



Universidade Federal de Mato Grosso  
Instituto de Ciências Exatas e da Terra  
Departamento de Matemática



---

# Sistema solar fotovoltaico conectado à rede: Uma análise de viabilidade econômica

**Waldeny José da Silva**

Mestrado Profissional em Matemática: PROFMAT/SBM

Orientador: **Prof. Dr. João de Sousa**

Trabalho financiado pela Capes

Cuiabá - MT

Julho de 2020

# Sistema solar fotovoltaico conectado à rede:

Uma análise de viabilidade econômica

Este exemplar corresponde à redação final da dissertação, devidamente corrigida e defendida por Waldeny José da Silva e aprovada pela comissão julgadora.

Cuiabá, 10 de julho de 2020

Prof. Dr. João de Sousa  
Orientador

## Banca examinadora:

Prof. Dr. João de Sousa

Prof. Dr. André Krindges

Prof. Dr. Edgar do Nascimento

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado Profissional em Matemática – PROFMAT, da Universidade Federal de Mato Grosso, como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Matemática**.

### **Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.**

D111s Silva, Waldeny José da.  
Sistema solar conectado à rede : Uma análise de viabilidade econômica /  
Waldeny José da Silva. -- 2020  
xx, 112 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientador: João de Sousa.  
Dissertação (mestrado profissional) – Universidade Federal de Mato  
Grosso, Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Programa de Pós-  
Graduação Profissional em Matemática, Cuiabá, 2020.  
Inclui bibliografia.

1. Energia elétrica. 2. consumo. 3. educação básica. 4. matemática. I.  
Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

**Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.**



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MATEMÁTICA EM REDE NACIONAL – PROFMAT  
AV. FERNANDO CORRÊA DA COSTA, 2367 - BOA ESPERANÇA - 78.060-900 - CUIABÁ/MT  
FONE: (65) 3615-8576 – E-MAIL: PROFMAT@UFMT.BR

FOLHA DE APROVAÇÃO

Título: Sistema solar fotovoltaico conectado à rede: uma análise de viabilidade econômica

Autor: Mestrando Waldeny José da Silva

Dissertação defendida e aprovada em 10 de julho de 2020.

COMPOSIÇÃO DA BANCA EXAMINADORA

1. Doutor João de Sousa (Presidente Banca/Orientador)

Instituição: Universidade Federal de Mato Grosso

2. Doutor Andre Krindges (Examinador Interno)

Instituição: Universidade Federal de Mato Grosso

3. Doutor Edgar Nascimento (Examinador Externo)

Instituição: IFMT - campus Bela Vista

Cuiabá, 10/07/2020.



Documento assinado eletronicamente por EDGAR NASCIMENTO, Usuário Externo, em 10/07/2020, às 17:57, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por ANDRE KRINDGES, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso, em 10/07/2020, às 18:01, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por JOAO DE SOUSA, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso, em 10/07/2020, às 18:56, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.ufmt.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.ufmt.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador 2608029 e o código CRC 7D78A3EA.

*Dedico este trabalho à memória de  
meus pais, José Maximiano da Silva e  
Ana Maria da Conceição Silva*

# Agradecimentos

A Deus, que me deu força e vontade para superar os obstáculos e me fez concluir mais esta etapa da minha vida

À minha esposa Rita por estar sempre ao meu lado, ao longo desse 26 anos de convivência.

Às minhas filhas Leandra e Isadora, que tiveram maturidade para entender minhas ausências depois de tê-las acostumado a uma considerável fração do meu tempo.

Ao meu orientador, prof. Dr. João de Sousa, pela ajuda na realização desse trabalho, contribuindo com valiosas ideias e valiosos conselhos que jamais deixarei de seguir.

Ao amigo José Tiaraju, pelo incentivo e as inúmeras contribuições.

A todos os professores do Profmat pelo esforço combinado voltado ao máximo aproveitamento dos temas abordados no curso.

Ao coordenador do curso, prof. Dr. Geraldo Lúcio Diniz, por estar sempre alerta, para não deixar que as distrações nos fizessem esquecer dos cumprimentos de prazos e por estar sempre pronto para responder as nossas dúvidas.

Aos familiares, pela torcida para a concretização de mais um sonho.

Aos colegas de curso, pela companhia, pela solidariedade e pelas contribuições durante as reuniões de estudo.

Ao professor Victor e a professora Joana, diretor e coordenadora da Escola Estadual Vasti Pereira da Conceição, pelo apoio, pela amizade e pela compreensão, sem os quais seria impossível conciliar trabalho e estudo durante esses dois anos.

Aos amigos, Junior, Romero, Rodrigo, Valter e Patrick, profissionais do ramo de energia solar, pela disponibilização de materiais e dados relevantes ao estudo.

À CAPS, por acreditar na importância da formação dos professores da educação básica para melhoria da educação.

*O período de maior ganho em conhecimento e experiência é o período mais difícil da vida de alguém.*

Dalai Lama

# Resumo

O presente trabalho apresenta uma análise de viabilidade econômica da instalação de sistemas fotovoltaicos conectados a rede (SFCR) em unidades consumidoras do grupo A e do grupo B, de modo que as pesquisas e o desenvolvimento dos cálculos envolvidos possam ser utilizados para motivar os alunos em aulas de matemática direcionadas para turmas da educação básica como preconiza os documentos de referência para Mato Grosso (DRC-MT). Para tanto, discutiu-se a composição da tarifa de energia e dimensionou-se sistemas fotovoltaicos capazes de atender a demanda de energia de duas unidades consumidoras, ambas situadas em Mato Grosso, sendo cada uma pertencente a um dos grupos mencionados anteriormente. O dimensionamento foi feito baseando-se em suas respectivas médias anuais de consumo. Junto aos temas estudados são sugeridos exemplos de planejamento de aula e alguns objetivos de aprendizagem que possam ser abordados. A partir de uma minuciosa cotação de preços e de equipamentos e serviços determinou-se o valor total da instalação e manutenção do SFCR para cada um dos sistemas mencionados. Então, fez-se uma estimativa dos gastos com energia elétrica sem a utilização do SFCR. E, por fim, os valores são comparados e demonstrados através de tabelas e gráficos. Os resultados obtidos indicam que, a compensação dos investimentos ocorrem em cerca 7 anos, no caso de unidades do grupo B e 9 anos no caso de unidades consumidoras do grupo A. Quanto aos trabalhos em sala de aula fica evidente a possibilidade da utilização desse material quando se leva em consideração as sugestões presentes no DRC-MT pelo fato da energia elétrica ser um tema tão presente no cotidiano dos alunos.

**Palavras chave:** Energia elétrica, consumo, educação básica, matemática

# Abstract

The present work presents an economic feasibility analysis of the installation of photovoltaic systems connected to the grid (SFCR) in consumer units of group A and group B, so that the research and development of the calculations involved can be used to motivate students in mathematics classes directed to basic education classes as recommended by the reference documents for Mato Grosso (DRC-MT). For this purpose, the composition of the energy tariff was discussed and photovoltaic systems capable of meeting the energy demand of two consumer units, both located in Mato Grosso, were dimensioned, each belonging to one of the groups mentioned above. The sizing was done based on their respective annual consumption averages. Along with the topics studied, examples of lesson planning and some learning objectives that can be addressed are suggested. Based on a detailed quotation of prices and equipment and services, the total value of the installation and maintenance of the SFCR was determined for each of the systems mentioned. Then, an estimate of the expenses with electricity was made without using the SFCR. Finally, the values obtained are compared, and demonstrated using tables and graphs. The results obtained indicate that the investment compensation takes about 7 years, in the case of units in group B and 9 years in the case of consumer units in group A. As for the work in the classroom, the possibility of using this material is evident when taking into account the suggestions present in the DRC-MT due to the fact that electricity is such a common theme in the students' daily lives.

**Keywords:** Electricity, consumption, basic education, mathematics

# Sumário

<b>Agradecimentos</b>	<b>v</b>
<b>Resumo</b>	<b>vii</b>
<b>Abstract</b>	<b>viii</b>
<b>Lista de figuras</b>	<b>xiv</b>
<b>Lista de tabelas</b>	<b>xvi</b>
<b>Lista de símbolos</b>	<b>xvii</b>
<b>Lista de siglas</b>	<b>xix</b>
<b>Introdução</b>	<b>1</b>
<b>1 A tarifa de energia e o ensino de matemática</b>	<b>2</b>
1.1 O consumo de energia elétrica . . . . .	2
1.2 Os desafios em relação ao ensino de matemática . . . . .	4
1.2.1 Documentos de referência para Mato Grosso (DRM-MT) . . . . .	6
1.3 Unidades temáticas . . . . .	7
1.4 Metodologia de ensino . . . . .	8
1.5 Planejamento prático . . . . .	10
1.5.1 Definição do tema . . . . .	10
1.5.2 Pesquisa do tema . . . . .	10
1.5.3 Elaboração das questões problema . . . . .	11
1.5.4 Criação de um modelo . . . . .	12
1.6 Os tributos . . . . .	13

1.6.1	O ICMS . . . . .	13
1.6.2	PIS e COFINS . . . . .	16
1.6.3	A CIP . . . . .	18
1.7	Encargos . . . . .	19
1.7.1	Encargos setoriais . . . . .	20
1.7.2	TUST-Tarifa de Uso do Sistema de Transmissão . . . . .	21
1.7.3	TUSD-Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição . . . . .	21
1.8	A composição da fatura . . . . .	22
1.9	A compra de energia . . . . .	24
1.10	Classes de consumo . . . . .	25
1.11	As modalidades tarifárias . . . . .	27
1.12	Exemplos de fatura . . . . .	30
1.12.1	Uma unidade consumidora residencial (grupo B) . . . . .	31
1.12.2	Outra forma de se incluir os impostos . . . . .	34
1.12.3	A fórmula de inserção dos impostos . . . . .	35
1.12.4	Uma unidade consumidora comercial (grupo A) . . . . .	36
<b>2</b>	<b>A energia solar</b>	<b>45</b>
2.1	Planejamento prático . . . . .	45
2.1.1	Definição do tema . . . . .	45
2.1.2	Pesquisa do tema . . . . .	45
2.1.3	Elaboração das questões problema . . . . .	46
2.1.4	Criação de um modelo . . . . .	47
2.2	A energia solar . . . . .	47
2.2.1	O sol como fonte de energia . . . . .	48
2.3	Células fotovoltaicas . . . . .	49
2.4	Módulo fotovoltaico . . . . .	51
2.5	O inversor . . . . .	53
2.6	Micro e minigeração distribuída . . . . .	55
2.7	Dimensionamento de um SFCR (grupo B) . . . . .	56
2.7.1	O HSP e a melhor inclinação para os módulos . . . . .	56
2.7.2	Dimensionamento do inversor . . . . .	58
2.7.3	O número de módulos do sistema . . . . .	59

2.7.4	Dimensionamento da stringbox da parte CC . . . . .	60
2.7.5	Dimensionamento da stringbox da parte CA . . . . .	61
2.7.6	Cabos e conectores da parte CC . . . . .	62
2.7.7	Aterramento e estrutura . . . . .	62
2.8	Dimensionamento de um SFCR (grupo A) . . . . .	63
2.8.1	Dimensionamento do inversor . . . . .	64
2.8.2	O kit solar . . . . .	66
2.8.3	Transformadores e autotransformadores . . . . .	67
<b>3</b>	<b>A viabilidade econômica de um SFCR</b>	<b>69</b>
3.1	Planejamento prático . . . . .	69
3.1.1	Definição do tema . . . . .	69
3.1.2	Pesquisa do tema . . . . .	69
3.1.3	Elaboração das questões problema . . . . .	70
3.1.4	Criação de um modelo . . . . .	70
3.2	A composição dos custos . . . . .	71
3.3	Unidade consumidora do grupo B . . . . .	71
3.3.1	Gasto com materiais . . . . .	72
3.3.2	Custo com projeto e execução . . . . .	73
3.3.3	Custo de disponibilidade e CIP . . . . .	74
3.3.4	Atualização dos custos ao longo de 25 anos . . . . .	77
3.3.5	Organização e discussão dos dados . . . . .	78
3.3.6	Comparação dos custos em um período médio de 25 anos . . . . .	81
3.4	Unidade consumidora do grupo A . . . . .	83
3.4.1	Gastos com materiais . . . . .	83
3.4.2	Custo com projeto e execução . . . . .	85
3.4.3	Gastos com a demanda contratada e com a CIP . . . . .	86
3.4.4	Atualização dos custos ao longo de 25 anos . . . . .	88
3.4.5	Organização e discussão dos dados . . . . .	90
	<b>Considerações finais</b>	<b>92</b>
	<b>Referências Bibliográficas</b>	<b>96</b>

<b>Apêndice: Figuras adicionais</b>	<b>97</b>
A.1 Modalidade tarifária horária azul . . . . .	97
A.2 Diagrama unifilar . . . . .	98
A.3 Porto de transformação . . . . .	100
A.4 Fórmulas . . . . .	100
<b>Apêndice: Tabelas adicionais</b>	<b>102</b>
B.1 Gastos com energia elétrica . . . . .	102
B.2 Custo de disponibilidade e contrato de demanda . . . . .	107

# Lista de Figuras

1.1	Tabela ICMS 2019 Atualizada . . . . .	14
1.2	Percentuais médios na tarifa de energia elétrica (Dados de 2018) . . . . .	23
1.3	Tarifas aplicadas à modalidade tarifária Branca . . . . .	29
1.4	Tarifas aplicada à modalidade tarifária Horária Verde . . . . .	29
1.5	Fatura de energia expedida pela Energisa-MT (grupo B): parte 1 . . . . .	31
1.6	Fatura de energia expedida pela Energisa MT (grupo B): parte 2 . . . . .	31
1.7	Fatura de energia expedida pela Energisa-MT (grupo A): parte 1 . . . . .	36
1.8	Fatura de energia expedida pela Energisa MT (grupo A): parte 2 . . . . .	37
2.1	Célula fotovoltaica . . . . .	49
2.2	Dopagem do silício . . . . .	50
2.3	Modelo de uma célula fotovoltaica . . . . .	51
2.4	Componentes de um módulo fotovoltaico . . . . .	52
2.5	Módulo fotovoltaico . . . . .	53
2.6	Inversor fotovoltaico e sistemas de proteção . . . . .	54
2.7	Diagrama com os componentes básicos de um sistema conectado à rede . . . . .	54
2.8	Irradiação Solar no Plano Inclinado: Várzea Grande – MT . . . . .	57
2.9	Dados necessários ao dimensionamento: parte 1 . . . . .	63
2.10	Dados necessários ao dimensionamento: parte 2 . . . . .	63
2.11	Irradiação Solar nos Planos Horizontal e Inclinado: Cuiabá – MT . . . . .	65
2.12	Materiais que compõem o Kit solar . . . . .	66
2.13	Valor do Kit solar . . . . .	67
2.14	Autotransformador . . . . .	67
2.15	Modelo do transformador . . . . .	68
3.1	Valor do SFCR na compra parcelada . . . . .	80

3.2	Gastos com energia elétrica com e sem o SFCR . . . . .	82
3.3	Custo com tarifa X Implantação e Manutenção do SFCR . . . . .	90
3.4	Composição do consumo . . . . .	91
A.1	Tarifas aplicadas a modalidade tarifária horária azul . . . . .	98
A.2	Diagrama unifilar de SFCR da unidade consumidora do grupo A . . . . .	99
A.3	Orçamento do posto de transformação . . . . .	100
A.4	Fórmula utilizada: Exemplo 1 . . . . .	101
A.5	Fórmula utilizada: Exemplo 2 . . . . .	101

# Lista de Tabelas

1.1	Alíquotas do ICMS aplicadas à tarifa de energia elétrica em Mato Grosso .	15
1.2	Alíquotas mensais do PIS e do COFINS . . . . .	17
1.3	Alíquotas da CIP cobradas no município de Cuiabá . . . . .	19
1.4	Encargos setoriais e finalidades . . . . .	20
1.5	Subdivisões e Tensão de fornecimento do grupo A . . . . .	25
1.6	Subdivisões do Grupo B . . . . .	26
1.7	Modalidades tarifárias . . . . .	27
1.8	Horários de ponta e intermediário . . . . .	28
1.9	Horários de ponta e intermediário . . . . .	28
1.10	Feridados nacionais considerados para cobrança de Tarifa branca . . . . .	28
1.11	Potência de alguns aparelhos eletroeletrônicos . . . . .	30
3.1	Orçamento de materiais . . . . .	72
3.2	Mão de obra e projeto . . . . .	74
3.3	Estimativa de gasto com custo de disponibilidade . . . . .	76
3.4	Custo de implantação e manutenção do SFCR em um período de 25 anos .	79
3.5	Custo de implantação e manutenção do SFCR em um período de 25 anos .	80
3.6	Estimativa de economia na tarifa de energia (grupo B) . . . . .	81
3.7	Materiais passíveis de troca no período de 25 anos . . . . .	83
3.8	Estimativa de gastos com o aumento da demanda contratada . . . . .	87
3.9	Discriminação da forma de pagamento . . . . .	88
3.10	Custo de implantação e manutenção por 25 anos do SFCR . . . . .	88
3.11	Estimativa de economia na tarifa de energia . . . . .	89
3.12	Valores não compensados pelo SFCR . . . . .	91
B.1	Gasto com tarifa de energia: grupo A . . . . .	102
B.2	Gasto com tarifa de energia: grupo B . . . . .	105

B.3	Gasto com a disponibilidade: grupo B . . . . .	107
B.4	Gasto com acréscimo de demanda: grupo A . . . . .	110

# Lista de símbolos

$T_c$	valor da tarifa com impostos
$T_s$	valor da tarifa sem impostos
$kWh$	quilowatt-hora
$I_s$	índice solarimétrico
$HSP$	horas de sol pleno
$W/m^2$	watts por metro quadrado
$CC$	corrente contínua
$CA$	corrente alternada
$kW$	quilowatt
$MW$	megawatt
$P_{dia}$	potência média diária
$E_{dia}$	energia média diária consumida
$E_{mensal}$	energia média mensal consumida
$ID$	índice de desempenho do sistema
$P_{cor}$	potência média corrigida
$P_{inv}$	potência do inversor
$W_p$	watts pico
$N_m$	número de módulos
$T$	tensão
$W$	watt
$V$	volt
$i$	corrente
$i_{total}$	corrente total
$MWh$	megawatt hora
$I$	taxa de juros

$M$	montante
$C$	capital
$n$	período
$V_f$	valor da fatura

# Lista de siglas

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CCC	Conta de Consumo de Combustíveis
CDE	Conta de Desenvolvimento Energético
CFURH	Compensação Financeira pelo Uso de Recursos Hídricos
CIP	Contribuição de Iluminação Pública
COFINS	Contribuição para o financiamento da Seguridade Social
CRESESB	Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito
DPS	Dispositivo de proteção contra Surtos
ESS	Encargos de Serviços do Sistema
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
IMPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPTU	Imposto Predial Territorial Urbano
ONS	Operador Nacional do Sistema
P&D/EE	Pesquisa e Desenvolvimento de Eficiência Energética
Pasep	Programa de formação do Patrimônio do Servidor Público
PIS	Programa de Integração Social
PROINFA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica
RGR	Reserva Global de Reversão
SFCR	Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede
TE	Tarifa de Energia
TFSEE	Taxa de Fiscalização de Serviço de Energia Elétrica
TUSD	Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição

TUST	Tarifa de Uso do Sistema de Transmissão
UC	Unidade Consumidora
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CCEE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
ER	Energia Reativa
EVA	Etil Vinil Acetato
UV	Ultra Violeta

# Introdução

O objetivo deste trabalho é propor a utilização do estudo de viabilidade econômica da implantação de um sistema fotovoltaico conectado à rede (SFCR) como recurso didático no ensino da matemática. O texto está dividido em três capítulos e cada um inicia-se com sugestões de atividades para o trabalho em sala de aula.

Sobre a composição da tarifa é dedicado todo o capítulo 1, onde são apresentados cada um dos itens que compõem o custo total, e o modo como efetivamente são integrados à conta de energia, abordando inclusive, as modalidades tarifárias, esclarecendo-se os valores cobrados e os critérios para o enquadramento em cada uma delas. Por fim, são apresentadas duas faturas de energia, expedidas pela concessionária local, uma de cada grupo, onde se comenta inclusão dos tributos no custo total da energia.

O capítulo 2, traz uma explanação a respeito da energia solar, abordando desde os aspectos fundamentais, até as tecnologias capazes de convertê-la em energia elétrica. Ainda no capítulo 2, faz-se o dimensionamento dos SFCRs necessários para atender as unidades consumidoras para as quais foram expedidas as faturas detalhadas no capítulo 1. Em ambos os casos, são determinados os materiais necessários à implantação e feito a cotação de preços, inclusive de mão de obra e projeto.

Finalmente no capítulo 3, utiliza-se a matemática financeira elementar e conhecimentos básicos sobre o uso de planilhas eletrônicas, para se fazer a atualização dos preços de materiais e equipamentos que possam ser trocados durante o período estabelecido. Em seguida são atualizados os gastos mensais que possam surgir devido a implantação do SFCR, bem como os gastos totais no mesmo período utilizando-se a energia convencional.

Os dados aferidos são apresentados em forma de tabelas e de gráficos, de modo a tornar mais acessível o entendimento.

# Capítulo 1

## A tarifa de energia e o ensino de matemática

### 1.1 O consumo de energia elétrica

A tarifa de energia, faz parte da realidade de quase que a totalidade dos brasileiros. Ela figura como um dos maiores gastos dentro do orçamento doméstico de uma grande parcela dos brasileiros. Como a tarifa de energia é um custo significativo, grande parte da população se esforça para economizar energia e assim não atrapalhar o orçamento familiar.

Nas residências, dada a sua importância, raramente se conseguem diminuir significativamente o consumo de energia. A energia elétrica está relacionada ao lazer e ao bem-estar, mas também às necessidades básicas.

O Brasil apresenta um clima predominantemente tropical, e na maior parte do país, nos dias mais quentes do ano, é quase impossível ficar dentro de casa sem ligar pelo menos o ventilador. E nas regiões mais quentes, é indispensável o uso do ar condicionado, que está entre os aparelhos de maior consumo de energia elétrica.

Daí a dificuldade em diminuir o consumo de energia elétrica. Por isso é importante encontrar alternativas que possibilitem diminuir o valor da conta de energia, sem reduzir o seu uso, o que significaria abrir mão de algum benefício.

Em todos os setores da economia como a agropecuária, a mineração, o comércio e, principalmente, a indústria, a tarifa de energia também figura entre as maiores despesas. Na indústria toda a produção está relacionada ao consumo de energia, por exemplo, numa

marcenaria, onde todo o maquinário é elétrico, reduzir o seu uso significaria diminuir a produção.

No comércio, por exemplo, os supermercados precisam estocar produtos perecíveis em equipamentos refrigerados, o que resulta num grande consumo de energia e um impacto considerável nos seus rendimentos.

Pensando nisso, além de encontrar maneiras de economizar energia, seria vantajoso desenvolver alternativas para que se possa, ao manter o mesmo consumo, diminuir significativamente os custos. Uma das possibilidades de se alcançar este cenário é fazendo uso da geração própria de energia elétrica pelos Sistemas Fotovoltaicos.

Essa tecnologia possibilita transformar a energia solar em energia elétrica através de painéis de captação. A questão é que o custo dos equipamentos a serem utilizados, juntamente com os gastos da elaboração do projeto e dos serviços de instalação, geram muitas dúvidas quanto a viabilidade econômica de se adquirir esse sistema.

Para efetuar o pagamento existem diferentes alternativas, dentre elas o financiamento, o pagamento a vista ou por meio de empréstimos bancários. Cada uma dessas modalidades tem suas particularidades, que podem ser utilizadas para exemplificação de como os estudantes podem organizar as suas finanças e quais os fatores que devem estar presentes no momento de tomar a decisão sobre um gasto ou uma dívida a ser assumida.

Para Giordano et al. (2019), não cabe ao professor um papel decisivo e prescritivo, pelo contrário, deve haver amplo diálogo entre os sujeitos envolvidos no processo educacional. O desenvolvimento da criticidade emerge de práticas investigativas, dinâmicas e colaborativas, em situações contextualizadas na realidade dos alunos.

Por isso, é importante que o professor proporcione aos alunos situações de aprendizagem que permitam que os estudantes se conscientizem sobre a relevância do conhecimento matemático para suas vidas. Neste sentido, os conceitos matemáticos poderão oferecer os dados que possam direcionar, no exemplo concreto aqui trabalhado, a tomada de decisão em relação a viabilidade ou não da implantação de sistemas fotovoltaicos para uso de energia solar, contribuindo com o ensino da matemática, trazendo mais significado àquilo que se estuda.

## 1.2 Os desafios em relação ao ensino de matemática

Trabalhando como professor de matemática da rede pública de ensino do estado de Mato Grosso na cidade de Várzea Grande por mais de 15 anos, encontrei muitos desafios que são comuns à realidade educacional brasileira, problemáticas enfrentadas por outras escolas públicas localizadas nas grandes cidades do país, principalmente nas suas periferias.

Dentre as diferentes problemáticas encontradas podemos destacar a deficiência de aprendizagem dos alunos que chegam aos anos finais do ensino fundamental, com grande dificuldade de leitura e interpretação de texto bem como em relação às operações básicas de matemática. Outra realidade a ser enfrentada são os estudantes desmotivados, com baixa autoestima e sem confiança na sua capacidade intelectual. Crianças que “fracassam” ou abandonam as escolas devido a diferentes problemas familiares e sociais.

Diante destes desafios é urgente repensar as práticas desenvolvidas em sala de aula. Quanto à matemática, muita da dificuldade de aprendizagem dos alunos está relacionado ao modo como ela tem sido ensinada nas escolas. Na maioria das vezes o conteúdo encontra um fim nele mesmo, ou seja, é apresentado de tal modo que a única função daquele conhecimento é o de resolver as atividades que vem logo a seguir. Desse modo, não há o envolvimento por parte do aluno, pois não há relação do conteúdo ensinado com a sua realidade.

Neste quadro, na prática cotidiana de sala de aula, enquanto educadores buscamos estratégias para que, no processo de ensino e aprendizagem, esses alunos tenham sucesso e realmente aprendam, e que os conhecimentos trabalhados pelas diferentes disciplinas tenham significado em sua vida e que contribuam para a sua formação como cidadão.

A formação teórica que recebemos nos cursos de graduação não nos preparam para as várias situações que encontramos no chão da escola. É na prática cotidiana que vamos, na lógica da tentativa-erro, construindo estratégias e desenvolvendo as metodologias que nos parecem ser mais acertadas.

Existem espaços de formação e reflexão sobre a prática pedagógica, dentro do próprio espaço escolar. A formação continuada tem suma relevância para que possamos repensar a nossa prática em sala de aula, através de discussões coletivas organizadas pela equipe pedagógica da escola, e encontrar metodologias que sejam mais eficazes no nosso fazer pedagógico.

A formação continuada é muito importante, mas nem sempre conseguimos avançar nas discussões além do senso comum. Por isso, para aprofundar meus conhecimentos e melhorar a minha prática pedagógica, ingressei no programa de pós-graduação *stricto sensu* em Matemática, Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional (PROFMAT) da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT).

A matemática nas escolas é uma disciplina muito importante porque, através do seu aprendizado, os alunos desenvolvem uma forma de racionalidade, ao exercitarem o pensamento lógico e realizar abstrações, o que instrumentaliza os estudantes com conhecimentos necessários para o aprendizado de outras ciências e para a resolução de problemas práticos do dia-a-dia.

A Matemática deve ser entendida como uma construção social proveniente da história da humanidade que estabelece inúmeras relações com outras áreas de conhecimento e tem papel importante na resolução de problemas, não se estreitando somente em aplicações de fórmulas e técnicas, mas também na melhoria dos hábitos de linguagem e pensamento que proporcionam a ampliação do entendimento, interpretação e avaliação daquilo que nos rodeia (DRC-MT, 2018).

Apesar dos estudantes, em geral, acreditarem na importância da matemática, muitos não desenvolvem uma relação positiva com esta disciplina, por acreditarem ser uma “matéria” de difícil compreensão, ou que trabalhe um conhecimento teórico que nem sempre será utilizada na vida prática e cotidiana.

Cabe, portanto, ao professor de matemática quebrar estas barreiras adotando metodologias que partam do concreto, assim os “professores devem pensar estratégias, que incluam a realidade local e de mundo no intuito de dar significado aos objetos de conhecimento” DRC-MT (2018).

Quando objetivamos o letramento de um aluno, este processo é mais amplo do que simplesmente a “(...) apropriação do sistema de escrita alfabética e reflexões acerca das relações sonoras e gráficas das palavras”, englobando também sua “capacidade de interpretar os conhecimentos sobre as práticas, usos e funções da leitura e da escrita (...)” (DRC-MT, 2018).

Do mesmo modo, quando fazemos, em sala de aula, o estudo da realidade concreta para buscar a compreensão do entorno social não significa que estamos abandonando os conteúdos da matemática, ao contrário, é o modo pelo qual poderemos tornar a matemática uma das linguagens que auxiliem os estudantes a fazerem a leitura da sociedade

em que vivemos, assim transformando os conhecimentos matemáticos numa linguagem que este possa utilizar no seu cotidiano para resolução de problemas práticos.

O Estudante do ensino fundamental também deverá obter/ampliar a capacidade de formular, empregar e interpretar a matemática em vários contextos, incluindo o raciocinar matematicamente e a utilização de conceitos, procedimentos, fatos e ferramentas matemáticas com intuito de descrever, explicar e prever fenômenos. Vale ressaltar que o letramento matemático assegura ao estudante reconhecer os conhecimentos matemáticos como fundamentais para compreensão e atuação no mundo (DRC-MT, 2018).

### **1.2.1 Documentos de referência para Mato Grosso (DRM-MT)**

A Referência Curricular para Mato Grosso, construído a partir de um acúmulo de discussões, segue as diretrizes da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que é um documento utilizado como referência nacional, mas que deve ser adaptado a cada realidade local e atender “às especificidades de cada comunidade escolar, seja Indígena, Quilombola, Campo, Urbana, entre outras” (DRC-MT, 2018).

Ao analisarmos as competências específicas da matemática para o Ensino Fundamental, presentes na BNCC, podemos identificar que os conhecimentos matemáticos estão diretamente relacionados à tentativa de “solucionar problemas científicos e tecnológicos”, à necessidade de “desenvolver o raciocínio lógico” para “atuar no mundo”, de modo que possamos “modelar e resolver problemas cotidianos, sociais e de outras áreas de conhecimento” (DRC-MT, 2018).

Diante do exposto, podemos afirmar que na atuação prática em sala de aula, a utilização de situações problemas que partam de questões presentes no cotidiano dos alunos pode ser uma estratégia que contribua positivamente para o aprendizado dos alunos e para a instrumentalização dos conhecimentos matemáticos para a melhoria da realidade social vivenciada pelos estudantes e suas famílias.

Neste sentido este trabalho pretende tratar de forma articulada duas questões relevantes, de um lado, o baixo rendimento alcançado pelos alunos na disciplina de matemática e, do outro, a viabilidade do uso da energia solar como meio de reduzir o gasto com energia elétrica, tanto para as famílias como para uma determinada empresa.

Esta é uma tentativa de, para melhorar o ensino, desenvolver uma proposta pedagógica que venha ao encontro das necessidades enfrentadas pelos alunos, discutindo um tema associado a realidade dos educandos, que possa estabelecer uma ligação entre

a aquisição do conhecimento e a utilização prática do mesmo, partindo da premissa que, para que realmente ocorra o aprendizado, é necessário que haja um significado concreto, ou seja, uma relação entre o que se aprende e a realidade do educando.

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) é um documento importante para a educação nacional, pois busca dar aos educadores do país uma referência pedagógica para a organização do trabalho em sala de aula. Na BNCC encontramos temas sugeridos para serem trabalhados pelos professores, de modo que o conteúdo possa ser utilizado de modo prático pelos estudantes.

Assim, ao discutir a viabilidade do uso da energia solar como alternativa ao sistema tradicional de energia elétrica, estamos contribuindo para formação de nossos alunos enquanto cidadãos críticos, mais capazes de tomar boas decisões quanto ao seu próprio orçamento. É potencialmente um tema que possibilita um trabalho pedagógico estimulante, com a possibilidade de transpor os muros das escolas, mudando o comportamento da comunidade que as cerca.

### 1.3 Unidades temáticas

Para elaborar o planejamento de aula é necessário, inicialmente, definir os conteúdos a serem trabalhados, a sua organização sequencial bem como a articulação a ser realizada entre eles. Muitas são as possibilidades para a seleção dos conteúdos matemáticos, por isso partiremos das orientações da Base Nacional Comum Curricular, que divide os conteúdos em Unidades Temáticas.

De acordo com a Base Nacional Comum Curricular, a Matemática está organizada em cinco Unidades Temáticas, denominadas de números, grandezas e medidas, probabilidade e estatística, álgebra e geometria. Essas unidades estão associadas e orientam a formulação de habilidades que serão desenvolvidas pelos estudantes ao longo do Ensino Fundamental, cabe ressaltar que cada uma delas apresenta finalidade específica e receberão diferentes ênfases nos distintos anos da escolarização (DRC-MT, 2018).

A BNCC divide os conteúdos matemáticos em 5 Unidades Temáticas, sendo que cada uma delas tem um foco central. A título de exemplificação, daremos ênfase à Unidade Temática designada “Números”, que tem como objetivo “desenvolver o pensamento numérico, que implica o conhecimento de maneiras de quantificar atributos de objetos e

de julgar e interpretar argumentos baseados em quantidades”. Assim pretendemos que os estudantes possam utilizar os conhecimentos sobre as operações matemáticas básicas para resolver problemas do seu cotidiano, (DRC-MT, 2018).

Cada Unidade Temática está associada à um conjunto de “Habilidades e Objetos de Conhecimento” que visam desenvolver determinadas “competências específicas da área de Matemática e Competências Gerais da Educação Básica” (DRC-MT, 2018).

O conjunto de Habilidades e Objetos de Conhecimento devem ser explorados pelos professores e estudantes, possibilitando a esses últimos que percebam o uso da matemática nos diversos contextos socioculturais. Sendo assim, cabe ao professor zelar pela aproximação entre a matemática e a vida de cada estudante (...) (DRC-MT, 2018).

Para construir uma exemplificação de como poderia ser elaborado um planejamento de aula utilizaremos as informações sobre a fatura de energia pontuadas neste capítulo com os diversos custos detalhados, com a finalidade de compreender a composição da tarifa de energia elétrica.

## 1.4 Metodologia de ensino

A escolha da metodologia de ensino deve partir do conhecimento da Proposta Pedagógica da escola em que o professor está inserido, partindo do princípio que o trabalho em sala de aula para ter significado deve estar relacionado a um projeto coletivo. Quando isso não ocorre “pode gerar incompatibilidade entre o ensinar, o aprender e o avaliar”.

Para que tenhamos sucesso no processo de ensino aprendizagem da matemática, ao professor, cabe definir a metodologia tendo clareza sobre: “o que ensinar”; “quando ensinar”, “como ensinar” e o “porquê ensinar”.

A metodologia de ensino adotada em um componente curricular pode ser considerada como o fio condutor do processo de ensino-aprendizagem, uma vez que, definindo a metodologia de ensino, escolhemos o caminho a ser seguido para facilitação da obtenção do conhecimento pelo estudante (DRC-MT, 2018).

Dentre as diferentes metodologias, adotamos aqui, a título de exemplificação, a “modelagem matemática”, pela qual buscamos transformar problemas da realidade em

problemas matemáticos, analisá-los e resolvê-los, interpretando suas soluções na linguagem do mundo real. Para utilizarmos a modelagem matemática como metodologia de ensino, devemos desenvolver um processo de acordo com as seguintes etapas (DRC-MT, 2018):

Primeiro, o professor junto com os alunos deverá “escolher o tema”, definindo uma situação concreta presente no cotidiano, pensando em discutir um problema não matemático. O professor, enquanto mediador, deve apresentar temas que possam gerar interesse dos estudantes ou os próprios alunos podem sugerir o tema que mais esteja próximo a sua realidade.

Segundo, após a definição do tema, começa a etapa de busca de materiais e subsídio teórico sobre o que se quer conhecer, será realizada uma “pesquisa exploratória”, usando para isso pesquisa indireta (livros, internet, jornais, revistas, entre outros) e direta (dados experimentais) sobre o assunto.

Terceiro, o professor deverá, junto com os alunos, fazer o “levantamento dos problemas” que significa formular o problema em linguagem matemática, utilizando o conhecimento da unidade temática que se pretende trabalhar com os alunos. Nesta etapa, a partir dos materiais e da pesquisa desenvolvida, os estudantes com a mediação do professor, devem buscar uma “resolução ou resolução aproximada” do problema, ao se apontar diferentes hipóteses.

Quarto, para termos o desenvolvimento do objeto de conhecimento do tema, será criado um modelo, que deve se aproximar da situação real do problema. O professor e os alunos devem questionar se “o modelo se aproxima da situação problema real representada e então poder utilizá-lo”. Assim, fazendo a interpretação do modelo deve-se chegar a “solução prévia” do problema, compreendido como a busca de um resultado aproximado da solução do problema.

Nesta etapa respondemos os problemas levantados com o auxílio do objeto de conhecimento, “fazendo um caminho inverso do usual, pois se ensina o conteúdo para responder às necessidades surgidas da pesquisa e no levantamento dos problemas”.

Finalmente, é feita a validação, quando podemos verificar se a solução encontrada “é significativa e relevante perante a situação” e se está adequada para resolução daquele tipo de situação problema. Nesta etapa é realizada a análise crítica das soluções, “não apenas em relação à matemática, mas também na viabilidade e adequabilidade das

soluções apresentadas, que, muitas vezes, são lógica e matematicamente coerentes, porém inviáveis para a situação em estudo” (DRC-MT, 2018).

## 1.5 Planejamento prático

Para construir o planejamento, primeiramente, o professor deve realizar o diagnóstico para conhecer o perfil dos estudantes. O planejamento tem como foco os objetivos de ensino, visando à organização racional da ação educativa, para a tomada de decisão no processo de ensinar e aprender, a fim de evitar a “improvisação” do fazer pedagógico. Como aqui vamos construir um exemplo hipotético não será possível partir do diagnóstico, portanto, iremos supor que os alunos têm as competências básicas para o ano escolar o qual foi direcionado o planejamento (DRC-MT, 2018).

Para a construção do nosso exemplo nos basearemos na proposta de planejamento do Documento de Referência Curricular para Mato Grosso, Cadernos Pedagógicos Anos Finais, Ensino Fundamental, Matemática que foi elaborado com o objetivo de auxiliar, exemplificando, aos educadores, algumas perspectivas de aulas de matemática planejadas a partir de objetos de conhecimento, habilidades e competências.

### 1.5.1 Definição do tema

O professor deverá motivar uma discussão em sala de aula com os estudantes a partir das seguintes questões:

- Qual a importância do uso da energia elétrica na sua vida?
- Quais os tipos de modalidades de geração de energia elétrica você conhece?
- Qual o impacto da tarifa de energia no orçamento doméstico?

### 1.5.2 Pesquisa do tema

O professor organiza a sala em grupo para que os estudantes aprofundem seus conhecimentos sobre a tarifa de energia, dividindo como subtemas:

- serviço de transmissão e distribuição
- os impostos

- os encargos setoriais
- variações de cobrança

### 1.5.3 Elaboração das questões problema

No coletivo a sala de aula deverá elaborar questões problema a serem respondidas a partir da discussão dos dados e através de linguagem matemática. A título de exemplo pontuamos como questões centrais:

- Como podemos calcular o gasto real de energia?
- Como é feito o cálculo dos impostos da tarifa de energia?

Nesta aula o professor deve identificar quais os conteúdos e habilidades serão necessários que os alunos conheçam para ser possível encontrar a solução para os problemas levantados.

Como exemplo, pode-se considerar os textos do 1, a partir deles abordar conteúdos com o objetivo de desenvolver as seguintes habilidades da BNCC:

- **6º ano**

(EF06MA33) - Planejar e coletar dados de pesquisa referente a práticas sociais escolhidas pelos alunos e fazer uso de planilhas eletrônicas para registro, representação e interpretação das informações, em tabelas, vários tipos de gráficos e texto.

(EF06MA33) Planejar e coletar dados de pesquisa referente a práticas sociais escolhidas pelos alunos e fazer uso de planilhas eletrônicas para o registro, representação e interpretação das informações, em tabelas, vários tipos de gráficos e textos. (Realização de pesquisa e tratamento de dados)

- **7º ano**

(EF07MA02) - Resolver e elaborar problemas que envolvam porcentagens, como os que lidam com acréscimos e decréscimos simples, utilizando estratégias pessoais, cálculo mental e calculadora, no contexto de educação financeira, entre outros .

- **9º ano**

Habilidades EF09MA21 - Analisar e identificar, em gráficos divulgados pela mídia, os elementos que podem induzir, às vezes propositadamente, erros de leitura, como escalas inapropriadas, legendas não explicitadas corretamente, omissão de informações importantes (fontes e datas), entre outros (DRC-MT, 2018).

Claramente, as habilidades a serem desenvolvidas não se limitam a estas, assim como as séries onde pode se desenvolver o trabalho, cabendo ao professor decidir, baseando-se nos objetivos que pretende alcançar, e assim escolher os conteúdos a serem trabalhados.

#### **1.5.4 Criação de um modelo**

Para a elaboração de um modelo será utilizada uma fatura de energia de uma unidade consumidor que se enquadra no “grupo B”, e outra de uma unidade consumidora classificada como grupo “grupo A”, de modo que as duas tarifas diferenciam-se de forma significativa.

Primeiramente o professor fará a análise da tarifa que pertence ao grupo B, que está mais próxima a realidade prática dos estudantes. Os problemas apresentados na etapa anterior serão transformados em cálculos a partir dos dados concretos da tarifa de energia em questão. Depois será realizado o mesmo processo com a tarifa do grupo A,

buscando identificar as diferenças entre elas, nos valores e na forma da sua composição, como também deve aparecer as variações decorrentes da bandeira tarifária.

## 1.6 Os tributos

O primeiro imposto sobre energia elétrica no Brasil foi instituído em 31/08/1954. As receitas arrecadadas serviriam para ampliação do setor elétrico. A intenção do governo na época era prover e financiar instalações de empresas estatais já que, até então, quase todas as empresas que operavam no setor elétrico pertenciam a iniciativa privada.

A única base de cálculo desse imposto era o consumo, pois não havia como tributar outros setores, uma vez que eram todos executados por empresas privadas e a maioria formada por capital estrangeiro. Cerca de uma década mais tarde já haviam sido criadas Furnas e a Eletrobrás, além de outras empresas estatais. O estado, então já operava também na geração, distribuição e transmissão da energia elétrica. Assim, a partir da Constituição de 1967, o imposto deixa de incidir apenas sobre o consumo e passa incidir também sobre a geração, a distribuição e a transmissão de energia elétrica ficando ainda sob a competência da União, porém, sendo os recursos divididos entre os estados para que estes também pudessem investir no desenvolvimento do setor elétrico.

Com a criação da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANNEE) ocorrida em 1996, o setor elétrico passa por uma reestruturação. No novo modelo, o foco era a privatização. A ideia era que empresas privadas e estatais competissem na produção e comercialização da energia elétrica. Desde a constituição de 1988, não era mais instituído o “imposto único” criado em 1954. Com a privatização do setor elétrico, as empresas que nele operavam ficaram encarregadas de buscar outras maneiras de conseguir receitas, não havendo mais a necessidade ou interesse do governo desempenhar esse papel.

### 1.6.1 O ICMS

Também a partir da constituição de 1988, a energia elétrica passa a ser entendida como mercadoria, assim, ela deixa de ser objeto de imposto sobre consumo pois a hipótese de incidência deixa de ser a geração, distribuição e transmissão e passa a ser a sua circulação. Desse modo passa a incidir sobre o valor da energia, também o ICMS (Imposto sobre Circulação de Mercadoria e Serviços). O ICMS deve ser empregado pelos

estados em políticas públicas sociais para a educação, saúde e segurança.

Cabe aqui destacar o fato de que mesmo a energia elétrica passando por várias etapas técnicas até chegar ao consumidor final, (geração, transmissão e distribuição), possibilitando que a cobrança seja feita de maneira separada, para fins de cálculo do ICMS, estes custos, juntamente como consumo final é considerado como um todo, ficando assim, apenas o consumidor final responsável por este encargo.

A forma como é feita a cobrança do ICMS tem causado polêmica no âmbito do direito. Isso ocorre porque segundo o entendimento jurídico, o ICMS deve ser cobrado sobre a circulação de mercadorias, e esta ocorre apenas quando há a mudança de titularidade, ou seja, deve incidir apenas sobre o valor da energia elétrica comprada pelo consumidor final. No entanto o imposto é cobrado sobre o valor total da fatura, mas essa engloba outras parcelas como por exemplo a TUST (Tarifa por Uso do Sistema de Transmissão) e (Tarifa por Uso do Sistema de Distribuição), das quais falaremos mais no decorrer do capítulo.

Como o ICMS é regulamentado pelo código tributário de cada estado e Distrito Federal, as alíquotas são variáveis dependendo da Unidade da Federação. A tabela abaixo é uma ferramenta útil para se obter o valor da alíquota aplicada de acordo com o deslocamento de mercadorias entre os estados ou internamente.

		DESTINO																												
		AC	AL	AM	AP	BA	CE	DF	ES	GO	MA	MT	MS	MG	PA	PB	PR	PE	PI	RN	RS	RJ	RO	RR	SC	SP	SE	TO	IM	
ORIGEM	AC	17	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	4	
	AL	12	18*	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	4
	AM	12	12	18	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	4
	AP	12	12	12	18	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	4
	BA	12	12	12	12	18	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	4
	CE	12	12	12	12	12	18	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	4
	DF	12	12	12	12	12	12	18	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	4
	ES	12	12	12	12	12	12	12	17	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	4
	GO	12	12	12	12	12	12	12	12	17	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	4
	MA	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	4
	MT	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	17	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	4
	MS	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	17	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	4
	MG	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	18	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	4
	PA	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	17	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	4
	PB	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	4
	PR	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	18	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	4
	PE	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	4
	PI	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	4
	RN	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	12	12	12	12	12	12	12	12	12	4
	RS	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	18	7	7	7	7	7	7	7	7	4
	RJ	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	12	20	7	7	12	12	7	7	4
	RO	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	4
	RR	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	4
	SC	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	17	12	7	7	4
	SP	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	12	18	7	4
	SE	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	4
TO	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	4	
IM	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	

Figura 1.1: Tabela ICMS 2019 Atualizada  
Fonte:DBM-sistemas (2020)

Na figura 1.1, alíquota entre estado de origem e estado destino, encontra-se na interseção da linha a qual pertence o estado origem com a coluna a qual pertence o estado destino. Quando estados de origem e de destino são o mesmo, a interseção da linha e da coluna, fornece o ICMS aplicado a circulação de mercadorias dentro do estado.

Podemos notar, por exemplo, que o ICMS praticado em Mato Grosso, em operações internas, é de 17%. É importante salientar que essa tabela aborda somente a alíquota regra geral, onde está a maioria das mercadorias. Porém, o ICMS aplicado também varia dependendo do tipo de mercadoria. E por sinal o aplicado à energia elétrica é o mais elevado.

Na tabela 1.1, temos o detalhamento do ICMS, por classe de consumo, aplicado à aos consumidores de energia elétrica em Mato Grosso.

Tabela 1.1: Alíquotas do ICMS aplicadas à tarifa de energia elétrica em Mato Grosso  
Fonte: Sefaz-MT/http://app1.sefaz.mt.gov.br/Acesso em 12/04/2020

Alíquotas do ICMS - art. 49 do RICMS		
Alíquota	Produto / Serviço	Dispositivo legal
-	Energia elétrica:	
-	a) Classe Residencial:	A rt. 49, Inc. VII
0%	1-Consumo mensal de até 100 kWh	-
10%	2- Consumo mensal acima de 100 kWh e até 150 kWh	
17%	3-Consumo mensal acima de 150 kWh e até 250 kWh	
25%	4-Consumo mensal acima de 250 kWh e até 500 kWh	
30%	5-Consumo acima de 500 kWh	
30%	b) Demais classes	Art. 49, Inc. VII, b
0 %	Fornecimento de energia elétrica e prestação de serviços de telefonia fixa quando consumidos ou usados pelas seguintes entidades: I) Fundação Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT; II) Fundação Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT; III) Escola Técnica Federal de Mato Grosso.	Art. 49 B
4%	Nas prestações de serviços de transporte aéreo interestadual de carga e mala postal.	Art. 49, Inc. VIII

Observe que a alíquota pode chegar a 30% dependendo da classe de consumo da qual faz parte o consumidor.

## 1.6.2 PIS e COFINS

A partir de 1998, passa a ser cobrado do consumidor de energia elétrica, também o PIS e o PASEP (Programa de Integração Social e Programa de formação do Patrimônio do Servidor) que tem como finalidade o financiamento do programa do seguro desemprego e o abono aos empregados que recebem até dois salários mínimos mensais e a COFINS (Contribuição Social para Financiamento da Seguridade Social) que destinado a financiar as despesas das áreas da saúde, previdência e assistência social.

Até entrar em vigor as leis nº 10.637/2002, 10.833/2003 e 10.865/2004, esses impostos eram cumulativos, ou seja, incidiam em todas as etapas intermediárias pela qual passava a comercialização da energia, com alíquotas de 0,65% e 3% respectivamente.

Após a sanção de tais leis, as suas alíquotas foram alteradas para 1,6% e 7,6%, respectivamente e deixaram de ser cumulativas, ou seja, passaram a incidir somente na etapa final que é a compra da energia, caracterizada pela troca de titularidade da mercadoria, ou seja, quando a energia é entregue ao consumidor final.

A alíquota média desses tributos varia de acordo com o volume de créditos apurados mensalmente pelas concessionárias e com o PIS e a COFINS pagos sobre custos e despesas no mesmo período, tais como a energia adquirida para revenda ao consumidor.

O PIS e o COFINS, assim como o ICMS, também são calculados "por dentro", portanto, eles próprios integram suas bases de cálculos.

A partir de 2005 a ANEEL publica uma nota técnica, onde obriga as empresas de distribuição a função de calcular a alíquota e cobrá-la, demonstrando separadamente na conta de energia elétrica.

A Nota Técnica nº 115/2005, divulgada pela (ANEEL, 2005), que trata da definição de metodologias para a adição dos PIS/PASEP na fatura de energia e estabelece:

O PIS/PASEP e a COFINS são dois tributos que atualmente compõem as tarifas de energia elétrica, aliado a este fato, destacamos o arcabouço legal, que regulamenta os mecanismos de ajustes na tarifa de energia elétrica, que visa manter o equilíbrio econômico e financeiro do contrato de concessão. [...] Convém destacar que os impactos são reais e já comprovados, além das variações mensais de custos e despesas (créditos), decorrentes das operações normais a que estão naturalmente sujeitas as empresas, o que fatalmente implica apurações dos tributos (PIS/PASEP e COFINS) diferente mês a mês (ANEEL, 2005).

Portanto, a partir de 2005, alíquotas do PIS/PASEP e da COFINS passam a ser variáveis, ou seja, são recalculadas mensalmente.

A tabela 1.2 mostra os valores das alíquotas mensais do PIS e do COFINS praticados de janeiro de 2018 a março de 2020.

Tabela 1.2: Alíquotas mensais do PIS e do COFINS

Fonte: Nota técnica (ANEEL, 2005)

<b>mês</b>	<b>PIS / PASEP</b>	<b>COFINS</b>	<b>total</b>
março/2020	0,36%	1,68%	2,04%
fevereiro/2020	0,82%	3,82%	4,64%
janeiro/2020	0,86%	3,94%	4,80%
dezembro/2019	0,70%	3,18%	3,88%
novembro/2019	0,89%	4,10%	4,99%
outubro/2019	0,97%	4,50%	5,47%
setembro/2019	0,92%	4,25%	5,17%
agosto/2019	0,86%	3,95%	4,81%
julho/2019	0,86%	3,96%	4,82%
junho/2019	0,78%	3,61%	4,39%
maio/2019	0,98%	4,52%	5,50%
abril/2019	0,99%	4,55%	5,54%
março/2019	0,85%	3,89%	4,74%
fevereiro/2019	0,61%	2,83%	3,44%
janeiro/2019	0,94%	4,34%	5,28%
dezembro/2018	1,02%	4,69%	5,71%
novembro/2018	0,72%	3,31%	4,03%
outubro/2018	0,65%	2,97%	3,62%
setembro/2018	0,97%	4,45%	5,42%
agosto/2018	1,08%	4,99%	6,07%
julho/2018	0,87%	4,02%	4,89%
junho/2018	0,59%	2,73%	3,32%
maio/2018	0,66%	3,01%	3,67%
abril/2018	0,96%	4,43%	5,39%
março/2018	1,01%	4,66%	5,67%
fevereiro/2018	0,68%	3,13%	3,81%
janeiro/2018	0,53%	2,43%	2,96%

Como o ICMS, o PIS /PASEP e a COFINS também geram polêmica pois, ainda que esses encargos sejam exigidos das pessoas jurídicas pelo Governo Federal por meio de lei e destinam-se assegurar recursos para o desenvolvimento de atividades voltadas a seguridade social, são aplicados ao consumidor final da energia elétrica.

### 1.6.3 A CIP

Na maioria dos municípios brasileiros, incide ainda sobre a energia elétrica, a CIP (Contribuição de Iluminação Pública). A CIP foi instituída após a promulgação da Emenda Constitucional nº 39/2002, que traz:

Art. 1º A Constituição Federal passa a vigorar acrescida do seguinte art. 149-A:

Art. 149-A Os Municípios e o Distrito Federal poderão instituir contribuição, na forma das respectivas leis, para o custeio do serviço de iluminação pública, observado o disposto no art. 150, I e III. Parágrafo único.

É facultada a cobrança da contribuição a que se refere o caput, na fatura de consumo de energia elétrica. (ANEEL, 2002)

Note que, fica a cargo dos municípios e do Distrito Federal, estipular o valor a ser cobrado à título de Contribuição de Iluminação Pública.

A CIP não tem necessariamente que ser cobrada junto com a fatura de energia elétrica. Ela pode, por exemplo ser cobrada anualmente, juntamente com o IPTU.

Quando há convênio entre o município e a distribuidora de energia, a CIP é descontada na fatura e repassada às prefeituras com a finalidade de custear as despesas com os serviços, materiais e equipamentos necessários a iluminação pública.

Os valores da CIP são estabelecidos para cada localidade através de Leis e Decretos Municipais, e, portanto, o valor cobrado pode ser diferente entre os Municípios.

A tabela 1.3 mostra os valores da CIP cobrada no município de Cuiabá a partir da Lei complementar nº 366 de 26/12/2014.

Tabela 1.3: Alíquotas da CIP cobradas no município de Cuiabá  
 Fonte: <https://www.legisweb.com.br/> Acesso em: 30/03/2020

Classe residencial		Outras classes	
Faixas de Consumo	Alíquota	Faixas de Consumo	Alíquota
71 a 100 - kWh	1,50%	0 a 30 - kWh	2,00%
101 a 140 - kWh	2,00%	31 a 50 - kWh	3,00%
141 a 180 - kWh	3,00%	51 a 70 - kWh	4,00%
181 a 220 - kWh	4,00%	71 a 100 - kWh	5,00%
221 a 300 - kWh	5,00%	101 a 140 - kWh	6,00%
301 a 400 - kWh	6,00%	141 a 180 - kWh	7,00%
401 a 500 - kWh	7,00%	181 a 220 - kWh	8,00%
501 a 600 - kWh	8,00%	221 a 300 - kWh	10,00%
601 a 700 - kWh	9,00%	301 a 400 - kWh	12,00%
701 a 800 - kWh	10,00%	401 a 500 - kWh	14,00%
801 a 1000 - kWh	11,00%	501 a 600 - kWh	16,00%
1001 a 1200 - kWh	12,00%	601 a 700 - kWh	18,00%
1201 a 1500 - kWh	13,00%	701 a 800 - kWh	20,00%
1501 a 2000 - kWh	14,00%	801 a 1000 - kWh	22,00%
2001 a 2500 - kWh	15,00%	1001 a 1200 - kWh	24,00%
2501 a 3000 - kWh	16,00%	1201 a 1500 - kWh	26,00%
3001 a 3500 - kWh	17,00%	1501 a 2000 - kWh	28,00%
3501 a 4000 - kWh	18,00%	2001 a 2500 - kWh	30,00%
4001 a 4500 - kWh	19,00%	2501 a 3000 - kWh	32,00%
4501 a 5000 - kWh	20,00%	3001 a 3500 - kWh	34,00%
5001 a 6000 - kWh	21,00%	3501 a 4000 - kWh	36,00%
6001 a 7000 - kWh	22,00%	4001 a 4500 - kWh	38,00%
7001 a 8000 - kWh	23,00%	4501 a 5000 - kWh	40,00%
8001 a 9000 - kWh	24,00%	5001 a 6000 - kWh	42,00%
9001 a 10000 - kWh	25,00%	6001 a 7000 - kWh	44,00%
Acima de 10000 - kWh	26,00%	7001 a 8000 - kWh	46,00%
		8001 a 9000 - kWh	48,00%
		9001 a 10000 - kWh	50,00%
		Acima de 10000 - kWh	52,00%

As alíquotas são calculadas sobre o preço do  $MW/h$  estabelecido pela ANEEL.

## 1.7 Encargos

A pesar de ser a ANEEL a responsável pela implementação das resoluções e dos despachos relacionados aos encargos, eles são criados por leis. Dessa forma, os encargos só são implantados, isto é, só entram em vigor após serem aprovados pelo Congresso Nacional. Na tabela 1.4 estão os encargos que atualmente incidem na tarifa de energia,

bem como o destino ao qual cada um é direcionado.

### 1.7.1 Encargos setoriais

São chamados encargos setoriais os custos não gerenciáveis, destinados a cobrir os custos dos programas setoriais. Segundo a ANEEL, os recursos são utilizados para garantir o equilíbrio econômico-financeiro contratual.

Na tabela abaixo, estão os encargos setoriais que fazem parte da composição da fatura de energia, bem como as suas finalidades.

Tabela 1.4: Encargos setoriais e finalidades

Fonte: site da ANEEL

<b>Encargo</b>	<b>Finalidade</b>
Conta de Consumo de Combustíveis (CCC)	Custeia ou combustível usado por usinas termelétricas para gerar energia nos sistemas da Região Norte
Conta de Desenvolvimento Energético (CDE)	Custódia de energia para pessoas de baixa renda, descontos em setores econômicos e barateia o uso de fontes alternativas (como energia solar)
Taxa de Fiscalização de Serviços de Energia Elétrica (TFSEE)	Custeia o funcionamento da ANEEL.
PROINFA –Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica	Incentivar a geração de energia a partir de fontes alternativas (eólicas e biomassa) e de pequenas centrais hidrelétricas
Reserva Global de Reversão (RGR)	gera recursos para reversão da instalação usada na geração e transporte de energia em favor das concessionárias, além de financiar uma expansão e melhorar o serviço de energia elétrica.
Compensação Financeira pela Utilização de Recursos Hídricos(CFURH)	Compensar financeiramente na União, estados e municípios pelo uso de água e terras produtivas precisa à instalação de usinas para geração de energia.
Encargos de Serviços do Sistema (ESS)	Aumenta a capacidade e segurança da oferta de energia no país.
Operador Nacional do Sistema (ONS)	Financiamento ou funcionamento do operador Nacional do Sistema Elétrico, que coordena e controla a operação das geradoras e da energia elétrica no Sistema Interligado Nacional (SIN)
Pesquisa e Desenvolvimento e Eficiência Energética (P&D / EE)	Estimula pesquisas científicas e tecnológicas relacionadas à energia elétrica e ao uso sustentável de recursos necessários para gerá-la.
Encargo de Energia de Reserva (EER)	Custos de cobre cobrados pela contra-reserva de energia, incluindo custos administrativos, financeiros e tributários.

## 1.7.2 TUST-Tarifa de Uso do Sistema de Transmissão

A energia é produzida nas usinas que podem ser: hidrelétricas, eólicas, térmicas, de biomassa etc. Geralmente as usinas operam nas tensões de 6,6 ou 13,8 kV. Para que se possa transportar essa energia a longas distâncias, essa tensão é elevada para tensões maiores (69,138,230,500,750 kV), o que vai depender da potência requerida. Daí, através das linhas de transmissão, essa energia, é conduzida até as subestações abaixadoras localizadas próximas aos centros de consumo. Nelas, a tensão é rebaixada para tensões de 13,8; 25 e 34,5kV.

As empresas responsáveis pela transmissão de energia são chamadas de transmissoras. Quando a transmissão é o único setor onde atuam são ditas transmissoras puras. São transmissoras puras, por exemplo, a Taesa e a ISA Cteep. A Alupar é considerada uma transmissora, apesar de também atuar no setor da geração neste caso, a empresa é dita integrada. Temos por exemplo a CPFL, a Enel São Paulo (antiga Eletropaulo) e a Enel Ceará (antiga Coelce). Depois da privatização do setor elétrico, os serviços de geração, transmissão e distribuição separados, ou seja, deixaram de ser operados necessariamente por uma mesma empresa.

Dessa forma a energia produzida, na maioria das vezes pelas hidrelétricas, é conduzida até os municípios, através dos sistemas de transmissão. Segundo a ANEEL, o transporte da energia, do ponto de geração até o consumidor final, é um monopólio natural, pois a competição nesse segmento, não traz benefícios econômicos. A finalidade dessa tarifa é remunerar o uso dos sistemas de distribuição. A resolução normativa nº 599, de 27 de junho de 2013 em seu Art. 2º estabelece que:

(...)o rateio dos encargos do Uso do Sistema de Transmissão será na proporção de 50% (cinquenta por cento) para o segmento geração e 50% (cinquenta por cento) para o segmento consumo. Os 50% de responsabilidade do consumidor, é cobrado na conta de energia e repassado para ANEEL . (ANEEL, 2020)

## 1.7.3 TUSD-Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição

O setor de distribuição de energia é responsável por receber a energia em grande quantidade, vinda das empresas geradoras por meio das redes de transmissão e distribuir aos pequenos e médios consumidores. O serviço de distribuição depende de vários outros serviços, tais como leituras dos medidores, entrega da fatura de energia ao consumido,

serviços de atendimento ao consumidor (por meios físicos ou digitais), novas ligações, cortes, religações, fiscalização e prevenção contra furtos, etc. Além disso, onera também o custo da distribuição de energia os gastos com equipamentos de segurança (EPI), com materiais e ferramentas, com pagamento de pessoal etc. e muitos outros. A soma de todos esses custos, é o que justifica a criação, pela Lei nº 9.074 /95, art. 15, § 6º, da Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD).

A TUSD é a parte da tarifa que de fato remunera a concessionária. É conhecida como a parcela B, ou seja, aquela chamada gerenciável, pois dos valores que compõe a tarifa, a concessionária somente administra essa parcela. Contudo, as distribuidoras não têm autonomia para definir os preços a serem praticados, ficando encarregada dessa tarefa, a (ANEEL) Agência Nacional de Energia Elétrica (Netto e Henkes, 2014).

## 1.8 A composição da fatura

Todos os tributos e encargos mencionados acima, estão presente na fatura de energia paga pelo consumidor final.

Quando se trata dos custos da distribuidora à serem cobertos pela fatura, a ANEEL faz a seguinte classificação:

A Parcela A que é composta pelos custos denominados não gerenciáveis, que são os gastos com a compra e a transmissão de energia elétrica e todos os impostos e encargos que foram descritos acima. É denominada não gerenciável pelo fato de que esse gastos não são gerenciados pela concessionária de energia. Os valores a serem arrecadados a fim de cobrirem essas despesas são definidos pela ANEEL por meio de leis federais, no caso dos encargos setoriais, PIS e COFINS, ou por leis estaduais e municipais, no caso do ICMS e a CIP.

E a Parcela B que é composta pelos custos denominados gerenciáveis, ou seja, os gastos com pessoal, material, serviços de terceiros, investimentos na expansão, na manutenção e melhoria na qualidade do sistema elétrico, bem como remuneração do capital dos acionistas e os tributos. Essa parte da fatura é responsável por remunerar os serviços prestados pela concessionárias e está discriminados na tarifa de energia que chega às unidades consumidoras.

Na figura 1.2, tem-se o gráfico divulgado pela ANEEL, sobre distribuição dos

custos da energia elétrica:

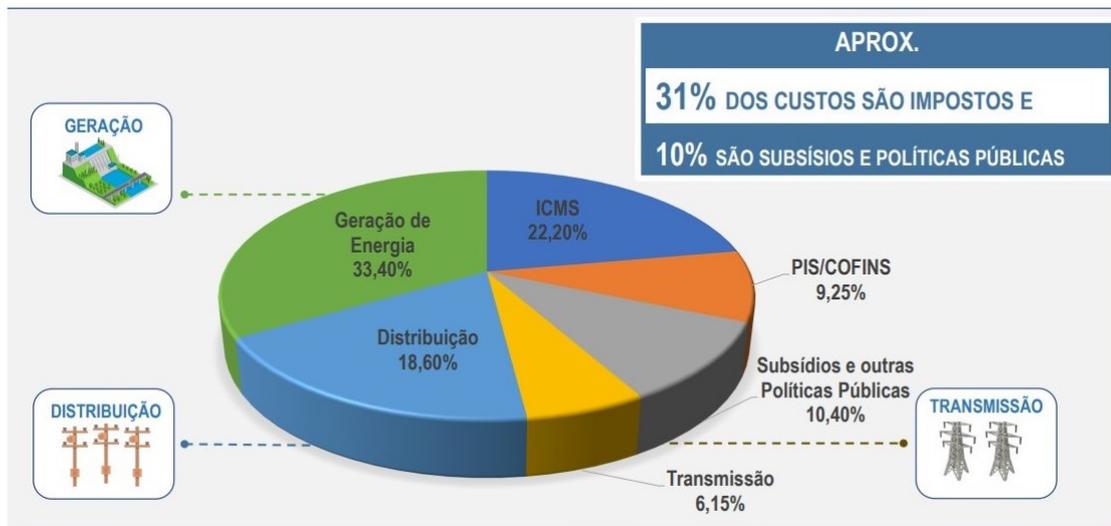


Figura 1.2: Percentuais médios na tarifa de energia elétrica (Dados de 2018)

Fonte: Site da ANEEL

Além das parcelas A e B, desde de 2015, passou a fazer parte da conta de energia, o Sistema de Bandeiras Tarifárias. Esse sistema consiste em incidir sobre a conta de energia, acréscimos fixados de acordo com as condições de geração de eletricidade.

Quando as condições hidrológicas são favoráveis a maior parte da energia consumida no país é gerada pelas hidrelétricas que proporciona custos mais baixos de produção.

A medida que diminui a quantidade de chuvas e os reservatórios vão se esvaziando, se torna necessário o funcionamento das termelétricas para gerar energia. Como os custos da energia produzidas nas termelétricas são bem mais altos, os excedentes são divididos entre os consumidores por meios do Sistema de Bandeiras.

Segundo a ANEEL, esses acréscimos são representados da seguinte forma:

Bandeira verde: condições favoráveis de geração de energia. A tarifa não sofre nenhum acréscimo; Bandeira amarela: condições de geração menos favoráveis. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,01343 para cada quilowatt-hora (kWh) consumidos; Bandeira vermelha - Patamar 1: condições mais custosas de geração. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,04169 para cada quilowatt-hora kWh consumido. Bandeira vermelha - Patamar 2: condições ainda mais custosas de geração. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,06243 para cada quilowatt-hora kWh consumido (ANEEL, 2015a) .

## 1.9 A compra de energia

A ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) foi criada pela lei n° 9427 de 26 de dezembro de 1996 e desde a aprovação de seu regimento por meio da portaria n° 349 de 28 de dezembro de 1997 passou a exercer a regulação e fiscalização sobre a geração, transmissão, comercialização e distribuição de energia elétrica buscando harmonizar os interesses do Estado, dos agentes e dos consumidores (Vieira et al. (2014)).

As regras para a comercialização de energia elétrica no Brasil, estão dispostas na Lei n° 10.848/2004. Segundo essa lei, a comercialização de energia elétrica no Brasil entre empresas que operam nesse setor, bem como entre essas empresas e seus consumidores, ocorrerá por meio de contratação livre ou regulada.

A contratação livre ocorre diretamente entre geradores e comercializadores, no chamado ACL ( Contratação Livre) através de contratos bilaterais. Poderão optar por essa modalidade, unidades consumidoras com demanda superior a  $500kW$ , conforme condições previstas nos artigos 15 e 16 da Lei n° 9.074, de 7 de julho de 1995. A energia é entregue a esses consumidores pela concessionária local. O serviço de distribuição é compensado por meio de pagamento de fatura.

Já as unidades consumidoras da contratação regulada, as quais serão abordadas nesse trabalho, são aqueles que compram energia das concessionárias de distribuição às quais estão ligados. O consumidor paga uma fatura por mês referente à compra de energia, ao serviço de transmissão e distribuição e aos tributos.

No mercado regulado, a comercialização da energia elétrica é feita por meio de leilões, que têm a função, segundo a ANEEL, de garantir a transparência no custo da compra de energia, além de proporcionar a competição nesse setor. Cada geradora de energia estipula um preço de custo levando em consideração as condições tais como clima e os níveis de seus reservatórios. As concessionárias de energia firmam contratos periódicos com essas geradoras ou com agências comercializadoras de energia. Em ambos os casos, os contratos são mediados pela CCEE (Câmara de Comercialização de Energia). Os consumidores finais não participam, neste caso da negociação.

## 1.10 Classes de consumo

Os consumidores cativos são classificadas, de acordo com a tensão de fornecimento, como grupo A ou grupo B.

Os critérios que definem a tensão de fornecimento que se enquadra determinada unidade consumidora, são detalhados na resolução normativa n° 414 de 2010 em seu artigo 12.

Ao grupo A, fazem parte os grandes consumidores de energia como shopping centers e indústrias. Essas unidades consumidoras são equipadas com transformadores próprios, necessários para rebaixar a tensão fornecida para tensões menores e compatíveis com os equipamentos, (127V,220V ou 380V)

A tabela 1.5 mostra as subdivisões do estabelecidas dentro do grupo A, bem como a tensão de fornecimento:

Tabela 1.5: Subdivisões e Tensão de fornecimento do grupo A

Grupo A	
Subgrupo	Tensão de fornecimento
A1	igual ou superior a 230 kV
A2	de 88 kV a 138 kV
A3	de 69 kV
A3a	de 30 kV a 44 kV
A4	de 2,3 kV a 25 kV
AS	inferior ou superior a 2,3 kV, a partir de sistema subterrâneo de distribuição

Ao solicitarem o acesso à rede de distribuição da concessionária, os consumidores da classe A, devem informar a demanda de consumo, pois incidem em suas tarifas uma cobrança relacionadas à essa demanda, denominada demanda contratada ou contrato de demanda segundo consta na resolução normativa n° 414 de 2010 da ANEEL:

XXI –demanda contratada: demanda de potência ativa a ser obrigatória e continuamente disponibilizada pela distribuidora, no ponto de entrega, conforme valor e período de vigência fixados em contrato, e que deve ser integralmente paga, seja ou não utilizada durante o período de faturamento, expressa em quilowatts (kW) (ANEEL, 2005)

Essa cobrança é feita sobre a demanda ativa, ou seja, aquela que o consumidor de fato utilizou. A demanda ativa é diferente da demanda instalada. Enquanto que a demanda instalada é a soma das potências de todos os equipamentos existentes na

unidade consumidora, a demanda ativa é dada pela máxima potência utilizada, medido em intervalo igual ou superior a 15 minutos durante o mês. Após informada a demanda ativa, o consumidor pagará mensalmente pela demanda que foi informada no contrato, ainda que o consumo não atinja esse valor. No entanto, caso o consumidor exceda essa demanda em mais de 5%, é cobrado dele, além do valor referente a demanda ativa total utilizada, uma multa sobre o valor excedente. Essa multa é calculada multiplicando-se o valor excedente pelo dobro da tarifa normal da demanda. Os contratos podem ser revisados a cada ano.

Já as unidades consumidoras com fornecimento em tensão inferior a 2,3 kV, são classificadas como grupo B (Baixa tensão).

São consumidores com consumo inferior a 75 kW, como residências, escolas de pequeno porte, lojas e mercados por exemplo. As subdivisões do grupo B estão na tabela 1.6.

Tabela 1.6: Subdivisões do Grupo B

Grupo B	
B1	residencial
B2	rural
B3	comércios e indústrias de pequeno porte
B4	Iluminação Pública

Dessa classe de consumo não é cobrada uma tarifa pela demanda de consumo, existe apenas o chamado custo de disponibilidade. Esse custo é conhecido como “taxa mínima” por se tratar do valor mínimo cobrado do consumidor quando, na unidade consumidora, não houver consumo algum, ou se este consumo for menor que a demanda destinada a ela, considerando o disposto na resolução normativa n° 414 de 2010:

O custo de disponibilidade do sistema elétrico, aplicável ao faturamento mensal de consumidor responsável por unidade consumidora do grupo B, é o valor em moeda corrente equivalente a:

I – 30 kWh, se monofásico ou bifásico a 2 (dois) condutores;

II – 50 kWh, se bifásico a 3 (três) condutores; ou

III – 100 kWh, se trifásico.

§ 1o O custo de disponibilidade deve ser aplicado sempre que o consumo medido ou estimado for inferior aos referidos neste artigo, não sendo a diferença resultante objeto de futura compensação (ANEEL, 2010).

## 1.11 As modalidades tarifárias

As modalidades tarifárias são um conjunto de tarifas aplicáveis ao consumo de energia elétrica e demanda de potência ativas (ANEEL, 2020). Basicamente, a tarifa é o valor cobrado por kW de energia. No entanto, esse valor não é uniforme, ou seja, não é o mesmo para todos os consumidores. A tarifa pode variar inclusive dentro de um mesmo grupo de consumo, o que vai depender, por exemplo da essencialidade a que se destina. Outro fator que causa diferença entre os valores da tarifa é horário em que a energia é consumida. Em horários de pico, por exemplo, quando o sistema elétrico é mais solicitado, o valor tende a ser mais caro. As modalidades tarifárias, disponíveis para os consumidores de energia estão disposta na tabela 1.7:

Tabela 1.7: Modalidades tarifárias

Fonte: Adaptada de (ANEEL, 2020)

Tarifa	Grupo de consumo	Descrição
Convencional monômia	Aplicada à unidades consumidoras do grupo B	As tarifas aplicadas a essa modalidade são as mesmas, independente do horário
Tarifa branca	Aplicada à unidades consumidoras do grupo B, exceto para o subgrupo B4 e para as subclasses Baixa Renda do subgrupo B1	Nessa modalidade, as tarifas têm três valores diferentes dependendo do horário do dia em que ocorre o consumo, sendo eles os horário ponta, fora de ponta e intermediário.
Convencional binômia	aplicada às unidades consumidoras do grupo A	Caracterizada por tarifas de consumo de energia elétrica e demanda de potência, independentemente das horas de utilização do dia.
Horária verde	aplicada às unidades consumidoras do grupo A	caracterizada por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia, assim como de uma única tarifa de demanda de potência.
Horária azul	aplicada às unidades consumidoras do grupo A	caracterizada por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica e de demanda de potência, de acordo com as horas de utilização do dia

Para a Tarifa branca, no caso do grupo B, e para as tarifas horária verde e horária azul, no caso do grupo A, que levam em consideração o horário de consumo, são considerados durante o dia:

- Horário de ponta: Período de 3 horas consecutivas, definidos pela concessionária, nos

horários considerados de pico, por solicitarem maior demanda a estrutura energética;

- Horário intermediário: Período de uma 1 hora que antecede o horário de ponta e o período que ultrapassa também em 1 hora o horário de ponta. (Aplicado apenas em unidades consumidoras do grupo B que optarem pela tarifa Branca.)
- Fora ponta: Período do dia que não se enquadra em nenhum dos itens acima.

Esses horários são definidos pelas concessionárias que levam em consideração os picos de demanda de seus sistemas. Nas tabelas 1.8 e 1.9 estão os horários de ponta, e intermediário definido pela Energisa MT, os horários complementares contados como fora ponta.

Tabela 1.8: Horários de ponta e intermediário

Fora do horário de verão	
Horário de ponta	Horário intermediário
17:30 às 21:29	15:30 às 17:29 e das 20:30 às 21:29

Tabela 1.9: Horários de ponta e intermediário

Dentro do horário de verão	
Início do Horário de Ponta	Término do Horário de Ponta
18:30 às 21:29	16:30 às 18:29 e das 21:30 às 22:29

Esses horários não se aplicam aos finais de semanas nem aos feriados que constam na tabela 1.10

Tabela 1.10: Feriados nacionais considerados para cobrança de Tarifa branca

Fonte: adaptado de (ANEEL, 2020)

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

Os valores cobrado por  $kWh$  varia dependendo da modalidade tarifária a qual se enquadra a unidade consumidora. Os valores atualizados cobrados pela Energisa-MT

das unidades consumidoras do grupo B e do grupo A, por modalidade tarifária estão nas tabelas das figuras 1.3 e 1.4, respectivamente:

MODALIDADE TARIFÁRIA BRANCA - BAIXA TENSÃO										
GRUPO	CLASSES	TUSD + TE (RS/KWH)			TUSD (RS/KWH)			TE (RS/KWH)		
		PONTA	INTERM.	FORA PONTA	PONTA	INTERM.	FORA PONTA	PONTA	INTERM.	FORA PONTA
B1	RESIDENCIAL	1,26137	0,80254	0,52239	0,81811	0,53795	0,25780	0,44326	0,26459	0,26459
B2	COOPERATIVA DE ELETRIFICAÇÃO RURAL	0,92374	0,58898	0,39003	0,58686	0,38790	0,18895	0,33688	0,20108	0,20108
	RURAL	0,92374	0,58898	0,39003	0,58686	0,38790	0,18895	0,33688	0,20108	0,20108
	RURAL IRRIGANTE	-	-	0,12871	-	-	-	-	-	-
	SERVIÇO PÚBLICO DE IRRIGAÇÃO	0,82650	0,52699	0,34898	0,52508	0,34707	0,16906	0,30142	0,17992	0,17992
B3	COMERCIAL SERVIÇOS E OUTROS	1,24988	0,79565	0,52009	0,80662	0,53106	0,25550	0,44326	0,26459	0,26459
	INDUSTRIAL	1,24988	0,79565	0,52009	0,80662	0,53106	0,25550	0,44326	0,26459	0,26459
	PODERES PÚBLICOS	1,24988	0,79565	0,52009	0,80662	0,53106	0,25550	0,44326	0,26459	0,26459
	SERVIÇO PÚBLICO	1,09989	0,70017	0,45768	0,70985	0,46733	0,22484	0,39007	0,23284	0,23284

Figura 1.3: Tarifas aplicadas à modalidade tarifária Branca  
 Fonte: adaptado de <https://www.energisa.com.br/>-Acesso em 25/05/2020

MODALIDADE TARIFÁRIA HORÁRIA VERDE							
SUBGRUPO	CLASSES	TUSD + TE				CONSUMO (RS/KWH)	
		DEMANDA (RS/KW)		ULTRAPASSAGEM		PONTA	FORA PONTA
		PONTA	FORA PONTA	PONTA	F. PONTA		
A3A (30 A 44 KV)	SERVIÇO PÚBLICO	-	14,31	-	33,66	1,41928	0,30766
	RURAL	-	15,15	-	33,66	1,45154	0,31465
	RURAL IRRIGAÇÃO	-	-	-	33,66	-	0,06992
	DEMAIS CLASSES	-	16,83	-	33,66	1,61282	0,34961
A4 (2,3 A 25 KV)	COOPERATIVA DE ELETRIFICAÇÃO RURAL	-	5,15	-	31,72	0,48189	0,10216
	DEMAIS CLASSES	-	16,83	-	33,66	1,61282	0,34961
	RURAL	-	15,15	-	33,66	1,45154	0,31465
	RURAL IRRIGAÇÃO	-	-	-	33,66	-	0,06992
	SERVIÇO PÚBLICO	-	14,31	-	33,66	1,41928	0,30766

Figura 1.4: Tarifas aplicada à modalidade tarifária Horária Verde  
 Fonte: adaptado de <https://www.energisa.com.br/>-Acesso em 25/05/2020

Como não faz partes dos exemplos utilizados, os valores cobrados pela Energisa-MT das unidades consumidora do grupo A, cadastradas na modalidade Horária azul constam na figura A.1, disponível no apêndice deste tabalho.

## 1.12 Exemplos de fatura

Desde que se iniciou o capítulo 1, diversos custos foram detalhados, com a finalidade de se entender a composição da tarifa de energia elétrica. A partir dos dados mencionados foi possível notar que a maioria dos custos, (excetuando-se a demanda contratada), são dados na forma de porcentagem sobre o valor do consumo.

O consumo é medido em  $kWh$ . Um  $kWh$  é a energia consumida por um aparelho de 1000 W de potência ligado durante 1 hora, portanto, para determinar a energia consumida em  $kWh$ , é necessário saber a potência dos aparelhos existentes na unidade consumidora, bem como o tempo que esses aparelhos ficam ligados.

As concessionárias efetuam a medição através de medidores instalados em cada unidade consumidora.

A Energisa S/A, em sua norma NDU 001, disponibiliza as tabelas onde podemos consultar as potências da grande maioria dos aparelhos eletroeletrônicos. A tabela 1.11 contém alguns dos aparelhos mais comumente encontrados nas residências.

Tabela 1.11: Potência de alguns aparelhos eletroeletrônicos

Fonte: Adaptado da NDU 001 Energisa S/A.

Aparelho	Potência (W)	Aparelho	Potência (W)
Geladeira duplex 430 L	150	Portão elétrico	184
Impressora comum	90	Pipoqueira residencial	80
Freezer	00	Micro-ondas	1200
liquidificador	200	Microcomputador	350
Secador de cabelos	1000	Máquina de lavar roupas	1000
Televisor 28 a 30 pol.	150	Furadeira grande	1000
Ventilador grande	250	Ferro elétrico automático	1000
Ventilador médio	120	Fogão com acendedor	550
Ventilador pequeno	80	Exaustor pequeno	200
Torradeira	800	Cortador de grama	1200
Chuveiro	6.500	Bebedouro	200
Ar Condicionado	10.000 BTU	Ar condicionado	7.500 BTU
	12.000 BTU		9.000 BTU
	18.000 BTU		36.000 BTU

A partir das informações contidas na tabela 1.11 é possível estimar o consumo de uma unidade consumidora, desde que se tenha uma estimativa do tempo de utilização de cada aparelho.

### 1.12.1 Uma unidade consumidora residencial (grupo B)

As figuras 1.5 e 1.6 compõem fatura de energia expedida pela Energisa-MT para uma unidade consumidora residencial estabelecida na cidade de Várzea Grande.

Anterior		Atual		Constante	Consumo	Dias
Data	Leitura	Data	Leitura			
19/02/20	30388	20/03/20	31089	1	697	30

Demonstrativo									
CCI Descrição	Quantidade	Tarifa / Impostos	Valor Total (R\$)	Base Calc. ICMS (R\$)	Aliq. ICMS	ICMS (R\$)	Base Calc. PIS/COFins (R\$)	PIS (%)	COFINS (%)
001 Consumo em kWh	697	0,928650	647,27	647,27	27	174,76	647,27	6,35	29,25
<b>LANÇAMENTOS E SERVIÇOS</b>									
807 Contrib de Ilum Pub			31,86	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00
801 DOAÇÃO SANTA CASA DE CUIABA 03/2020			3,00		0				
801 DOAÇÃO LBV 0049871305 03/2020			10,00		0				
CC: Código de Classificação do Item			Total:	692,13	647,27	174,76	647,27	6,35	29,25

Média últimos meses (kWh)	<b>VENCIMENTO</b>	<b>TOTAL A PAGAR</b>
589	<b>16/04/2020</b>	<b>R\$ 692,13</b>

Figura 1.5: Fatura de energia expedida pela Energisa-MT (grupo B): parte 1

Média últimos meses (kWh)			VENCIMENTO		TOTAL A PAGAR	
589			<b>16/04/2020</b>			
Histórico de Consumo						
561	528	477	429	549	495	
NAR/19	ABR/19	MAI/19	JUN/19	JUL/19	AGO/19	
RESERVADO AO FISCO						
Indicadores de Qualidade						
Limites da ANEEL		Apurados				
DIC MENSAL	5,31	0				
DIC TRIMESTRAL	19,62	0				
DIC ANUAL	21,25	0,2				
FIC MENSAL	3,30	0,1				
FIC TRIMESTRAL	6,60	0,1				
FIC ANUAL	13,20	0,1				
DMC	3,03	0,1				
DICPR	12,22	0,1				
<b>ATENÇÃO</b>						
- Perdas do Ramal: 4kW						
- Seu CPF foi protegido? Consulte através do site: <a href="http://www.energisa.com.br">http://www.energisa.com.br</a>						
- Contato BDE: Recarga e recadastro						
- Contato Serviço: DOAÇÃO LBV - 0800 055 5039						
- Contato Serviço: DOAÇÃO FISCAL/COFINS - 0800 3011 1000						
- O cancelamento da referência de consumo e a emissão de fatura podem ser solicitados a qualquer momento na distribuição.						
Valor do EUSD(Ref 01/2020): R\$ 258,08			<b>Faturas em atraso</b>			

Figura 1.6: Fatura de energia expedida pela Energisa MT (grupo B): parte 2

#### 1.12.1.1 Os cálculos envolvidos

O consumo, que é dado em  $kWh$  e obtido da diferença da medição atual diminuída da medição anterior, seria de  $701kWh$ , caso o medidor estivesse localizado depois do ramal de ligação da rede de energia à unidade consumidora.

A tarifa acima é de uma unidade mais antiga que ainda possui o medidor preso ao poste da rede e nesse caso é descontado a perda de ramal. Note que a medição atual no

canto superior esquerdo da conta, com leitura feita em 20/03/20 registrou  $31089kWh$  e a leitura anterior feita na data de 19/02/20, também no canto superior esquerdo, registrou  $30388kWh$  e, além disso, a perda de ramal registrada no mês foi de  $4kWh$ . Tem-se, então o seguinte cálculo.

$$\begin{array}{rcccccc} \text{leitura atual} & & \text{leitura anterior} & & \text{perda de ramal} & & \text{consumo mensal} \\ 31089 kWh & - & 30388kWh & - & 4kWh & = & 697kWh \end{array}$$

Portanto, o consumo do mês foi **697 kWh**.

Do produto da quantidade faturada em  $kWh$  pela tarifa com impostos, obtemos o valor total, em reais. É importante salientar que estão embutidos sobre essa tarifa os impostos antes mencionados, a saber, o ICMS, o PIS e o COFINS, cujas as alíquotas, atualmente, são de 27%, 0,9812% e 4,519%, respectivamente, como consta na figura 1.5 A equação 1.1 é, segundo a ANEEL, como se calcula a tarifa que chega ao consumidor final.

$$T_c = \frac{T_s}{1 - (PIS + COFINS + ICMS)} \quad (1.1)$$

Sendo  $T_c$ , o valor a ser cobrado do consumidor e  $T_s$ , o valor publicado pela ANEEL. Por exemplo, em ANEEL (2020), encontra-se o Ranking de Tarifa Residencial,

que disponibiliza as tarifas vigentes, expressas na unidade  $R\$/kWh$ , onde é possível encontrar a tarifa convencional que será praticada pela Energisa-MT, a partir de abril de 2020 que é de  $0,627 R\$/kWh$ .

A partir desse dado pode-se o calcular do o valor a ser pago pelo consumidor com consumo igual ao da conta da figura 1.5.

1. Alíquota média do PIS aplicado em MT : 0,9812%
2. Quantidade de kWh consumido: 697
3. Alíquota média do COFINS aplicado: 4,5195%

4. Alíquota do ICMS aplicada a essa faixa de consumo residencial em MT: 27%
5. Valor do kWh publicado pela ANEEL : 0,627

#### 1.12.1.2 Primeiro passo

- Incluir no valor do kWh publicado pela ANEEL, os tributos PIS, COFINS e ICMS. Isto é feito aplicando a fórmula 1.1

$$T_c = \frac{0,627}{1 - (0,009812 + 0,045195 + 0,27)} = 0,929$$

Portanto,  $T_c$  corresponde a **0,929 R\$ por kWh**.

#### 1.12.1.3 Segundo passo

- Multiplicar o valor do kWh com os tributos inclusos ( PIS, COFINS, e ICMS) pela quantidade consumida.

$$T_c \quad \text{consumo mensal} \quad \text{valor da fatura sem a CIP}$$

$$0,929 \quad \times \quad 697 \quad = \quad 647,51$$

Portanto, o valor da fatura sem o valor da CIP é de **R\$647,51**.

#### 1.12.1.4 Terceiro passo

- calcular o valor da Contribuição de Iluminação Pública (CIP).

No caso de Cuiabá-MT, essa contribuição para essa faixa de consumo é de 9% do valor do *MWh*, conforme tabela 1.3.

Segundo a ANEEL, o valor do *MWh* em vigor é de R\$368,51.

$$\text{valor do } MWh \quad \text{porcentagem CIP} \quad \text{total a pagar}$$

$$368,51 \quad \times \quad 0,09 \quad = \quad 33,16$$

Portanto, o valor da CIP é de **R\$ 33,16**.

### 1.12.1.5 Quarto passo

- Incluir no valor calculado a Contribuição de Iluminação Pública (CIP).

$$\begin{array}{rccccccc} \text{Consumo} & & & \text{CIP} & & & \text{total} \\ 647,51 & + & & 33,16 & = & & 680,60 \end{array}$$

Portanto, o valor da fatura é de **R\$680,60**.

### 1.12.2 Outra forma de se incluir os impostos

O cálculo feito no “primeiro passo”, confirma o que foi dito acima sobre a cobrança desse impostos. Utilizando-se a fórmula 1.1, o valor é calculado “por dentro”, ou seja, o valor do imposto passa a integrar sua base de cálculo.

Nesta forma de cálculo, o arrecadador recebe o imposto sobre o valor final da mercadoria:

Observe que o valor da mercadoria, (neste caso a energia consumida), é dado pelo produto do consumo mensal pela alíquota sem impostos ( $T_s$ ).

$$\begin{array}{rccccccc} \text{consumo mensal} & & & \text{tarifa sem impostos} & & & \text{valor da energia} \\ 697 & \times & & 0,627 & = & & 437,02 \end{array}$$

Portanto, o valor da mercadoria (energia consumida durante o mês), sem impostos, é de **R\$437,02**.

O total dos impostos é dado pela soma das tarifas do PIS, da COFINS e do ICMS.

$$\begin{array}{rccccccc} \text{PIS} & & & \text{COFINS} & & & \text{ICMS} & & & \text{total} \\ 0,009812 & + & & 0,045195 & + & & 0,27 & = & & 0,325007 \end{array}$$

Portanto, o total das alíquotas que incidem sobre o valor da energia é de **0,325007 ≈ 32,25%**.

O que significa que se fossem calculados sobre os valor atual da mercadoria, o seria de:

$$\begin{array}{rcccl} \text{valor da energia} & & 1+\text{alíquota total} & & \text{valor com impostos} \\ 437,02 & \times & 1,325007 & = & 579,05 \end{array}$$

Portanto, o valor da mercadoria (energia consumida durante o mês), com impostos, calculada na modalidade convencional, sem incluir o valor da CIP, seria de **R\$579,05**.

Adicionando-se o valor da CIP, teria-se:

$$\begin{array}{rcccl} \text{valor da energia} & & \text{CIP} & & \text{total} \\ 579,05 & + & 33,16 & = & 612,21 \end{array}$$

Portanto, desta forma o valor da fatura seria de **R\$612,21**

### 1.12.3 A fórmula de inserção dos impostos

Tomando-se como exemplo, uma mercadoria no valor de R\$1.740, na qual vão incidir impostos cujas alíquotas soma 13%.

Para facilitar o entendimento, faz-se o seguinte questionamento:

- Qual deve ser o valor do qual se retira 13% e restam R\$1.740?

Chamando de  $x$ , este valor, temos:

$$x \cdot (1 - 0,13) = 1.740 \implies x = \frac{1.740}{(1 - 0,13)} = \frac{437,02}{0,87} = 2.000$$

Portanto, para o consumidor final a mercadoria custará **R\$ 2.000**. Como

$$\frac{2.000}{1.740} \approx 1,15,$$

a alíquota real é de aproximadamente 15%.

Desta mesma forma pode se chegar a equação 1.1:

$$T_c = \frac{T_s}{1 - (PIS + COFINS + ICMS)}$$

## 1.12.4 Uma unidade consumidora comercial (grupo A)

### 1.12.4.1 Para sala de aula

As figuras 1.7 e 1.8 são partes de uma fatura de energia expedida pela Energisa - MT para uma unidade consumidora comercial estabelecida na cidade de Cuiabá.

CONTA REFERENTE A		APRESENTAÇÃO		DATA PREVISTA DA PROXIMA LEITURA		UC - UNIDADE CONSUMIDORA																												
Abril/2020		16/04/2020		13/05/2020		6/231945-7																												
DEMONSTRATIVO																																		
CCI	Descrição	Quantidade	Tarifa s/ Tributos	Tarifa c/ Tributos	Valor Total (R\$)	Base Calc. ICMS(R\$)	Aliq. ICMS	ICMS (R\$)	Base Calc. PIS/COFINS (R\$)	PIS (R\$) (1,0845%)	COFINS(R\$) (4,9955%)																							
0601	Consumo em kWh - Ponta	560,000	1,612820	2,410060	1.349,64	1.349,64	27	364,40	1.349,64	14,64	67,42																							
0601	Consumo em kWh - Fora Ponta	37.800,000	0,349610	0,522420	19.747,84	19.747,84	27	5.331,92	19.747,84	214,16	986,50																							
0601	Energia Reativa Exced em kWh - Ponta	210,000	0,279480	0,417630	87,70	87,70	27	23,68	87,70	0,95	4,38																							
0601	Energia Reativa Exced em kWh - Fponta	2.450,000	0,279480	0,417630	1.023,20	1.023,20	27	276,26	1.023,20	11,10	51,11																							
0602	Demanda de Potência Medida - Fora Ponta	89,600	16,830000	25,149430	2.253,38	2.253,38	27	608,41	2.253,38	24,44	112,57																							
0602	Demanda Potência Não Consumida - F Ponta	20,400	16,830000	17,919500	365,55	0,00	0	0,00	365,55	3,96	18,26																							
<b>LANÇAMENTOS E SERVIÇOS</b>																																		
0807	Contrib de Ilum Pub				179,27	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00																							
0999	DEV. DE ICMS JUDICIAL (-): Isenção ICMS s/ TUSD				-2.169,30	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00																							
0999	DEV. ICMS COFINS JUDICIAL: Isenção ICMS s/ TUSD				-115,39	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00																							
0999	DEV. ICMS PIS JUDICIAL: Isenção ICMS s/ TUSD				-25,05	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00																							
Total:					22.696,84	24.461,76		6.604,67	24.827,31	269,25	1.240,24																							
COMPOSIÇÃO DO CONSUMO			VENCIMENTO		TOTAL A PAGAR																													
			08/05/2020		R\$ 22.696,84																													
Reservado ao Fisco																																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th>DISCRIMINAÇÃO</th> <th>VALOR (R\$)</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SERVIÇO DISTRIBUIÇÃO</td> <td>5.813,95</td> <td>22,48</td> </tr> <tr> <td>CUMPRIDA LIT. ENERGIA</td> <td>8.736,02</td> <td>38,01</td> </tr> <tr> <td>SERVIÇO DE TRANSMISSÃO</td> <td>447,91</td> <td>1,79</td> </tr> <tr> <td>ENCARGOS SETORIAIS</td> <td>1.896,27</td> <td>7,58</td> </tr> <tr> <td>IMPOSTOS DIRETOS E ENCARGOS</td> <td>8.293,43</td> <td>33,16</td> </tr> <tr> <td>OUTROS SERVIÇOS</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td><b>TOTAL</b></td> <td><b>25.606,58</b></td> <td><b>100,00</b></td> </tr> </tbody> </table> <p>- Valor Encargo Uso Sist. Distr. (Ref 02/2020): R\$ 5.889,53</p>			DISCRIMINAÇÃO	VALOR (R\$)	%	SERVIÇO DISTRIBUIÇÃO	5.813,95	22,48	CUMPRIDA LIT. ENERGIA	8.736,02	38,01	SERVIÇO DE TRANSMISSÃO	447,91	1,79	ENCARGOS SETORIAIS	1.896,27	7,58	IMPOSTOS DIRETOS E ENCARGOS	8.293,43	33,16	OUTROS SERVIÇOS	0,00	0,00	<b>TOTAL</b>	<b>25.606,58</b>	<b>100,00</b>								
DISCRIMINAÇÃO	VALOR (R\$)	%																																
SERVIÇO DISTRIBUIÇÃO	5.813,95	22,48																																
CUMPRIDA LIT. ENERGIA	8.736,02	38,01																																
SERVIÇO DE TRANSMISSÃO	447,91	1,79																																
ENCARGOS SETORIAIS	1.896,27	7,58																																
IMPOSTOS DIRETOS E ENCARGOS	8.293,43	33,16																																
OUTROS SERVIÇOS	0,00	0,00																																
<b>TOTAL</b>	<b>25.606,58</b>	<b>100,00</b>																																
dd6b.8e2e.6e78.d2ac.c7f5.843e.b27b.72d6																																		

Figura 1.7: Fatura de energia expedida pela Energisa-MT (grupo A): parte 1

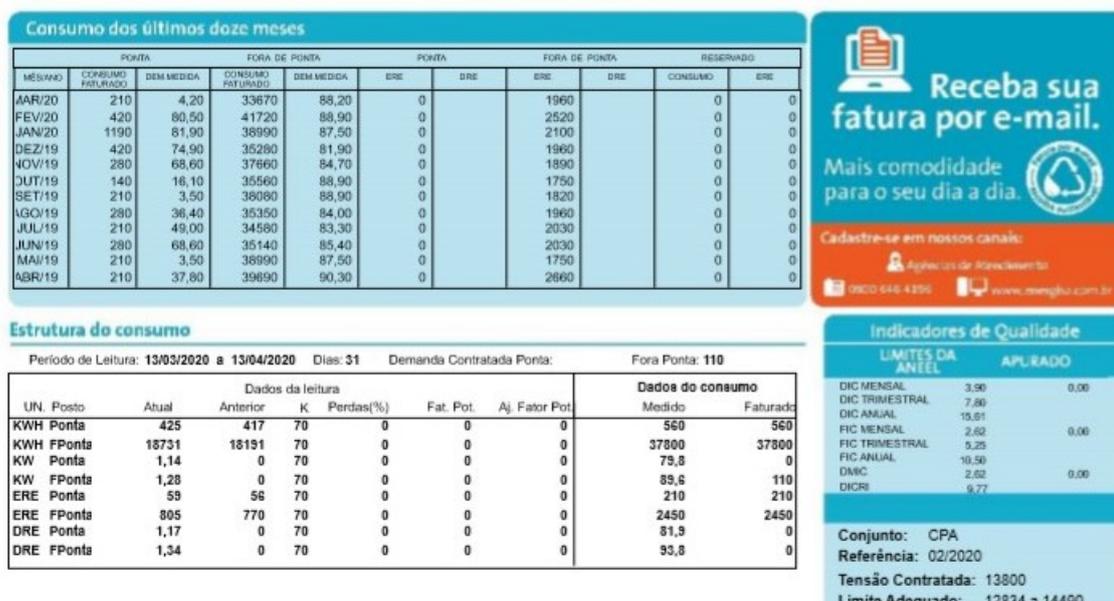


Figura 1.8: Fatura de energia expedida pela Energisa MT (grupo A): parte 2

Trata-se de uma unidade consumidora do grupo A, cadastrada na modalidade tarifária horária verde (cf tabela 1.7). É possível observar em seu canto superior esquerdo os itens cobrados. Nota-se, por exemplo, o item “Consumo em kWh–ponta” onde a “Tarifa s/ tributos” é de 1,612820 e o item “Consumo em kW–Fora Ponta”, onde a “Tarifa s/ tributos” é de 0,349610.

Dividindo-se os valores, tem-se:

$$\frac{1,612820}{0,349610} \approx 4,61$$

Portanto, a tarifa paga em “horário de ponta” é aproximadamente 4,61 vezes maior que a paga no “horário fora de ponta”.

Outro fato importante é quanto a demanda de potência. No item “Demanda de potência medida – fora ponta” pode-se notar o valor 89,600 que se refere a “Quantidade” e na linha abaixo, observa-se “Demanda de potência Não consumida –fora ponta” com o valor 20,400, se referindo também a “Quantidade”. Isto significa que a demanda contratada dessa unidade consumidora é de 110kW, dado pela soma dos dois valores, e é essa a quantidade que será paga a concessionária, ainda que seu consumo máximo tenha atingido 89,6

Novamente dividindo-se os valores, tem-se

$$\frac{110}{89,6} \approx 1,23$$

O que significa que a demanda contratada por esta unidade consumidora está aproximadamente 23% acima da demanda medida, o que caracteriza um mal dimensionamento do projeto, já que o ideal seria um valor de 0 a 5% de diferença.

Diferentemente de faturas de unidades consumidoras do grupo B, como no exemplo 1, esta fatura disponibiliza a “tarifa sem tributos” e a “tarifa com tributos”. Os dados também são apresentados de modo diferente. por exemplo, podemos perceber que se utiliza uma escala numérica, que neste caso é 70, provavelmente com o intuito de evitar números excessivamente “grandes”. Além disso, são cobradas a energia reativa e a demanda contratada.

As operações com créditos de energia no sistema de compensação são limitadas à energia elétrica ativa gerada e consumida, conforme inciso III, art. 2º da Resolução Normativa nº 482/2012 (ANEEL, 2020).

#### 1.12.4.2 Primeiro passo

Calcular, para cada item, a diferença entre as leituras atual e anterior.

##### 1. Determinando o consumo em horário “ponta”:

$$\text{leitura atual} \quad 425 \cdot 70 = 29.7500kWh$$

$$\text{leitura anterior} \quad 417 \cdot 70 = 29.190kWh$$

leitura atual	leitura anterior	consumo do mês
29.7500kWh	– 29.190kWh	= 560kWh

Portanto, o consumo do mês em horário “ponta” foi **560kWh**

## 2. Determinando o consumo em horário “fora ponta”:

$$\text{leitura atual} \quad 18.731 \cdot 70 = 1.311.170kWh$$

$$\text{leitura anterior} \quad 18.191 \cdot 70 = 1.273.370kWh$$

leitura atual	leitura anterior	consumo do mês
$1.311.170kWh$	$- 1.273.370kWh$	$= 37.800kWh$

Portanto, o consumo do mês, em horário “fora ponta” foi **37.800 kWh**

## 3. Determinando a Energia reativa excedente em horário “ponta”:

$$\text{leitura atual} \quad 59 \cdot 70 = 4.130kWh$$

$$\text{leitura anterior} \quad 56 \cdot 70 = 3.920kWh$$

leitura atual	leitura anterior	consumo do mês
$4.130kWh$	$- 3.920kWh$	$= 210kWh$

Portanto, o total de energia reativa medido durante o mês em horário “ponta” foi de **210 kWh**

## 4. Energia reativa excedente no horário “fora ponta”:

$$\text{leitura atual} \quad 805 \cdot 70 = 5.6350kWh$$

$$\text{leitura anterior} \quad 770 \cdot 70 = 5.3900kWh$$

leitura atual	leitura anterior	consumo do mês
$5.6350kWh$	$- 5.3900kWh$	$= 2.450kWh$

Portanto, o total de energia reativa medido durante o mês no horário “fora ponta” foi de **2.450 kWh**

## 5. Demanda de potência contratada

Demanda de potência é fixa e definida através de contrato entre consumidor e concessionária, então ela será totalmente paga, independente de ser ou não consumida. Porém, não há incidência do ICMS sobre a demanda não consumida.

demanda contratada	110kWh
demanda medida	<b>89,6 kWh</b>
demanda não utilizada	<b>20,4kWh</b>

#### 1.12.4.3 Segundo passo

Inserir os impostos, ICMS, PIS e COFINS nas tarifas, utilizando a equação 1.1. Em seguida, calcular o valor a ser pago por cada item.

$$T_c = \frac{T_s}{1 - (PIS + COFINS + ICMS)}$$

PIS	1,0845%	=	0,010845
COFINS	4,9955%	=	0,49955
ICMS	27%	=	0,27

#### 1. Calculando o valor da energia consumida em horário “ponta”

Valor da tarifa sem impostos	1,61282R\$ por kWh
Consumo em horário “ponta”	560kWh

$$T_c = \frac{1,61282}{1 - (0,010845 + 0,49955 + 0,27)} = 2,410060$$

Logo a tarifa com imposto é de R\$2,410060 por kWh

O valor a ser pago é calculado multiplicando-se o consumo em horário “ponta” pela tarifa com impostos ( $T_c$ )

consumo em horário ponta		$T_c$		valor a ser pago
$560kWh$	$\times$	$2,410060$	$=$	$1.349,63$

Portanto, o valor da energia consumida em horário “ponta” é de **R\$1.349,63**

## 2. Calculando o valor da energia consumida em horário “fora ponta”

Valor da tarifa sem impostos		$0,349610R\$$ por $kWh$
Consumo em horário “fora ponta”		$37.800Wh$

$$T_c = \frac{0,349610}{1 - (0,010845 + 0,49955 + 0,27)} = 0,522420$$

Logo a tarifa com imposto é de  $R\$0,522420$  por  $kWh$

O valor a ser pago é calculado multiplicando-se o consumo em horário “fora ponta” pela tarifa com impostos ( $T_c$ )

consumo em horário ponta		tarifa c/impostos		valor a ser pago
$37.800kWh$	$\times$	$0,522420$	$=$	$19.747,48$

Portanto, o valor da energia consumida em horário “fora ponta” é de **R\$19.747,48**

## 3. Calculano o valor da energia reativa (ER)

O custo da energia reativa não difere conforme os horários “ponta” e “fora ponta”

Valor da tarifa sem impostos		$0,279480R\$$ por $kWh$
ER em horário “ponta”		$210kWh$
ER em horário “fora ponta”		$2.450kWh$

$$T_c = \frac{0,279480}{1 - (0,010845 + 0,49955 + 0,27)} = 0,417630$$

Logo a tarifa com imposto é de **R\$0,417630** por *kWh*.

Como não há diferença entre as tarifas pode-se somar os consumos em horário “ponta” e “fora ponta”.

ER em horário “ponta”	+	ER em horário “fora ponta”	=	total
<i>210kWh</i>		<i>2.450kWh</i>		<i>2.660kWh</i>

O valor a ser pago, a título de energia reativa, é calculado multiplicando-se total da energia reativa nos dois horários pela tarifa com impostos ( $t_c$ ), referente a este item

<i>ER</i>		tarifa		valor
<i>2.660kWh</i>	×	0,417630	=	1.110,89

Portanto, o valor da energia reativa é de **R\$1.110,89**.

#### 4. Calculando o valor da demanda contratada medida

No posto tarifário “horária verde” não há diferença de tarifa à demanda contratada.

Valor da tarifa sem impostos                      16,83R\$ por *kWh*

Demanda medida                                      89,6*kWh*

$$T_c = \frac{16,83}{1 - (0,010845 + 0,49955 + 0,27)} = 25,149430$$

Logo a tarifa com imposto é de R\$25,149430 por *kWh*

O valor a ser pago é calculado multiplicando-se a demanda medida pela tarifa com impostos ( $T_c$ )

demanda medida	tarifa $c$ /impostos	valor a ser pago
$89,6kWh$	$\times$ 25,149430	$=$ 2.253,38

Portanto, o valor da demanda contratada medida é de **R\$2.253,38**.

### 5. Calculando o valor da demanda não consumida

Não há cobrança de ICMS sobre o valor da demanda não consumida, então a sua alíquota é retirada da equação 1.1, obtendo-se a equação 1.2.

$$T_c = \frac{T_s}{1 - (PIS + COFINS)} \quad (1.2)$$

Em que  $T_c$  é a tarifa com os impostos PIS e COFINS.

Valor da tarifa sem impostos                      16,83R\$ por  $kWh$

Demanda medida                                      20,4 $kWh$

$$T_c = \frac{16,83}{1 - (0,010845 + 0,49955)} = 17,9195$$

Logo a tarifa com imposto é de R\$17,9195 por  $kWh$ .

O valor a ser pago é calculado multiplicando-se a demanda medida pela tarifa com impostos ( $T_c$ )

demanda medida	tarifa $c$ /impostos	valor a ser pago
$20,4kWh$	$\times$ 17,9195	$=$ 365,55

Portanto, o valor da demanda não consumida é de **R\$365,55**.

## 6. Calculando o valor da Tarifa de Iluminação Pública (CIP)

De acordo com a tabela 1.3, nesta faixa de consumo a alíquota da cip é de 52%.

valor do <i>MWh</i>		alíquota da CIP		total
344,75	×	0,52	=	179,27

Portanto, o valor da CIP é de **R\$179,27**.

Terceiro passo

Somar os os resultados obtidos nos itens de 1 a 6 para obter o valor da fatura  $V_f$ :

$$V_f = 1.349,63 + 19.747,48 + 1.110,89 + 2.253,38 + 365,55 + 179,27 = 25.006,21$$

Portanto, o valor da fatura é de **R\$ 25.006,21**.

**Observação:** Como se pode ver em “LANÇAMENTOS E SERVIÇOS” o fato de que a unidade consumidora em questão possui devolução judicial de ICMS pelo motivo mencionado na subseção 1.6.1.

# Capítulo 2

## A energia solar

### 2.1 Planejamento prático

Para a construção do nosso segundo exemplo de como fazer o planejamento de aula, partindo das premissas da proposta do Documento de Referência Curricular para Mato Grosso, Cadernos Pedagógicos Anos Finais, Ensino Fundamental, Matemática definimos que o planejamento será direcionado para turmas de 6º, 8º ou 9º ano.

#### 2.1.1 Definição do tema

O professor inicialmente fará um debate em sala de aula com os estudantes a partir das seguintes questões:

- O que é energia solar?
- Como é produzida a energia solar?
- Quem pode utilizar da energia solar?

#### 2.1.2 Pesquisa do tema

O professor organizará a sala em grupo para que os estudantes aprofundem seus conhecimentos sobre a produção de energia solar de acordo com os seguintes subtemas:

- o sol como fonte de energia
- convertendo energia solar em energia elétrica

- como a energia solar é integrada a rede de energia

### 2.1.3 Elaboração das questões problema

Com todos os alunos reunidos o professor deverá elaborar questões problema a serem respondidas a partir da discussão dos dados utilizando a linguagem matemática. A título de exemplo pontuamos como questões centrais:

- Como podemos calcular se na minha região é viável o uso da energia solar?
- Como são montados as células fotovoltaicas e os módulos fotovoltaicos?
- Como é feito o cálculo para o dimensionamento do inversor?

Tal como no primeiro exemplo, cabe ao professor identificar quais os conteúdos e habilidades serão necessários para que os alunos possam encontrar a solução para os problemas levantados.

São exemplos de habilidades que podem ser abordadas a partir dos textos estudados no capítulo 2, dependendo da série onde será aplicada a aula:

- **6º ano**

(EF06MA28) - Interpretar, descrever e desenhar plantas baixas simples de residências e vistas aéreas.

- **8º ano**

(EF09MA08) - Resolver e elaborar problemas que envolvam relações de proporcionalidade direta e inversa entre duas ou mais grandezas, inclusive escalas, divisão em partes proporcionais e taxa de variação, em contextos socioculturais, ambientais e de outras áreas.

(EF08MA15) - Construir, utilizando instrumentos de desenho ou softwares de geometria dinâmica, mediatriz, bissetriz, ângulos de  $90^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $45^\circ$  e  $30^\circ$  e polígonos regulares.

- **9º ano**

(EF08MA19) - Resolver e elaborar problemas que envolvam medidas de área de figuras geométricas, utilizando expressões de cálculo de área (quadriláteros, triângulos e círculos), em situações como determinar medida de terrenos (DRC-MT, 2018).

### 2.1.4 Criação de um modelo

Para a elaboração de um modelo será utilizado um orçamento fictício para a instalação de um sistema de geração de energia para atender uma família de 5 pessoas (que chamaremos de Sistema A) e outro para atender uma empresa de médio porte que tenha um consumo médio (que chamaremos Sistema B), neste momento tomando que ambos tenham condições financeiras para realizar a instalação dos sistemas.

Nesta etapa o objetivo é entender quais são as condições necessárias para a instalação do sistema de geração de energia, sem a preocupação com a demonstração se é ou não viável financeiramente a sua instalação.

## 2.2 A energia solar

O capítulo anterior foi dedicado ao entendimento da composição da fatura de energia elétrica. Ficou evidente que o que o consumidor final paga é muito mais que apenas o consumo de energia.

A alta carga tributária é um fator que onera de forma significativa o preço final. Dados fornecidos pela ANEEL, mostraram que a carga tributária aplicada à energia elétrica supera 40% do valor pago pela energia e o seu transporte.

Custos relativos à programas sociais tais como o subsídio para consumidores de baixa renda, e custos de expansão do sistema integrado nacional, são todos repassado ao consumidor final.

É repassado também os custos relativos ao acionamento das termelétricas em épocas onde o volume de água não está favorável ao funcionamento das hidrelétricas. Esse custo chega até o consumidor através das bandeiras tarifárias.

O fato é que não tem como deixar de utilizar a energia elétrica, como vimos na introdução deste trabalho, e, por outro lado, o seu custo pesa cada vez mais no orçamento, o que, de maneira crescente vem motivando os consumidores na busca de tecnologia que os possibilitem produzir a própria energia elétrica.

Atualmente, dentre todas as tecnologias de geração de energia, a que mais se enquadra no modo de vida da maioria dos consumidores, é a energia solar.

Não se pretende nesse trabalho se aprofundar muito nos fenômenos físicos envolvidos, o que será tratado com mais afinco são questões relacionadas ao custo de implantação

e manutenção do sistema, uma vez que a intenção é estudar a viabilidade financeira do uso da energia proveniente do sol em detrimento da energia produzida de modo convencional.

## 2.2.1 O sol como fonte de energia

O sol é uma fonte inesgotável de energia. O aproveitamento dessa fonte na produção de energia elétrica varia de acordo com a localização geográfica, uma vez que determinada região do planeta recebe mais incidência de luz solar do que outras.

A incidência de luz está diretamente ligada a produção de energia elétrica através da energia solar. Ao contrário do que muitos acreditam, neste caso, não é o calor o responsável pela geração de energia elétrica, mais sim a luz.

Portanto, as localidades privilegiadas com alta incidência de luz durante todo o ano, como é o caso do Brasil, são as mais propícias ao uso da energia solar fotovoltaica.

### 2.2.1.1 Índice solarimétrico

O fator que determina o poder de geração de energia solar de determinada região é o índice solarimétrico ( $I_s$ ).

O índice solarimétrico ( $I_s$ ) ou irradiação solar é fornecido na unidade  $kWh/m^2$  por dia e designa a energia proveniente do sol que incide sobre uma superfície de área igual a  $1m^2$  durante um dia.

Para efeitos de cálculos da geração de energia a partir dos módulos solares, é conveniente o uso do *HSP* (Horas de Sol Pleno) da região.

Segundo Siqueira (2015),

O *HSP*, muitas das vezes referido como índice solarimétrico ou irradiação, embora, haja sutil diferença entre esses três termos.

Essa confusão de nomenclatura não interfere nos cálculos, tendo em vista que os valores numéricos do *HSP* e do índice solarimétrico ( $I_s$ ) são iguais.

Por exemplo, dizer que em determinada região, o índice solarimétrico ( $I_s$ ) é de  $4,4kWh/m^2$  por dia, significa que nessa região, ao final do dia, cada  $m^2$  terá recebido  $4,4kW$  de energia.

O *HSP* fornece a quantidade de horas seriam necessárias para que o sol fornecesse a mesma quantidade de energia se a radiação solar fosse constante e igual a  $1000W$ , que nesse caso, é de  $4,4horas$ .

No Brasil, o índice solarimétrico ( $I_s$ ) é disponibilizado pelo Centro de Referência para Energia Solar (CRESESB) e pelo Instituto de Pesquisa Espaciais (INPE), entre outros institutos de pesquisas.

Para ter acesso, basta dispor da latitude e longitude da localidade e acessar o site de um desses bancos de dados.

## 2.3 Células fotovoltaicas

A tecnologia mais utilizada para a conversão de energia solar em energia elétrica, e que é mais amplamente utilizada comercialmente são as células fotovoltaicas que são produzidas principalmente a partir do silício. Segundo Fogaça (2020):

O silício é usado para essa finalidade porque ele possui 4 elétrons em sua camada de valência e seus átomos se combinam e forma cristais. Em temperatura ambiente, esses elétrons ganham energia suficiente para se movimentar livremente pelo cristal, deixando lacunas que podem ser preenchidas por elétrons de átomos vizinhos. assim, a lacuna vai passando de um átomo para o outro, formando continuamente novos pares de elétrons-lacunas (Fogaça, 2020).

Na figura 2.1, temos uma célula fotovoltaica de  $15\text{cm} \times 8\text{cm}$ .

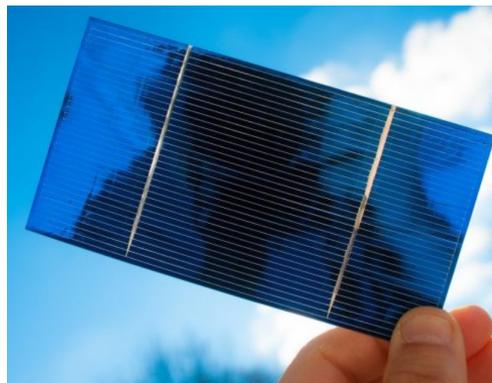


Figura 2.1: Célula fotovoltaica

Fonte:<https://blog.bluesol.com.br/>Acesso em 18/04/2020.

Uma célula fotovoltaica é basicamente duas placas de silício muito finas e unidas que recebem um tratamento de ambos os lados por outros dois elementos num processo chamado de dopagem, que consiste, em se adicionar a uma das camadas um elemento que

possui 5 elétrons na última camada e do outro lado um elemento que possui 3 elétrons na última camada, como podemos observar na figura 2.2

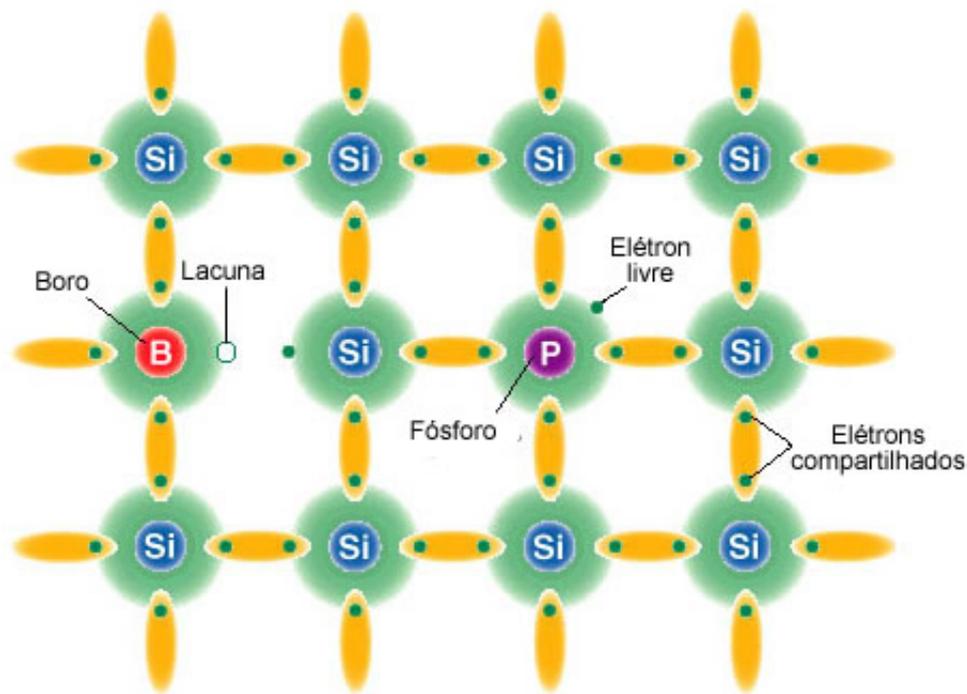


Figura 2.2: Dopagem do silício

Fonte: <https://sites.ifi.unicamp.br/>. Acesso em 18/04/2020

Os elementos mais utilizados na dopagem é o fósforo e o boro, que tem 5 e 3 elétrons respectivamente em suas camadas de valência. Uma das placas, é dopada com o fósforo ( $P$ ), de 5 elétrons na camada de valência que reage com o silício numa ligação covalente, deixando um dos elétrons fracamente ligado ao arranjo. Essa primeira camada é denominada de camada  $n$ . A outra placa, é dopada com o boro ( $B$ ), que tem 3 elementos na sua camada de valência e faz ligação covalente com três átomos de silícios, de modo que para cada átomo de boro, temos um arranjo com falta de um elétron, ou seja, um “buraco”. Esta camada é denominada de camada  $p$ . Portanto, um dos lados da célula está com elétrons em excesso e o outro com eletros em falta, o que faz com que ocorra uma corrente elétrica entre as duas camadas. Essa corrente logo sessa devido a formação de um campo elétrico na junção das duas placas, deixando a célula eletricamente neutra.

Na presença da luz visível, os fótons emitidos energizam e desligam esses elétrons dos seus átomos de origem, na primeira camada, deixando-os livres. Devido a polaridade, os elétrons se distanciam da junção, se direcionando para a superfície da placa gerando uma diferença de potencial entre as camadas.

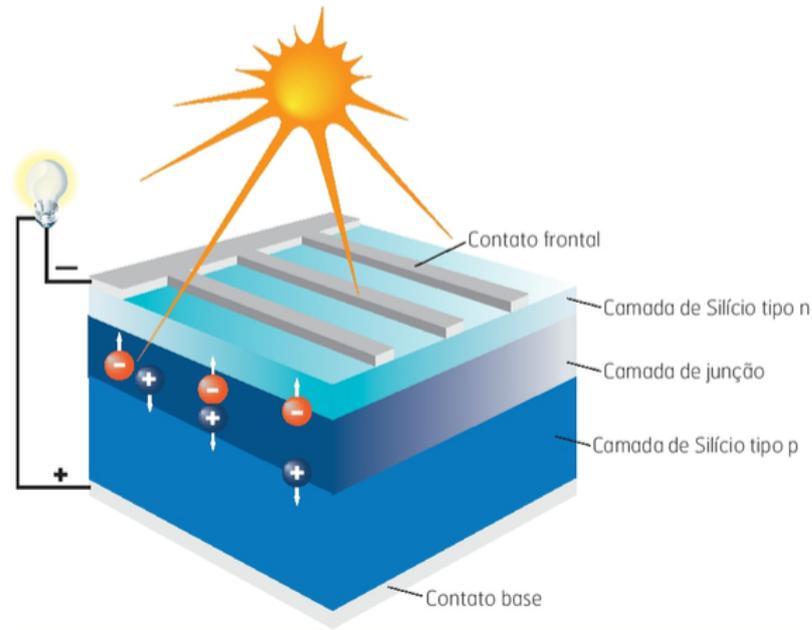


Figura 2.3: Modelo de uma célula fotovoltaica  
Fonte: <https://blog.bluesol.com.br/> Acesso em 18/04/2020.

Essa diferença de potencial é denominada efeito fotovoltaico. Na superfície da célula estão presentes fios metálicos que servem para captar esses elétrons livres. Unindo-se as duas placas por meio de um condutor, ocorre o deslocamento dos elétrons que estão em excesso na camada  $n$  para a camada  $p$ , conforme ilustra a figura 2.3.

Quando ocorre esse descolamento, o campo elétrico formado na junção das placas diminui possibilitando novamente a passagem de elétrons e círculo recomeça.

## 2.4 Módulo fotovoltaico

Para serem comercializadas, as células são agrupadas em série, formando os módulos fotovoltaicos. Esses módulos são formados por uma certa quantidade de células fotovoltaicas, ligadas em série. O módulo fotovoltaico é encapsulado, como mostra a figura

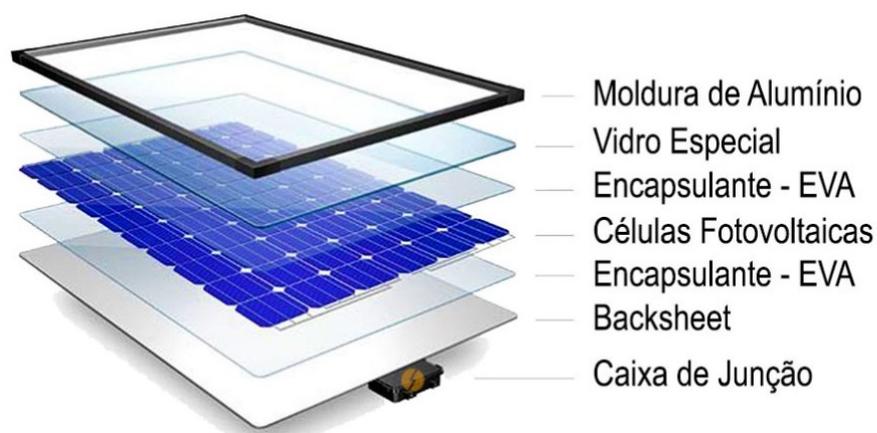


Figura 2.4: Componentes de um módulo fotovoltaico  
 Fonte: <https://blog.bluesol.com.br/> Acesso em 18/04/2020.

Cada um dos materiais tem sua função definida. O vidro é fabricado especialmente para módulos fotovoltaicos e recebe tratamento especial para refletir o mínimo possível a luz que incide sobre ele.

O EVA, protege a célula do envelhecimento pelos raios UV e temperaturas extremas. O backsheet, protege os componentes internos e funciona como um isolante elétrico. A moldura de alumínio é uma proteção mecânica que ajuda no manuseio e na instalação permitindo a fixação do módulo às estruturas.

Os módulos fotovoltaicos são os componentes principais do sistema. A demanda de energia que se pretende gerar varia de acordo com a quantidade dos módulos instalados. Os módulos são agrupados, também ligados em série formando os arranjos. Num sistema, o tamanho do arranjo, dependerá da quantidade de módulos necessários para atender a demanda.

Os arranjos fotovoltaicos podem ser montados sobre diversos tipos de estruturas. Para os sistemas onde se pretende gerar energia apenas para o consumo próprio que ocupam pouco espaço, as estruturas são montadas geralmente sobre os telhados. Existem, no mercado estruturas que se adequam a qualquer tipo de telhado, o que facilitam muito a instalação.

Na figura 2.5 temos módulo fotovoltaico do tipo mais encontrado no mercado, hoje em dia.



Figura 2.5: Módulo fotovoltaico  
Fonte:<https://blog.bluesol.com.br/>Acesso em 18/04/2020.

Quando o espaço disponível no telhado não é suficiente, pode se optar pelas usinas de solo. Costuma-se, inclusive, montar estruturas que sirvam de sombra para estacionamentos, passarelas etc, como meio de aproveitar melhor as estruturas.

## 2.5 O inversor

Os módulos fotovoltaicos produzem energia elétrica em corrente contínua. Além disso, segundo Perin (2016) a captura de energia solar e conversão em energia elétrica através dos módulos fotovoltaicos variam a todo momento devido à variação de intensidade da radiação solar incidente e a variação de temperatura dos módulos fotovoltaicos. Os inversores utilizados para os sistemas conectados à rede, ainda segundo Perin (2016), além de converter a corrente contínua em corrente alternada, também monitora as condições variáveis, possibilitando a extração máxima da potência elétrica em corrente contínua e regula a frequência da corrente para que se possa fazer a conexão com a rede de forma segura.

O inversor funciona apenas quando a rede está energizada, ou seja, em caso de falta de energia, o sistema de energia solar também se desliga. Esse mecanismo funciona como proteção, para os funcionários que fazem a manutenção na rede elétrica.

Os módulos fotovoltaicos são conectados ao inversor por meio de cabos elétricos, geralmente em alumínio, que passam por um sistema de proteção contra curto-circuito e surtos elétricos, composto de fusíveis e dps, sendo que todos esses equipamentos são dimensionados para corrente contínua.



Figura 2.6: Inversor fotovoltaico e sistemas de proteção

A energia elétrica entra no inversor em corrente contínua (CC) e sai do inversor em corrente alternada (CA) nas tensões de 220V (monofásico, bifásico ou trifásico), ou 380V (trifásico). A partir daí os cabos e equipamentos de proteção devem ser dimensionados para corrente alternada. A conexão com a rede elétrica da unidade consumidora a ser atendida, pode ser feita diretamente no quadro de distribuição, ou no ramal de entrada. Tanto os módulos quanto o inversor devem ser aterrados. A figura 2.7 mostra o esquema de um sistema energia fotovoltaico conectado à rede.

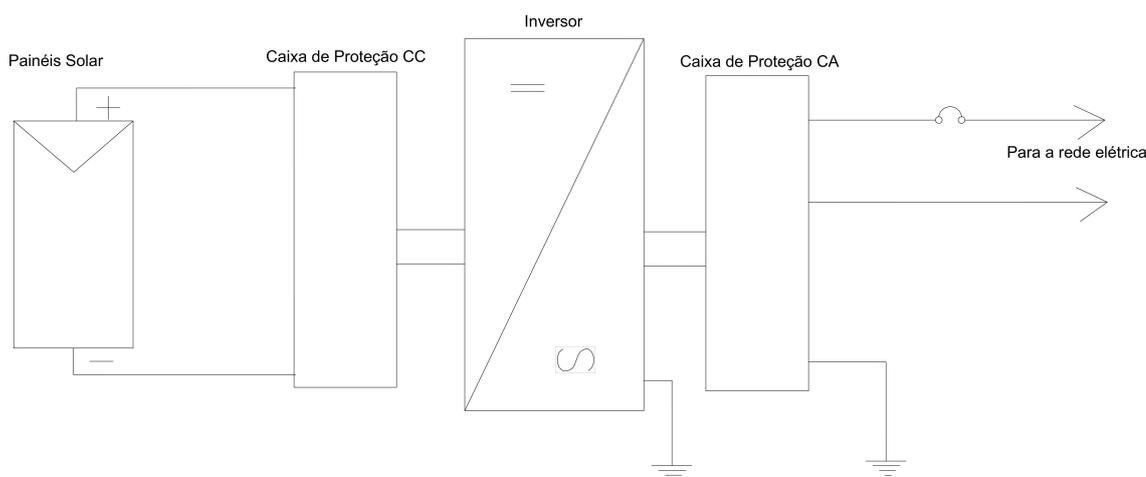


Figura 2.7: Diagrama com os componentes básicos de um sistema conectado à rede

Para unidades consumidoras com demandas maiores de potência, por exemplo

acima de 10kW, em alguns modelos, a tensão de saída é de 380 V trifásico. Neste caso, é preciso adicionar ao sistema um transformador para rebaixar a tensão, antes de conectar a rede.

## 2.6 Micro e minigeração distribuída

Na sessão 3.4 foram apresentados os equipamentos necessários aos sistemas de energia fotovoltaicos que se pretende abordar neste trabalho, a saber, aqueles que se enquadram com micro e minigeração distribuída. Segundo a resolução normativa da ANEEL nº 482 de 17 de abril de 2012, temos:

I - microgeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75 kW e que utilize cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;

II - minigeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 3 MW para fontes hídricas ou menor ou igual a 5 MW para cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou para as demais fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras (ANEEL, 2012);

Após essa normativa, ficou definido o sistema de compensação conhecido no Brasil como geração distribuída, e internacionalmente como **Net Metering**, pelo qual a energia gerada por uma unidade consumidora é cedida gratuitamente à distribuidora e posteriormente compensada com o consumo de energia.

O sistema deve ser projetado para que durante o tempo de sol seja capaz de gerar energia suficiente para suprir o período da noite quando não há produção de energia e para os dias nublados, quando a produção diminui significativamente.

O medidor dessa unidade é trocado por outro, chamado medidor bidirecional, que é capaz de medir a passagem da energia elétrica nos dois sentidos, isto é, da rede de energia para a unidade consumidora ou da unidade consumidora para a rede elétrica.

A energia gerada é injetada na rede e contabilizada pelo medidor bidirecional. Ao final do mês, é calculada pela concessionária a diferença entre a energia consumida e a energia gerada.

Se a quantidade de energia gerada for menor que a quantidade de energia consumida, então o consumidor paga a diferença acrescida de todos os impostos e encargos referidos no capítulo 1.

Se a quantidade de energia gerada for maior que a quantidade de energia consumida, então o consumidor paga apenas o custo de disponibilidade ou, como é mais conhecido, a chamada taxa mínima, acrescida da CIP. O excedente fica computado e fica armazenado na forma de crédito de energia que pode ser utilizado pelo consumidor em um mês em que a quantidade de energia gerada for menor que a quantidade de energia consumida. O consumidor fica obrigado a consumir os créditos acumulados de energia dentro de um prazo de cinco anos.

O consumidor pode, ainda, destinar esse excedente para outra unidade consumidora, desde que essa unidade seja do mesmo titular e esteja registrada sob o mesmo CPF.

## **2.7 Dimensionamento de um SFCR (grupo B)**

Para ficar melhor ilustrado, será utilizado como exemplo o dimensionamento de um sistema capaz de gerar toda a energia consumida na residência para a qual foi gerada a fatura da figura 1.5.

### **2.7.1 O HSP e a melhor inclinação para os módulos**

O primeiro passo é obter o a latitude e a longitude do local, que no exemplo em questão é de  $015^{\circ} 36' 00''$  S e  $056^{\circ}10'00''$ O.

Com esses dados em mão, acessa-se um dos sites mencionados anteriormente. Neste caso, foi utilizado o (CRESESB) que disponibiliza dados de, no mínimo, três localidades próximas com características mais semelhantes a da localidade de interesse, conforme figura 2.8.

Estação: Varzea Grande  
Município: Varzea Grande, MT - BRASIL  
Latitude: 15,601° S  
Longitude: 56,149° O  
Distância do ponto de ref. ( 15,6° S; 56,166667° O ): 1,9 km

Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m <sup>2</sup> .dia]												Média	Delta
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
Plano Horizontal	0° N	5,50	5,38	5,20	4,94	4,44	4,37	4,53	5,41	5,13	5,32	5,58	5,78	5,13	1,41
Ângulo igual a latitude	16° N	5,08	5,16	5,25	5,32	5,07	5,17	5,28	6,03	5,31	5,18	5,20	5,27	5,27	,96
Maior média anual	16° N	5,08	5,16	5,25	5,32	5,07	5,17	5,28	6,03	5,31	5,18	5,20	5,27	5,27	,96
Maior mínimo mensal	16° N	5,08	5,16	5,25	5,32	5,07	5,17	5,28	6,03	5,31	5,18	5,20	5,27	5,27	,96

Figura 2.8: Irradiação Solar no Plano Inclinado: Várzea Grande – MT  
Fonte: CRESESB /Acesso em 24/04/2020

Entre esses dados tem-se, para cada uma das localidades, três diferentes ângulos de inclinação dos módulos em relação ao plano horizontal.

- ângulo igual à latitude;
- ângulo que fornece o maior valor médio diário anual de irradiação solar;
- ângulo que fornece o maior valor mínimo diário anual de irradiação solar.

Sobre esses dados o CRESESB (2018) esclarece que:

Estas as inclinações são apenas sugestões para a instalação dos painéis fotovoltaicos. A escolha de uma dessas inclinações depende principalmente da atividade fim da instalação e dos requisitos do projeto, exemplo: doméstica, turismo, industrial, etc. Em geral, o valor da latitude local é usado como ângulo de inclinação do módulo fotovoltaico. O ângulo com a maior média diária anual de irradiação solar costuma ser usada quando se deseja a maior geração anual de energia, o que seria o caso de aplicações de sistemas fotovoltaicos conectadas a rede de distribuição dentro do Sistema de Compensação de Energia, definido pela Resolução Normativa da Aneel n° 482/12. Já o ângulo com maior valor mínimo mensal de irradiação solar costuma ser uma medida conservadora, usado em situações onde o fornecimento contínuo de energia elétrica é crítico para atividade fim e por isso procura-se minimizar o risco de falta de energia. Os valores de irradiação solar são apenas orientações para auxiliar no dimensionamento do sistema fotovoltaico, pois são valores consolidados de um histórico de medições que varia ao longo dos anos (CRESESB, 2018).

Portanto, para o dimensionamento em questão, a inclinação mais adequada é aquela que fornece a maior média diária anual de irradiação solar que, pela tabela da figura 2.8, é de 16° e fornece 5,27kWh/m<sup>2</sup>.dia.

## 2.7.2 Dimensionamento do inversor

De posse do índice solarimétrico da região e sabendo a quantidade de energia que se pretende gerar  $E_{mensal}$ , dado pela média de consumo da fatura que é de  $605kWh$  mensais, conforme a figura 1.5 pode-se começar o dimensionamento, determinando a potência do inversor.

### 2.7.2.1 A geração diária

A intenção é gerar energia suficiente para atender a média de  $605kWh$  mensais. Para essa quantidade, a geração diária ( $E_{dia}$ ) em  $kWh$  é dada pela equação 2.1 :

$$E_{dia} = \frac{E_{mensal}}{30} \quad (2.1)$$

Assim, tem-se:

$$E_{dia} = \frac{605kWh}{30} = 20,166kWh$$

### 2.7.2.2 A potência média diária

A partir da geração diária ( $E_{dia}$ ), determina-se a potência média diária, ( $P_{dia}$ ), que o sistema fotovoltaico precisa fornecer é dado pela equação 2.2:

$$P_{dia} = \frac{E_{dia}}{HSP} \quad (2.2)$$

Sendo:

$P_{dia}$ , a potência média diária em  $kW$  ;

$E_{dia}$ , a energia média consumida em  $kWh$ ;

$HSP$ , a quantidade de Horas de sol pleno, medido em horas  $h$ .

Utilizando-se a equação 2.2, tem-se:

$$P_{dia} = \frac{20,166kWh}{5,27h} = 3,82656kW$$

Para Costa (2010), essa potência deve ser corrigida em virtude das perdas do sistema ocorridas durante a geração.

Para obtermos a energia real produzida, devemos incluir na equação o índice de desempenho do sistema ( $ID$ ). Esse índice representa a qualidade do SFCR, considerando as perdas durante todo processo. Este índice assume normalmente valores entre 70 e 85%. Para sistemas de boa qualidade esse índice pode assumir valores ainda maiores cerca de 88% (Costa, 2010).

O que significa que, devido as perdas de operação, e considerando o índice de desempenho do sistema em 85%, pela equação 2.2 temos:

$$P_{cor} = \frac{3,82656kW}{0,85} = 4,50kW$$

Sendo que  $P_{cor}$  é a potência média corrigida, ou seja, a potência real que o sistema deve ter pra atender a demanda do exemplo.

### 2.7.2.3 A faixa de potência dos inversores

Ainda segundo Costa (2010), a faixa de potência dos inversores que atendem a determinada demanda é de 70% a 120% da potência gerada pelos módulos, sendo que para localidades em que o a irradiação supera  $920Wh/m^2$ , convém estabelecer para o inversor a potência igual a pelo menos 110% daquela disponibilizada pelo gerador.

Portando, a potência do inversor  $P_{inv}$  deve ser de, no mínimo:

$$P_{inv} = 4,50 \times 1,10 = 4,95kWp$$

Logo, o inversor a ser utilizado será o de **5,0 kW**

### 2.7.3 O número de módulos do sistema

Para o cálculo da quantidade de módulos deve-se levar em consideração a potência dos mesmos. Neste exemplo foram utilizados módulos de  $335Wp$ .

O sistema precisa disponibilizar  $4,50kW$  ou ( $4.500W$ ). Então, sendo  $N_m$  o número de módulos, temos:

$$N_m = \frac{4.500W}{335W} \approx 13,43,$$

que se deve arredondar par o próximo número inteiro.

Portanto, para esse sistema será necessária a instalação de 14 módulos de  $335W$

## 2.7.4 Dimensionamento da stringbox da parte CC

Stringbox é o nome técnico dado a caixa com os equipamento de proteção. Nela ficam alojados os fusíveis, os DPSs (dispositivo de proteção contra surtos elétricos) e a chave seccionadora. Os cabos provenientes dos gerador são conectados nos fusíveis para proteger os sistema em caso de curto circuito, e aos DPSs para proteger o sistema de surtos elétricos, com por exemplo a queda de um raio em algum ponto da rede elétrica.

Os DPSs são dimensionados de acordo com a tensão  $T$ , levando em conta particularidades da localidade tais como frequência de queda de raios e disponibilidade ou não de pára-raios na edificação e os fusíveis, são dimensionados de acordo com a corrente elétrica passará pelos cabos.

O sistema fotovoltaico em questão é composto por 14 módulos de potência igual a 335 W cada um, totalizando  $4.690W_p$

A tensão  $t_m$  de cada módulo é igual a 24 volts  $V$ .

O sistema será dividido em dois conjuntos contendo 7 módulos cada um, chamados arranjos cuja potência em  $W_p$  será igual a

$$\frac{4.690W}{2} = 2.345W$$

A ligação entre os módulos em cada arranjo é feita em série, portanto, a tensão total  $T$  é dada por

$$T = 38,10V \cdot 7 = 266,7V$$

De cada arranjo partem dois cabos, sendo um deles ligado ao polo positivo (ou fase) dos módulos e o outro, ao polo negativo (ou neutro).

Cada uma das fases será protegida por um disjuntor e um DPS.

Como os módulos estão ligados em série, a corrente  $i_c$  em ampère ( $A$ ) proveniente de cada arranjo é igual a corrente de um único módulo. Essa informação pode ser extraída dos dados técnicos dos módulos ou pelo quociente entre a soma das potências em  $W$  de cada arranjo pela soma das tensões em  $V$ ;

$$i_c = \frac{2.345W}{266,7V} = 8,79A$$

Serão utilizados oito (8) fusíveis de  $10A$  e seis (6) DPSs de  $40kA$  por  $1000V Dc$ .

A chave seccionadora, é utilizada para desligar o sistema e é dimensionada com base na corrente total do sistema.

No interior da stringbox os os arranjos são ligados em paralelo e, portanto, o valor da corrente, a partir daí é dado pela soma das correntes de cada arranjo.

No exemplo, a corrente  $i$  proveniente de cada arranjo é de  $8,79A$ , logo, a corrente total  $i_{total} = 8,79A \cdot 2 = 17,58A$  e, portanto, pode-se utilizar uma chave seccionadora de  $20A$ .

Em resumo, para se montar a stringbox são necessários os seguintes equipamentos:

- o DPSs;
- os fusíveis;
- a chave seccionadora;
- o suporte onde são encaixados os fusíveis;
- os conectores utilizados para que as conexões fiquem mais seguras.

Estes itens podem ser comprados separadamente ou em conjunto. É possível encontrar no mercado stringbox  $CC$  completas, inclusive com os equipamentos já montados, bastando para isso informar a potência do SFCR. Em todas as tomadas de preços, ficou constatado que dessa forma os valores saem sempre com preços menores, portanto, é financeiramente mais vantajoso.

### **2.7.5 Dimensionamento da stringbox da parte CA**

Como dito anteriormente, a corrente de saída do inversor é alternada ( $CA$ ). Portanto, é necessário dimensionar equipamentos de proteção também para esse tipo de corrente.

Os inversores trazem em suas especificações técnicas o valor da corrente de saída, o que é suficiente para dimensionamento do disjuntor.

A corrente de saída do inversor dimensionado acima é de  $22,8A$ , assim é necessário a instalação de um disjuntor bipolar de, pelo menos  $25A$

Os DPSs, destinados a proteção de circuitos em corrente alternada são específicos para este tipo de corrente, mas os critérios para os dimensionamento são semelhantes.

Seguindo o critério estabelecido, conclui-se que o sistema utilizado como exemplo será atendido por um DPS de  $40kA$  por  $275VCA$  por fase.

Se houver espaço no quadro de distribuição da edificação, os equipamentos de proteção podem destinados à parte em corrente alternadas podem ser instalados junto com o sistema de proteção existente ali. Se não houver, monta-se um stringbox, para a instalação desses equipamentos.

### **2.7.6 Cabos e conectores da parte CC**

Para a parte do sistema que opera em corrente contínua ( $CC$ ), isto é, antes do inversor, a quantidade cabos a serem utilizados variam de acordo com a distância entre o local onde serão instalados os módulos é o local onde será instalado o inversor. O dimensionamento é de acordo com a corrente elétrica de cada arranjo, de onde partem dois cabos sendo um positivo e o outro negativo. Geralmente para SFCR de pequeno porte, são utilizados cabos de  $6mm^2$ .

Já para a parte do sistema que opera em corrente alternada ( $CA$ ), isto é, após o inversor, a quantidade de cabos a serem utilizados variam de acordo com a distância entre o local de instalação do inversor e o ponto onde será feito a conexão à rede elétrica da edificação. Esses cabos são dimensionados levando em consideração à corrente elétrica de saída do inversor que neste exemplo é de  $22,8A$ , portanto, segundo normas específicas podem ser utilizados cabos de  $6mm^2$  de seção.

### **2.7.7 Aterramento e estrutura**

É preciso também, levar em consideração os cabos a serem utilizado no aterramento do sistema e a estrutura, composta de trilhos, suporte e fixadores. Para o aterramento, normas técnicas recomendam a utilização de cabo nú em cobre de bitola igual a  $10mm^2$  e duas barras de aterramento de  $2,40m^2$ , já estrutura é definida de acordo com o tipo de cobertura da edificação. O sistema fotovoltaicos que está servindo de exemplo será instalado em uma edificação com cobertura de telhas do tipo colonial.

## 2.8 Dimensionamento de um SFCR (grupo A)

A unidade consumidora para a qual será feito o dimensionamento do SFCR é a mesma cuja fatura foi detalhada na subseção 1.12.4. Nas figuras 2.9 e 2.10 estão os dados necessários ao dimensionamento do SFCR.

DEMONSTRATIVO					
CCI	Descrição	Quantidade	Tarifa s/ Tributos	Tarifa c/ Tributos	Valor Total (R\$)
0601	Consumo em kWh - Ponta	560,000	1,612820	2,410060	1.349,64
0601	Consumo em kWh - Fora Ponta	37.800,000	0,349610	0,522420	19.747,84
0601	Energia Reativa Exced em kWh - Ponta	210,000	0,279480	0,417630	87,70
0601	Energia Reativa Exced em kWh - Fponta	2.450,000	0,279480	0,417630	1.023,20
0602	Demanda de Potência Medida - Fora Ponta	89,600	16,830000	25,149430	2.253,38
0602	Demanda Potência Não Consumida - F Ponta	20,400	16,830000	17,919500	365,55
<b>LANÇAMENTOS E SERVIÇOS</b>					
0807	Contrib de Ilum Pub				179,27
0999	DEV. DE ICMS JUDICIAL (-): Isenção ICMS s/ TUSD				-2.169,30
0999	DEV. ICMS COFINS JUDICIAL: Isenção ICMS s/ TUSD				-115,39
0999	DEV. ICMS PIS JUDICIAL: Isenção ICMS s/ TUSD				-25,05

Figura 2.9: Dados necessários ao dimensionamento: parte 1

Consumo dos últimos doze meses				
MÊS/ANO	PONTA		FORA DE PONTA	
	CONSUMO FATURADO	DEM.MEDIDA	CONSUMO FATURADO	DEM.MEDIDA
MAR/20	210	4,20	33670	88,20
FEV/20	420	80,50	41720	88,90
JAN/20	1190	81,90	38990	87,50
DEZ/19	420	74,90	35280	81,90
NOV/19	280	68,60	37660	84,70
OUT/19	140	16,10	35560	88,90
SET/19	210	3,50	38080	88,90
AGO/19	280	36,40	35350	84,00
JUL/19	210	49,00	34580	83,30
JUN/19	280	68,60	35140	85,40
MAI/19	210	3,50	38990	87,50
ABR/19	210	37,80	39690	90,30

Figura 2.10: Dados necessários ao dimensionamento: parte 2

Como se pode notar na figura 2.10, o consumo é disponibilizado nos horários “ponta” e “fora de ponta”. É claro que para se obter o valor médio do total de consumo, seria necessário somar os consumos de cada mês nos horários de “ponta” e “fora de ponta” e em seguida extrair a média aritmética desses valores durante os 12 meses. Porém não é

conveniente gerar energia para compensar o consumo em horário de ponta. Na figura 2.9, pode-se perceber os valores das tarifas atribuídos a cada horário. Conforme calculado na seção 1.12.4 tem-se que nesse horário o valor cobrado por  $kWh$  é 4,61 vez maior que em horário “fora de ponta” e pelo descrito na resolução normativa n° 687 de 2015:

XI - em cada unidade consumidora participante do sistema de compensação de energia elétrica, a compensação deve se dar primeiramente no posto tarifário em que ocorreu a geração e, posteriormente, nos demais postos tarifários, devendo ser observada a relação dos valores das tarifas de energia – TE (R\$/MWh) (ANEEL, 2015b).

Ou seja, a energia gerada pelo SFCR, será sempre compensada pelo valor da tarifa no horário “fora de ponta” e, portanto, é necessário gerar 4,61  $kW$  para compensar 1  $kW$ , o que se mostra não ser viável.

Desta forma, nos dimensionamentos dos SFCR destinados às unidades consumidoras do grupo A, é comum que se leve em consideração apenas o consumo em horário “fora de ponta”.

Assim, utilizando os valores da coluna “consumo faturado” na figura 2.10 tem-se:

$$E_{mensal} = \frac{33670 + 41720 + 38990 + 35280 + 37660 + 35560 + 38080 + 35350 + 34580 + 35140 + 38990 + 39690}{12} \approx 37.059,17$$

## 2.8.1 Dimensionamento do inversor

E, portanto, a quantidade de energia a ser gerada mensalmente, ( $E_{mensal}$ ), para compensar o valor do consumo no horário “fora de ponta” é de 37.059,17  $kWh$ /mês em média.

### 2.8.1.1 O HSP é a inclinação dos módulos

Do mesmo modo que na seção 2.7, deve-se determinar as coordenadas geográficas da unidade consumidora. Esses dados são facilmente encontrados em [earth.google.com/web](http://earth.google.com/web), e neste caso são:

- Lat: 15° ‘33’ ‘41”;
- Long: 56° ‘02’ ‘47”.

As irradiações médias desta localização, novamente extraído do site do Creceb, estão na figura 2.11



Então, o SFCR que capaz de atender esta unidade consumidora, fornecendo energia elétrica suficiente para compensar todo o consumo no horário “fora ponta” é de  $276,82kWp$ .

A partir desse valor, determina-se a quantidade de módulos bem como a potência dos inversores.

## 2.8.2 O kit solar

É comum que ao invés de se comprar os materiais de forma avulsa, os consumidores optarem pelo chamado “kit solar” dos quais fazem parte todos os materiais necessários à parte que opera em corrente contínua ( $CC$ ), incluindo-se as estruturas de fixação dos módulos conforme a figura 2.12.



Figura 2.12: Materiais que compõem o Kit solar  
Fonte: [www.aldo.com.br/](http://www.aldo.com.br/) Acesso em 19/05/2020

As empresas contratadas para a instalação ficam responsáveis pela compra dos materiais necessários à parte ( $CA$ ). As empresas fornecedoras dos materiais fazem o dimensionamento do SFCR , bastando que se informe a potencia média corrigida  $P_{mc}$ .

Na figura 2.13 consta o valor do kit solar capaz gerar a energia suficiente para suprir a demanda dessa unidade consumidora.

Código: 47150-4

**GERADOR DE ENERGIA FRONIUS ROSCA DUPLA METAL K2 SYSTEMS ALDO SOLAR (47150-4)**

GEF 289,44KWP BYD POLI HALF CELL ECO 27KW 1MPPT TRIF 380V

**R\$ 891.169,00**

PREÇO SUGERIDO AO CONSUMIDOR FINAL

Santander Financeira CARÊNCIA DE 90 DIAS

18x de R\$ 58.965,62 com juros no boleto
24x de R\$ 46.649,83 com juros no boleto
36x de R\$ 34.001,50 com juros no boleto

1 **COMPRAR**

Múltiplo: 1 UNIDADE(S)  
 Origem: 8-NACIONAL, MERCADORIA OU BEM COM CONTEÚDO DE IMPORTAÇÃO SUPERIOR A 70%

Figura 2.13: Valor do Kit solar  
 Fonte: [www.aldo.com.br](http://www.aldo.com.br)/Acesso em 19/05/2020

### 2.8.3 Transformadores e autotransformadores

Para inversores desse porte, é comum que a tensão de saída seja 380V. Neste caso, para se fazer a conexão com rede que nesta região opera em 127 ou 220V, é necessário a utilização de autotransformadores.

Os autotransformadores utilizados, bem como suas especificações e preços estão descritos na figura 2.14.

Código: 34890-7

**TRANSFORMADOR ISOLADOR TRIFASICO MINUZZI (34890-7)**

12500TTS003 POTENCIA 125KVA DE 95 A 115KW PROTEÇÃO IP23

**R\$16.129,00**

PREÇO SUGERIDO AO CONSUMIDOR FINAL

Figura 2.14: Autotransformador  
 Fonte: [www.aldo.com.br](http://www.aldo.com.br)/Acesso em 19/05/2020

Além disso, como a demanda contratada supera  $75kW$ , esse SFCR é classificado como “Minigeração Distribuída” conforme seção 2.6.

Neste caso, a resolução normativa n° 482 de 2012, traz:

(...)a potência instalada da micro e da minigeração distribuída fica limitada à potência disponibilizada para a unidade consumidora onde a geração será conectada.

Por potência disponibilizada (inciso LX, art. 2º da Resolução Normativa nº (414/2010), considera-se a potência que o sistema elétrico da distribuidora deve dispor para atender aos equipamentos elétricos da unidade consumidora, calculada da seguinte forma:

a) unidade consumidora do grupo A: a demanda contratada, expressa em quilowatts (kW) (ANEEL, 2012);

Pelo descrito acima, para que se possa fazer a conexão, será necessário que se peça um aumento da demanda contratada de  $110kW$  para no mínimo,  $290kW$ , levando em consideração a variação de 5% que se pode exceder. Como consequência é necessário a adequação do posto de transformação.



Figura 2.15: Modelo do transformador

Fonte: <https://www.weg.net/catalog/> acesso em 19/05/2020

O custo dessa adequação, incluindo-se a compra dos materiais necessários juntamente com a mão de obra fica orçado em  $R\$57.000,00$ , entregando-se o transformador já existente, à base de troca. (o orçamento pode ser encontrado no apêndice desse trabalho)

# Capítulo 3

## A viabilidade econômica de um SFCR

### 3.1 Planejamento prático

O nosso terceiro exemplo de planejamento de aula, ainda tendo como base o Documento de Referência Curricular para Mato Grosso, Cadernos Pedagógicos Anos Finais, Ensino Fundamental, Matemática definimos que o planejamento será direcionado para uma turma de 1<sup>o</sup> ano do ensino médio.

#### 3.1.1 Definição do tema

Para a definição do tema, caberá ao professor fazer uma discussão em sala de aula com os estudantes a partir das seguintes questões:

- Quanto custa instalar um sistema de geração de energia solar?
- Como uma família planeja os seus gastos?
- Qual a viabilidade econômica do uso da energia solar?

#### 3.1.2 Pesquisa do tema

O professor organizará a sala em grupo para que os estudantes aprofundem seus conhecimentos sobre a viabilidade econômica da instalação de um sistema de energia solar de acordo com os seguintes subtemas:

- custo da disponibilidade e da CIP
- custo do projeto
- custo da instalação
- custo da manutenção

### 3.1.3 Elaboração das questões problema

O professor em sala de aula, após os estudos, deverá junto com os alunos elaborar as questões problema a serem respondidas a partir da discussão dos dados utilizando a linguagem matemática. Para esta temática elaboramos as questões centrais:

- quanto custa para instalar o SFCR?
- quanto custa para manter o SFCR?
- é vantajoso financeiramente instalar o SFCR?

Tal como nos dois exemplos anteriores, cabe ao professor identificar quais os conteúdos e habilidades serão necessários para que os alunos possam encontrar a solução para os problemas levantados. Abaixo, segue algumas sugestões:

- **Ensino Médio**

(EM13MAT101) - Interpretar situações econômicas, sociais e das Ciências da Natureza que envolvem a variação de duas grandezas, pela análise dos gráficos das funções representadas e das taxas de variação com ou sem apoio de tecnologias digitais.

(EM13MAT303) - Resolver e elaborar problemas envolvendo porcentagens em diversos contextos e sobre juros compostos, destacando o crescimento exponencial.

(EM13MAT314) - Resolver e elaborar problemas que envolvem grandezas compostas, determinadas pela razão ou pelo produto de duas outras, como velocidade, densidade demográfica, energia elétrica etc. (DRC-MT, 2018)

### 3.1.4 Criação de um modelo

Para a elaboração de um modelo será utilizado um orçamento para a instalação de um sistema de geração de energia para atender uma unidade consumidora (grupo B) e outro para atender uma empresa de médio porte (grupo A).

Nesta etapa o objetivo é entender quais são os custos de todo processo de instalação e manutenção do sistema de geração de energia solar, buscando demonstrar se este é ou não viável financeiramente.

## 3.2 A composição dos custos

Para um estudo de viabilidade econômica do SFCR, é necessário o levantamento de todos os custos que possam surgir durante o período analisado. Entre esses custos podemos citar os gastos com possíveis trocas de equipamentos que possam sofrer avarias. Assim é preciso que se conheça a vida útil dos itens, principalmente, aqueles que possuem preços mais elevados. Para Perin (2016), o inversor é considerado o elo mais fraco dos sistemas foto voltaicos modernos. Entre as principais falhas estão os defeitos de fabricação, problemas de controle de qualidade e falha elétrica de um dos componentes. A garantia dada pelo fabricante do inversor é de, em média 7(*anos*), porém, estudos mostram que os atuais modelos têm vida útil média de 10 anos, podendo durar até 15 anos dependendo das condições aos quais são submetidos

Já a vida útil dos disjuntores e DPSs, são medidas pelo número de atuações, ou seja, a quantidade de vezes que precisam ser acionado, o que impossibilita a previsão do tempo necessário para se fazer a troca desses componentes. O fabricante dos módulos, fotovoltaico, estimam a vida útil entre 25 e 30 anos aproximadamente.

Itens como cabos elétricos, estruturas, têm longo prazo de validade, ultrapassando inclusive a vida útil dos módulos. Então pode-se considerar a vida útil dos módulos fotovoltaicos como sendo a própria vida útil do SFCR, mas ciente de que neste período poderá haver troca de equipamentos.

Mesmo após a implantação do SFCR, as unidades consumidoras receberão as faturas cobrando o chamado custo de disponibilidade, quando se trata de uma unidade consumidora do grupo B, e no caso de uma unidade consumidora pertencente ao grupo A, a demanda contratada, descritas na seção 1.10

## 3.3 Unidade consumidora do grupo B

Na seção 2.7 foi feito o dimensionamento de um SFCR para uma unidade consumidora classificada como grupo B. Esse sistema capaz de gerar energia suficiente para

atender a demanda de da unidade consumidora da figura 1.5. A seguir faz-se o estudo da viabilidade econômica para esse sistema.

### 3.3.1 Gasto com materiais

Na tabela 3.1 consta os valores de cada item, bem como o valor total em materiais necessários a instalação do SFCR do exemplo. Não foram encontrados no município de Várzea Grande lojas que fornecem esse tipo de material. Os valores foram extraídos dos principais sites de revenda. Nela, não está contabilizado o valor referente ao frete.

Tabela 3.1: Orçamento de materiais

Descrição do item	Unidade	Quantidade	Valor unitário em (R\$)	Valor em R\$
conector acoplador fêmea	un	8	10,40	83,20
conector acoplador macho	un	8	10,40	83,20
string box 1000V 2 MPPT	un	1	1.702,58	1.702,58
cabo solar 0,6/1KV 1500V DC preto	<i>m</i>	25	8,87	221,75
inversor solar Refusol 5KW 220V 2 MPPT com monitoramento	un	1	7.359,00	7.359,00
painel solar BYD policristalino 144 CEL 335W	un	14	849,00	11.886,00
perfil thunder telha colonial 4, 20m	barra	3	339,00	1.017,00
gancho para telha colonial	un	3	339,00	1.017,00
buchas S – 8 com abas	un	30	0,06	1,80
cabo flexível 6,00mm <sup>2</sup> 750V azul	<i>m</i>	20	3,35	67,00
cabo flexível 10mm <sup>2</sup> 1KV HEPR 90C preto	<i>m</i>	20	6,44	128,80

cabo flexível 10mm <sup>2</sup> 1KV HEPR 90C vermelho	m	20	6,44	128,80
cabo nú 10mm <sup>2</sup> normati- zado NBR-652 4	m	12	6,09	73,08
condutele alumínio mult tipo X 3/4" (S/PLACA )	n	6	4,44	26,64
disjuntor DIN MDW C 2× 40A3KA	un	1	39,72	39,72
grampo cabo /haste GTDU 3/4" 3/8" (4 – 2/0AWG)	un	2	11,11	22,22
haste de cobre 5/8" X2,4m baixa ca- mada	un	2	33,45	66,90
parafuso auto atarra- chante 4.8X50MMS – 8	un	30	0,29	8,70
protetor surto 20KA classe II/III DPS	un	2	37,84	75,68
Total				24.230,34

### 3.3.2 Custo com projeto e execução

Dependendo da potência do SFCR somente um engenheiro eletricista pode encaminhar o pedido de conexão à rede. Para isso deve ter em mão:

- o formulário de solicitação de acesso para microgeração;
- a ART (atestado de responsabilidade técnica) do projeto;
- documentos pessoais do proprietário;
- o memorial descritivo do projeto;

- o projeto do sistema fotovoltaico contendo os diagramas unifilar, multifilar, croqui de localização, planta de situação, detalhe do padrão de entrada, fachada lateral e esquema de aterramento;
- o datasheet do inversor, datasheet dos módulos;
- o relatório de ensaio atestado pelo INMETRO, dos módulos e do inversor até 10kW
- datasheet da stringbox dos conectores, cabos e ficha técnica da estrutura do telhado.

Além desses itens, a concessionária exige que instalação seja feita por empresas credenciadas junto ao CREA e fazem a conexão mediante apresentação da ART de execução do serviço, portando deve-se garantir que o serviço de instalação seja executado por empresa especializada.

Na tabela 3.2, estão os menores valores encontrados para os serviços de execução de projeto e homologação junto à concessionária bem como o menor valor cobrado para serviços de instalação de SFCR com a potência igual à do exemplo.

Tabela 3.2: Mão de obra e projeto

<b>Descrição do serviço</b>	<b>Valor (R\$)</b>
Projeto solar fotovoltaico de 4,69 kwp	1.100,00
Instalação da usina 4,69 kwp	1.500,00
<b>Valor total</b>	<b>2.600,00</b>

### 3.3.3 Custo de disponibilidade e CIP

Quando se instala o SFCR em uma unidade consumidora, ainda que a geração seja maior que o consumo, dois valores continuarão sendo cobrado mensalmente pela concessionária, via fatura. São eles, a CIP (Contribuição de Iluminação Pública) e o custo de disponibilidade. A cobrança da CIP, não sofre nenhuma alteração em função da instalação do SFCR. Já o custo de disponibilidade, pode ser considerado um custo novo, tendo em vista que “surgirá” na fatura sempre que o valor da energia for totalmente compensado.

Portanto, será considerado como custo de implantação, apenas os custo de disponibilidade, que segundo a resolução normativa nº 414 de 2020, é cobrado de acordo com o tipo de padrão da seguinte forma:

- Quando o padrão é monofásico, o consumidor paga uma taxa mínima equivalente ao custo de  $30kWh$ ;
- Quando o padrão é bifásico, a taxa mínima é equivalente ao custo de  $50kWh$  ;
- Quando o padrão é trifásico, o custo de disponibilidade é equivalente ao custo de  $100kWh$ .

Como no a unidade consumidora é conectada à rede através de um padrão bifásico, o seu custo de disponibilidade é equivalente ao valor referente ao custo de  $50kWh$  e pode ser obtido multiplicando-se este pelo valor da tarifa que é de  $0,92865$ , ou seja,

base de cálculo		tarifa		total
50	×	0,92865	=	46,43

Portanto, o valor da disponibilidade de consumo desta unidade consumidora é de **R\$46,43**

Logo, essa unidade consumidora, após a instalação do SFCR, considerando um geração suficiente para suprir todo o consumo, passará a receber uma fatura referente a soma dos valores da CIP e do custo de disponibilidade, que em valores atuais seria de:

$$R\$31,86 + R\$46,43 = 78,29$$

Na tabela 3.3 consta o demonstrativo dos gastos, referentes aos custos de disponibilidade durante 25 anos (tempo de médio de vida útil dos módulos solares), levando em consideração reajustes anuais de  $2,2\%$  que foi previsto pela ANEEL para o ano de 2020.

Utilizou-se para este cálculo a equação 3.1, que fornece obtido com a aplicação de juros compostos durante certo período.

$$M = C \cdot (1 + i)^n \tag{3.1}$$

Sendo:

- $M$ , o montante;
- $C$ , o capital;
- $I$  a taxa de juros;
- $n$  o período.

Para uma maior agilidade e precisão, os cálculos foram efetuados utilizando-se planilhas eletrônicas. As planilhas e fórmulas podem ser encontradas no material anexo.

Tabela 3.3: Estimativa de gasto com custo de disponibilidade

Período	Valor mensal em R\$	Total anual em R\$	Acumulado em R\$
1 <sup>o</sup> Ano	46,43	557,16	557,16
2 <sup>o</sup> Ano	47,45	569,42	1.126,58
3 <sup>o</sup> Ano	48,50	581,94	1.708,52
4 <sup>o</sup> Ano	49,56	594,75	2.303,27
5 <sup>o</sup> Ano	50,65	607,83	2.911,10
6 <sup>o</sup> Ano	51,77	621,20	3.532,31
7 <sup>o</sup> Ano	52,91	634,87	4.167,18
8 <sup>o</sup> Ano	54,07	648,84	4.816,01
9 <sup>o</sup> Ano	55,26	663,11	5.479,13
10 <sup>o</sup> Ano	56,48	677,70	6.156,83
11 <sup>o</sup> Ano	57,72	692,61	6.849,44
12 <sup>o</sup> Ano	58,99	707,85	7.557,29
13 <sup>o</sup> Ano	60,29	723,42	8.280,71
14 <sup>o</sup> Ano	61,61	739,34	9.020,04
15 <sup>o</sup> Ano	62,97	755,60	9.775,64
16 <sup>o</sup> Ano	64,35	772,22	10.547,87
17 <sup>o</sup> Ano	65,77	789,21	11.337,08
18 <sup>o</sup> Ano	67,21	806,58	12.143,66
19 <sup>o</sup> Ano	68,69	824,32	12.967,98
20 <sup>o</sup> Ano	70,20	842,46	13.810,43
21 <sup>o</sup> Ano	71,75	860,99	14.671,42
22 <sup>o</sup> Ano	73,33	879,93	15.551,35
23 <sup>o</sup> Ano	74,94	899,29	16.450,64
24 <sup>o</sup> Ano	76,59	919,07	17.369,72
25 <sup>o</sup> Ano	78,27	939,29	18.309,01
Total em 25 anos			<b>18.309,01</b>

### 3.3.4 Atualização dos custos ao longo de 25 anos

Somando-se todos os gastos com materiais conforme tabela 3.1 e mão de obra e projeto conforme tabela 3.2, o SFCR do exemplo ficou orçado em R\$ 26.830,34

Levando em consideração a vida útil dos equipamentos, será feita a previsão das possíveis trocas, bem como a atualização dos seus valores, segundo a inflação prevista. Para a escolha da tarifa utilizada, tomou-se como base a média anual do Índice de Preços ao Consumidor Amplo. (IPCA), disponibilizado pelo IBGE, segundo o qual, o acumulado dos últimos 12 meses foi de 2,8%

Neste primeiro exemplo será considerado:

- pagamento à vista
- inflação de 2,8%
- valor da fatura sendo reajustado anualmente em 2,2%;
- o inversor tendo que ser trocado após 15 anos de uso ;
- duração dos módulos de 25 anos ;
- troca de DPS após 5 anos;
- troca de disjuntores após 10 anos.

Novamente utilizando a equação 3.1, faz-se as atualizações dos valores que constam na tabela 3.1,

$$M = C \cdot (1 + i)^n$$

#### 1. Para o inversor:

- $V_{inv15} = 7.359,00 \times (1 + 0,028)^{15} \approx 11.135,65$

Sendo  $V_{inv15}$ , o valor do inversor, em R\$, capitalizado anualmente no período de 15 anos.

#### 2. Para os DPSs:

- $V_{dps5} = 120,00 \times (1 + 0,028)^5 \approx 137,77$

Sendo  $V_{dps5}$ , o valor do DPS, em R\$, capitalizado anualmente no período de 5 anos.

- $V_{dps10} = 120,00 \times (1 + 0,028)^{10} \approx 158,16$

Sendo  $V_{dps10}$ , o valor do DPS, em R\$ capitalizado anualmente no período de 10 anos.

- $V_{dps15} = 120,00 \times (1 + 0,028)^{15} \approx 181,58$

Sendo  $V_{dps15}$ , o valor do DPS, em R\$ capitalizado anualmente no período de 15 anos.

- $V_{dps20} = 120,00 \times (1 + 0,028)^{20} \approx 208,47$

Sendo  $V_{dps20}$ , o valor do DPS, em R\$ capitalizado anualmente no período de 20 anos.

### 3. Para os disjuntores:

- $V_{d10} = 50,00 \times (1 + 0,028)^{10} \approx 65,90$

Sendo  $V_{d10}$ , o valor do disjuntor, em R\$ capitalizado anualmente no período de 10 anos.

- $V_{d20} = 50,00 \times (1 + 0,028)^{20} \approx 86,86$

Sendo  $V_{d20}$ , o valor do disjuntor, em R\$ capitalizado anualmente no período de 20 anos.

### 3.3.5 Organização e discussão dos dados

Na tabela 3.4 estão os custos certos e alguns que são passíveis de ocorrer durante um período de 25 anos. São custos certos os referentes a implantação do sistema e os gastos com o custo de disponibilidade e a CIP, ainda que este último possa variar, dependendo de fatores tais como a inflação ocorrida no período. Os demais valores que constam na tabela referentes a troca de alguns componentes são apenas passíveis de ocorrer, ou seja, ocorrerá se houver defeito em algum equipamento. Estes valores também são variáveis de acordo com variações na inflação. Os períodos de tempo estipulado para troca de determinado componente é baseado na vida útil média de cada um fornecido pelos seus fabricantes.

Tabela 3.4: Custo de implantação e manutenção do SFCR em um período de 25 anos

Período	Descrição	Valor em (R\$)
1 <sup>o</sup> ao 5 <sup>o</sup> ano	Materiais e equipamentos	24.230,34
	projeto e instalação	2.600,00
	Custo de disponibilidade	2.911,10
6 <sup>o</sup> ao 10 <sup>o</sup> ano	Troca do DPS (CC)	137,77
	Custo de disponibilidade	3.245,73
11 à 15 anos	Troca de disjuntor (CA)	65,90
	Troca do DPS (CC)	158,16
	Custo de disponibilidade	3.618,81
16 à 20 anos	Troca do inversor	11.135,65
	Troca do DPS (CC)	181,58
	Custo de disponibilidade	4.034,79
21 à 25 anos	Troca do DPS (CC)	208,47
	Troca de disjuntor (CA)	86,86
	Custo de disponibilidade	4.498,58
Total		57.113,74

As empresas que trabalham com a venda de SFCR, nem sempre mencionam todos gastos que o consumidor terá, referindo-se apenas aos gastos inerente a aquisição dos equipamentos, mão de obra e projeto, e utilizando-se destes para fazer o comparativo de viabilidade. Talvez por que dados como os da tabela 3.4, possam desestimular àquele quer pretende fazer uso da energia solar.

Vale lembrar que o consumidor não terá que dispor de valores para cobrir o total dos gastos, e que é longo o prazo entre as despesas. Apenas a CIP e o custo de disponibilidade são fixos. Troca de DPSs e disjuntores geralmente uns cinco anos após a instalação. Já os inversores estão em constante evolução em seu processo de fabricação. Estudos mostram diminuição considerável nos preços de inversores nos últimos anos e também, aumento em sua durabilidade e eficiência.

Há também no mercado, empresas que operam na venda de SFCR completos e instalados e homologados, não necessitando assim que se faça o orçamento dos itens de forma isolada. De acordo com as cotações realizadas para este trabalho, pode-se notar que os valores são bem próximos, porém se optar pela compra do kit completo, o consumidor pode optar no parcelamento do custo de todos os equipamentos relativos a parte de geração, assim tendo que gastar de imediato apenas com os materiais usados a conexão do SFCR com a rede de energia.

Os menores valores encontrados estão dispostos na figura 3.1 foram obtidos no site da Aldo Solar.

Código: 58334-9

**GERADOR DE ENERGIA REFUSOL COLONIAL SOLAR GROUP ALDO SOLAR (58334-9)**

GEF 4,69KWP BYD POLI HALF CELL ONE 5KW 2MPPT MONO 220V

**R\$ 20.079,00**

PREÇO SUGERIDO AO CONSUMIDOR FINAL

**Santander Financeira CARÊNCIA DE 90 DIAS**

- 18x de R\$ 1.328,56 com juros no boleto
- 24x de R\$ 1.051,07 com juros no boleto
- 36x de R\$ 766,09 com juros no boleto

Figura 3.1: Valor do SFCR na compra parcelada  
 Fonte: <https://www.aldo.com.br/> Acesso em 04/05/2020

Note que os valores das parcelas são fixos o que é uma característica do sistema Price. É interessante notar que o valor das parcelas, dependendo do prazo do financiamento, podem ser menores que o valor cobrado na tarifa de energia. Esse é um ponto a ser levado em consideração pois, desta maneira a compra do sistema causa menos impacto no orçamento uma vez que o consumidor trocaria a tarifa pelas parcelas do financiamento somado ao custo de disponibilidade e a CIP.

Adaptando-se a tabela 3.4 para pagamento parcelado em 36 vezes, obtém-se a tabela 3.5.

Tabela 3.5: Custo de implantação e manutenção do SFCR em um período de 25 anos

Período	Descrição	Valor em (R\$)
1 <sup>o</sup> ao 5 <sup>o</sup> ano	36 parcelas de R\$ 766,09	27.579,24
	projeto e instalação	2.600,00
	Custo de disponibilidade	2.911,10
6 <sup>o</sup> ao 10 <sup>o</sup> ano	Troca do DPS (CC)	137,77
	Custo de disponibilidade	3.245,73
11 á 15 anos	Troca de disjuntor (CA)	65,90
	Troca do DPS (CC)	158,16
	Custo de disponibilidade	3.618,81
16 á 20 anos	Troca do inversor	11.135,65
	Troca do DPS (CC)	181,58
	Custo de disponibilidade	4.034,79
21 à 25 anos	Troca do DPS (CC)	208,47
	Troca de disjuntor (CA)	86,86
	Custo de disponibilidade	4.498,58
Total		60.462,64

### 3.3.6 Comparação dos custos em um período médio de 25 anos

Tem-se, então um custo total de R\$57.113,74 caso o valor da implantação SFCR seja pago a vista e um custo total de R\$60.462,64 caso seja parcelado em 36 vezes com as condições que constam na figura 3.1. Atualizando-se os valores das tarifas de energia descontando-se o valor da CIP, a serem pagos no período de 25 anos, de acordo com o reajuste médio definido pela ANEEL para 2020 que é de 2,20%, e utilizando a equação 3.1, obtém-se os valores discriminados na tabela 3.6.

Tabela 3.6: Estimativa de economia na tarifa de energia (grupo B)

<b>Período</b>	<b>Valor mensal em R\$</b>	<b>Total anual em R\$</b>	<b>Acumulado em R\$</b>
1 <sup>o</sup> Ano	660,27	7.923,24	7.923,24
2 <sup>o</sup> ano	674,80	8.097,55	16.020,79
3 <sup>o</sup> Ano	689,64	8.275,70	24.296,49
4 <sup>o</sup> Ano	704,81	8.457,76	32.754,25
5 <sup>o</sup> Ano	720,32	8.643,83	41.398,08
6 <sup>o</sup> Ano	736,17	8.834,00	50.232,08
7 <sup>o</sup> Ano	752,36	9.028,35	59.260,43
8 <sup>o</sup> Ano	768,91	9.226,97	68.487,40
9 <sup>o</sup> Ano	785,83	9.429,96	77.917,36
10 <sup>o</sup> Ano	803,12	9.637,42	87.554,78
11 <sup>o</sup> Ano	820,79	9.849,45	97.404,23
12 <sup>o</sup> Ano	838,84	10.066,13	107.470,36
13 <sup>o</sup> Ano	857,30	10.287,59	117.757,95
14 <sup>o</sup> Ano	876,16	10.513,91	128.271,86
15 <sup>o</sup> Ano	895,44	10.745,22	139.017,08
16 <sup>o</sup> Ano	915,13	10.981,62	149.998,70
17 <sup>o</sup> Ano	935,27	11.223,21	161.221,91
18 <sup>o</sup> Ano	955,84	11.470,12	172.692,03
19 <sup>o</sup> Ano	976,87	11.722,46	184.414,50
20 <sup>o</sup> Ano	998,36	11.980,36	196.394,86
21 <sup>o</sup> Ano	1.020,33	12.243,93	208.638,78
22 <sup>o</sup> Ano	1.042,77	12.513,29	221.152,08
23 <sup>o</sup> Ano	1.065,72	12.788,59	233.940,66
24 <sup>o</sup> Ano	1.089,16	13.069,93	247.010,60
25 <sup>o</sup> Ano	1.113,12	13.357,47	260.368,07
Total em 25 anos			260.368,07

Observe que o valor total em 25 anos, sem o SFCR, apresentado na tabela 3.6 é de R\$260.368,07, enquanto que o valor total gasto em 25 com a instalação e manutenção do SFCR é de R\$60.462,64.

A diferença entre os valores é de R\$260.368,07 - R\$60.462,64 = R\$ 199.905,43.

Portanto, com os termos citados acima, a instalação do SFCR geraria uma economia em 25 anos de aproximadamente 76,78%.

O gráfico da figura 3.2 relaciona os dados das tabelas 3.6 e 3.5, e evidencia o que vem sendo discutido neste capítulo.

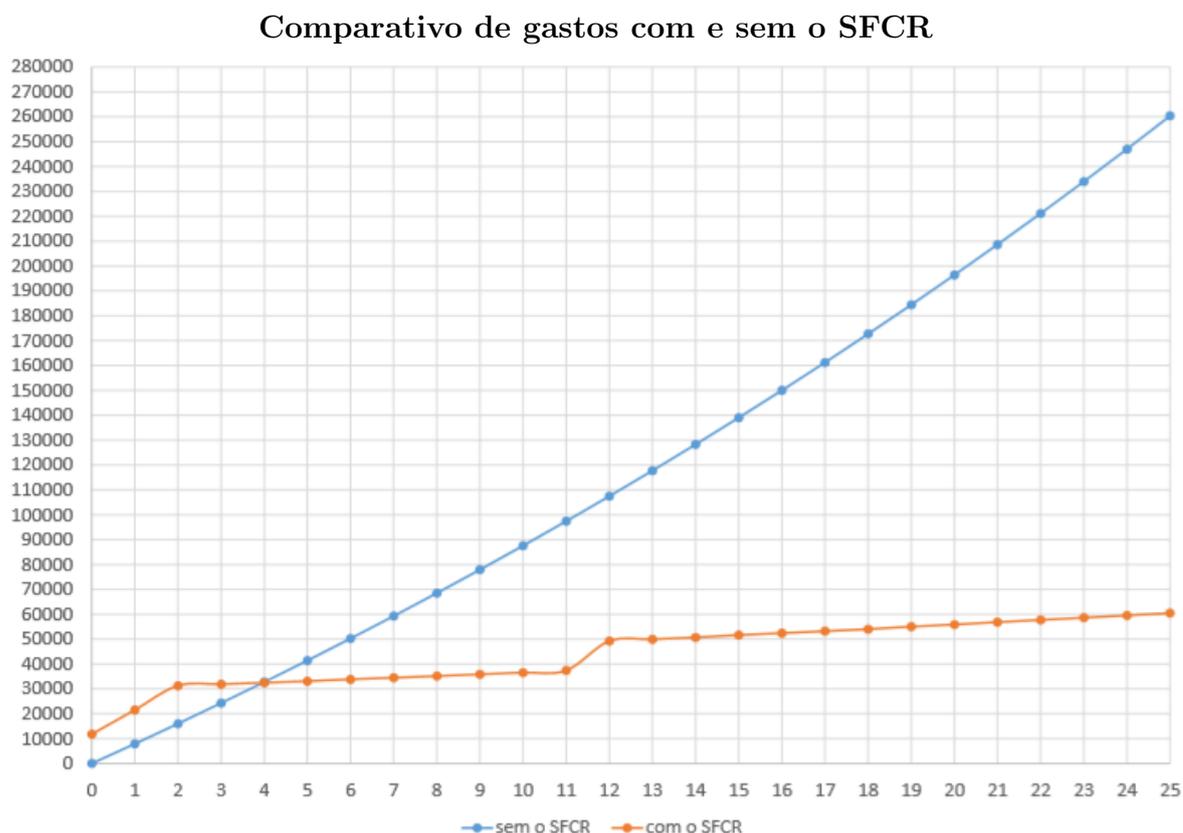


Figura 3.2: Gastos com energia elétrica com e sem o SFCR

Entre os pontos mais importantes estão:

- o montante gasto em fatura de energia em 4 anos seria suficiente para pagar a implantação do SFCR somado aos custos de disponibilidade 11 pelo menos durante os primeiros 11 anos;
- entre o 10<sup>o</sup> e 12<sup>o</sup> anos após a implantação do SFCR, observa-se uma brusca variação na curva que representa os gastos com implantação e manutenção do SFCR, devido ao valor referente a troca do inversor. Pelo gráfico é possível notar que este acréscimo faz com que os custos com implantação e manutenção sejam equivalente ao gasto total com tarifas de energia acumulado em um período de 7 anos.

- entre o 7<sup>o</sup> e o 8<sup>o</sup> ano após a implantação do SFCR, é que, de fato ocorre o chamado **pay back**, que na linguagem financeira significa o momento em que um investimento passa a dar retorno.

É bom reforçar que este consumidor continuará pagando, apenas o valor referente a Contribuição de Iluminação Pública CIP e o custo da disponibilidade.

Considerando o valor da fatura, considerada nesse exemplo, observada na figura 1.5, temos:

$$\begin{array}{rcccccc} \text{total da fatura} & & \text{valor da CIP} & & \text{disponibilidade} & & \text{total} \\ 692,13 & - & 31,86 & - & 46,43 & = & 613,84 \end{array}$$

Portanto, a redução no valor da parcela neste mês seria de **R\$613,84**.

### 3.4 Unidade consumidora do grupo A

Na seção 2.8 foi feito o dimensionamento de um SFCR para uma unidade consumidora classificada como grupo A. Esse sistema capaz de gerar energia suficiente para atender a demanda de da unidade consumidora para qual foi gerada a fatura da figura 1.7. A seguir faz-se o estudo da viabilidade econômica desse sistema.

#### 3.4.1 Gastos com materiais

Na tabela 3.7 estão os materiais dos quais as vida útil indicam possíveis trocas durante o período de 25 anos.

Tabela 3.7: Materiais passíveis de troca no período de 25 anos

Descrição do item	Quantidade	Preço unitário em R\$	Valor total em R\$
Inversor solar fotovoltaico Fronius, 27 kW, 380V MPPT, proteção DPS, WIFI	8 unid	20.799,00	166.392,00
Protetor Surto Dps Soprano A.raio Trifásico+n 275 V 60kA	12 unid	432,66	5.191,92
Mini Disjuntor Tripolar Weg MDW-C100-3 100A Curva 5kA 100A STECK	4 unid	140,00	560,00
Disjuntor Caixa Moldada Tripolar 400 A Elitek	2 unid	895,74	1791,48

Como são equipamentos de custos elevados, a troca representa um valor significativo no custo total do SFCR. Na tentativa de se aproximar o máximo possível do custo real, será considerado a ocorrência de algumas trocas, pelo menos a cada de 10 anos, no caso dos disjuntores, 5 anos no caso dos DPSs e de todos os inversores em um período de 15 anos, uma vez que a vida útil estimada desses aparelhos é de 10 anos, podendo chegar no máximo a 15 anos.

Os cálculos serão feitos considerando as seguintes hipóteses:

- valor das faturas sendo reajustadas anualmente em 2,2% conforme definido pela ANEEL para 2020 ;
- inflação de 2,4%;
- o inversores tendo que ser trocado após 13 anos de uso, para se aproximar da média do intervalo entre 10 e 15 anos;
- duração dos módulos de 25 anos ;
- troca de pelo menos um DPS a cada 5 anos;
- troca de pelo menos um disjuntor a cada 10 anos.

Atualizando os valores que constam na tabela 3.1, através da equação 3.1,  $M = C \cdot (1 + i)^n$ , obtem-se:

**1. Para os inversores:**

- $V_{inv13} = 166.392,00 \times (1 + 0,024)^{13} \approx 226.481,05$

Sendo  $V_{inv13}$ , o valor, em R\$, dos inversores capitalizado anualmente no período de 13 anos.

**2. Para os DPSs:**

Para os DPSs, como são utilizados seis unidades, considerou-se a possibilidade se trocar pelo menos um a cada cinco anos.

- $V_{dps5} = 432,66 \times (1 + 0,024)^5 \approx 496,72$

Sendo  $V_{dps5}$ , o valor em R\$, do DPS capitalizado anualmente no período de 5 anos.

- $V_{dps10} = 432,66 \times (1 + 0,024)^{10} \approx 549,46$

Sendo  $V_{dps10}$ , o valor em R\$, do DPS capitalizado anualmente no período de 10 anos.

- $V_{dps15} = 432,66 \times (1 + 0,024)^{15} \approx 617,51$

Sendo  $V_{dps15}$ , o valor em R\$, do DPS capitalizado anualmente no período de 15 anos.

- $V_{dps20} = 432,66 \times (1 + 0,024)^{20} \approx 695,26$

Sendo  $V_{dps20}$ , o valor em R\$, do DPS capitalizado anualmente no período de 20 anos.

### 3. Para os disjuntores:

Da mesma forma que foi estabelecida para os DPSs, considerou-se a possibilidade de pelo menos uma troca de disjuntor a cada 10 anos, escolhidos aleatoriamente.

- $V_{d10} = 895,74 \times (1 + 0,024)^{10} \approx 1.134,22$

Sendo  $V_{d10}$ , o valor em R\$, do disjuntor capitalizado anualmente no período de 10 anos.

- $V_{d20} = 140,00 \times (1 + 0,024)^{20} \approx 224,97$

Sendo  $V_{d20}$ , o valor em R\$, do disjuntor capitalizado anualmente no período de 20 anos.

### 3.4.2 Custo com projeto e execução

Entre as cotações de preços, o de menor valor foi o de uma empresa sediada em Cuiabá-MT que propôs entregar o SFCCR instalado e homologado junto à concessionária Energisa-MT, arcando com todos os custos de materiais, mão-de-obra e projeto. O valor cobrado calculado em função do valor do kit solar e representa 20% do valor deste.

$$\begin{array}{rcccl} \text{valor do kit} & & \text{porcentagem de 20\%} & & \text{valor do serviço} \\ 891.169,001 & \times & 0,2 & = & 178.233,80 \end{array}$$

Portanto, o custo total da mão de obra é de **R\$ 178.233,80**.

Nesse valor não está incluso o custo dos autotransformadores e nem o custo da adequação do posto de transformação.

### 3.4.3 Gastos com a demanda contratada e com a CIP

O valor à ser pago referente a CIP, não sofre alteração em função da adesão à micro ou minigeração distribuída, então, mesmo que o consumidor ainda continue pagando, ele não pode ser considerado como custo de implantação ou manutenção, uma vez que não surgiu por consequência de nenhum desses dois fatores.

Por outro lado, conforme comentado na subseção 2.8.3, a potência máxima de um SFCR pode ser no máximo igual a demanda contratada. No SFCR existem dois valores de potência a ser considerado, a soma das potências dos módulos e a soma das potências dos inversores. Para efeito de cálculo de demanda, a ANEEL estabelece como potência do sistema, o menor desses dois valores. Portanto, neste exemplo, em que serão instalados 8 inversores de  $27kW$  somando  $216kW$ , e 864 módulos de  $335W$  somando  $289,44kW$ , a demanda contratada deve ser igual a menor dos dois valores que neste caso é de  $216kW$ . Como visto na figura 1.8, esta unidade consumidora tem  $110kW$  de demanda contratada, sendo necessário solicitar a concessionária um aumento de  $216kW - 110kW = 106kW$ , para que se possa fazer a instalação.

Esse aumento de  $106kW$  surge em função da instalação do SFCR, e, portanto, o valor a ser pago mensalmente, pode ser obtido multiplicando-se este valor pela tarifa relativa a demanda contratada não utilizada que é de  $R\$17,9195$  por  $kW$ .

$$\begin{array}{rcccl} \text{demanda} & & \text{tarifa} & & \text{total} \\ 106 & \times & 17,9195 & = & 1.899,47 \end{array}$$

Portanto, o valor do aumento na demanda contratada será de **R\$1.899,47**.

Na tabela 3.8, encontra-se a projeção desse valor ao longo de 25 anos, considerando um reajuste anual conforme divulgado pela ANEEL para 2020 de 2,2% ao ano, aplicando-se a equação 3.1 e fazendo uso de planilhas eletrônicas.

Tabela 3.8: Estimativa de gastos com o aumento da demanda contratada

Período	valor mensal em R\$	Total anual em R\$	Acumulado em R\$
1 <sup>o</sup> Ano	1.899,47	22.793,64	22.793,64
2 <sup>o</sup> Ano	1.941,26	23.295,10	46.088,74
3 <sup>o</sup> Ano	1.983,97	23.807,59	69.896,33
4 <sup>o</sup> Ano	2.027,61	24.331,36	94.227,69
5 <sup>o</sup> Ano	2.072,22	24.866,65	119.094,34
6 <sup>o</sup> Ano	2.117,81	25.413,72	144.508,06
7 <sup>o</sup> Ano	2.164,40	25.972,82	170.480,87
8 <sup>o</sup> Ano	2.212,02	26.544,22	197.025,09
9 <sup>o</sup> Ano	2.260,68	27.128,19	224.153,28
10 <sup>o</sup> Ano	2.310,42	27.725,01	251.878,30
11 <sup>o</sup> Ano	2.361,25	28.334,96	280.213,26
12 <sup>o</sup> Ano	2.413,19	28.958,33	309.171,59
13 <sup>o</sup> Ano	2.466,28	29.595,42	338.767,01
14 <sup>o</sup> Ano	2.520,54	30.246,51	369.013,52
15 <sup>o</sup> Ano	2.575,99	30.911,94	399.925,46
16 <sup>o</sup> Ano	2.632,67	31.592,00	431.517,46
17 <sup>o</sup> Ano	2.690,59	32.287,02	463.804,48
18 <sup>o</sup> Ano	2.749,78	32.997,34	496.801,82
19 <sup>o</sup> Ano	2.810,27	33.723,28	530.525,10
20 <sup>o</sup> Ano	2.872,10	34.465,19	564.990,29
21 <sup>o</sup> Ano	2.935,29	35.223,43	600.213,72
22 <sup>o</sup> Ano	2.999,86	35.998,34	636.212,06
23 <sup>o</sup> Ano	3.065,86	36.790,31	673.002,37
24 <sup>o</sup> Ano	3.133,31	37.599,69	710.602,06
25 <sup>o</sup> Ano	3.202,24	38.426,89	749.028,94
Total em 25 anos			<b>749.028,94</b>

### 3.4.4 Atualização dos custos ao longo de 25 anos

Na tabela 3.9, faz-se a discriminação da forma de pagamento.

Tabela 3.9: Discriminação da forma de pagamento

Descrição do item	Forma de pagamento	Valor total em R\$
gerador de energia Fronius rosca dupla metal K2 systems Aldo Solar GEF 253,26 KWP BYD poli HALF CELL ECO 27kW 1 MPPT trifásico 380V	36 vezes de R\$ 34.001,50 com carência de 90 dias	1.224.054,00
transformador isolador trifásico Minuzzi 125KVA de 95 a 115kW proteção IP 23 2 unidades	à vista	32.258,00
mão de obra e custos com projeto e homologação junto a concessionária, materiais ausentes no Kit solar (exceto transformadores)	à vista	178.233,80
adequação do posto de transformação	à vista	57.000,00
	<b>Total</b>	<b>1.491.545,80</b>

Na tabela 3.10, é feita uma estimativa do custo total do investimento no período de 25 anos, baseada nos valores obtidos.

Tabela 3.10: Custo de implantação e manutenção por 25 anos do SFCR

Período	Descrição do custo	Valor em (R\$)
1 <sup>o</sup> ao 5 <sup>o</sup> ano	36 parcelas de 34.001,50	1.224.054,00
	projeto e instalação	178.233,80
	Autotransformadores	32.258,00
	Posto de transformação	57.000,00
	Acréscimo de Demanda	119.094,34
6 <sup>o</sup> ao 10 <sup>o</sup> ano	Troca do DPS (CC)	496,72
	Acréscimo de Demanda	132.783,96
11 <sup>o</sup> ao 15 <sup>o</sup> anos	Troca de disjuntor (CA)	1.134,22
	Troca do DPS (CC)	549,46
	Acréscimo de Demanda	148.047,16
16 <sup>o</sup> ao 20 <sup>o</sup> anos	Troca do inversor	198.170,92
	Troca do DPS (CC)	617,51
	Acréscimo de Demanda	165.064,84
21 <sup>o</sup> ao 25 <sup>o</sup> anos	Troca do DPS (CC)	695,26
	Troca de disjuntor (CA)	224,96
	Acréscimo de Demanda	184.038,65
	<b>Total</b>	<b>2.442.463,80</b>

E, para que se possa comparar, na tabela 3.11 estão os gastos com tarifa de energia elétrica atualizados para o período de 25 anos, sem a instalação do SFCR. Neste

cálculo foi levado em consideração apenas o consumo médio em horário “fora ponta” de 37.059,17, calculado na seção 2.8 tendo em vista que o SFCCR em questão não foi projetado para compensar a energia consumida no horário “ponta”.

Também não foi levando em consideração o valor do desconto referente aos tributos pagos em decorrência da TUSD e da TUST, por não ser o objetivo desse trabalho.

Desta forma o valor em reais a ser considerado é dado por  $37.059,17 \times 0,52242 \approx 19.360,45$ .

Na tabela 3.11, faz-se a estimativa da evolução dos gastos com a tarifa de energia ao longo de 25 anos.

Novamente, os cálculos serão feitos em planilhas eletrônicas, considerando o reajuste de 2,2% e a equação 3.1.

Tabela 3.11: Estimativa de economia na tarifa de energia

<b>Período</b>	<b>Valor mensal em R\$</b>	<b>Total anual em R\$</b>	<b>Acumulado em R\$</b>
1 <sup>o</sup> Ano	19.360,45	232.325,40	232.325,40
2 <sup>o</sup> Ano	19.786,38	237.436,56	469.761,96
3 <sup>o</sup> Ano	20.221,68	242.660,16	712.422,12
4 <sup>o</sup> Ano	20.666,56	247.998,69	960.420,81
5 <sup>o</sup> Ano	21.121,22	253.454,66	1.213.875,47
6 <sup>o</sup> Ano	21.585,89	259.030,66	1.472.906,13
7 <sup>o</sup> Ano	22.060,78	264.729,33	1.737.635,46
8 <sup>o</sup> Ano	22.546,12	270.553,38	2.008.188,84
9 <sup>o</sup> Ano	23.042,13	276.505,55	2.284.694,40
10 <sup>o</sup> Ano	23.549,06	282.588,68	2.567.283,07
11 <sup>o</sup> Ano	24.067,14	288.805,63	2.856.088,70
12 <sup>o</sup> Ano	24.596,61	295.159,35	3.151.248,05
13 <sup>o</sup> Ano	25.137,74	301.652,86	3.452.900,91
14 <sup>o</sup> Ano	25.690,77	308.289,22	3.761.190,13
15 <sup>o</sup> Ano	26.255,97	315.071,58	4.076.261,71
16 <sup>o</sup> Ano	26.833,60	322.003,16	4.398.264,87
17 <sup>o</sup> Ano	27.423,94	329.087,23	4.727.352,10
18 <sup>o</sup> Ano	28.027,26	336.327,15	5.063.679,24
19 <sup>o</sup> Ano	28.643,86	343.726,34	5.407.405,59
20 <sup>o</sup> Ano	29.274,03	351.288,32	5.758.693,91
21 <sup>o</sup> Ano	29.918,06	359.016,67	6.117.710,57
22 <sup>o</sup> Ano	30.576,25	366.915,03	6.484.625,61
23 <sup>o</sup> Ano	31.248,93	374.987,16	6.859.612,77
24 <sup>o</sup> Ano	31.936,41	383.236,88	7.242.849,65
25 <sup>o</sup> Ano	32.639,01	391.668,09	7.634.517,74
Total em 25 anos			<b>7.634.517,74</b>

### 3.4.5 Organização e discussão dos dados

Os dados das tabelas 3.10 e 3.11 estão relacionados no gráfico da figura 3.3

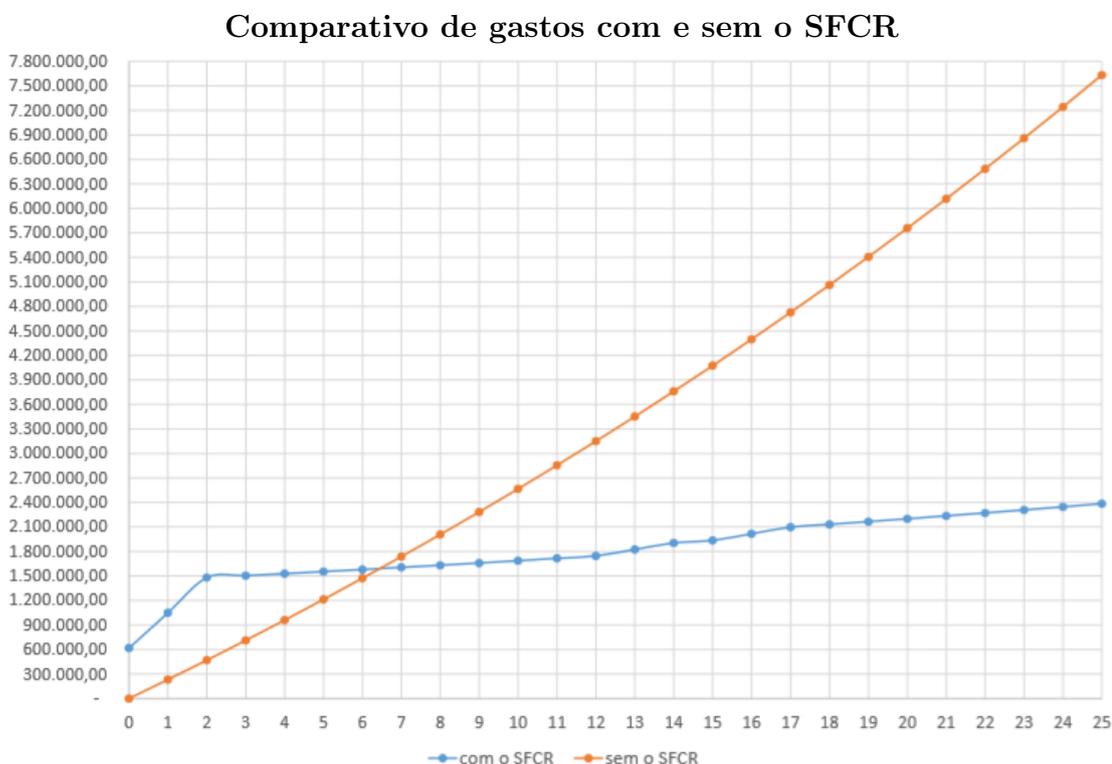


Figura 3.3: Custo com tarifa X Implantação e Manutenção do SFCR

Os dados compilados no gráfico permitem as seguintes observações

- Os custo de implantação do SFCR é compensado em aproximadamente 6 anos;
- Os gastos com a manutenção e acréscimo de demanda contratada não utilizada no período de 25 anos foi de aproximadamente R\$900.000,00, o que que representa aproximadamente 60% do investimento inicial;
- O custo total de implantação e manutenção do SFCR, incluindo os custos com a demanda contrata, são compensados em aproximadamente 9,5 anos ( **pay back**);
- A economia prevista ao longo dos 25 anos é de aproximadamente R\$5.160.000,00

Na prática, o que essa unidade consumidora continuará pagando os valores que constam na tabela 3.12

- energia consumida em horário “ponta”;
- energia reativa nos horários “ponta” e “fora ponta”;
- demanda medida de 89 de 89,6kW;
- a demanda não consumida que após o aumento será de 126,4kW
- a contribuição de iluminação pública (CIP).

Na tabela 3.12, encontram-se os valores que continuaram sendo pagos pelo consumidor, após a instalação do SFCR.

Tabela 3.12: Valores não compensados pelo SFCR

Descrição	valor em R\$
energia consumida em horário “ponta”	1.349,64
energia reativa no horário ”ponta”	87,7
energia reativa nos horários ”fora ponta”	1.023,20
demanda medida 89,6 kW	2.253,38
uma demanda não consumida que após o aumento será de 126,4 kW	2.265,02
a contribuição de iluminação pública (CIP)	179,27
<b>total</b>	<b>7.158,21</b>

COMPOSIÇÃO DO CONSUMO		
DISCRIMINAÇÃO	VALOR (R\$)	%
SERVIÇO DISTRIBUIÇÃO	5.613,95	22,46
COMPRA DE ENERGIA	8.756,02	35,01
SERVIÇO DE TRANSMISSÃO	447,91	1,79
ENCARGOS SETORIAIS	1.895,27	7,58
IMPOSTOS DIRETOS E ENCARGOS	8.293,43	33,16
OUTROS SERVIÇOS	0,00	0,00
<b>TOTAL</b>	<b>25.006,58</b>	<b>100,00</b>

- Valor Encargo Uso Sist. Distr. (Ref 02/2020): R\$ 5.889,53

Figura 3.4: Composição do consumo

Considerando o valor de R\$25.006,58, no campo composição do consumo, conforme figura 3.4, referente a ao consumo sem o desconto judicial, e subtraindo dele o valor que continuaria sendo pago discriminados na tabela 3.12, tem-se:

$$\begin{array}{rcl} \text{total da fatura} & \text{não compensados pelo SFCR} & \text{economia} \\ 25.006,58 & - & 7.158,21 & = & 17.848,37 \end{array}$$

Portanto, a economia neste mês seria de **17.848,37kWh**.

## Considerações finais

No Brasil vivemos uma situação privilegiada quando se fala em matriz energética, principalmente quando se trata do uso de energia solar, pois temos disponibilidade de alta incidência de luz do sol na maior parte do ano. Com a tecnologia atualmente disponível, temos possibilidade de gerar a energia elétrica que necessitamos pelos Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede (SFVR) em qualquer local do país.

A energia elétrica é considerada uma fonte de energia limpa, pois traz pouco impacto ao meio ambiente, por isso o seu consumo é crescente, em detrimento de outras fontes de energia. A energia elétrica é de suma importância em nossa sociedade, move a economia e é essencial para o bem estar da população.

Mas os gastos com a energia elétrica trazem um impacto econômico para o orçamento das famílias e das empresas. Cada vez mais procura-se formas alternativas de geração de energia elétrica, como forma de reduzir os gastos, e o sistema de energia solar demonstra-se uma opção viável pois é uma fonte mais barata se comparada ao valor cobrado pela energia elétrica do sistema convencional gerado pelas hidrelétricas e/ou termelétricas.

Como vimos, nós consumidores não pagamos apenas pelo consumo da energia, pois estão embutidos na tarifa de energia vários impostos e taxas. Deste montante arrecadado veem os recursos para a ampliação do setor energético convencional e o necessários para a sua manutenção, além do lucro das empresas geradoras e distribuidoras de energia elétrica.

Parte dos impostos advindos da tarifa de energia são revertidos para setores sociais como o PIS e o Cofins. O orçamento dos estados tem entre seus principais impostos o ICMS, e o que pagamos pela energia elétrica significa, na atualidade, uma parte significativa da arrecadação deste imposto para os cofres públicos.

No país vemos surgir novas empresas especializadas no ramo de instalação de SFCR. É um setor da economia que tende a crescer, principalmente com o avanço de tecnologias que criam, a cada dia, melhores condições para baratear a sua instalação e manutenção, bem como facilidades no seu financiamento.

Os resultados obtidos ao longo desta pesquisa demonstraram que é vantajoso e viável implantar o Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede (SFCR). Uma família que não tenha o montante do recurso para fazer a compra do SFCR à vista, pode fazer um financiamento a ser pago com o recurso antes utilizado para pagar a tarifa de energia elétrica convencional.

A temática da produção de energia solar pode ser utilizada para fazer um estudo com os alunos em sala de aula, utilizando conceitos básicos de matemática, acessíveis a estudantes da educação básica, tais como as operações básicas, noções de porcentagem, juros e sistemas de capitalização, que são conteúdos trabalhados tanto no ensino fundamental como no ensino médio.

Ao discutir o tema aqui proposto, a viabilidade do uso da energia solar, buscamos demonstrar que este pode ser utilizado no planejamento da disciplina de matemática para trabalhar uma ampla gama de conteúdos. Mas este tema também pode ser utilizado para planejar um trabalho coletivo e ser a base para uma pesquisa interdisciplinar.

Na metodologia proposta os conteúdos matemáticos não têm um fim em si mesmo, estes são re-significados pois estão articulados com um tema de uma pesquisa, e é da necessidade de aprofundar os conhecimentos da temática que é realizada a organização e seleção dos conteúdos a serem trabalhados, na medida em que as atividades de pesquisa são desenvolvidas, motivando os alunos na busca do conhecimento.

No fazer pedagógico em sala de aula devemos buscar metodologias que coloquem os alunos como protagonistas do processo de elaboração do conhecimento. Portanto, é interessante que a definição do tema a ser pesquisado seja feita após uma discussão coletiva com os estudantes, e que a problemática a ser investigada possa oferecer respostas para questões relacionadas com o cotidiano dos estudantes, assim dando significado aos conteúdos trabalhados em sala de aula.

Na apresentação deste trabalho foi tratada das dificuldades que, nós professores, enfrentamos no dia a dia nas escolas para que nossos alunos tenham sucesso e realmente aprendam. Mas sobretudo, falamos da importância de que o conhecimento trabalhado

pelas diferentes disciplinas tenham um sentido na vida destes estudantes, preparando-os para serem cidadãos e que estes contribuam para o desenvolvimento de nossa sociedade.

Os problemas enfrentados pela educação no nosso país não são de fácil resolução, nem existem fórmulas prontas que garantam o aprendizado de nossos alunos. Mas devemos identificar certos princípios gerais que orientem as nossas escolhas pedagógicas e contribuam para uma prática coerente com o tipo de formação que desejamos para nossos estudantes.

Este trabalho não teve como objetivo fazer uma pesquisa aprofundada sobre como se dá o aprendizado dos alunos nas diferentes fases de desenvolvimento, tão pouco fazer uma sistematização sobre as diferentes metodologias utilizadas no ensino da disciplina de matemática. Ao fazer sugestões e demonstrar de forma prática como organizar um planejamento a ser implementado em sala de aula, pretendo contribuir com reflexões de como podemos articular os conteúdos de matemática com a realidade concreta dos estudantes.

Entre a teoria e a prática existe uma grande distância, este estudo não é o resultado de uma experiência prática para poder observar e afirmar que este planejamento é eficaz. Mas uma boa prática começa com uma boa teoria, e é a partir de um planejamento bem elaborado que podemos organizar nossa prática pedagógica tentando resolver ou, ao menos, minimizar os problemas que enfrentamos no nosso cotidiano nas escolas.

Mas, acima de tudo, precisamos acreditar que nossos alunos são capazes de produzir conhecimento, se estes estiverem motivados, que o espaço escolar é um ambiente de socialização importante na vida de nossos jovens e que aprender é uma aventura e, no fim, um processo que pode trazer satisfação aos estudantes.

# Referências Bibliográficas

- ANEEL (2002). Emenda constitucional 39 de 2002. <http://www.planalto.gov.br/ccivil03/constituicao/emendas/emc/emc39.htm>. Acesso em 03 de maio de 2020.
- ANEEL (2005). URL <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2005/014/documento/notatcnicapiscofins.pdf>. Acesso em 11 de abril de 2020.
- ANEEL (2010). <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/bren2010414.pdf>. Acesso em 13 de abril de 2020.
- ANEEL (2012). Resolução normativa 482, de 17 de abril de 2012. <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>.
- ANEEL (2015a). <https://www.aneel.gov.br/bandeiras-tarifarias>. Acesso em 15 de abril de 2020.
- ANEEL (2015b). Resolução normativa 687, de 24 de novembro de 2015. <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>.
- ANEEL (2020). Ranking de tarifa residencial-r\$. URL: <https://www.aneel.gov.br/ranking-das-tarifas/> Acesso em 11/04/2020.
- Costa, H. J. S. (2010). Avaliação do fator de dimensionamento do inversor em sistemas fotovoltaicos conectado à rede. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Ceará – UFCE, Fortaleza/CE.
- CRESESB (2018). <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata&>. Acesso em 13 de abril de 2020.
- DRC-MT (2018). Documento de Referência Curricular para Mato Grosso–Ensino Fundamental–Anos Finais. páginas 205–236.

- Fogaça, J. R. V. (2020). URL:<https://brasilecola.uol.com.br/quimica/silicio.htm>. Acesso em 18 de abril de 2020.
- Giordano, C. C., Assis, M. R. S., e Coutinho, C. Q. S. (2019). A matemática financeira e a base nacional comum curricular. *EM TEIA. Revista de Educação Matemática e Tecnológica Ibero-americana*, 10(3).
- Netto, D. V. e Henkes, J. A. (2014). Sistema de geração edistribuição de energia por parte do operador nacional do sistema brasileiro (ONS), o pêndulo do desenvolvimento. páginas 339–362.
- Perin, A. L. (2016). *Análise da influência de diferentes estratégias de arrefecimento no desempenho e durabilidade de inversores de sistemas fotovoltaicos conectados à rede*. Tese de Doutorado, UFRS, Porto Alegre/RS.
- Siqueira, L. M. (2015). Estudo do dimensionamento e da viabilidade econômica de microgerador solar fotovoltaico conectado à rede elétrica. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF, Juiz de Fora/SP.
- Vieira, D., Carneiro, J. S. A., e Castro, M. A. L. (2014). Micro e Minigeração distribuída. Cadernos Temáticos da ANEEL.

# Apêndice: Figuras adicionais

## A.1 Modalidade tarifária horária azul

Nesta seção encontra-se a tabela fornecida pela Energisa-MT, contendo as tarifas de cada classe de consumo, na modalidade horária azul.

MODALIDADE TARIFÁRIA HORÁRIA AZUL							
SUBGRUPO	CLASSES	TUSD + TE					
		DEMANDA (R\$/KW)		ULTRAPASSAGEM		CONSUMO (R\$/KWH)	
		PONTA	FORA PONTA	PONTA	F. PONTA	PONTA	FORA PONTA
A2 (88 A 138 KV)	SERVIÇO PÚBLICO	13,81	5,20	31,38	11,82	0,44602	0,28879
	RURAL IRRIGAÇÃO	3,14	1,18	31,38	11,82	0,10137	0,06563
	RURAL	14,12	5,32	31,38	11,82	0,45616	0,29535
	DEMAIS CLASSES (88 A 138 KV)	15,69	5,91	31,38	11,82	0,50684	0,32817
A3 (69 KV)	SERVIÇO PÚBLICO	21,26	8,62	48,32	19,58	0,44480	0,28757
	RURAL IRRIGAÇÃO	4,83	1,96	48,32	19,58	0,10109	0,06536
	RURAL	21,74	8,81	48,32	19,58	0,45491	0,29410
	DEMAIS CLASSES (69 KV)	24,16	9,79	48,32	19,58	0,50545	0,32678
A3A (30 A 44 KV)	SERVIÇO PÚBLICO	39,29	14,81	89,30	33,66	0,46489	0,30766
	RURAL	40,19	15,15	89,30	33,66	0,47545	0,31465
	RURAL IRRIGAÇÃO	8,93	3,37	89,30	33,66	0,10566	0,06992
	DEMAIS CLASSES (30 A 44 KV)	44,65	16,83	89,30	33,66	0,52828	0,34961
A4 (2,3 A 25 KV)	COOPERATIVA DE ELETRIFICAÇÃO RURAL	13,55	5,15	83,44	31,72	0,15498	0,10216
	DEMAIS CLASSES (2,3 A 25 KV)	41,72	15,86	83,44	31,72	0,47729	0,31464
	RURAL	40,19	15,15	89,30	33,66	0,47545	0,31465
	RURAL IRRIGAÇÃO	8,93	3,37	89,30	33,66	0,10566	0,06992
	SERVIÇO PÚBLICO	39,29	14,81	89,30	33,66	0,46489	0,30766

Figura A.1: Tarifas aplicadas a modalidade tarifária horária azul  
 Fonte: adaptado de <https://www.energisa.com.br/>-Acesso em 25/05/2020

## A.2 Diagrama unifilar

Nesta seção encontra-se um modelo de diagrama unifilar, exigido pela concessionária quando feita a solicitação de acesso à rede de energia.

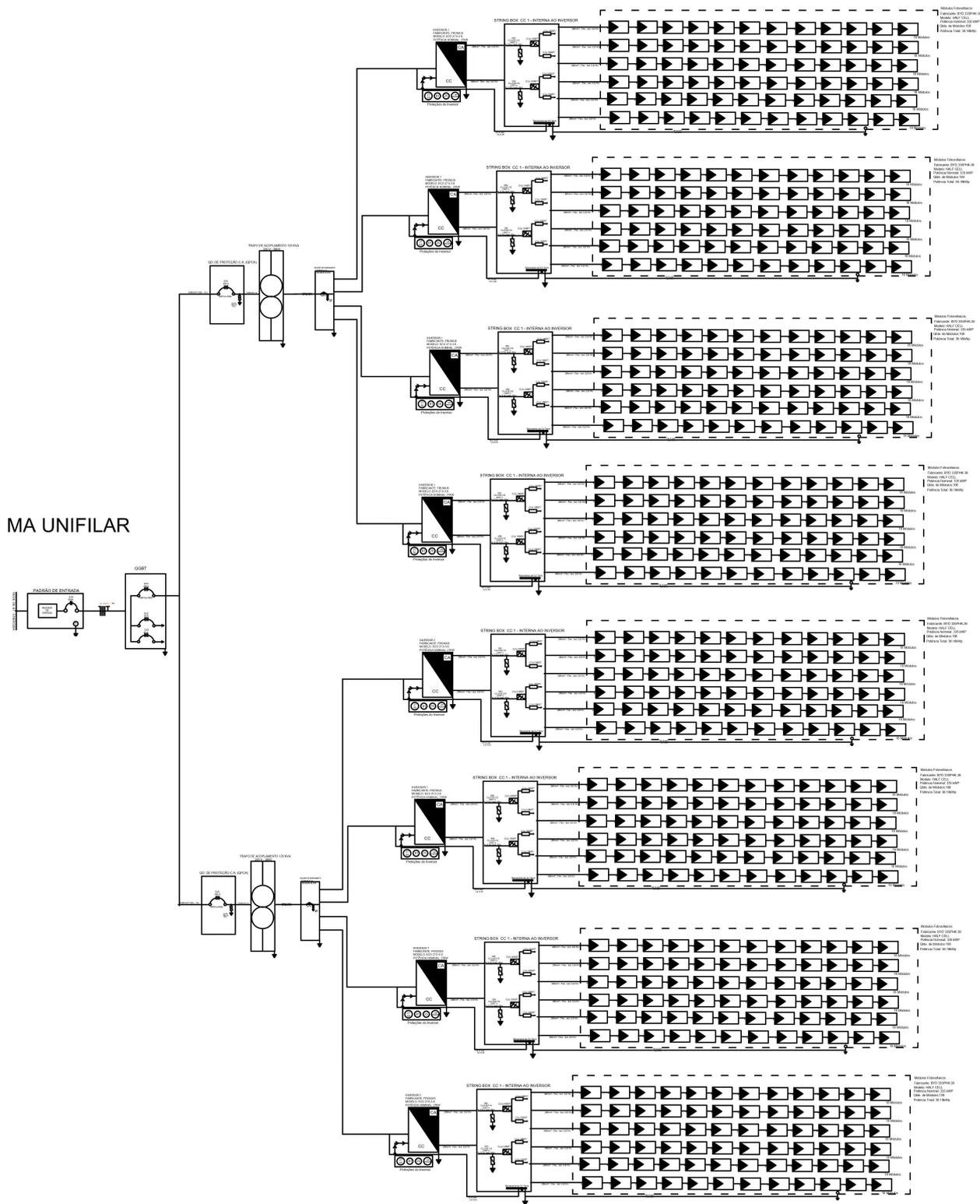


Figura A.2: Diagrama unifilar de SFCR da unidade consumidora do grupo A

## A.3 Posto de transformação

Nesta seção encontra-se o orçamento do posto de transformação, mencionado na subseção 2.8.3.

QTD	DESCRIÇÃO	VALOR
1	POSTE 11X1.000 DT	
5	CRUZETAS 2M	
3	CHAVES SX 15KV	
	FERRAGENS	
60M	CABO XLPE 50MM	
15M	CABO XLP 16MM	
2	SUPORTE FIXAR TRANSFORMADOR	
6	PROTETOR DE BUCHA	
6	MAO FRANCESA 619MM	
<b>VALOR TOTAL DOS MATERIAIS</b>		<b>R\$ 12.500,00</b>

ITEM	DESCRIÇÃO	VALOR
2	01 TRANSFORMADOR DE 300 KVA	R\$ 21.000,00
3	ATERRAMENTO	R\$ 3.000,00
4	PROJETO	R\$ 4.000,00
5	01 PADRÃO COMPLETO	R\$ 13.000,00
6	MÃO DE OBRA	R\$ 8.500,00
<b>SUB TOTAL</b>		<b>R\$ 62.000,00</b>
1	SEU TRANFORMADOR DE 150 KVA USADO	-R\$ 5.000,00
<b>VALOR TOTAL</b>		<b>R\$ 57.000,00</b>

Figura A.3: Orçamento do posto de transformação

## A.4 Fórmulas

Nesta seção, encontram-se algumas tabelas geradas em planilhas eletrônicas, relacionando alguns dos resultados às suas respectivas fórmulas.

F5    X ✓ fx    =SOMA(E5\*(1+(\$F\$2)))

	B	C	D	E	F
1	<b>Gastos com demanda acréscimo de demanda contratada</b>				
2	R\$ 1.899,47			TAXA	2,20%
3	<b>1º ANO</b>	<b>2º ANO</b>	<b>3º ANO</b>	<b>4º ANO</b>	<b>5º ANO</b>
4	R\$ 1.899,47	R\$ 1.941,26	R\$ 1.983,97	R\$ 2.027,61	R\$ 2.072,22
5	R\$ 1.899,47	R\$ 1.941,26	R\$ 1.983,97	R\$ 2.027,61	R\$ 2.072,22
6	R\$ 1.899,47	R\$ 1.941,26	R\$ 1.983,97	R\$ 2.027,61	R\$ 2.072,22
7	R\$ 1.899,47	R\$ 1.941,26	R\$ 1.983,97	R\$ 2.027,61	R\$ 2.072,22
8	R\$ 1.899,47	R\$ 1.941,26	R\$ 1.983,97	R\$ 2.027,61	R\$ 2.072,22
9	R\$ 1.899,47	R\$ 1.941,26	R\$ 1.983,97	R\$ 2.027,61	R\$ 2.072,22
10	R\$ 1.899,47	R\$ 1.941,26	R\$ 1.983,97	R\$ 2.027,61	R\$ 2.072,22
11	R\$ 1.899,47	R\$ 1.941,26	R\$ 1.983,97	R\$ 2.027,61	R\$ 2.072,22
12	R\$ 1.899,47	R\$ 1.941,26	R\$ 1.983,97	R\$ 2.027,61	R\$ 2.072,22
13	R\$ 1.899,47	R\$ 1.941,26	R\$ 1.983,97	R\$ 2.027,61	R\$ 2.072,22
14	R\$ 1.899,47	R\$ 1.941,26	R\$ 1.983,97	R\$ 2.027,61	R\$ 2.072,22
15	R\$ 1.899,47	R\$ 1.941,26	R\$ 1.983,97	R\$ 2.027,61	R\$ 2.072,22
16	R\$ 22.793,64	R\$ 23.295,10	R\$ 23.807,59	R\$ 24.331,36	R\$ 24.866,65
17	TOTAL GASTO DO 1º AO 5º ANO			R\$	119.094,34
18	<b>6º ANO</b>	<b>7º ANO</b>	<b>8º ANO</b>	<b>9º ANO</b>	<b>10º ANO</b>
19	R\$ 2.117,81	R\$ 2.164,40	R\$ 2.212,02	R\$ 2.260,68	R\$ 2.310,42
20	R\$ 2.117,81	R\$ 2.164,40	R\$ 2.212,02	R\$ 2.260,68	R\$ 2.310,42
21	R\$ 2.117,81	R\$ 2.164,40	R\$ 2.212,02	R\$ 2.260,68	R\$ 2.310,42
22	R\$ 2.117,81	R\$ 2.164,40	R\$ 2.212,02	R\$ 2.260,68	R\$ 2.310,42

Figura A.4: Fórmula utilizada: Exemplo 1

B19    X ✓ fx    =(F4\*(1+(\$F\$2)))

	B	C	D	E	F
1	<b>Gastos com demanda acréscimo de demanda contratada</b>				
2	R\$ 1.899,47			TAXA	2,20%
3	<b>1º ANO</b>	<b>2º ANO</b>	<b>3º ANO</b>	<b>4º ANO</b>	<b>5º ANO</b>
4	R\$ 1.899,47	R\$ 1.941,26	R\$ 1.983,97	R\$ 2.027,61	R\$ 2.072,22
5	R\$ 1.899,47	R\$ 1.941,26	R\$ 1.983,97	R\$ 2.027,61	R\$ 2.072,22
6	R\$ 1.899,47	R\$ 1.941,26	R\$ 1.983,97	R\$ 2.027,61	R\$ 2.072,22
7	R\$ 1.899,47	R\$ 1.941,26	R\$ 1.983,97	R\$ 2.027,61	R\$ 2.072,22
8	R\$ 1.899,47	R\$ 1.941,26	R\$ 1.983,97	R\$ 2.027,61	R\$ 2.072,22
9	R\$ 1.899,47	R\$ 1.941,26	R\$ 1.983,97	R\$ 2.027,61	R\$ 2.072,22
10	R\$ 1.899,47	R\$ 1.941,26	R\$ 1.983,97	R\$ 2.027,61	R\$ 2.072,22
11	R\$ 1.899,47	R\$ 1.941,26	R\$ 1.983,97	R\$ 2.027,61	R\$ 2.072,22
12	R\$ 1.899,47	R\$ 1.941,26	R\$ 1.983,97	R\$ 2.027,61	R\$ 2.072,22
13	R\$ 1.899,47	R\$ 1.941,26	R\$ 1.983,97	R\$ 2.027,61	R\$ 2.072,22
14	R\$ 1.899,47	R\$ 1.941,26	R\$ 1.983,97	R\$ 2.027,61	R\$ 2.072,22
15	R\$ 1.899,47	R\$ 1.941,26	R\$ 1.983,97	R\$ 2.027,61	R\$ 2.072,22
16	R\$ 22.793,64	R\$ 23.295,10	R\$ 23.807,59	R\$ 24.331,36	R\$ 24.866,65
17	TOTAL GASTO DO 1º AO 5º ANO			R\$	119.094,34
18	<b>6º ANO</b>	<b>7º ANO</b>	<b>8º ANO</b>	<b>9º ANO</b>	<b>10º ANO</b>
19	R\$ 2.117,81	R\$ 2.164,40	R\$ 2.212,02	R\$ 2.260,68	R\$ 2.310,42
20	R\$ 2.117,81	R\$ 2.164,40	R\$ 2.212,02	R\$ 2.260,68	R\$ 2.310,42
21	R\$ 2.117,81	R\$ 2.164,40	R\$ 2.212,02	R\$ 2.260,68	R\$ 2.310,42
22	R\$ 2.117,81	R\$ 2.164,40	R\$ 2.212,02	R\$ 2.260,68	R\$ 2.310,42

Figura A.5: Fórmula utilizada: Exemplo 2

# Apêndice: Tabelas adicionais

## B.1 Gastos com energia elétrica

Nesta seção encontram-se algumas tabelas geradas com a finalidade de se observar a evolução dos gastos com tarifas de energia, considerando-se um reajuste anual fixo no período de 25 anos.

Tabela B.1: Gasto com tarifa de energia: grupo A

tarifa	19.360,45			taxa	<b>2,20%</b>
	<b>1º ano</b>	<b>2º ano</b>	<b>3º ano</b>	<b>4º ano</b>	<b>5º ano</b>
1º mês	19.360,45	19.786,38	20.221,68	20.666,56	21.121,22
2º mês	19.360,45	19.786,38	20.221,68	20.666,56	21.121,22
3º mês	19.360,45	19.786,38	20.221,68	20.666,56	21.121,22
4º mês	19.360,45	19.786,38	20.221,68	20.666,56	21.121,22
5º mês	19.360,45	19.786,38	20.221,68	20.666,56	21.121,22
6º mês	19.360,45	19.786,38	20.221,68	20.666,56	21.121,22
7º mês	19.360,45	19.786,38	20.221,68	20.666,56	21.121,22
8º mês	19.360,45	19.786,38	20.221,68	20.666,56	21.121,22
9º mês	19.360,45	19.786,38	20.221,68	20.666,56	21.121,22
10º mês	19.360,45	19.786,38	20.221,68	20.666,56	21.121,22
11º mês	19.360,45	19.786,38	20.221,68	20.666,56	21.121,22
12º mês	19.360,45	19.786,38	20.221,68	20.666,56	21.121,22
total	232.325,40	237.436,56	242.660,16	247.998,69	253.454,66
	total gasto do 1º ao 5º ano			1.213.875,47	

	<b>6º ano</b>	<b>7º ano</b>	<b>8º ano</b>	<b>9º ano</b>	<b>10º ano</b>
1º mês	21.585,89	22.060,78	22.546,12	23.042,13	23.549,06
2º mês	21.585,89	22.060,78	22.546,12	23.042,13	23.549,06
3º mês	21.585,89	22.060,78	22.546,12	23.042,13	23.549,06
4º mês	21.585,89	22.060,78	22.546,12	23.042,13	23.549,06
5º mês	21.585,89	22.060,78	22.546,12	23.042,13	23.549,06
6º mês	21.585,89	22.060,78	22.546,12	23.042,13	23.549,06
7º mês	21.585,89	22.060,78	22.546,12	23.042,13	23.549,06
8º mês	21.585,89	22.060,78	22.546,12	23.042,13	23.549,06
9º mês	21.585,89	22.060,78	22.546,12	23.042,13	23.549,06
10º mês	21.585,89	22.060,78	22.546,12	23.042,13	23.549,06
11º mês	21.585,89	22.060,78	22.546,12	23.042,13	23.549,06
12º mês	21.585,89	22.060,78	22.546,12	23.042,13	23.549,06
total	259.030,66	264.729,33	270.553,38	276.505,55	282.588,68
	total gasto 6º ao 10º ano			1.353.407,61	
	<b>11º ano</b>	<b>12º ano</b>	<b>13º ano</b>	<b>14º ano</b>	<b>15º ano</b>
1º mês	24.067,14	24.596,61	25.137,74	25.690,77	26.255,97
2º mês	24.067,14	24.596,61	25.137,74	25.690,77	26.255,97
3º mês	24.067,14	24.596,61	25.137,74	25.690,77	26.255,97
4º mês	24.067,14	24.596,61	25.137,74	25.690,77	26.255,97
5º mês	24.067,14	24.596,61	25.137,74	25.690,77	26.255,97
6º mês	24.067,14	24.596,61	25.137,74	25.690,77	26.255,97
7º mês	24.067,14	24.596,61	25.137,74	25.690,77	26.255,97
8º mês	24.067,14	24.596,61	25.137,74	25.690,77	26.255,97
9º mês	24.067,14	24.596,61	25.137,74	25.690,77	26.255,97
10º mês	24.067,14	24.596,61	25.137,74	25.690,77	26.255,97
11º mês	24.067,14	24.596,61	25.137,74	25.690,77	26.255,97
12º mês	24.067,14	24.596,61	25.137,74	25.690,77	26.255,97
total	288.805,63	295.159,35	301.652,86	308.289,22	315.071,58
	total 11º ao 15º ano			1.508.978,64	
	<b>16º ano</b>	<b>17º ano</b>	<b>18º ano</b>	<b>19º ano</b>	<b>20º ano</b>

1º mês	26.833,60	27.423,94	28.027,26	28.643,86	29.274,03
2º mês	26.833,60	27.423,94	28.027,26	28.643,86	29.274,03
3º mês	26.833,60	27.423,94	28.027,26	28.643,86	29.274,03
4º mês	26.833,60	27.423,94	28.027,26	28.643,86	29.274,03
5º mês	26.833,60	27.423,94	28.027,26	28.643,86	29.274,03
6º mês	26.833,60	27.423,94	28.027,26	28.643,86	29.274,03
7º mês	26.833,60	27.423,94	28.027,26	28.643,86	29.274,03
8º mês	26.833,60	27.423,94	28.027,26	28.643,86	29.274,03
9º mês	26.833,60	27.423,94	28.027,26	28.643,86	29.274,03
10º mês	26.833,60	27.423,94	28.027,26	28.643,86	29.274,03
11º mês	26.833,60	27.423,94	28.027,26	28.643,86	29.274,03
12º mês	26.833,60	27.423,94	28.027,26	28.643,86	29.274,03
total	322.003,16	329.087,23	336.327,15	343.726,34	351.288,32
	total gasto 16º ao 20º ano			1.682.432,20	
	<b>21º ano</b>	<b>22º ano</b>	<b>23º ano</b>	<b>24º ano</b>	<b>25º ano</b>
1º mês	29.918,06	30.576,25	31.248,93	31.936,41	32.639,01
2º mês	29.918,06	30.576,25	31.248,93	31.936,41	32.639,01
3º mês	29.918,06	30.576,25	31.248,93	31.936,41	32.639,01
4º mês	29.918,06	30.576,25	31.248,93	31.936,41	32.639,01
5º mês	29.918,06	30.576,25	31.248,93	31.936,41	32.639,01
6º mês	29.918,06	30.576,25	31.248,93	31.936,41	32.639,01
7º mês	29.918,06	30.576,25	31.248,93	31.936,41	32.639,01
8º mês	29.918,06	30.576,25	31.248,93	31.936,41	32.639,01
9º mês	29.918,06	30.576,25	31.248,93	31.936,41	32.639,01
10º mês	29.918,06	30.576,25	31.248,93	31.936,41	32.639,01
11º mês	29.918,06	30.576,25	31.248,93	31.936,41	32.639,01
12º mês	29.918,06	30.576,25	31.248,93	31.936,41	32.639,01
total	359.016,67	366.915,03	374.987,16	383.236,88	391.668,09
	total gasto do 21º ao 25º ano			1.875.823,84	
	total gasto durante 25 anos			7.634.517,74	

Tabela B.2: Gasto com tarifa de energia: grupo B

<b>Evolução do valor da tarifa de energia em 25 anos</b>					
tarifa	660,27			taxa	<b>2,20%</b>
	<b>1º ano</b>	<b>2º ano</b>	<b>3º ano</b>	<b>4º ano</b>	<b>5º ano</b>
1º mês	660,27	674,80	689,64	704,81	720,32
2º mês	660,27	674,80	689,64	704,81	720,32
3º mês	660,27	674,80	689,64	704,81	720,32
4º mês	660,27	674,80	689,64	704,81	720,32
5º mês	660,27	674,80	689,64	704,81	720,32
6º mês	660,27	674,80	689,64	704,81	720,32
7º mês	660,27	674,80	689,64	704,81	720,32
8º mês	660,27	674,80	689,64	704,81	720,32
9º mês	660,27	674,80	689,64	704,81	720,32
10º mês	660,27	674,80	689,64	704,81	720,32
11º mês	660,27	674,80	689,64	704,81	720,32
12º mês	660,27	674,80	689,64	704,81	720,32
total	7.923,24	8.097,55	8.275,70	8.457,76	8.643,83
	total gasto do 6º ao 10º ano			41.398,08	
	<b>6º ano</b>	<b>7º ano</b>	<b>8º ano</b>	<b>9º ano</b>	<b>10º ano</b>
1º mês	736,17	752,36	768,91	785,83	803,12
2º mês	736,17	752,36	768,91	785,83	803,12
3º mês	736,17	752,36	768,91	785,83	803,12
4º mês	736,17	752,36	768,91	785,83	803,12
5º mês	736,17	752,36	768,91	785,83	803,12
6º mês	736,17	752,36	768,91	785,83	803,12
7º mês	736,17	752,36	768,91	785,83	803,12
8º mês	736,17	752,36	768,91	785,83	803,12
9º mês	736,17	752,36	768,91	785,83	803,12
10º mês	736,17	752,36	768,91	785,83	803,12
11º mês	736,17	752,36	768,91	785,83	803,12

12 <sup>o</sup> mês	736,17	752,36	768,91	785,83	803,12
total	8.834,00	9.028,35	9.226,97	9.429,96	9.637,42
	total gasto do 6 <sup>o</sup> ao 10 <sup>o</sup> ano			46.156,70	
	<b>11<sup>o</sup> ano</b>	<b>12<sup>o</sup> ano</b>	<b>13<sup>o</sup> ano</b>	<b>14<sup>o</sup> ano</b>	<b>15<sup>o</sup> ano</b>
1 <sup>o</sup> mês	820,79	838,84	857,30	876,16	895,44
2 <sup>o</sup> mês	820,79	838,84	857,30	876,16	895,44
3 <sup>o</sup> mês	820,79	838,84	857,30	876,16	895,44
4 <sup>o</sup> mês	820,79	838,84	857,30	876,16	895,44
5 <sup>o</sup> mês	820,79	838,84	857,30	876,16	895,44
6 <sup>o</sup> mês	820,79	838,84	857,30	876,16	895,44
7 <sup>o</sup> mês	820,79	838,84	857,30	876,16	895,44
8 <sup>o</sup> mês	820,79	838,84	857,30	876,16	895,44
9 <sup>o</sup> mês	820,79	838,84	857,30	876,16	895,44
10 <sup>o</sup> mês	820,79	838,84	857,30	876,16	895,44
11 <sup>o</sup> mês	820,79	838,84	857,30	876,16	895,44
12 <sup>o</sup> mês	820,79	838,84	857,30	876,16	895,44
total	9.849,45	10.066,13	10.287,59	10.513,91	10.745,22
	total gasto do 6 <sup>o</sup> ao 10 <sup>o</sup> ano			51.462,30	
	<b>16<sup>o</sup> ano</b>	<b>17<sup>o</sup> ano</b>	<b>18<sup>o</sup> ano</b>	<b>19<sup>o</sup> ano</b>	<b>20<sup>o</sup> ano</b>
1 <sup>o</sup> mês	915,13	935,27	955,84	976,87	998,36
2 <sup>o</sup> mês	915,13	935,27	955,84	976,87	998,36
3 <sup>o</sup> mês	915,13	935,27	955,84	976,87	998,36
4 <sup>o</sup> mês	915,13	935,27	955,84	976,87	998,36
5 <sup>o</sup> mês	915,13	935,27	955,84	976,87	998,36
6 <sup>o</sup> mês	915,13	935,27	955,84	976,87	998,36
7 <sup>o</sup> mês	915,13	935,27	955,84	976,87	998,36
8 <sup>o</sup> mês	915,13	935,27	955,84	976,87	998,36
9 <sup>o</sup> mês	915,13	935,27	955,84	976,87	998,36
10 <sup>o</sup> mês	915,13	935,27	955,84	976,87	998,36
11 <sup>o</sup> mês	915,13	935,27	955,84	976,87	998,36
12 <sup>o</sup> mês	915,13	935,27	955,84	976,87	998,36

total	10.981,62	11.223,21	11.470,12	11.722,46	11.980,36
	total gasto do 11 <sup>o</sup> ao 20 <sup>o</sup> ano			57.377,77	
	<b>21<sup>o</sup> ano</b>	<b>22<sup>o</sup> ano</b>	<b>23<sup>o</sup> ano</b>	<b>24<sup>o</sup> ano</b>	<b>25<sup>o</sup> ano</b>
1 <sup>o</sup> mês	1.020,33	1.042,77	1.065,72	1.089,16	1.113,12
2 <sup>o</sup> mês	1.020,33	1.042,77	1.065,72	1.089,16	1.113,12
3 <sup>o</sup> mês	1.020,33	1.042,77	1.065,72	1.089,16	1.113,12
4 <sup>o</sup> mês	1.020,33	1.042,77	1.065,72	1.089,16	1.113,12
5 <sup>o</sup> mês	1.020,33	1.042,77	1.065,72	1.089,16	1.113,12
6 <sup>o</sup> mês	1.020,33	1.042,77	1.065,72	1.089,16	1.113,12
7 <sup>o</sup> mês	1.020,33	1.042,77	1.065,72	1.089,16	1.113,12
8 <sup>o</sup> mês	1.020,33	1.042,77	1.065,72	1.089,16	1.113,12
9 <sup>o</sup> mês	1.020,33	1.042,77	1.065,72	1.089,16	1.113,12
10 <sup>o</sup> mês	1.020,33	1.042,77	1.065,72	1.089,16	1.113,12
11 <sup>o</sup> mês	1.020,33	1.042,77	1.065,72	1.089,16	1.113,12
12 <sup>o</sup> mês	1.020,33	1.042,77	1.065,72	1.089,16	1.113,12
total	12.243,93	12.513,29	12.788,59	13.069,93	13.357,47
	total gasto do 21 <sup>o</sup> ao 25 <sup>o</sup> ano			63.973,21	
	total gasto durante os 25 anos			260.368,07	

## B.2 Custo de disponibilidade e contrato de demanda

Nesta seção encontram-se algumas tabelas geradas com a finalidade de se observar a evolução dos valores gastos com as tarifas de disponibilidade (grupo B), e com o aumento da demanda contratada (grupo A), considerando-se um reajuste anual fixo no período de 25 anos.

Tabela B.3: Gasto com a disponibilidade: grupo B

<b>Evolução do custo de disponibilidade</b>					
tarifa	R\$ 46,43			taxa	<b>2,20%</b>
	<b>1<sup>o</sup> ano</b>	<b>2<sup>o</sup> ano</b>	<b>3<sup>o</sup> ano</b>	<b>4<sup>o</sup> ano</b>	<b>5<sup>o</sup> ano</b>
1 <sup>o</sup> mês	46,43	47,45	48,50	49,56	50,65

2 <sup>o</sup> mês	46,43	47,45	48,50	49,56	50,65
3 <sup>o</sup> mês	46,43	47,45	48,50	49,56	50,65
4 <sup>o</sup> mês	46,43	47,45	48,50	49,56	50,65
5 <sup>o</sup> mês	46,43	47,45	48,50	49,56	50,65
6 <sup>o</sup> mês	46,43	47,45	48,50	49,56	50,65
7 <sup>o</sup> mês	46,43	47,45	48,50	49,56	50,65
8 <sup>o</sup> mês	46,43	47,45	48,50	49,56	50,65
9 <sup>o</sup> mês	46,43	47,45	48,50	49,56	50,65
10 <sup>o</sup> mês	46,43	47,45	48,50	49,56	50,65
11 <sup>o</sup> mês	46,43	47,45	48,50	49,56	50,65
12 <sup>o</sup> mês	46,43	47,45	48,50	49,56	50,65
total	557,16	569,42	581,94	594,75	607,83
	total gasto do 1 <sup>o</sup> ao 5 <sup>o</sup> ano			2.911,10	
	<b>6<sup>o</sup> ano</b>	<b>7<sup>o</sup> ano</b>	<b>8<sup>o</sup> ano</b>	<b>9<sup>o</sup> ano</b>	<b>10<sup>o</sup> ano</b>
1 <sup>o</sup> mês	51,77	52,91	54,07	55,26	56,48
2 <sup>o</sup> mês	51,77	52,91	54,07	55,26	56,48
3 <sup>o</sup> mês	51,77	52,91	54,07	55,26	56,48
4 <sup>o</sup> mês	51,77	52,91	54,07	55,26	56,48
5 <sup>o</sup> mês	51,77	52,91	54,07	55,26	56,48
6 <sup>o</sup> mês	51,77	52,91	54,07	55,26	56,48
7 <sup>o</sup> mês	51,77	52,91	54,07	55,26	56,48
8 <sup>o</sup> mês	51,77	52,91	54,07	55,26	56,48
9 <sup>o</sup> mês	51,77	52,91	54,07	55,26	56,48
10 <sup>o</sup> mês	51,77	52,91	54,07	55,26	56,48
11 <sup>o</sup> mês	51,77	52,91	54,07	55,26	56,48
12 <sup>o</sup> mês	51,77	52,91	54,07	55,26	56,48
total	621,20	634,87	648,84	663,11	677,70
	total gasto do 6 <sup>o</sup> ao 10 <sup>o</sup> ano			3.245,73	
	<b>11<sup>o</sup> ano</b>	<b>12<sup>o</sup> ano</b>	<b>13<sup>o</sup> ano</b>	<b>14<sup>o</sup> ano</b>	<b>15<sup>o</sup> ano</b>
1 <sup>o</sup> mês	57,72	58,99	60,29	61,61	62,97
2 <sup>o</sup> mês	57,72	58,99	60,29	61,61	62,97

3 <sup>o</sup> mês	57,72	58,99	60,29	61,61	62,97
4 <sup>o</sup> mês	57,72	58,99	60,29	61,61	62,97
5 <sup>o</sup> mês	57,72	58,99	60,29	61,61	62,97
6 <sup>o</sup> mês	57,72	58,99	60,29	61,61	62,97
7 <sup>o</sup> mês	57,72	58,99	60,29	61,61	62,97
8 <sup>o</sup> mês	57,72	58,99	60,29	61,61	62,97
9 <sup>o</sup> mês	57,72	58,99	60,29	61,61	62,97
10 <sup>o</sup> mês	57,72	58,99	60,29	61,61	62,97
11 <sup>o</sup> mês	57,72	58,99	60,29	61,61	62,97
12 <sup>o</sup> mês	57,72	58,99	60,29	61,61	62,97
total	692,61	707,85	723,42	739,34	755,60
	total gastoo do 11 <sup>o</sup> ao 15 <sup>o</sup> ano			3.618,81	
	<b>16<sup>o</sup> ano</b>	<b>17<sup>o</sup> ano</b>	<b>18<sup>o</sup> ano</b>	<b>19<sup>o</sup> ano</b>	<b>20<sup>o</sup> ano</b>
1 <sup>o</sup> mês	64,35	65,77	67,21	68,69	70,20
2 <sup>o</sup> mês	64,35	65,77	67,21	68,69	70,20
3 <sup>o</sup> mês	64,35	65,77	67,21	68,69	70,20
4 <sup>o</sup> mês	64,35	65,77	67,21	68,69	70,20
5 <sup>o</sup> mês	64,35	65,77	67,21	68,69	70,20
6 <sup>o</sup> mês	64,35	65,77	67,21	68,69	70,20
7 <sup>o</sup> mês	64,35	65,77	67,21	68,69	70,20
8 <sup>o</sup> mês	64,35	65,77	67,21	68,69	70,20
9 <sup>o</sup> mês	64,35	65,77	67,21	68,69	70,20
10 <sup>o</sup> mês	64,35	65,77	67,21	68,69	70,20
11 <sup>o</sup> mês	64,35	65,77	67,21	68,69	70,20
12 <sup>o</sup> mês	64,35	65,77	67,21	68,69	70,20
total	772,22	789,21	806,58	824,32	842,46
	total gasto do 16 <sup>o</sup> ao 20 <sup>o</sup> ano			4.034,79	
	<b>21<sup>o</sup> ano</b>	<b>22<sup>o</sup> ano</b>	<b>23<sup>o</sup> ano</b>	<b>24<sup>o</sup> ano</b>	<b>25<sup>o</sup> ano</b>
1 <sup>o</sup> mês	71,75	73,33	74,94	76,59	78,27
2 <sup>o</sup> ano	71,75	73,33	74,94	76,59	78,27
3 <sup>o</sup> ano	71,75	73,33	74,94	76,59	78,27

4 <sup>o</sup> ano	71,75	73,33	74,94	76,59	78,27
5 <sup>o</sup> ano	71,75	73,33	74,94	76,59	78,27
6 <sup>o</sup> ano	71,75	73,33	74,94	76,59	78,27
7 <sup>o</sup> ano	71,75	73,33	74,94	76,59	78,27
8 <sup>o</sup> ano	71,75	73,33	74,94	76,59	78,27
9 <sup>o</sup> ano	71,75	73,33	74,94	76,59	78,27
10 <sup>o</sup> ano	71,75	73,33	74,94	76,59	78,27
11 <sup>o</sup> ano	71,75	73,33	74,94	76,59	78,27
12 <sup>o</sup> ano	71,75	73,33	74,94	76,59	78,27
total	860,99	879,93	899,29	919,07	939,29
	total gasto do 21 <sup>o</sup> ao 25 <sup>o</sup> ano			4.498,58	
total gasto durante 25 anos				<b>18.309,01</b>	

Tabela B.4: Gasto com acréscimo de demanda: grupo A

tarifa	R\$ 1.899,47			taxa	<b>2,20%</b>
	<b>1<sup>o</sup> ano</b>	<b>2<sup>o</sup> ano</b>	<b>3<sup>o</sup> ano</b>	<b>4<sup>o</sup> ano</b>	<b>5<sup>o</sup> ano</b>
1 <sup>o</sup> mês	R\$ 1.899,47	R\$ 1.941,26	R\$ 1.983,97	R\$ 2.027,61	R\$ 2.072,22
2 <sup>o</sup> mês	R\$ 1.899,47	R\$ 1.941,26	R\$ 1.983,97	R\$ 2.027,61	R\$ 2.072,22
3 <sup>o</sup> mês	R\$ 1.899,47	R\$ 1.941,26	R\$ 1.983,97	R\$ 2.027,61	R\$ 2.072,22
4 <sup>o</sup> mês	R\$ 1.899,47	R\$ 1.941,26	R\$ 1.983,97	R\$ 2.027,61	R\$ 2.072,22
5 <sup>o</sup> mês	R\$ 1.899,47	R\$ 1.941,26	R\$ 1.983,97	R\$ 2.027,61	R\$ 2.072,22
6 <sup>o</sup> mês	R\$ 1.899,47	R\$ 1.941,26	R\$ 1.983,97	R\$ 2.027,61	R\$ 2.072,22
7 <sup>o</sup> mês	R\$ 1.899,47	R\$ 1.941,26	R\$ 1.983,97	R\$ 2.027,61	R\$ 2.072,22
8 <sup>o</sup> mês	R\$ 1.899,47	R\$ 1.941,26	R\$ 1.983,97	R\$ 2.027,61	R\$ 2.072,22
9 <sup>o</sup> mês	R\$ 1.899,47	R\$ 1.941,26	R\$ 1.983,97	R\$ 2.027,61	R\$ 2.072,22
10 <sup>o</sup> mês	R\$ 1.899,47	R\$ 1.941,26	R\$ 1.983,97	R\$ 2.027,61	R\$ 2.072,22
11 <sup>o</sup> mês	R\$ 1.899,47	R\$ 1.941,26	R\$ 1.983,97	R\$ 2.027,61	R\$ 2.072,22
12 <sup>o</sup> mês	R\$ 1.899,47	R\$ 1.941,26	R\$ 1.983,97	R\$ 2.027,61	R\$ 2.072,22
total	R\$ 22.793,64	R\$ 23.295,10	R\$ 23.807,59	R\$ 24.331,36	R\$ 24.866,65
	total gasto do 1 <sup>o</sup> ao 5 <sup>o</sup> ANO			R\$ 119.094,34	

	<b>6º ano</b>	<b>7º ano</b>	<b>8º ano</b>	<b>9º ano</b>	<b>10º ano</b>
1º mês	R\$ 2.117,81	R\$ 2.164,40	R\$ 2.212,02	R\$ 2.260,68	R\$ 2.310,42
2º mês	R\$ 2.117,81	R\$ 2.164,40	R\$ 2.212,02	R\$ 2.260,68	R\$ 2.310,42
3º mês	R\$ 2.117,81	R\$ 2.164,40	R\$ 2.212,02	R\$ 2.260,68	R\$ 2.310,42
4º mês	R\$ 2.117,81	R\$ 2.164,40	R\$ 2.212,02	R\$ 2.260,68	R\$ 2.310,42
5º mês	R\$ 2.117,81	R\$ 2.164,40	R\$ 2.212,02	R\$ 2.260,68	R\$ 2.310,42
6º mês	R\$ 2.117,81	R\$ 2.164,40	R\$ 2.212,02	R\$ 2.260,68	R\$ 2.310,42
7º mês	R\$ 2.117,81	R\$ 2.164,40	R\$ 2.212,02	R\$ 2.260,68	R\$ 2.310,42
8º mês	R\$ 2.117,81	R\$ 2.164,40	R\$ 2.212,02	R\$ 2.260,68	R\$ 2.310,42
9º mês	R\$ 2.117,81	R\$ 2.164,40	R\$ 2.212,02	R\$ 2.260,68	R\$ 2.310,42
10º mês	R\$ 2.117,81	R\$ 2.164,40	R\$ 2.212,02	R\$ 2.260,68	R\$ 2.310,42
11º mês	R\$ 2.117,81	R\$ 2.164,40	R\$ 2.212,02	R\$ 2.260,68	R\$ 2.310,42
12º mês	R\$ 2.117,81	R\$ 2.164,40	R\$ 2.212,02	R\$ 2.260,68	R\$ 2.310,42
total	R\$ 25.413,72	R\$ 25.972,82	R\$ 26.544,22	R\$ 27.128,19	R\$ 27.725,01
	total gasto do 6º ano 10º ano			R\$ 132.783,96	
	<b>11º ano</b>	<b>12º ano</b>	<b>13º ano</b>	<b>14º ano</b>	<b>15º ano</b>
1º mês	R\$ 2.361,25	R\$ 2.413,19	R\$ 2.466,28	R\$ 2.520,54	R\$ 2.575,99
2º mês	R\$ 2.361,25	R\$ 2.413,19	R\$ 2.466,28	R\$ 2.520,54	R\$ 2.575,99
3º mês	R\$ 2.361,25	R\$ 2.413,19	R\$ 2.466,28	R\$ 2.520,54	R\$ 2.575,99
4º mês	R\$ 2.361,25	R\$ 2.413,19	R\$ 2.466,28	R\$ 2.520,54	R\$ 2.575,99
5º mês	R\$ 2.361,25	R\$ 2.413,19	R\$ 2.466,28	R\$ 2.520,54	R\$ 2.575,99
6º mês	R\$ 2.361,25	R\$ 2.413,19	R\$ 2.466,28	R\$ 2.520,54	R\$ 2.575,99
7º mês	R\$ 2.361,25	R\$ 2.413,19	R\$ 2.466,28	R\$ 2.520,54	R\$ 2.575,99
8º mês	R\$ 2.361,25	R\$ 2.413,19	R\$ 2.466,28	R\$ 2.520,54	R\$ 2.575,99
9º mês	R\$ 2.361,25	R\$ 2.413,19	R\$ 2.466,28	R\$ 2.520,54	R\$ 2.575,99
10º mês	R\$ 2.361,25	R\$ 2.413,19	R\$ 2.466,28	R\$ 2.520,54	R\$ 2.575,99
11º mês	R\$ 2.361,25	R\$ 2.413,19	R\$ 2.466,28	R\$ 2.520,54	R\$ 2.575,99
12º mês	R\$ 2.361,25	R\$ 2.413,19	R\$ 2.466,28	R\$ 2.520,54	R\$ 2.575,99
total	R\$ 28.334,96	R\$ 28.958,33	R\$ 29.595,42	R\$ 30.246,51	R\$ 30.911,94
	total gasto do 11º ao 15º ano			R\$ 148.047,16	
	<b>16º ano</b>	<b>17º ano</b>	<b>18º ano</b>	<b>19º ano</b>	<b>20º ano</b>

1º mês	R\$ 2.632,67	R\$ 2.690,59	R\$ 2.749,78	R\$ 2.810,27	R\$ 2.872,10
2º mês	R\$ 2.632,67	R\$ 2.690,59	R\$ 2.749,78	R\$ 2.810,27	R\$ 2.872,10
3º mês	R\$ 2.632,67	R\$ 2.690,59	R\$ 2.749,78	R\$ 2.810,27	R\$ 2.872,10
4º mês	R\$ 2.632,67	R\$ 2.690,59	R\$ 2.749,78	R\$ 2.810,27	R\$ 2.872,10
5º mês	R\$ 2.632,67	R\$ 2.690,59	R\$ 2.749,78	R\$ 2.810,27	R\$ 2.872,10
6º mês	R\$ 2.632,67	R\$ 2.690,59	R\$ 2.749,78	R\$ 2.810,27	R\$ 2.872,10
7º mês	R\$ 2.632,67	R\$ 2.690,59	R\$ 2.749,78	R\$ 2.810,27	R\$ 2.872,10
8º mês	R\$ 2.632,67	R\$ 2.690,59	R\$ 2.749,78	R\$ 2.810,27	R\$ 2.872,10
9º mês	R\$ 2.632,67	R\$ 2.690,59	R\$ 2.749,78	R\$ 2.810,27	R\$ 2.872,10
10º mês	R\$ 2.632,67	R\$ 2.690,59	R\$ 2.749,78	R\$ 2.810,27	R\$ 2.872,10
11º mês	R\$ 2.632,67	R\$ 2.690,59	R\$ 2.749,78	R\$ 2.810,27	R\$ 2.872,10
12º mês	R\$ 2.632,67	R\$ 2.690,59	R\$ 2.749,78	R\$ 2.810,27	R\$ 2.872,10
total	R\$ 31.592,00	R\$ 32.287,02	R\$ 32.997,34	R\$ 33.723,28	R\$ 34.465,19
	total gasto do 16º ao 20º ano			R\$ 165.064,84	
	<b>21º ano</b>	<b>22º ano</b>	<b>23º ano</b>	<b>24º ano</b>	<b>25º ano</b>
1º mês	R\$ 2.935,29	R\$ 2.999,86	R\$ 3.065,86	R\$ 3.133,31	R\$ 3.202,24
2º mês	R\$ 2.935,29	R\$ 2.999,86	R\$ 3.065,86	R\$ 3.133,31	R\$ 3.202,24
3º mês	R\$ 2.935,29	R\$ 2.999,86	R\$ 3.065,86	R\$ 3.133,31	R\$ 3.202,24
4º mês	R\$ 2.935,29	R\$ 2.999,86	R\$ 3.065,86	R\$ 3.133,31	R\$ 3.202,24
5º mês	R\$ 2.935,29	R\$ 2.999,86	R\$ 3.065,86	R\$ 3.133,31	R\$ 3.202,24
6º mês	R\$ 2.935,29	R\$ 2.999,86	R\$ 3.065,86	R\$ 3.133,31	R\$ 3.202,24
7º mês	R\$ 2.935,29	R\$ 2.999,86	R\$ 3.065,86	R\$ 3.133,31	R\$ 3.202,24
8º mês	R\$ 2.935,29	R\$ 2.999,86	R\$ 3.065,86	R\$ 3.133,31	R\$ 3.202,24
9º mês	R\$ 2.935,29	R\$ 2.999,86	R\$ 3.065,86	R\$ 3.133,31	R\$ 3.202,24
10º mês	R\$ 2.935,29	R\$ 2.999,86	R\$ 3.065,86	R\$ 3.133,31	R\$ 3.202,24
11º mês	R\$ 2.935,29	R\$ 2.999,86	R\$ 3.065,86	R\$ 3.133,31	R\$ 3.202,24
12º mês	R\$ 2.935,29	R\$ 2.999,86	R\$ 3.065,86	R\$ 3.133,31	R\$ 3.202,24
total	R\$ 35.223,43	R\$ 35.998,34	R\$ 36.790,31	R\$ 37.599,69	R\$ 38.426,89
	total gasto do 21º ao 25º ano			R\$ 184.038,65	
	total gasto durante os 25 anos			R\$ 749.028,94	