

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ – UTFPR
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA - DAELT
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA – CEEE

ANA CAROLINA KULIK

**ESTUDO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E RETORNO DE
INVESTIMENTO PARA O USO DE UM VEÍCULO ELÉTRICO EM
CONJUNTO COM UM SISTEMA FOTOVOLTAICO INSTALADO EM
CURITIBA**

MONOGRAFIA APRESENTADA AO CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA

CURITIBA

2018

ANA CAROLINA KULIK

**ESTUDO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E RETORNO DE
INVESTIMENTO PARA O USO DE UM VEÍCULO ELÉTRICO EM
CONJUNTO COM UM SISTEMA FOTOVOLTAICO INSTALADO EM
CURITIBA**

Monografia apresentada para obtenção do grau de especialista pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, pós graduação do departamento acadêmico de eletrotécnica, curso de especialização em eficiência energética

Orientador: Prof. Dr. Jair Urbanetz Junior

CURITIBA

2018



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Curitiba
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
**CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA**



TERMO DE APROVAÇÃO

Estudo De Eficiência Energética e Retorno de Investimento Para o Uso de um Veículo Elétrico em Conjunto com um Sistema Fotovoltaico Instalado em Curitiba

Por

Ana Carolina Kulik

Esta monografia foi apresentada às **15:00h** do dia **17/05/2018** como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista no CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, **Câmpus Curitiba**. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho:

1		Aprovado
2		Aprovado condicionado às correções Pós-banca, postagem da tarefa e liberação do Orientador.
3		Reprovado

Prof. Dr. Roberto Cesar Betini

UTFPR - Examinador

Prof. Dr. Jair Urbanetz Junior

UTFPR – Orientador

MSc. Juliana D'Angela Mariano

Examinadora

RESUMO

KULIK, Ana Carolina. **Estudo de eficiência energética e retorno de investimento para o uso de um veículo elétrico em conjunto com um sistema fotovoltaico instalado em Curitiba**. 2018. 57 f. Monografia de Especialização em Eficiência Energética – diretoria de pesquisa e pós-graduação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

Essa monografia apresenta a análise em termos de eficiência energética e financeira – *payback* – do Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR) instalado em uma residência em Curitiba, seguida da análise comparativa deste resultado, considerando agora o proprietário da residência utilizando parte da energia acumulada na forma de créditos para o carregamento das baterias de um veículo elétrico para sua locomoção. A análise do retorno do investimento foi feita com a base de dados real disponibilizada pelo proprietário de Fevereiro de 2016 até Fevereiro de 2018. Os resultados alcançados com o estudo são bastante significativos. Além de gerar energia diretamente na unidade onde ela é consumida – permitindo assim, ao governo reduzir investimentos em geração, transmissão e distribuição de energia – o proprietário gera energia a partir de uma fonte renovável: o sol. Assim que o SFCR é instalado, o proprietário passa a economizar cerca de R\$1.490,00 ao ano. Considerando apenas a instalação do SFCR, o *payback* calculado é de mais de 14 anos. Com a utilização de parte da energia gerada para carregar um carro elétrico, os resultados alcançados são bem expressivos. Ao deixar de utilizar o carro atual à combustão e passar a se locomover com o veículo elétrico, o proprietário, além de utilizar uma tecnologia totalmente livre de carbono, alcança uma economia extra-anual de R\$ 7.300,00, reduzindo o *payback* do sistema para pouco mais de dois anos (aproximadamente 700% de redução). É inegável que alternativas energéticas e econômicas como as apresentadas nesse estudo são necessárias para um futuro sustentável. No Brasil, infelizmente o incentivo a essas alternativas é deficitário e por isso, estudos como os apresentados nessa análise são tão importantes para promover conhecimento no assunto e disseminá-lo.

Palavras-Chave: Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede, Veículo Elétrico, Retorno de Investimento.

ABSTRACT

KULIK, Ana Carolina. **Study of energy efficiency and return on investment for the use of an electric vehicle with a photovoltaic system installed in Curitiba.** 2018. 57 f. Specialized Monograph on Energy Efficiency - directorate of research and graduate, Federal Technological University of Paraná, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

This monograph presents the analysis in terms of efficiency energy and financial - payback - of the Grid-connected photovoltaic system installed in a residence in Curitiba, followed by the comparative analysis of this result, now considering the owner of the residence using part of the accumulated energy in the form of credits for loading the batteries of an electric vehicle for his locomotion. The return on investment analysis was made with the actual database made available by the owner from February 2016 until February 2018. The results achieved are quite significant. In addition, to generating power directly in the unit where it is consumed - thus allowing the government to reduce investments in generation, transmission and distribution of energy - the owner generates energy from a renewable source: the sun. Once the SFCR is installed, the owner is saving about R \$ 1,490 per year. Considering only the installation of SFCR, the calculated payback is more than 14 years. With the use of part of the energy generated to charge an electric car, the results achieved are quite expressive. By failing to use the current combustion car and moving around with the electric vehicle, the owner, in addition to using a totally carbon-free technology, achieves an extra-annual savings of \$ 7,300.00, reducing the payback of the system for just over two years (approximately 700% reduction). It is undeniable that energy and economic alternatives such as those presented in this study are necessary for a sustainable future. In Brazil, unfortunately the incentive to these alternatives is deficient and therefore, studies such as those presented in this analysis are so important to promote knowledge in the subject and disseminate it.

Keywords: Grid-connected Photovoltaic Systems, Electric Vehicle, Return on Investment

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Rede Tradicional de Energia Elétrica	17
Figura 2: Rede Moderna de Energia Elétrica	18
Figura 3: Sistema de Compensação de Energia	25
Figura 4: Exemplo de painel fotovoltaico, inversor e medidor bidirecional	27
Figura 5: Detalhe dos Módulos Fotovoltaicos na residência de Curitiba	29
Figura 6: Detalhe do Inversor Instalado na residência de Curitiba	30
Figura 7: Diagrama Unifilar Geral SFCR Instalado na Residência em Curitiba.....	32
Figura 8: Veículo Elétrico Renault Fluence Z.E.....	41
Figura 9: Preço dos Combustíveis: por litro, média nacional de 22/04 a 27/01/2018.....	43
Figura 10: Variação do Preço nos postos de Curitiba: Outubro a Janeiro de 2018.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Exemplos de Incentivos para Aquisição de VEs na Europa e Ásia	22
Tabela 2: Dados das Faturas Copel e Software SolarView.....	34
Tabela 3: Alterações Tarifárias COPEL – 2010 – 2017.....	35
Tabela 4: Índices de Inflação – IPCA - 2010 – 2017	36
Tabela 5: Tempo Estimado para Retorno do Investimento SFCR.....	37
Tabela 6: Tempo Estimado para Retorno do Investimento com a venda do crédito acumulado.....	38
Tabela 7: Consumo de Alguns Carros Elétricos do Mercado	40
Tabela 8: Especificações do Veículo Renault Fluence Z.E	40
Tabela 9: Ficha Técnica Renault Elétricos	42
Tabela 10: Variação do preço do litro da Gasolina de 2013 a 2018.....	44
Tabela 11: Comparativo Custos Locomoção: Gasolina x Carregamento Baterias.....	46
Tabela 12: Comparativo Custos Locomoção: Gasolina x Carregamento Baterias.....	47
Tabela 13: Resumo do Retorno de Investimento do SFCR Considerando o VE.....	48
Tabela 14: Saldo de Créditos após uso do VE	49

LISTA DE ABREVIATURAS

ABRADEE – Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica

CA – Corrente Alternada

CC – Corrente Contínua

E-REV - Veículo Elétrico de Longo Alcance

DPS – Dispositivo de Proteção de Surto

FV – Fotovoltaico

GEE – Gases de Efeito Estufa

HEV – Veículo Elétrico Híbrido

INEE – Instituto Nacional de Eficiência Energética

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

MCI – Motor a Combustão Interna

NEDC – *New European Driving Cycle*

PEV – Veículo Elétrico *Plug-In*

PHEV – Veículo Elétrico Híbrido *Plug-In*

PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

QGBT – Quadro Geral de Baixa Tensão

SFCR – Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede

VE – Veículo Elétrico

VEH – Veículo Elétrico Híbrido

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	11
1.2	TEMA	12
1.3	DELIMITAÇÃO DO TEMA	12
1.4	OBJETIVOS DA PESQUISA	12
1.4.1	Objetivo Geral	12
1.4.2	Objetivos Específicos	12
1.5	JUSTIFICATIVA	13
1.6	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	14
1.7	ESTRUTURA DO TRABALHO	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	16
2.2	GERAÇÃO DISTRIBUÍDA	17
2.3	VEÍCULOS ELÉTRICOS	19
2.3.1	As Diferentes Tecnologias de Veículos Elétricos	20
2.3.2	Incentivos para Uso de VEs em Diferentes Países	21
2.3.3	O Veículo Elétrico e a Indústria Automobilística Mundial	22
2.3.4	Carros Elétricos e o Setor Elétrico	23
2.4	MICRO E MINIGERAÇÃO DISTRIBUÍDA	24
2.5	SISTEMA DE COMPENSAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA	24
2.5.1	Detalhe do Faturamento quando a Micro e Minigeração Distribuída está instalada no mesmo local de consumo	25
2.6	SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE ELÉTRICA (SFCR)	26
3	DESENVOLVIMENTO	28
3.1	PROJETO DO SFCR	28
3.1.1	Dados dos Equipamentos Instalados	28
a)	Módulos fotovoltaicos	28
b)	Inversores	29
c)	Dispositivos de Manobra e Proteção do SFCR	31
3.1.2	Descrição do Sistema	31
3.2	FATURAMENTO PELO SISTEMA DE COMPENSAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA	33
3.3	CÁLCULO DO RETORNO DO INVESTIMENTO DO SFCR	35
3.4	DADOS SOBRE CARROS ELÉTRICOS	38

3.4.1	Litros por 100km – Equivalência Carro a Combustão x Elétrico	39
3.4.2	Renault Fluence Z.E	41
3.5	CUSTO MÉDIO LITRO DA GASOLINA	42
4	CONCLUSÃO	51
	REFERÊNCIAS	54

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

É fato que para alcançar o desenvolvimento de maneira sustentável, questões relacionadas ao consumo de combustíveis fósseis e evolução tecnológica baseada em menores emissões de carbono tem se tornado assunto largamente discutido nos últimos anos. Não só em pesquisas científicas, mas também, em relatórios e discussões políticas mundiais.

Segundo matéria publicada na revista *Envolverde* (2017), o custo da energia solar fotovoltaica caiu 85% nos últimos sete anos e o cenário do ponto de partida do estudo considera que ele está se tornando “materialmente mais barato do que as opções alternativas de energia globalmente”, com uma enorme expansão agregada de mais de 5000GW de capacidade entre 2030 e 2040. Os veículos elétricos estão crescendo atualmente a uma taxa de 60% ao ano e já há mais de um milhão deles nas estradas. De acordo com o Departamento de Energia dos EUA e a Tesla, fabricante de carros elétricos, o custo das baterias caiu significativamente até 2015 e ambos preveem que elas chegarão a menos da metade do valor atual até 2020.

Segundo pesquisa publicada pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), (2017), a queda dos custos dos veículos elétricos e da tecnologia solar tem potencial para barrar o crescimento da demanda global de petróleo e carvão a partir de 2020. Os setores da energia e do transporte rodoviário representam cerca de metade do consumo de combustíveis fósseis, portanto o crescimento da energia solar fotovoltaica (FV) e dos veículos elétricos pode ter um impacto significativo na demanda. O crescimento da tecnologia e o aumento do interesse público no tema tem trazido uma rápida evolução para eletro-mobilidade.

Os veículos elétricos são vistos como não poluentes e por isso, uma tecnologia pró meio-ambiente, além disso, podem contribuir significativamente para redução de emissão de carbono, dependendo da fonte de sua energia. A única maneira do veículo elétrico ser verdadeiramente livre de emissão é se ele usar energia extraída ou proveniente de fonte renovável. Devido a isso, esse foi o tema escolhido para ser desenvolvido nessa monografia. A análise de eficiência

energética e econômica do uso de um carro elétrico sendo carregado a partir de um sistema fotovoltaico conectado à rede em Curitiba.

1.2 TEMA

Análise energética e financeira a partir do uso de um carro elétrico carregado a partir de um SFCR.

1.3 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Esta monografia delimita-se a realizar a análise comparativa de ganhos energéticos e econômicos de um sistema fotovoltaico puramente conectado à rede e outro, com esse mesmo SFCR alimentando um carro elétrico na cidade de Curitiba a partir de Fevereiro de 2016.

1.4 OBJETIVOS DA PESQUISA

1.4.1 Objetivo Geral

Comparar o retorno de investimento de um SFCR instalado em Curitiba apenas com a economia nas faturas de energia e a partir do uso de um carro elétrico alimentado por baterias carregadas por este sistema.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Apresentar os ganhos energéticos e econômicos de um SFCR instalado na cidade de Curitiba a partir de Fevereiro de 2016;

- Comparar os resultados obtidos caso esse mesmo SFCR fosse utilizado para carregar as baterias um veículo elétrico utilizado para locomoção diária do proprietário da residência onde o SFCR está instalado;
- Promover e fomentar discussão acadêmica sobre os resultados obtidos;
- Disseminar possíveis ganhos econômicos com a utilização do VE associado ao SFCR;
- Promover o investimento em geração fotovoltaica residencial;
- Promover o uso dos carros elétricos em detrimento aos alimentados a combustível fóssil (gasolina) a partir dos resultados obtidos.

1.5 JUSTIFICATIVA

O Brasil possui hoje, uma política governamental bastante conservadora. Poucos são os incentivos fiscais para promover o uso da geração fotovoltaica residencial, por exemplo. As próprias concessionárias e o governo, tem ainda receio em fomentar o uso de novas tecnologias. O problema é que sem um incentivo, o país fica atrás em relação ao desenvolvimento energético, ambiental e até econômico. Como a comunidade acadêmica tem pouca influência sobre questões políticas e governamentais, uma boa alternativa para promover e fomentar novos investimentos em sistemas fotovoltaicos residenciais ou mesmo, da utilização de veículos elétricos, é sobre a perspectiva de ganhos econômicos para possíveis investidores, por isso a necessidade de se desenvolver este tema de monografia. Além disso, é importante desenvolver informação a respeito de tecnologias que promovem a descarbonização do meio ambiente. Como será mencionado adiante, para que seja alcançada chance de 50% de se limitar o aumento da temperatura global conforme níveis acordados pelo Acordo de Paris, deve-se haver a descarbonização do setor de transportes em 18% até 2050.

1.6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para realizar a análise proposta, além de utilizar artigos científicos publicados, dissertações e teses referentes ao assunto (a serem apresentados na seção de referências bibliográficas desta monografia), foi feita uma entrevista completa do morador da residência onde o SFCR está instalado em Curitiba. Foram coletados dados gerais, como projeto detalhado do SFCR, custo do investimento no sistema, todas as faturas de energia a partir de Fevereiro de 2016, meio de locomoção utilizado para transporte a combustível fóssil, consumo mensal de gasolina, etc. Em um primeiro momento, esses dados são apresentados em tabelas com consumo e geração injetada pela residência, com valores comparativos das faturas com e sem a geração fotovoltaica instalada, bem como a diferença das faturas. O *payback* da instalação do SFCR é então, apresentado. Em seguida, são apresentados dados técnicos, modelo do carro elétrico que poderá ser utilizado para locomoção do morador. Por fim, uma análise do *payback* do SFCR é reapresentada, mas agora considerando também, a redução do consumo do combustível fóssil com a utilização da energia gerada pelo SFCR para carregamento das baterias do veículo elétrico que pode ser usado pelo morador.

1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho apresentado segue todas as normas para elaboração de trabalhos acadêmicos da UTFPR (2008). A Monografia apresenta todos os elementos pré-textuais obrigatórios, elementos textuais (introdução, referencial teórico, desenvolvimento e conclusão), onde são apresentados os dados do projeto analisado, as tabelas de estudo e comparativos entre somente um SFCR e o mesmo sendo utilizado para carregamento de baterias de um veículo elétrico, assim como os resultados obtidos (em termos de eficiência energética e economia). Por fim, a monografia apresenta nos elementos pós textuais, as referências usadas na pesquisa. A estrutura do trabalho é dividida em capítulos. No capítulo 1, o pré-projeto é apresentado, no capítulo 2 há o referencial teórico

e todos os conceitos necessários para o desenvolvimento da monografia. No capítulo 3, o desenvolvimento é apresentado, com os dados, tabelas e estudos necessários e suas análises. Por fim, no capítulo 4, há a apresentação dos resultados e a conclusão da monografia.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

De acordo com o Instituto Nacional de Eficiência Energética (INEE, 2018), qualquer atividade em uma sociedade moderna só é possível com o uso intensivo de uma ou mais formas de energia. Dentre as diversas formas de energia interessam, em particular, aquelas que são processadas pela sociedade e colocadas à disposição dos consumidores onde e quando necessárias, tais como a eletricidade, a gasolina, o álcool, óleo diesel, gás natural, etc.

A energia é usada em aparelhos simples (lâmpadas e motores elétricos) ou em sistemas mais complexos que encerram diversos outros equipamentos (geladeira, automóvel ou uma fábrica ou residência). Estes equipamentos e sistemas transformam formas de energia. Uma parte dela sempre é perdida para o meio ambiente durante esse processo. Por exemplo: uma lâmpada transforma a eletricidade em luz e calor. Como o objetivo da lâmpada é iluminar, uma medida da sua eficiência é obtida dividindo a energia da luz pela energia elétrica usada pela lâmpada.

Da mesma forma pode-se avaliar a eficiência de um automóvel dividindo a quantidade de energia que o veículo proporciona com o seu deslocamento pela que estava contida na gasolina originalmente. Outra fonte de desperdício deriva do uso inadequado dos aparelhos e sistemas. Uma lâmpada acesa em uma sala sem ninguém também é um desperdício, pois a luz não serve ao seu propósito de iluminação.

A partir do exposto, pode-se definir que a Eficiência Energética é a relação entre a quantidade de energia empregada em uma atividade e aquela disponibilizada para sua realização. Ela é uma atividade que busca melhorar o uso das fontes de energia, com sua utilização de forma racional. Consiste em usar de modo eficiente a energia para se obter um determinado resultado.

Em 1985, foi criado pelo governo federal, o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel), o qual promove o uso eficiente da energia elétrica, combatendo o desperdício e reduzindo os custos e os investimentos setoriais.

De acordo com informações publicadas pelo grupo Eletrobrás (2015), o Procel contribuiu para uma economia de 11,7 bilhões de quilowatts-hora (kWh), o equivalente a 2,5% de todo o consumo nacional de energia

elétrica naquele ano. Esse resultado representa o consumo anual de energia elétrica de aproximadamente 6,02 milhões de residências brasileiras. Os reflexos ambientais também foram significativos: as emissões de gases de efeito estufa evitadas pela economia proporcionada em 2015 alcançaram 1,453 milhão de toneladas de CO₂ equivalentes, o que corresponde às emissões de 499 mil veículos em um ano.

2.2 GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

A geração distribuída é uma tendência mundial. Os modelos de geração de energia estão se transformando. Até então, predominantemente feita por meio de grandes usinas, a geração de energia no Brasil seguia um sistema centralizado, com a necessidade de grandes investimentos em longas linhas de transmissão para levar energia aos centros de consumo. Esse modelo tradicional gera grandes impactos ambientais para as áreas alagadas de grandes hidrelétricas e também apresenta perdas de energia ao longo das linhas de transmissão. A alternativa a esse modelo são os sistemas de Energia Distribuída, cujas soluções são mais eficientes e promovem o uso de fontes alternativas e renováveis. As Figuras 1 e 2 ilustram as diferenças evolutivas da rede elétrica.

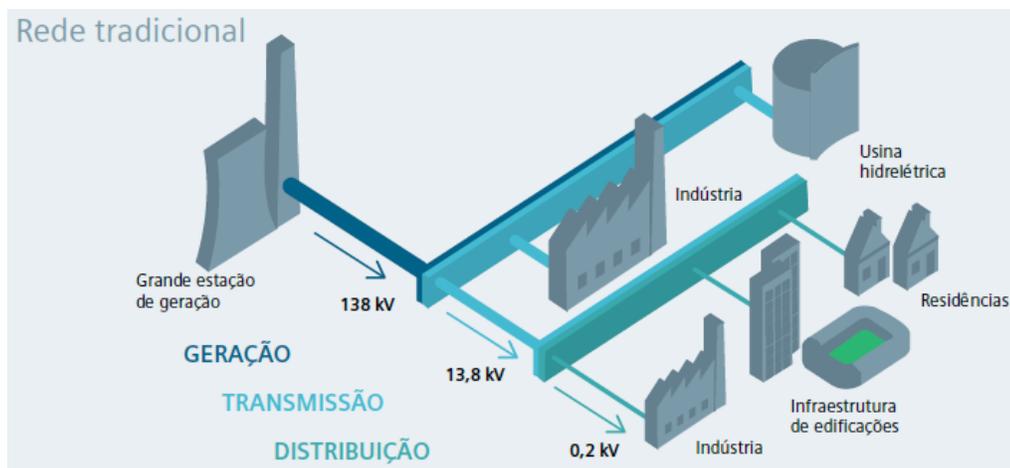


Figura 1: Rede Tradicional de Energia Elétrica

Fonte: Siemens LTDA, 2017.

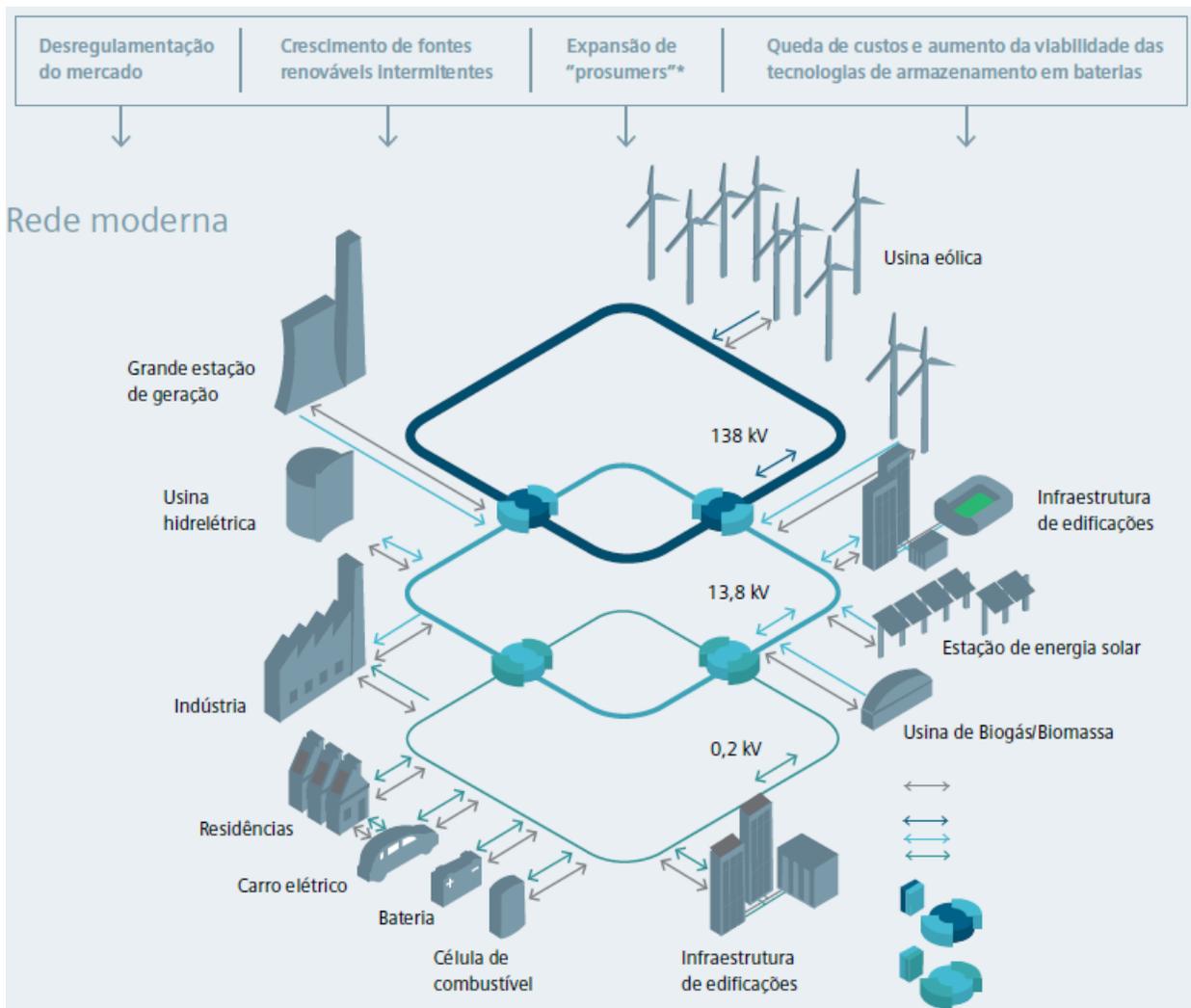


Figura 2: Rede Moderna de Energia Elétrica

Fonte: Siemens LTDA, 2017.

A sigla “prosumers”, indicada na Figura 2, é um termo em inglês que significa produtores + consumidores. Este será o objeto de análise desta monografia, um produtor residencial que gera e consome sua própria energia. A

geração de energia no Brasil segue ainda um sistema centralizado, com a necessidade de grandes investimentos em longas linhas de transmissão para levar energia aos centros de consumo. Esse

modelo tradicional gera grandes impactos ambientais para as áreas alagadas de grandes hidrelétricas e também apresenta perdas de energia ao longo das linhas de transmissão.

A alternativa a esse modelo são os sistemas de energia distribuída, cujas soluções são mais eficientes e promovem o uso de fontes alternativas e renováveis.

2.3 VEÍCULOS ELÉTRICOS

Segundo o Caderno de Carros Elétricos, publicado pela FGV Energia em 2017, preocupações com as mudanças climáticas e o aquecimento global resultaram na recente formulação e adoção do Acordo de Paris por grande parte dos países do mundo, inclusive os maiores emissores de gases de efeito estufa (GEE) mundiais – EUA e China.

A mensagem que o Acordo de Paris transmite é que o mundo está disposto a transformar sua maneira de gerar e consumir energia, investindo em fontes renováveis e em tecnologia para que sua geração e consumo se tornem cada vez mais sustentáveis. Neste sentido, descarbonizar o setor de transportes se torna uma peça fundamental para se atingir esse objetivo. O Acordo de Paris dita que a temperatura global até o final do século não ultrapasse os 2° Celsius. Em um cenário no qual nenhuma ação em relação à redução do consumo de energia e emissões de GEE é tomada, a temperatura global aumentará em 6° Celsius até o fim do século. Para se ter uma chance de 50% de limitar este aumento de temperatura em 2° Celsius, a descarbonização no setor de transportes deve ser da ordem de 18% até 2050.

Veículos elétricos (VEs ou EVs, da sigla em inglês Electric Vehicles) são aqueles que utilizam um ou mais motores elétricos, em parte ou completamente, para propulsão. O combustível dos veículos elétricos é a eletricidade, que pode ser obtida de diferentes maneiras: conectando diretamente à fonte externa de eletricidade, por meio de *plugs* ou utilizando cabos aéreos; recorrendo ao sistema de indução eletromagnética; a partir da reação do hidrogênio e oxigênio com água em uma célula de combustível; ou por meio da energia mecânica de frenagem (frenagem regenerativa, ao se frear o veículo). Essa eletricidade, em seguida, é armazenada em baterias químicas que alimentam o motor elétrico.

(DELGADO, COSTA, FEBRARO, SILVA, 2017, p.15).

2.3.1 As Diferentes Tecnologias de Veículos Elétricos

De acordo com o Caderno de Veículos Elétricos da FGV Energia (2017), os VEs podem ser de quatro tipos diferentes. Primeiramente existem os veículos elétricos puros (BEVs, da sigla em inglês para *Battery Electric Vehicles*), cuja fonte principal de energia é a eletricidade proveniente de fontes externas (a rede elétrica, por exemplo). A eletricidade é armazenada em uma bateria interna, que alimenta o motor elétrico e propulsiona as rodas. Como estes veículos usam exclusivamente a eletricidade como combustível, são considerados veículos *all-electric*. Todos os BEVs são *plug-in electric vehicles* (PEV), dado que a eletricidade é fornecida por uma fonte externa – daí o termo *plug-in*, que em tradução literal significa “ligado na tomada”.

Dentro dos PEVs também se incluem alguns VEs híbridos, que são aqueles que utilizam ambos motores elétricos e à combustão interna para propulsão. Os híbridos são classificados como em série (utilizam apenas o motor elétrico para mover o carro, com o motor à combustão interna fornecendo eletricidade ao motor elétrico) ou paralelo (utilizam ambos os motores para propulsão). Os elétricos híbridos são de três tipos:

- Híbrido puro (HEV, da sigla em inglês *Híbrido Electric Vehicle*). O motor principal que propulsiona o veículo é à combustão interna. A função do motor elétrico é apenas melhorar a eficiência do motor à combustão interna ao fornecer tração em baixa potência. Logo, ele é um híbrido paralelo. A eletricidade para o motor elétrico é fornecida pelo sistema de frenagem regenerativa do veículo.
- Híbrido *Plug-in* (PHEV, da sigla em inglês *Plug-in Hybrid Electric Vehicle*), cujo motor à combustão interna também é o principal, mas eles podem, além disso, receber eletricidade diretamente de uma fonte externa. Assim como o HEV, o PHEV é um híbrido paralelo. Como também utiliza combustíveis tradicionais (fósseis ou biocombustíveis), quando comparado ao BEV, o PHEV geralmente garante uma maior autonomia. Esta opção também poderia ser utilizada na análise proposta por essa monografia, exatamente por apresentar maior autonomia e hoje, ainda não existir infraestrutura apropriada no Brasil para carregamento das baterias em vias públicas quando houver necessidade de grandes distâncias.

- Híbrido de longo alcance (E-REV, da sigla em inglês *Extended Range Electric Vehicle*), é um híbrido do tipo em série: o motor principal é o elétrico – que é alimentado diretamente por uma fonte elétrica externa – com o motor à combustão interna fornecendo energia a um gerador, que mantém um nível mínimo de carga da bateria, fazendo com que o E-REV tenha alcance estendido.

Segundo o caderno FGV Energia de carros elétricos (2017), a China é líder mundial em novos registros de carros elétricos e, com isso, possui o maior mercado para estes veículos, ultrapassando os Estados Unidos em 2015. Quando juntos, estes dois países respondiam por mais da metade dos novos registros de VEs realizados globalmente em 2015. Além destes, destacam-se, também, Noruega e Holanda como países com os maiores mercados. Estes países implementaram uma série de medidas de modo a incentivarem os consumidores a optarem pelos carros elétricos, como significativas reduções nas taxas de registro e circulação além de acesso privilegiado a algumas regiões da malha de transportes.

2.3.2 Incentivos para Uso de VEs em Diferentes Países

A aquisição de veículos elétricos precisa ser incentivada primeiramente, por causa do seu ainda elevado custo, seja de compra, seja de abastecimento – este último, devido à ainda restrita disponibilidade de infraestrutura para tal. Em seguida, porque os VEs trazem para a sociedade os benefícios de redução da poluição sonora e do ar. Os compromissos assumidos no Acordo de Paris (em vigor desde novembro de 2016) de redução das emissões de GEE leva ao crescimento de políticas e mercados para os VEs, na busca do atingimento desses objetivos. Para esse fim, vários países vêm implementando medidas e incentivos de modo que as barreiras para maior disseminação dos VEs sejam superadas. Dessa forma, o mercado incipiente de veículos elétricos terá maior potencial de prosperar a partir do momento em que políticas públicas, seja através de subsídios para aquisição ou também de outros incentivos, monetários ou não, sejam implementadas. A tabela 1 exemplifica incentivos adotados por diferentes países na Europa e na Ásia para promoção da utilização dos veículos elétricos.

Tabela 1: Exemplos de Incentivos para Aquisição de VEs na Europa e Ásia

	Incentivo monetário	Outros
China	Entre US\$6.000,00 e US\$10.000,00	Isenção de impostos de aquisição
França	<ul style="list-style-type: none"> • US\$7.100,00 para BEVs • US\$1.100,00 para PHEVs* 	
Japão	Até US\$7.800,00	
Holanda		Quanto menos CO ₂ o veículo emitir, menor a taxa de licenciamento paga, que chega a zero para aqueles que não emitem CO ₂ (BEVs)
Noruega		Isenção de imposto de aquisição (cerca de US\$12 mil) e IVA (Imposto sobre valor adicionado) para BEVs.
Reino Unido	<ul style="list-style-type: none"> • Até US\$6.300,00 para BEVs • Até US\$11.200,00 para veículos comerciais leves • US\$3.500,00 para PHEVs abaixo de US\$84 mil. 	

Fonte: Caderno de Carros Elétricos, FGV Energia, 2017.

Verifica-se a partir da análise dos dados da tabela 1 que os incentivos fiscais e econômicos adotados por tais países são bastante significativos. São estes incentivos que permitem que o valor de compra de um VE fique próximo da aquisição de um a combustão e assim, promova a utilização dos VEs.

2.3.3 O Veículo Elétrico e a Indústria Automobilística Mundial

A evolução da mobilidade elétrica tem potencial para afetar a indústria de petróleo, as montadoras de automóveis e os fabricantes das peças e equipamentos para os veículos à combustão.

Segundo o caderno FGV Energia de carros elétricos (2017), a introdução de uma nova tecnologia potencialmente pode substituir uma já existente: um exemplo foi o lançamento das câmeras digitais, que gerou o chamado “efeito Kodak”, com o desaparecimento de renomadas empresas que não se adaptaram à essa nova tecnologia. Entretanto, a história já mostrou que o desaparecimento de um produto não necessariamente impede o surgimento de outro, com novas demandas impulsionando a

indústria nascente.

Os veículos elétricos estão transformando a indústria automobilística que, por sua vez, está buscando transitar para novos modelos de negócios. Discute-se que da forma como está desenhada a indústria de mobilidade elétrica atual, ela demanda uma cadeia de valor muito mais extensa do que a cadeia dos tradicionais veículos à combustão interna, o que leva ao surgimento de novas oportunidades de negócios. Ao mesmo tempo em que novos mercados para produtos e serviços são um resultado da adoção de VEs, por outro lado, esses mercados também contribuem para que os veículos elétricos conquistem mais espaço. Além da produção do veículo elétrico em si, a cadeia de valor também se espalha para outras áreas, como a infraestrutura de recarga e o gerenciamento de informações. As novas oportunidades estão na produção de baterias, inversores de potência, motores elétricos e muitos outros produtos, que acabam compensando aqueles que tiveram sua demanda reduzida.

2.3.4 Carros Elétricos e o Setor Elétrico

O desenvolvimento dos veículos elétricos impacta o setor energético de várias formas. Primeiramente, a partir do aumento na demanda de eletricidade e da redução na demanda por combustíveis fósseis para abastecer os veículos. Este último fator, aliado à expansão das energias renováveis, que são geralmente produzidas localmente, tem potencial para reduzir a dependência na importação de combustíveis fósseis, contribuindo para o aumento da segurança energética de um dado país. Além disso, os veículos elétricos podem ser utilizados como recurso energético distribuído ao armazenar a eletricidade gerada por fontes externas nas suas baterias e retornar essa energia para o sistema elétrico – ou seja, carregando o veículo fora do horário de pico e despachando eletricidade do veículo no horário de pico. Dependendo do modelo, os próprios veículos elétricos podem ser fontes de geração distribuída – a energia gerada por VEs híbridos pode ser consumida pelo veículo ou injetada no sistema elétrico. Combinada à tarifação dinâmica e redes inteligentes, a energia armazenada nas baterias também pode ser utilizada em mecanismos de resposta de demanda, ou seja, a associação dos VEs ao

sistema elétrico pode auxiliar a compensar a variabilidade de fontes renováveis intermitentes

2.4 MICRO E MINIGERAÇÃO DISTRIBUÍDA

Conforme definição do Caderno Temático de Micro e Minigeração Distribuída da ANEEL (2016), ela consiste na produção de energia elétrica a partir de pequenas centrais geradoras que utilizam fontes renováveis de energia elétrica ou cogeração qualificada, conectadas à rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras.

Para efeitos de diferenciação, a microgeração distribuída refere-se a uma central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75 quilowatts (kW), enquanto que a minigeração distribuída diz respeito às centrais geradoras com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 3 megawatt (MW), para a fonte hídrica, ou 5 MW para as demais fontes, entre elas, a solar fotovoltaica.

No caso da instalação fotovoltaica residencial, devido à baixa potência gerada, ela é caracterizada portanto, como micro geração distribuída.

2.5 SISTEMA DE COMPENSAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Uma importante inovação trazida pela Resolução Normativa ANEEL (2012) é o Sistema de Compensação de Energia Elétrica. Esse sistema permite que a energia excedente gerada pela unidade consumidora com micro ou minigeração seja injetada na rede da distribuidora, a qual funcionará como uma bateria, armazenando esse excedente. Quando a energia injetada na rede for maior que a consumida, o consumidor receberá um crédito em energia (kWh) a ser utilizado para abater o consumo em outro posto tarifário (para consumidores com tarifa horária) ou na fatura dos meses subsequentes. Os créditos de energia gerados continuam válidos por 60 meses.

Importante ressaltar que, para unidades consumidoras conectadas em baixa tensão (grupo B) – objeto desse estudo - ainda que a energia injetada na rede seja superior ao consumo, será devido o pagamento referente

ao custo de disponibilidade – valor em reais equivalente a 30 kWh (monofásico), 50 kWh (bifásico) ou 100 kWh (trifásico). Além do custo de disponibilidade, há ainda, a cobrança referente à bandeira tarifária vigente e a tarifa de iluminação pública. A Figura 3 resume o sistema de compensação.

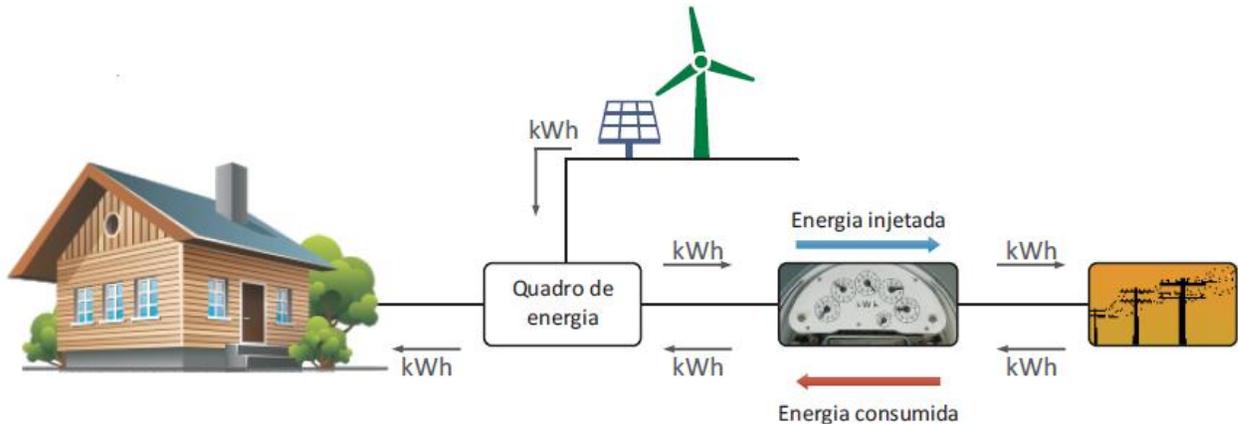


Figura 3: Sistema de Compensação de Energia

Fonte: ANEEL, 2016.

Nos momentos em que a central não gera energia suficiente para abastecer a unidade consumidora, a rede da distribuidora local suprirá a diferença. Nesse caso será utilizado o crédito de energia ou, caso não haja, o consumidor pagará a diferença.

Quando a unidade consumidora não utiliza toda a energia gerada pela central, ela é injetada na rede da distribuidora local, gerando crédito de energia. Ao utilizar essa energia, os consumidores do grupo B - objeto desse estudo- passam a pagar não mais a tarifa sobre o valor da energia, mas sim, apenas o custo de disponibilidade da energia, adicionado à bandeira tarifária e à taxa de iluminação pública da concessionária.

2.5.1 Detalhe do Faturamento quando a Micro e Minigeração Distribuída está instalada no mesmo local de consumo.

- O valor a ser faturado é a diferença positiva entre a energia consumida e a injetada, considerando-se também eventuais créditos de meses anteriores, sendo que caso esse valor seja inferior ao custo de disponibilidade, para o caso de consumidores

do Grupo B (baixa tensão), será cobrado o custo de disponibilidade, bandeira tarifária vigente e a tarifa de iluminação pública;

- Após a compensação na mesma unidade consumidora onde está instalada a micro ou minigeração distribuída, se ainda houver excedente, um percentual dos créditos poderá ser utilizado para abater o consumo de outras unidades escolhidas pelo consumidor;
- Os créditos remanescentes podem ser utilizados por até 60 meses após a data do faturamento.

2.6 SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE ELÉTRICA (SFCR)

Os sistemas conectados são caracterizados por estarem efetivamente integrados ao sistema público de fornecimento de energia elétrica. Esses sistemas não possuem elementos para armazenar a energia elétrica, ao passo que durante os momentos nos quais não existe geração de energia elétrica vinda dos painéis, o sistema utiliza a rede da concessionária como fonte de energia. A rede de energia elétrica no caso do SFCR tem a função de uma bateria, pois durante o dia o sistema fornece energia para rede e durante a noite, a unidade consumidora consome a energia da rede elétrica pública. (TONIN, 2017, p.29)

Um SFCR é constituído basicamente pelo painel fotovoltaico, o qual converte a energia do sol em energia elétrica em corrente contínua (SILVA, *et al.*, 2016) . Por meio de um inversor, a corrente contínua é convertida então, em corrente alternada e é essa a energia que pode ser consumida. Quando há excedente da energia gerada, é possível injetá-la na rede da concessionária através do uso de um medidor bidirecional, o qual contabiliza a geração e consumo gerados pelo SFCR. A Figura 4 apresenta os três principais componentes de um SFCR.



Figura 4: Exemplo de módulo fotovoltaico, inversor e medidor bidirecional

Fonte: SILVA, *et al.*, 2016.

Os módulos solares transformam a energia solar em energia elétrica, mas em corrente contínua. Quanto maior a quantidade de módulos, maior o painel solar instalado e maior a quantidade de energia que poderá ser gerada. Os equipamentos elétricos residenciais utilizam energia, mas em corrente alternada, por isso faz-se necessária a utilização do inversor. O inversor nada mais é do que o equipamento que transforma a energia em corrente contínua disponibilizada pelo módulos em energia em corrente alternada (que pode ser utilizada pelos equipamentos elétricos residenciais). O medidor bidirecional é o equipamento que contabiliza o saldo entre energia gerada e consumida na residência onde o SFCR está instalado. Este equipamento é necessário porque no período noturno, por exemplo, o SFCR não produz energia e a residência passa a utilizar energia da concessionária neste período. O equipamento que faz a contabilização entre tudo que é gerado e consumido é o medidor bidirecional, disponibilizado pela concessionária para os SFCR.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 PROJETO DO SFCR

O sistema de microgeração está localizado no bairro Santo Inácio, em Curitiba/PR. O consumidor é atendido em baixa tensão, por meio de uma entrada trifásica de 50 A, com um medidor padrão COPEL de consumo de energia. Com a implantação do sistema de microgeração de energia elétrica através de fonte solar que é interligada, através de um inversor, em paralelo com a rede da COPEL, é necessária a instalação de um medidor de energia com função bidirecional, ou seja, medidor capaz de medir a energia que é consumida da COPEL, bem como medir, a energia injetada pela residência na rede da COPEL e, desta forma, contabilizar o saldo de energia, a fim de emitir a fatura no sistema de compensação. O serviço de substituição do medidor, conforme estabelecido na Resolução 482 de abril de 2012 da ANEEL, é de responsabilidade da COPEL.

3.1.1 Dados dos Equipamentos Instalados

a) Módulos fotovoltaicos

Os módulos fotovoltaicos são os equipamentos responsáveis por fazer a captação e conversão da energia proveniente do sol em energia elétrica (corrente contínua). Os módulos fotovoltaicos utilizados são da marca ELCO, modelo A300P com potência nominal de 300 Wp e dimensões 1956x994x50mm (Altura x Largura x Profundidade), pesando 23,5 kg cada. A Figura 5 apresenta a disposição dos módulos já instalados no telhado da residência em Curitiba.



Figura 5: Detalhe dos Módulos Fotovoltaicos na residência de Curitiba

Fonte: TONIN, 2017, p.70.

As principais especificações dos módulos fotovoltaicos utilizados neste sistema estão listadas a seguir:

- Potência nominal de saída: 300 Wp;
- Tensão de máxima potência: 35,74V;
- Corrente de máxima potência: 8,4 A;
- Tensão de circuito aberto: 45,16V;
- Corrente de curto circuito: 9,27 A;
- Eficiência por módulo: 15,4%.

b) Inversores

Inversores são os dispositivos eletrônicos que convertem a eletricidade gerada pelos módulos fotovoltaicos, de corrente contínua para corrente alternada. Estes equipamentos também são os responsáveis pela interligação entre o sistema de geração distribuída (geração fotovoltaica) e a rede da concessionária.

O inversor utilizado é da marca Solar Energy, modelo SE-TL3KB. Este modelo de inversor é certificado para uso no Brasil, possui conexão 220 V em sua saída, e a faixa de tensão CC de entrada é compatível com a associação série dos módulos fotovoltaicos instalados. A Figura 6 apresenta o inversor utilizado.



Figura 6: Detalhe do Inversor Instalado na residência de Curitiba

Fonte: TONIN, 2017, p.69.

As principais características do inversor utilizado são descritas a seguir:

- Potência nominal de saída: 3000W;
- Potência máxima CC de entrada: 3400Wp;
- Corrente nominal de saída: 13A;
- Tensão nominal de saída: 220V;
- Eficiência máxima: 97,7%;
- Frequência de saída: 60 Hz.

c) Dispositivos de Manobra e Proteção do SFCR

O barramento de Corrente Contínua (CC) está interligado ao inversor via disjuntor bifásico de 16A para prover um ponto de manobra. Do lado de Corrente Alternada (CA), há um disjuntor bifásico de 16A e dois DPS 175V, 45kA, para manobra e proteção contra surtos de tensão causados por descarga atmosférica. Ainda no quadro geral de baixa tensão (QGBT), há mais um disjuntor bifásico de 15A para interligar o circuito elétrico do inversor ao barramento da residência.

O inversor e os DPS estarão interligados à terra via sistema já existente na residência, baseado em haste de aterramento junto ao QGBT.

3.1.2 Descrição do Sistema

O SFCR tem a potência de 3 kWp, dispostos em uma *string* com 10 módulos fotovoltaicos com capacidade unitária de 300 Wp. Os módulos acompanham a inclinação e orientação originais do telhado da residência. A *string* é conectada ao inversor Solar Energy modelo SE-TL3Kb, de 3kW. O inversor tem sua saída em 220V que está conectada ao QGBT principal das instalações através de disjuntor bipolar de 16A, conectada as fases A e B do sistema trifásico existente.

Conforme a resolução 482 da ANEEL, e NORMA COPEL – NTC 905200 – Acesso de Micro e Minigeração Distribuída ao Sistema da COPEL, o sistema está protegido em relação ao processo de ilhamento, ou seja, na falta de energia proveniente da concessionária, os inversores são desligados automaticamente a fim de evitar a inserção de energia na rede, e após o reestabelecimento da tensão da concessionária estes equipamentos esperam por no mínimo 3 minutos para voltarem a operar. Esta configuração é feita internamente ao equipamento e o teste é realizado antes do início da operação.

Na Figura 7, encontra-se o diagrama unifilar geral do sistema instalado:

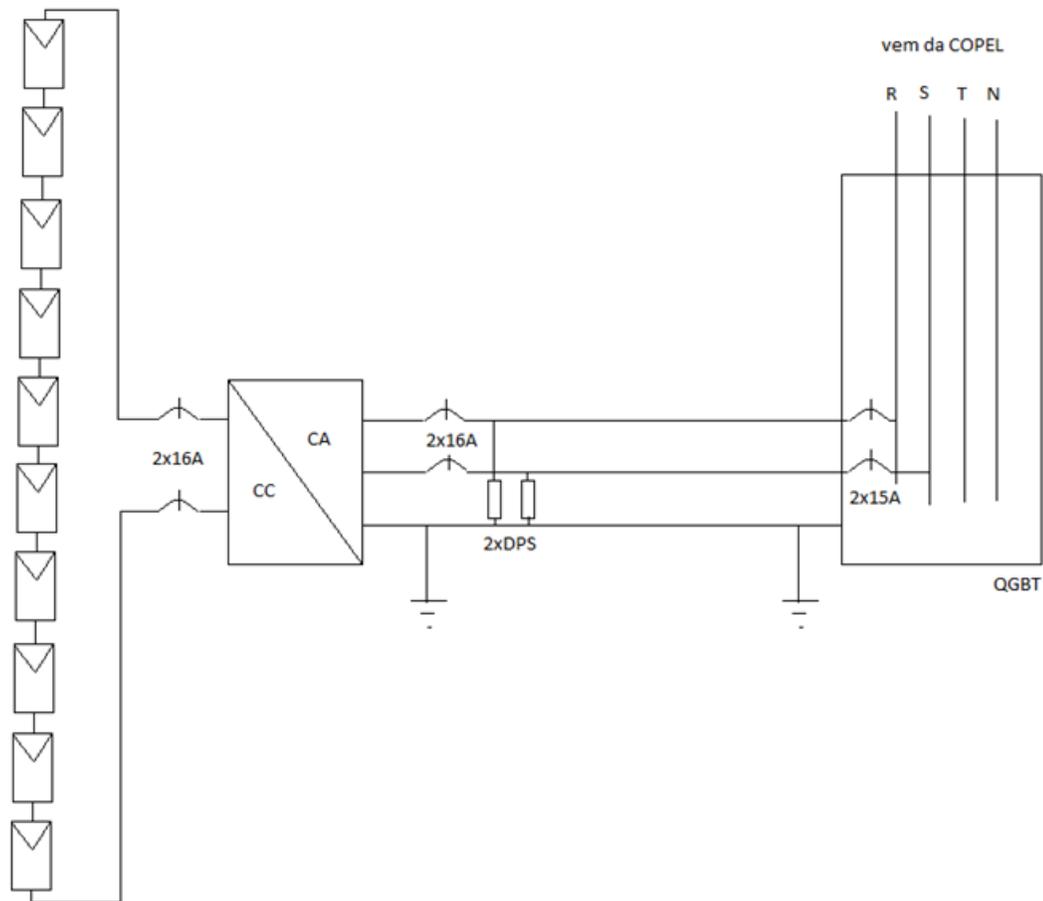


Figura 7: Diagrama Unifilar Geral SFCR Instalado na Residência em Curitiba

Fonte: Memorial Descritivo do Projeto Aprovado pela COPEL para instalação de SFCR 3,0kW

Toda energia gerada pelos módulos chega na “entrada” CC do inversor a partir de um disjuntor bipolar de 16A. O inversor transforma a energia de CC para CA e em sua saída, há outro disjuntor bipolar de 16A que conecta-se ao QGBT principal da residência. O QGBT tem como disjuntor principal, um bipolar de 15A, que conecta as fases A e B do sistema trifásico existente. Os disjuntores da saída do inversor e principal do QGBT possuem correntes nominais ligeiramente diferentes (15 e 16A) simplesmente por diferença de padrão normativo. Um deles é padrão NEMA e o outro, DIN.

3.2 FATURAMENTO PELO SISTEMA DE COMPENSAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

A unidade consumidora é trifásica (custo de disponibilidade igual ao valor em reais equivalente a 100kWh), localizada na cidade de Curitiba, com equipamentos de microgeração solar fotovoltaica com potência de 3,00kW (pico), cujo consumo médio mensal é de 270kWh. Para efeitos de cálculo, foi utilizada a tarifa de R\$ 0,69118R\$/kWh da Copel, com a incidência de impostos federais e estaduais (PIS/COFINS e ICMS). Tarifa vigente desde 24/06/2017, para o consumidor convencional do subgrupo B1.

A base de dados é real e será composta da análise de Fevereiro de 2016 até Fevereiro de 2018. Com base nas faturas de energia da localidade, estão apresentadas a seguir, o consumo mensal e a geração de energia (injetada), conforme apresentado na tabela 2.

Tabela 2: Dados das Faturas Copel e Software SolarView

Mês	Energia Produzida kWh	Energia Injetada kWh	Energia Consumida kWh	Consumo Residencial kWh	Saldo de Crédito Mensal (kWh)	Tarifa Copel Vigente R\$/kWh	Fatura sem GD	Fatura com GD	Diferença
Fev.2016	336,5	0	100	436,5	0	0,69118	R\$ 301,70	R\$ 69,12	R\$ 232,58
Mar.2016	358,6	0	100	458,6	0	0,69118	R\$ 316,98	R\$ 69,12	R\$ 247,86
Abr.2016	401,2	305	211	307,2	0	0,69118	R\$ 212,33	R\$ 69,12	R\$ 143,21
Mai.2016	242,0	296	191	137	98	0,69118	R\$ 94,69	R\$ 69,12	R\$ 25,57
Jun.2016	283,1	140	224	367,1	16	0,69118	R\$ 253,73	R\$ 69,12	R\$ 184,61
Jul.2016	347,2	243	100	204,2	243	0,69118	R\$ 141,14	R\$ 69,12	R\$ 72,02
Ago.2016	339,1	88	432	683,1	0	0,69118	R\$ 472,15	R\$ 69,12	R\$ 403,03
Set.2016	410,3	132	177	455,3	55	0,69118	R\$ 314,69	R\$ 69,12	R\$ 245,58
Out.2016	318,1	625	169	-137,9	556	0,69118	-R\$ 95,31	R\$ 69,12	-R\$ 164,43
Nov.2016	356,7	229	177	304,7	152	0,69118	R\$ 210,60	R\$ 69,12	R\$ 141,48
Dez.2016	345,1	273	156	228,1	217	0,69118	R\$ 157,66	R\$ 69,12	R\$ 88,54
Jan.2017	364,5	0	157	521,5	0	0,69118	R\$ 360,45	R\$ 69,12	R\$ 291,33
Fev.2017	377,1	533	100	-55,9	533	0,69118	-R\$ 38,64	R\$ 69,12	-R\$ 107,75
Mar.2017	297,6	302	102	100	300	0,69118	R\$ 69,12	R\$ 69,12	R\$ 0,00
Abr.2017	256,1	185	221	292,1	64	0,69118	R\$ 201,89	R\$ 69,12	R\$ 132,78
Mai.2017	227,9	200	184	211,9	116	0,69118	R\$ 146,46	R\$ 69,12	R\$ 77,34
Jun.2017	264,2	147	187	304,2	60	0,69118	R\$ 210,26	R\$ 69,12	R\$ 141,14
Jul.2017	325,0	216	235	344	81	0,69118	R\$ 237,77	R\$ 69,12	R\$ 168,65
Ago.2017	285,8	246	179	218,8	167	0,69118	R\$ 151,23	R\$ 69,12	R\$ 82,11
Set.2017	302,5	220	219	301,5	101	0,69118	R\$ 208,39	R\$ 69,12	R\$ 139,27
Out.2017	279,5	301	177	155,5	224	0,69118	R\$ 107,48	R\$ 69,12	R\$ 38,36
Nov.2017	337,6	205	169	301,6	136	0,69118	R\$ 208,46	R\$ 69,12	R\$ 139,34
Dez.2017	365,4	301	169	233,4	232	0,69118	R\$ 161,32	R\$ 69,12	R\$ 92,20
Jan.2018	311,3	196	179	294,3	117	0,69118	R\$ 203,41	R\$ 69,12	R\$ 134,30
Fev.2018	286,7	243	101	144,7	242	0,69118	R\$ 100,01	R\$ 69,12	R\$ 30,90
Média	320,8	225,04	176,64	272,46					
Crédito Acumulado					3710	Economia Fatura			R\$ 2.980,02

Fonte: O autor, 2018.

A Tabela 2 mostra os dados reais das faturas de energia da residência desde Fevereiro de 2016. Um problema encontrado é que na análise de dados, os meses de Outubro de 2016 e Fevereiro de 2017 apresentaram valores de energia injetada superiores aos valores de geração registrados pelo inversor, além de serem muito

superiores aos recordes de energia injetada ao longo da análise. Essa situação é impossível de acontecer e isso demonstra que nestes meses, houve erro de leitura por parte da Copel. Considera-se que quando há erros de leitura por parte da concessionária, esses erros são automaticamente corrigidos ao longo dos próximos meses e dessa forma, o resultado anual se mantém real. Verifica-se pela tabela, que ao longo de dois anos, aproximadamente três mil reais se transformaram em economia na fatura de energia Copel e quase 4MWh de energia se transformaram em créditos acumulados de energia injetada na rede. Esses créditos tem até 60 meses para expirar. A partir desse período, os créditos não expiram totalmente, mas sim, mês a mês, conforme crédito acumulado no mês mais antigo após o prazo de 60 meses. A partir da instalação do SFCR, o proprietário da residência passou a pagar apenas pelo custo de disponibilidade – 100kWh-, somado à tarifa de bandeira vigente no período e a taxa de iluminação pública da concessionária. Para fins de cálculo de retorno de investimento, verifica-se o valor anual de R\$ 1.490,00 de economia na fatura de energia.

3.3 CÁLCULO DO RETORNO DO INVESTIMENTO DO SFCR

Para calcular o retorno do investimento, estima-se o aumento anual da tarifa de eletricidade, bem como, da inflação no período de 2010 a 2017. As Tabelas 3 e 4, mostram os valores aplicados.

Tabela 3: Alterações Tarifárias COPEL – 2010 – 2017

Ano	Percentual
2010	2,46%
2011	2,99%
2012	-0,650%
2013	-9,73%
2014	24,86%
2015	52,11%
2016	-12,87%
2017	5,85%
Média	8,13%

Fonte: Adaptado Copel – Alterações Tarifárias, 2018.

Considerando o cenário energético atual no Brasil, percebe-se que um acréscimo anual de 8,13% no custo da eletricidade parece até um pouco “conservador”, contudo, com base nas alterações tarifárias dos últimos 7 anos, este é o índice que será utilizado em nos cálculos. Para o embasamento nessa estimativa, algumas informações sobre estado atual da energia no Paraná e no Brasil são apresentadas:

Em matéria publicada pela Gazeta do Povo (2017), foi informado que o consumidor residencial brasileiro terá de lidar com dois anos de reajustes na energia bem acima da inflação. As causas são um regime de chuvas insuficiente para compensar períodos de seca e o aumento dos encargos sociais. Na média, as tarifas devem fechar o ano com alta de 14% e subir 9,4% em 2018.

Em nove dos últimos 12 meses, o custo da geração térmica superou as receitas com as bandeiras pagas pelo consumidor. Essa conta deve deixar um saldo de R\$ 4,2 bilhões a ser pago pelo consumidor nos reajustes do ano de 2018, além do aumento já esperado das contas de luz, segundo a Associação Brasileira dos Distribuidores de Energia Elétrica (Abradee). Em alguns meses, a arrecadação foi até quatro vezes menor que o necessário.

Faz-se necessário também, analisar a inflação neste mesmo período, conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4: Índices de Inflação – IPCA - 2010 – 2017

Ano	Percentual
2010	5,90%
2011	6,50%
2012	5,83%
2013	5,91%
2014	6,41%
2015	10,67%
2016	6,29%
2017	2,21%
Média	6,22%

Fonte: Adaptado, IBGE – Variação IPCA, 2018.

Pode-se verificar, a partir dos dados expostos, que o aumento da energia é superior à inflação. Para o estudo do retorno do investimento do SFCR, será aplicado o

percentual da inflação média sobre o custo de implantação do sistema – R\$17.000,00 e sobre a economia anual sobre a fatura de energia, a variação média de aumento do custo anual será aplicada (8,13%). A Tabela 5 apresenta o resultado.

Tabela 5: Tempo Estimado para Retorno do Investimento SFCR.

Ano	Custo	Receita	Acumulado
Ano 1	R\$ 17.000,00	R\$ 1.490,00	R\$ 1.490,00
Ano 2	R\$ 18.057,40	R\$ 1.611,14	R\$ 3.101,14
Ano 3	R\$ 19.180,57	R\$ 1.742,12	R\$ 4.843,26
Ano 4	R\$ 20.373,60	R\$ 1.883,76	R\$ 6.727,02
Ano 5	R\$ 21.640,84	R\$ 2.036,91	R\$ 8.763,92
Ano 6	R\$ 22.986,90	R\$ 2.202,51	R\$ 10.966,43
Ano 7	R\$ 24.416,69	R\$ 2.381,57	R\$ 13.348,00
Ano 8	R\$ 25.935,40	R\$ 2.575,19	R\$ 15.923,19
Ano 9	R\$ 27.548,59	R\$ 2.784,56	R\$ 18.707,75
Ano 10	R\$ 29.262,11	R\$ 3.010,94	R\$ 21.718,69
Ano 11	R\$ 31.082,21	R\$ 3.255,73	R\$ 24.974,42
Ano 12	R\$ 33.015,52	R\$ 3.520,42	R\$ 28.494,84
Ano 13	R\$ 35.069,09	R\$ 3.806,63	R\$ 32.301,47
Ano 14	R\$ 37.250,39	R\$ 4.116,11	R\$ 36.417,58
Ano 15	R\$ 39.567,36	R\$ 4.450,75	R\$ 40.868,33

Fonte: O autor, 2018.

O retorno do investimento neste caso é de pouco mais de 14 anos, considerando a inflação aplicada ao investimento no sistema e um aumento anual na fatura de energia de cerca de 8,13% ao ano. Apenas como curiosidade, a Tabela 6 apresenta uma simulação do retorno de investimento caso o proprietário pudesse vender toda energia injetada no sistema (a qual ele acumula apenas no formato de créditos), pela mesma tarifa que a concessionária utiliza em suas faturas de energia. Essa é uma simulação muito próxima da adotada por países europeus, como a Alemanha, onde além do investidor poder optar por vender toda sua energia gerada, ele ainda conta com diversos incentivos fiscais e contratos com tarifa de venda fixa e atrativa por 20 anos para fomentar o uso da geração distribuída renovável em seu parque energético.

Tabela 6: Tempo Estimado para Retorno do Investimento com a venda do crédito acumulado.

Ano	Custo	Receita	Acumulado
Ano 1	R\$ 17.000,00	R\$ 2.772,15	R\$ 2.772,15
Ano 2	R\$ 18.057,40	R\$ 2.997,53	R\$ 5.769,68
Ano 3	R\$ 19.180,57	R\$ 3.241,22	R\$ 9.010,90
Ano 4	R\$ 20.373,60	R\$ 3.504,74	R\$ 12.515,64
Ano 5	R\$ 21.640,84	R\$ 3.789,67	R\$ 16.305,31
Ano 6	R\$ 22.986,90	R\$ 4.097,77	R\$ 20.403,08
Ano 7	R\$ 24.416,69	R\$ 4.430,92	R\$ 24.834,00

Fonte: O autor, 2018.

Verifica-se que caso o proprietário pudesse vender para o sistema toda sua energia acumulada como créditos, o retorno do seu investimento cairia para metade do tempo em relação ao retorno no cenário brasileiro atual (em 7 anos, ele retornaria o investimento em comparação aos quase 15 anos de retorno no cenário brasileiro real). Como a energia injetada no sistema não pode ser vendida para a rede no Brasil, será apresentada a comparação de qual seria o retorno desse investimento caso os créditos acumulados fossem utilizados para carregar as baterias de um veículo elétrico e assim, o proprietário substituisse seu veículo à combustão interna por um VE para locomoção.

3.4 DADOS SOBRE CARROS ELÉTRICOS

Para sugestão do carro elétrico a ser utilizado para locomoção do proprietário da residência onde o SFCR está instalado em Curitiba, três critérios foram adotados: autonomia do veículo, tempo de carregamento das baterias e principalmente, facilidade no acesso aos dados do fabricante. De acordo com Silva, *et al.* (2016), “Após diversas pesquisas, as fabricantes chegaram à conclusão que 60 km por dia é, em média, a distância percorrida pelos condutores para cumprirem as suas respectivas atividades cotidianas. Conforme o *European Commission; Joint Research Centre; Institute for Prospective Technological Studies*, essa média varia de 40 km (Reino Unido) para uma média de 80 km (Polónia)”. Para fins de cálculos comparativos, será considerado que o proprietário roda em média, os 60km diários. Necessitando assim, percorrer a distância

média de 1.800km mensais.

Em um primeiro momento, acreditava-se que a nova revolução automobilística ocorreria com a troca do veículo a combustão pelo veículo elétrico. Contudo, as limitações da tecnologia de bateria eram muitas e, em virtude disso, os veículos elétricos tornaram-se uma alternativa bastante popular. Desde então, a indústria automotiva vem trabalhando no desenvolvimento dos veículos elétricos, focada na melhora contínua das tecnologias empregadas nas baterias. É interessante ressaltar que especialistas afirmam que os avanços na tecnologia das baterias íon lítio resolverão muitos dos problemas da autonomia do veículo elétrico e, dessa forma, os consumidores verão os veículos elétricos sob uma nova perspectiva. O mercado automobilístico deixa claro que a tendência para os próximos anos são os veículos elétricos, motivo pelo qual justifica-se a análise proposta por esta monografia.

3.4.1 Litros por 100km – Equivalência Carro a Combustão x Elétrico

Com a entrada dos carros elétricos no mercado, a Administração Nacional de Segurança do Transporte (*NHTSA - National Highway Traffic Safety Administration*) e a Agência Norte-Americana de Proteção Ambiental (*EPA - Environmental Protection Agency*) implementaram uma equivalência entre o consumo de veículos elétricos, com motor de combustão interna (MCI), e os elétricos (apud SILVA, *et al.*, 2016). O motor elétrico é uma máquina que transforma a potência elétrica em potência mecânica, com reduzida porcentagem de perdas. Quando o motor elétrico é ligado, ele absorve 90% da quantidade de energia elétrica e a transforma em torque, ou seja, potência mecânica. Este princípio de conversão de energia em trabalho é o mesmo do motor térmico de um automóvel, chamado de motor de combustão interna (MCI). A diferença é que o MCI é alimentado por combustíveis queimáveis, nos quais utiliza-se 35% (para um litro de diesel) de sua energia para transformar em torque ou seja potência mecânica, e os outros 65% são perdidos devido à dissipação térmica. Isto é baseado na quantidade de energia contida em um litro de combustível (9,85 kWh no caso da gasolina). Calculamos assim a correspondência em l / 100 km em comparação com um carro a gasolina. Os números obtidos parecem ridiculamente baixos, devido ao desempenho muito melhor do motor

elétrico. Se 35%, na melhor das hipóteses, da energia contida em um litro de diesel realmente serve para a propulsão do carro, a proporção sobe para 90% da corrente consumida pelo motor elétrico. Em resumo, o dado disponibilizado na Tabela 7 como “l/100km Equivalente” é um dado disponibilizado pelos fabricantes que compara o quanto um carro elétrico consumiria em relação a um carro a combustão, ou seja, para rodar 100km, quantos litros de gasolina seriam necessários comparado ao motor elétrico.

A Tabela 7 apresenta os dados de consumo dos diversos carros híbridos e elétricos presentes no mercado.

Tabela 7: Consumo de Alguns Carros Elétricos do Mercado

Modelo	Consumo de Energia em 100km (kWh)	l / 100km Equivalente	Autonomia (km)	Potência da Bateria (kWh)
Mia Electric	10	1,02	80	8
Lumeneo Neoma	10,1	1,03	140	14,2
Renault Zoé	10,5	1,07	210	22
Citroën C-Zéro	10,7	1,08	150	16
Renault Fluence Z.E	11,9	1,21	185	22
Bolloré Bluecar	12	1,22	250	30
Smart Fortwo E.D.	12,1	1,23	145	17,6
Renault Kangoo Z.E.	12,9	1,31	170	20
Nissan Leaf	13,7	1,39	175	24
Ford Focus EV	14,3	1,42	160	23
FAM F-City	14,4	1,46	100	14,4

Fonte: Meunier, apud SILVA, et al., (2016).

Segundo dados informados pela fabricante Renault, o veículo elétrico Renault Fluence Z.E, percorre uma distância média de 60 km/dia e, o carregamento completo da bateria desse veículo leva em torno de 10 horas, em uma tomada do tipo E/F. A Tabela 8 resume as características desse veículo.

Tabela 8: Especificações do Veículo Renault Fluence Z.E.

Modelo	Renault Fluence Z.E
Consumo de Energia em 60km (E)	7,14 kWh
I / 100km Equivalente	1,21
Autonomia	185km
Potência da Bateria	22kWh

Fonte: Meunier, apud SILVA, *et al.*, (2016).

3.4.2 Renault Fluence Z.E

Em função da facilidade no acesso aos dados desse veículo, ele será o proposto para análise dessa monografia. Trata-se de um veículo 100% elétrico, zero emissão (por isso a sigla Z.E – sigla do inglês “*zero emission*”). O Renault Fluence Z.E é na verdade, a versão elétrica do Renault Fluence Sedan Compacto. Ele possui baterias de 22kWh de íon lítio. O Fluence Z.E. é 13 cm mais longo que o modelo a combustão interna para acomodar a bateria atrás dos assentos traseiros. A Figura 8 mostra a foto do veículo.



Figura 8: Veículo Elétrico Renault Fluence Z.E

Fonte: Revista Auto Esporte, (2010).

A Tabela 9 apresenta a ficha técnica do Renault Fluence Z.E.

Tabela 9: Ficha Técnica Renault Elétricos

Fluence Z.E.	
Arquitetura	Carroceria monobloco, 3 volumes, 5 passageiros, 4 portas
Motor	Elétrico, dianteiro, transversal.
Tração	Dianteira
Potência máxima	95 cv (70 Kw)
Torque máximo	226 Nm
Alimentação	Baterias de íon-lítio
Pneus	205/55 R16
Suspensão dianteira	Dianteira do tipo McPherson, com rodas independentes, braços triangulares transversais e barra estabilizadora
Suspensão traseira	independente do tipo Multilink e amortecedores hidráulicos. Freios: A disco nas quatro rodas, com sistema ABS
Direção	Elétrica, diâmetro de giro 11,3 m
Câmbio	Automático, uma marcha à frente e uma à ré.
Porta-malas (litros)	317
Peso (em ordem de marcha)	1.535 kg
Entre eixos	2,70 metros
Comprimento	4,74 metros
Altura	1,47 metro
Largura / Largura com retrovisores	1,81 metro
Aceleração 0 a 100 km/h	13,7 segundos
Velocidade máxima	135 km/h
Carga útil	405 kg
Autonomia	185km

Fonte: Renault, 2016

3.5 CUSTO MÉDIO DO LITRO DA GASOLINA

Segundo notícia divulgada no dia 29/01/2018 pela agência nacional de petróleo (ANP) (2018), o valor do litro médio da gasolina no Paraná alcançou os R\$ 4,138/l. A Figura 9 apresenta o gráfico de variação do valor desse combustível desde Abril de 2017, em âmbito nacional.

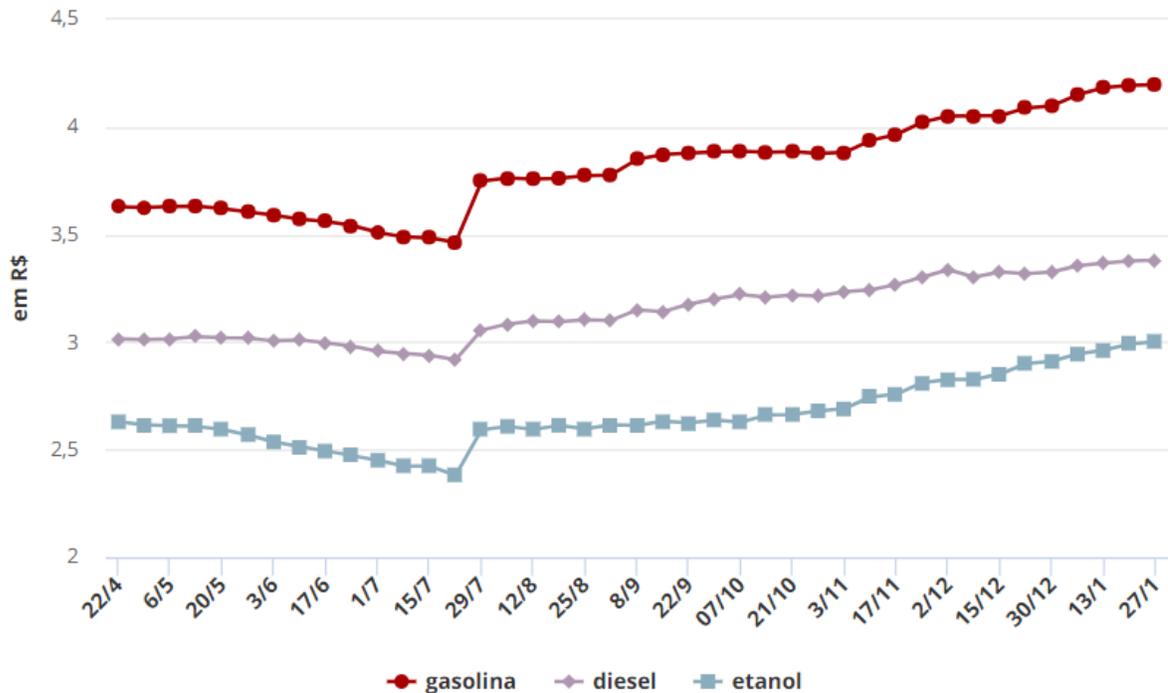


Figura 9: Preço dos Combustíveis: por litro, média nacional de 22/04 a 27/01/2018.

Fonte: ANP, (2018).

A partir da análise gráfica, percebe-se que a gasolina tem sofrido aumento significativo num curto intervalo de tempo. Em apenas 8 meses, o combustível passou de R\$ 3,629 em Abril de 2017 para R\$ 4,198 em Janeiro de 2018, alcançando o aumento de 15,67% na média nacional. Esse resultado só vem a reforçar e potencializar o estudo de novas alternativas de energia para locomoção/transporte. A Figura 10 apresenta o gráfico também disponibilizado pela Agência Nacional de Petróleo para variação do valor da gasolina na cidade de Curitiba (cidade objeto de estudo).

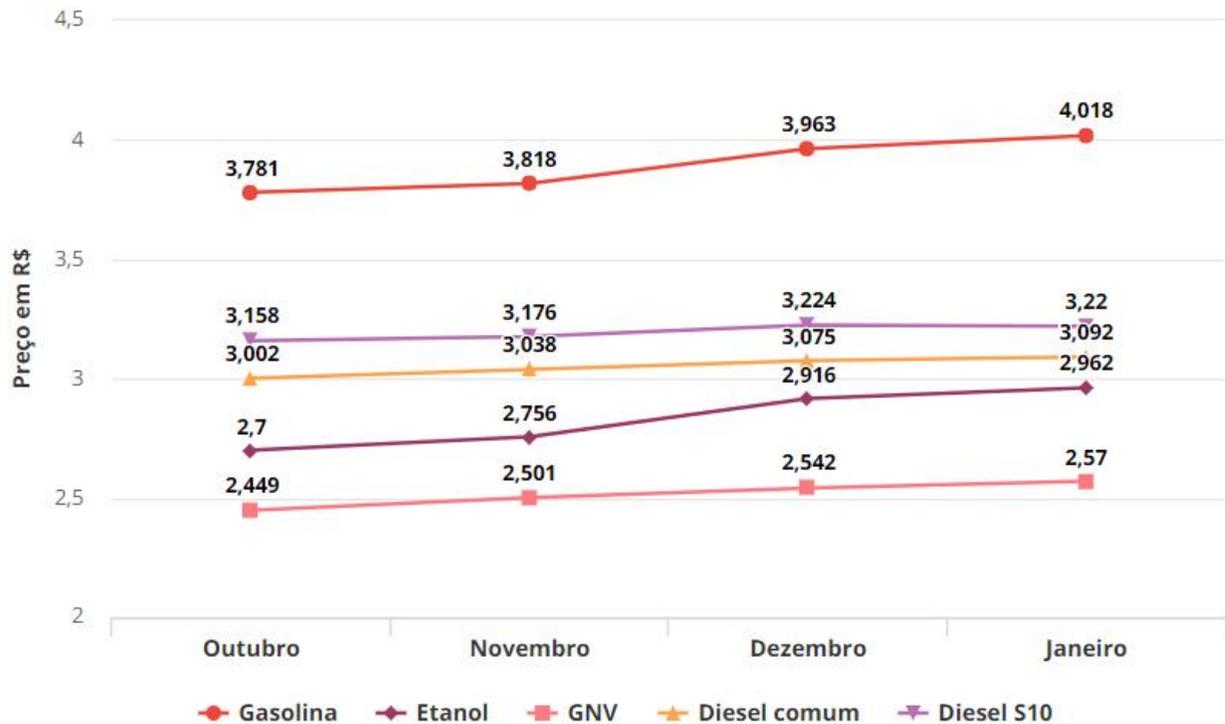


Figura 10: Variação do Preço nos postos de Curitiba: Outubro a Janeiro de 2018.

Fonte: ANP, (2018).

Para considerar um índice de variação no valor da gasolina, é feita análise da variação média do valor do litro da gasolina de 2013 a 2018, conforme apresentado na tabela 9, com dados retirados da série histórica do levantamento de preços e comercialização de combustíveis disponibilizada pela ANP.

Tabela 10: Variação do preço do litro da Gasolina de 2013 a 2018.

Ano	Preço Médio	Variação Percentual
2013	R\$ 2,78	6,073%
2014	R\$ 2,90	4,357%
2015	R\$ 3,20	10,455%
2016	R\$ 3,53	10,309%
2017	R\$ 3,56	0,878%
2018	R\$ 4,02	12,802%
Média		7,479%

Fonte: Adaptado de ANP, 2018.

Para efeitos de cálculo do estudo proposto, consideram-se os valores reais utilizados em cada mês após a instalação do SFCR até o valor do litro da gasolina atual de R\$ 4,018/l, na cidade de Curitiba. A partir de 2018, será aplicada a taxa de aumento de 7,479% ao ano, conforme média apresentada na Tabela 10. Importante ressaltar que novamente, o aumento anual da gasolina está acima da inflação média do país, apresentado na Tabela 4, de 6,22%.

Após entrevista com o proprietário da residência estudada, verifica-se que seu veículo atual percorre em média, 10km com um litro de gasolina e que a média mensal necessária para o cumprimento das suas atividades cotidianas é de 1.800km, conforme já estabelecido pelos principais fabricantes de veículos elétricos.

Devido à facilidade de acesso aos dados do fabricante, o veículo elétrico escolhido para análise será um Renault Fluence Z.E, o qual poderá ser carregado durante à noite na residência do proprietário da casa onde o SFCR está instalado. A mesma análise poderia ser aplicada a um veículo *plug in* híbrido – elétrico (PHEV), pois como o proprietário já possui o SFCR instalado, basta que o veículo elétrico escolhido seja *plug in* para conexão noturna em sua residência. Devido à falta de infraestrutura para carregamento das baterias pela cidade, um híbrido *plug-in* poderia estender a autonomia do veículo com seu motor a combustão interna. A

Tabela 11 apresenta o comparativo de custos de locomoção do proprietário, considerando o veículo à combustão interna, utilizado atualmente, contra o custo de locomoção considerando o carregamento das baterias do Renault Fluence Z.E.

Tabela 11: Comparativo de Custos Locomoção: Gasolina x Carregamento Baterias

Mês	Valor Gasolina R\$/ l	Gasto Mensal da Gasolina (R\$)	l/100km Equivalente Renault Fluence Z.E	Gasto Mensal com Renault Fluence Z.E (R\$)	Diferença (R\$)
Fev.2016	R\$ 3,520	R\$ 633,60	1,21	R\$ 76,67	R\$ 556,93
Mar.2016	R\$ 3,579	R\$ 644,22	1,21	R\$ 77,95	R\$ 566,27
Abr.2016	R\$ 3,580	R\$ 644,40	1,21	R\$ 77,97	R\$ 566,43
Mai.2016	R\$ 3,543	R\$ 637,74	1,21	R\$ 77,17	R\$ 560,57
Jun.2016	R\$ 3,492	R\$ 628,56	1,21	R\$ 76,06	R\$ 552,50
Jul.2016	R\$ 3,473	R\$ 625,14	1,21	R\$ 75,64	R\$ 549,50
Ago.2016	R\$ 3,474	R\$ 625,32	1,21	R\$ 75,66	R\$ 549,66
Set.2016	R\$ 3,581	R\$ 644,58	1,21	R\$ 77,99	R\$ 566,59
Out.2016	R\$ 3,574	R\$ 643,32	1,21	R\$ 77,84	R\$ 565,48
Nov.2016	R\$ 3,526	R\$ 634,68	1,21	R\$ 76,80	R\$ 557,88
Dez.2016	R\$ 3,526	R\$ 634,68	1,21	R\$ 76,80	R\$ 557,88
Jan.2017	R\$ 3,545	R\$ 638,10	1,21	R\$ 77,21	R\$ 560,89
Fev.2017	R\$ 3,543	R\$ 637,74	1,21	R\$ 77,17	R\$ 560,57
Mar.2017	R\$ 3,443	R\$ 619,74	1,21	R\$ 74,99	R\$ 544,75
Abr.2017	R\$ 3,355	R\$ 603,90	1,21	R\$ 73,07	R\$ 530,83
Mai.2017	R\$ 3,300	R\$ 594,00	1,21	R\$ 71,87	R\$ 522,13
Jun.2017	R\$ 3,223	R\$ 580,14	1,21	R\$ 70,20	R\$ 509,94
Jul.2017	R\$ 3,308	R\$ 595,44	1,21	R\$ 72,05	R\$ 523,39
Ago.2017	R\$ 3,694	R\$ 664,92	1,21	R\$ 80,46	R\$ 584,46
Set.2017	R\$ 3,776	R\$ 679,68	1,21	R\$ 82,24	R\$ 597,44
Out.2017	R\$ 3,781	R\$ 680,58	1,21	R\$ 82,35	R\$ 598,23
Nov.2017	R\$ 3,818	R\$ 687,24	1,21	R\$ 83,16	R\$ 604,08
Dez.2017	R\$ 3,963	R\$ 713,34	1,21	R\$ 86,31	R\$ 627,03
Jan.2018	R\$ 4,031	R\$ 725,58	1,21	R\$ 87,80	R\$ 637,78
Fev.2018	R\$ 3,990	R\$ 718,20	1,21	R\$ 86,90	R\$ 631,30
Economia Combustível Fev/16 - Fev/18					R\$ 14.182,52

Fonte: O autor, 2018.

Na segunda coluna da Tabela 11, apresentam-se os valores mensais reais do litro de gasolina na cidade de Curitiba para o mês de referência com base na série histórica da ANP nesta cidade. Considerando a necessidade do proprietário precisar percorrer 1800km mensais para realizar suas atividades cotidianas, o valor de custo mensal da gasolina é então encontrado, multiplicando-se o valor do litro no mês e a distância fixa de 1800km ao mês. Em seguida, aparece o valor disponibilizado pelo fabricante, de 1,21

l/100km. Este valor compara quanto um carro elétrico gastaria em energia comparado a um carro a combustão, ou seja, para percorrer 100km, o Renault Fluence ZE utilizaria 1,21l de combustível. Considerando novamente, a necessidade mensal de 1800km ao mês, pode-se chegar no gasto mensal para locomoção para o Renault Fluence ZE e assim, a diferença de custo de locomoção para as duas tecnologias de motor. Verifica-se pelos resultados que a economia anual é bastante expressiva. Pode-se ainda, fazer o mesmo comparativo, mas agora, levando-se em conta o consumo de energia a cada 100km, dado fornecido também, pelo fabricante. Na Tabela 12, o comparativo é apresentado.

Tabela 12: Comparativo Custos Locomoção: Gasolina x Carregamento Baterias.

Mês	Valor Gasolina R\$/ l	Gasto Mensal da Gasolina (R\$)	Consumo de Energia em 100km (kWh)	Gasto Mensal com Renault Fluence Z.E (kWh)	Crédito Acumulado e Disponível (kWh)	Gasto Mensal para Carregamento das Baterias	Diferença (R\$)
Fev.2016	R\$ 3,520	R\$ 633,60	11,9	214,2	0	R\$ 148,05	R\$ 485,55
Mar.2016	R\$ 3,579	R\$ 644,22	11,9	214,2	0	R\$ 148,05	R\$ 496,17
Abr.2016	R\$ 3,580	R\$ 644,40	11,9	214,2	0	R\$ 148,05	R\$ 496,35
Mai.2016	R\$ 3,543	R\$ 637,74	11,9	214,2	98	R\$ 80,32	R\$ 557,42
Jun.2016	R\$ 3,492	R\$ 628,56	11,9	214,2	16	R\$ 136,99	R\$ 491,57
Jul.2016	R\$ 3,473	R\$ 625,14	11,9	214,2	243	R\$ -	R\$ 625,14
Ago.2016	R\$ 3,474	R\$ 625,32	11,9	214,2	0	R\$ 128,14	R\$ 497,18
Set.2016	R\$ 3,581	R\$ 644,58	11,9	214,2	55	R\$ 110,04	R\$ 534,54
Out.2016	R\$ 3,574	R\$ 643,32	11,9	214,2	556	R\$ -	R\$ 643,32
Nov.2016	R\$ 3,526	R\$ 634,68	11,9	214,2	152	R\$ -	R\$ 634,68
Dez.2016	R\$ 3,526	R\$ 634,68	11,9	214,2	217	R\$ -	R\$ 634,68
Jan.2017	R\$ 3,545	R\$ 638,10	11,9	214,2	0	R\$ -	R\$ 638,10
Fev.2017	R\$ 3,543	R\$ 637,74	11,9	214,2	533	R\$ -	R\$ 637,74
Mar.2017	R\$ 3,443	R\$ 619,74	11,9	214,2	300	R\$ -	R\$ 619,74
Abr.2017	R\$ 3,355	R\$ 603,90	11,9	214,2	64	R\$ -	R\$ 603,90
Mai.2017	R\$ 3,300	R\$ 594,00	11,9	214,2	116	R\$ -	R\$ 594,00
Jun.2017	R\$ 3,223	R\$ 580,14	11,9	214,2	60	R\$ -	R\$ 580,14
Jul.2017	R\$ 3,308	R\$ 595,44	11,9	214,2	81	R\$ 43,54	R\$ 551,90
Ago.2017	R\$ 3,694	R\$ 664,92	11,9	214,2	167	R\$ 32,62	R\$ 632,30
Set.2017	R\$ 3,776	R\$ 679,68	11,9	214,2	101	R\$ 78,24	R\$ 601,44
Out.2017	R\$ 3,781	R\$ 680,58	11,9	214,2	224	R\$ -	R\$ 680,58
Nov.2017	R\$ 3,818	R\$ 687,24	11,9	214,2	136	R\$ 47,28	R\$ 639,96
Dez.2017	R\$ 3,963	R\$ 713,34	11,9	214,2	232	R\$ -	R\$ 713,34
Jan.2018	R\$ 4,031	R\$ 725,58	11,9	214,2	117	R\$ 54,88	R\$ 670,70
Fev.2018	R\$ 3,990	R\$ 718,20	11,9	214,2	242	R\$ -	R\$ 718,20
Economia Combustível Fev/16 - Fev/18							R\$ 14.978,63

Fonte: O autor, 2018.

A Tabela 12 foi criada com as mesmas premissas da Tabela 11, mas agora, considerando o outro dado disponibilizado pelo fabricante: O Renault Fluence utiliza 11,9kWh de energia para percorrer 100km. Dessa forma, para atender à distância necessária mensal de 1.800km, a energia de 214,2kWh é necessária. Como o proprietário possui hoje, crédito de aproximadamente 3,7MWh acumulados, essa energia poderia ser utilizada para carregar o veículo elétrico. Pela média das Tabelas 11 e 12, estima-se que a economia anual com combustível quando o proprietário optar pelo veículo Renault Fluence Z.E é de cerca de R\$ 7.273,75. A Tabela 13 resume o retorno do investimento no SFCR, considerando agora, tanto a economia anual na fatura de energia elétrica quanto com a utilização do veículo elétrico.

Tabela 13: Resumo do Retorno de Investimento do SFCR Considerando o VE

Período	Custo	Economia Total - Fatura Energia	Economia Total - VEH	Receita Acumulada
Ano 1	R\$ 17.000,00	R\$ 1.490,00	R\$ 7.273,75	R\$ 8.763,75
Ano 2	R\$ 18.057,40	R\$ 1.490,00	R\$ 7.273,75	R\$ 17.527,50
Ano 3	R\$ 19.180,57	R\$ 1.611,14	R\$ 7.817,75	R\$ 26.956,39

Fonte: O autor, 2018.

A economia gerada com a utilização do VE é tão significativa que o retorno do investimento cai para pouco mais de dois anos. Foram aplicados os índices de 6,22% de inflação sobre o custo anual de instalação do SFCR, seguido de 8,13% de aumento na economia da fatura de energia em 2018, haja vista que os valores apresentados em 2016 e 2017 – Anos 1 e 2 da Tabela 13, são dados reais, além de 7,479% sobre a economia do VE no ano 3 (2018) devido ao aumento previsto para gasolina previsto conforme Tabela 10. Além do retorno financeiro ser bastante significativo para período analisado – Fevereiro de 2016 a Fevereiro de 2018 – os créditos acumulados quase zeraram com a utilização do veículo elétrico. A Tabela 14 apresenta a variação de utilização do créditos acumulados para o carregamento das baterias do veículo elétrico.

Tabela 14: Saldo de Créditos após uso do VE.

Mês	Valor Gasolina R\$/L	Gasto Mensal da Gasolina (R\$)	Consumo de Energia em 100km (kWh)	Gasto Mensal com Renault Fluence Z.E (kWh)	Crédito Acumulado e Disponível (kWh)	Gasto Mensal para Carregamento das Baterias	Diferença (R\$)	Saldo Créditos Com o Uso do VEH (kWh)
Fev.2016	R\$ 3,520	R\$ 633,60	11,9	214,2	0	R\$ 148,05	R\$ 485,55	0
Mar.2016	R\$ 3,579	R\$ 644,22	11,9	214,2	0	R\$ 148,05	R\$ 496,17	0
Abr.2016	R\$ 3,580	R\$ 644,40	11,9	214,2	0	R\$ 148,05	R\$ 496,35	0
Mai.2016	R\$ 3,543	R\$ 637,74	11,9	214,2	98	R\$ 80,32	R\$ 557,42	0
Jun.2016	R\$ 3,492	R\$ 628,56	11,9	214,2	16	R\$ 136,99	R\$ 491,57	0
Jul.2016	R\$ 3,473	R\$ 625,14	11,9	214,2	243	R\$ -	R\$ 625,14	28,8
Ago.2016	R\$ 3,474	R\$ 625,32	11,9	214,2	0	R\$ 128,14	R\$ 497,18	0
Set.2016	R\$ 3,581	R\$ 644,58	11,9	214,2	55	R\$ 110,04	R\$ 534,54	0
Out.2016	R\$ 3,574	R\$ 643,32	11,9	214,2	556	R\$ -	R\$ 643,32	341,8
Nov.2016	R\$ 3,526	R\$ 634,68	11,9	214,2	152	R\$ -	R\$ 634,68	279,6
Dez.2016	R\$ 3,526	R\$ 634,68	11,9	214,2	217	R\$ -	R\$ 634,68	282,4
Jan.2017	R\$ 3,545	R\$ 638,10	11,9	214,2	0	R\$ -	R\$ 638,10	68,2
Fev.2017	R\$ 3,543	R\$ 637,74	11,9	214,2	533	R\$ -	R\$ 637,74	387
Mar.2017	R\$ 3,443	R\$ 619,74	11,9	214,2	300	R\$ -	R\$ 619,74	472,8
Abr.2017	R\$ 3,355	R\$ 603,90	11,9	214,2	64	R\$ -	R\$ 603,90	322,6
Mai.2017	R\$ 3,300	R\$ 594,00	11,9	214,2	116	R\$ -	R\$ 594,00	224,4
Jun.2017	R\$ 3,223	R\$ 580,14	11,9	214,2	60	R\$ -	R\$ 580,14	70,2
Jul.2017	R\$ 3,308	R\$ 595,44	11,9	214,2	81	R\$ 43,54	R\$ 551,90	0
Ago.2017	R\$ 3,694	R\$ 664,92	11,9	214,2	167	R\$ 32,62	R\$ 632,30	0
Set.2017	R\$ 3,776	R\$ 679,68	11,9	214,2	101	R\$ 78,24	R\$ 601,44	0
Out.2017	R\$ 3,781	R\$ 680,58	11,9	214,2	224	R\$ -	R\$ 680,58	9,8
Nov.2017	R\$ 3,818	R\$ 687,24	11,9	214,2	136	R\$ 47,28	R\$ 639,96	0
Dez.2017	R\$ 3,963	R\$ 713,34	11,9	214,2	232	R\$ -	R\$ 713,34	17,8
Jan.2018	R\$ 4,031	R\$ 725,58	11,9	214,2	117	R\$ 54,88	R\$ 670,70	0
Fev.2018	R\$ 3,990	R\$ 718,20	11,9	214,2	242	R\$ -	R\$ 718,20	27,8

Fonte: O autor, 2018.

Ao final do período analisado, o proprietário passou de um acúmulo de 3,7MWh para apenas 27kWh. Entende-se dessa forma, que além do benefício financeiro, o proprietário do SFCR utiliza sua energia com o maior benefício energético, não só contribuindo para sua saúde financeira, mas também, para utilização da energia de forma racional e sustentável, contribuindo com o meio ambiente. Nos meses de Fevereiro, Março e Abril de 2016, apesar do proprietário não possuir créditos acumulados para carregamento do seu VE, mesmo ele optando em carregar as baterias pagando pela tarifa atual da concessionária (0,69118/kWh), ao final destes meses, a economia com a substituição da gasolina pela eletricidade é da ordem de R\$ 490,00. Outro ponto importante a ser analisado é que hoje, o cenário para o proprietário é o ideal para utilizar um veículo elétrico nos próximos dois anos, pois seu crédito acumulado é bastante significativo (3,7MWh), contudo, é necessário verificar se sua energia total produzida para

o futuro, será suficiente para suprir tanto seu consumo residencial mensal como o carregamento das baterias do seu VE, pois sua média de produção mensal do SFCR é de 320kWh, ao passo que seu consumo residencial é de aproximadamente 270kWh/mês e a energia necessária para suprir sua necessidade mensal de locomoção é de 214kWh. Ou seja, o proprietário produz 320kWh mês contra um futuro consumo de 484kWh, ou seja, após os dois anos, o proprietário usará todos seus créditos acumulados e terá um déficit mensal de aproximadamente 164kWh/mês. Uma alternativa a ser analisada após o período de dois anos é o estudo de ampliação da potência instalada para seu atual SFCR ou mesmo, medidas de eficiência energética para diminuir seu consumo residencial e assim, ajustar seu equilíbrio energético futuro entre produção e consumo total (residencial somado à locomoção).

4 CONCLUSÃO

A partir da instalação do SFCR, o proprietário passou a contar com uma economia total de energia de R\$ 2.980,00 para o período total analisado – Fevereiro de 2016 a Fevereiro de 2018. O investimento na instalação do sistema como um todo foi de R\$ 17.000,00. Considerando um aumento de inflação de 6,22% ao ano e do aumento do custo da tarifa de energia de 8,13% para o mesmo período, o retorno do investimento do sistema ocorre somente depois de 14 anos. Contudo, há um acúmulo de créditos de mais de 3,7MWh para o período da análise. Créditos que expiram somente em 60 meses e que ficam atualmente, sem utilização. Importante ressaltar que os créditos expiram gradativamente e mês a mês após esse período, ou seja, caso o proprietário não utilize seus créditos e seu prazo expire, os primeiros créditos serão referentes aos acumulados no mês mais antigo após os 60 meses.

Como curiosidade, caso o proprietário pudesse vender toda energia acumulada no formato de créditos, pela mesma tarifa cobrada da concessionária, como é feito em países como a Alemanha, o ganho financeiro para o período analisado poderia ser acrescentado em R\$ 2.564,28, reduzindo o retorno do investimento para pouco mais de 7 anos, ou seja, mais de 50% de redução.

Por fim, constata-se que o carregamento do automóvel Renault Fluence Z.E é uma ótima alternativa em termos energéticos e econômicos para a locomoção do proprietário onde o SFCR está instalado. Utilizando a energia gerada pelo SFCR para carregar as baterias do automóvel no período noturno (durante 10h), é possível o proprietário se locomover durante toda sua necessidade diária de maneira muito mais rentável que o carro à combustão utilizado atualmente. O resultado da análise mostra que a economia em combustível anual com o uso do VE é de cerca de R\$ 7.300,00.

É importante salientar que o proprietário poderia fazer a mesma análise proposta para um PHEV e assim, aumentar a autonomia do veículo quando houver necessidade de percorrer maiores distâncias utilizando-se do motor a combustão do veículo híbrido para isso. O Renault Fluence Z.E. foi escolhido, principalmente, pela facilidade de dados obtidos do fabricante. O custo de aquisição do veículo elétrico não foi considerado nessa análise porque hoje, o proprietário utiliza um veículo à combustão de valor de mercado significativo. O objeto do estudo é para análise

nos resultados considerando a substituição de um veículo por outro.

Quando se faz a análise do retorno do investimento do mesmo SFCR, mas agora considerando parte da energia injetada para carregamento das baterias do veículo Renault Fluente Z.E, os resultados encontrados são realmente impressionantes. O proprietário passa a reduzir muito seu custo para locomoção. A economia passa de R\$ 1.490,00 ao ano para cerca de R\$ 8.763,75 no mesmo período. O retorno do investimento desse mesmo sistema cai para pouco mais de dois anos, uma redução de aproximadamente 700%. Ao iniciar a pesquisa, havia a hipótese de que o retorno do investimento do SFCR poderia ser bastante reduzido com a utilização dos créditos acumulados para carregamento das baterias de um VE, mas pode-se considerar o resultado surpreendente, além do inicialmente esperado.

Verifica-se também, não só um ganho econômico, mas também, um ganho energético significativo. Ao gerar a energia de maneira distribuída, o proprietário não só ajuda o governo, que deixa de ter custos significativos com geração e transmissão de energia, mas também o meio ambiente, por contar com uma tecnologia livre de carbono para locomoção (pois o veículo elétrico é carregado por fonte renovável e dessa forma, sua emissão é zero de carbono). Utilizando-se dessa substituição do combustível para locomoção, o proprietário contribui com a redução significativa de emissão de gases de efeito estufa, que contribuem para o aumento da temperatura do planeta. É certo que com essa prática, todos acabam sendo beneficiados.

Além disso, o proprietário, com o uso do VE, parece utilizar a energia gerada pelo seu sistema de maneira muito eficaz, pois seu acúmulo de créditos de quase 3,7MWh, passa a pouco mais de 27kWh ao final do período de análise. Não há mais, um acúmulo de créditos que atualmente, o proprietário não poderia utilizar.

Com base no exposto, verifica-se que os objetivos geral e específicos da proposta da monografia foram alcançados, pois além de apresentar os ganhos energéticos e econômicos de um SFCR instalado em Curitiba em 2016, foi possível comparar os resultados obtidos com este sistema quando os créditos acumulados são utilizados para carregar baterias de um VE a ser utilizado para locomoção do proprietário em substituição ao veículo a gasolina usado atualmente. Como os resultados alcançados são bastante expressivos, é fato que eles promoverão discussões acadêmicas a respeito e serão

disseminados tanto no meio acadêmico como para possíveis novos investidores, ajudando na promoção e desenvolvimento de novas alternativas energéticas sustentáveis ao país.

Como sugestão, o governo brasileiro poderia adotar práticas parecidas com as que o governo alemão adotou no início dos anos 90. A garantia de tarifas bastante interessantes em contratos fixos por 20 anos e a possibilidade da venda de toda energia gerada de fonte renovável, fez com que muitos investidores alemães fizessem uma verdadeira “corrida” para a geração renovável, o que acabou contribuindo muito para redução de emissão de carbono naquele país e um grande desenvolvimento das tecnologias relacionadas.

Infelizmente, o governo brasileiro é ainda, muito protecionista e conservador. A análise apresentada considera um valor monetário que pudesse ser “vendido” para a rede pelo mesmo valor “comprado” (o que não acontece na realidade brasileira). Quanto maior for o preço do litro dos combustíveis fósseis e maiores os investimentos e subsídios governamentais para adoção de práticas sugeridas pelo projeto apresentado nessa monografia, maior vai ser o movimento contínuo em direção à sustentabilidade.

Entende-se que análises como as apresentadas nesta monografia são cada vez mais importantes para a promoção do desenvolvimento no Brasil. Como a influência política é mais difícil de ser acessada, cabe a estudantes e pesquisadores, fomentarmos ganhos econômicos e ambientais para promover o uso de novas tecnologias pela iniciativa privada.

Uma sugestão para desenvolvimento de trabalhos futuros seriam pesquisas referentes a quanto o meio ambiente seria beneficiado com a utilização dos veículos elétricos isentos de geração carbônica frente aos veículos de motor a combustão no cenário brasileiro. Como a logística industrial no Brasil é movida principalmente por malha rodoviária, certamente o volume de gás carbônico gerado pela utilização de motores a combustíveis fósseis é muito grande. Com a substituição da frota rodoviária por veículos elétricos, a diminuição das toneladas de gás carbônico produzidas seriam virtuosas. A apresentação desse comparativo no Brasil e ganhos em relação ao impacto ambiental e possivelmente econômicos com a substituição, seriam novas formas de fomentar o uso dos motores elétricos e aplicação de novas tecnologias no Brasil .

Outra sugestão seria o estudo dos “ganhos econômicos” das concessionárias e do governo com o aumento da aplicação e utilização dessas novas tecnologias (carros elétricos e SFCR). A apresentação de um estudo que mostrasse um balanço entre as “perdas” dessas partes com o crescimento da utilização de SFCR associados ao uso de veículos elétricos e seus ganhos estimados, com base em pesquisas e informações de onde essas novas tecnologias e soluções já são largamente utilizados (países desenvolvidos), seria muito interessante. Seria mais uma vez, uma promoção à utilização dessas novas tecnologias.

REFERÊNCIAS

ABESCO. **Conservação de Energia**. Disponível em <<http://www.abesco.com.br/pt>>. Acesso em 21 Fev. 2018.

ANEEL. **Micro e Minigeração Distribuída Sistema de Compensação de Energia Elétrica**. Brasília, 2016. Segunda Edição.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012**. Brasília, 2012. Disponível em: <www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf> Acesso em 29 jan. 2018.

ANP. **Série Histórica Preço Combustíveis Fósseis, 2018**. Disponível em <<http://www.anp.gov.br/wwwanp/precos-e-defesa/234-precos/levantamento-de-precos/868-serie-historica-do-levantamento-de-precos-e-de-margens-de-comercializacao-de-combustiveis>> Acesso em 16.Fev.2018.

AUTO ESPORTE. **Renault divulga informações do sedã elétrico Fluence Z.E**. São Paulo, 2010. Disponível em <<http://g1.globo.com/carros/noticia/2010/04/renault-divulga-informacoes-do-seda-eletrico-fluence-ze.html>> Acesso em 12 Jan 2018.

BHATTI, A. R.; SALAM, Z. **Charging of Electric Vehicle with Constant Price using Photovoltaic Based Grid Connected System**. IEEE, 2016.p.268-273

COPEL. **NTC 905200: Acesso de micro e minigeração distribuída ao sistema da COPEL**. Curitiba, 2016. Disponível em: <[http://www.copel.com/hpcopel/root/ntcarquivos.nsf/E00A539C1F08DF2003257F69004DF8BC/\\$FILE/NTC%20905200%20Acesso%20de%20Micro%20e%20Minigera%C3%A7%C3%A3o%20Distribu%C3%ADa.pdf](http://www.copel.com/hpcopel/root/ntcarquivos.nsf/E00A539C1F08DF2003257F69004DF8BC/$FILE/NTC%20905200%20Acesso%20de%20Micro%20e%20Minigera%C3%A7%C3%A3o%20Distribu%C3%ADa.pdf)> Acesso em 18 mar. 2018.

COPEL. **Tarifa Convencional Subgrupo B1**, 2018. Disponível em <<http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2F5d546c6fdeabc9a1032571000064b22e%2Fe3a5cb971ca23bf503257488005939ba>>. Acesso em 20.Fev. 2018

DELGADO, F.; COSTA, J. E. G.; FEBRARO, J.; SILVA, T. B. **Carros Elétricos**. Rio de Janeiro: FGV Energia. 2017, Maio. Disponível em: <<http://fgvenergia.fgv.br/publicacao/caderno-de-carros-eletricos>>. Acesso em 03 abr. 2018

ELETROBRÁS. **Procel**, 2015. Disponível em <<https://www.eletronbras.com/ELB/data/Pages/LUMIS0389BBA8PTBRIE.htm>>. Acesso em 22. Mar. 2018.

ENVOLVERDE. **Carros Elétricos e Energia Solar**, 2017. Disponível em <<http://envolverde.cartacapital.com.br/carros-eletricos-e-energia-solar-impedira-o-crescimento-do-carvao-e-do-petroleo/>>2017. Acesso em 27. Fev. 2018.

GAZETA DO POVO. **Aumento Combustíveis Fósseis**, 2017. Disponível em <<https://g1.globo.com/pr/parana/noticia/aumento-dos-combustiveis-e-mais-alto-nas-distribuidoras-do-que-nos-postos-de-curitiba-aponta-anp.ghtml>>. Acesso em 11 jan. 2018

G1. **Economia**. 2017. Disponível em <<https://g1.globo.com/economia/noticia/preco-da-gasolina-nas-bombas-volta-a-subir-na-semana-segundo-anp.ghtml>> Acesso em 29 jan 2018.

IBGE. **Portal de Finanças**. 2018. Disponível em <http://www.portaldefinancas.com/ipca_ibge.htm> Acesso em 07 fev 2018.

INEE. **Eficiência Energética**, 2018. Disponível em <<http://www.inee.org.br/eficiencia>>. Acesso em 19 mar. 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Centro de Ciência para o Sistema Terrestre**. 2017. Disponível em:<<http://www.ccst.inpe.br/carros-eletricos-e-energia-solar-impedira-o-crescimento-do-carvao-e-do-petroleo>>. Acesso em 10 jan 2018.

MEUNIER, Nicolas. *La vérité sur la consommation des voitures électriques*. 2012. Disponível em <https://www.challenges.fr/automobile/dossiers/la-verite-sur-la-consommation-des-voitures-electriques_2623> Acesso em 20 fev 2018.

RENAULT. **Ficha Técnica Renault Elétricos**. 2016. Disponível em <http://www.imprensa.renault.com.br/upload/produto/ficha-tecnica/fluence-ze_2016-02-05_9-36-40.pdf> Acesso em 04 Abr 2018.

SILVA, J.; TONIN, F.; URBANETZ, J. **Veículos elétricos e a geração distribuída a partir de sistemas fotovoltaicos**. Smart Energy, Conferência Internacional de Energias Inteligentes. 2016. Smart Energy. Curitiba, 2016.

TECPAR. **Portal Solar**, 2017. Disponível em <<https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/energia-solar/curitiba-apresenta-boas-condicoes-para-energia-solar.html>>. Acesso em 09 jan 2018.

TONIN, Fabianna Stumpf. **Caracterização de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica, na cidade de Curitiba**. 2017. 131 f. Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Energia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2017.

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ. **Normas para elaboração de trabalhos acadêmicos**. Comissão de Normalização de Trabalhos Acadêmicos. Curitiba: UTFPR, 2008