

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ENERGIA NA
AGRICULTURA - PPGEA**

MARIO ELIAS CARVALHO DO NASCIMENTO

**AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À
REDE PARA EMPREENDIMENTOS DO AGRONEGÓCIO**

**CASCVEL
PARANÁ-BRASIL
2019**

MARIO ELIAS CARVALHO DO NASCIMENTO

**AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À
REDE PARA EMPREENDIMENTOS DO AGRONEGÓCIO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura, para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Dr. Jair Antonio Siqueira da Cruz

Coorientador: Dr. Carlos Eduardo Camargo Nogueira

CASCADEL
PARANÁ-BRASIL

2019

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Carvalho do Nascimento, Mario Elias
Avaliação Econômica de Sistemas Fotovoltaicos Conectados
à
Rede Para Empreendimentos do Agronegócio / Mario Elias
Carvalho do Nascimento; orientador(a), Jair Antonio Cruz
Siqueira; coorientador(a), Carlos Eduardo Camargo Nogueira,
2019.
105 f.

Dissertação (mestrado), Universidade Estadual do Oeste
do Paraná, Campus de Cascavel, Centro de Ciências Exatas e
Tecnológicas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de
Energia na Agricultura, 2019.

1. Ferramentas Econômicas. 2. Agronegócio. 3. Sistemas
Fotovoltaicos. 4. Grid-tie. I. Cruz Siqueira, Jair
Antonio. II. Camargo Nogueira, Carlos Eduardo. III.
Título.

MARIO ELIAS CARVALHO DO NASCIMENTO

Avaliação econômica de sistemas fotovoltaicos conectados à rede para empreendimentos do agronegócio

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Energia na Agricultura, área de concentração Agroenergia, linha de pesquisa Fontes Renováveis e Racionalização de Energia Na Agroindústria e Agricultura, APROVADO(A) pela seguinte banca examinadora:



Orientador(a) - Jair Antonio Cruz Siqueira

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)



Maritane Prior

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)



Maurício Guy de Andrade

Universidade Federal do Paraná - Setor Palotina (UFPR)

Cascavel, 1 de março de 2019

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Providência Divina, por tudo que conquistei até hoje.

Agradeço, em especial, a minha mãe, Lucy Pinheiro de Carvalho, por todo suporte necessário ao meu desenvolvimento moral e intelectual; e a minha esposa, Debora Cristina de Matos, pela dedicação, pelo companheirismo e pela compreensão.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Jair Antonio Siqueira da Cruz, pelo conhecimento ensinado e pela amizade, e ao meu coorientador, Prof. Dr. Carlos Eduardo Camargo Nogueira, pela ajuda e pelos ensinamentos.

Agradeço à Universidade Estadual do Oeste do Paraná e aos seus funcionários, que permitiram o melhor desenvolvimento do meu trabalho, e ao Centro Universitário FAG, pelas oportunidades de aprendizado e de ensino.

NASCIMENTO, M. E. C. **Avaliação econômica de sistemas fotovoltaicos conectados à rede para empreendimentos do agronegócio**. 2019. 104f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel-PR, 2019.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo um estudo de análise comparativa entre o *paybacks* simples e descontado, que foram calculados utilizando o dimensionamento dos sistemas fotovoltaicos estudados. Desenvolveu-se o trabalho com dados de três empreendimentos de armazenagem de grãos (pequeno, médio e grande porte) e um complexo com três aviários – ramos diferentes do agronegócio na Região Oeste do Estado do Paraná. Foram coletados junto às empresas dados do custo de consumo de energia elétrica mensal e da produção mensal. Com os dados coletados e os dados de radiação solar global no local dos empreendimentos, foram dimensionados sistemas fotovoltaicos para atender a demanda e determinou-se os custos atrelados aos sistemas fotovoltaicos, onde se considerou os custos com módulos, inversores, suporte para solo, cabeamento, manutenção e troca dos inversores após 10 e 20 anos, e se desconsiderou os projetos de engenharia civil. Com os dados dos custos de energia, produção e dos sistemas fotovoltaicos, foram calculados os *paybacks* simples e descontados, VPL, TIR TIRM e índices que relacionam o custo da energia elétrica e custo do sistema fotovoltaico para cada empreendimento. Os *paybacks* simples e descontado do complexo aviário foram de 8 e 13 anos, respectivamente; nas empresas de armazenamento de grãos de pequeno porte: 7 e 11 anos, de médio porte: 7 e 9 anos, e de grande porte: 6 e 7 anos. Concluiu-se também com este trabalho que todos os projetos de sistemas fotovoltaicos foram viáveis economicamente, pois apresentaram um *payback* simples e um *payback* descontado muito inferior a vida útil do projeto. Este trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

PALAVRAS-CHAVE: Ferramentas econômicas; agronegócio; sistema conectado à rede.

NASCIMENTO, M. E. C. **Economic evaluation of grid-connected photovoltaic systems for agribusiness ventures**. 2019. 104p. Dissertation (Master's Degree in Energy Engineering in Agriculture) - Western Paraná State University, Cascavel-PR, 2019.

ABSTRACT

This investigation had as objective a comparative analysis study between the simple and discounted paybacks, which were calculated using the sizing of the studied photovoltaic systems. The work was carried out with data from three grain storage enterprises (small, medium and large) and a complex with three different aviaries of agribusiness in the western region of the state of Paraná, in Brazil. Data was collected from companies on the cost of monthly electricity consumption and monthly output. With the collected data and the global solar radiation data from the enterprises' location, photovoltaic systems were designed to meet the demand, and the costs related to photovoltaic systems were determined, considering the costs of modules, inverters, ground support, cabling, maintenance, and inverters substitution after 10 and 20 years. Civil engineering projects were disregarded. With data on energy, production and photovoltaic systems, the simple and discounted paybacks, NPV, TIR and TIRM were calculated and the indices relating electric energy costs and the photovoltaic system costs for each enterprise were calculated. The simple and discounted paybacks of the aviary complex were of 8 and 13 years respectively; in the small grain storage companies: 7 and 11 years, medium-sized: 7 and 9 years, and large-sized: 6 and 7 years. It was also concluded with this work that all projects of photovoltaic systems were economically viable, since they presented a simple payback and a discounted payback much lower than the useful life of the project. This work was carried out with the support of the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES) - Financing Code 001.

KEYWORD: Economic tools; agribusiness; grid-tie system.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma de classificação de energia segundo sua fonte	14
Figura 2 - Comparativo da energia primaria no mundo segundo sua fonte	15
Figura 3 - Tipos de energia renováveis e não renováveis como fonte primária de energia	16
Figura 4 - Matriz energética brasileira e a matriz energética do mundo	16
Figura 5 - OIE - Oferta interna de energia do Brasil	17
Figura 6 - Irradiância solar e suas componentes	18
Figura 7 - Irradiância solar global anual e diária	19
Figura 8 - Acumulado dos sistemas fotovoltaicos instalados no ano de 2016	20
Figura 9 - Células de silício monocristalinas (mono-Si) (letra a) e células de silício policristalino (poli-Si) (letra b)	22
Figura 10 - Representação do sistema off-grid	23
Figura 11 - Sistema conectado à rede ou grid-tie	24
Figura 12 - Comparação do crescimento na geração de energia elétrica: países membros da OECD e os países não membros	25
Figura 13 - Potência Instalada nos setores consumidores de energia elétrica	31
Figura 14 - Potência instalada por estado da federação	32
Figura 15 - Irradiância global horizontal no Brasil	33
Figura 16 - Tendência de crescimento de sistemas fotovoltaicos e potência instalada nos anos de 2012 a 2018 no Brasil	36
Figura 17 - Geração distribuída com fonte fotovoltaica e o setor de consumo para o estado do Paraná	37
Figura 18 - Tendência de crescimento de sistemas fotovoltaicos e potência instalada nos anos de 2012 a 2018 no estado do Paraná	38
Figura 19 - Municípios da mesorregião do oeste paranaense com sistemas UFV em unidades consumidoras classificadas como rural e suas potências instaladas	39
Figura 20 - Mapa do estado do Paraná	45
Figura 21 - Imagem de satélite complexo de aviários	47
Figura 22 - Imagem de satélite armazenagem 1	47
Figura 23 - Imagem de satélite armazenagem 2	49
Figura 24 - Imagem de satélite armazenagem 3	50
Figura 25 - Estrutura de fixação em solo	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Participação dos tipos de fontes de energia renováveis dentro da OIE 2015/2016	21
Tabela 2 - Comparação entre os tipos de fontes geradoras e suas potências instaladas na geração distribuída.....	30
Tabela 3 - Comparação entre a fonte da geração distribuída e o setor de consumo no estado do Paraná.....	33
Tabela 4 - Comparação entre as fontes renováveis e não renováveis na matriz elétrica brasileira	34
Tabela 5 - Comparação entre a energia elétrica gerada e consumida por fonte no ano de 2016	35
Tabela 6 - <i>Rank</i> dos Maiores Estados com Geração Distribuída com Fonte Fotovoltaica.....	37
Tabela 7 - Comparação entre os tipos de fontes de energia e os setores consumidores.....	41
Tabela 8 - Caracterização do consumo de energia elétrica do complexo de três aviários.....	46
Tabela 9 - Caracterização do consumo da energia elétrica do empreendimento de armazenagem de grãos pequeno porte.	48
Tabela 10 - Caracterização do consumo da energia elétrica do empreendimento de armazenagem de grãos de médio porte.....	49
Tabela 11 - Caracterização do consumo da energia elétrica do empreendimento de armazenagem de grãos de grande porte.	50
Tabela 12 - Módulos fotovoltaicos valores de mercado	57
Tabela 13 - Número máximo de módulos fotovoltaicos por inversor.....	61
Tabela 14 - Cálculo do número de módulos em série por entrada MPPT e número de <i>strings</i> em paralelo.....	62
Tabela 15 - <i>Design</i> das <i>strings</i> do sistema fotovoltaico.....	62
Tabela 16 - Custo do sistema fotovoltaico dimensionado do complexo de três aviários com potência de 96,38 kW.....	63
Tabela 17 - <i>Payback</i> simples e <i>payback</i> descontado do sistema fotovoltaico do complexo de três aviários.....	64
Tabela 18 - Custo do sistema fotovoltaico dimensionado do empreendimento de armazenagem de grãos de pequeno porte com potência de 29,58 kW.	66
Tabela 19 - <i>Payback</i> simples e <i>payback</i> descontado do sistema fotovoltaico do empreendimento de armazenagem de grãos de pequeno porte.....	67
Tabela 20 - Custo do sistema fotovoltaico dimensionado do empreendimento de armazenagem de grãos de médio porte com potência de 105,25 kW. ..	68
Tabela 21 - <i>Payback</i> simples e <i>payback</i> descontado do sistema fotovoltaico do empreendimento de armazenagem de grãos de médio porte.....	69
Tabela 23 - Custo do sistema fotovoltaico dimensionado do empreendimento de armazenagem de grãos de grande porte com potência de 401,11 kW. ..	71
Tabela 23 - <i>Payback</i> simples e <i>payback</i> descontado do sistema fotovoltaico do empreendimento de armazenagem de grãos de grande porte.....	72

LISTA DE ABREVIATURAS

ACL	Ambiente de Contratação Livre
ACR	Ambiente de Contratação Regulado
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BEN	Balanço Energético Nacional
CC	Corrente Contínua
CA	Corrente Alternada
CGH	Central Geradora Hidráulica
EPE	Empresa de Pesquisa em Energia
EOL	Geração Eólica
IEO	<i>Internacional Energy Outlook</i>
MPPT	<i>Maximum Power Point Tracking</i>
OECD	<i>Organization for Economic Cooperation and Development</i>
OIE	Oferta Interna de Energia
RCB	Relação Custo-Benefício
TIR	Taxa Interna de Retorno
TIRM	Taxa Interna de Retorno Modificada
UC	Unidade Consumidora
UFV	Central Geradora Fotovoltaica
USDA	<i>United States Department of Agriculture</i>
USEIA	<i>United States Energy Information Administration</i>
UTE	Central Geradora Termoelétrica
VPL	Valor Presente Líquido

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	OBJETIVO.....	12
1.1.1	Objetivo Geral.....	12
1.1.2	Objetivos Específicos	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
2.1	ENERGIAS RENOVÁVEIS.....	14
2.1.1	Energia Solar.....	17
2.1.1.1	<i>Energia Solar Fotovoltaica.....</i>	19
2.1.1.2.1	Sistemas Não Conectados à Rede (Off-grid)	22
2.1.1.2.2	Sistemas Conectados à Rede (Grid-tie)	23
2.2	ENERGIA ELÉTRICA.....	24
2.2.1	Mercado e Legislação	26
2.2.1.1	<i>Ambiente de Contratação Regulado e Ambiente de Contratação Livre</i>	26
2.2.2	Tipos de Consumidores.....	27
2.2.3	Tarifação.....	27
2.2.4	Micro e Minigeração	28
2.2.5	Geração Distribuída no Brasil.....	29
2.2.6	Energia Solar Fotovoltaica na Geração Distribuída no Brasil	33
2.2.6.1	<i>Energia Solar Fotovoltaica na Geração Distribuída do Estado do Paraná .</i>	36
2.3	AGRONEGÓCIO E O CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL	39
2.4	FERRAMENTAS PARA A VIABILIDADE ECONÔMICA	42
3	MATERIAL E MÉTODOS	45
3.1	MATERIAL.....	45
3.1.1	Localização do Experimento.....	45
3.1.1.1	<i>Complexo de Aviários.....</i>	45
3.1.1.2	<i>Armazenagem de grãos pequeno porte</i>	47
3.1.1.3	<i>Armazenagem de grãos de médio porte</i>	48
3.1.1.3	<i>Armazenagem de grãos de grande porte</i>	49
3.2	MÉTODOS	51

3.2.1	Dimensionamento do Sistema Fotovoltaico para o Complexo de Três Aviários.....	54
3.2.2	Dimensionamento dos Sistemas Fotovoltaicos para os Empreendimentos de Armazenagem de Grãos	58
3.2.2.1	<i>Dimensionamento dos Sistemas Fotovoltaicos para o Empreendimento de Armazenagem de Grãos de Pequeno Porte.....</i>	<i>58</i>
3.2.2.2	<i>Dimensionamento dos Sistemas Fotovoltaicos para o Empreendimento de Armazenagem de Grãos de Médio Porte</i>	<i>59</i>
3.2.2.3	<i>Dimensionamento dos Sistemas Fotovoltaicos para o Empreendimento de Armazenagem de Grãos de Grande Porte</i>	<i>60</i>
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	61
4.1	RESULTADOS DO DIMENSIONAMENTO DO COMPLEXO DE TRÊS AVIÁRIOS.....	61
4.2.	CUSTO TOTAL DO SISTEMA FOTOVOLTAICO E O ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DO COMPLEXO DE TRÊS AVIÁRIOS	62
4.3	RESULTADOS DO DIMENSIONAMENTO DA ARMAZENAGEM DE GRÃOS PEQUENO PORTE	65
4.4	CUSTO TOTAL DO SISTEMA FOTOVOLTAICO DIMENSIONADO E O ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA PARA O EMPREENDIMENTO DE ARMAZENAGEM DE GRÃOS DE PEQUENO PORTE.....	65
4.5	RESULTADOS DO DIMENSIONAMENTO DA ARMAZENAGEM DE GRÃOS DE MÉDIO PORTE.....	67
4.6	CUSTO TOTAL DO SISTEMA FOTOVOLTAICO DIMENSIONADO E O ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA PARA O EMPREENDIMENTO DE ARMAZENAGEM DE GRÃOS DE MÉDIO PORTE.....	68
4.7	RESULTADOS DO DIMENSIONAMENTO DA ARMAZENAGEM DE GRÃOS DE GRANDE PORTE	70
4.8	CUSTO TOTAL DO SISTEMA FOTOVOLTAICO DIMENSIONADO E O ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA PARA O EMPREENDIMENTO DE ARMAZENAGEM DE GRÃOS DE GRANDE PORTE	70
	CONCLUSÕES	74
	REFERÊNCIAS.....	76
	ANEXO A - COMPLEXO DE TRÊS AVIÁRIOS.....	83
	ANEXO B - ARMAZENAMENTO DE GRÃOS DE PEQUENO PORTE	84
	ANEXO C - ARMAZENAMENTO DE GRÃOS DE MÉDIO PORTE.....	91
	ANEXO D - ARMAZENAMENTO DE GRÃOS DE GRANDE PORTE.....	97

1 INTRODUÇÃO

Há, no mundo, uma busca emergente por energia limpa proveniente de fontes renováveis. O Brasil sempre foi um grande expoente na geração de energia por meio de fontes renováveis, em especial, de fontes hidráulicas. Devido à crise energética que vem assolando o país, a uma produção insuficiente e a demanda cada vez maior, o panorama foi se alterando e as fontes de energias renováveis foram perdendo espaço para as fontes não renováveis (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE, 2017a). Outro fator influenciador foi a crise energética pela qual o país vem passando (BERTIN, 2017), fator que impacta profundamente os setores econômicos, em especial, o setor industrial e, por consequência, o agroindustrial.

Na tentativa de resolver este cenário, políticas públicas foram adotadas e alguns incentivos foram criados com base na redução de impostos e na dinâmica da execução de projetos que envolvam energias renováveis para a geração de energia elétrica. Com essas medidas, houve crescimento da micro e minigeração, voltada para consumidores cativos, na modalidade de compensação de créditos (DALLEPIANE; SANTOS; RODRIGUES, 2014; NADIR; VILELA; PERES, 2016; VALE et al., 2017).

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) publicou, em 2012, a normativa 482, que introduziu a compensação de crédito para a geração de energia elétrica por meio de fontes renováveis e implementou o conceito de geração distribuída para mini e microgeração (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL, 2012).

No final de 2015, foi publicada a normativa 687, que é uma revisão da normativa 482, que simplificou a implementação de novos sistemas geradores de energia e aumentou o tempo e as formas de compensação de energia, tornando-se um grande atrativo a novos empreendimentos, principalmente àqueles que têm como fonte a energia solar (ANEEL, 2015).

Acredita-se que essa solução de geração de energia é viável em sua implementação por alguns motivos: a) a facilidade de implementação, pois os produtos para a geração de energia são todos modulares, facilitando, dessa forma, sua conexão (SAVAZZI; SOBRINHO, 2017), b) o mini e micro produtor rural ou empresário do ramo do agronegócio não dependeriam da rede de transmissão de energia elétrica e da logística das empresas de fornecimento de energia elétrica

(PRIESTER et al., 2017), c) o impacto ambiental será mínimo, por se tratar de uma fonte limpa e renovável, (LO; MAYUMI, 2017), d) o retorno financeiro do projeto é, em tese, de curto prazo, dependendo do tamanho da instalação (DE CASTRO et al., 2016), e e) existe o interesse governamental para implantações desse tipo, dando linhas de verba e tempo de amortização aceitáveis (GRIEBELER et al., 2016).

Quando se contrata uma empresa de venda e instalação de sistemas fotovoltaicos, o *payback* é calculado utilizando-se o custo da fatura do consumidor, levando, às vezes, a uma análise errada do verdadeiro tempo de retorno do investimento (FIALHO; GOMES, 2017).

Apresentou-se como hipótese que com o aumento da energia consumida pelos empreendimentos do agronegócio haveria um aumento no custo do sistema fotovoltaico e, conseqüentemente, uma diminuição no *payback* simples e descontados dos sistemas. Outra hipótese é que os empreendimentos pertencentes a grupos de consumos diferentes, A e B, teriam *paybacks* diferentes.

Comparou-se empresas de dois ramos diferentes do agronegócio: aviários e empresas de armazenamento de grãos – grupos consumidores diferentes –, objetivando-se o estudo da viabilidade técnica e econômica das implantações de sistemas fotovoltaicos conectados à rede de distribuição de energia elétrica.

Tendo em vista o crescimento no consumo de energia elétrica no setor do agronegócio e as facilidades para implementação de novas mini e microgerações de energia elétrica, este trabalho se propôs a fazer um estudo do dimensionamento de sistemas fotovoltaicos para a geração de energia elétrica, tendo empresas do agronegócio como casos estudados.

1.1 OBJETIVO

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral do trabalho foi o estudo da viabilidade econômica de sistemas fotovoltaicos para diferentes empreendimentos do agronegócio. Para tanto, utilizou-se o *payback* simples e descontado, o VPL, a TIR, e, para uma comparação mais adequada, foram desenvolvidos índices que referenciavam os

custos da energia elétrica, os custos da criação de aves e do armazenamento de grãos e os custos dos sistemas fotovoltaicos conectados à rede.

1.1.2 Objetivos Específicos

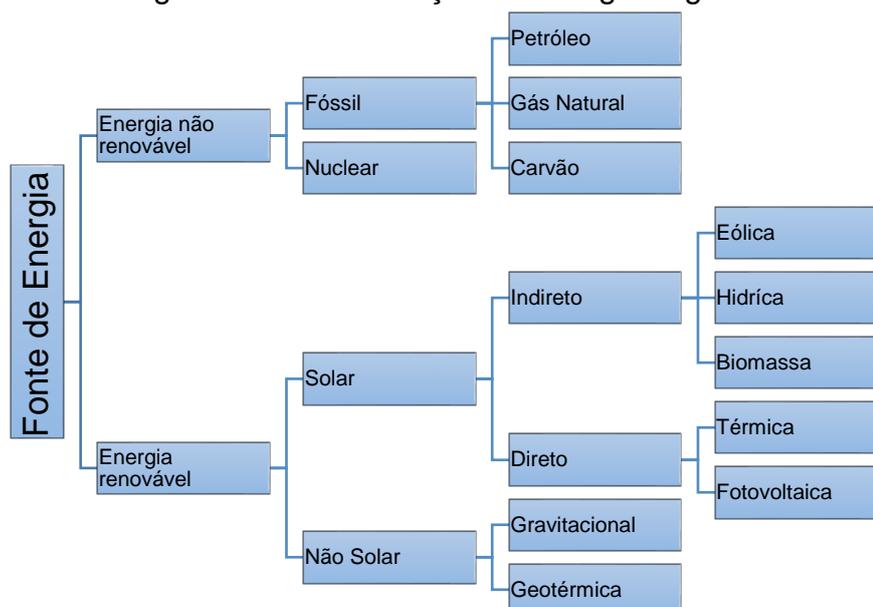
- Dimensionar e orçar os sistemas fotovoltaicos para cada empreendimento;
- Calcular os *paybacks* simples e descontados, tendo como base cada empreendimento do agronegócio;
- Calcular o VPL e a TIR de cada empreendimento; e
- Desenvolver índices que relacionam os custos da produção, os custos da energia elétrica e os custos dos sistemas fotovoltaicos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ENERGIAS RENOVÁVEIS

A energia, entendida como recurso natural, serve para transformação de grandezas físicas, é a base para toda cadeia produtiva (KUZEMKO et al., 2017). Conceitualmente, pode-se classificar a energia em dois tipos principais, referente à fonte produtora: a energia não renovável, que provém de fontes não renováveis, ou seja, que é virtualmente finita, como, por exemplo: o carvão mineral, o petróleo e o gás natural (MERCURE; SALAS, 2013); e a energia renovável, que provém de fontes renováveis, que é virtualmente infinita, como, por exemplo: a solar, a eólica e a biomassa (IOANNOU; ANGUS; BRENNAN, 2017). A figura 1, abaixo, exemplifica melhor a classificação e divisão da energia segundo a sua fonte.

Figura 1 - Fluxograma de classificação de energia segundo sua fonte

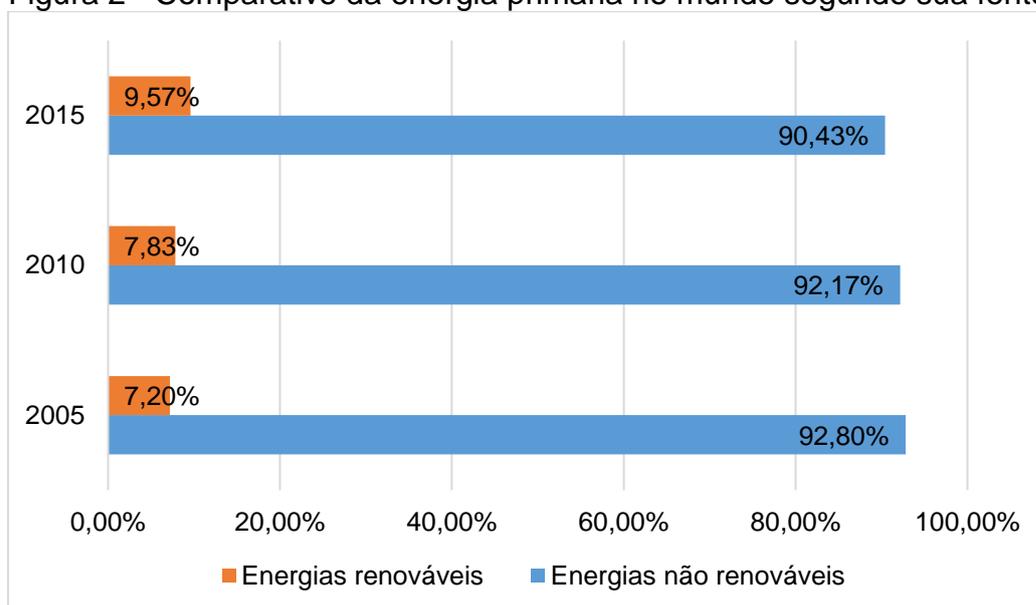


Fonte: Adaptado de WEC (2016).

Segundo o *World Energy Council* (WEC) (2016), houve uma mudança no cenário mundial nos últimos quinze anos, em relação ao consumo de energia. As fontes de energias não renováveis vêm perdendo espaço no mercado de energia para as fontes renováveis. Esse quadro se deve a algumas políticas públicas e investimentos no mercado, que foram adotadas no mundo todo (EMMANUEL; RAYUDU, 2017; GUNEY, 2016; LEE et al., 2017; MODI et al., 2017).

A figura 2 mostra a relação de crescimento das energias primárias de fontes renováveis nos últimos quinze anos em relação as energias de fontes não renováveis:

Figura 2 - Comparativo da energia primaria no mundo segundo sua fonte

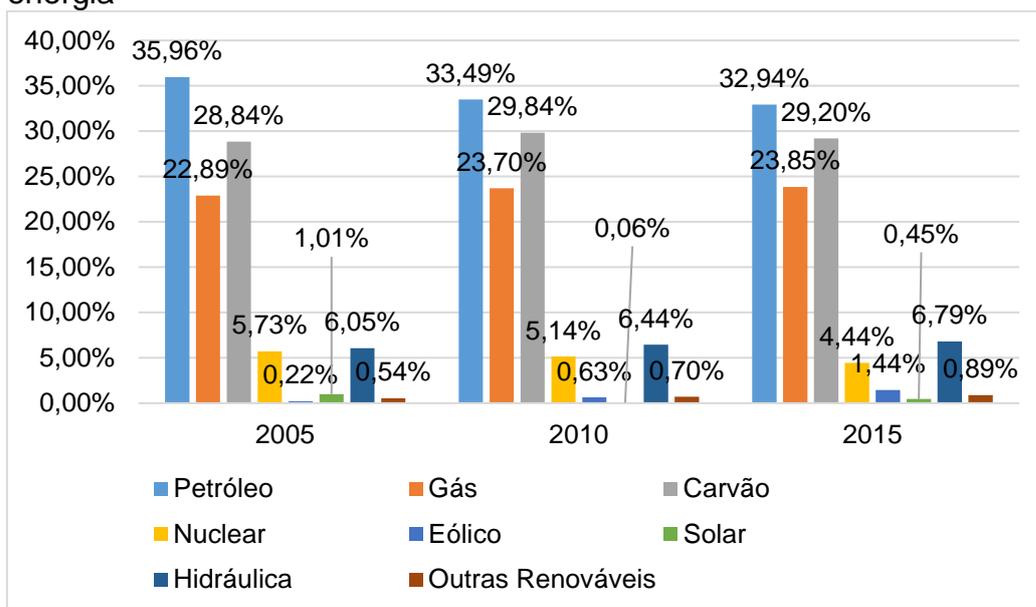


Fonte: Adaptado de WEC (2016).

Como é possível observar, houve aumento de aproximadamente 33% do uso de energias renováveis como fonte primária, passando de 7,2%, em 2005, para 9,57%, em 2015.

A figura 3, a seguir, relaciona as formas de energias renováveis e não renováveis nos últimos quinze anos. Demonstra-se que houve uma diminuição no consumo do petróleo, sendo que no ano de 2005 este produto era responsável por 35,96% da fonte de energia primária passando, em 2015, a responder por 32,94%, ou seja, uma queda de 8,4%. Já outras matérias primas não renováveis, como o gás e o carvão, mantiveram-se estáveis entre os anos supracitados, de 22,89 para 23,85% e 28,84 para 29,20%, respectivamente.

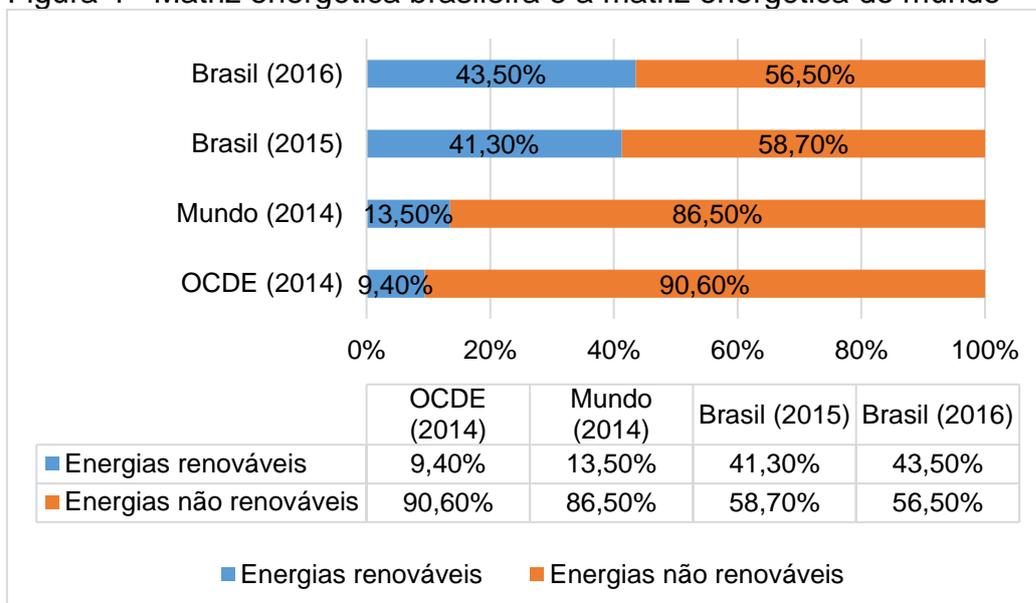
Figura 3 - Tipos de energia renováveis e não renováveis como fonte primária de energia



Fonte: Adaptado de WEC (2016).

O Balanço Energético Nacional (BEN) (2017) confirma o panorama da relação entre as energias renováveis e não renováveis no mundo, apresentado pelo WEC (2016) e demonstra que essa relação não é tão discrepante quando se trata do Brasil, como pode-se observar pela figura 4:

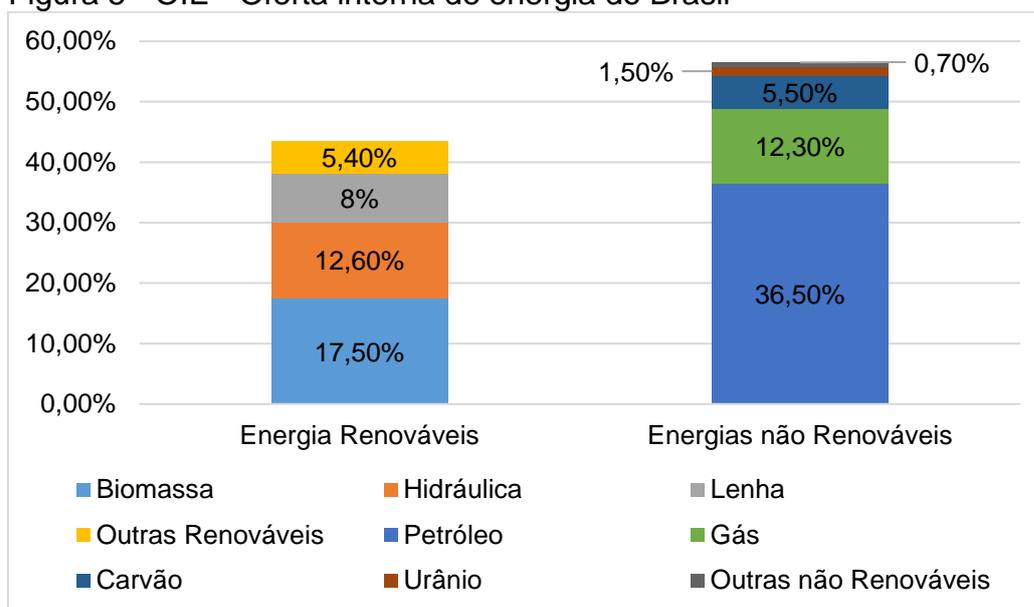
Figura 4 - Matriz energética brasileira e a matriz energética do mundo



Fonte: Adaptado de BEN (2017).

A Oferta Interna de Energia (OIE) no Brasil apresenta as energias de fonte renováveis, respondendo por 43,5% da matriz energética: biomassa da cana, com 17,5%; hidráulica, 12,6%; lenha e carvão vegetal, 8,0%; e lixo e outras renováveis, 5,4%. Já a participação das energias provenientes de fontes não renováveis são de 56,5%, contribuem para isto: petróleo e derivados, com 36,5%; gás natural, 12,3%, carvão mineral, 5,5%; urânio, 1,5%; e outras não renováveis, 0,7% (EPE, 2017), como mostra a figura 5:

Figura 5 - OIE - Oferta interna de energia do Brasil



Fonte: Adaptado de EPE (2017).

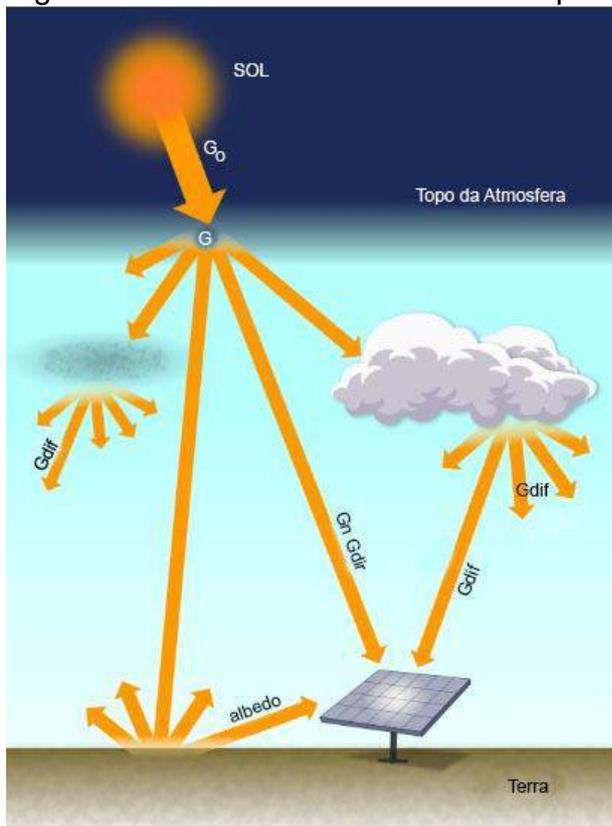
2.1.1 Energia Solar

O sol é uma das mais importantes fontes de energias renováveis que existe. A energia solar influencia a geração de outras energias como a hidráulica, eólica e biomassa (MODI et al., 2017). O potencial de radiação solar na superfície terrestre é estimada em 50 ZJ (LAI et al., 2017), mas o consumo de todas as formas de energia em 2015 foi de 6 ZJ (U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION - USEIA, 2017).

Existem duas componentes da irradiância solar ($W.m^{-2}$): a irradiância solar direta é a irradiação que incide diretamente na superfície, não havendo os processos absorção e nem reflexão atmosférica; e a irradiância solar difusa é a irradiação originada da reflexão atmosférica (PEREIRA et al., 2017).

A figura 6 representa a irradiância e todas as suas componentes:

Figura 6 - Irradiância solar e suas componentes



Fonte: Pereira *et al.* (2017).

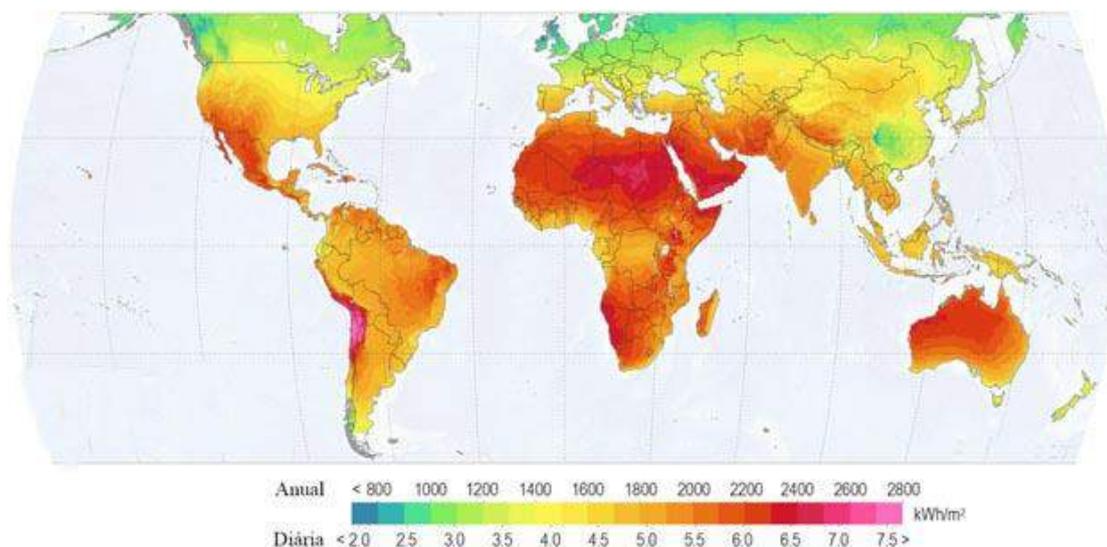
G_0 , irradiância extraterrestre, é a irradiância que incide no topo da atmosfera. G_n , irradiância direta normal, *direct normal irradiance* (DNI), é a que incide perpendicularmente na superfície. G_{dif} , irradiância difusa horizontal, *diffuse horizontal irradiance* (DHI), é a que sofreu reflexão em algum elemento atmosférico. G_{dir} , irradiância direta horizontal: é o produto da G_n e o cosseno do ângulo zenital solar. G , irradiância global horizontal, *global horizontal irradiance* (GHI): é a soma de G_{dif} e G_{dir} .

A energia solar pode ser aproveitada para a geração de várias outras formas de energia. Como energia primária, pode ser utilizada para energia térmica e energia elétrica, e como energia híbrida, pode ser utilizada em conjunto com biomassa, geotérmica, eólica (MODI *et al.*, 2017; PANTALEO *et al.*, 2017; SCHMIDT; CANCELLA; PEREIRA, 2016)

A figura 7, a seguir, mostra, em detalhes, a distribuição da irradiância solar global horizontal no mundo. Pode-se observar que nas regiões polares, na cor verde,

a incidência da radiação é bem baixa, com um total anual em torno de 900 kWh.m⁻² e uma irradiância diária por volta dos 2,5 kWh.m⁻² (SOLARGIS, 2016).

Figura 7 - Irradiância solar global anual e diária



Fonte: Adaptado de SOLARGIS (2016).

Observa-se, também, um aumento na irradiância com a aproximação à linha do Equador, o que se deve pelo fato que o sol começa a ter pequenos ângulos de incidência em relação a superfície terrestre, aumentando, dessa maneira, a irradiância direta normal e, conseqüentemente, a irradiância global horizontal, como demonstra a Equação 1:

$$G = G_n \times \cos(\varphi) + G_{dif} \quad 1$$

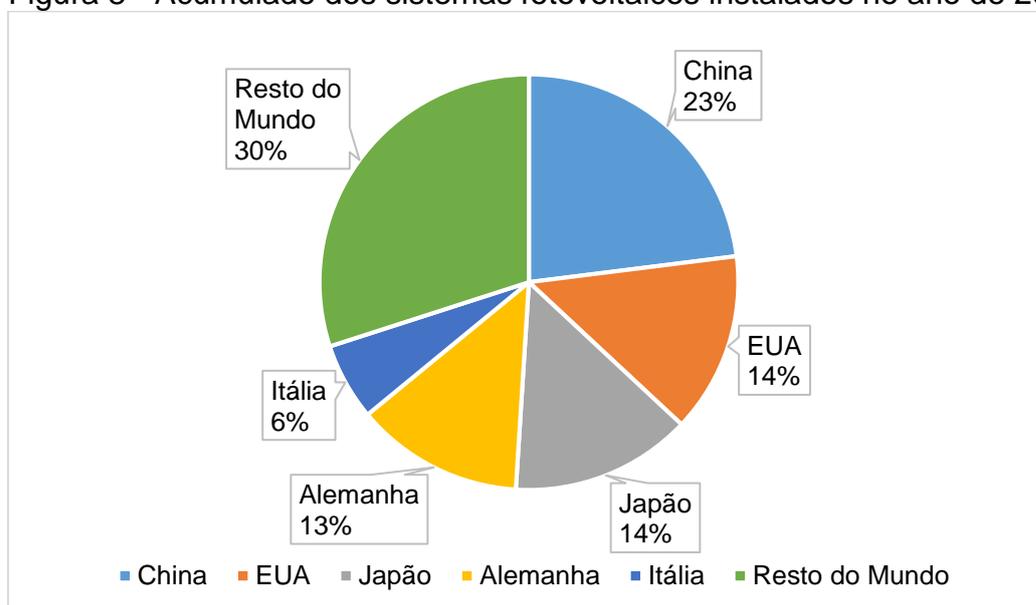
Outro ponto importante a ser observado na figura 7 são as regiões nas cores vermelha/lilás, que apresentam uma irradiância global horizontal elevada, pois são regiões desérticas.

2.1.1.1 Energia Solar Fotovoltaica

Outra forma de utilização da energia solar é a sua conversão em energia elétrica diretamente, com a utilização de módulos (KOBAYAKAWA; KANDPAL, 2015; LUPANGU; BANSAL, 2017; REZK; ELTAMALY, 2015; SILVESTRE; CHOUDER; KARATEPE, 2013).

A energia solar fotovoltaica teve um crescimento muito grande na última década e continua apresentando essa tendência mundial, o que se deve aos incentivos que países como China, Estados Unidos da América, Japão e Alemanha oferecem. A figura 8 demonstra o acumulado de sistemas instalados no ano de 2016 em relação aos países como Itália, China, Alemanha, Japão e Estados Unidos da América e o resto do mundo (WEC, 2016):

Figura 8 - Acumulado dos sistemas fotovoltaicos instalados no ano de 2016



Fonte: Adaptado de WEC (2016).

Observa-se um domínio Chinês, com 23% de sistemas instalados no mundo no ano de 2016 neste segmento, seguido pela Alemanha, com 13%, e pelos Estados Unidos da América e Japão, com 14%.

A Tabela 1 apresenta a participação de cada tipo de fonte renovável dentro da OIE, nos anos de 2015 e 2016, juntamente com a sua variação:

Tabela 1 - Participação dos tipos de fontes de energia renováveis dentro da OIE 2015/2016

Fonte de Energia (Mtep)	2015	2016	Δ 2016/2015
Energia Hidráulica	33,9	36,3	7%
Biomassa de cana	50,6	50,3	-0,7%
Lenha e carvão vegetal	24,9	23,1	-7,2%
Eólica	1,9	2,9	54,9%
Solar	0,005	0,007	44,7%
Lixívia e outras	12,4	12,8	3,4%
Total	123,7	125,3	1,4%

Fonte: Adaptado de BEN (2017).

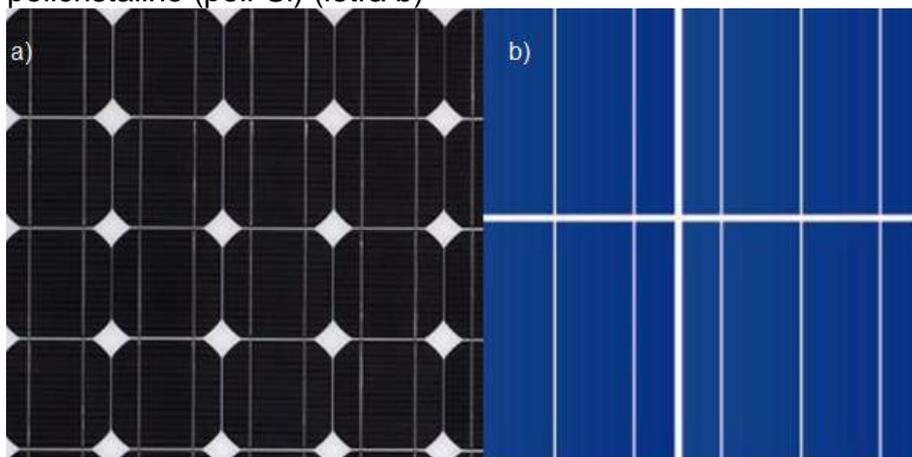
Pode-se perceber que todas as fontes renováveis vêm apresentando um crescimento de 1,4%, enquanto as fontes de energias não renováveis tiveram um decréscimo de 7,3%, no mesmo período.

Dentre as várias tecnologias de células fotovoltaicas para a conversão de energia solar em energia elétrica, as que se destacam são: silício monocristalino, silício policristalino e silício amorfo, todas fabricadas de silício, mudando apenas a sua estrutura e tecnologia de produção (MAKRIDES et al., 2014; YOSHIDA et al., 2013).

O silício monocristalino (mono-Si) é uma tecnologia de produção de células fotovoltaicas construídas de silício, que possuem uma eficiência alta, de 14 a 21%, se comparada com as outras tecnologias, mas, em contrapartida, é a tecnologia mais cara (ASTE; DEL PERO; LEONFORTE, 2014). O silício policristalino (poli-Si) também apresenta uma eficiência entre 11 a 16% e o seu preço é o intermediária (ASTE; DEL PERO; LEONFORTE, 2014). Já o silício amorfo (a-Si) é uma tecnologia extremamente barata se comparada as outras duas, mas sua eficiência é muito baixa, não chegando a 6% (ASTE; DEL PERO; LEONFORTE, 2014).

A figura 9 demonstra a comparação entre duas das 3 tecnologias, a monocristalina (mono-Si) e a policristalina (poli-Si):

Figura 9 - Células de silício monocristalinas (mono-Si) (letra a) e células de silício policristalino (poli-Si) (letra b)



Fonte: Adaptado de ENERSAC (2018).

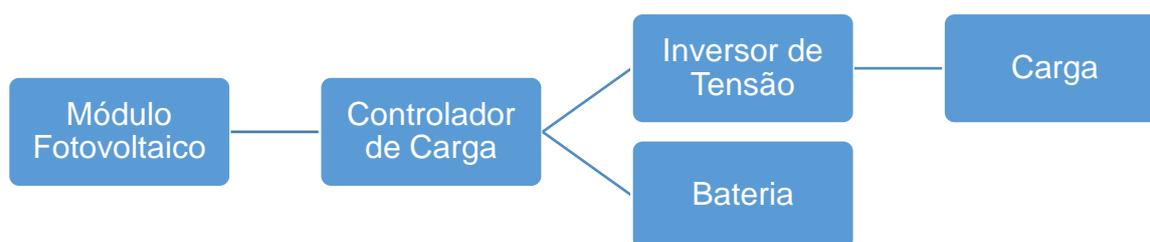
Observa-se que as células monocristalinas apresentam uma cor mais escura, o que se deve à pureza do material e à tecnologia de produção, baseada no método de Czocharalski (1916). Outra característica, não apresentada nas células de silício policristino, são as células que têm um corte circular (ASTE; DEL PERO; LEONFORTE, 2014; SAMPAIO; GONZÁLEZ, 2017; YOSHIDA et al., 2013; ZHOU et al., 2015).

2.1.1.2.1 Sistemas Não Conectados à Rede (Off-grid)

Sistemas não conectados à rede são sistemas geradores de energia elétrica que não estão conectados na rede de distribuição (BHATTACHARYYA, 2014; RANABOLDO et al., 2015; YILMAZ et al., 2015). Também pode ser chamados de *off-grid* ou de sistemas isolados. Eles apresentam alguns elementos característicos: sistema gerador, que no caso dos sistemas fotovoltaicos são os módulos fotovoltaicos; controlador de carga; bateria; e inversor de tensão (BAURZHAN; JENKINS, 2016; BHATTACHARYYA; PALIT, 2016; DABAIEH; MAKHLOUF; HOSNY, 2016; RANABOLDO et al., 2015).

A figura 10 representa, de forma simplificada, um sistema *off-grid* e o fluxo da energia elétrica:

Figura 10 - Representação do sistema off-grid



Fonte: Adaptado de Ranaboldo *et al.* (2015).

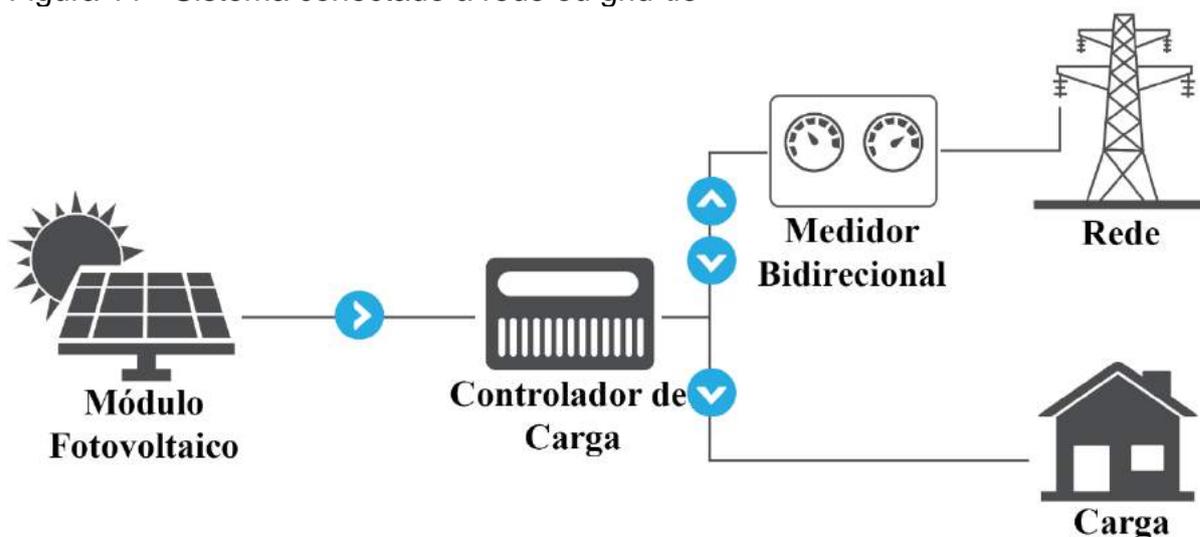
O módulo fotovoltaico é responsável pela geração da corrente contínua (CC) que será distribuída pelo sistema. O controlador de carga direciona para qual elemento a corrente deve ir, para o banco de baterias ou para o inversor de tensão. A bateria é um elemento armazenador da corrente, e quando o sistema não está gerando energia elétrica, como acontece à noite, o banco de baterias supre a falta do gerador, fornecendo tensão que alimentará o inversor de tensão e as cargas de forma geral. Por fim, o inversor de tensão é responsável por converter a tensão contínua para uma tensão alternada (CHAUHAN; SAINI, 2016; FARA; CRACIUNESCU, 2017; RANABOLDO *et al.*, 2015; YILMAZ *et al.*, 2015).

2.1.1.2.2 Sistemas Conectados à Rede (Grid-tie)

Os sistemas conectados à rede são sistemas geradores de energia elétrica que estão conectados na rede da distribuidora e têm como características a dualidade no caminho, ora estão consumindo energia da rede, ora estão enviando energia para a rede (APPELS *et al.*, 2013; BHATTACHARYYA; PALIT, 2016; EMMANUEL; RAYUDU, 2017; SHRAVANTH VASISHT; SRINIVASAN; RAMASESHA, 2016).

Os sistemas conectados à rede, figura 11, a seguir, também podem ser chamados *grid-tie* (APPELS *et al.*, 2013; EMMANUEL; RAYUDU, 2017; OBI; BASS, 2016). A sua estrutura é bastante semelhante ao sistema desconectado da rede, não possuindo baterias para armazenamento da energia como sua principal diferença (CORREA-BETANZO; CALLEJA; LIZARRAGA, 2016; LUPANGU; BANSAL, 2017).

Figura 11 - Sistema conectado à rede ou grid-tie



Fonte: Adaptado de ACEMCO (2018).

No sistema representado na figura 11, temos como principais elementos o módulo fotovoltaico, como fonte geradora de energia; o controlador de carga; responsável pela análise da energia gerada, ou seja; se ela será consumida pela carga ou se ela será injetada na rede de distribuição; o medidor bidirecional; responsável pela medição do consumo ou da injeção de energia à rede; e, por fim, a rede de distribuição (HASAN et al., 2017; LAI et al., 2017; MAHELA; SHAIK, 2017).

O projeto de um sistema *grid-tie* é muito mais maleável, modular pelas características dos geradores e simples pois se a carga necessita de uma potência maior ela será suprida pela energia da distribuidora, e quando ela não estiver utilizando energia, poderá injetar a energia produzida na rede, tornando, desse modo, os projetos de geração distribuída uma ideia viável (KAZHAMIKA et al., 2017; LUPANGU; BANSAL, 2017).

2.2 ENERGIA ELÉTRICA

A energia elétrica é uma das mais importantes formas de energia consumida no mundo e a matriz energética brasileira apresenta uma grande diversidade de fontes geradoras dela (DE CASTRO et al., 2016).

De acordo com *International Energy Outlook* (IEO) de 2017, a previsão da geração de energia elétrica nos países que não fazem parte da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (*Organization for Economic Cooperation*

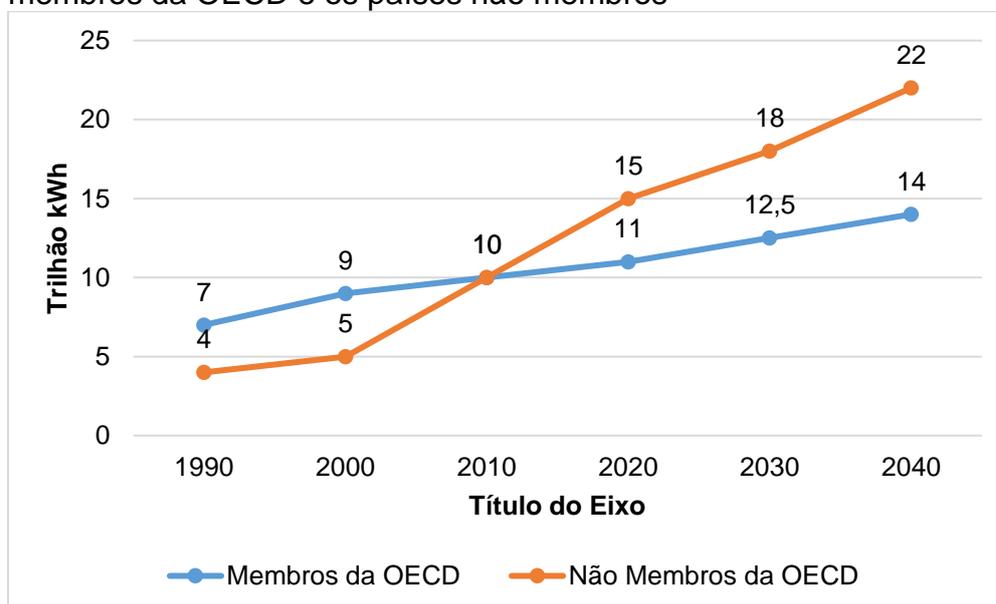
and Development – OECD) terá um aumento de 1,9% por ano, enquanto que os países membros da OECD terão um acréscimo de 1% por ano, entre os anos de 2015 e 2040 (USEIA, 2017).

A tendência maior de consumo da energia elétrica são os setores da indústria, residencial e comercial (CORRÊA DA SILVA; DE MARCHI NETO; SILVA SEIFERT, 2016; DE CASTRO et al., 2016; EPE, 2017b; USEIA, 2017).

De acordo com o BEN (2017), o consumo final de energia elétrica teve uma queda de 0,9% do ano de 2015 para o ano de 2016. Contudo, outras energias também apresentaram queda. O consumo final de combustíveis líquidos teve queda de 3,2%, e a própria OIE de 2016 teve uma queda de 3,8%. Tudo isso devido à queda no Produto Interno Bruto (PIB), que foi de 3,6% (EPE, 2017).

Observa-se, também, de acordo com a figura 12, a seguir, que os países não membros da OECD terão um crescimento aproximado de 2 vezes maior que o crescimento apresentado pelos membros, neste período de 25 anos, de acordo com a estimativa feita pelo IEO de 2017 (USEIA, 2017).

Figura 12 - Comparação do crescimento na geração de energia elétrica: países membros da OECD e os países não membros



Fonte: Adaptado de IEO (2017).

A geração de energia elétrica no mundo vem sofrendo uma mudança grande, passando da utilização de energias de fontes não renováveis para a inclusão, cada vez maior, de fontes de energias renováveis (EKSI; KARAOSMANOGLU, 2017; GARVEY et al., 2015; JANKO; ARNOLD; JOHNSON, 2016; KANE; AULT, 2014). A

previsão é que as energias renováveis gerem 31% da energia elétrica em 2040, tendo um crescimento anual de 2,8% entre os anos de 2015 e 2040 (USEIA, 2017).

Dentre as fontes renováveis na geração de energia elétrica, a energia hidráulica se destaca (CORRÊA DA SILVA; DE MARCHI NETO; SILVA SEIFERT, 2016). No mundo, a geração hidráulica foi responsável por 71% da energia elétrica no ano de 2015, mas, de acordo com a previsão do IEO de 2017, terá uma queda nos próximos anos, chegando a 53% em 2040 (USEIA, 2017).

2.2.1 Mercado e Legislação

O mercado de energia elétrico brasileiro apresenta algumas características. Uma delas é a presença de dois ambientes distintos de contratação: o ambiente de contratação regulado e o ambiente de contratação livre (MAGALHÃES, 2009; REGO, 2012).

Outra característica é o dinamismo entre as migrações entre os dois ambientes de contratações que podem ser feitas (REGO, 2012). A legislação vem sempre sendo atualizada para melhorar cada vez mais essa regulamentação, retirando algumas barreiras de penetrações de novas tecnologias e técnicas de comercialização, facilitando, assim, a comercialização da energia elétrica no país (BRANDÃO, 2017).

2.2.1.1 Ambiente de Contratação Regulado e Ambiente de Contratação Livre

O Ambiente de Contratação Regulado (ACR) representa 75% do mercado nacional de energia elétrica. Fazem parte desse ambiente os agentes distribuidores, geradores e consumidores cativos. A contratação é simplificada e o fornecimento de energia acontece mediante o pagamento de uma fatura mensal (BARBOSA; FERNANDEZ; GONÇALVES, 2016; BRANDÃO, 2017).

O Ambiente de Contratação Livre (ACL) representa 25% do mercado nacional de energia elétrica, os agentes pertencentes a esse ambiente são agentes geradores, comercializadoras e consumidores livres e especiais. São outorgados contratos em que os preços, prazos e a duração do fornecimento são negociados e o pagamento é feito por um contrato de compra e venda (BARBOSA; FERNANDEZ; GONÇALVES, 2016; BRANDÃO, 2017).

2.2.2 Tipos de Consumidores

A ANEEL, em sua resolução normativa Nº 418 de 23 de dezembro de 2010, classifica as unidades consumidoras na modalidade de agentes cativos em dois subgrupos, A e B:

Subgrupo A: Unidades consumidoras com fornecimento de tensão igual ou superior a 2,3 kV, caracterizado por tarifa binômia. **A1**: tensão de fornecimento igual ou superior a 230 kV; **A2**: 88 a 138 kV; **A3**: 69 kV; **A3a**: 30 a 44 kV; **A4** : 2,3 a 25 kV; e **AS**: tensão de fornecimento inferior a 2,3 kV, mas a partir de sistemas subterrâneos de distribuição (ANEEL, 2010).

Subgrupo B: unidades consumidoras com fornecimento de tensão inferior a 2,3 kV, caracterizado por tarifa monômia. **B1**: residência; **B2**: rural; **B3**: demais classes; e **B4**: iluminação pública (ANEEL, 2010).

2.2.3 Tarifação

Tarifa é o preço cobrado pelo consumo de unidade de energia elétrica em R\$/MWh e/ou por demanda de potência ativa em R\$/kW. Há dois tipos de tarifas: a) tarifa binômia, que é composta pelo consumo da energia elétrica ativa, kWh, e demanda faturável, kW e b) tarifa monômia, composta apenas pelo consumo de energia elétrica ativa, kWh.

Existe ainda três tipos de estrutura tarifária. A primeira é tarifa convencional, em que o consumidor contrata uma demanda a um valor fixo com a distribuidora, não levando em consideração a hora do dia (na ponta ou fora da ponta) e o período do ano (seco ou úmido), e sua conta é composta por: consumo, demanda e possibilidade da demanda de ultrapassagem.

A segunda tarifa é horo-sazonal verde, que apresenta uma demanda contratada indiferentemente da hora do dia e podem ser contratadas duas demandas diferentes para os períodos do ano. A fatura é composta por: consumo de energia na ponta, que constitui pelo período de três horas, que vai das 18 até as 21 horas; e pela energia consumida fora de ponta, que constitui as outras 21 horas do dia, pela demanda contratada e demanda de ultrapassagem.

E, por fim, a tarifa horo-sazonal azul, que apresenta uma demanda contratada no horário de ponta e uma demanda contratada fora do horário de ponta, podendo ser contratadas demandas diferentes para os períodos secos e úmidos. A fatura é composta pelo consumo de energia e pela demanda, nos horários de ponta e fora de ponta, e pode existir a cobrança pela demanda de ultrapassagem (ANEEL, 2010).

2.2.4 Micro e Minigeração

O mercado nacional apresenta uma estruturação bem regulamentada para a comercialização de energia elétrica. Para a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), a energia elétrica é um insumo que somente pode ser contratado por consumidores não residenciais. Por esse motivo, a resolução normativa nº 482 da ANEEL, de 2012, estabelece algumas características para a implantação da micro e minigeração distribuída.

A principal ideia introduzida pela resolução é a compensação de energia elétrica por meio da aquisição de créditos conseguidos na geração distribuída com fontes renováveis. A micro e minigeração distribuída somente pode ser praticada pelos consumidores cativos, na modalidade supracitada, ou seja, consumidores que pertencem à ACR, não havendo a formalização de venda e compra de energia – característica esta do ACL (ANEEL, 2012).

A microgeração distribuída se caracteriza por uma geração de energia elétrica de até 75 kW e a minigeração são unidades geradoras de 75 kW até 3 MW para fonte hídrica e 5 MW para as demais fontes renováveis ou híbridas (ANEEL, 2016; BRAGA et al., 2016; NADIR; VILELA e PERES, 2016).

O sistema de compensação de energia elétrica permite a injeção de energia excedente gerada pela unidade consumidora na rede da distribuidora, gerando créditos em energia, kWh, que poderão ser utilizados para duas finalidades: para reduzir a fatura mensal da conta de luz e para reduzir o consumo em outra unidade consumidora. Os créditos são válidos por 60 meses e a redução do consumo somente poderá ser feito para unidades consumidoras pertencentes a mesma distribuidora (ANEEL, 2016; BRAGA et al., 2016; LIMA; PEREZ e CLEMENTE, 2017).

Os créditos excedentes, quando utilizados para redução de consumo em outra unidade consumidora, podem ser feitos de 3 maneiras: geração compartilhada

(cooperativa ou consórcio), empreendimento de múltiplas unidades consumidoras (condomínio) e autoconsumo remoto (ANEEL, 2012).

Geração compartilhada (cooperativa ou consórcio) são unidades consumidoras de pessoas físicas (CPF) ou pessoas jurídicas (CNPJ), que possuem unidade consumidora com minigeração e microgeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras que terão a energia reduzida, mas há necessidade de estarem na mesma distribuidora (ANEEL, 2015, 2016; BRAGA et al., 2016; LIMA; PEREZ e CLEMENTE, 2017).

Empreendimento de múltiplas unidades consumidoras (condomínio) são unidades consumidoras que estejam localizados na mesma propriedade ou em propriedades contíguas e possuem unidade consumidora distinta, com instalação de micro ou minigeração pertencente a mesma rede de distribuição, sendo proibido a utilização de propriedades de terceiros que não façam parte do condomínio, passagens áreas e subterrâneas e vias públicas (ANEEL, 2016; NADIR; VILELA e PERES, 2016).

Autoconsumo remoto são unidades consumidoras pertencentes a mesma pessoa física (CPF) ou pessoa jurídica (CNPJ) que possuem unidades consumidoras com micro e minigeração distribuída, pertencentes a mesma rede de distribuição e que terão outras unidades consumidoras utilizando a energia excedente (BRAGA et al., 2016; LIMA; PEREZ; CLEMENTE, 2017; NADIR; VILELA; PERES, 2016).

A ideia de zerar a fatura de energia elétrica é errônea, pois tanto os consumidores do grupo B, de baixa tensão, quando os consumidores do grupo A, de alta tensão, terão que pagar valores monetários para a distribuidora. No caso dos consumidores do grupo B, a disponibilidade de serviço, que varia de acordo com a ligação feita à rede, pode ser: monofásico que pagará um valor equivalente a 30 kWh, bifásico, 50 kWh, e o trifásico, 100 kWh. Já os consumidores do grupo A pagarão o equivalente da demanda contratada (ANEEL, 2016; BRAGA et al., 2016; LIMA; PEREZ e CLEMENTE, 2017).

2.2.5 Geração Distribuída no Brasil

A geração distribuída enfrentava grandes dificuldades para uma penetração maior no mercado de energia elétrica até o ano de 2012 (VAHL; RÜTHER;

CASAROTTO FILHO, 2013), em que foi sancionada a norma regulamentadora nº 482 da ANEEL, que trata das condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica (ANEEL, 2012).

De acordo com a ANEEL, existem 45.955 unidades consumidoras com geração distribuída instaladas no Brasil, até a data de 16 de junho de 2018, totalizando 394,226 GW de potência instalada. Das 45.955 unidades consumidoras, 38.761 são centrais geradoras fotovoltaicas, totalizando 84,345%, e com uma potência instalada de 309,208 GW, correspondendo a 78,43% do total. A Tabela 2 mostra, com mais detalhes, as informações:

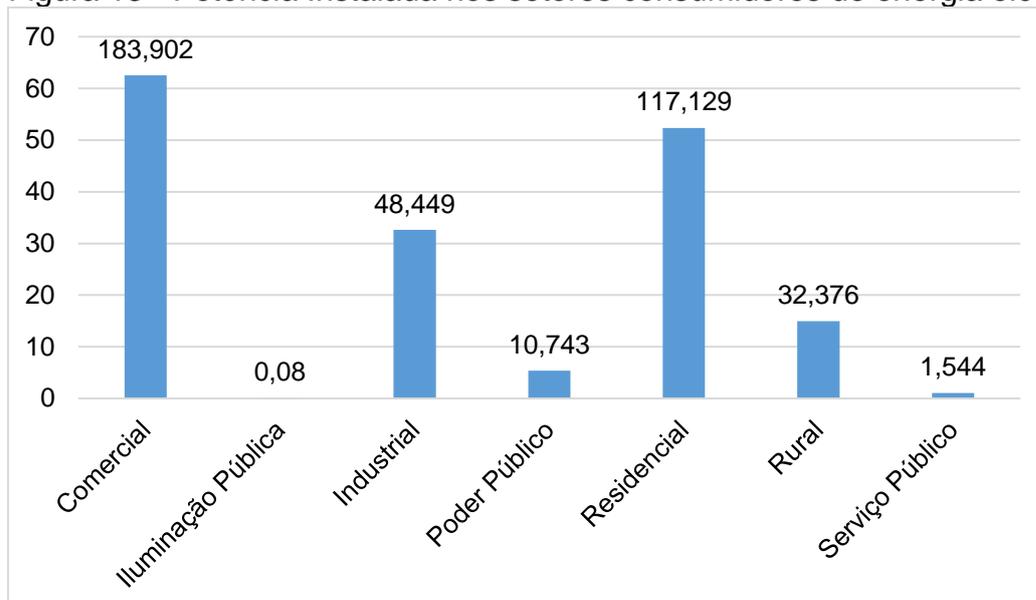
Tabela 2 - Comparação entre os tipos de fontes geradoras e suas potências instaladas na geração distribuída

Tipo	Quantidade	Quantidade de UC	Potência Instalada GW
CGH	49	6.856	44,672
EOL	56	99	10,311
UFV	32.453	38.761	309,208
UTE	94	239	30,033

Fonte: Adaptado de ANEEL (2018).

Pode-se observar que a geração distribuída é dominada pela geração fotovoltaica, tendo como alternativas a ela as Centrais Geradoras Hidráulicas (CGH), a geração Eólica (EOL), a geração Fotovoltaica (UFV) e a termoeletrica (UTE). A figura 13 representa a potência instalada por setor consumidor:

Figura 13 - Potência Instalada nos setores consumidores de energia elétrica



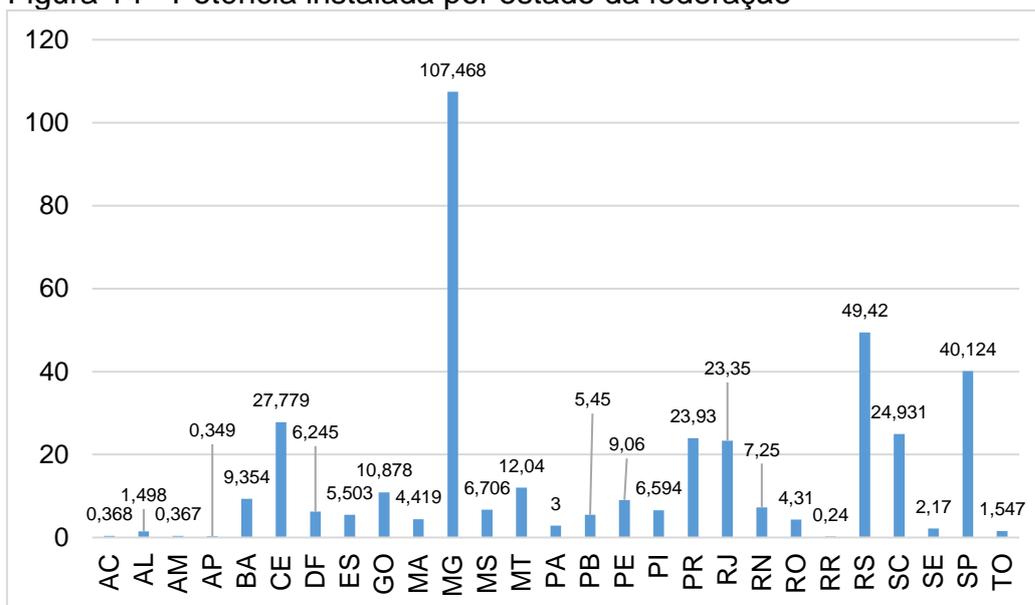
Fonte: Adaptado de ANEEL (2018).

Dentro dos setores consumidores com geração distribuída, o setor que se destaca é o comercial, com 183,902 GW de potência instalada, seguido, de perto, pelo residencial, com 117,129 GW. O setor industrial fica em 3º lugar, com 48,449 GW, e o rural ocupa a 4ª posição com 32,376 GW (ANEEL, 2018).

A partir da análise de dados feita por estados da federação, observa-se a liderança do estado de Minas Gerais (MG), com 107,468 GW de potência instalada, seguidos pelos estados do Rio Grande do Sul, com 49,422 GW, e São Paulo, com 40,124 GW. Já, no outro lado, encontra-se o estado de Roraima, com apenas 0,244 GW de potência instalada.

A figura 14 representa, com mais detalhes, o espalhamento da geração distribuída pelo Brasil (ANEEL, 2018):

Figura 14 - Potência instalada por estado da federação



Fonte: Adaptado de ANEEL (2018).

O estado do Paraná apresenta, como pode-se observar pela figura 14, uma potência instalada de 23,929 GW, com 2.143 sistemas de geração distribuída instalados e 2.152 unidades consumidoras na modalidade de compensação de crédito, sendo 5 pela geração EOL, 12 pela fonte UTE e 2.135 pela fonte UFV.

Da totalidade dos 2.143 sistemas instalados, tendo como fonte renovável a energia fotovoltaica, 419 sistemas fotovoltaicos estão no setor comercial; 3 na iluminação pública; 125 no setor industrial, sendo 1 na modalidade de Central Geradora Hidrelétrica (CGH); 8 no poder público; 1508 no residencial; 77 no setor rural; e 3 no setor de serviço público.

Na Tabela 3, a seguir, consta a distribuição dos sistemas pela fonte de energia renovável, dando um melhor detalhamento da geração distribuída no estado do Paraná, pelo setor da economia em que foi instalado o sistema e pela fonte geradora de energia elétrica. Para corroborar com os dados supracitados, a fonte geradora fotovoltaica tem um amplo domínio diante das fontes eólica e termoelétrica (ANEEL, 2018).

Tabela 3 - Comparação entre a fonte da geração distribuída e o setor de consumo no estado do Paraná

Setor	EOL	UTE	UFV
Serviço Público	0	0	3
Poder Público	0	2	6
Iluminação Pública	0	0	3
Residencial	0	0	1508
Industrial	0	3	121
Rural	1	6	70
Comercial	4	1	414
Total	5	12	2.125

Fonte: Adaptado de ANEEL (2018).

2.2.6 Energia Solar Fotovoltaica na Geração Distribuída no Brasil

O Brasil, como demonstrado na figura 15, abaixo, tem uma distribuição bastante equilibrada da irradiância global horizontal, com uma média anual entre 1500 e 2300 kWh.m⁻², isto para o período dos anos de 1999-2013. A maior parte do território nacional apresenta média anual em torno de 2000 kWh.m⁻².

Figura 15 - Irradiância global horizontal no Brasil



Fonte: Adaptado de SOLARGIS (2016).

Observa-se, também, a presença de duas faixas, uma na região litorânea da região sul, com média de 1500 kWh.m⁻², e outra na região nordeste, com médias acima de 2300 kWh.m⁻² (SOLARGIS, 2016).

No Brasil, houve acréscimo na geração hidráulica, incluindo as importações, de 64%, em 2015, para 68,1%, em 2016. A Matriz Elétrica Brasileira teve um aumento de 615,7, em 2015, para 619,7 TWh, em 2016 (EPE, 2017).

As fontes renováveis que mais terão crescimento no cenário mundial com a queda da utilização da geração hidráulica serão a eólica, com um crescimento de 2,5 trilhões de kWh no período de 2015 a 2040, e a solar, com um acréscimo de 1,4 trilhões de kWh no mesmo período (USEIA, 2017).

O Brasil mostra a mesma tendência em relação ao resto do mundo, ou seja, com as energias eólica e solar apresentando um crescimento grande se comparados ao crescimento de outras fontes (CORRÊA DA SILVA; DE MARCHI NETO; SILVA SEIFERT, 2016; SCHMIDT; CANCELLA; PEREIRA, 2016).

A Tabela 4 demonstra bem essa relação de crescimento das fontes renováveis, principalmente eólica e solar, em relação as outras fontes renováveis e não renováveis na geração da energia elétrica:

Tabela 4 - Comparação entre as fontes renováveis e não renováveis na matriz elétrica brasileira

Fonte de Energia	2015	2016	Δ 2016/2015
Hidroelétrica	359.743	380.911	5,9%
Gás Natural	79.490	56.485	-28,9%
Biomassa ¹	47.394	49.236	3,9%
Derivados do Petróleo ²	25.657	12.103	-52,8%
Nuclear	14.734	15.864	7,7%
Carvão	18.856	17.001	-9,8%
Eólica	21.626	33.489	54,9%
Solar Fotovoltaica	59	85	44,7%
Outras ³	13.669	13.723	0,4%
Geração Total (GWh)	581.228	578.898	-0,4%

¹ lenha, bagaço de cana e lixívia; ² óleo diesel e óleo combustível; ³ outras fontes primárias, gás de coque e outras secundárias.

Fonte: Adaptado de BEN (2017).

Na Tabela 5, a seguir, consta o fluxo de energia elétrica no Brasil no ano de 2016, que foi de 619 TWh totais, já somados a importação de energia. Nela pode-se observar a participação massiva das fontes de energias renováveis, com cerca de 82% das fontes geradoras de eletricidade. Outro ponto importante a ser observado é que 78,8% da energia consumida é feita pelos setores da indústria, residencial, público e agrícola (EPE, 2017).

Tabela 5 - Comparação entre a energia elétrica gerada e consumida por fonte no ano de 2016

Geração de Energia Elétrica (619,7 TWh)			Consumo de Energia Elétrica		
Fonte	TWh	%	Fonte	TWh	%
Hidráulica	421,7	68,1	Industrial	195,3	31,5
Biomassa	49,2	8,2	Residencial	132,9	21,4
Eólica	33,5	5,4	Comercial	89,2	14,4
Solar	0,09	0,01	Público	43,3	7
Nuclear	15,9	2,6	Agropecuário	27,8	4,5
Gás Natural	56,5	9,1	Transporte	2,1	0,3
Petróleo & Derivados	23	3,7	Setor Energético	29,5	4,8
Carvão & Derivados	18	2,9	Perdas	99,7	16,1

Fonte: Adaptado de BEN (2017).

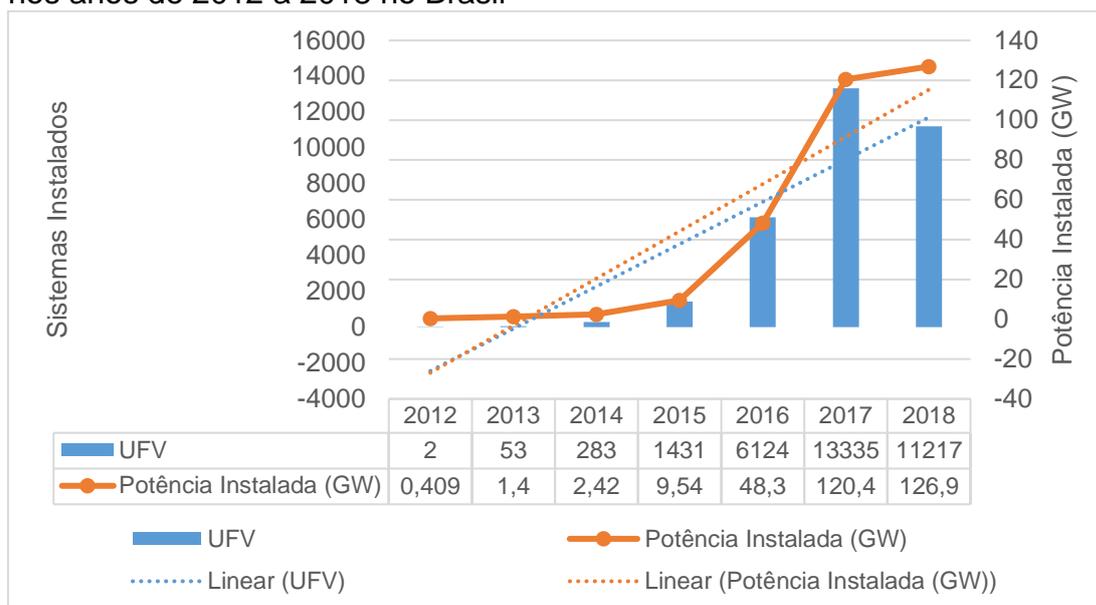
Apesar da pequena participação da energia solar na geração de energia elétrica, com 0,09 TWh, cerca de 0,01% do total, há uma grande área a ser explorada pela geração distribuída principalmente no Brasil.

No Brasil houve um aumento em de 44,7% na energia solar fotovoltaica dentro do OIE em 2016. Apesar do aumento expressivo, essa forma de energia renovável ainda é pequena se comparada com outras formas, como, por exemplo, a biomassa de cana-de-açúcar, que dominou os índices com 17,5%, e a hidráulica, com 12,6% (EPE, 2017).

A geração distribuída de fonte fotovoltaica é a que apresenta a maior quantidade de sistemas instalados, com 32.456, totalizando 38.765 unidades consumidoras recebendo crédito até o mês de julho de 2018 (ANEEL, 2018). Isto mostra que o mercado está em expansão e que a utilização dessa fonte somente vem crescendo ao longo do tempo no Brasil.

No ano de 2012, foram instalados dois sistemas fotovoltaicos sendo um no estado da Bahia, com potência instalada de 403 kW para atender uma indústria, e outro no estado de Minas Gerais, com uma potência de 6,8 kW, sendo instalado no setor comercial. Em 2013, foram instaladas 53 centrais geradoras fotovoltaicas, totalizando 1,4 GW de potência instalada, conforme a figura 16:

Figura 16 - Tendência de crescimento de sistemas fotovoltaicos e potência instalada nos anos de 2012 a 2018 no Brasil



Fonte: Adaptado de ANEEL (2018).

Nos anos seguintes, de 2014 até o presente momento, observou-se um crescimento na quantidade de instalações de sistemas fotovoltaico: 283, 1431, 6124, 13335 e 11217.

Talvez a explicação desse crescimento seja a implantação de políticas públicas como as Normativas nº 482 de 2012 e nº 687 de 2015 e a isenção de ICMS (Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Serviços), PIS (Programa de Integração Social) e CONFINS (Contribuição para Financiamento da Seguridade Social) que entraram em vigor em 2015, sendo que os últimos 3 estados que não haviam aderido ao convênio – Amazonas, Paraná e Santa Catarina – o fizeram em 17 de maio de 2018.

2.2.6.1 Energia Solar Fotovoltaica na Geração Distribuída do Estado do Paraná

O estado do Paraná ocupa o 6º lugar no *rank* dos estados com geração distribuída de fonte fotovoltaica, apresentando 2.143 centrais geradoras instaladas, com 2.152 unidades consumidoras, recebendo crédito e uma potência instalada de 23,93 GW. O estado perde apenas para Minas Gerais, Rio Grande do Sul, São Paulo, Ceará e Santa Catarina, como exemplifica a Tabela 6:

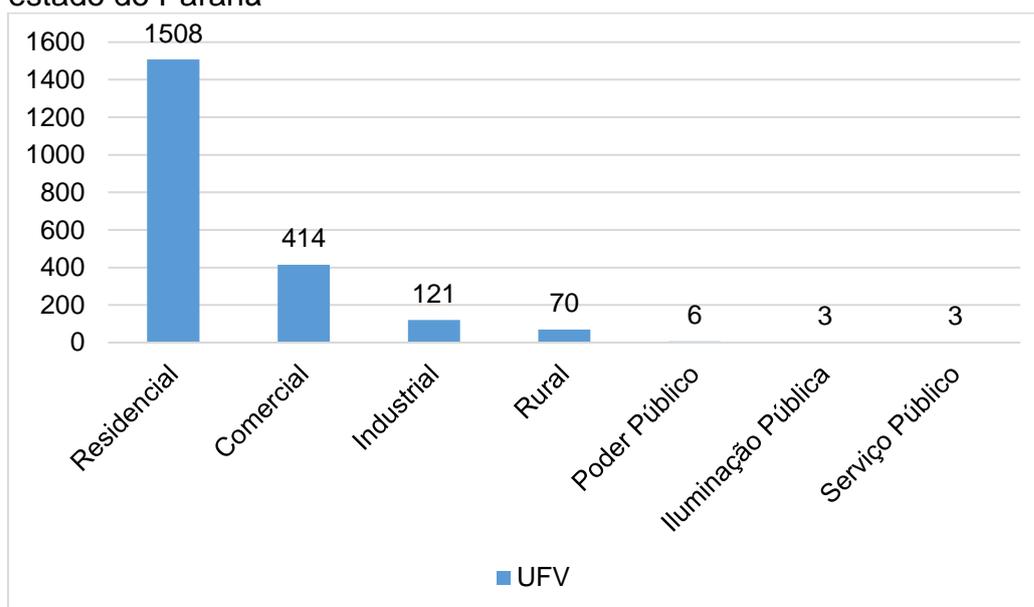
Tabela 6 - Rank dos Maiores Estados com Geração Distribuída com Fonte Fotovoltaica

Estado	UFV	Unidades Consumidoras	Potência Instalada (GW)
Minas Gerais	6.595	16.037	107,468
Rio Grande do Sul	3.986	4.625	49,454
São Paulo	6.251	6.803	40,153
Ceara	1.078	1.291	27,779
Santa Catarina	3.000	3.388	24,931
Paraná	2.143	2.152	23,93

Fonte: Adaptado de ANEEL (2018).

A figura 17, abaixo, mostra, com maiores detalhes, a geração distribuída de fonte fotovoltaica e o setor de consumo onde o sistema se encontra instalado. Pode-se observar um domínio do setor residencial com 1508 sistemas fotovoltaicos instalados, seguido pelo comercial e industrial, com 414 e 121, respectivamente, até 17 de julho de 2018.

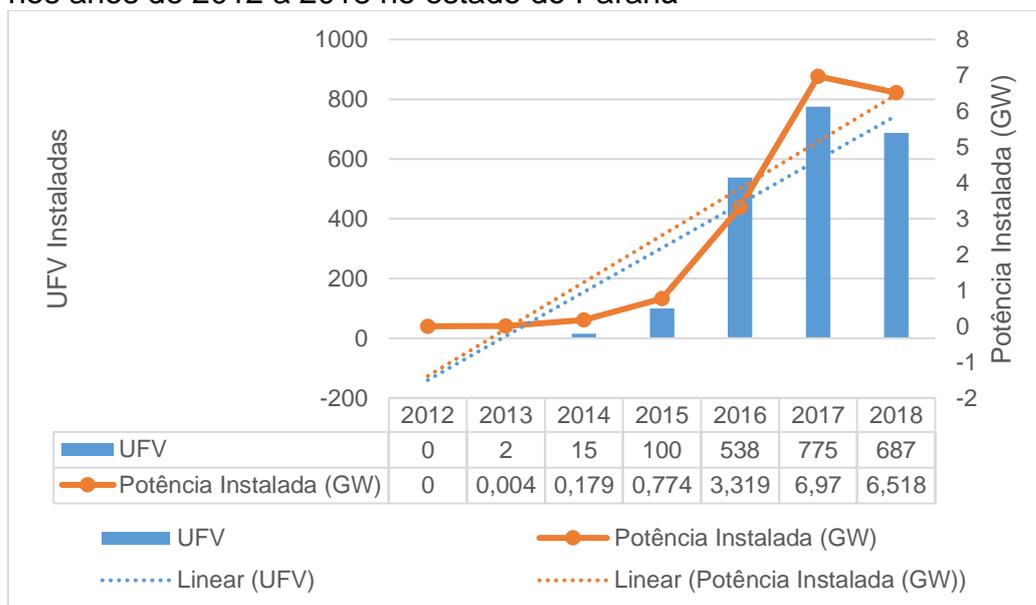
Figura 17 - Geração distribuída com fonte fotovoltaica e o setor de consumo para o estado do Paraná



Fonte: Adaptado de ANEEL (2018).

No estado do Paraná, houve também crescimento na utilização de energia fotovoltaica para a geração de energia elétrica, passando de 0 centrais geradoras instaladas em 2012 para 2 UFV e 4 kW de potência instalada em 2013, 15 centrais geradoras fotovoltaicas e uma potência instalada de 179,5 kW em 2014, e 687 UFV instaladas e uma potência de 11,548 GW no ano de 2018, com como é mostrado na figura 18 (ANEEL, 2018):

Figura 18 - Tendência de crescimento de sistemas fotovoltaicos e potência instalada nos anos de 2012 a 2018 no estado do Paraná



Fonte: Adaptado de ANEEL (2018).

Observa-se, também, uma tendência de crescimento linear, tanto nos números de usinas fotovoltaicas como na potência instalada no estado do Paraná, assim como acontece no Brasil como um todo.

De acordo com a relação dos municípios segundo as regiões do estado do Paraná, a mesorregião do oeste paranaense é composta por 50 municípios, com 1.219.389 habitantes em uma área de 22.851 km² e uma densidade populacional de 53,4 hab.km⁻², na altitude de 483 m (GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ, 2012).

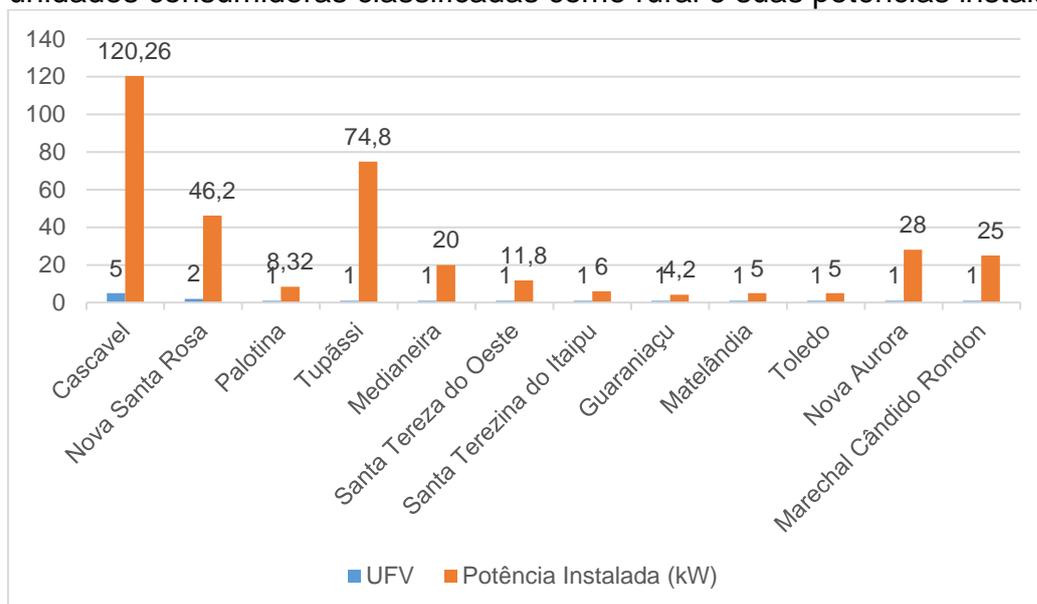
Dos 50 municípios, 36 apresentam UFV fotovoltaicas instaladas, cerca de 72% (ANEEL, 2018), mostrando, dessa maneira, o potencial que a mesorregião do oeste do Paraná possui para a expansão nesse seguimento de geração distribuída. São 552 centrais geradoras fotovoltaicas e 4,3 GW de potência instalada na mesorregião do oeste paranaense, correspondendo, respectivamente, por 25,75% e 18% do total (ANEEL, 2018).

Os principais municípios na geração distribuída com fonte fotovoltaica são: Cascavel, com 148 centrais geradoras fotovoltaicas e 1,238 GW de potência instalada; Foz do Iguaçu, com 121 UFV e potência de 762,88 kW; o município de Toledo, com 68 centrais geradoras e 612,85 kW, e, em quarto lugar, o município de Marechal Cândido Rondon, com 40 centrais geradoras fotovoltaicas e 277,15 kW de potência instalada (ANEEL, 2018).

Outros municípios que merecem destaque na quantidade de UFV instaladas são: Santa Helena e Palotina, com 17 cada; Nova Santa Rosa, com 14; Nova Aurora e Medianeira, com 12; Santa Tereza do Oeste, com 10; e Assis Chateauriand, Guaíra e São Miguel do Iguaçu, com 9, 8 e 7, respectivamente (ANEEL, 2018).

A figura 19 apresenta a relação de municípios da mesorregião do oeste paranaense que possuem unidades consumidoras classificadas como pertencentes ao grupo rural e a quantidade de UFV e potência instalada:

Figura 19 - Municípios da mesorregião do oeste paranaense com sistemas UFV em unidades consumidoras classificadas como rural e suas potências instaladas



Fonte: Adaptado de ANEEL (2018).

Existem 17 unidades consumidoras classificadas como rural, sendo 2 na subcategoria A4, uma no município de Palotina e outra no município de Tupãssi com 8,32 kW e 74,8 kW de potência instalada, respectivamente. As outras 15 unidades pertencem a subcategoria B2, com: 5 em Cascavel, com 120,26 kW; 2 em Nova Santa Rosa, com 46,2 kW; e 1 em Medianeira, Santa Tereza do Oeste, Santa Terezinha do Itaipu, Guaraniaçu, Matelândia, Toledo, Nova Aurora e Marechal Cândido Rondon, com, respectivamente, 20 kW, 11,8 kW, 6kW, 4,2 kW, 5 kW, 5 kW, 28 kW e 25 kW de potência instalada (ANEEL, 2018).

2.3 AGRONEGÓCIO E O CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL

O agronegócio engloba vários ramos de atuação no mercado: agricultura, frigoríficos (frango, boi, porco), criação bovina, caprina, equina, granja de aves e porcos, atividades canavieiras para produção do etanol ou açúcar, armazenagem e outras diversas atividades (PEGORARE et al., 2017).

A agricultura é um dos mais importantes e estratégicos setores econômicos de um país. No caso do Brasil, ele toma uma importância muito maior, pois o Brasil é o segundo maior exportador de produtos agrícolas para a União Europeia (HUBBARD; ALVIM; GARROD, 2017). A exportação para a União Europeia no ano de 2015/2016 teve um valor de 18.3 bilhões de dólares, tendo como principais produtos: soja, café e carne (ALAN BOJANIC, 2017). De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, no ano de 2015/2016 o Brasil exportou mercadorias no valor total de 52.9 bilhões de dólares, tendo como principais mercados: China, União Europeia, Estados Unidos, Japão, Rússia e Arábia Saudita.

Dentro do mercado de *commodities*, os produtos agrícolas tiveram um destaque e um crescimento nos últimos anos, devido, em grande parte, ao desenvolvimento de políticas públicas que favorecem não apenas o grande produtor, mas também o pequeno e o micro produtor rural (SVAMPA, 2015).

Outro ramo do agronegócio que merece destaque são as atividades sucroalcooleiras que, devido ao crescente valor do petróleo e seus derivados, vêm sendo uma alternativa para as indústrias (LORENZO; YAMIN VAZQUEZ, 2016). Contudo, a escolha por utilizar a matéria prima para a produção do etanol, em vez da produção de açúcar, tem acarretado aumento no preço do produto, devido a lei de oferta e demanda. Outra preocupação são os rejeitos da produção do etanol, pois causam impactos ambientais grandes quando não tratados (GUEDES et al., 2013).

Subsetores como frigoríficos estão tendo um aumento na produção o Brasil que responde por 51,3% da produção de carne bovina na América Latina (PEGORARE et al., 2017), ficando em segundo lugar no *ranking* mundial, com uma produção 15.71%, atrás dos Estados Unidos, com 19.99% da carne produzida no mundo, de acordo com Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA).

Quanto à produção de carne de aves, o Brasil era o terceiro do mundo em 2013, com produção de 12,3 milhões de toneladas (BEDIN, 2015). Em 5 anos alcançou o segundo lugar, com uma produção de 13,4 milhões de toneladas. Em relação à carne

suína, o Brasil ocupa o quarto lugar, sendo a China o maior produtor (FOREIGN AGRICULTURAL SERVICE - FAS, 2018)

A USDA destaca alguns pontos fortes na produção de grãos e outras *commodities* no Brasil: 3º lugar como produtor de milho, com 9,12% da produção mundial; 1º em café, com 32,02%; e 1º na soja, com 67,82%. Outros destaques são: suco de laranja, com 66,46%, e laranjas frescas, 35,19%, ambos como 1º do mundo. Ademais, ocupa o 4º lugar na produção de açúcar, 18,17%, do farelo de soja, do óleo de soja e da semente de algodão (FAS, 2018).

Dentro desse cenário de crescimento da produção e desenvolvimento do setor, tem-se uma problemática a ser resolvida: o consumo de energia elétrica. A Tabela 7 apresenta o consumo de energia, relacionando ao setor e o tipo de fonte de energia (EPE, 2017b):

Tabela 7 - Comparação entre os tipos de fontes de energia e os setores consumidores

Setor	Eletricidade (%)	Lenha (%)	Óleo Diesel (%)	Gás Natural (%)	Bagaço da Cana (%)	Lixívia (%)
Comercial	91,3	1,1	-	1,6	-	-
Agropecuário	23,2	25,4	50,9	-	-	-
Indústria Têxtil	63,8	7,0	-	23,4	-	-
Alimentos e Bebidas	9,8	9,1	-	3,5	74,5	-
Celulose e Papel	15,8	15,7	-	-	-	50,4
Outras Industrias	50,7	-	-	28,8	-	-

Fonte: Adaptado de Bem (2017).

A Tabela 7 demonstra uma tendência bem clara da importância da eletricidade como fonte de energia, sendo a primeira ou a segunda fonte nos setores comerciais e industrias, de forma geral.

Cassula et al. (2015) relatam que uma indústria sucroalcooleira de médio porte consome 13 MWh e aviários consomem, em média, 0,29 kWh por ave (MORENO, 2015). Já segundo Rovaris (2015), aviários *dark house* consomem entre 0,13 e 0,20 kWh, dependendo da forma construtiva. E as unidades armazenadoras de grãos com variação da capacidade de 3000 a 20000 toneladas apresentam variação de consumo entre 8 e 32,7 kWh (DAVID et al., 2016).

Nesses cenários, há uma demanda a ser fornecida e uma possibilidade de abertura de fornecimento de energia elétrica proveniente de fontes renovadas, além da fonte hídrica clássica. Algumas iniciativas, nesse sentido, são: a utilização da biomassa (CASSULA et al., 2015), do biogás proveniente de biodigestores

(DALLEPIANE; SANTOS; RODRIGUES, 2014; ELÉTRICA; UM; AVES, 2015), e da energia solar na forma heliotérmica (BERTIN, 2017).

Com o avanço das políticas públicas, a isenção de impostos e outras medidas por parte do governo, pode-se apontar a utilização de fontes de energias renováveis além da hídrica para a geração de energia elétrica, como, no caso em estudo, a energia solar fotovoltaica. Atualmente, há 1097 unidades rurais e 765 unidades industriais com geração fotovoltaica, totalizando, respectivamente, 30,1 MW e 44 MW de potência instalada.

2.4 FERRAMENTAS PARA A VIABILIDADE ECONÔMICA

Para se fazer uma análise de viabilidade econômica, deve-se adotar algumas ferramentas. As mais importantes para análise de investimento são: valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR), *payback* simples e *payback* descontado e a relação custo-benefício (CAMARGO; COSTA, 2017; LEE et al., 2017; RODRIGUES et al., 2016; VALE et al., 2017).

O projeto de mini ou microgeração fotovoltaica tem uma vida útil estimada em 25 anos (RODRIGUES et al., 2016), sendo que os módulos apresentam uma vida útil de 25 anos (VALE et al., 2017) e os inversores de tensão com uma vida útil de 10 anos, tendo que ser trocados no 10º e 20º ano do projeto (FIALHO; GOMES, 2017).

O VPL é uma ferramenta matemática que relaciona os fluxos de caixas futuros, descontados a taxa de juros e o valor do investimento inicial do projeto (LEE et al., 2017; RODRIGUES et al., 2016; VALE et al., 2017), como pode-se observar na Equação 2:

$$VPL = \sum_{t=1}^n \left(\frac{FC_t}{(1+i)^t} \right) - FC_0 \quad 2$$

Em que:

n - vida útil do projeto (anos)

FC - fluxo de caixa em cada período (R\$)

i - taxa de juros (%)

FC_0 - valor inicial do investimento (R\$)

A TIR é utilizada para determinar se o projeto é rentável ou não. Se a taxa de rentabilidade do projeto for maior que a taxa de juros praticada significa que o projeto é rentável. Outra característica da TIR é a taxa quando aplicada, em que o VPL tem que ser nulo (CAMARGO; COSTA, 2017; RODRIGUES et al., 2016), conforme a Equação 3:

$$\sum_{t=1}^n \left(\frac{FC_t}{(1+TIR)^t} \right) - FC_0 = 0 \quad 3$$

O *payback* simples e o *payback* descontado é o tempo que o investimento leva para começar a ter uma rentabilidade, isto é, quando o investimento é amortizado pelos recebimentos (CAMARGO; COSTA, 2017). No *payback* descontado existe um desconto que acontece devido à presença da taxa de juros (FIALHO; GOMES, 2017; RODRIGUES et al., 2016), como pode observar nas equações 4 e 5:

$$\text{Payback Simples} = \frac{FC_0}{FC} \quad 4$$

Payback descontado é igual ao mínimo de i , tal que:

$$\sum_{t=1}^n \left(\frac{FC_t}{(1+i)^t} \right) \geq -FC_0 \quad 5$$

A relação benefício-custo (RBC) é uma relação entre o benefício ou receita e o fluxo de caixa de entrada e os custos ou despesas e os fluxos de caixa da saída. Se a relação for maior que 1, significa que o projeto é viável para a execução (CAMARGO; COSTA, 2017; RODRIGUES et al., 2016; VALE et al., 2017). A Equação 6, representa a RCB:

$$\sum_{t=0}^n \frac{FC_b}{(1+i)^t} \quad 6$$

Em que:

FC_b - fluxo de caixa dos benefícios (R\$)

FC_c - fluxo de caixa dos custos (R\$)

i - taxa de juros (%)

n - vida útil do projeto

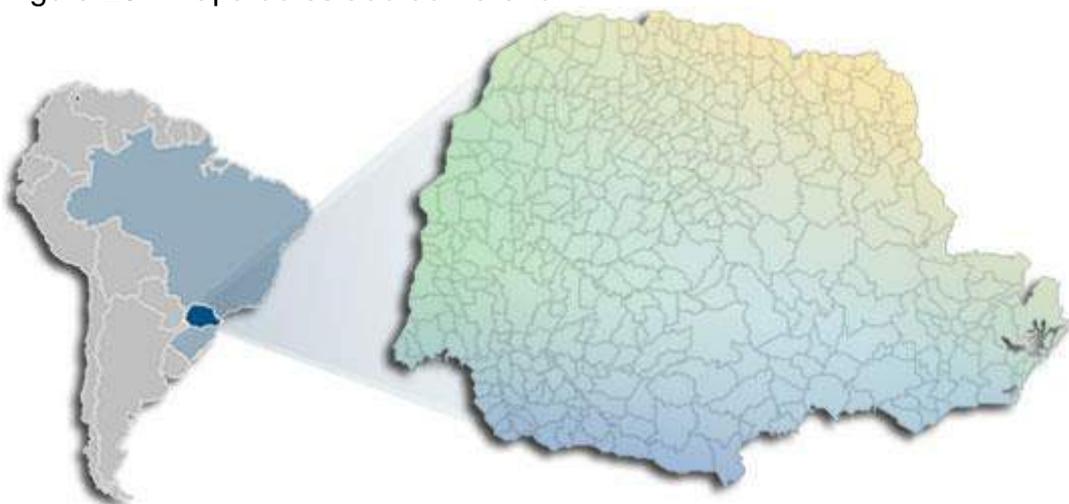
3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 MATERIAL

3.1.1 Localização do Experimento

O trabalho foi desenvolvido no estado do Paraná, tendo suas coordenadas geográficas 24° 57' 21" S e 51° 27' 19" O, localizado na região sul do Brasil, conforme figura 20, abaixo. O clima da região pode ser classificado como um clima subtropical (KÖPPEN; GEIGER, 1928) e apresenta uma radiação solar média anual global de 5,44 kWh.m⁻² (TIEPOLO, G. M. *et al*, 2017).

Figura 20 - Mapa do estado do Paraná



Fonte: <http://www.portalpme.pr.gov.br>

Os empreendimentos do agronegócio serão divididos em 2 ramos econômicos: 1º, aviários para frangos de corte; e 2º, silos armazenadores de grãos, que serão caracterizados em pequeno, médio ou grande porte.

3.1.1.1 Complexo de Aviários

O empreendimento está localizado no município de Tupãssi, latitude 24° 35' 16" S e longitude 53° 30' 42" O, com uma radiação média anual mensal de 4,83 kWh.m⁻² (CRESESB, 2018).

A caracterização de consumo dessa unidade é diferente em relação aos empreendimentos de armazenagem de grãos, pois se trata de uma unidade consumidora do grupo B, tendo como característica apenas a energia consumida total, não havendo diferenciação entre a energia consumida na ponta ou fora de ponta. Pode-se observar essa característica na Tabela 8:

Tabela 8 - Caracterização do consumo de energia elétrica do complexo de três aviários

Mês	Energia Consumida (kWh)	Custo (R\$)
11/2016	9569	2418,36
12/2016	10033	2554,52
01/2017	9609	2372,03
02/2017	17713	4454,94
03/2017	18976	4957,36
04/2017	5065	1307,05
05/2017	10276	2604,41
06/2017	14692	4016,23
07/2017	10917	2905,47
08/2017	11236	3257,97
09/2017	8408	2371,27
10/2017	6457	1811,5
11/2017	11078	3422,5
12/2017	10550	3283,42
01/2018	13024	3825,84
Total	167.603	45.562,87

Fonte: Adaptado de COPEL (2016, 2018).

O complexo de três aviários possui sistema fotovoltaico que entrou em operação no mês de fevereiro de 2018. Optou-se por fazer o estudo entre o período que compreende o mês de novembro de 2016 a janeiro de 2018, pois durante este período não houve compensação de energia.

São três aviários de 130 x 14 m, com uma capacidade de 25.000 cabeças de frango por lote, sendo que recebe durante o ano uma quantidade de 5,5 lotes. A figura 21 apresenta a disposição do completo de três aviários:

Figura 21 - Imagem de satélite complexo de aviários



Fonte: Adaptado de GoogleMaps (2018).

3.1.1.2 Armazenagem de grãos pequeno porte

O empreendimento está localizado em Espigão Azul, latitude $24^{\circ} 57' 27''$ S e longitude $53^{\circ} 27' 34''$ O, com radiação média anual mensal de $4,70 \text{ kWh.m}^{-2}$ (CRESESB, 2018).

A unidade possui um silo de 2.000 ton e quatro moegas com 72 ton cada, totalizando uma capacidade de armazenamento de 2.288 ton. A figura 22 apresenta uma visão de satélite do local do empreendimento:

Figura 22 - Imagem de satélite armazenagem 1



Fonte: Adaptado de GoogleMaps (2018).

A caracterização de consumo desta unidade é diferente em relação aos empreendimentos de complexo de três aviários, pois se trata de uma unidade consumidora do grupo A, tendo como característica a energia consumida na ponta, das 18 às 21 horas, e a energia consumida fora de ponta, durante o restante do dia. Pode-se observar essa característica na Tabela 9:

Tabela 9 - Caracterização do consumo da energia elétrica do empreendimento de armazenagem de grãos pequeno porte

Data	Energia Consumida na Ponta (kWh)	Custo (R\$)	Energia Consumida Fora de Ponta (kWh)	Custo (R\$)
jun/17	310 (1,613387)	500,15	2558 (0,425078)	1087,35
jul/17	313 (1,837764)	575,22	2462 (0,435926)	1073,25
ago/17	396 (1,857879)	735,72	3248 (0,440690)	1431,36
set/17	321 (1,874424)	601,69	2963 (0,444620)	1317,41
out/17	305 (1,896426)	578,41	2445 (0,449840)	1099,86
nov/17	289 (1,900277)	549,18	2380 (0,450744)	1072,77
dez/17	265 (1,900264)	503,57	2677 (0,450743)	1206,64
jan/18	257 (1,877704)	482,57	2412 (0,445390)	1074,28
fev/18	513 (1,829298)	938,43	3832 (0,433907)	1662,73
mar/18	948 (1,782300)	1689,62	8447 (0,422752)	3570,99
abr/18	344 (1,777907)	611,6	3493 (0,421723)	1473,08
maio/18	248 (1,777863)	440,91	3128 (0,421720)	1319,14
Total	4.509	7.811,07	40.045	17.388,86

Fonte: Adaptado de COPEL (2017, 2018).

3.1.1.3 Armazenagem de grãos de médio porte

O empreendimento está localizado no município de Ivaiporã, latitude 24° 14' 56" S e longitude 51° 40' 33" O, com uma radiação média anual mensal de 4,81 kWh.m⁻² (CRESESB, 2018).

A unidade possui dois silos com capacidade 1.800 ton cada, um silo pulmão com 1.800 ton e quatro moegas com capacidade de 150 ton cada, totalizando uma capacidade de armazenamento de 6.000 ton. O empreendimento é representado por uma imagem de satélite, na figura 23:

Figura 23 - Imagem de satélite armazenagem 2



Fonte: Adaptado de GoogleMaps (2018).

A Tabela 10 apresenta a caracterização do consumo de energia do empreendimento de armazenagem de médio porte:

Tabela 10 - Caracterização do consumo da energia elétrica do empreendimento de armazenagem de grãos de médio porte

Data	Energia Consumida na Ponta (kWh)	Custo (R\$)	Energia Consumida Fora de Ponta (kWh)	Custo (R\$)
jul/17	217 (1,748479)	379,42	6571 (0,431475)	2835,22
ago/17	1686 (1,849081)	3117,55	19198 (0,438597)	8420,18
set/17	664 (1,867997)	1240,35	12366 (0,443082)	5479,15
out/17	313 (1,886550)	590,49	11961 (0,447489)	5352,42
nov/17	312 (1,900288)	592,89	5234 (0,450753)	2359,24
dez/17	327 (1,900306)	621,4	6670 (0,450750)	3006,5
jan/18	302 (1,889371)	570,59	4184 (0,448169)	1875,14
fev/18	307 (1,851433)	568,39	4242 (0,439165)	1862,94
mar/18	1672 (1,801352)	3011,86	28797 (0,427275)	12304,25
abr/18	1800 (1,777967)	3200,34	26306 (0,421727)	11093,94
maio/18	432 (1,777940)	768,07	11267 (0,421725)	4751,58
jun/18	374 (1,777914)	664,94	9006 (0,421724)	3798,05
Total	8.406	15.326,29	145.802	61.275,67

Fonte: Adaptado de COPEL (2017, 2018).

3.1.1.3 Armazenagem de grãos de grande porte

O empreendimento está localizado no município de Cascavel, latitude 24° 98' S e uma longitude 53° 48' O, com radiação média anual mensal de 4,74 kWh.m⁻² (CRESESB, 2018).

A Tabela 11, a seguir, apresenta a caracterização do empreendimento de armazenagem de grãos de grande porte. Como se trata de uma unidade consumidora do grupo A, assim como as outras duas unidades de armazenagem de grãos, ela apresenta em sua fatura a energia consumida na ponta e fora de ponta e os custos de cada energia.

Tabela 11 - Caracterização do consumo da energia elétrica do empreendimento de armazenagem de grãos de grande porte

Data	Energia Consumida na Ponta (kWh)	Custo (R\$)	Energia Consumida Fora de Ponta (kWh)	Custo (R\$)
jul/17	5481 (1,716829)	9409,94	58495 (0,429979)	25151,63
ago/17	16014 (1,846391)	29568,11	161297 (0,437957)	70641,13
set/17	5281 (1,866012)	9854,41	68644 (0,442611)	30382,62
out/17	479 (1,883528)	902,21	18443 (0,446773)	8239,84
nov/17	511 (1,900274)	971,04	9807 (0,450752)	4420,52
dez/17	591 (1,900305)	1123,08	13244 (0,450751)	5969,75
jan/18	447 (1,893020)	846,18	9293 (0,449025)	4172,79
fev/18	1421 (1,858417)	2640,81	20071 (0,440813)	8847,55
mar/18	11460 (1,807306)	20711,73	139314 (0,428686)	59722,03
abr/18	2193 (1,777962)	3899,07	33352 (0,421727)	14065,44
maio/18	673 (1,777949)	1196,56	17687 (0,421727)	7459,08
jun/18	775 (1,777935)	1377,9	24151 (0,421726)	10185,11
jul/18	698 (1,857521)	1296,55	19392 (0,464734)	8547,39
Total	46.024	83.797,54	593.190	257.804,88

Fonte: Adaptado de COPEL (2017, 2018).

O empreendimento é composto por oito silos com 4.500 ton cada, quatro silos pulmão com 600 ton cada, um graneleiro com 10.000 ton e quatro moegas com 240 ton cada, totalizando 49.360 ton de capacidade de armazenamento. A figura 24 representa, em detalhes, o empreendimento:

Figura 24 - Imagem de satélite armazenagem 3



Fonte: Adaptado de GoogleMaps (2018).

3.2 MÉTODOS

O estudo da viabilidade econômica primeiramente foi baseado na escolha de três empreendimentos do agronegócio de dois ramos diferentes de atuação para um estudo comparativo, sendo um empreendimento um complexo de três aviários e três empreendimentos de armazenamento de grãos que foram divididos em pequeno, médio e grande porte. A escolha dos empreendimentos se deve ao fato de o oeste do Paraná ser uma dos maiores produtores agrícolas do Brasil, principalmente nesses ramos de mercado (HUBBARD; ALVIM; GARROD, 2017).

Criou-se um índice comparativo entre o custo da energia elétrica consumida e o custo da produção, tanto dos aviários quanto das empresas de armazenagem de grãos, e desenvolveu-se outro índice que relacionou o custo da instalação de sistemas fotovoltaicos e o custo da produção.

Fez-se um estudo das faturas de energia elétrica dos consumidores para o devido dimensionamento dos sistemas fotovoltaicos, que basicamente seguem a mesma metodologia de dimensionamento. A diferença é que o empreendimento do complexo de três aviários é um consumidor do grupo B, ou seja, o padrão da propriedade é alimentado em baixa tensão, logo, a fatura de energia elétrica apresenta apenas a energia consumida mensal e o valor a ser pago. E o empreendimento de armazenagem de grãos é um consumidor do grupo A, isto é, é alimentado em alta tensão, assim, a fatura apresenta além da energia consumida na ponta e fora de ponta, a demanda contratada, a demanda contratada não utilizada, a demanda de ultrapassada, e a energia reativa enviada a rede de distribuição, tendo um valor monetário diferente para cada uma dessas parcelas.

Fez-se o dimensionamento do sistema fotovoltaicos dos empreendimentos do agronegócio. Para tanto, avaliou-se as faturas de energia elétrica de ambos os grupos A e B. Para o dimensionamento do sistema fotovoltaico foi utilizado apenas a energia consumida fora de ponta – prática comum no mercado de geração de energia elétrica.

Não se levou em consideração a energia consumida na ponta, por dois motivos: primeiro, a compensação de energia é realizada no mesmo período em que ela é gerada. Como se trata de sistemas fotovoltaicos, a geração é realizada durante o período do dia, que vai das 8 até as 18 horas, horário que faz parte do consumo fora

de ponta (ANEEL, 2010). O segundo motivo é que a quantidade de energia consumida na ponta é muito menor que a energia consumida fora de ponta, o que não influenciou no dimensionamento dos sistemas fotovoltaicos.

Utilizou-se para os cálculos a irradiação no plano horizontal, retirada do site do CRESESB, e estudou-se os sistemas fotovoltaicos, em que os módulos tiveram uma inclinação de 26° em relação ao eixo horizontal, devido à posição geográfica da região oeste do Paraná (CRESESB, 2018).

Adicionou-se os custos da troca dos inversores e considerou-se a troca ao fim da vida útil dos inversores, que é de 10 anos, ou seja, no 10º e 20º ano de vida útil do sistema fotovoltaico.

Foram adicionados custos de manutenção na ordem de 0,5% do valor do sistema fotovoltaico anualmente – prática realizada por empresas do ramo –, mesmo não havendo nenhum estudo sobre os custos de manutenção de sistemas fotovoltaicos. Tais custos, quando existem, são considerados apenas para limpeza dos módulos (SHIMURA et al., 2016).

No custo do sistema estão inclusos os impostos federais e estaduais, pois cada componente do sistema foi orçado dentro do mercado brasileiro, com exceção do cabo CC de 10mm², que foi orçado no mercado americano e feito uma conversão direta. Não se considerou – pois não se teve acesso a tais dados – o valor referente à parte de alvenaria, uma vez que, devido à dimensão do sistema, ele não pode ser instalado na cobertura dos aviários.

Teve-se acesso a um orçamento do sistema fotovoltaico respondido apenas por uma empresa, mas ela não tinha todos os materiais para instalação do sistema em solo, sendo especializada em sistemas de médio e pequeno porte instalados em coberturas.

Para a estrutura de fixação dos módulos fotovoltaicos com 2 m, 0,99 m e 0,035 m altura, largura e comprimento, respectivamente. Utilizou-se estruturas para solo devido à área que os sistemas exigiram para a instalação. O custo da estrutura foi de R\$ 749,00 e instalou-se quatro módulos por estrutura.

A figura, na sequência, apresenta a estrutura de fixação no solo. Desconsiderou-se a parte da construção civil e o aterramento por serem serviços específicos e por não ter se recebido o retorno das empresas especializadas.

Figura 25 - Estrutura de fixação em solo



Fonte: www.minhacasasolar.com.br

O custo do módulo fotovoltaico escolhido, RSM 72-6-330P, foi de R\$ 689,00 por unidade. Utilizou-se, para a parte de proteção, *stringbox* encontradas no mercado. Optou-se, devido à facilidade, por quatro *stringboxes* da marca NeoSolar *Stringbox* Pro 4 x 2, que apresenta as seguintes características: suporta quatro *strings* de entrada e tem duas saídas, um quadro IP65, duas chaves seccionadoras 3P 25 A 1000 Vcc, duas proteções contra sobretensão PV SCI 1000 Vcc e dois sistemas de proteção de surto (DPS) CC FV 1000 V – todos destinados a sistemas fotovoltaicos. Cada *stringbox* tem custo de R\$ 1.700,00.

A seção mínima do cabo CC foi a 10mm². Não foram encontrados cabos CC de 10mm² no mercado nacional. Em pesquisa realizada na *internet*, encontrou-se o metro do cabo solar de 10mm² com custo de US\$ 3,50 por metro. Fez-se uma cotação direta com o custo do dólar a R\$ 4,00, totalizando R\$ 14,00 o metro.

Fez-se uma comparação entre o preço do sistema calculado, os custos do sistema calculado, e o custo do sistema orçado com a empresa instaladora de sistemas fotovoltaicos.

Devido as distorções da TIR, utilizou-se a ferramenta TIRM (Taxa Interna de Retorno Modificada), que objetivou a redução das distorções que nas outras ferramentas econômicas podem ocorrer (ALVEZ; JUNIOR; LIMA, 2005). A TIRM utilizou a taxa de reinvestimento da poupança que foi de 4,45%.

Desenvolveu-se os índices que relacionaram os custos da produção em relação aos custos da energia elétrica e os custos da produção em relação aos custos do sistema fotovoltaico.

Para poder analisar o custo da produção relacionando o custo da energia elétrica e o custo do sistema fotovoltaico, foi necessário o desenvolvimento de índices, pois, como são diferentes, ou seja, os empreendimentos fazem parte de grupos de consumidores distintos e trabalham com tarifa de energia e forma de tarifação diferenciadas, não poderia se fazer uma relação direta entre eles.

3.2.1 Dimensionamento do Sistema Fotovoltaico para o Complexo de Três Aviários

Foi realizado o estudo da fatura do empreendimento do complexo de três aviários entre os meses de novembro de 2016 e janeiro de 2018, para, dessa forma, ter uma melhor caracterização do consumo de energia elétrica do empreendimento. Com os dados, fez-se um dimensionamento do sistema fotovoltaico que supra o consumo de energia elétrica.

Levantou-se o consumo médio diário mensal (PINHO; GALDINO, 2014), por meio do estudo da fatura do empreendimento, no mínimo, dos últimos 12 meses.

O complexo dos três aviários está classificado como consumidor B, baixa tensão, apresentando em sua fatura monômnia apenas a energia total consumida e o respectivo valor a ser pago.

A Tabela 9, já apresentada, caracterizou o empreendimento, dando ênfase a energia consumida e o valor pago. As faturas foram analisadas por um período maior que os 12 meses, sendo que esse intervalo é o mínimo exigido. Tendo como características meses com consumo elevado devido aos períodos característicos da criação das aves e períodos com consumo menores, em que não houve as fases mais críticas da criação, passando uma sazonalidade ao consumo de energia elétrica do empreendimento.

Com a análise das faturas de energia elétrica, pode-se calcular o consumo médio mensal utilizando a Equação 7:

$$\frac{m_1+m_2+\dots+m_n}{n}$$

Em que:

m – consumo no mês

n – total de meses

A subtração do kWh mínimo exigido pela ANEEL para a utilização da rede de distribuição da distribuidora – neste caso a COPEL – é de 100 kWh. Para consumidores cativos do grupo B, a propriedade tem tensão de fornecimento trifásico 380 V, nesse caso o limite mínimo exigido é de 100 kWh, pagos para a disponibilidade da rede de distribuição. O consumo médio diário foi calculado utilizando o resultado da Equação 7 e dividindo-o por 30 dias.

Utilizou-se o site do CRESEB para calcular a radiação solar média anual do plano horizontal local, o que equivale a horas de sol pico ou horas de sol pleno (HSP). Foram utilizadas as coordenadas do empreendimento.

Para a obtenção do kWp (quilo-watt pico), utilizou-se a Equação 8, objetivando-se o número necessário de módulos fotovoltaicos que consiga gerar energia elétrica por meio do sistema fotovoltaico (PINHO; GALDINO, 2014):

$$W_p = \frac{\text{Consumo médio diário}}{\text{HSP}} \quad 8$$

Conhecendo as informações da quantidade de kWp diário e o Wp gerado pelo módulo, pode-se calcular o número de módulos do sistema fotovoltaico. Para tanto, foi utilizada a Equação 9:

$$N_m = \frac{W_p \text{ diário}}{W_p \text{ módulo}} \quad 9$$

Em que:

N_m – número de módulos fotovoltaicos

W_p diário – quantidade de quilowatt pico demandada pelo sistema

W_p módulo – quantidade de watt gerada por módulo fotovoltaico

Tendo em vista a geração de energia elétrica diária produzida por um módulo e levando em consideração a eficiência, a sua área e radiação do local onde será

instalado o sistema fotovoltaicos, aplicou-se a Equação 10, para se obter os mesmos resultados da Equação 9 (PINHO; GALDINO, 2014):

$$E_d = A \cdot \mu \cdot HSP \quad 10$$

Em que:

E_d – energia diária produzida

A – área do módulo

μ - rendimento do módulo

HSP – horas de sol pico

Outra fórmula, de acordo com Pinho e Galdino (2014), que deve ser levada em consideração é a Equação 11, que utiliza uma taxa de decaimento na geração de energia elétrica do sistema fotovoltaico. Tal fórmula leva em consideração a redução em torno de 20% da energia gerada ao fim da vida útil do sistema, que é de 25 anos:

$$E_{\text{real}} = \frac{E}{TD} \quad 11$$

Em que:

E_{real} – potência do sistema no fim da vida útil

E – consumo diário médio anual ou fração dele

TD – taxa de decaimento da geração de energia elétrica

A escolha dos módulos para o sistema fotovoltaico foi feita pela sua potência, rendimento e facilidade para serem encontrados no mercado especialista, todos os módulos foram escolhidos no site do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), pois qualquer equipamento para ser ligado à rede de distribuição tem que ser homologado. A Tabela 12 representa a pesquisa realizada no mercado:

Tabela 12 - Módulos fotovoltaicos valores de mercado

	Risen RSM 72-6-345M	Canadian CS3U-365M	Risen RSM 72-6-330P	Canadian CS6U-330P
Tecnologia	monocristalino	monocristalino	policristalino	policristalino
Potência	345 W	365 W	330 W	330 W
Rendimento	17,8%	18,40%	17,1%	16,97%
Custo A	R\$ 684,27	R\$ 789,57	R\$ 689,00	R\$ 739,00
Custo B	-	R\$ 1250,00	-	R\$ 892,00
Custo C	-	-	-	R\$ 849,00

Fonte: Adaptado de Empresa A, B e C (2018).

Para a escolha do inversor, levou-se em consideração a quantidade de módulos fotovoltaicos e a potência máxima. Depois, fez-se um levantamento no mercado nacional de modelos e potências de inversores que pudessem satisfazer as necessidades do projeto.

A Equação 12 calcula a quantidade de módulos fotovoltaicos por inversores (PINHO; GALDINO, 2014). Utilizou-se a Equação 12 para conformidade com o manual de uso dos inversores:

$$Nm_{\max} = \frac{P_{\text{inv}}}{P_m} \quad 12$$

Em que:

Nm_{\max} - número máximo de módulos

P_{inv} – potência do inversor [W]

P_m – potência módulo [W]

A Equação 13 calculou o número de módulos em série por entrada MPPT (*Maximum Power Point Tracking*) – seguidor de ponto de máxima potência:

$$\frac{V_{\text{invmin}}}{V_m} \leq Nm_{\text{MPPT}} \leq \frac{V_{\text{invmax}}}{V_m} \quad 13$$

Em que:

Nm_{MPPT} – número de módulos em série por MPPT

V_{invmin} – tensão mínima de operação do inversor [V]

V_{invmax} – tensão máxima de operação do inversor [V]

V_m – tensão do módulo fotovoltaico [V]

Calculou-se também o número de *strings* que se pode pôr em paralelo para cada entrada MPPT. Para isso, utilizou-se a Equação 14:

$$N_L = \frac{I_{invmax}}{I_m} \quad 14$$

Em que:

N_L – número de *strings* em paralelo

I_{invmax} – corrente de operação máxima do inversor [A]

I_m - corrente de operação do módulo fotovoltaico [A]

3.2.2 Dimensionamento dos Sistemas Fotovoltaicos para os Empreendimentos de Armazenagem de Grãos

Assim como foi feito para o complexo de três aviários, foram estudadas as faturas de energia elétrica de cada empreendimento e realizou-se o dimensionamento dos sistemas fotovoltaicos.

Como os empreendimentos fazem parte do mesmo ramo de negócios, o armazenamento de grãos, e todos são pertencentes ao grupo A, ou seja, são consumidores cujo o fornecimento de energia elétrica é feito em alta tensão e apresentam em suas faturas a energia consumida na ponta e fora de ponta, mas também uma demanda contratada, decidiu-se dividir em 3 subitens: a) armazenagem de grãos de pequeno porte, b) armazenagem de grãos de médio porte e c) armazenagem de grãos de grande porte.

3.2.2.1 Dimensionamento dos Sistemas Fotovoltaicos para o Empreendimento de Armazenagem de Grãos de Pequeno Porte

Com base no consumo apresentado nas faturas e tabulado na Tabela 9, objetivou-se a análise das faturas de energia elétrica do empreendimento de armazenagem de grãos de pequeno porte, que está localizado na região de Espigão Azul, zona rural do município de Cascavel.

As faturas de energia elétrica estudadas foram do período de junho de 2017 a junho de 2018, que possuem uma demanda contratada de 89,25 kW. Vale ressaltar

que unidades consumidoras do grupo A apresentam mensalmente, como observa-se na Tabela 9, uma pequena variação no custo da energia elétrica e da demanda contratada, o que se deve ao fato da variação do PIS (Programa de Integração Social) e o COFINS (Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social). Outro fator que interfere no valor é a mudança de bandeiras (verde – amarela – vermelha), características estas que a unidade consumidora do grupo B não apresentam.

Para o efeito de cálculo do dimensionamento do sistema fotovoltaico, considera-se apenas a demanda contratada que foi de 89,25 kW, pois, de acordo com ANEEL (2012), uma unidade consumidora do grupo A tem como limitadora para sistemas de geração distribuído a demanda contratada.

Tendo como demanda contratada uma quantidade de 89,25 kW, utilizando o modelo de módulo fotovoltaico RSM 72-6-330P, policristalino de 330 W de potência, e utilizando-se a Equação 9, tem-se uma quantidade limite de módulos de 270.

O empreendimento de armazenagem de grãos de pequeno possui um consumo de energia fora de ponta e na ponta anual de 44.554 kWh, sendo um consumo de energia médio diário de 123,76 kWh e HSP de 4,70 kWh.m².dia⁻¹, dando uma potência diária requerida pelo sistema de 26,33 kW. Como a demanda contratada foi de 89,25 kW, não há a necessidade de uma readequação.

3.2.2.2 Dimensionamento dos Sistemas Fotovoltaicos para o Empreendimento de Armazenagem de Grãos de Médio Porte

As faturas de energia elétrica estudadas foram do período de julho de 2017 até junho de 2018, com a demanda contratada de 120 kW. O empreendimento fica na região de Ivaiporã, município do estado do Paraná. Com a demanda, o maior sistema fotovoltaico que poderia ser instalado no empreendimento seria um com 364 módulos fotovoltaicos de 330 W cada.

Foi estudado as faturas de energia elétrica, como apresentado na Tabela 10. Observou-se se haveria necessidade de aumento da demanda contratada, em que no cenário 3 foi utilizado apenas a energia consumida fora de ponta e no cenário 4 tanto a energia fora de ponta como a quantidade de 4 vezes a energia consumida na ponta.

O empreendimento de armazenagem de grãos de médio porte tem um consumo de energia fora de ponta e na ponta anual de 154.208 kWh, sendo um

consumo de energia médio diário de 428,35 kWh e HSP de 4,81 kWh.m².dia⁻¹, o que dá uma potência diária requerida pelo sistema de 89,05 kW. Como a demanda contratada foi de 120 kW, não há a necessidade de uma readequação.

3.2.2.3 Dimensionamento dos Sistemas Fotovoltaicos para o Empreendimento de Armazenagem de Grãos de Grande Porte

As faturas estudadas do empreendimento de armazenagem de grãos de grande porte foram do período de julho de 2017 a julho de 2018. A demanda contratada é de 710 kW, o sistema fotovoltaico para essa demanda teria 2.152 módulos fotovoltaicos de 330 W cada.

Estudou-se as faturas de energia elétrica para saber se haveria a necessidade de aumento na demanda para a instalação do sistema fotovoltaico. A Tabela 11 caracterizou o consumo da unidade. Caso a demanda contratada não fosse compatível com o sistema, a readequação se tornaria necessária.

O empreendimento de armazenagem de grãos de grande porte tem um consumo de energia fora de ponta e na ponta anual de 639.214 kWh, com um consumo de energia médio diário de 1.775,59 kWh e HSP de 4,74 kWh.m².dia⁻¹, o que requer um sistema com uma potência instalada de 374,59 kW. Como a demanda contratada foi de 710 kW, não há a necessidade de uma readequação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 RESULTADOS DO DIMENSIONAMENTO DO COMPLEXO DE TRÊS AVIÁRIOS

O empreendimento de criação de frangos é uma unidade consumidora do grupo B. Obteve-se uma média mensal de 11.173 kWh de consumo de energia elétrica com um custo mensal de R\$ 3.3037,52, no período que compreende os meses de novembro de 2016 a janeiro de 2018. Utilizando-se a Equação 7, obteve-se um consumo diário médio de 372,43 kWh.dia⁻¹.

Por meio da Equação 8, dividiu-se o consumo diário médio de 356,7 kWh.dia⁻¹ pelas horas de sol pico de 4,83 kWh.m².dia⁻¹ e obteve-se 77,11 kWp.dia⁻¹ de potência instalada do sistema fotovoltaico.

Utilizando-se a Equação 11, para a devida adequação do sistema fotovoltaico dimensionado, levou-se em consideração uma taxa de decaimento de 80% e obteve-se um sistema fotovoltaico com potência de 96,38 kWp.dia⁻¹.

Com base na Equação 12, construiu-se a Tabela 13, que dá uma representatividade maior, pois trabalhou-se com módulos de diferentes potências:

Tabela 13 - Número máximo de módulos fotovoltaicos por inversor

	Módulo Fotovoltaico	Módulo Fotovoltaico	Módulo Fotovoltaico	Módulo Fotovoltaico
Inversores Modelos	RSM 72-6-345M	CS3U-365M	RSM 72-6-330P	CS6U-330P
CSI-50k-KLT	144	136	151	151

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Foram escolhidos os inversores da marca *Canadian Solar*[®], modelo CSI-50K-KTL de potência de 50 kW, custando no mercado R\$ 32.590,00, com *Wi-Fi* para supervisionar a geração de energia elétrica – sabendo que o inversor de 50 kW possui 4 entradas de MPPT.

Utilizando-se as Equações 12 e 13 para o cálculo do dimensionamento do inversor, montou-se a Tabela 14, sabendo que as tensões mínimas e máximas de operação e a máxima corrente de operação máxima no inversor são respectivamente 439 V, 850 V e 178 A para o inversor de 50 kW. Os módulos fotovoltaicos RSM 72-6-

345M, CS3U-365M, RSM 72-6-330P e CS6U-330P têm as tensões e correntes de operação de: 38,5 V e 8,97 A; 39,4 V e 9,37 A; 38,1 V e 8,7 A; e 37,0 V e 8,88 A.

Tabela 14 - Cálculo do número de módulos em série por entrada MPPT e número de *strings* em paralelo

Módulo Fotovoltaico	Inversor modelo CSI-50k-KLT	
	Número de módulos em série	Número de <i>strings</i> em paralelos
RSM 72-6-345M	$11 \leq Nm \leq 22$	19
CS3U-365M	$11 \leq Nm \leq 21$	19
RSM 72-6-330P	$11 \leq Nm \leq 22$	20
CS6U-330P	$11 \leq Nm \leq 22$	20

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

A tensão de operação do inversor de 50 kW está na faixa de valores de 439 e 850 V e com uma corrente de operação de 11,4 ou 28,5 A por entrada MPPT. O inversor CSI-50k-KLT suporta no máximo 144 módulos RSM 72-6-345M, 136 do modelo CS3U-365M, 151 tanto RSM 72-6-330P como o CS6U-330P. Dessa maneira, optou-se pelo *design* das *strings*, dividindo-se a quantidade de módulos suportados por 8 para o inversor de 50 kW. A Tabela 15 representa a distribuição por entrada MPPT, pois o inversor possui 4 entradas MPPT, sendo que, para o inversor de maior potência, três *strings* podem ser ligadas em paralelo:

Tabela 15 - *Design* das *strings* do sistema fotovoltaico

Inversor	Número de módulos em série por entrada MTTP	Número de módulos em paralelo por entrada MTTP
CSI-50k-KLT	RSM 72-6-345M x 18 = 693 V sendo 8 <i>strings</i> com 18 módulos	RSM 72-6-345M x 2 = 17,94 A
CSI-50k-KLT	CS3U-365M x 17 = 669,8 V sendo 8 <i>strings</i> com 17 módulos	CS3U-365M x 2 = 18,74 A
CSI-50k-KLT	RSM 72-6-330P x 19 = 723,9 V sendo 8 <i>strings</i> com 19 módulos	RSM 72-6-330P x 2 = 17,4 A
CSI-50k-KLT	CS6U-330P x 19 = 703 V sendo 8 <i>strings</i> com 19 módulos	CS6U-330P x 2 = 17,76 A

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

4.2. CUSTO TOTAL DO SISTEMA FOTOVOLTAICO E O ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DO COMPLEXO DE TRÊS AVIÁRIOS

O sistema fotovoltaico dimensionado para o complexo de três aviários pode ser observado na Tabela 16, onde são apresentados os custos dos componentes e o custo final do sistema dimensionado:

Tabela 16 - Custo do sistema fotovoltaico dimensionado do complexo de três aviários com potência de 96,38 kW

Material	Sistema 3
292 x RSM 72-6-330P	201.188,00
2 x CSI-50k-KLT	65.180,00
4 x <i>Stringbox</i>	6.800,00
800 m x CC 10mm ²	11.200,00
73 x Estrutura de fixação no solo	54.677,00
TOTAL (R\$)	339.045,00

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

O custo da energia do complexo de três aviários neste período foi de R\$ 45.562,87. O estudo do FCL descontado (Fluxo de Caixa Livre) teve como valor inicial o investimento do sistema fotovoltaicos calculado de R\$ 339.045,00.

Considerou-se no *payback* simples somente o desconto do custo dos inversores e da manutenção para limpeza, não se levando em consideração o valor do dinheiro no tempo. Por isso, utilizou-se nos anos de troca dos inversores o custo fixo de R\$ 65.180,00 e o custo de manutenção para limpeza dos módulos de R\$ 1.695,22. No *payback* descontado, considerou-se o valor do dinheiro no tempo e o custo dos inversores. Quanto ao custo de manutenção, optou-se por deixá-lo fixo.

Obteve-se uma economia pela geração de energia elétrica de R\$ 45.562,87. Subtraiu-se desse valor o custo da manutenção anual de R\$ 1.695,22, totalizando uma economia anual de R\$ 43.867,65.

A Tabela 17, a seguir, apresenta os *payback* simples e o *payback* descontado do complexo de três aviários. Levou-se em consideração os descontos anuais que o estudo de viabilidade econômica teve, devido aos custos de troca dos inversores e manutenção do sistema fotovoltaico. Utilizou-se a taxa SELIC de 6,5% ao ano como taxa de juros para os cálculos.

Tabela 17 - *Payback* simples e *payback* descontado do sistema fotovoltaico do complexo de três aviários

<i>Payback</i> simples			<i>Payback</i> descontado		
ANO	FCL livre	FCL acumulado	ANO	FCL livre	FCL acumulado
0	-339.045,00	-339.045,00	0	-339.045,00	-339.045,00
01	43.867,65	-294.960,27	01	41.394,11	-297.650,89
02	43.867,65	-250.875,54	02	38.867,71	-258.783,18
03	43.867,65	-206.790,81	03	36.495,50	-222.287,67
04	43.867,65	-162.706,08	04	34.268,08	-188.019,59
05	43.867,65	-118.621,35	05	32.176,60	-155.842,99
06	43.867,65	-74.536,62	06	30.212,77	-125.630,22
07	43.867,65	-30.451,89	07	28.368,80	-97.261,43
08	43.867,65	13.632,84	08	26.637,37	-70.624,06
09	43.867,65	57.717,57	09	25.011,61	-45.612,44
10	-21.312,35	36.622,30	10	-11.238,00	-56.850,44
11	43.867,65	80.707,03	11	22.051,72	-34.798,72
12	43.867,65	124.791,76	12	20.705,84	-14.092,88
13	43.867,65	168.876,49	13	19.442,10	5.349,22
14	43.867,65	212.961,22	14	18.255,50	23.604,72
15	43.867,65	257.045,95	15	17.141,31	40.746,03
16	43.867,65	301.130,68	16	16.095,13	56.841,16
17	43.867,65	345.215,41	17	15.112,80	71.953,96
18	43.867,65	389.300,14	18	14.190,42	86.144,38
19	43.867,65	433.384,87	19	13.324,34	99.468,72
20	-21.312,27	412.289,60	20	-5.986,77	93.481,94
21	43.867,65	456.374,33	21	11.747,53	105.229,47
22	43.867,65	500.459,06	22	11.030,54	116.260,01
23	43.867,65	544.543,79	23	10.357,32	126.617,33
24	43.867,65	588.628,52	24	9.725,18	136.342,51
25	43.867,65	632.713,25	25	9.131,62	145.474,13

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Obteve-se como resultados o *payback* simples de oito anos e o *payback* descontado de 13 anos. O VPL de R\$ 142.871,18, a TIR de 11% ao ano e uma TIRM de 7%. Na hipótese de investimento do valor do sistema fotovoltaico dimensionado na caderneta de poupança durante 25 anos, este investimento rendeu um montante de R\$ 1.008.788,22, sendo que, com uma taxa de retorno igual a TIR de 11%, contabilizou-se um montante de R\$ 4.658.677,3, e com uma taxa igual a TIRM obteve-se de R\$ 1.748.269,75.

O empreendimento do complexo de aviários é composto por três aviários. Cada um tem a capacidade de 25.000 cabeças de frango por lote e recebe 5,5 lotes por ano, totalizando 412.500 cabeças de frango por ano. Durante o período estudado, houve 515.550 cabeças de frango. A energia elétrica consumida durante o período estudado foi de 167.603 kWh, com o custo de R\$ 45.562,87.

O primeiro índice relacionou a quantidade de energia por cabeça de frango. Obteve-se como resultado 0,325 kWh de energia consumida pela produção. O

segundo índice relacionou o custo da energia consumida por cabeça de frango, resultando no custo de R\$ 0,0885, e o terceiro índice relacionou o custo do sistema fotovoltaico anualizado, que foi de R\$ 11.825,17, sendo que no mesmo período estudado o custo do sistema foi de R\$ 16.952,25 pela quantidade de cabeças de frango por ano, e obteve-se o custo de R\$ 0,033.

4.3 RESULTADOS DO DIMENSIONAMENTO DA ARMAZENAGEM DE GRÃOS PEQUENO PORTE

Estudou-se o dimensionamento do sistema fotovoltaico para o empreendimento de armazenamento de grãos de pequeno porte com a demanda contratada original de 89,25 kW.

Ao se analisar as faturas de energia elétrica, a unidade consumidora apresentou um consumo anual de energia fora de ponta de 40.045 kWh, como foi apresentado na Tabela 9.

Utilizando-se as Equações 7, 8, 11 e a irradiação de 4,70 kWh.m².dia⁻¹, levantou-se a potência do sistema fotovoltaico para a unidade que foi de 29,58 kWp.dia⁻¹. Com a potência do sistema inferior a demanda contratada, não houve a necessidade do reajuste de demanda contratada da unidade consumidora.

A Equação 9 apresentou o número máximo de módulos para o sistema, que foi de 90 módulos do modelo RSM 72-6-330P, com 330 W de potência. Utilizou-se um inversor do modelo CSI-30k-KLT, com um custo de R\$ 22.590 e potência de 30 kW.

Carregou-se o inversor CSI-30k-KLT com 4 *strings* com 12 módulos e 4 *strings* com 11 módulos, sendo 2 *strings* por entrada MPPT, totalizando 92 módulos com 30.360 kW e 457,2 V e 8,7 A por *string*.

4.4 CUSTO TOTAL DO SISTEMA FOTOVOLTAICO DIMENSIONADO E O ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA PARA O EMPREENDIMENTO DE ARMAZENAGEM DE GRÃOS DE PEQUENO PORTE

A Tabela 18, apresenta o material necessário para o sistema fotovoltaico dimensionado com a potência de 29,58 kW, os custos de cada componente e o custo final do sistema:

Tabela 18 - Custo do sistema fotovoltaico dimensionado do empreendimento de armazenagem de grãos de pequeno porte com potência de 29,58 kW

Material	Sistema
92 x RSM 72-6-330P	63.388,00
1 x CSI-30k-KLT	22.590,00
2 x <i>Stringbox</i>	3.400,00
400 m x CC 10mm ²	5.600,00
23 x Estrutura de fixação no solo	17.227,00
TOTAL (R\$)	112.205,00

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

A economia de energia foi de 40.045 kWh e o custo anual economizado foi de R\$ 17.388,86. Descontou-se o custo da manutenção anual, que foi de 0,5% do custo do sistema fotovoltaico, sendo de R\$ 561,02. Totalizou-se uma economia anual de R\$ 16.827,84.

Obteve-se que o *payback* simples foi de sete anos e o *payback* descontado foi de 11 anos. O VPL foi de R\$ 80.259,60, apresentou a TIR 14% e a TIRM de 8%. O custo do sistema fotovoltaico rendeu ao final de 25 anos na caderneta de poupança um montante de R\$ 333.852,68. O mesmo capital rendeu com a taxa igual a TIR a quantia de R\$ 2.674.792,55 e com a taxa igual a TIRM contabilizou R\$ 699.184,74.

No período estudado, de junho de 2017 a julho de 2018, houve 1.696,026 ton de soja armazenada e 6 ton de milho. A quantidade de grãos de uma espécie foi muito superior a outra, considerou-se, portanto, a totalidade sendo apenas soja.

O custo com a energia elétrica consumida fora de ponta foi de R\$ 17 388.86 e o total de energia foi de 40 045 kWh e se armazenou 1 702.026 ton de soja. Obteve-se o índice que relacionou: a energia consumida pela quantidade de grãos armazenados, que foi de 23.53 kWh.ton⁻¹; e o custo da energia consumida fora de ponta por toneladas de grãos, totalizando R\$ 10.216.ton⁻¹. Além disso, dividiu-se o custo anualizado do sistema fotovoltaico dimensionado pela quantidade de grãos armazenados, gerando o índice de R\$ 2.637.ton⁻¹.

A Tabela 19, apresenta o estudo do *payback* simples e *payback* descontado do sistema fotovoltaico dimensionado para o empreendimento de armazenagem de grãos de pequeno porte:

Tabela 19 - *Payback* simples e *payback* descontado do sistema fotovoltaico do empreendimento de armazenagem de grãos de pequeno porte

<i>Payback</i> simples			<i>Payback</i> descontado		
ANO	FCL livre	FCL acumulado	ANO	FCL livre	FCL acumulado
0	-112.205,00	-112.205,00	0	-112.205,00	-112.205,00
01	16.827,84	-95.377,16	01	15.800,79	-96.404,21
02	16.827,84	-78.549,32	02	14.836,42	-81.567,79
03	16.827,84	-61.721,48	03	13.930,91	-67.636,88
04	16.827,84	-44.893,64	04	13.080,67	-54.556,21
05	16.827,84	-28.065,80	05	12.282,32	-42.273,89
06	16.827,84	-11.237,96	06	11.532,69	-30.741,20
07	16.827,84	5.589,88	07	10.828,82	-19.912,38
08	16.827,84	22.417,72	08	10.167,91	-9.744,47
09	16.827,84	39.245,56	09	9.547,33	-197,14
10	-5.762,16	33.483,40	10	-3.069,65	-3.266,80
11	16.827,84	50.311,24	11	8.417,49	5.150,70
12	16.827,84	67.139,08	12	7.903,75	13.054,44
13	16.827,84	83.966,92	13	7.421,36	20.475,80
14	16.827,84	100.794,76	14	6.968,41	27.444,22
15	16.827,84	117.622,60	15	6.543,11	33.987,33
16	16.827,84	134.450,44	16	6.143,77	40.131,09
17	16.827,84	151.278,28	17	5.768,79	45.899,89
18	16.827,84	168.106,12	18	5.416,71	51.316,59
19	16.827,84	184.933,96	19	5.086,11	56.402,70
20	-5.762,16	179.171,80	20	-1.635,28	54.767,42
21	16.827,84	195.999,64	21	4.484,22	59.251,64
22	16.827,84	212.827,48	22	4.210,53	63.462,17
23	16.827,84	229.655,32	23	3.953,55	67.415,72
24	16.827,84	246.483,16	24	3.712,25	71.127,98
25	44.084,73	290.567,89	25	9.131,62	80.259,60

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

4.5 RESULTADOS DO DIMENSIONAMENTO DA ARMAZENAGEM DE GRÃOS DE MÉDIO PORTE

Estudou-se o dimensionamento do sistema fotovoltaico para o empreendimento de armazenamento de grãos de médio porte com a demanda contratada original de 120 kW.

A totalidade da energia consumida fora de ponta da unidade consumidora de armazenagem de grãos de médio porte foi de 145.802 kWh durante o período de julho de 2017 a junho de 2018, conforme visto na Tabela 10. Utilizou-se as Equações 7, 8, 11 e a irradiação de 4,81 kWh.m².dia⁻¹ para o dimensionamento do sistema fotovoltaico, que teve uma da potência requerida de 105,25 kWp.dia⁻¹.

A Equação 9 apresentou o número máximo de módulos para o sistema, que foram de 318 módulos do modelo RSM 72-6-330P, com 330 W de potência. Utilizou-se dois inversores do modelo CSI-50k-KLT, com um custo de R\$ 32.590 e potência

de 50 kW. A unidade consumidora tem uma demanda contratada de 120 kW. Como a potência requerida do sistema foi menor que a potência contratada, não houve a necessidade de readequação da demanda.

4.6 CUSTO TOTAL DO SISTEMA FOTOVOLTAICO DIMENSIONADO E O ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA PARA O EMPREENDIMENTO DE ARMAZENAGEM DE GRÃOS DE MÉDIO PORTE

A Tabela 20, apresenta as matérias e o custo do sistema fotovoltaico dimensionado, com a potência requerida do sistema foi de 105,25 kWp.dia⁻¹:

Tabela 20 - Custo do sistema fotovoltaico dimensionado do empreendimento de armazenagem de grãos de médio porte com potência de 105,25 kW

Material	Sistema
318 x RSM 72-6-330P	219.102,00
2 x CSI-50k-KLT	65.180,00
4 x <i>Stringbox</i>	6.800,00
800 m x CC 10mm ²	11.200,00
80 x Estrutura de fixação no solo	59.920,00
TOTAL (R\$)	362.202,00

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

A economia de energia foi de 145.802 kWh e o custo anual economizado foi de R\$ 61.275,65. Descontou-se o custo da manutenção anual, que representou 0,5% do custo do sistema fotovoltaico, sendo de R\$ 1.811,01. Totalizou-se uma economia anual de R\$ 59.464,64.

A Tabela 21, apresenta o estudo do *payback* simples e *payback* descontado do sistema fotovoltaico dimensionado para o empreendimento de armazenagem de grãos de médio porte:

Tabela 21 - *Payback* simples e *payback* descontado do sistema fotovoltaico do empreendimento de armazenagem de grãos de médio porte

<i>Payback</i> simples			<i>Payback</i> descontado		
ANO	FCL livre	FCL acumulado	ANO	FCL livre	FCL acumulado
0	-314.580,20	-314.580,20	0	- 314.580,20	-314.580,20
01	59.702,75	-254.877,45	01	56.058,92	-258.521,28
02	59.702,75	-195.174,70	02	52.637,48	-205.883,80
03	59.702,75	-135.471,95	03	49.424,87	-156.458,93
04	59.702,75	-75.769,20	04	46.408,33	-110.050,60
05	59.702,75	-16.066,45	05	43.575,89	-66.474,71
06	59.702,75	43.636,30	06	40.916,33	-25.558,38
07	59.702,75	103.339,05	07	38.419,09	12.860,71
08	59.702,75	163.041,80	08	36.074,26	48.934,98
09	59.702,75	222.744,55	09	33.872,55	82.807,52
10	-5.477,25	217.267,30	10	-2.917,87	79.889,65
11	59.702,75	276.970,05	11	29.864,05	109.753,70
12	59.702,75	336.672,80	12	28.041,36	137.795,05
13	59.702,75	396.375,55	13	26.329,91	164.124,97
14	59.702,75	456.078,30	14	24.722,92	188.847,89
15	59.702,75	515.781,05	15	23.214,01	212.061,90
16	59.702,75	575.483,80	16	21.797,20	233.859,10
17	59.702,75	635.186,55	17	20.466,85	254.325,95
18	59.702,75	694.889,30	18	19.217,70	273.543,65
19	59.702,75	754.592,05	19	18.044,79	291.588,44
20	-5.477,25	749.114,80	20	-1.554,43	290.034,01
21	59.702,75	808.817,55	21	15.909,35	305.943,37
22	59.702,75	868.520,30	22	14.938,36	320.881,73
23	59.702,75	928.223,05	23	14.026,63	334.908,36
24	59.702,75	987.925,80	24	13.170,55	348.078,90
25	59.702,75	1.047.628,55	25	12.366,71	360.445,61

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Obteve-se que o *payback* simples foi de sete anos e o *payback* descontado foi de nove anos. O VPL foi de R\$ 309.919,37, apresentou a TIR de 15% e a TIRM de 8%. O custo do sistema fotovoltaico rendeu ao final de 25 anos, na caderneta de poupança, um montante de R\$ 1.077.689,13. O mesmo capital rendeu com a taxa igual a TIR a quantia de R\$ 12.186.754,69 e com a taxa igual a TIRM contabilizou R\$ 2.446.475,34.

O empreendimento de armazenamento de grãos de médio porte armazenou durante o período estudado, julho de 2017 a junho de 2018, a quantidade de 949,157 ton de soja e 1.430,780 ton de milho, totalizando 2.379,94 ton de grãos.

O custo com à energia elétrica consumida fora de ponta foi de R\$ 61 275,65 e o total de energia foi de 145 802 kWh. Obteve-se o índice que relacionou: a energia consumida pela quantidade de grãos armazenados, que foi de 61,26 kWh.ton⁻¹; e o custo da energia consumida fora de ponta por toneladas de grãos, totalizando R\$ 25.746.ton⁻¹. Além disso, dividiu-se o custo anualizado do sistema fotovoltaico

dimensionado pela quantidade de grãos armazenado, gerando o índice de R\$ 6.087.ton⁻¹.

4.7 RESULTADOS DO DIMENSIONAMENTO DA ARMAZENAGEM DE GRÃOS DE GRANDE PORTE

Estudou-se o dimensionamento do sistema fotovoltaico para o empreendimento de armazenamento de grãos de grande porte com a demanda contratada original de 710 kW.

Analisou-se as faturas de energia elétrica e a unidade consumidora apresentou um consumo anual de energia fora de ponta de 593.190 kWh, como foi apresentado na Tabela 11.

Utilizou-se as Equações 7, 8, 11 e a irradiação de 4,74 kWh.m².dia⁻¹. Levantou-se a potência do sistema fotovoltaico para a unidade, que foi de 401,11 kWp.dia⁻¹. Com a potência do sistema inferior a demanda contratada, não houve a necessidade do reajuste de demanda contratada da unidade consumidora.

A Equação 9 apresentou o número máximo de módulos para o sistema, que foi de 1.216 módulos do modelo RSM 72-6-330P, com 330 W de potência. Utilizou-se oito inversores do modelo CSI-50k-KLT, com um custo de R\$ 32.590 e potência de 50 kW.

A unidade consumidora tem uma demanda contratada de 120 kW. Como a potência requerida do sistema foi menor que a potência contratada, não houve a necessidade de readequação da demanda.

4.8 CUSTO TOTAL DO SISTEMA FOTOVOLTAICO DIMENSIONADO E O ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA PARA O EMPREENDIMENTO DE ARMAZENAGEM DE GRÃOS DE GRANDE PORTE

A Tabela 23 mostra os materiais e o custo do sistema fotovoltaico dimensionado, com a potência requerida do sistema de 401,11 kWp.dia⁻¹.

Tabela 22 - Custo do sistema fotovoltaico dimensionado do empreendimento de armazenagem de grãos de grande porte com potência de 401,11 kW

Material	Sistema
1.216 x RSM 72-6-330P	837.824,00
8 x CSI-50k-KLT	260.720,00
16 x <i>Stringbox</i>	27.200,00
1.500 m x CC 10mm ²	21.000,00
304 x Estrutura de fixação no solo	227.696,00
TOTAL (R\$)	1.374.440,00

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

A economia de energia, no período de julho de 2017 a julho de 2018, foi de 593.190 kWh e o custo da energia elétrica economizado foi de R\$ 257.804,88. Descontou-se o custo da manutenção anual R\$ 6.872,2, que representou 0,5% do custo do sistema fotovoltaico. Totalizou-se, assim, uma economia de R\$ 250.932,68.

Obteve-se que o *payback* simples foi de seis anos e o *payback* descontado foi de sete anos. O VPL foi de R\$ 1.473.522,00, apresentou a TIR de 17% e a TIRM de 8%. O custo do sistema fotovoltaico rendeu ao final de 25 anos, na caderneta de poupança, um montante de R\$ 4.089.483,36. O mesmo capital rendeu com a taxa igual a TIR a quantia de R\$ 71.081.808,52 e com a taxa igual a TIRM contabilizou R\$ 10.396.358,80.

A Tabela 23, apresenta o estudo do *payback* simples e *payback* descontado do sistema fotovoltaico dimensionado para o empreendimento de armazenagem de grãos de pequeno porte:

Tabela 23 - *Payback* simples e *payback* descontado do sistema fotovoltaico do empreendimento de armazenagem de grãos de grande porte

<i>Payback</i> simples			<i>Payback</i> descontado		
ANO	FCL livre	FCL acumulado	ANO	FCL livre	FCL acumulado
0	-1.374.440,00	-1.374.440,00	0	- 1.374.440,00	-1.374.440,00
01	250.932,68	-1.123.507,32	01	235.617,54	-1.138.822,46
02	250.932,68	-872.574,64	02	221.237,13	-917.585,33
03	250.932,68	-621.641,96	03	207.734,39	-709.850,94
04	250.932,68	-370.709,28	04	195.055,77	-514.795,18
05	250.932,68	-119.776,60	05	183.150,95	-331.644,22
06	250.932,68	131.156,08	06	171.972,73	-159.671,49
07	250.932,68	382.088,76	07	161.476,74	1.805,24
08	250.932,68	633.021,44	08	151.621,35	153.426,60
09	250.932,68	883.954,12	09	142.367,47	295.794,06
10	-9.787,32	874.166,80	10	-5.213,96	290.580,10
11	250.932,68	1.125.099,48	11	125.519,60	416.099,70
12	250.932,68	1.376.032,16	12	117.858,78	533.958,48
13	250.932,68	1.626.964,84	13	110.665,52	644.624,00
14	250.932,68	1.877.897,52	14	103.911,29	748.535,28
15	250.932,68	2.128.830,20	15	97.569,28	846.104,56
16	250.932,68	2.379.762,88	16	91.614,35	937.718,91
17	250.932,68	2.630.695,56	17	86.022,86	1.023.741,78
18	250.932,68	2.881.628,24	18	80.772,64	1.104.514,42
19	250.932,68	3.132.560,92	19	75.842,86	1.180.357,27
20	-9.787,32	3.122.773,60	20	2.777,61	1.177.579,66
21	250.932,68	3.373.706,28	21	66.867,56	1.244.447,22
22	250.932,68	3.624.638,96	22	62.786,44	1.307.233,66
23	250.932,68	3.875.571,64	23	58.954,40	1.366.188,06
24	250.932,68	4.126.504,32	24	55.356,25	1.421.544,31
25	250.932,68	4.377.437,00	25	51.977,70	1.473.522,00

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

O empreendimento de armazenamento de grãos de grande porte, que armazenou durante o período estudado, julho de 2017 a julho de 2018, 31.081 ton de soja, 23.991,262 ton de milho e 4.130,382 ton de trigo, totalizando 59.202,64 ton de grãos.

O custo com à energia elétrica consumida fora de ponta foi de R\$ 257 804,88 e o total de energia foi de 593 190 kWh. Obteve-se o índice que relacionou: a energia

consumida por tonelada de grãos armazenados, que foi de $10.01 \text{ kWh.ton}^{-1}$; e o custo da energia consumida fora de ponta por toneladas de grãos, totalizando $\text{R\$ } 4.35.\text{ton}^{-1}$. Além disso, dividiu-se o custo anualizado do sistema fotovoltaico dimensionado pela quantidade de grãos armazenados, gerando o índice de $\text{R\$ } 1.006.\text{ton}^{-1}$.

CONCLUSÕES

O custo total do sistema fotovoltaico apresentou uma diferença mínima entre as diferentes tecnologias dos módulos fotovoltaicos, visto que a diferença de rendimento e de potência também são mínimas. Concluiu-se com este trabalho que todos os projetos de sistemas fotovoltaicos dimensionados foram viáveis economicamente.

O custo médio do kWh foi um fator impactante nos *paybacks* dos empreendimentos. Observou-se que em relação ao complexo de três aviários obteve-se os *paybacks* simples de oito anos e o descontado de treze anos, devido ao custo menor da energia elétrica que foi de R\$ 0,272 por kWh.

As diferenças entre os *paybacks* dos empreendimentos de armazenagem de grãos se devem ao tamanho do sistema fotovoltaico dimensionado e não ao custo médio da energia elétrica, que foi R\$ 0,434 por kWh para o empreendimento de pequeno porte, R\$ 0,420 por kWh para o empreendimento de médio porte e R\$ 0,434 por kWh para o empreendimento de grande porte.

Concluiu-se que existe uma relação linear inversa: quanto maior o sistema fotovoltaico dimensionado, menor foi o *payback* deste sistema, isto quando os empreendimentos pertencem ao mesmo grupo de fornecimento de energia elétrica e possuem custo de energia elétrica próximos, como aconteceu com os empreendimentos de armazenagem de grãos.

Obteve-se, por meio dos índices uma corroboração, que os sistemas fotovoltaicos ajudaram na redução dos custos da produção. Observou-se que para o complexo de três aviários os custos da produção em relação a energia elétrica foram de R\$ 0,0885 para 0,033 por cabeça de frango. Nos empreendimentos de armazenagem de grãos, os custos foram de R\$ 10,216 para 2,637 por tonelada de grãos armazenada para o de pequeno porte; de R\$ 25,476 para 6,087, para o de médio porte; e de R\$ 4,35 para 1,006, para o de grande porte.

Concluiu-se que a redução no custo da produção tem uma relação direta com o custo da tarifa cobrada pela energia elétrica. Quanto menor a tarifa, menor é a econômica, pois, para o complexo de três aviários que possui uma tarifa de R\$ 0,272, a redução foi de 62,71% e, para os empreendimentos de armazenagem de grãos que possuem as tarifas de R\$ 0,434, R\$ 0,420 e R\$ 0,434, as reduções foram de 75,79%,

76,35% e 76,87%, respectivamente, para os empreendimentos de armazenagem de grãos de pequeno, médio e grande porte.

Concluiu-se, também, que a redução no custo da produção tem uma relação linear: quanto maior o dimensionamento do sistema fotovoltaico, maior foi a redução no custo da produção – isto quando os empreendimentos possuem a mesma tarifa de energia elétrica.

REFERÊNCIAS

- ACEMCO. **Sistema Conectado a Rede**. Disponível em: <<http://www.acemco.com.lb/images/slider-residential-solar/On-grid2.png>>.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Resolução Normativa N° 482 de 2012 da ANEEL. p. 12, 2012.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Resolução Normativa n° 687 de 2015 da ANEEL. p. 24, 2015.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Micro e minigeração distribuídas. **Cadernos Temáticos ANEEL**, p. 34, 2016.
- ALAN BOJANIC, H. The Rapid Agricultural Development of Brazil in the Last 20 Years. **EuroChoices**, v. 16, n. 1, p. 5–10, 2017.
- ALVEZ, J. B.; JUNIOR, G. DA C.; LIMA, W. DA S. **TAXA INTERNA DE RETORNO MODIFICADA APLICADA A AVALIAÇÃO DE INVESTIMENTOS NO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO**. XVIII SNTPEE SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. **Anais...2005**
- ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa nr 418**, 2010.
- APPELS, R. et al. Effect of soiling on photovoltaic modules. **Solar Energy**, v. 96, p. 283–291, 2013.
- ASTE, N.; DEL PERO, C.; LEONFORTE, F. PV technologies performance comparison in temperate climates. **Solar Energy**, v. 109, p. 1–10, 2014.
- BARBOSA, K. DE S.; FERNANDEZ, R. N.; GONÇALVES, M. T. Avaliando os aspectos institucionais do setor elétrico brasileiro por meio da teoria econômica de contratos. **Planejamento E Políticas Públicas | Ppp**, v. jan./jun., n. 46, 2016.
- BAURZHAN, S.; JENKINS, G. P. Off-grid solar PV: Is it an affordable or appropriate solution for rural electrification in Sub-Saharan African countries? **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 60, p. 1405–1418, 2016.
- BEDIN, J. **Avaliação do consumo energético em aviários dark house, com e sem isolamento térmico: um estudo de caso na região de Palotina, Paraná**. [s.l.] UNIOESTE - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2015.
- BERTIN, A. J. DE O. **Análise de Geração Distribuída de Eletricidade com Tecnologia Heliotérmica em Usina Sucroalcooleira como vetor de Economia de Bagaço de Cana-de-açúcar**. [s.l.] USP - Universidade de São Paulo, 2017.
- BHATTACHARYYA, S. C. Viability of off-grid electricity supply using rice husk: A case study from South Asia. **Biomass and Bioenergy**, v. 68, n. 0, p. 44–54, 2014.

BHATTACHARYYA, S. C.; PALIT, D. Mini-grid based off-grid electrification to enhance electricity access in developing countries: What policies may be required? **Energy Policy**, v. 94, p. 166–178, 2016.

BRAGA, K. et al. Financial Regulation of the Electricity Distributors: Necessity and Feasibility. **Energy Procedia**, v. 106, n. 21, p. 166–174, 2016.

BRANDÃO, L. G. L. **Uma análise da dinâmica do setor elétrico brasileiro utilizando VAR em painel**. [s.l.: s.n.].

CAMARGO, M. P. DE; COSTA, C. R. Viabilidade econômica do cultivo de videira Niágara Rosada. **Revista iPecege**, v. 3, n. 2, p. 52, 2017.

CASSULA, D. A. et al. **Estudo de caso sobre a eficiência energética de fontes renováveis no Brasil: Avaliação da utilização da biomassa da cana-de-açúcar na cogeração de energia elétrica no setor sucroalcooleiro**. VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. **Anais...**Porto Alegre: IBEAS - Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, 2015 Disponível em:
<<http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2015/X-009.pdf%0A>>

CHAUHAN, A.; SAINI, R. P. Techno-economic optimization based approach for energy management of a stand-alone integrated renewable energy system for remote areas of India. **Energy**, v. 94, p. 138–156, 2016.

CORREA-BETANZO, C.; CALLEJA, H.; LIZARRAGA, A. Photovoltaic system assessment considering temperature and overcast conditions: Light load efficiency enhancement technique. **Solar Energy**, v. 137, p. 148–157, 2016.

CORRÊA DA SILVA, R.; DE MARCHI NETO, I.; SILVA SEIFERT, S. Electricity supply security and the future role of renewable energy sources in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 59, p. 328–341, 2016.

CRESESB, C. DE R. PARA E. S. E E. S. B. **SunData**. Disponível em:
<<http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata&>>. Acesso em: 17 maio. 2018.

DABAIEH, M.; MAKHLOUF, N. N.; HOSNY, O. M. Roof top PV retrofitting: A rehabilitation assessment towards nearly zero energy buildings in remote off-grid vernacular settlements in Egypt. **Solar Energy**, v. 123, p. 160–173, 2016.

DALLEPIANE, P.; SANTOS, G.; RODRIGUES, M. A Geração de Energia Elétrica Com Biogás Para Atender Agroindústrias , Proteger Meio Ambiente E Melhorar Fornecimento De Energia No Meio Rural. **Revista Interdisciplinar de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 3, p. 163–175, 2014.

DAVID, E. et al. DEMANDA CONTRATADA E CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA EM UNIDADES ARMAZENADORAS DE GRÃOS. **ENERGIA NA AGRICULTURA**, v. 31, n. 4, p. 305, 30 dez. 2016.

DE CASTRO, N. et al. Brazil and the International Electrical Integration: Background, Current Status and Perspectives. **Energy Procedia**, v. 106, p. 204–214, 2016.

EKSI, G.; KARAOSMANOGLU, F. Combined bioheat and biopower : A technology review and an assessment for Turkey. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 73, n. December 2016, p. 1313–1332, 2017.

ELÉTRICA, E.; UM, E. M.; AVES, F. D. E. Impacto econômico da purificação de biogás no processo de geração de energia elétrica em um frigorífico de aves. n. June 2016, 2015.

EMMANUEL, M.; RAYUDU, R. Evolution of dispatchable photovoltaic system integration with the electric power network for smart grid applications: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 67, p. 207–224, 2017.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanço Energético Nacional Empresa de Pesquisa Energética**. [2018].

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Balanço Energético Nacional 2017 - Ano base 2016. p. 292, 2017b.

ENERSAC. **Módulos Mono e Policristalinos**. Disponível em: <<http://www.enersac.com/energia-solar-faq-diferencia-entre-paneeles-monocristalinos-y-policristalinos-in.php>>.

FARA, L.; CRACIUNESCU, D. Output Analysis of Stand-alone PV Systems: Modeling, Simulation and Control. **Energy Procedia**, v. 112, n. October 2016, p. 595–605, 2017.

FAS - FOREIGN AGRICULTURAL SERVICE. **PS&D - Production, Supply and Distribution**. Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/home/statsByCountry>>. Acesso em: 13 jun. 2018.

FIALHO, J.; GOMES, A. L. Photovoltaic System for self-consumption – an economic viability study. 2017.

GARVEY, S. D. et al. On generation-integrated energy storage. **Energy Policy**, v. 86, p. 544–551, 2015.

GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ. **Relação dos Municípios Segundo as Regiões Geográficas do Paraná**. Disponível em: <http://www.ipardes.gov.br/pdf/mapas/base_fisica/relacao_mun_regiao_geografica_parana.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2018.

GRIEBELER, D. I. et al. **Análise para Implantação de Sistema Fotovoltaico de Geração de Energia em uma Agroindústria de Santo Cristo/RS**. 1ª Conferência Internacional de Sustentabilidade e Inovação. **Anais...**Santa Maria: 2016 Disponível em: <<http://ecoinovar.com.br/cd2016/arquivos/artigos/ECO1121.pdf>>

GUEDES, S. N. R. et al. Uma caracterização das transformações econômicas e sociais na agroindústria canavieira da Argentina, Brasil e México. **Historia Unisinos**, v. 17, n. 3, p. 280–292, 2013.

GUNEY, M. S. Solar power and application methods. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 57, p. 776–785, 2016.

HASAN, R. et al. Grid-connected isolated PV microinverters: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 67, p. 1065–1080, 2017.

HUBBARD, C.; ALVIM, A. M.; GARROD, G. Brazilian Agriculture as a Global Player. **EuroChoices**, v. 16, n. 1, p. 3–4, 2017.

IOANNOU, A.; ANGUS, A.; BRENNAN, F. Risk-based methods for sustainable energy system planning: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 74, n. July 2016, p. 602–615, 2017.

JANKO, S. A.; ARNOLD, M. R.; JOHNSON, N. G. Implications of high-penetration renewables for ratepayers and utilities in the residential solar photovoltaic (PV) market. **Applied Energy**, v. 180, p. 37–51, 2016.

KANE, L.; AULT, G. A review and analysis of renewable energy curtailment schemes and Principles of Access: Transitioning towards business as usual. **Energy Policy**, v. 72, p. 67–77, 2014.

KAZHAMIKA, F. et al. On the influence of jurisdiction on the profitability of residential photovoltaic-storage systems: A multi-national case study. **Energy Policy**, v. 109, n. February, p. 428–440, 2017.

KOBAYAKAWA, T.; KANDPAL, T. C. Analysis of electricity consumption under a photovoltaic micro-grid system in India. **Solar Energy**, v. 116, p. 177–183, 2015.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes. **Wall-map 150cmx200cm**, 1928.

KUZEMKO, C. et al. Policies, politics and demand side innovations: The untold story of Germany's energy transition. **Energy Research and Social Science**, v. 28, n. April, p. 58–67, 2017.

LAI, C. S. et al. A comprehensive review on large-scale photovoltaic system with applications of electrical energy storage. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 78, n. April, p. 439–451, 2017.

LEE, M. et al. Establishment of a base price for the Solar Renewable Energy Credit (SREC) from the perspective of residents and state governments in the United States. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 75, n. July 2016, p. 1066–1080, 2017.

LIMA, D. A.; PEREZ, R. C.; CLEMENTE, G. A comprehensive analysis of the Demand Response Program proposed in Brazil based on the Tariff Flags

mechanism. **Electric Power Systems Research**, v. 144, p. 1–12, 2017.

LO, S.; MAYUMI, K. Toward an integrated assessment of the performance of photovoltaic power stations for electricity generation. **Applied Energy**, v. 186, p. 167–174, 2017.

LORENZO, C.; YAMIN VAZQUEZ, P. The rise of biofuels in IR: the case of Brazilian foreign policy towards the EU. **Third World Quarterly**, v. 37, n. 5, p. 902–916, 3 maio 2016.

LUPANGU, C.; BANSAL, R. C. A review of technical issues on the development of solar photovoltaic systems. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 73, n. February 2016, p. 950–965, 2017.

MAGALHÃES, G. Comercialização de energia elétrica no ambiente de contratação livre: uma análise regulatório-institucional a partir dos contratos de compra e venda de energia elétrica. p. 132, 2009.

MAHELA, O. P.; SHAIK, A. G. Comprehensive overview of grid interfaced solar photovoltaic systems. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 68, n. March 2016, p. 316–332, 2017.

MAKRIDES, G. et al. Performance loss rate of twelve photovoltaic technologies under field conditions using statistical techniques. **Solar Energy**, v. 103, p. 28–42, 2014.

MERCURE, J. F.; SALAS, P. On the global economic potentials and marginal costs of non-renewable resources and the price of energy commodities. **Energy Policy**, v. 63, p. 469–483, 2013.

MODI, A. et al. A review of solar energy based heat and power generation systems. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 67, p. 1047–1064, 2017.

MORENO, A. C. S. **Avaliação Técnico-Econômica Do Uso De Baterias Para a Racionalização De Energia Elétrica Em Aviários De Frango De Corte**. [s.l.] UNIOESTE - Universidade Estadual do Oeste do Parná, 2015.

NADIR, I.; VILELA, R.; PERES, E. Análise Do Mercado Potencial Da Geração Distribuída Fotovoltaica No Brasil. p. 1–6, 2016.

OBI, M.; BASS, R. Trends and challenges of grid-connected photovoltaic systems - A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 58, p. 1082–1094, 2016.

PANTALEO, A. M. et al. Thermo-economic Assessment of an Externally Fired Hybrid CSP/biomass Gas Turbine and Organic Rankine Combined Cycle. **Energy Procedia**, v. 105, p. 174–181, 2017.

PEGORARE, A. B. et al. Panorama do Agronegócio na América Latina: Uma Análise Exploratória (2000-2015). **Brazilian Journal of Sustainable Agriculture**, v. 7, n. 1, p. 59–72, 2017.

PEREIRA, ENIO BUENO; MARTINS, FERNANDO RAMOS; GONÇALVES, ANDRÉ RODRIGUES; COSTA, RODRIGO SANTOS; LIMA, FRANCISCO LOPES DE; RÜTHER, RICARDO; ABREU, SAMUEL LUNA DE; TIEPOLO, GERSON MÁXIMO; PEREIRA, SILVIA VITORINO; SOUZA, J. G. DE. Atlas Brasileiro de Energia Solar. v. 2. ed., n. ISBN 978-85-17-00089-8, 2017.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. **MANUAL DE ENGENHARIA PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS**. 2. ed. Rio de Janeiro: [s.n.].

PRIESTER, A. L. et al. **Análise de Despesas Relacionadas à Energia Elétrica de Propriedades Produtoras de Frango de Corte da Região do Sudoeste do Paraná**. IV Congresso de Ciencia e Tecnologia da UTFPR-DV. **Anais...Dois Vizinhos: UTFPR**, 2017Disponível em:
<http://revistas.utfpr.edu.br/dv/index.php/CCT_DV/article/download/1903/1048>

RANABOLDO, M. et al. Off-grid community electrification projects based on wind and solar energies: A case study in Nicaragua. **Solar Energy**, v. 117, n. 2015, p. 268–281, 2015.

REGO, E. E. Proposta de Aperfeiçoamento da Metodologia dos Leilões De Comercialização De Energia Elétrica No Ambiente Regulado : Aspectos Conceituais , Metodológicos E Suas Aplicações. p. 248, 2012.

REZK, H.; ELTAMALY, A. M. A comprehensive comparison of different MPPT techniques for photovoltaic systems. **Solar Energy**, v. 112, p. 1–11, 2015.

RODRIGUES, S. et al. Economic feasibility analysis of small scale PV systems in different countries. **Solar Energy**, v. 131, p. 81–95, 2016.

ROVARIS, S. A. **ANÁLISE DOS USOS FINAIS DE ENERGIA ELÉTRICA NA PRODUÇÃO DE FRANGO DE CORTE NO OESTE DO PARANÁ**. [s.l.] UNIOESTE - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2015.

SAMPAIO, P. G. V.; GONZÁLEZ, M. O. A. Photovoltaic solar energy: Conceptual framework. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 74, n. June 2016, p. 590–601, 2017.

SAVAZZI, É. R.; SOBRINHO, P. M. **Oportunidades para Expansão da Cogeração de Eletricidade para o Sistema Interligado Nacional**. THE 12th LATIN-AMERICAN CONGRESS ON ELECTRICITY GENERATION AND TRANSMISSION - CLAGTEE 2017. **Anais...São Paulo: 2017**

SCHMIDT, J.; CANCELLA, R.; PEREIRA, A. O. The role of wind power and solar PV in reducing risks in the Brazilian hydro-thermal power system. **Energy**, v. 115, p. 1748–1757, 2016.

SHIMURA, S. et al. **ESTIMATIVA DO CUSTO DE GERAÇÃO DE USINAS FOTOVOLTAICAS USANDO CONFIABILIDADE**. 2016

SHRAVANTH VASISHT, M.; SRINIVASAN, J.; RAMASESHA, S. K. Performance of solar photovoltaic installations: Effect of seasonal variations. **Solar Energy**, v. 131, p. 39–46, 2016.

SILVESTRE, S.; CHOUDER, A.; KARATEPE, E. Automatic fault detection in grid connected PV systems. **Solar Energy**, v. 94, p. 119–127, 2013.

SOLARGIS. **Solar Radiation**. Disponível em:
<<https://solargis.info/imaps/#loc=36.557204,-17.197845&c=-1.144693,-34.296476>>.

SVAMPA, M. Commodities Consensus: Neoextractivism and Enclosure of the Commons in Latin America. **South Atlantic Quarterly**, v. 114, n. 1, 2015.

TIEPOLO, G. M.; PEREIRA, E. B.; URBANETZ JR, J.; PEREIRA, S. V.; GONCALVES, A. R.; LIMA, F. J. L.; COSTA, R. S., ALVES, A. R. TIEPOLO, G. M.; PEREIRA, E. B.; URBANETZ JR, J.; PEREIRA, S. V.; GONCALVES, A. R.; LIMA, F. J. L.; COSTA, R. S., ALVES, A. R. **Atlas Solar do Paraná**. Disponível em:
<<http://atlassolarparana.com/>>. Acesso em: 1 ago. 2018.

U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. International Energy Outlook 2017 Overview. **International Energy Outlook**, v. IEO2017, n. September 14, 2017.

VAHL, F. P.; RÜTHER, R.; CASAROTTO FILHO, N. The influence of distributed generation penetration levels on energy markets. **Energy Policy**, v. 62, p. 226–235, 2013.

VALE, A. M. et al. Analysis of the economic viability of a photovoltaic generation project applied to the Brazilian housing program “Minha Casa Minha Vida”. **Energy Policy**, v. 108, n. September 2016, p. 292–298, 2017.

WORLD ENERGY COUNCIL. World Energy Resources | 2016. **Report**, 2016.

YILMAZ, S. et al. Dynamic Simulation of a PV-Diesel-Battery Hybrid Plant for off Grid Electricity Supply. **Energy Procedia**, v. 75, p. 381–387, 2015.

YOSHIDA, S. et al. Estimation of global tilted irradiance and output energy using meteorological data and performance of photovoltaic modules. **Solar Energy**, v. 93, p. 90–99, 2013.

ZHOU, J. et al. Temperature distribution of photovoltaic module based on finite element simulation. **Solar Energy**, v. 111, p. 97–103, 2015.

ANEXO A - COMPLEXO DE TRÊS AVIÁRIOS

4520 kWh

Histórico de Consumo e Pagamento

Mês	kWh	Dt. Pgto.	Valor
09/2018	9640	04/10/2018	2.053,23
08/2018	8760	27/08/2018	2.276,45
07/2018	9680	01/08/2018	2.394,93
06/2018	14560	27/06/2018	3.363,99
05/2018	7480	28/05/2018	1.399,61
04/2018	8480	27/04/2018	1.388,41
03/2018	8000	27/03/2018	1.972,87
02/2018	11920	27/02/2018	1.697,65
01/2018	13024	29/01/2018	3.825,84
12/2017	10550	27/12/2017	3.283,42
11/2017	11078	13/12/2017	3.422,50
10/2017	6457	27/10/2017	1.811,50

Mês	kWh	Dt. Pgto.	Valor
10/2017	6457	27/10/2017	1.811,50
09/2017	8408	27/09/2017	2.371,27
08/2017	11236	28/08/2017	3.257,97
07/2017	10917	27/07/2017	2.905,47
06/2017	14692	27/06/2017	4.016,23
05/2017	10276	29/05/2017	2.604,41
04/2017	5065	27/04/2017	1.307,05
03/2017	18976	27/03/2017	4.957,36
02/2017	17713	01/03/2017	4.454,94
01/2017	9609	27/01/2017	2.372,09
12/2016	10033	27/12/2016	2.554,52
11/2016	9569	28/11/2016	2.418,36

ANEXO B - ARMAZENAMENTO DE GRÃOS DE PEQUENO PORTE

	Copel Distribuição S.A. Rua José Izidoro Biazzetto, 156 - Curitiba-PR - 81 200-240 CNPJ 04.368.898/0001-06 - IE 90.233.073-99 IM 423.992-4	página 1 / 2		www.copel.com 0800 643 75 75
	Mês de referência	Nº de Identificação		
	Junho/2017	93055889		
	Vencimento	VALOR		
	16/07/2017	R\$ 3.137,08		
FAT-01-20175012448094-33				

Valores Faturados

NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA Nº 004.560.750 - SÉRIE B

Emitida em 27/06/2017

Produto Descrição	Un.	Grandezas Faturadas	Valor Unitário	Valor Total	Base de Cálculo	Aliq. ICMS
ENERGIA ELET CONSUMO PTA	kWh	310,00	1,613387	500,15	500,15	29,00
ENERGIA ELET CONSUMO F PTA	kWh	2558,00	0,425078	1.087,35	1.087,35	29,00
ENERGIA REAT EXC F PONTA	kWh	952,00	0,352068	335,74	335,74	29,00
DEMANDA	kW	29,56	16,728349	494,49	494,49	29,00
DEMANDA ISENTA ICMS	kW	55,44	11,541128	639,84	0,00	0,00
ENERGIA CONS. B.VERMELHA	kWh			25,76	25,76	29,00

CONT ILUMIN PUBLICA MUNICIPIO

53,75

Segunda Via

Base de Cálculo do ICMS 2.443,49	Valor ICMS 708,59	Valor Total da Nota Fiscal 3.137,08
-------------------------------------	----------------------	--

	Copel Distribuição S.A. Rua José Izidoro Biazzetto, 156 - Curitiba-PR - 81 200-240 CNPJ 04.368.898/0001-06 - IE 90.233.073-99 IM 423.992-4	página 1 / 2		www.copel.com 0800 643 75 75
	Mês de referência	Nº de Identificação		
	Julho/2017	93055889		
	Vencimento	VALOR		
	16/08/2017	R\$ 3.626,24		
FAT-01-20175114411312-81				

Valores Faturados

NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA Nº 004.585.218 - SÉRIE B

Emitida em 27/07/2017

Produto Descrição	Un.	Grandezas Faturadas	Valor Unitário	Valor Total	Base de Cálculo	Aliq. ICMS
ENERGIA ELET CONSUMO PTA	kWh	313,00	1,837764	575,22	575,22	29,00
ENERGIA ELET CONSUMO F PTA	kWh	2482,00	0,435926	1.073,25	1.073,25	29,00
ENERGIA REAT EXC F PONTA	kWh	938,00	0,390470	365,48	365,48	29,00
DEMANDA	kW	27,25	22,192294	604,74	604,74	29,00
DEMANDA ISENTA ICMS	kW	57,75	15,281128	881,33	0,00	0,00
ENERGIA CONS. B.AMARELA	kWh			72,47	72,47	29,00

CONT ILUMIN PUBLICA MUNICIPIO

53,75

Segunda Via

Base de Cálculo do ICMS 2.691,16	Valor ICMS 760,43	Valor Total da Nota Fiscal 3.626,24
-------------------------------------	----------------------	--

	Copel Distribuição S.A. Rua José Izidoro Biazzetto, 158 - Curitiba-PR - 81 200-240 CNPJ 04.368.898/0001-06 - IE: 90.233.073-99 IM: 423.992-4	página 1 / 2		www.copel.com 0800 643 75 75
	Mês de referência		Nº de Identificação	
	Setembro/2017		93055889	
	Vencimento		VALOR	
	16/10/2017		R\$ 3.561,82	
FAT-01-20175371526528-91				

Valores Faturados**NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA Nº 004.532.809 - SÉRIE B**

Emitida em 27/09/2017

Produto Descrição	Un.	Grandezas Faturadas	Valor Unitário	Valor Total	Base de Cálculo	Aliq. ICMS
ENERGIA ELET CONSUMO PTA	kWh	321,00	1,874424	601,69	601,69	29,00
ENERGIA ELET CONSUMO F PTA	kWh	2963,00	0,444620	1.317,41	1.317,41	29,00
ENERGIA REAT EXC F PONTA	kWh	34,00	0,397647	13,52	13,52	29,00
DEMANDA	kW	20,17	22,634808	456,54	456,54	29,00
DEMANDA ISENTA ICMS	kW	64,83	15,469536	1.002,89	0,00	0,00
ENERGIA CONS. B.AMARELA	kWh			82,58	82,58	29,00
ENERGIA CONS. B.VERMELHA	kWh			33,44	33,44	29,00

CONT ILUMIN PUBLICA MUNICIPIO

53,76

Segunda Via

Base de Cálculo do ICMS 2.505,18	Valor ICMS 726,51	Valor Total da Nota Fiscal 3.561,82
-------------------------------------	----------------------	--

	Copel Distribuição S.A. Rua José Izidoro Biazzetto, 158 - Curitiba-PR - 81 200-240 CNPJ 04.368.898/0001-06 - IE: 90.233.073-99 IM: 423.992-4	página 1 / 2		www.copel.com 0800 643 75 75
	Mês de referência		Nº de Identificação	
	Agosto/2017		93055889	
	Vencimento		VALOR	
	16/09/2017		R\$ 4.261,15	
FAT-01-20175241389744-80				

Valores Faturados**NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA Nº 004.467.662 - SÉRIE B**

Emitida em 29/08/2017

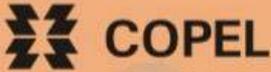
Produto Descrição	Un.	Grandezas Faturadas	Valor Unitário	Valor Total	Base de Cálculo	Aliq. ICMS
ENERGIA ELET CONSUMO PTA	kWh	398,00	1,857879	736,72	736,72	29,00
ENERGIA ELET CONSUMO F PTA	kWh	3248,00	0,440690	1.431,36	1.431,36	29,00
ENERGIA REAT EXC F PONTA	kWh	948,00	0,394736	374,21	374,21	29,00
DEMANDA	kW	27,94	22,434503	626,82	626,82	29,00
DEMANDA ISENTA ICMS	kW	67,08	15,375745	877,34	0,00	0,00
ENERGIA CONS. B.AMARELA	kWh			22,26	22,26	29,00
ENERGIA CONS. B.VERMELHA	kWh			139,69	139,69	29,00

CONT ILUMIN PUBLICA MUNICIPIO

53,76

Segunda Via

Base de Cálculo do ICMS 3.330,06	Valor ICMS 965,72	Valor Total da Nota Fiscal 4.261,15
-------------------------------------	----------------------	--

	Copel Distribuição S.A. Rua José Izidoro Biazzetto, 156 - Curitiba-PR - 81 200-240 CNPJ 04.368.898/0001-06 - IE: 90.233.073-99 IM: 423.992-4	página 1 / 2		www.copel.com 0800 643 75 75
	Mês de referência		Nº de Identificação	
	Setembro/2017		93055889	
	Vencimento		VALOR	
	16/10/2017		R\$ 3.561,82	
FAT-01-20175371526528-91				

Valores Faturados**NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA Nº 004.532.809 - SÉRIE B**

Emitida em 27/09/2017

Produto Descrição	Un.	Grandezas Faturadas	Valor Unitário	Valor Total	Base de Cálculo	Aliq. ICMS
ENERGIA ELET CONSUMO PTA	kWh	321,00	1,874424	601,69	601,69	29,00
ENERGIA ELET CONSUMO F PTA	kWh	2963,00	0,444620	1.317,41	1.317,41	29,00
ENERGIA REAT EXC F PONTA	kWh	34,00	0,397647	13,52	13,52	29,00
DEMANDA	kW	20,17	22,634806	456,54	456,54	29,00
DEMANDA ISENTA ICMS	kW	64,83	15,469536	1.002,89	0,00	0,00
ENERGIA CONS. B.AMARELA	kWh			82,58	82,58	29,00
ENERGIA CONS. B.VERMELHA	kWh			33,44	33,44	29,00

CONT ILUMIN PUBLICA MUNICIPIO

53,75

Segunda Via

Base de Cálculo do ICMS 2.505,18	Valor ICMS 726,51	Valor Total da Nota Fiscal 3.561,82
-------------------------------------	----------------------	--

	Copel Distribuição S.A. Rua José Izidoro Biazzetto, 156 - Curitiba-PR - 81 200-240 CNPJ 04.368.898/0001-06 - IE: 90.233.073-99 IM: 423.992-4	página 1 / 2		www.copel.com 0800 643 75 75
	Mês de referência		Nº de Identificação	
	Outubro/2017		93055889	
	Vencimento		VALOR	
	16/11/2017		R\$ 3.281,76	
FAT-01-20175509732559-96				

Valores Faturados**NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA Nº 004.253.658 - SÉRIE B**

Emitida em 27/10/2017

Produto Descrição	Un.	Grandezas Faturadas	Valor Unitário	Valor Total	Base de Cálculo	Aliq. ICMS
ENERGIA ELET CONSUMO PTA	kWh	305,00	1,898426	578,41	578,41	29,00
ENERGIA ELET CONSUMO F PTA	kWh	2445,00	0,449840	1.099,86	1.099,86	29,00
DEMANDA	kW	11,51	22,899218	263,57	263,57	29,00
DEMANDA ISENTA ICMS	kW	73,49	15,593008	1.145,93	0,00	0,00
ENERGIA CONS. B.AMARELA	kWh			20,32	20,32	29,00
ENERGIA CONS. B.VERMELHA	kWh			119,92	119,92	29,00

CONT ILUMIN PUBLICA MUNICIPIO

53,75

Segunda Via

Base de Cálculo do ICMS 2.082,08	Valor ICMS 603,80	Valor Total da Nota Fiscal 3.281,76
-------------------------------------	----------------------	--

	Copel Distribuição S.A. Rua José Izidoro Biazzetto, 158 - Curitiba-PR - 81 200-240 CNPJ 04.368.898/0001-06 - IE: 90.233.073-99 - IM: 423.992-4	página 1 / 2		www.copel.com 0800 643 75 75
	Mês de referência		Nº de Identificação	
	Novembro/2017		93055889	
	Vencimento		VALOR	
	16/12/2017		R\$ 3.276,00	
FAT-01-20175629862120-87				

Valores Faturados**NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA Nº 004.493.025 - SÉRIE B**

Emitida em 28/11/2017

Produto Descrição	Un.	Grandezas Faturadas	Valor Unitário	Valor Total	Base de Cálculo	Aliq. ICMS
ENERGIA ELET CONSUMO PTA	kWh	289,00	1,900277	549,18	549,18	29,00
ENERGIA ELET CONSUMO F PTA	kWh	2380,00	0,450744	1.072,77	1.072,77	29,00
ENERGIA REAT EXC F PONTA	kWh	3,00	0,400000	1,20	1,20	29,00
DEMANDA	kW	9,34	22,945396	214,31	214,31	29,00
DEMANDA ISENTA ICMS	kW	75,66	15,814459	1.181,39	0,00	0,00
ENERGIA CONS. B.VERMELHA	kWh			203,40	203,40	29,00

CONT ILUMIN PUBLICA MUNICIPIO

53,75

Segunda Via

Base de Cálculo do ICMS 2.040,86	Valor ICMS 591,85	Valor Total da Nota Fiscal 3.276,00
-------------------------------------	----------------------	--

	Copel Distribuição S.A. Rua José Izidoro Biazzetto, 158 - Curitiba-PR - 81 200-240 CNPJ 04.368.898/0001-06 - IE: 90.233.073-99 - IM: 423.992-4	página 1 / 2		www.copel.com 0800 643 75 75
	Mês de referência		Nº de Identificação	
	Dezembro/2017		93055889	
	Vencimento		VALOR	
	16/01/2018		R\$ 3.324,62	
FAT-01-20175748829744-25				

Valores Faturados**NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA Nº 004.599.286 - SÉRIE B**

Emitida em 27/12/2017

Produto Descrição	Un.	Grandezas Faturadas	Valor Unitário	Valor Total	Base de Cálculo	Aliq. ICMS
ENERGIA ELET CONSUMO PTA	kWh	285,00	1,900264	503,57	503,57	29,00
ENERGIA ELET CONSUMO F PTA	kWh	2677,00	0,450743	1.206,64	1.206,64	29,00
DEMANDA	kW	10,18	22,946955	233,60	233,60	29,00
DEMANDA ISENTA ICMS	kW	74,82	15,814274	1.188,28	0,00	0,00
ENERGIA CONS. B.VERMELHA	kWh			158,80	158,80	29,00

CONT ILUMIN PUBLICA MUNICIPIO

53,75

Segunda Via

Base de Cálculo do ICMS 2.102,61	Valor ICMS 609,74	Valor Total da Nota Fiscal 3.324,62
-------------------------------------	----------------------	--

	Copel Distribuição S.A. Rua José Izidoro Biazzetto, 158 - Curitiba-PR - 81 200-240 CNPJ 04.368.898/0001-06 - IE: 90.233.073-99 IM: 423.992-4	página 1 / 2		www.copel.com 0800 643 75 75
	Mês de referência		Nº de Identificação	
	Janeiro/2018		93055889	
	Vencimento		VALOR	
	16/02/2018		R\$ 3.011,11	
FAT-01-20185882836586-5				

Valores Faturados**NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA Nº 004.578.911 - SÉRIE B**

Emitida em 29/01/2018

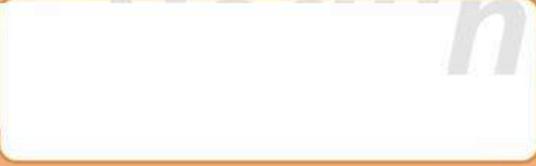
Produto Descrição	Un.	Grandezas Faturadas	Valor Unitário	Valor Total	Base de Cálculo	Aliq. ICMS
ENERGIA ELET CONSUMO PTA	kWh	257,00	1,877704	482,57	482,57	29,00
ENERGIA ELET CONSUMO F PTA	kWh	2412,00	0,445390	1.074,28	1.074,28	29,00
DEMANDA	kW	8,21	22,673569	186,15	186,15	29,00
DEMANDA ISENTA ICMS	kW	78,79	15,487894	1.189,30	0,00	0,00
ENERGIA CONS. B.VERMELHA	kWh			25,06	25,06	29,00

CONT ILUMIN PUBLICA MUNICIPIO

53,75

Segunda Via

Base de Cálculo do ICMS 1.768,06	Valor ICMS 512,74	Valor Total da Nota Fiscal 3.011,11
-------------------------------------	----------------------	--

	Copel Distribuição S.A. Rua José Izidoro Biazzetto, 158 - Curitiba-PR - 81 200-240 CNPJ 04.368.898/0001-06 - IE: 90.233.073-99 IM: 423.992-4	página 1 / 2		www.copel.com 0800 643 75 75
	Mês de referência		Nº de Identificação	
	Fevereiro/2018		93055889	
	Vencimento		VALOR	
	16/03/2018		R\$ 4.542,98	
FAT-01-20186000410147-62				

Valores Faturados**NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA Nº 009.155.826 - SÉRIE B**

Emitida em 27/02/2018

Produto Descrição	Un.	Grandezas Faturadas	Valor Unitário	Valor Total	Base de Cálculo	Aliq. ICMS
ENERGIA ELET CONSUMO PTA	kWh	513,00	1,829298	938,43	938,43	29,00
ENERGIA ELET CONSUMO F PTA	kWh	3832,00	0,433907	1.662,73	1.662,73	29,00
ENERGIA REAT EXC F PONTA	kWh	2,00	0,380000	0,76	0,76	29,00
DEMANDA	kW	74,24	22,090248	1.639,98	1.639,98	29,00
DEMANDA ISENTA ICMS	kW	10,78	15,211896	163,68	0,00	0,00

ACRESCIMO MORATORIO

8,42

JUROS CONTA ANTERIOR

9,82

MULTA POR ATRASO NO PAGAMENTO

65,41

CONT ILUMIN PUBLICA MUNICIPIO

53,75

Segunda Via

Base de Cálculo do ICMS 4.241,90	Valor ICMS 1.230,14	Valor Total da Nota Fiscal 4.542,98
-------------------------------------	------------------------	--

	Copel Distribuição S.A. Rua José Isidoro Biazetto, 158 - Curitiba-PR - 81 200-240 CNPJ 04.368.898/0001-06 - IE: 90.233.073-99 IM: 423.992-4	página 1 / 2		www.copel.com 0800 643 75 75
	<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 60px;"></div>		Mês de referência <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">Março/2018</div>	Nº de Identificação <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">93055889</div>
		Vencimento <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">16/04/2018</div>	VALOR <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">R\$ 7.037,79</div>	
FAT-01-20186088355029-80				

Valores Faturados

NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA Nº 013.560.541 - SÉRIE B

Emitida em 27/03/2018

Produto Descrição	Un.	Grandezas Faturadas	Valor Unitário	Valor Total	Base de Cálculo	Aliq. ICMS
ENERGIA ELET CONSUMO PTA	kWh	948,00	1,782300	1.689,62	1.689,62	29,00
ENERGIA ELET CONSUMO F PTA	kWh	8447,00	0,422752	3.570,99	3.570,99	29,00
DEMANDA	kW	88,53	21,521961	1.474,90	1.474,90	29,00
DEMANDA ISENTA ICMS	kW	18,47	14,941105	248,08	0,00	0,00

CONT ILUMIN PUBLICA MUNICIPIO

56,20

Segunda Via

Base de Cálculo do ICMS 6.735,51	Valor ICMS 1.953,30	Valor Total da Nota Fiscal 7.037,79
-------------------------------------	------------------------	--

	Copel Distribuição S.A. Rua José Isidoro Biazetto, 158 - Curitiba-PR - 81 200-240 CNPJ 04.368.898/0001-06 - IE: 90.233.073-99 IM: 423.992-4	página 1 / 2		www.copel.com 0800 643 75 75
	<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 60px;"></div>		Mês de referência <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">Abril/2018</div>	Nº de Identificação <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">93055889</div>
		Vencimento <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">16/05/2018</div>	VALOR <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">R\$ 3.661,83</div>	
FAT-01-20186196764620-15				

Valores Faturados

NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA Nº 018.262.307 - SÉRIE B

Emitida em 27/04/2018

Produto Descrição	Un.	Grandezas Faturadas	Valor Unitário	Valor Total	Base de Cálculo	Aliq. ICMS
ENERGIA ELET CONSUMO PTA	kWh	344,00	1,777907	611,60	611,60	29,00
ENERGIA ELET CONSUMO F PTA	kWh	3493,00	0,421723	1.473,08	1.473,08	29,00
DEMANDA	kW	38,82	21,469446	829,15	829,15	29,00
DEMANDA ISENTA ICMS	kW	48,38	14,915912	691,80	0,00	0,00

CONT ILUMIN PUBLICA MUNICIPIO

56,20

Segunda Via

Base de Cálculo do ICMS 2.913,83	Valor ICMS 845,00	Valor Total da Nota Fiscal 3.661,83
-------------------------------------	----------------------	--

	Copel Distribuição S.A. Rua José Izidoro Biazzetto, 158 - Curitiba-PR - 81 200-240 CNPJ 04.368.898/0001-06 - IE: 90.233.073-99 IM: 423.992-4	página 1 / 2		www.copel.com 0800 643 75 75
	<div style="border: 1px solid gray; width: 100%; height: 40px;"></div>		Mês de referência <div style="border: 1px solid gray; padding: 2px; text-align: center;">Maio/2018</div>	Nº de Identificação <div style="border: 1px solid gray; padding: 2px; text-align: center;">93055889</div>
		Vencimento <div style="border: 1px solid gray; padding: 2px; text-align: center;">16/06/2018</div>	VALOR <div style="border: 1px solid gray; padding: 2px; text-align: center;">R\$ 3.672,17</div>	
FAT-01-20186325377955-75				

Valores Faturados

NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA Nº 022.919.185 - SÉRIE B

Emitida em 29/05/2018

Produto Descrição	Un.	Grandezas Faturadas	Valor Unitário	Valor Total	Base de Cálculo	Aliq. ICMS
ENERGIA ELET CONSUMO PTA	kWh	248,00	1,777863	440,91	440,91	29,00
ENERGIA ELET CONSUMO F PTA	kWh	3128,00	0,421720	1.319,14	1.319,14	29,00
DEMANDA	kW	27,84	21,468468	597,71	597,71	29,00
DEMANDA ISENTA ICMS	kW	57,16	14,918025	852,60	0,00	0,00
ENERGIA CONS. B.AMARELA	kWh			38,02	38,02	29,00
ACRESCIMO MORATORIO				28,88		
JUROS CONTA ANTERIOR				51,35		
MULTA POR ATRASO NO PAGAMENTO				139,63		
CONT ILUMIN PUBLICA MUNICIPIO				58,20		
SERVICO DE RELIGACAO				93,60		
TAXA VISITA TECNICA				56,15		

Segunda Via

Base de Cálculo do ICMS 2.393,78	Valor ICMS 694,19	Valor Total da Nota Fiscal 3.672,17
-------------------------------------	----------------------	--

	Copel Distribuição S.A. Rua José Izidoro Biazzetto, 158 - Curitiba-PR - 81 200-240 CNPJ 04.368.898/0001-06 - IE: 90.233.073-99 IM: 423.992-4	página 1 / 2		www.copel.com 0800 643 75 75
	<div style="border: 1px solid gray; width: 100%; height: 40px;"></div>		Mês de referência <div style="border: 1px solid gray; padding: 2px; text-align: center;">Junho/2018</div>	Nº de Identificação <div style="border: 1px solid gray; padding: 2px; text-align: center;">93055889</div>
		Vencimento <div style="border: 1px solid gray; padding: 2px; text-align: center;">16/07/2018</div>	VALOR <div style="border: 1px solid gray; padding: 2px; text-align: center;">R\$ 3.047,15</div>	
FAT-01-20186467456978-2				

Valores Faturados

NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA Nº 027.561.776 - SÉRIE B

Emitida em 27/06/2018

Produto Descrição	Un.	Grandezas Faturadas	Valor Unitário	Valor Total	Base de Cálculo	Aliq. ICMS
ENERGIA ELET CONSUMO PTA	kWh	248,00	1,788211	439,90	439,90	29,00
ENERGIA ELET CONSUMO F PTA	kWh	2252,00	0,427260	962,19	962,19	29,00
DEMANDA	kW	26,46	21,511338	569,19	569,19	29,00
DEMANDA ISENTA ICMS	kW	58,54	14,944895	874,88	0,00	0,00
ENERGIA CONS. B.AMARELA	kWh			11,08	11,08	29,00
ENERGIA CONS. B.VERMELHA P2	kWh			133,71	133,71	29,00

CONT ILUMIN PUBLICA MUNICIPIO 58,20

Segunda Via

Base de Cálculo do ICMS 2.116,07	Valor ICMS 613,65	Valor Total da Nota Fiscal 3.047,15
-------------------------------------	----------------------	--

ANEXO C - ARMAZENAMENTO DE GRÃOS DE MÉDIO PORTE

	Copel Distribuição S.A. Rua José Izidoro Biazzetto, 158 - Curitiba-PR - 81 200-240 CNPJ 04.368.898/0001-06 - IE: 90.233.073-99 - IM: 423.992-4	página 1 / 2		www.copel.com 0800 643 75 75	Mês de referência		Nº de Identificação	
					Julho/2017		41963881	
					Vencimento		VALOR	
					04/08/2017		R\$ 4.684,81	
FAT-01-20175064668254-17								
Valores Faturados								
NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA Nº 002.333.170 - SÉRIE B								
Emitida em 14/07/2017								
Produto Descrição	Un.	Grandezas Faturadas	Valor Unitário	Valor Total	Base de Cálculo	Aliq. ICMS		
ENERGIA ELET CONSUMO PTA	kWh	217,00	1,748479	379,42	379,42	29,00		
ENERGIA ELET CONSUMO F PTA	kWh	6571,00	0,431475	2.835,22	2.835,22	29,00		
DEMANDA	kW	64,20	20,029595	1.285,90	1.285,90	29,00		
ENERGIA CONS. B.AMARELA	kWh			84,64	84,64	29,00		
CONT ILUMIN PUBLICA MUNICIPIO					99,63			
<h1>Segunda Via</h1>								
Base de Cálculo do ICMS 4.585,18			Valor ICMS 1.329,70			Valor Total da Nota Fiscal 4.684,81		

	Copel Distribuição S.A. Rua José Izidoro Biazzetto, 158 - Curitiba-PR - 81 200-240 CNPJ 04.368.898/0001-06 - IE: 90.233.073-99 - IM: 423.992-4	página 1 / 2		www.copel.com 0800 643 75 75	Mês de referência		Nº de Identificação	
					Agosto/2017		41963881	
					Vencimento		VALOR	
					04/09/2017		R\$ 14.959,39	
FAT-01-20175190428712-4								
Valores Faturados								
NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA Nº 002.545.261 - SÉRIE B								
Emitida em 15/08/2017								
Produto Descrição	Un.	Grandezas Faturadas	Valor Unitário	Valor Total	Base de Cálculo	Aliq. ICMS		
ENERGIA ELET CONSUMO PTA	kWh	1688,00	1,849081	3.117,55	3.117,55	29,00		
ENERGIA ELET CONSUMO F PTA	kWh	19198,00	0,438597	8.420,18	8.420,18	29,00		
DEMANDA	kW	113,60	22,328521	2.536,52	2.536,52	29,00		
ENERGIA CONS. B.AMARELA	kWh			403,48	403,48	29,00		
ENERGIA CONS. B.VERMELHA	kWh			382,05	382,05	29,00		
CONT ILUMIN PUBLICA MUNICIPIO					99,63			
<h1>Segunda Via</h1>								
Base de Cálculo do ICMS 14.859,76			Valor ICMS 4.309,32			Valor Total da Nota Fiscal 14.959,39		

	Copel Distribuição S.A. Rua José Izidoro Biazetto, 158 - Curitiba-PR - 81 200-240 CNPJ 04.368.898/0001-06 - IE: 90.233.073-99 IM: 423.992-4	página 1 / 2		www.copel.com 0800 643 75 75
	Mês de referência		N° de Identificação	
	Setembro/2017		41963881	
	Vencimento		VALOR	
	04/10/2017		R\$ 9.799,31	
FAT-01-20175306195432-41				

Valores Faturados**NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA N° 003.047.087 - SÉRIE B**

Emitida em 14/09/2017

Produto Descrição	Un.	Grandezas Faturadas	Valor Unitário	Valor Total	Base de Cálculo	Aliq. ICMS
ENERGIA ELET CONSUMO PTA	kWh	664,00	1,867997	1.240,35	1.240,35	29,00
ENERGIA ELET CONSUMO F PTA	kWh	12366,00	0,443082	5.479,15	5.479,15	29,00
DEMANDA	kW	108,09	22,556943	2.438,18	2.438,18	29,00
ENERGIA CONS. B.AMARELA	kWh			160,52	160,52	29,00
ENERGIA CONS. B.VERMELHA	kWh			381,48	381,48	29,00

CONT ILUMIN PUBLICA MUNICIPIO

99,63

Segunda Via

Base de Cálculo do ICMS 9.699,68	Valor ICMS 2.812,90	Valor Total da Nota Fiscal 9.799,31
-------------------------------------	------------------------	--

	Copel Distribuição S.A. Rua José Izidoro Biazetto, 158 - Curitiba-PR - 81 200-240 CNPJ 04.368.898/0001-06 - IE: 90.233.073-99 IM: 423.992-4	página 1 / 2		www.copel.com 0800 643 75 75
	Mês de referência		N° de Identificação	
	Outubro/2017		41963881	
	Vencimento		VALOR	
	04/11/2017		R\$ 9.006,45	
FAT-01-20175463646264-7				

Valores Faturados**NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA N° 002.519.633 - SÉRIE B**

Emitida em 16/10/2017

Produto Descrição	Un.	Grandezas Faturadas	Valor Unitário	Valor Total	Base de Cálculo	Aliq. ICMS
ENERGIA ELET CONSUMO PTA	kWh	313,00	1,886550	590,49	590,49	29,00
ENERGIA ELET CONSUMO F PTA	kWh	11961,00	0,447489	5.352,42	5.352,42	29,00
ENERGIA REAT EXC F PONTA	kWh	103,00	0,400680	41,27	41,27	29,00
DEMANDA	kW	108,14	22,781302	2.463,57	2.463,57	29,00
ENERGIA CONS. B.AMARELA	kWh			308,67	308,67	29,00
ENERGIA CONS. B.VERMELHA	kWh			150,40	150,40	29,00

CONT ILUMIN PUBLICA MUNICIPIO

99,63

Segunda Via

Base de Cálculo do ICMS 8.906,82	Valor ICMS 2.562,96	Valor Total da Nota Fiscal 9.006,45
-------------------------------------	------------------------	--

	Copel Distribuição S.A. Rua José Izidoro Biazzetto, 158 - Curitiba-PR - 81 200-240 CNPJ 04.368.898/0001-06 - IE: 90.233.073-99 IM: 423.992-4	página 1 / 2		www.copel.com 0800 643 75 75
	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 100px; margin: 0 auto;"></div>		Mês de referência Novembro/2017	Nº de Identificação 41963881
		Vencimento 04/12/2017	VALOR R\$ 5.738,57	
FAT-01-20175580420870-22				

Valores Faturados

NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA Nº 002.746.543 - SÉRIE B

Emitida em 14/11/2017

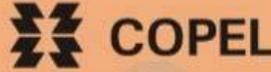
Produto Descrição	Un.	Grandezas Faturadas	Valor Unitário	Valor Total	Base de Cálculo	Aliq. ICMS
ENERGIA ELET CONSUMO PTA	kWh	312,00	1,900288	592,89	592,89	29,00
ENERGIA ELET CONSUMO F PTA	kWh	5234,00	0,450753	2.359,24	2.359,24	29,00
ENERGIA REAT EXC F PONTA	kWh	10,00	0,404000	4,04	4,04	29,00
DEMANDA	kW	80,38	22,947318	1.385,10	1.385,10	29,00
DEMANDA ISENTA ICMS	kW	59,64	15,814353	931,24	0,00	0,00
ENERGIA CONS. B.VERMELHA	kWh			368,43	368,43	29,00

CONT ILUMIN PUBLICA MUNICIPIO

99,63

Segunda Via

Base de Cálculo do ICMS 4.707,70	Valor ICMS 1.365,23	Valor Total da Nota Fiscal 5.738,57
-------------------------------------	------------------------	--

	Copel Distribuição S.A. Rua José Izidoro Biazzetto, 158 - Curitiba-PR - 81 200-240 CNPJ 04.368.898/0001-06 - IE: 90.233.073-99 IM: 423.992-4	página 1 / 2		www.copel.com 0800 643 75 75
	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 100px; margin: 0 auto;"></div>		Mês de referência Dezembro/2017	Nº de Identificação 41963881
		Vencimento 04/01/2018	VALOR R\$ 6.555,59	
FAT-01-20175685802465-32				

Valores Faturados

NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA Nº 002.700.651 - SÉRIE B

Emitida em 14/12/2017

Produto Descrição	Un.	Grandezas Faturadas	Valor Unitário	Valor Total	Base de Cálculo	Aliq. ICMS
ENERGIA ELET CONSUMO PTA	kWh	327,00	1,900308	621,40	621,40	29,00
ENERGIA ELET CONSUMO F PTA	kWh	6670,00	0,450750	3.006,50	3.006,50	29,00
ENERGIA REAT EXC F PONTA	kWh	68,00	0,403878	27,45	27,45	29,00
DEMANDA	kW	61,50	22,947154	1.411,25	1.411,25	29,00
DEMANDA ISENTA ICMS	kW	58,50	15,814530	913,45	0,00	0,00
ENERGIA CONS. B.VERMELHA	kWh			475,91	475,91	29,00

CONT ILUMIN PUBLICA MUNICIPIO

99,63

Segunda Via

Base de Cálculo do ICMS 5.542,51	Valor ICMS 1.607,32	Valor Total da Nota Fiscal 6.555,59
-------------------------------------	------------------------	--

	Copel Distribuição S.A. Rua José Izidoro Biazzetto, 158 - Curitiba-PR - 81 200-240 CNPJ 04.368.898/0001-06 - IE: 90.233.073-99 - IM: 423.992-4	página 1 / 2		www.copel.com 0800 643 75 75
	<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 50px; margin-bottom: 5px;"></div>		Mês de referência <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">Janeiro/2018</div>	Nº de Identificação <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">41963881</div>
		Vencimento <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">04/02/2018</div>	VALOR <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">R\$ 4.908,97</div>	
FAT-01-20185820130565-70				

Valores Faturados**NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA Nº 002.445.771 - SÉRIE B**

Emitida em 16/01/2018

Produto Descrição	Un.	Grandezas Faturadas	Valor Unitário	Valor Total	Base de Cálculo	Aliq. ICMS
ENERGIA ELET CONSUMO PTA	kWh	302,00	1,889371	570,59	570,59	29,00
ENERGIA ELET CONSUMO F PTA	kWh	4184,00	0,448169	1.875,14	1.875,14	29,00
ENERGIA REAT EXC F PONTA	kWh	70,00	0,401429	28,10	28,10	29,00
DEMANDA	kW	45,85	22,815689	1.048,38	1.048,38	29,00
DEMANDA ISENTA ICMS	kW	74,05	15,553410	1.151,73	0,00	0,00
ENERGIA CONS. B.VERMELHA	kWh			135,40	135,40	29,00

CONT ILUMIN PUBLICA MUNICIPIO

99,63

Segunda Via

Base de Cálculo do ICMS 3.657,61	Valor ICMS 1.060,70	Valor Total da Nota Fiscal 4.908,97
-------------------------------------	------------------------	--

	Copel Distribuição S.A. Rua José Izidoro Biazzetto, 158 - Curitiba-PR - 81 200-240 CNPJ 04.368.898/0001-06 - IE: 90.233.073-99 - IM: 423.992-4	página 1 / 2		www.copel.com 0800 643 75 75
	<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 50px; margin-bottom: 5px;"></div>		Mês de referência <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">Fevereiro/2018</div>	Nº de Identificação <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">41963881</div>
		Vencimento <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">04/03/2018</div>	VALOR <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">R\$ 4.614,11</div>	
FAT-01-20185948656956-93				

Valores Faturados**NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA Nº 008.036.079 - SÉRIE B**

Emitida em 14/02/2018

Produto Descrição	Un.	Grandezas Faturadas	Valor Unitário	Valor Total	Base de Cálculo	Aliq. ICMS
ENERGIA ELET CONSUMO PTA	kWh	307,00	1,851433	568,39	568,39	29,00
ENERGIA ELET CONSUMO F PTA	kWh	4242,00	0,439165	1.862,94	1.862,94	29,00
ENERGIA REAT EXC F PONTA	kWh	31,00	0,392903	12,18	12,18	29,00
DEMANDA	kW	32,81	22,357208	733,54	733,54	29,00
DEMANDA ISENTA ICMS	kW	87,19	15,339259	1.337,43	0,00	0,00

CONT ILUMIN PUBLICA MUNICIPIO

99,63

Segunda Via

Base de Cálculo do ICMS 3.177,05	Valor ICMS 921,34	Valor Total da Nota Fiscal 4.614,11
-------------------------------------	----------------------	--

	Copel Distribuição S.A. Rua José Izidoro Biazzetto, 158 - Curitiba-PR - 81 200-240 CNPJ 04.368.898/0001-06 - IE: 90.233.073-99 - IM: 423.992-4	página 1 / 2		www.copel.com 0800 643 75 75
	Mês de referência		Nº de Identificação	
	Março/2018		41963881	
	Vencimento		VALOR	
	04/04/2018		R\$ 19.169,07	
FAT-01-20186043172740-7				

Valores Faturados**NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA Nº 012.140.539 - SÉRIE B**

Emitida em 14/03/2018

Produto Descrição	Un.	Grandezas Faturadas	Valor Unitário	Valor Total	Base de Cálculo	Aliq. ICMS
ENERGIA ELET CONSUMO PTA	kWh	1672,00	1,801352	3.011,88	3.011,88	29,00
ENERGIA ELET CONSUMO F PTA	kWh	28797,00	0,427275	12.304,25	12.304,25	29,00
ENERGIA REAT EXC PONTA	kWh	14,00	0,382857	5,38	5,38	29,00
ENERGIA REAT EXC F PONTA	kWh	248,00	0,382702	94,91	94,91	29,00
DEMANDA	kW	135,98	21,752169	2.957,86	2.957,86	29,00
DEMANDA ULTRAPASSAGEM04/03/18 - 19:15	kW	15,98	43,504380	695,20	695,20	29,00

CONT ILUMIN PUBLICA MUNICIPIO

99,63

Segunda Via

Base de Cálculo do ICMS 19.069,44	Valor ICMS 5.530,13	Valor Total da Nota Fiscal 19.169,07
--------------------------------------	------------------------	---

	Copel Distribuição S.A. Rua José Izidoro Biazzetto, 158 - Curitiba-PR - 81 200-240 CNPJ 04.368.898/0001-06 - IE: 90.233.073-99 - IM: 423.992-4	página 1 / 2		www.copel.com 0800 643 75 75
	Mês de referência		Nº de Identificação	
	Abril/2018		41963881	
	Vencimento		VALOR	
	04/05/2018		R\$ 19.388,72	
FAT-01-20186163100260-6				

Valores Faturados**NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA Nº 017.037.500 - SÉRIE B**

Emitida em 16/04/2018

Produto Descrição	Un.	Grandezas Faturadas	Valor Unitário	Valor Total	Base de Cálculo	Aliq. ICMS
ENERGIA ELET CONSUMO PTA	kWh	1800,00	1,777967	3.200,34	3.200,34	29,00
ENERGIA ELET CONSUMO F PTA	kWh	26306,00	0,421727	11.093,94	11.093,94	29,00
ENERGIA REAT EXC PONTA	kWh	288,00	0,377727	108,03	108,03	29,00
ENERGIA REAT EXC F PONTA	kWh	3621,00	0,377752	1.367,84	1.367,84	29,00
DEMANDA	kW	126,44	21,469830	2.714,62	2.714,62	29,00
DEMANDA ULTRAPASSAGEM02/04/18 - 16:00	kW	6,44	42,938335	276,51	276,51	29,00
DEMANDA REAT EXCED	kW	24,12	21,469320	517,84	517,84	29,00

CONT ILUMIN PUBLICA MUNICIPIO

109,60

Segunda Via

Base de Cálculo do ICMS 19.279,12	Valor ICMS 5.590,94	Valor Total da Nota Fiscal 19.388,72
--------------------------------------	------------------------	---

	Copel Distribuição S.A. Rua José Izidoro Biazetto, 158 - Curitiba-PR - 81 200-240 CNPJ 04.368.898/0001-06 - IE: 90.233.073-99 IM: 423.992-4	página 1 / 2		www.copel.com 0800 643 75 75
	Mês de referência		N° de Identificação	
	Maio/2018		41963881	
	Vencimento		VALOR	
	04/06/2018		R\$ 8.200,66	
FAT-01-20186267284405-8				

Valores Faturados**NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA N° 020.891.899 - SÉRIE B**

Emitida em 15/05/2018

Produto Descrição	Un.	Grandezas Faturadas	Valor Unitário	Valor Total	Base de Cálculo	Aliq. ICMS
ENERGIA ELET CONSUMO PTA	kWh	432,00	1,777940	768,07	768,07	29,00
ENERGIA ELET CONSUMO F PTA	kWh	11267,00	0,421725	4.751,58	4.751,58	29,00
ENERGIA REAT EXC F PONTA	kWh	581,00	0,377728	219,46	219,46	29,00
DEMANDA	kW	73,80	21,469512	1.584,45	1.584,45	29,00
DEMANDA ISENTA ICMS	kW	46,20	14,915801	689,11	0,00	0,00
ENERGIA CONS. B.AMARELA	kWh			78,39	78,39	29,00

CONT ILUMIN PUBLICA MUNICIPIO

109,80

Segunda Via

Base de Cálculo do ICMS 7.401,95	Valor ICMS 2.146,54	Valor Total da Nota Fiscal 8.200,66
-------------------------------------	------------------------	--

	Copel Distribuição S.A. Rua José Izidoro Biazetto, 158 - Curitiba-PR - 81 200-240 CNPJ 04.368.898/0001-06 - IE: 90.233.073-99 IM: 423.992-4	página 1 / 2		www.copel.com 0800 643 75 75
	Mês de referência		N° de Identificação	
	Junho/2018		41963881	
	Vencimento		VALOR	
	04/07/2018		R\$ 7.166,28	
FAT-01-20186395299455-52				

Valores Faturados**NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA N° 025.715.276 - SÉRIE B**

Emitida em 14/06/2018

Produto Descrição	Un.	Grandezas Faturadas	Valor Unitário	Valor Total	Base de Cálculo	Aliq. ICMS
ENERGIA ELET CONSUMO PTA	kWh	374,00	1,777914	664,94	664,94	29,00
ENERGIA ELET CONSUMO F PTA	kWh	9006,00	0,421724	3.798,05	3.798,05	29,00
DEMANDA	kW	64,15	21,469525	1.377,27	1.377,27	29,00
DEMANDA ISENTA ICMS	kW	55,85	14,915846	833,05	0,00	0,00
ENERGIA CONS. B.AMARELA	kWh			81,77	81,77	29,00
ENERGIA CONS. B.VERMELHA P2	kWh			301,60	301,60	29,00

CONT ILUMIN PUBLICA MUNICIPIO

109,60

Segunda Via

Base de Cálculo do ICMS 6.223,63	Valor ICMS 1.804,84	Valor Total da Nota Fiscal 7.166,28
-------------------------------------	------------------------	--

ANEXO D - ARMAZENAMENTO DE GRÃOS DE GRANDE PORTE

	Copel Distribuição S.A. Rua José Izidoro Biazzetto, 158 - Curitiba-PR - 81 200-240 CNPJ 04.368.898/0001-06 - IE 90.233.073-99 - IM 423.992-4	página 1 / 2 	www.copel.com 0800 643 75 75
Vencimento 25/08/2017			VALOR R\$ 68.076,05
FAT-01-20175054584074-20			

Valores Faturados

NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA N° 001.607.678 - SÉRIE B

Emitida em 11/07/2017

Produto Descrição	Un.	Grandezas Faturadas	Valor Unitário	Valor Total	Base de Cálculo	Aliq. ICMS
ENERGIA ELET CONSUMO PTA	kWh	5481,00	1,716829	9.409,94	9.409,94	29,00
ENERGIA ELET CONSUMO F PTA	kWh	58495,00	0,429979	25.151,63	25.151,63	29,00
ENERGIA REAT EXC PONTA	kWh	1134,00	0,370071	419,66	419,66	29,00
ENERGIA REAT EXC F PONTA	kWh	6015,00	0,370080	2.228,03	2.228,03	29,00
DEMANDA	kW	587,52	19,252928	11.311,48	11.311,48	29,00
DEM COMPLEMENTAR TODOS P ISENTA ICMS	kW	1415,76	13,263745	18.778,28	0,00	0,00
DEMANDA REAT EXCED	kW	10,08	19,250992	194,05	194,05	29,00
ENERGIA CONS. B.AMARELA	kWh			531,23	531,23	29,00

CONT ILUMIN PUBLICA MUNICIPIO

53,75

Segunda Via

Base de Cálculo do ICMS 49.244,02	Valor ICMS 14.260,75	Valor Total da Nota Fiscal 68.076,05
--------------------------------------	-------------------------	---

	Copel Distribuição S.A. Rua José Izidoro Biazzetto, 158 - Curitiba-PR - 81 200-240 CNPJ 04.368.898/0001-06 - IE 90.233.073-99 - IM 423.992-4	página 1 / 2 	www.copel.com 0800 643 75 75
Vencimento 25/09/2017			VALOR R\$ 124.662,89
FAT-01-20175169301109-80			

Valores Faturados

NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA N° 001.581.430 - SÉRIE B

Emitida em 10/08/2017

Produto Descrição	Un.	Grandezas Faturadas	Valor Unitário	Valor Total	Base de Cálculo	Aliq. ICMS
ENERGIA ELET CONSUMO PTA	kWh	16014,00	1,846391	29.568,11	29.568,11	29,00
ENERGIA ELET CONSUMO F PTA	kWh	161297,00	0,437957	70.641,13	70.641,13	29,00
ENERGIA REAT EXC PONTA	kWh	878,00	0,392283	343,64	343,64	29,00
ENERGIA REAT EXC F PONTA	kWh	8598,00	0,392294	3.372,94	3.372,94	29,00
DEMANDA	kW	630,72	22,295932	14.062,49	14.062,49	29,00
DEMANDA REAT EXCED	kW	14,40	22,294444	321,04	321,04	29,00
ENERGIA CONS. B.AMARELA	kWh			4.139,89	4.139,89	29,00
ENERGIA CONS. B.VERMELHA	kWh			2.159,90	2.159,90	29,00

CONT ILUMIN PUBLICA MUNICIPIO

53,75

Segunda Via

Base de Cálculo do ICMS 124.609,14	Valor ICMS 36.136,63	Valor Total da Nota Fiscal 124.662,89
---------------------------------------	-------------------------	--

	Copel Distribuição S.A. Rua José Izidoro Biazzetto, 158 - Curitiba-PR - 81 200-240 CNPJ 04.368.898/0001-06 - IE: 90.233.073-99 IM: 423.992-4	página 1 / 2		www.copel.com 0800 643 75 75
	Mês de referência		Nº de Identificação	
	Setembro/2017		28331664	
	Vencimento		VALOR	
	25/10/2017		R\$ 57.384,49	
FAT-01-20175294491981-85				

Valores Faturados**NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA Nº 002.054.796 - SÉRIE B**

Emitida em 12/09/2017

Produto Descrição	Un.	Grandezas Faturadas	Valor Unitário	Valor Total	Base de Cálculo	Aliq. ICMS
ENERGIA ELET CONSUMO PTA	kWh	5281,00	1,866012	9.854,41	9.854,41	29,00
ENERGIA ELET CONSUMO F PTA	kWh	68644,00	0,442811	30.382,62	30.382,62	29,00
ENERGIA REAT EXC PONTA	kWh	922,00	0,396453	366,53	366,53	29,00
ENERGIA REAT EXC F PONTA	kWh	5787,00	0,396463	2.294,33	2.294,33	29,00
DEMANDA	kW	492,48	22,532895	11.097,00	11.097,00	29,00
DEMANDA REAT EXCED	kW	5,04	22,529762	113,55	113,55	29,00
ENERGIA CONS. B.AMARELA	kWh			608,69	608,69	29,00
ENERGIA CONS. B.VERMELHA	kWh			2.616,61	2.616,61	29,00

CONT ILUMIN PUBLICA MUNICIPIO

53,75

Segunda Via

Base de Cálculo do ICMS 57.330,74	Valor ICMS 16.625,91	Valor Total da Nota Fiscal 57.384,49
--------------------------------------	-------------------------	---

	Copel Distribuição S.A. Rua José Izidoro Biazzetto, 158 - Curitiba-PR - 81 200-240 CNPJ 04.368.898/0001-06 - IE: 90.233.073-99 IM: 423.992-4	página 1 / 2		www.copel.com 0800 643 75 75
	Mês de referência		Nº de Identificação	
	Outubro/2017		28331664	
	Vencimento		VALOR	
	25/11/2017		R\$ 20.741,39	
FAT-01-20175430173034-1				

Valores Faturados**NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA Nº 001.546.887 - SÉRIE B**

Emitida em 10/10/2017

Produto Descrição	Un.	Grandezas Faturadas	Valor Unitário	Valor Total	Base de Cálculo	Aliq. ICMS
ENERGIA ELET CONSUMO PTA	kWh	479,00	1,883528	902,21	902,21	29,00
ENERGIA ELET CONSUMO F PTA	kWh	18443,00	0,446773	8.239,84	8.239,84	29,00
ENERGIA REAT EXC PONTA	kWh	655,00	0,400188	262,11	262,11	29,00
ENERGIA REAT EXC F PONTA	kWh	5356,00	0,400189	2.143,41	2.143,41	29,00
DEMANDA	kW	370,08	22,744758	8.417,38	8.417,38	29,00
ENERGIA CONS. B.AMARELA	kWh			453,77	453,77	29,00
ENERGIA CONS. B.VERMELHA	kWh			268,92	268,92	29,00

CONT ILUMIN PUBLICA MUNICIPIO

53,75

Segunda Via

Base de Cálculo do ICMS 20.687,64	Valor ICMS 5.999,41	Valor Total da Nota Fiscal 20.741,39
--------------------------------------	------------------------	---

	COPEL	Copel Distribuição S.A. Rua José Izidoro Biazetto, 158 - Curitiba-PR - 81 200-240 CNPJ 04.368.898/0001-06 - IE: 90.233.073-99 IM: 423.992-4	página 1 / 2		www.copel.com 0800 643 75 75
		Mês de referência		Nº de Identificação	
		Novembro/2017		28331664	
		Vencimento		VALOR	
		25/12/2017		R\$ 15.166,56	
FAT-01-20175559940956-71					

Valores Faturados**NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA Nº 001.774.727 - SÉRIE B**

Emitida em 10/11/2017

Produto Descrição	Un.	Grandezas Faturadas	Valor Unitário	Valor Total	Base de Cálculo	Aliq. ICMS
ENERGIA ELET CONSUMO PTA	kWh	511.00	1,900274	971.04	971.04	29,00
ENERGIA ELET CONSUMO F PTA	kWh	9807.00	0,450752	4.420.52	4.420.52	29,00
ENERGIA REAT EXC PONTA	kWh	511.00	0,403738	208.31	208.31	29,00
ENERGIA REAT EXC F PONTA	kWh	4771.00	0,403754	1.928.31	1.928.31	29,00
DEMANDA	kW	302.40	22,947321	6.939.27	6.939.27	29,00
ENERGIA CONS. B.VERMELHA	kWh			649.36	649.36	29,00

CONT ILUMIN PUBLICA MUNICIPIO

53,75

Segunda Via

Base de Cálculo do ICMS 15.112,81	Valor ICMS 4.382,72	Valor Total da Nota Fiscal 15.166,56
--------------------------------------	------------------------	---

	COPEL	Copel Distribuição S.A. Rua José Izidoro Biazetto, 158 - Curitiba-PR - 81 200-240 CNPJ 04.368.898/0001-06 - IE: 90.233.073-99 IM: 423.992-4	página 1 / 2		www.copel.com 0800 643 75 75
		Mês de referência		Nº de Identificação	
		Dezembro/2017		28331664	
		Vencimento		VALOR	
		25/01/2018		R\$ 13.686,37	
FAT-01-20175673297987-1					

Valores Faturados**NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA Nº 001.521.050 - SÉRIE B**

Emitida em 12/12/2017

Produto Descrição	Un.	Grandezas Faturadas	Valor Unitário	Valor Total	Base de Cálculo	Aliq. ICMS
ENERGIA ELET CONSUMO PTA	kWh	591.00	1,900305	1.123.08	1.123.08	29,00
ENERGIA ELET CONSUMO F PTA	kWh	13244.00	0,450751	5.969.75	5.969.75	29,00
ENERGIA REAT EXC PONTA	kWh	1011.00	0,403759	408.20	408.20	29,00
ENERGIA REAT EXC F PONTA	kWh	6840.00	0,403756	2.781.89	2.781.89	29,00
DEMANDA	kW	100.80	22,947222	2.313.08	2.313.08	29,00
ENERGIA CONS. B.VERMELHA	kWh			1.000.87	1.000.87	29,00

CONT ILUMIN PUBLICA MUNICIPIO
TAXA DE VISITA TECNICA53,75
56,15

Segunda Via

Base de Cálculo do ICMS 13.576,47	Valor ICMS 3.937,17	Valor Total da Nota Fiscal 13.686,37
--------------------------------------	------------------------	---

	Copel Distribuição S.A. Rua José Izidoro Biazzetto, 158 - Curitiba-PR - 81 200-240 CNPJ 04.368.898/0001-06 - IE: 90.233.073-99 - IM: 423.992-4	página 1 / 2		www.copel.com 0800 643 75 75
	<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 50px;"></div>		Mês de referência Janeiro/2018	Nº de Identificação 28331664
		Vencimento 25/02/2018	VALOR R\$ 10.836,48	
FAT-01-20185795042690-5				

Valores Faturados

NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA Nº 001.490.995 - SÉRIE B

Emitida em 10/01/2018

Produto Descrição	Un.	Grandezas Faturadas	Valor Unitário	Valor Total	Base de Cálculo	Aliq. ICMS
ENERGIA ELET CONSUMO PTA	kWh	447,00	1,893020	848,18	848,18	29,00
ENERGIA ELET CONSUMO F PTA	kWh	9293,00	0,449025	4.172,79	4.172,79	29,00
ENERGIA REAT EXC PONTA	kWh	938,00	0,402207	377,27	377,27	29,00
ENERGIA REAT EXC F PONTA	kWh	7529,00	0,402211	3.028,25	3.028,25	29,00
DEMANDA	kW	88,40	22,859259	1.975,04	1.975,04	29,00
ENERGIA CONS. B.VERMELHA	kWh			383,20	383,20	29,00

CONT ILUMIN PUBLICA MUNICIPIO

53,75

Segunda Via

Base de Cálculo do ICMS 10.782,73	Valor ICMS 3.126,99	Valor Total da Nota Fiscal 10.836,48
--------------------------------------	------------------------	---

	Copel Distribuição S.A. Rua José Izidoro Biazzetto, 158 - Curitiba-PR - 81 200-240 CNPJ 04.368.898/0001-06 - IE: 90.233.073-99 - IM: 423.992-4	página 1 / 2		www.copel.com 0800 643 75 75
	<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 50px;"></div>		Mês de referência Fevereiro/2018	Nº de Identificação 28331664
		Vencimento 25/03/2018	VALOR R\$ 19.822,87	
FAT-01-20185935051208-4				

Valores Faturados

NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA Nº 006.317.271 - SÉRIE B

Emitida em 12/02/2018

Produto Descrição	Un.	Grandezas Faturadas	Valor Unitário	Valor Total	Base de Cálculo	Aliq. ICMS
ENERGIA ELET CONSUMO PTA	kWh	1421,00	1,858417	2.640,81	2.640,81	29,00
ENERGIA ELET CONSUMO F PTA	kWh	20071,00	0,440813	8.847,55	8.847,55	29,00
ENERGIA REAT EXC PONTA	kWh	957,00	0,394838	377,86	377,86	29,00
ENERGIA REAT EXC F PONTA	kWh	5483,00	0,394851	2.164,97	2.164,97	29,00
DEMANDA	kW	253,44	22,441327	5.687,53	5.687,53	29,00

CONT ILUMIN PUBLICA MUNICIPIO
SERV.EMISSAO DE 2 VIA FATURA53,75
50,40

Segunda Via

Base de Cálculo do ICMS 19.718,72	Valor ICMS 5.718,42	Valor Total da Nota Fiscal 19.822,87
--------------------------------------	------------------------	---

	COPEL	Copel Distribuição S.A. Rua José Izidoro Biazzetto, 156 - Curitiba-PR - 81 200-240 CNPJ 04.368.898/0001-06 - IE: 90.233.073-99 IM: 423.992-4	página 1 / 2		www.copel.com 0800 643 75 75
<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 100%;"></div>		Mês de referência		N° de Identificação	
		Março/2018		28331664	
		Vencimento		VALOR	
		25/04/2018		R\$ 98.125,21	
FAT-01-20186027147890-54					

Valores Faturados**NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA N° 010.648.155 - SÉRIE B**

Emitida em 12/03/2018

Produto Descrição	Un.	Grandezas Faturadas	Valor Unitário	Valor Total	Base de Cálculo	Aliq. ICMS
ENERGIA ELET CONSUMO PTA	kWh	11480,00	1,807306	20.711,73	20.711,73	29,00
ENERGIA ELET CONSUMO F PTA	kWh	139314,00	0,428886	59.722,03	59.722,03	29,00
ENERGIA REAT EXC PONTA	kWh	1074,00	0,383976	412,39	412,39	29,00
ENERGIA REAT EXC F PONTA	kWh	6714,00	0,383990	2.578,11	2.578,11	29,00
DEMANDA	kW	671,04	21,823960	14.644,75	14.644,75	29,00

CONT ILUMIN PUBLICA MUNICIPIO

56,20

Segunda Via

Base de Cálculo do ICMS 98.069,01	Valor ICMS 28.440,01	Valor Total da Nota Fiscal 98.125,21
--------------------------------------	-------------------------	---

	COPEL	Copel Distribuição S.A. Rua José Izidoro Biazzetto, 156 - Curitiba-PR - 81 200-240 CNPJ 04.368.898/0001-06 - IE: 90.233.073-99 IM: 423.992-4	página 1 / 2		www.copel.com 0800 643 75 75
<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 100%;"></div>		Mês de referência		N° de Identificação	
		Abril/2018		28331664	
		Vencimento		VALOR	
		25/05/2018		R\$ 29.760,45	
FAT-01-20186130836024-54					

Valores Faturados**NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA N° 015.500.330 - SÉRIE B**

Emitida em 10/04/2018

Produto Descrição	Un.	Grandezas Faturadas	Valor Unitário	Valor Total	Base de Cálculo	Aliq. ICMS
ENERGIA ELET CONSUMO PTA	kWh	2193,00	1,777962	3.899,07	3.899,07	29,00
ENERGIA ELET CONSUMO F PTA	kWh	33362,00	0,421727	14.065,44	14.065,44	29,00
ENERGIA REAT EXC PONTA	kWh	990,00	0,377747	373,97	373,97	29,00
ENERGIA REAT EXC F PONTA	kWh	6026,00	0,377756	2.276,36	2.276,36	29,00
DEMANDA	kW	423,36	21,469895	9.089,41	9.089,41	29,00

CONT ILUMIN PUBLICA MUNICIPIO

56,20

Segunda Via

Base de Cálculo do ICMS 29.704,25	Valor ICMS 8.614,23	Valor Total da Nota Fiscal 29.760,45
--------------------------------------	------------------------	---

	Copel Distribuição S.A. Rua José Izidoro Biazzetto, 158 - Curitiba-PR - 81 200-240 CNPJ 04.368.898/0001-06 - IE: 90.233.073-99 IM: 423.992-4	página 1 / 2		www.copel.com 0800 643 75 75
	Mês de referência		Nº de Identificação	
	Maio/2018		28331664	
	Vencimento		VALOR	
	25/06/2018		R\$ 17.536,25	
FAT-01-20186232820380-26				

Valores Faturados**NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA Nº 018.412.857 - SÉRIE B**

Emitida em 10/05/2018

Produto Descrição	Un.	Grandezas Faturadas	Valor Unitário	Valor Total	Base de Cálculo	Aliq. ICMS
ENERGIA ELET CONSUMO PTA	kWh	673,00	1,777849	1.198,58	1.198,58	29,00
ENERGIA ELET CONSUMO F PTA	kWh	17687,00	0,421727	7.459,08	7.459,08	29,00
ENERGIA REAT EXC PONTA	kWh	786,00	0,377742	289,35	289,35	29,00
ENERGIA REAT EXC F PONTA	kWh	6490,00	0,377755	2.451,63	2.451,63	29,00
DEMANDA	kW	280,80	21,469894	6.028,89	6.028,89	29,00
ENERGIA CONS. B.AMARELA	kWh			54,74	54,74	29,00

CONT ILUMIN PUBLICA MUNICIPIO

58,20

Segunda Via

Base de Cálculo do ICMS 17.430,05	Valor ICMS 5.069,20	Valor Total da Nota Fiscal 17.536,25
--------------------------------------	------------------------	---

	Copel Distribuição S.A. Rua José Izidoro Biazzetto, 158 - Curitiba-PR - 81 200-240 CNPJ 04.368.898/0001-06 - IE: 90.233.073-99 IM: 423.992-4	página 1 / 2		www.copel.com 0800 643 75 75
	Mês de referência		Nº de Identificação	
	Junho/2018		28331664	
	Vencimento		VALOR	
	25/07/2018		R\$ 23.340,10	
FAT-01-20186378652988-76				

Valores Faturados**NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA Nº 023.348.468 - SÉRIE B**

Emitida em 12/06/2018

Produto Descrição	Un.	Grandezas Faturadas	Valor Unitário	Valor Total	Base de Cálculo	Aliq. ICMS
ENERGIA ELET CONSUMO PTA	kWh	775,00	1,777935	1.377,90	1.377,90	29,00
ENERGIA ELET CONSUMO F PTA	kWh	24151,00	0,421726	10.185,11	10.185,11	29,00
ENERGIA REAT EXC PONTA	kWh	1175,00	0,377753	443,88	443,88	29,00
ENERGIA REAT EXC F PONTA	kWh	6969,00	0,377757	2.632,59	2.632,59	29,00
DEMANDA	kW	375,84	21,469895	8.069,17	8.069,17	29,00
ENERGIA CONS. B.AMARELA	kWh			328,22	328,22	29,00
ENERGIA CONS. B.VERMELHA P2	kWh			247,05	247,05	29,00

CONT ILUMIN PUBLICA MUNICIPIO

58,20

Segunda Via

Base de Cálculo do ICMS 23.283,90	Valor ICMS 6.752,33	Valor Total da Nota Fiscal 23.340,10
--------------------------------------	------------------------	---

	Copel Distribuição S.A. Rua José Izidoro Biazzetto, 158 - Curitiba-PR - 81 200-240 CNPJ/ 04.368.898/0001-06 - IE: 90.233.073-99 IM: 423.992-4	página 1 / 2 	www.copel.com 0800 643 75 75
	<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 100%;"></div>	Mês de referência <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">Julho/2018</div>	N° de Identificação <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">28331664</div>
	Vencimento <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">25/08/2018</div>	VALOR <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">R\$ 45.457,92</div>	
			FAT-01-20186514605103-74

Valores Faturados

NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA N° 029.126.103 - SÉRIE B

Emitida em 10/07/2018

Produto Descrição	Un.	Grandezas Faturadas	Valor Unitário	Valor Total	Base de Cálculo	Aliq. ICMS
ENERGIA ELET CONSUMO PTA	kWh	698,00	1,857521	1.296,55	1.296,55	29,00
ENERGIA ELET CONSUMO F PTA	kWh	18392,00	0,464734	8.547,39	8.547,39	29,00
ENERGIA REAT EXC PONTA	kWh	1280,00	0,407195	521,21	521,21	29,00
ENERGIA REAT EXC F PONTA	kWh	7164,00	0,407204	2.917,21	2.917,21	29,00
DEMANDA	kW	188,84	21,795377	4.111,48	4.111,48	29,00
DEM COMPLEMENTAR TODOS P ISENTA ICMS	kW	1754,16	15,142102	26.561,67	0,00	0,00
ENERGIA CONS. B.VERMELHA P2	kWh			1.446,21	1.446,21	29,00

CONT ILUMIN PUBLICA MUNICIPIO

58,20

Segunda Via

Base de Cálculo do ICMS 18.840,05	Valor ICMS 5.463,61	Valor Total da Nota Fiscal 45.457,92
--------------------------------------	------------------------	---