>%</th> <th>VALOR DO IMPOSTO</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>863.083,20</td> <td>25,00</td> <td>863.083,20</td> <td>0,90</td> <td>7.767,74</td> <td>4,16</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>35.904,26</td> </tr> </tbody> </table>		ICMS		PIS		COFINS		BASE DE CÁLCULO	%	BASE DE CÁLCULO PIS/COFINS	%	VALOR DO IMPOSTO	%	863.083,20	25,00	863.083,20	0,90	7.767,74	4,16						35.904,26																												
ICMS		PIS		COFINS																																																	
BASE DE CÁLCULO	%	BASE DE CÁLCULO PIS/COFINS	%	VALOR DO IMPOSTO	%																																																
863.083,20	25,00	863.083,20	0,90	7.767,74	4,16																																																
					35.904,26																																																

Fonte: UFPE, 2018

Figura 13 – Fatura da cabine 2 de janeiro/2018 da UFPE

<b>COMPANHIA ENERGÉTICA DE PERNAMBUCO</b> AV. JOÃO DE BARROS, 111, BOA VISTA, RECIFE, PERNAMBUCO CEP 50050-902 CNPJ 10.835.932/0001-08 INSCRIÇÃO ESTADUAL 0005943-93		 Grupo Neoenergia www.celpe.com.br		<b>COMERCIAL 1161 PRONTIDÃO 116</b> Atendimento ao deficiente auditivo ou de fala: 0800 281 0142 <b>Ouvidoria 0800 282 5599</b> Agência de Regulação dos Serviços Públicos Delegados do Estado de Pernambuco-ARPE: 0800-727-0167-Ligação Gratuita de Telefones Fixos Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL 167 - Ligação Gratuita de telefones fixos e móveis	
<b>NOTA FISCAL   FATURA   CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA 2ª VIA</b>					
<b>DADOS DO CLIENTE</b> UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO CNPJ: 24.134.488/0001-08		<b>DATA DE VENCIMENTO</b> <b>19/01/2018</b> <b>TOTAL A PAGAR (RS)</b> <b>0,00</b>	<b>DATA DA EMISSÃO DA NOTA FISCAL</b> <b>28/12/2017</b> <b>DATA DA APRESENTAÇÃO</b> <b>05/01/2018</b> <b>NÚMERO DA NOTA FISCAL</b> <b>003544438</b>	<b>CONTA CONTRATO</b> <b>2791581012</b> <b>Nº DO CLIENTE</b> <b>2001337951</b> <b>Nº DA INSTALAÇÃO</b> <b>2868581</b>	
<b>CLASSIFICAÇÃO</b> <b>A4 Horo-sazonal Verde</b> <b>PODER PÚBLICO - FEDERAL</b>					
<b>DEMONSTRATIVO DE CONSUMO DESTA NOTA FISCAL</b>					
DESCRIÇÃO DA FUNÇÃO	LEITURA		CONSTANTE	AJUSTE	CONSUMO / DEMANDA
	DE	ATÉ			
<b>Nº medidor - 3010033767 / Ciclo - 27/11/2017 a 27/12/2017 / Dias - 30</b>					
Data	271117	271217			
Hora	030000	031500			
Consumo Ativo Na Ponta	463.495,00	610.013,00	0,84000		123.075,1200000
Consumo Ativo Fora de Ponta	128.413,00	142.859,00	84,00000		1213464,0000000
Demanda Máxima Na Ponta	0,00	821,00	3,36000		2.758,5600000
Demanda Máxima Fora de Ponta	0,00	1.305,00	3,36000		4.384,8000000
Consumo Reativo Na Ponta	791.977,00	861.274,00	0,84000		58.209,4800000
Consumo Reativo Fora de Ponta	496.502,00	503.323,00	84,00000		572.964,0000000
Consumo Reativo Excedente Na Ponta	230.007,00	232.863,00	0,84000		2.399,0400000
Consumo Reativo Excedente Fora de Ponta	16.295,00	16.601,00	84,00000		25.704,0000000
Demanda Máxima Corrigida Na Ponta	0,00	3.111,00	0,84000		2.613,2400000
Demanda Máxima Corrigida Fora de Ponta	0,00	5.019,00	0,84000		4.215,9600000
<b>DADOS COMPLEMENTARES</b>			<b>VALORES CONTRATADOS</b>		
<b>Fator de Carga</b>			<b>Demanda: 4000.00</b>		
Na Ponta: 0,71	Fora de Ponta: 0,42				
DATA PREVISTA PARA A PRÓXIMA LEITURA 25/01/2018					

Fonte: UFPE, 2018

### 3.1.1 Procedimentos para simulação

Da expressão (2.3) tem-se:

$$CUSTO = \frac{(TUSD_{montante\_consumido} + TUSD_{demanda\_contratada} + TE)}{1 - IMPOSTOS}$$

Como a análise está focada no valor ótimo de demanda contratada, podem ser desprezados os valores referentes às tarifas de consumo de energia ( $TUSD_{montante\_consumido}$  e  $TE$ ). Portanto, a expressão para saber o custo a ser pago pelo consumidor com relação a demanda será:

$$CUSTO = \frac{TUSD_{demanda\_contratada}}{1 - IMPOSTOS} \quad (2.8)$$

*IMPOSTOS* – São os valores médios de ICMS, PIS e CONFINS somados (ver tabela 5).

A UFPE recebe o crédito referente ao Tributo Federal (TF). Como foi mencionado, ele corresponde à um desconto de 5,85% que será incluído no valor da tarifa:

$$CUSTO = \frac{TUSD_{demanda\_contratada}}{1 - IMPOSTOS} \cdot (1 - TF) \quad (2.9)$$

A análise será feita a partir da simulação, primeiro, com modalidade contratual Verde e, posteriormente, com Azul. Para cada uma delas, será feita uma variação com passo de 1 kW do valor de demanda ativa contratada no intervalo 1000 a 8000 kW a fim de se obter os respectivos custos anuais. O valor de demanda que resultar num menor custo anual, será chamado de “valor ótimo”.

Tendo-se obtidos os valores ótimos, serão apresentados os resultados e, a partir daí, serão feitas comparações com os valores atuais do contrato da UFPE em cada unidade consumidora.

### 3.1.2 Simulação na modalidade verde

Na modalidade verde, o valor da tarifa de demanda ( $T_{TUSD_{DEM}}$ ) é único. Da expressão (2.5):

$$TUSD_{demanda\_contratada} = DEMANDA \cdot T_{TUSD_{DEM}}$$

Quando há ultrapassagem de demanda, a multa corresponde ao pagamento de 3 vezes o valor da demanda ultrapassada. Portanto, o valor faturado considerando multas é:

$$\begin{aligned}
 T_{USD_{demanda\_contratada}}^{multa} & \quad (2.10) \\
 & = DEMANDA \cdot T_{TUSD_{DEM}} + (3 \cdot T_{TUSD_{DEM}} \\
 & \quad \cdot DEMANDA_{ultrapassagem})
 \end{aligned}$$

Conforme resolução homologatória vigente, o valor da tarifa atual de demanda na modalidade verde é

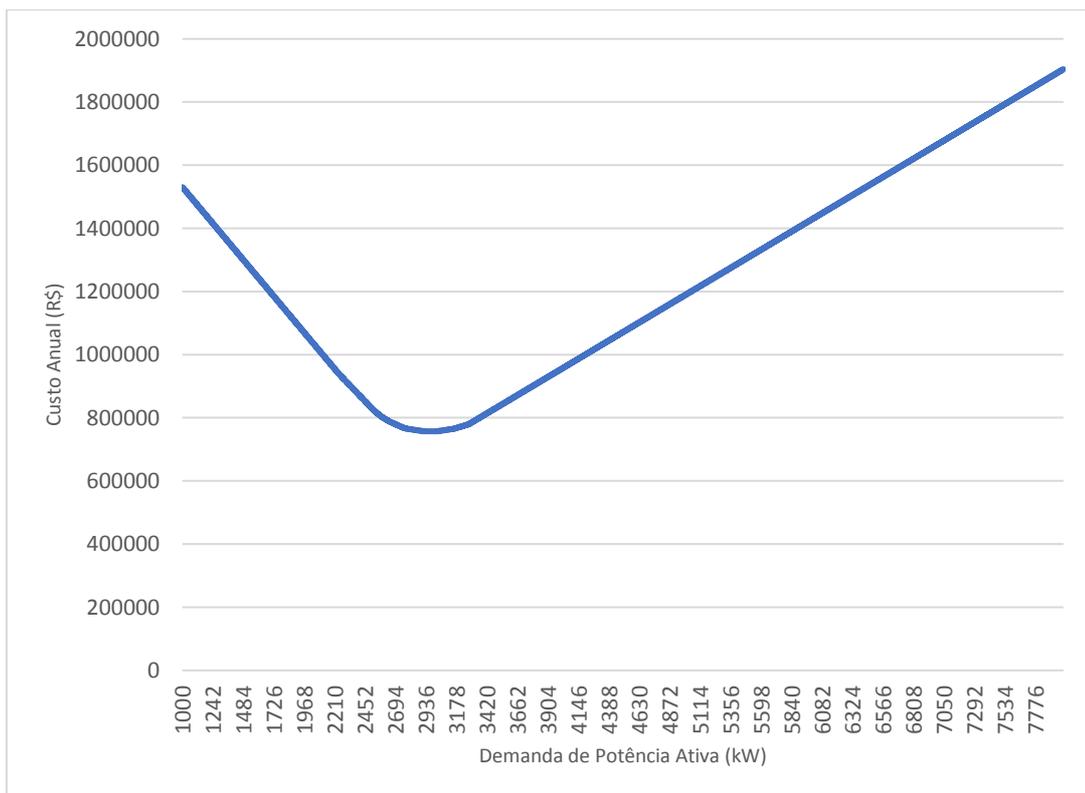
$$T_{TUSD_{DEM}} = 14,84 \text{ R\$/kW}$$

Variando os valores de demanda contratada (*DEMANDA*) de modo que

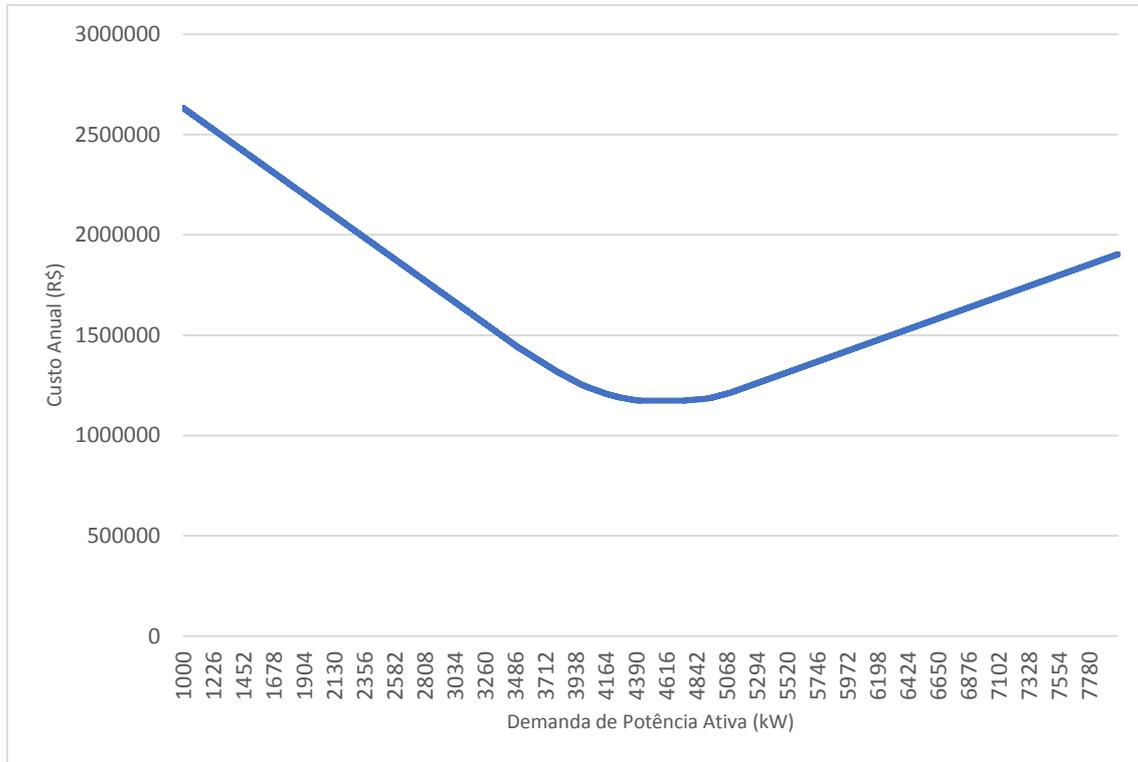
$$1000 \text{ kW} \leq DEMANDA \leq 8000 \text{ kW}$$

É possível obter os gráficos de Demanda Contratada x Custo Anual para as cabines 1 e 2, como nos Gráficos 1 e 2.

**Gráfico 1 – Custo Anual x Demanda de Potência Ativa – Cabine 1 – Verde**



Fonte: O autor, 2019

**Gráfico 2 – Custo Anual x Demanda de Potência Ativa – Cabine 2 – Verde**

Fonte: O autor, 2019

Nas Tabelas 8 e 9 encontram-se os valores ótimos de demanda de potência (valores mínimos nas curvas nos Gráficos 1 e 2) e seus respectivos custos anuais para cada unidade consumidora:

**Tabela 8 – Valores ótimos – Cabine 1**

VERDE	
Cabine 1	
Custo Anual (R\$)	Demanda Ativa (kW)
757.257,7562	2.925

Fonte: O autor, 2019

**Tabela 9 – Valores ótimos – Cabine 2**

VERDE	
Cabine 2	
Custo Anual (R\$)	Demanda Ativa (kW)
1.173.669,558	4.456

Fonte: O autor, 2019

Como já exposto, os valores contratados segundo as faturas de energia são 2800 kW e 4000 kW para as cabines 1 e 2, respectivamente. O resultado para cabine 1 foi mais próximo ao de contrato, como era de se esperar, já que houve menos multas (33,33% dos meses do histórico) de ultrapassagem de demanda em relação a cabine 2 (58,33% dos meses do histórico). Nota-se que valores muito abaixo ou muito acima da potência ótima resulta em custos elevadíssimos.

Vale citar que esses valores ótimos não são os únicos a produzir os menores custos anuais. Há outros valores de demanda de potência que retornam os mesmos custos. Os dados das Tabelas 8 e 9 são apenas os menores valores ótimos de demanda entre os demais obtidos. As Tabelas 10 e 11 expõem todas as potências ótimas que retornam o menor custo anual.

**Tabela 10 – Todos os valores ótimos – Cabine 1**

Cabine 1	
Demanda Ativa (kW)	Custo Anual (R\$)
2.925	757.257,7562
2.932	757.257,7562
2.959	757.257,7562
2.986	757.257,7562
2.992	757.257,7562
2.999	757.257,7562
3.013	757.257,7562

**Fonte: O autor, 2019**

**Tabela 11 – Todos os valores ótimos – Cabine 2**

Cabine 2	
Demanda Ativa (kW)	Custo Anual (R\$)
4.456	1.173.669,558
4.497	1.173.669,558
4.510	1.173.669,558
4.523	1.173.669,558
4.551	1.173.669,558
4.577	1.173.669,558
4.618	1.173.669,558
4.673	1.173.669,558
4.698	1.173.669,558
4.727	1.173.669,558

**Fonte: O autor, 2019**

Os valores ótimos de demanda para ambas as unidades consumidoras são maiores do que os valores contratados. A Tabela 12 faz uma comparação entre estes:

**Tabela 12 – Valores contratados x Valores ótimos**

	Valor Contratado	Valor Ótimo
Demanda C1 (kW)	2.800	2.925
Demanda C2 (kW)	4.000	4.456
Custo Anual C1 (R\$)	764.387,8671	757.257,756
Custo Anual C2 (R\$)	1.248.559,521	1.173.669,56
Custo Anual Total (R\$)	2.012.947,388	1.930.927,31
Economia Anual Total (R\$)	82.020,07376	

Fonte: O autor, 2019

A economia anual (R\$ 82.020,07) corresponde a um valor de, aproximadamente, 4,25% do total contratual que é pago em demanda de potência pela UFPE.

### 3.1.3 Simulação na modalidade azul

Na modalidade azul, as aplicações de tarifas de demanda se dão por meio diferente da modalidade verde, pois o consumidor paga por dois valores de demanda contratada: demanda contratada de Ponta e Fora de Ponta.

Nesse caso, é preciso analisar o consumo na ponta e fora de ponta individualmente em cada mês do histórico de faturas. Então, acha-se o valor ótimo de cada posto no seu respectivo mês.

Como os componentes analisados nesta modalidade são diferentes da modalidade contratual da UFPE (verde), não é possível fazer uma análise comparativa direta. Porém, é possível fazer a comparação sobre quanto a universidade iria pagar a mais ou a menos em relação ao histórico analisado neste trabalho, caso houvesse uma mudança contratual para a modalidade azul, a partir dos valores ótimos nesta.

Da expressão (2.6):

$$TUSD_{demanda\_contratada} = DEMANDA_P \cdot T_{TUSD_{DEMP}} + DEMANDA_{FP} \cdot T_{TUSD_{DEMP}}$$

Quando há ultrapassagem de demanda, seja na ponta ou fora de ponta, a multa corresponde ao pagamento de 3 vezes o valor da demanda ultrapassada do respectivo posto. Portanto, o valor faturado considerando multas é

$$TUSD_{demanda\_contratada}^{multa} = DEMANDA_P \cdot T_{TUSD_{DEM_P}} + (3 \cdot DEMANDA_P^{ultrapassagem} \cdot T_{TUSD_{DEM_P}}) + DEMANDA_{FP} \cdot T_{TUSD_{DEM_{FP}}} + (3 \cdot DEMANDA_{FP}^{ultrapassagem} \cdot T_{TUSD_{DEM_{FP}}}) \quad (2.11)$$

Conforme resolução homologatória vigente, os valores das tarifas atuais de demanda na ponta e fora de ponta são:

$$T_{TUSD_{DEM_P}} = 42,43 \text{ R\$/kW}$$

$$T_{TUSD_{DEM_{FP}}} = 14,84 \text{ R\$/kW}$$

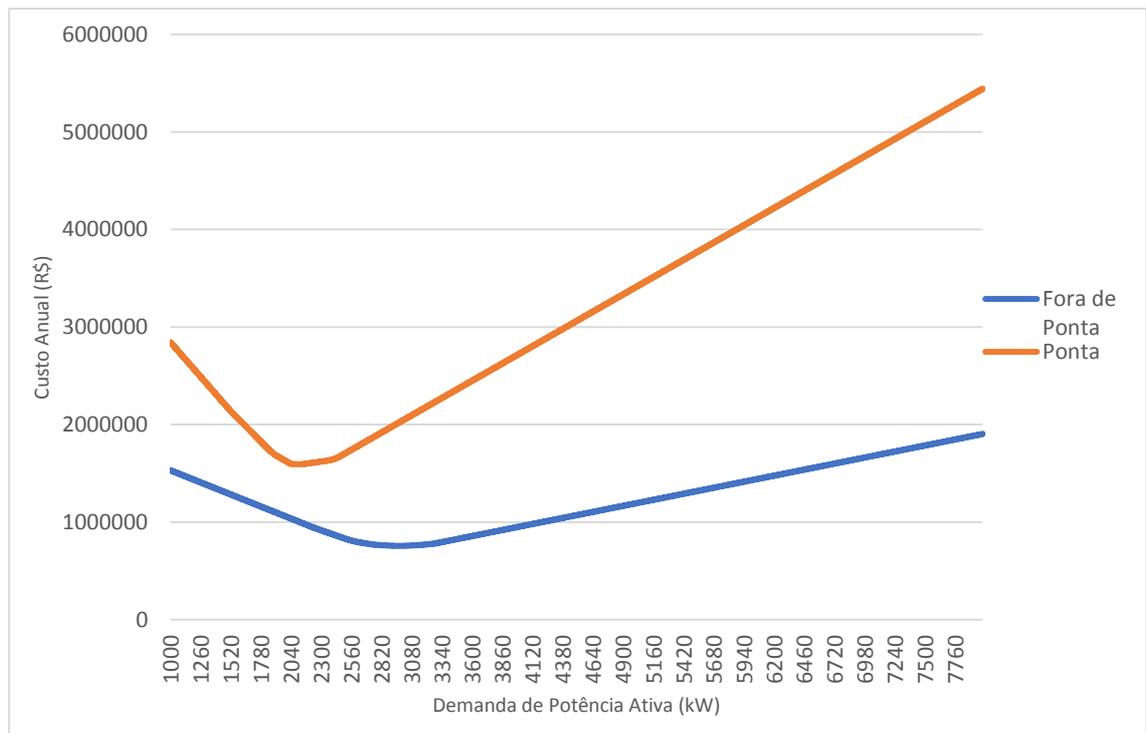
Variando os valores de demanda contratada na ponta e fora de ponta ( $DEMANDA_P$  e  $DEMANDA_{FP}$ ) de modo que

$$1000 \text{ kW} \leq DEMANDA_P \leq 8000 \text{ kW}$$

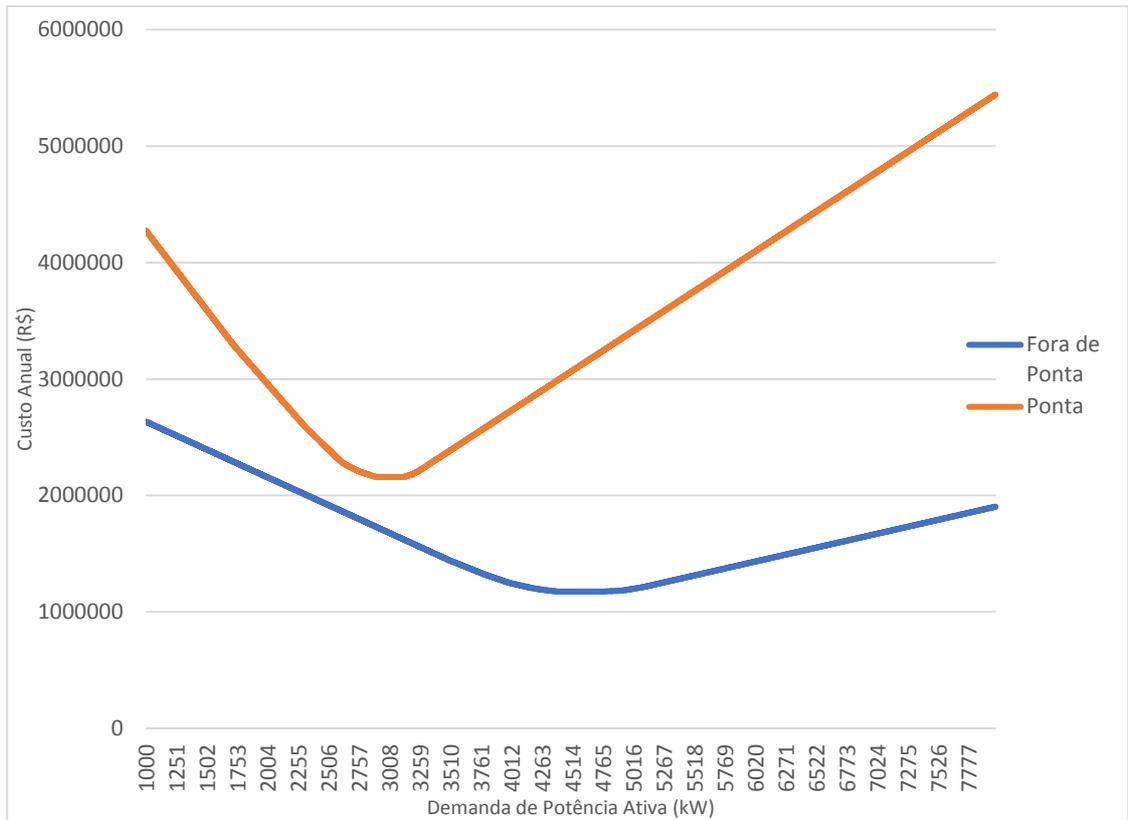
$$1000 \text{ kW} \leq DEMANDA_{FP} \leq 8000 \text{ kW}$$

É possível obter os gráficos de Demanda Contratada x Custo Anual para as cabines 1 e 2, em cada posto, como demonstrado nos Gráficos 3 e 4:

**Gráfico 3 – Custo Anual x Demanda de Potência Ativa – Cabine 1 – Azul**



Fonte: O autor, 2019

**Gráfico 4 – Custo Anual x Demanda de Potência Ativa – Cabine 2 – Azul**

Fonte: O autor, 2019

Nas Tabelas 13 a 17 encontram-se os valores ótimos de demanda de potência (valores mínimos nas curvas dos gráficos dos dois gráficos acima) e seus respectivos custos anuais para cada unidade consumidora:

**Tabela 13 – Valores ótimos – Cabine 1**

AZUL			
Cabine 1			
Ponta		Fora de Ponta	
Custo Anual (R\$)	Demanda Ativa (kW)	Custo Anual (R\$)	Demanda Ativa (kW)
1.592.978,299	2.074	757.257,7562	2925

Fonte: O autor, 2019

**Tabela 14 – Custo anual na modalidade azul – Cabine 1**

Cabine 1
Custo Total Anual (R\$)
2.350.236,055

Fonte: O autor, 2019

**Tabela 15 – Valores ótimos – Cabine 2**

AZUL			
Cabine 2			
Ponta		Fora de Ponta	
Custo Anual (R\$)	Demanda Ativa (kW)	Custo Anual (R\$)	Demanda Ativa (kW)
2.158.837,114	2.928	1.173.669,558	4.456

Fonte: O autor, 2019

**Tabela 16 – Custo anual na modalidade azul – Cabine 2**

Cabine 2
Custo Total Anual (R\$)
3.332.506,672

Fonte: O autor, 2019

O resultado para os valores ótimos na modalidade azul gera um custo muito acima do pago através da modalidade contratual referente ao histórico de faturas e, principalmente, acima dos valores ótimos da modalidade verde. A Tabela 17 expõe tal diferença:

**Tabela 17 – Comparativo dos custos ótimos de demanda entre as modalidades verde e azul**

	Custo (R\$)
Verde (ótimo)	1.930.927,31
Azul	5.682.742,727
Diferença	3.751.815,42

Fonte: O autor, 2019

Devido ao pagamento com tarifas diferentes de demanda para ponta e fora de ponta, na modalidade azul, há um custo extremamente mais elevado em relação a este aspecto da fatura. Quando o consumidor incorre em multa por ultrapassagem de demanda, terá que arcar com custos muito maiores, principalmente se a ultrapassagem de demanda for em horário de ponta, já que o custo neste posto é consideravelmente maior.

A custo anual nesta modalidade (R\$ 5.682.742,727) corresponde a 2,94 vezes do total contratual que seria pago em demanda de potência ótima na modalidade Verde pela UFPE.

### 3.1.4 Cálculo dos custos de consumo

Ainda que os custos para a demanda sejam mais econômicos na modalidade Verde, os custos de consumo de energia em modalidade precisam ser somados ao da demanda contratada para se concluir qual modalidade será menos custosa.

Para se obter o custo anual de consumo, basta utilizar os valores de consumidos em cada mês na ponta e fora de ponta e, então, multiplicar pelas respectivas tarifas de ponta e fora de ponta. Essas tarifas são dadas pelas expressões 3.1 e 3.2.

$$T_{consumo_P} = TUSD_P + TE_P \quad (3.1)$$

$$T_{consumo_FP} = TUSD_{FP} + TE_{FP} \quad (3.2)$$

Na modalidade Verde, segundo Resolução Homologatória atual (vigente de abril de 2019 até abril de 2020) os valores para  $TUSD_P$ ,  $TUSD_{FP}$ ,  $TE_P$ ,  $TE_{FP}$  são:

$$TUSD_P = 1.085,18 \text{ R\$/MWh} \quad (3.3)$$

$$TUSD_{FP} = 54,49 \text{ R\$/MWh} \quad (3.4)$$

$$TE_P = 396,06 \text{ R\$/MWh} \quad (3.5)$$

$$TE_{FP} = 237,76 \text{ R\$/MWh} \quad (3.6)$$

Portanto, as tarifas de consumo a serem aplicadas na modalidade verde são:

$$T_{consumo_P_verde} = 1.481,24 \text{ R\$/MWh} \quad (3.7)$$

$$T_{consumo_FP_verde} = 292,25 \text{ R\$/MWh} \quad (3.8)$$

Na modalidade Azul, segundo Resolução Homologatória atual (vigente de abril de 2019 até abril de 2020) os valores para  $TUSD_P$ ,  $TUSD_{FP}$ ,  $TE_P$ ,  $TE_{FP}$  são:

$$TUSD_P = 54,49 \text{ R\$/MWh} \quad (3.9)$$

$$TUSD_{FP} = 54,49 \text{ R\$/MWh} \quad (3.10)$$

$$TE_P = 396,06 \text{ R\$/MWh} \quad (3.11)$$

$$TE_{FP} = 237,76 \text{ R\$/MWh} \quad (3.12)$$

Portanto, as tarifas de consumo a serem aplicadas na modalidade verde são:

$$T_{consumo_P_verde} = 450,55 \text{ R\$/MWh} \quad (3.13)$$

$$T_{consumo_FP_verde} = 292,25 \text{ R\$/MWh} \quad (3.14)$$

O custo de consumo ( $TUSD_{consumo}$ ) em cada mês será, então, dado pela seguinte expressão:

$$TUSD_{consumo} = CONSUMO_P \cdot T_{consumo_P} + CONSUMO_{FP} \cdot T_{consumo_{FP}} \quad (3.15)$$

Onde:

$CONSUMO_P$  – Energia consumida no mês na ponta.

$CONSUMO_{FP}$  – Energia consumida no mês fora da ponta.

Os valores de consumo na ponta e fora de ponta podem ser verificados nas Tabelas 6 e 7 já vistas.

#### 3.1.4.1 Custo anual de consumo na modalidade verde

Após somar o valor calculado mês a mês, tem-se que, na modalidade verde, o custo de consumo de energia elétrica é dado pela Tabela 18.

**Tabela 18 – Custos de consumo de energia para a cabine 1**

CUSTO ANUAL DE CONSUMO		
Cabine 1	Cabine 2	Total
6.202.151,1	8.568.076,12	14.770.227,2

Fonte: O autor, 2019

#### 3.1.4.2 Custo anual de consumo na modalidade azul

Após somar o valor calculado mês a mês, tem-se que, na modalidade verde, o custo de consumo de energia elétrica é dado pela Tabela 19.

**Tabela 19 – Custos de consumo de energia para a cabine 2**

CUSTO DE CONSUMO		
Cabine 1	Cabine 2	Total
4.688.290,51	6.496.511,04	11.184.801,5

Fonte: O autor, 2019

#### 3.1.5 Resultado comparativo final

Unindo os valores obtidos para os gastos com energia consumida com os valores ótimos de demanda de potência, em cada modalidade (Azul e Verde), tem-se o resultado exposto na Tabela 20

**Tabela 20 – Comparativo final dos custos entre as modalidades**

Custo Consumo + Demanda (R\$)		
VERDE	AZUL	DIFERENÇA
16.701.154,53	16.867.544,28	166.389,747

Fonte: O autor, 2019

Tem-se então que permanecer na modalidade Verde, considerando exatamente o histórico verificado de fevereiro de 2017 a janeiro de 2018, é a melhor opção contratual para a UFPE, pois há uma economia de R\$ 166.389,75 em relação à Azul.

#### 4 RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados das simulações trouxeram alguns resultados esperados. A simulação feita na modalidade verde mostra que há valores de demanda de potência a serem contratados que podem se adequar melhor ao tipo de consumo da UFPE, principalmente quando se considera o fato da carga ter tendência constante de crescimento. Dentre os valores ótimos encontrados na modalidade verde, o menor valor não é, necessariamente, a melhor opção, graças ao crescimento da carga, como mencionado. Em todo caso, levando-se em conta um consumo igual ao visto nas faturas, o contrato ideal para cada cabine seria 2925 kW e 4456 kW, respectivamente. Tais valores gerariam uma economia de 4,07% no gasto anual (R\$ 82.020,07). A economia na cabine 2 foi mais expressiva, como esperado, pois nesta ocorria ultrapassagem de demanda mais frequentemente.

Apesar da economia total registrada ser pequena em relação ao gasto anual, ela merece ser considerada pois todos os consumidores devem mirar no menor custo possível nas suas instalações. Além disso, o custo com o pagamento de multas pode aumentar a medida que o tempo passa e que a carga cresce.

Na modalidade Azul, confirmou-se que essa não se adequa tão bem ao perfil de consumo da universidade, pelo menos quando se vê pela perspectiva de demanda contratada. Em relação ao custo de consumo de energia, essa modalidade é consideravelmente mais econômica, porém não o suficiente para compensar a demanda mais cara desta em relação à verde.

Espera-se que esse trabalho possa servir como um guia para análise que outros consumidores queiram fazer, eventualmente. Os algoritmos utilizados para se chegar aos resultados estão nos Apêndices.

Uma sugestão para futuros trabalhos é a realização de estudos que foquem em outros aspectos da fatura que possam gerar economia para a universidade. Pelas faturas obtidas, verificou-se que há multas constantes por consumo excessivo de reativo. Além disso, podem ser feitas simulações focadas nos componentes relativos ao consumo de energia (R\$/MWh) na modalidade Azul. São problemáticas interessantes de serem analisadas.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. **Resolução Homologatória N° 2.535, de 23 de abril de 2019**. Homologa o resultado do reajuste tarifário anual, as Tarifas de Energia - TE e as Tarifas de Uso dos Sistemas de Distribuição - TUSD, referentes à Companhia Energética de Pernambuco - Celpe., Brasília - DF, abr. 2018.

BRASIL. **Resolução Normativa N° 414, de 9 de setembro de 2010**. Estabelece As Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica de forma atualizada e consolidada. Brasília - DF, set. 2010.

EPE. **BEN – Balanço Energético Nacional**. Ministério de Minas e Energia. Brasília, p. 31. 2018

KABBAZ, D. F. **Introdução ao mercado livre de energia**: indicativos de viabilidade econômica para migração. 2018. 41 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2018.

SANTOS, A. H. M. et al. **Conservação de energia**: eficiência energética de equipamentos e instalações. 3. ed. Itajubá: Eletrobrás/ Procel Educação, 2006.

SGT - Superintendência de Gestão Tarifária. **Tarifas consumidores**: bandeiras tarifárias. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/tarifas-consumidores/-/asset\\_publisher/e2INtBH4EC4e/content/bandeira-tarifaria/654800?inheritRedirect=false](http://www.aneel.gov.br/tarifas-consumidores/-/asset_publisher/e2INtBH4EC4e/content/bandeira-tarifaria/654800?inheritRedirect=false)> Acesso em: 25 de Mai. 2019.

SGT - Superintendência de Gestão Tarifária. **Entendendo a tarifa**: como é composta a tarifa. Disponível em: < [http://www.aneel.gov.br/entendendo-a-tarifa/-/asset\\_publisher/uQ5pCGhnyj0y/content/composicao-da-tarifa/654800?inheritRedirect=false&redirect=http%3A%2F%2Fwww.aneel.gov.br%2Fentendendo-a-tarifa%3Fp\\_p\\_id%3D101\\_INSTANCE\\_uQ5pCGhnyj0y%26p\\_p\\_lifecycle%3D0%26p\\_p\\_state%3Dnormal%26p\\_p\\_mode%3Dview%26p\\_p\\_col\\_id%3Dcolumn-2%26p\\_p\\_col\\_pos%3D1%26p\\_p\\_col\\_count%3D2](http://www.aneel.gov.br/entendendo-a-tarifa/-/asset_publisher/uQ5pCGhnyj0y/content/composicao-da-tarifa/654800?inheritRedirect=false&redirect=http%3A%2F%2Fwww.aneel.gov.br%2Fentendendo-a-tarifa%3Fp_p_id%3D101_INSTANCE_uQ5pCGhnyj0y%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-2%26p_p_col_pos%3D1%26p_p_col_count%3D2)> Acesso em: 25 de Mai. 2019.

SGT - Superintendência de Gestão Tarifária. **Entendendo a tarifa**: entenda a parcela A. Disponível em: < [http://www.aneel.gov.br/entendendo-a-tarifa/-/asset\\_publisher/uQ5pCGhnyj0y/content/parcela-a/654800?inheritRedirect=false&redirect=http%3A%2F%2Fhwe100%3A8080%2Fweb%2Fguest%2Fentendendo-a-tarifa%3Fp\\_p\\_id%3D101\\_INSTANCE\\_uQ5pCGhnyj0y%26p\\_p\\_lifecycle%3D0%26p\\_p\\_state%3Dnormal%26p\\_p\\_mode%3Dview%26p\\_p\\_col\\_id%3Dcolumn-2%26p\\_p\\_col\\_pos%3D1%26p\\_p\\_col\\_count%3D2](http://www.aneel.gov.br/entendendo-a-tarifa/-/asset_publisher/uQ5pCGhnyj0y/content/parcela-a/654800?inheritRedirect=false&redirect=http%3A%2F%2Fhwe100%3A8080%2Fweb%2Fguest%2Fentendendo-a-tarifa%3Fp_p_id%3D101_INSTANCE_uQ5pCGhnyj0y%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-2%26p_p_col_pos%3D1%26p_p_col_count%3D2)> Acesso em: 25 de Mai. 2019.

SGT - Superintendência de Gestão Tarifária. **Entendendo a tarifa**: o que é a parcela B?. Disponível em: < [http://www.aneel.gov.br/entendendo-a-tarifa/-/asset\\_publisher/uQ5pCGhnyj0y/content/parcela-b/654800?inheritRedirect=false&redirect=http%3A%2F%2Fhwe100%3A8080%2Fweb%2Fguest%2Fentendendo-a-tarifa%3Fp\\_p\\_id%3D101\\_INSTANCE\\_uQ5pCGhnyj0y%26p\\_p\\_lifecycle%3D0%26p\\_p\\_state%3Dnormal%26p\\_p\\_mode%3Dview%26p\\_p\\_col\\_id%3Dcolumn-2%26p\\_p\\_col\\_pos%3D1%26p\\_p\\_col\\_count%3D2](http://www.aneel.gov.br/entendendo-a-tarifa/-/asset_publisher/uQ5pCGhnyj0y/content/parcela-b/654800?inheritRedirect=false&redirect=http%3A%2F%2Fhwe100%3A8080%2Fweb%2Fguest%2Fentendendo-a-tarifa%3Fp_p_id%3D101_INSTANCE_uQ5pCGhnyj0y%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-2%26p_p_col_pos%3D1%26p_p_col_count%3D2)>

tarifa%3Fp\_p\_id%3D101\_INSTANCE\_uQ5pCGhnyj0y%26p\_p\_lifecycle%3D0%26p\_p\_stat  
e%3Dnormal%26p\_p\_mode%3Dview%26p\_p\_col\_id%3Dcolumn-  
2%26p\_p\_col\_pos%3D1%26p\_p\_col\_count%3D2> Acesso em: 27 de Mai. 2019.

SGT - Superintendência de Gestão Tarifária. **Calendário tarifário de distribuição.**

Disponível em: < [http://www.aneel.gov.br/calendario\\_processos\\_tarifarios](http://www.aneel.gov.br/calendario_processos_tarifarios)> Acesso em: 27  
de Mai. 2019.

**ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica.** Disponível em:

<<http://www.aneel.gov.br/a-aneel>> Acesso em: 18 de Jun. 2019.

## APÊNCICE A – ALGORÍTMO EM PYTHON PARA SIMULAÇÃO VERDE – C1

```

# SIMULAÇÃO VERDE CABINE 1

# Histórico de demanda medida cabine 1 (kW)
cabine1 = {
    'fev': 2782.08,
    'mar': 3272.64,
    'abr': 3276.0,
    'mai': 3155.04,
    'jun': 2647.68,
    'jul': 2513.28,
    'ago': 2553.6,
    'set': 2590.56,
    'out': 2751.84,
    'nov': 2919.84,
    'dez': 3024.0,
    'jan': 2241.12,
}

# Tributo Federal
TF = 0.0585

# Valores médios dos impostos
PIS = 0.0081
CONFINS = 0.0374
ICMS = 0.25

IMPOSTOS = PIS + CONFINS + ICMS

# Tarifa de Demanda Verde (R$/kW)
Tdemanda_verde = 14.84

# Demanda contratada atualmente cabine 1
demanda_atual = 2800

# Valores de demanda contratada no intervalo de 1000 a 8000
DEMANDA = range(1000, 8001)

Resultados = dict()

for demanda in DEMANDA:
    Total = 0

    for consumo in cabine1.values():

        if consumo <= demanda:
            Custo = ((Tdemanda_verde * demanda)*(1 - TF))/(1 - IMPOSTOS)
        else:
            Custo = ((Tdemanda_verde * demanda + 3 * Tdemanda_verde * (consumo - demanda)) * (1 - TF))/(1 - IMPOSTOS)

        Total += Custo

# Resultado contem o custo anual para cada valor de demanda contratada
Resultados[demanda] = Total

```

```

# OUTPUT
print("*** * len("Modalidade Verde"))
print("Modalidade Verde")
print("*** * len("Modalidade Verde"))
print()
print('==> Resultados (Valores Ótimos) <==\n')
for key, value in Resultados.items():
    if value == min(Resultados.values()):
        print('Demanda: {}kW - Custo Anual: R$ {}'.format(key, value))

print("Demanda Contratada Atualmente: {}kW - Custo atual: R$ {}".format(demanda_atual,
Resultados[demanda_atual]))
print('ECONOMIA ANUAL (CABINE 1): R$ {}'.format(Resultados[demanda_atual] - min(Resultados.values())))

```

#### OUTPUT:

\*\*\*\*\*

Modalidade Verde

\*\*\*\*\*

==> Resultados (Valores Ótimos) <==

Demanda: 2925kW - Custo Anual: R\$ 757257.7562163234

Demanda: 2932kW - Custo Anual: R\$ 757257.7562163234

Demanda: 2959kW - Custo Anual: R\$ 757257.7562163234

Demanda: 2986kW - Custo Anual: R\$ 757257.7562163234

Demanda: 2992kW - Custo Anual: R\$ 757257.7562163234

Demanda: 2999kW - Custo Anual: R\$ 757257.7562163234

Demanda: 3013kW - Custo Anual: R\$ 757257.7562163234

Demanda Contratada Atualmente: 2800kW - Custo atual: R\$ 764387.8670853088

ECONOMIA ANUAL (CABINE 1): R\$ 7130.110868985415

## APÊNDICE B – ALGORÍTMO EM PYTHON PARA SIMULAÇÃO VERDE – C2

```

# SIMULAÇÃO VERDE CABINE 2

# Histórico de demanda medida cabine 2 (kW)
cabine2 = {
    'fev': 4173.12,
    'mar': 4952.64,
    'abr': 5100.48,
    'mai': 4922.4,
    'jun': 4263.84,
    'jul': 3800.16,
    'ago': 3971.52,
    'set': 4015.2,
    'out': 4421.76,
    'nov': 4751.04,
    'dez': 4384.8,
    'jan': 3504.48,
}

# Tributo Federal
TF = 0.0585

# Valores médios dos impostos
PIS = 0.0081
CONFINS = 0.0374
ICMS = 0.25

IMPOSTOS = PIS + CONFINS + ICMS

# Tarifa de Demanda Verde (R$/kW)
Tdemanda_verde = 14.84

# Demanda contratada atualmente cabine 1 (kW)
demanda_atual = 4000

# Valores de demanda contratada no intervalo de 1000 a 8000 kW
DEMANDA = range(1000, 8001)

Resultados = dict()

for demanda in DEMANDA:
    Total = 0

    for consumo in cabine2.values():

        if consumo <= demanda:
            Custo = ((Tdemanda_verde * demanda)*(1 - TF))/(1 - IMPOSTOS)
        else:
            Custo = ((Tdemanda_verde * demanda + 3 * Tdemanda_verde * (consumo - demanda)) * (1 - TF))/(1 - IMPOSTOS)

        Total += Custo

# Resultado contem o custo anual para cada valor de demanda contratada
Resultados[demanda] = Total

```

```

# OUTPUT
print("*** * len("Modalidade Verde"))
print("Modalidade Verde")
print("*** * len("Modalidade Verde"))
print()

print("==> Resultados (Valores Ótimos) <==\n")
for key, value in Resultados.items():
    if value == min(Resultados.values()):
        print('Demanda: {}kW - Custo Anual: R$ {}'.format(key, value))

print("Demanda Contratada Atualmente: {}kW - Custo atual: R$ {}".format(demanda_atual,
Resultados[demanda_atual]))
print("ECONOMIA ANUAL (CABINE 2): R$ {}".format(Resultados[demanda_atual] - min(Resultados.values()))))

```

OUTPUT:

\*\*\*\*\*

Modalidade Verde

\*\*\*\*\*

==> Resultados (Valores Ótimos) <==

Demanda: 4456kW - Custo Anual: R\$ 1173669.5582750882

Demanda: 4497kW - Custo Anual: R\$ 1173669.5582750882

Demanda: 4510kW - Custo Anual: R\$ 1173669.5582750882

Demanda: 4523kW - Custo Anual: R\$ 1173669.5582750882

Demanda: 4551kW - Custo Anual: R\$ 1173669.5582750882

Demanda: 4577kW - Custo Anual: R\$ 1173669.5582750882

Demanda: 4618kW - Custo Anual: R\$ 1173669.5582750882

Demanda: 4673kW - Custo Anual: R\$ 1173669.5582750882

Demanda: 4698kW - Custo Anual: R\$ 1173669.5582750882

Demanda: 4727kW - Custo Anual: R\$ 1173669.5582750882

Demanda Contratada Atualmente: 4000kW - Custo atual: R\$ 1248559.5211673526

ECONOMIA ANUAL (CABINE 2): R\$ 74889.96289226436

## APÊNCICE C – ALGORÍTMO EM PYTHON PARA SIMULAÇÃO AZUL – C1

```
# SIMULAÇÃO AZUL CABINE 1
```

```
# Histórico de demanda medida cabine 1 (kW)
```

```
cabine1 = {
    'fev': (1858.08, 2782.08),
    'mar': (2449.44, 3272.64),
    'abr': (2409.12, 3276.0),
    'mai': (2372.16, 3155.04),
    'jun': (2032.8, 2647.68),
    'jul': (2042.88, 2513.28),
    'ago': (1895.04, 2553.6),
    'set': (1905.12, 2590.56),
    'out': (2063.04, 2751.84),
    'nov': (2133.6, 2919.84),
    'dez': (2032.8, 3024.0),
    'jan': (1525.44, 2241.12),
}
```

```
# Tributo Federal
```

```
TF = 0.0585
```

```
# Valores médios dos impostos
```

```
PIS = 0.0081
```

```
CONFINS = 0.0374
```

```
ICMS = 0.25
```

```
IMPOSTOS = PIS + CONFINS + ICMS
```

```
# Tarifa de Demanda Azul P e FP (R$/kW)
```

```
Tdemanda_azul_p = 42.43
```

```
Tdemanda_azul_fp = 14.84
```

```
# Valores de demanda contratada no intervalo de 1000 a 8000 para P e FP
```

```
DEMANDA_p = range(1000, 8001)
```

```
DEMANDA_fp = range(1000, 8001)
```

```
Resultados_p = dict()
```

```
for demanda_p in DEMANDA_p:
```

```
    Total = 0
```

```
    for consumo in cabine1.values():
```

```
        if consumo[0] <= demanda_p:
```

```
            Custo_p = ((Tdemanda_azul_p * demanda_p)*(1 - TF))/(1 - IMPOSTOS)
```

```
        else:
```

```
            Custo_p = ((Tdemanda_azul_p * demanda_p + 3 * Tdemanda_azul_p * (consumo[0] - demanda_p)) * (1 - TF))/(1 - IMPOSTOS)
```

```
            Total += Custo_p
```

```
# Resultados_p contêm o custo anual para cada valor de demanda contratada
```

```
Resultados_p[demanda_p] = Total
```

```

Resultados_fp = dict()

for demanda_fp in DEMANDA_fp:
    Total = 0

    for consumo in cabine1.values():

        if consumo[1] <= demanda_fp:
            Custo_fp = ((Tdemanda_azul_fp * demanda_fp)*(1 - TF))/(1 - IMPOSTOS)
        else:
            Custo_fp = ((Tdemanda_azul_fp * demanda_fp + 3 * Tdemanda_azul_fp * (consumo[1] - demanda_fp)) *
(1 - TF))/(1 - IMPOSTOS)

        Total += Custo_fp

    # Resultados_fp contém o custo anual para cada valor de demanda contratada
    Resultados_fp[demanda_fp] = Total

# OUTPUT
print("*** * len("Modalidade Azul")
print("Modalidade Azul")
print("*** * len("Modalidade Azul")
print()

print("==> Resultados Ponta (Valores Ótimos) <==\n')
for key1, value1 in Resultados_p.items():
    if value1 == min(Resultados_p.values()):
        print('Demanda Ponta: {}kW - Custo Anual P: R$ {}'.format(key1, value1))
        break

print()

print("==> Resultados Fora de Ponta (Valores Ótimos) <==\n')
for key2, value2 in Resultados_fp.items():
    if value2 == min(Resultados_fp.values()):
        print('Demanda Fora de Ponta: {}kW - Custo Anual FP: R$ {}'.format(key2, value2))
        break

custo_anual = value1 + value2
demanda_otima_p = key1
demanda_otima_fp = key2

print("Custo Anual Total: R$ {}".format(custo_anual))

```

OUTPUT:

\*\*\*\*\*

Modalidade Azul

\*\*\*\*\*

==> Resultados Ponta (Valores Ótimos) <==

Demanda Ponta: 2074kW - Custo Anual P: R\$ 1592978.299036479

==> Resultados Fora de Ponta (Valores Ótimos) <==

Demanda Fora de Ponta: 2925kW - Custo Anual FP: R\$ 757257.7562163234  
Custo Anual Total: R\$ 2350236.0552528026

## APÊNCICE D – ALGORÍTMO EM PYTHON PARA SIMULAÇÃO AZUL – C2

```
# SIMULAÇÃO AZUL CABINE 2
```

```
# Histórico de demanda medida cabine 2 (kW)
```

```
cabine2 = {
    'fev': (2308.32, 4173.12),
    'mar': (3242.4, 4952.64),
    'abr': (3195.36, 5100.48),
    'mai': (3138.24, 4922.4),
    'jun': (2903.04, 4263.84),
    'jul': (2580.48, 3800.16),
    'ago': (2624.16, 3971.52),
    'set': (2654.4, 4015.2),
    'out': (2886.24, 4421.76),
    'nov': (3114.72, 4751.04),
    'dez': (2758.56, 4384.8),
    'jan': (1723.68, 3504.48),
}
```

```
# Tributo Federal
```

```
TF = 0.0585
```

```
# Valores médios dos impostos
```

```
PIS = 0.0081
```

```
CONFINS = 0.0374
```

```
ICMS = 0.25
```

```
IMPOSTOS = PIS + CONFINS + ICMS
```

```
# Tarifa de Demanda Azul P e FP (R$/kW)
```

```
Tdemanda_azul_p = 42.43
```

```
Tdemanda_azul_fp = 14.84
```

```
# Valores de demanda contratada no intervalo de 1000 a 8000 para P e FP
```

```
DEMANDA_p = range(1000, 8001)
```

```
DEMANDA_fp = range(1000, 8001)
```

```
Resultados_p = dict()
```

```
for demanda_p in DEMANDA_p:
```

```
    Total = 0
```

```
    for consumo in cabine2.values():
```

```
        if consumo[0] <= demanda_p:
```

```
            Custo_p = ((Tdemanda_azul_p * demanda_p)*(1 - TF))/(1 - IMPOSTOS)
```

```
        else:
```

```
            Custo_p = ((Tdemanda_azul_p * demanda_p + 3 * Tdemanda_azul_p * (consumo[0] - demanda_p)) * (1 - TF))/(1 - IMPOSTOS)
```

```
            Total += Custo_p
```

```
# Resultados_p contêm o custo anual para cada valor de demanda contratada
```

```
Resultados_p[demanda_p] = Total
```

```

Resultados_fp = dict()

for demanda_fp in DEMANDA_fp:
    Total = 0

    for consumo in cabine2.values():

        if consumo[1] <= demanda_fp:
            Custo_fp = ((Tdemanda_azul_fp * demanda_fp)*(1 - TF))/(1 - IMPOSTOS)
        else:
            Custo_fp = ((Tdemanda_azul_fp * demanda_fp + 3 * Tdemanda_azul_fp * (consumo[1] - demanda_fp)) *
(1 - TF))/(1 - IMPOSTOS)

        Total += Custo_fp

    # Resultados_fp contém o custo anual para cada valor de demanda contratada
    Resultados_fp[demanda_fp] = Total

# OUTPUT
print("*** len("Modalidade Azul")
print("Modalidade Azul")
print("*** len("Modalidade Azul")
print()

custo_otimo_p = None
demanda_otima_p = None
print("==> Resultados Ponta (Valores Ótimos) <==\n")
for key1, value1 in Resultados_p.items():
    if value1 == min(Resultados_p.values()):
        print('Demanda Ponta: {} kW - Custo Anual P: R$ {}'.format(key1, value1))
        custo_otimo_p = value1
        demanda_otima_p = key1
        break

print()

custo_otimo_fp = None
demanda_otima_fp = None
print("==> Resultados Fora de Ponta (Valores Ótimos) <==\n")
for key2, value2 in Resultados_fp.items():
    if value2 == min(Resultados_fp.values()):
        print('Demanda Fora de Ponta: {}kW - Custo Anual FP: R$ {}'.format(key2, value2))
        custo_otimo_fp = value2
        demanda_otima_fp = key2
        break

custo_anual = custo_otimo_p + custo_otimo_fp

print("Custo Anual Total: R$ {}".format(custo_anual))

```

OUPUT:

\*\*\*\*\*

Modalidade Azul

\*\*\*\*\*

==> Resultados Ponta (Valores Ótimos) <==

Demanda Ponta: 2928 kW - Custo Anual P: R\$ 2158837.113548899

==> Resultados Fora de Ponta (Valores Ótimos) <==

Demanda Fora de Ponta: 4456kW - Custo Anual FP: R\$ 1173669.5582750882

Custo Anual Total: R\$ 3332506.6718239873