

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

Vinícius Nascimento de Oliveira Pezerico

**ESTUDO COMPARATIVO PARA CARREGAMENTO DE CARROS
ELÉTRICOS ATRAVÉS DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E ANÁLISE
ECONÔMICA**

Santa Maria, RS, Brasil
2020

Vinícius Nascimento de Oliveira Pezerico

ESTUDO COMPARATIVO PARA CARREGAMENTO DE CARROS ELÉTRICOS ATRAVÉS DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E ANÁLISE ECONÔMICA

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Elétrica, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em **Engenharia Elétrica**.

Orientador: Prof. Dr. Maurício Sperandio

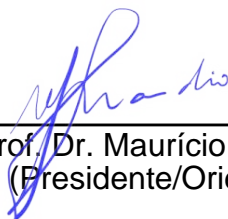
Santa Maria, RS
2020

PÁGINA PARA REGISTRO DA BIBLIOTECA DA UFSM

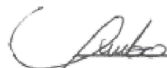
ESTUDO DE CASO COMPARATIVO PARA CARREGAMENTO DE CARROS ELÉTRICOS E ANÁLISE ECONÔMICA

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Elétrica, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel **em Engenharia Elétrica**

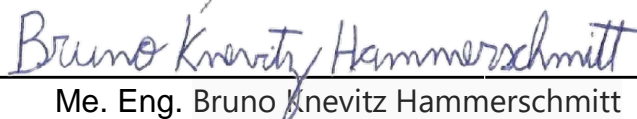
Aprovado em 16 de dezembro de 2020.



Prof. Dr. Maurício Sperandio
(Presidente/Orientador)



Me. Eng. Gustavo de Lazari



Me. Eng. Bruno Knevez Hammerschmitt

Santa Maria, RS
2020

DEDICATÓRIA

*Dedico esta conquista a quem esteve comigo, me apoiando sempre,
pessoas essenciais para eu seguir sempre em frente!*

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Maurício por aceitar ser meu orientador, pela disponibilidade para atender minhas dúvidas;

Aos meus pais Ademir e Eroni, que fizeram esse belo e modesto ser, e deram início a tudo e a minha irmã Daniele, por fazer parte desse sonho. Vocês são minha base!

A minha namorada Laura, por me apoiar e estar ao meu lado. Amo-a muito!

A todos os familiares que de alguma forma torceram por mim...

Aos meus amigos/irmãos de Santa Maria, pela parceria e agradável convivência.

À Universidade Federal de Santa Maria pela oportunidade de um ensino gratuito e de qualidade!

Obrigado a todos!

RESUMO

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE TRÊS METODOLOGIAS PARA CARREGAMENTO DE CARROS ELÉTRICOS ATRAVÉS DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E ANÁLISE ECONÔMICA

AUTOR: Vinícius Nascimento de Oliveira Pezerico
ORIENTADOR: Prof. Dr. Mauricio Sperandio

Atualmente vivemos grandes mudanças, tanto em termos de tecnologia, economia e principalmente sustentabilidade, o que justifica estudos sobre o desenvolvimento de novas estratégias de aumento de eficiência energética. Assim, a partir de tecnologias limpas de geração residencial, como o sistema fotovoltaico e de consumo, e o surgimento dos veículos elétricos, este estudo tem como objetivo demonstrar possibilidades de aplicações desses conceitos para o aumento de eficiência energética de uma casa inteligente. A partir da ampliação da *smart grid*, a busca do consumidor por meio da resposta de demanda residencial através da utilização do veículo elétrico, não só como meio de locomoção, mas como fonte de energia. A partir de um estudo de caso, são verificadas diferentes técnicas de manejo do procedimento de carregamento do veículo mostradas pela literatura, para compreendermos qual a mais eficaz em termos de economia. Sendo assim, através da simulação de um modelo elétrico de carro e geração distribuída, possibilita-se estabelecer a capacidade econômica de abastecimento energético da energia para a residência e um carro elétrico, nos momentos em que a compra de energia oriundas da concessionária tem valor superior pode aproveitar da energia sobressalente na bateria do veículo elétrico, acatando os limites de preservação da sua vida útil. Frente a isso, pretende -se buscar uma resposta que diminua os impactos de consumo causados pela inserção da nova carga à rede, resultando em uma reformulação da curva de consumo residencial. Contando com a geração distribuída, buscou-se respostas de demanda mais efetiva, reduzindo o consumo de energia da rede ao utilizar a geração de compensação.

Palavras-chave: Carros Elétricos. Geração Distribuída. Sistema Fotovoltaico. Sustentabilidade.

ABSTRACT

COMPARATIVE STUDY BETWEEN THREE METHODOLOGIES FOR CHARGING ELECTRIC CARS THROUGH DISTRIBUTED GENERATION AND ECONOMIC ANALYSIS

AUTHOR: Vinícius Nascimento de Oliveira Pezerico
AUDVISOR: Prof. Dr. Mauricio Sperandio

We are currently experiencing great changes, both in terms of technology, economics and mainly sustainability, which justifies studies on the development of new strategies for increasing energy efficiency. Thus, based on clean technologies of residential generation, such as the photovoltaic and consumer system, and the emergence of electric vehicles, this study aims to demonstrate possibilities of applications of these concepts to increase the energy efficiency of a smart home. From the expansion of the smart grid, the search for the consumer through the response of residential demand through the use of the electric vehicle, not only as a means of transportation, but as a source of energy. From a case study, different techniques for handling the vehicle loading procedure shown in the literature are verified, in order to understand which is the most effective in terms of economy. Thus, through the simulation of an electric car model and distributed generation, it is possible to establish the economic capacity for energy supply of energy for the home and an electric car, at times when the purchase of energy from the concessionaire has a higher value you can take advantage of the spare energy in the battery of the electric vehicle, respecting the limits of preservation of its useful life. In view of this, we intend to seek an answer that will reduce the consumption impacts caused by the insertion of the new load into the network, resulting in a reformulation of the residential consumption curve. Counting on distributed generation, we sought more effective demand responses, reducing the energy consumption of the grid when using compensation generation.

Keywords: Electric Cars. Distributed generation. Photovoltaic system. Sustainability.

LISTA DE ABREVIATURAS

Ah- Ampére-hora
ANEEL- Agência Nacional de Energia Elétrica
BNDES- Banco Nacional do Desenvolvimento
BT- Baixa tensão
CA- Corrente Alternada
CC -Corrente contínua
CO- Monóxido de Carbono
CO2- Dióxido de Carbono
COFINS- Contribuição para Financiamento da Seguridade Social
CONFAZ- Conselho Nacional de Política Fazendária
DEMEI- Departamento Municipal de Energia de Ijuí
EPE- Empresa de Pesquisa Energética
EREV- *Extended Range Electric Vehicle*
FINEP- Financiadora de Estudos e Projetos
GD- Geração Distribuída
H2V- Home-to-Vehicle
HC Hidrocarbonetos
HEMS *House Energy Management System*
ICMS Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
kW kilo-Watt
LCO óxido de lítio-cobalto
LFP fosfato de ferro-lítio
LMO lítio-manganês spinel
LTO titanato de lítio
MP Material Particulado
NCA lítio-níquel-cobalto-alumínio
NMC lítio-níquel-manganês-cobalto
NOx Óxidos de Nitrogênio
PIS/PASEP Programa de Integração Social e de Formação do Patrimônio do Servidor Público
SEP Sistema Elétrico de Potência
SOC *State Of Charge*

SOH- *State of Health*

SOx- Óxidos de Enxofre

V2G- *Vehicle-to-Grid*

V2H - *Vehicle-to-Home*

V2V - *Vehicle-to-Vehicle*

VE- Veículo Elétrico

VCI- Veículo de combustão interna

Wh- Watt-hora

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Consumo de carga dos veículos elétricos.	24
Tabela 2: Estudos com o Nissan Leaf (Lazari(2019).....	25
Tabela 3: Manual do veículo <i>Nissan Leaf</i> (6.6kW, 40 kWh)	46
Tabela 3: Comparativo de resultados entre cenários 1, 2 e 3.....	77

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Série Histórica do Consumo Total de Energia Elétrica no Brasil e previsão de demanda do período de 2020-2050	18
Figura 3– Nissan Leaf.	26
Figura 3- Utilização energética residencial nacional	33
Figura 4: Possíveis conexões entre VE e rede.....	35
Figura 5: Perfil de carga diário.....	36
Figura 6 - Comparativo entre a Tarifa Branca e a Tarifa Convencional	38
Figura 7: Tarifa Branca – Períodos.....	40
Figura 8: Valores dos Postos tarifários.	41
Figura 9: Equação de valores com impostos.....	42
Figura 10: Mapa da cidade	43
Figura 11-Residência analisada	43
Figura 12-Planta baixa da Residência	44
Figura 13: Curva de Carga Residencial	45
Figura 14: <i>Plugin</i>	46
Figura 15: Ev 30km/dia	47
Figura 16: EV 150km/dia	48
Figura 17. Painel Fotovoltaico	50
Figura 18. Inversor (<i>Schneider Conext SW2524</i>)	51
Figura 19: Bateria estacionária.....	51
Figura 20: Nova curva de carga (500kWh)	52
Figura 21: Caso 1 – 30km/dia (<i>HomerGrid</i>)	53
Figura 22: Caso 2 – 150km/dia (<i>HomerGrid</i>)	53
Figura 23: Caso 1 – 30 km/dia (<i>HomerGrid</i>).....	54
Figura 24: Caso 2 – 150km/dia (<i>HomerGrid</i>)	54
Figura 25: Caso 1 – 30 km/dia (<i>HomerGrid</i>)	55
Figura 26: Caso 2 – 150 km/dia (<i>HomerGrid</i>).....	55
Figura 27: Resumo - 30km/dia	56
Figura 28: Custos Sumarizados - 30km/dia.....	56
Figura29: Produção de Energia – 30km/dia	57
Figura 30: Fatura de Energia elétrica mensal - 30km/dia	57
Figura 31: Dia qualquer - 30km/dia	57

Figura 32: Resultados preliminares - 150 km/dia	58
Figura 33: Custos sumarizados - 150 km/dia	58
Figura 34: Produção de Energia Elétrica – 150 km/dia	59
Figura 35: Fatura de energia elétrica mensal – 150 km/dia.....	59
Figura 36: Dia Qualquer – 150 km/dia.....	60
Figura 37: Resumo – 30km/dia	61
Figura 38: Resultados sumarizados – 30km/dia.....	61
Figura 39: Comparação econômica – 30km/dia.....	62
Figura 40: Produção de Energia – 30km/dia	62
Figura 41: Operação do SFV.....	63
Figura 42: Fatura de Energia Anual – 30km/dia.....	63
Figura 43: Dia Qualquer – 30km/dia.....	64
Figura 44: Resumo dos resultados – 150km/dia	65
Figura 45: Resultados sumarizados - 150km/dia	66
Figura 46: Comparação – 150km/dia	67
Figura 47: Produção de Energia – 150km/dia	68
Figura 48: Operação do SFV – 150km/dia	68
Figura 49: Fatura de Energia – 150km/dia	68
Figura 50: Dia qualquer – 150km/dia	68
Figura 51: Resumo dos resultados – 30km/dia	69
Figura 52: Resultados sumarizados – 30km/dia.....	70
Figura 53: Comparação – 150km/dia	71
Figura 54. Produção de Energia – 30km/dia	71
Figura55: Operação da bateria – 30km/dia	71
Figura 56: Operação do SFV.....	71
Figura 57: Fatura de Energia – 30km/dia	72
Figura 58: Dia qualquer – 30km/dia	72
Figura 59: Resumo dos resultados – 150 km/dia	72
Figura 60: Resultados sumarizados – 150 km/dia.....	73
Figura 61: Comparativo – 150km/dia	74
Figura 62: Produção de Energia – 150km/dia	74
Figura 63: Bateria – 150km/dia	75
Figura 64: Operação do SFV – 150km/dia	75
Figura 65: Fatura de Energia – 150km/dia	75

Figura 66: Dia qualquer – Cenário 3 (150km/dia) 77

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
1.1. Objetivos.....	19
1.1.1. Objetivo Geral	19
1.1.2. Objetivos Específicos	19
1.2 Justificativa.....	19
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
2.1 Carros elétricos.....	21
2.1.1 História do Veículo Elétrico	21
2.1.2 Transição para a eco-mobilidade	21
2.1.3 Características do Veículo Elétrico	21
2.1.4 Fluxo de energia na rede	22
2.1.5 Potencial de área	25
3 GERAÇÃO DISTRIBUÍDA	27
3.1 Contexto histórico de geração distribuída.....	27
3.2 Sistemas Fotovoltaicos.....	27
3.2 Contexto histórico de SFV no Brasil.....	28
3.4 Radiação solar.....	29
3.5 Incidência Solar no município de Cruz Alta-RS.....	30
3.6 Integração entre veículo elétrico e <i>smart grid</i>	32
4 MÉTODO DE PESQUISA	39
4.1 Discussões.....	40
4.1.1 Tarifa Branca	40
4.1.2 Definição de local para realização do trabalho	42
4.1.3 Dados da Curva típica de Carga Residencial	43
4.1.4 Coleta de Dados do Veículo Elétrico	46
4.1.5 Consumo do VE	46
4.1.6 Coleta de Dados para SFV	48
4.1.7 Dados de temperatura	48
4.1.8 Dados de radiação solar	48
4.2 Dimensionamento de sistema FV em três cenários.....	49
4.3 Cenários para Simulação.....	51

4.3.1- Cenário 1: Análise de viabilidade econômica de uma <i>smart home</i> com veículo elétrico (como carga) conectado a rede sem geração distribuída. (Só carga).....	53
4.3.1.1. Utilização do veículo elétrico para locomoção básica semanal (=~30km/dia)	53
4.3.1.2- Utilização do veículo elétrico como ferramenta de trabalho (=~150km/dia).....	53
4.3.2 Cenário 2: Análise de viabilidade econômica de uma <i>smart home</i> com veículo elétrico conectado à rede e com geração distribuída. (s/ V2G) 54	54
4.3.3 Análise de viabilidade econômica de uma <i>smart home</i> com veículo elétrico (V2G) com geração distribuída	54
5. ANÁLISE DOS RESULTADOS	56
5.1 Cenário 1: Análise de viabilidade econômica de uma <i>smart home</i> com veículo elétrico (como carga) conectado à rede sem geração distribuída. (Só carga) 56	56
5.1.1 30km/dia	56
5.1.2 150km/dia	57
5.2 Cenário 2 - Análise de viabilidade econômica de uma <i>smart home</i> com GD On Grid e veículo elétrico como carga	58
5.2.1 Caso 1 - 30km/dia	58
5.2.2 Caso 2 - 150km/dia	65
5.3. Cenário 3 - Análise de viabilidade econômica de uma <i>smart home</i> com GD On Grid e veículo elétrico como carga	68
5.3.1 Caso 1 - 30km/dia	68
5.3.2 Caso 2 - 150km/dia	71
CONCLUSÃO.	77
REFERÊNCIAS.....	79

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, no mundo globalizado, a tecnologia é a grande aliada do ser humano. Todos os dias são desenvolvidas novas inovações que facilitam e maximizam o tempo das pessoas. Em todos os setores industriais novos inventos são criados. No meio automotivo não é diferente, pois este é um dos setores que mais inova.

A indústria automotiva aponta os veículos elétricos como uma oportunidade real no segmento automotivo no Brasil, que além de se preocupar com a questão ambiental, e a diminuição da dependência do petróleo e seus derivados e redução de impactos ambientais, especialmente em relação à emissão de gases do efeito estufa (GEE).

No que se refere ao usuário, o interesse pela aquisição de tais veículos é baseado em fatores, tais como potencial de economia por meio da produção mais eficiente de baterias, assim como a redução de custos com combustível e pela praticidade de carregamento. Já no que se refere ao ponto de vista social, agrega a tríade da sustentabilidade, onde cada vez mais existe a preocupação com o meio ambiente, economicamente viável e socialmente correto.

Sabe-se que o sistema de produção de energia elétrica no Brasil, sempre foi alvo de debates e críticas pois, a partir da crescente urbanização, nos anos 1940, durante o Estado Novo de Vargas e 1950, no governo de Juscelino Kubitschek a necessidade de uma rediscussão da matriz energética começou a ser repensada (CORSI, 2007).

Sabe-se que as maiores fabricantes de veículos no mundo já perceberam que esse cenário energético renovável amplia o potencial do Brasil quanto aos carros elétricos. Em vista disso, esses veículos dominaram a pauta de lançamentos do Salão do Automóvel de 2018. E isso é considerado pelas próprias montadoras.

Portanto, entende-se que se deve aproveitar os recursos naturais disponíveis e abundantes, como a energia solar, assim como exercer a profissão de engenheiros de modo a proporcionar tecnologia e conforto aos usuários, que este projeto visa realizar um comparativo entre três metodologias para carregamento de carros elétricos através de geração distribuída.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo Geral

Realizar um comparativo de metodologias para consumo de uma *smart home* em conjunto com carregamento de um veículo elétricos através de geração distribuída e analisar economicamente estes métodos.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Analisar a viabilidade de aplicação dos métodos de carregamento para carros elétricos;
- Averiguar economicamente diferentes sistemas;
- Definir qual a tipologia mais vantajosa.

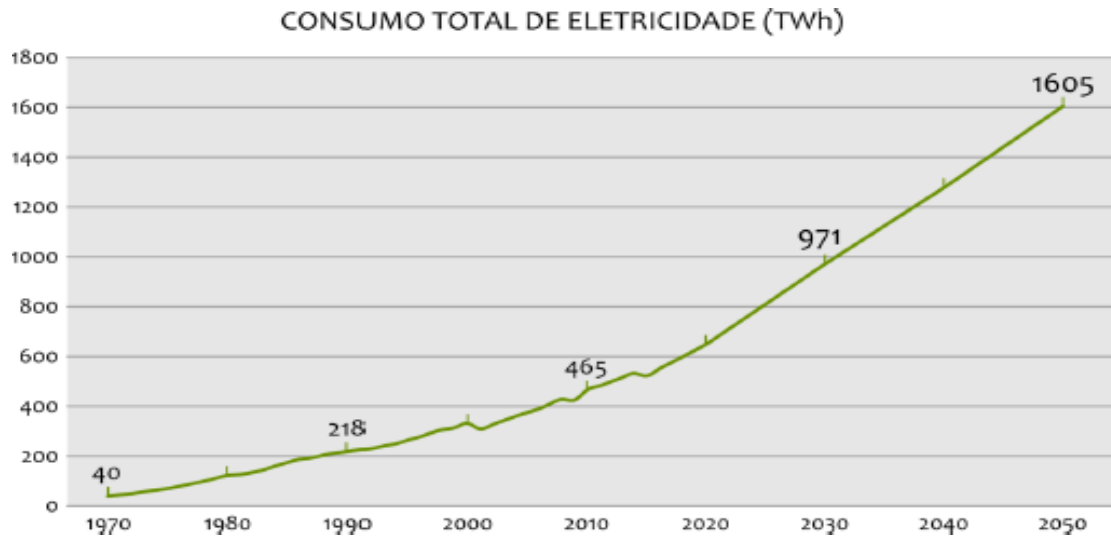
1.2 Justificativa

Para o Atlas Brasileiro de Energia Solar (2017), o conceito de desenvolvimento sustentável, é proveniente de um processo de avaliação e reavaliação das relações entre a sociedade e o meio ambiente e, por se tratar de um processo contínuo, várias abordagens que foram elaboradas sofreram alterações gradativas com o tempo, buscando equilibrar questões ambientais, econômicas e sociais.

Assim, o desafio é a utilização, através de meios passivos e naturais para atingir a zona de conforto e bem-estar do usuário. Para Costa (2012) pode-se afirmar que, na maior parte do Brasil, o condicionamento térmico das edificações por meios puramente naturais é perfeitamente possível, no entanto ainda estamos carentes nesta área e precisamos evoluir muito no sentido de nos precavermos para o futuro, visto que com a globalização o consumo de energia tende a ser muito maior nas próximas décadas.

É notório que o consumo de energia elétrica cresce consideravelmente e a tendência para as próximas décadas é ainda mais elevada (Figura 1). Evidencia-se, portanto, o importante papel que a energia solar pode desempenhar na economia de energia elétrica para sistemas complementares de conforto ambiental, tanto de resfriamento, quanto para aquecimento.

Figura 1- Série Histórica do Consumo Total de Energia Elétrica no Brasil e previsão de demanda do período de 2020-2050.



Fonte: (PEREIRA ET. AL., 2017, P. 14)

O território brasileiro apresenta abundantes recursos energético solar. Seu aproveitamento consiste na conversão da radiação solar em energia térmica, potencializando esta capacidade através de sistemas solares dos mais variados tipos. De acordo com a NBR 15220-3 o território brasileiro divide-se em oito zonas bioclimáticas e para cada uma são propostas estratégias de projeto para atingir o conforto térmico.

A cidade de Cruz Alta, situada na Zona Bioclimática 2, propõe como principal solução para o caso de inverno, o uso de aquecimento solar passivo da edificação e o aproveitamento da inércia térmica dos materiais construtivos.

E assim, esta pesquisa se justifica, por ter-se a consciência do problemático cenário da energia elétrica no país, das necessidades de atitudes e novas tecnologias sustentáveis, pela pouca existência de estudos referentes a este tipo de sistema solar passivo em âmbito nacional, pela abundante fonte de energia térmica disponível e pelo direito de toda e qualquer pessoa ter qualidade de vida, que idealiza-se, constrói-se e analisa-se um sistema solar passivo para aquecimento de ar através de ganho isolado de calor, com as premissas de

contribuir com a sustentabilidade, além da questão econômica e da vantagem de um carro movido a eletricidade.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este Capítulo será dividido em duas grandes subseções e delineará a fundamentação teórica da pesquisa, abordando primeiramente os veículos elétricos, seu histórico, a transição para a eco-mobilidade, as suas características, como consumo, carregamento e armazenamento de bateria. Na sequência haverá uma fundamentação teórica a respeito de geração distribuída e seu contexto histórico, sistemas fotovoltaicos, incidência solar no município em estudo e Integração entre veículo elétrico e *smart grid*.

2.1 Carros elétricos

2.1.1 História do Veículo Elétrico

A história dos VEs iniciou há quase dois séculos. Em 1827, o eslovaco-húngaro *Ányos Jedlik* construiu o primeiro motor elétrico com estator, rotor e comutador que no ano seguinte foi usado para alimentar o primeiro protótipo de VE. O seu auge, no entanto, aconteceu apenas no início do século 20.

A década de 1930 marcou o período de extinção dos VEs. Impulsionado pela disponibilidade alta e preço reduzido dos combustíveis fósseis, os veículos com motores a combustão interna tomaram conta do mercado automobilístico e nunca mais saíram dele (GUARNIERI, 2012). No final da década de 1990, Japão e Estados Unidos voltaram com a produção de VEs de maneira comedida e experimental. O século 21 caracterizou-se pelo novo comprometimento com a eletromobilidade. Com a elevação dos preços do petróleo, novas políticas de emissão de poluentes em alguns países, e principalmente com a diminuição do preço das baterias, os VEs voltaram ao mercado (FGV, 2017).

2.1.2 Transição para a eco-mobilidade

Nas últimas décadas, todo o setor empresarial, e mesmo a sociedade em geral, temos notícias de que carros elétricos são modelos de emissão zero, possuem menor impacto ambiental do que um a combustível fóssil, que

possivelmente serão o futuro contra a energia suja e uma infinidade de vantagens que tais veículos apresentam.

Sabe-se que em países desenvolvidos, em especial EUA e no continente Europeu, a questão ambiental recebe maior destaque no debate sobre as tecnologias de veículos movidos a eletricidade, visto que não há grande diferença de preços em relação a modelos com motores de combustão interna.

Já no Brasil, por questões culturais e econômicas, a questão ambiental, embora tenha recebido alguns avanços nos últimos tempos, ainda apresenta um grande atraso com relação a outros países. Mesmo assim, os carros elétricos despontam como fator de economia financeira com combustível e impostos.

No que se refere a questão ambiental, ainda segundo a revista educação automotiva (2016), tende-se a acreditar que veículos híbridos e elétricos poluem menos devido ao menor uso de combustíveis e, conseqüentemente, menores emissões de gases poluentes durante sua operação. A redução nas emissões de gás carbônico se mostra como um benefício incontestável. Porém, uma análise mais abrangente se mostra obrigatória para descobrir se veículos elétricos têm menor impacto ambiental de fato. Ou se o que sabemos se trata apenas de propaganda enganosa.

De acordo com Fraia (2011), está ocorrendo uma maior atenção à poluição ambiental e preocupação com o esgotamento do petróleo reservas aumentaram o interesse em carros elétricos e híbridos tão viáveis alternativas aos automóveis movidos a gasolina. Ainda de acordo com a autora, programas de P&D copiosamente apoiados em muitos países são notavelmente visando o desenvolvimento de gerenciamento avançado sistemas, motores de alta eficiência, e baterias inovadoras com alta densidades de energia, ambos os recarregáveis células de combustível.

Conforme Amsterchem (2016), A introdução e a adoção em larga escala de veículos elétricos significa uma grande transição no atual sistema de transporte. Essa transição em um complexo sistema técnico-social exige mudanças sistêmicas, e todos os componentes do sistema de transporte estão envolvidos: veículos de transporte, infraestrutura e usuários. Isso pode ser facilitado pela governança proativa do sistema de transporte, e o planejamento estratégico de transporte pode ser usado para permitir, acelerar e orientar as mudanças incrementais que levam à transição final.

Segundo Feldman (2018), a través da evolução desses conceitos, ocorre uma maior eficiência e flexibilidade da utilização da tecnologia dos veículos elétricos que irão se fazer presentes no mercado automobilístico, não sendo empregados exclusivamente no transporte, mas também os tornando um atrativo tecnológico mais rentável visando a melhor eficiência energética em um ambiente residencial sustentável. O autor acrescenta ainda que a estruturação de uma *smart grid* com a presença dessa tecnologia no emprego desses conceitos visa uma sustentabilidade aliada a efetividade no controle e na utilização da rede de uma forma harmoniosa.

2.1.3 Características do Veículo Elétrico

Como já mencionado anteriormente, os carros elétricos são denominados veículos de zero emissão por não serem poluentes, ou seja, não emitem quaisquer gases nocivos ou ruídos consideráveis, pois os motores elétricos são mais silenciosos que os motores de combustão. Os veículos elétricos são divididos em vários tipos e nem sempre são 100% elétricos (GUIMARÃES, 2018).

A tecnologia do veículo elétrico ou subconjunto dessa tecnologia ainda é algo novo, portanto, ainda pode encontrar alguma resistência por parte de algumas pessoas, ou mesmo de empresas que provavelmente perderão na comercialização de combustíveis. É difícil mudar o sistema de consumo da frota local, o lado econômico desta questão tem vários aspectos.

De acordo com Moreira (2013), a eficiência de um VE é muito maior que a de um veículo convencional. Enquanto os veículos de combustão interna possuem eficiência em média de 15%, os VE alcançam os 75% de eficiência. Para Boturra (1989), além de vantagens de bem-estar da população e vantagens técnicas, esses fatores comentados acima devem servir de alicerce para a implementação definitiva desse meio de transporte.

2.1.4 Fluxo de energia na rede

O fluxo de energia na rede fornece algumas informações importantes para determinar critérios. A carga da grade no horário de pico e no tempo de

inatividade e responsabilidade, confiabilidade e capacidade da infraestrutura da rede podem ser reconhecido pelo relatório de fluxo de energia da rede, criado pelo menos tempo, como no ano passado (BRASIL, 2014).

Por outro lado, conforme Brondani (2012), o desenvolvimento das fontes de energia renovável (FER) em todo o mundo têm o mesmo problemas para fornecer energia com alta qualidade, como as que são mencionados na grade sem FER e EVs. Ambas as grades (com e sem FER) precisam de armazenamento de energia para resolver alguns problemas como como flutuações de tensão e frequência e benefícios da eletricidade veículo está jogando armazenamento temporário de energia para a rede, GEE eficiência de emissão e consumo são vantagens para questão ambiental.

Portanto, para Brondani (2012), a grade pode ser cobrada por suporte e descarga no ciclo de energia e sever condição (SOC (State Of Carga) menor que 20), por exemplo, transformadores de potência deve ser uma escolha cuidadosa para EVs de resposta e alguns EVs funções como Veículo a Grade (V2G). Em cidades com BEV, existiam EVs no mundo e especificação de eles devem ser estimados pelas necessidades de participação de mercado de Ancara. Alguns Especificação BEV fornecida na tabela I .

Hoje, o custo dos EVs é adequado do que atrás e é coberto individualmente os fatores potenciais da área, como poder de compra, mas o custo dos BEVs é de baixo ou médio fator. MPG (milha por galão), EPA (U.S. Environmental Protection Protection) e alguns fatores de eficiência semelhantes são os pontos fortes dos BEVs, por exemplo, MPG de BEVs mudam entre 72 e 136 e essa taxa foi assumida em torno de 52 em carros (Honda Insight), que é trabalhado com combustível fóssil (REVISTA QUATRO RODAS, 2019).

Tabela 1- Consumo de carga dos veículos elétricos

TABLE I. SOME BEV AND PHEV SPECIFICATION [13, 14]

Vehicle Model	Battery Capacity kWh	Charger Power*	Class	Total Range	kWh/100mi gal/100mi	MPG Combined city/highway	Price USD ^b
2019 Hyundai Ioniq Electric	28.0	6.60 kW	C	200 km	25	136	~ 29,500
2018 Tesla Model 3 Long Range	74.0	11.5 kW	D	496 km	26	130	~ 44,000
2019 Hyundai Kona Electric	64.0	7.20 kW	B	415 km	28	120	~ 40,000
2019 Volkswagen e-Golf	35.8	7.20 kW	C	200 km	28	119	~ 32,000
2018 BMW i3 (120Ah)	33.0	7.4 ~ 22 kW	C	260 km	29	118	~ 43,000
2019 Chevrolet Bolt EV	60.0	7.20 kW	C	383 km	28	119	~ 37,000
2018 Honda Clarity EV	25.5	6.60 kW	D	143 km	30	114	~ 38,000
2018 BMW i3s (120Ah)	33.0	7.4 ~ 22 kW	C	120 km	30	112	~ 47,650
2019 AUDI e-tron	95.0	7.0 ~ 150 kW	C	Unannounced	Unannounced	Unannounced	~ 74,800
2019 Nissan Leaf	40.0	6.60 kW	B	241 km	30	112	~ 36,000
2018 Fiat 500e	24.0	6.60 kW	B	135 km	30	112	~ 35,000
2018 smart fortwo electric drive coupe	17.6	7.00 kW	2 Seater	093 km	31	108	~ 26,640
2019 Kia Soul Electric	30.0	6.60 kW	B	177 km	31	108	~ 34,000
2018 Ford Focus Electric	33.5	6.60 kW	C	185 km	31	107	~ 29,000
2018 smart fortwo electric drive convertible	17.6	7.00 kW	2 Seater	92 km	33	102	~ 29,000
2018 Tesla Model S 100D	100.0	7.00 kW	E	536 km	33	102	~ 94,000
2018 Tesla Model X 75D	75.0	7.00 kW	E	380 km	36	93	~ 79,500
PEUGEOT iON	14.5	3.60 kW	A	95 km	Unannounced	Unannounced	~ 23,845
2018 BYD e6	61.4	30 kW AC in 2h / 19.2kW SAE Level 2 AC charging 8-9h	B	300 km	47	072	~ 45,000

Plus-in Hybrid Car

Fonte: Revista 4 rodas(nov/2019).

2.1.5 Potencial de área

O potencial da área é um dos fatores importantes para a energia fornecedores e clientes. Este fator e suas sub-coleções mudanças em algumas áreas, mas elas foram limitadas em algumas categoria ou padrões. Eles facilitam ao cliente selecionar EV e fornecedor de energia adequados para criar um plano preciso para injetar energia de alta qualidade (CASTRO, B. H. R. d., BARROS, D. C., VEIGA, S. G, 2013).

Os mesmos autores, salientam que os clientes esperam cobrança rápida, mais poder de dirigir e baixo custo e impostos, em contrapartida do problema, os fornecedores esperam mais armazenamento temporário de energia e injeção EV balanceada na rede. Ambos no Os antecedentes da questão precisam de alto poder de compra da localização de pessoas e infraestrutura elétrica de alta potência.

O modelo de veículo elétrico adotado para as simulações trata-se do Nissan Leaf. Além de ser um dos veículos elétricos mais vendidos do mundo o Nissan Leaf é amplamente usado em pesquisas que relacionam a mobilidade elétrica com o modo V2G, presente nesse estudo.

A Tabela abaixo apresenta alguns estudos e uma breve descrição que o relacionam com o estudo, que podemos citar como exemplo a dissertação de mestrado elaborada por Lazzari (2019).

Tabela 2- Estudos com o Nissan Leaf (Lazari(2019)).

Estudo	Descrição	Autores
<i>Impact of Building Loads on Cost Optimization Strategy for a Plug-in Electric Vehicle Operation</i>	VE Nissan Leaf usado no modo V2G reduziu em até 23,5% os custos com eletricidade em pequenos prédios.	YUSUF; ULA (2019)
<i>Design and Assessment of an Electric Vehicle Powertrain Model Based on Real-World Driving and Charging Cycles</i>	VE Nissan Leaf utilizado para analisar o impacto do comportamento mecânico (velocidade, aceleração) com SOC e gestão de energia para o modo V2G.	DU et al (2019)
<i>V2G Parking Lot With PV Rooftop for Capacity Enhancement of a Distribution System</i>	Estacionamentos com geração fotovoltaica utilizando as baterias do VE Nissan Leaf para o modo V2G.	CHUKWU; MAHAJAN (2014)
<i>A Statistical Analysis of EV Charging Behavior in the UK</i>	Impacto e comportamento da inserção de 221 Nissan Leaf em uma rede elétrica no Reino Unido.	QUIRÓS-TORTÓS; OCHOA; LEES (2016)

Fonte: LAZARI (2019).

Além de uma bateria de 40 kWh e demanda em seu carregamento 6,6kW/h, gerando uma autonomia de 241 km. O Nissan Leaf 2019 possui *wallbox* com carregamento programado, O *wallbox* é um carregador de parede que pode

ser instalado em qualquer lugar. Com o carregador programado é possível escolher um horário para iniciar o carregamento (NISSAN, 2019). A figura apresenta o veículo e seu painel de carregamento (REVISTA CARRO, 2019).

Figura 3– Nissan Leaf



Fonte: Revista Carros (2019).

3 GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

3.1 Contexto histórico de geração distribuída

É necessário agrupar uma análise de dados referentes à irradiação solar para obter um melhor aproveitamento do sistema de geração fotovoltaica. Através de orientações e angulações diferentes, um painel fotovoltaico pode aumentar seu rendimento consideravelmente, além da análise da área em que o mesmo será instalado.

3.2 Sistemas Fotovoltaicos

Sistemas fotovoltaicos usam inversores de tensão chaveados para o condicionamento e sincronismo da saída do arranjo fotovoltaico com a rede de energia elétrica. O controle exerce duas funções principais, rastrear o ponto de operação de máxima potência (MPPT) do arranjo fotovoltaico e injetar uma corrente senoidal na rede, com fator de potência próximo ao unitário. São três as topologias de inversores conectados à rede elétrica (CARRASCO, 2006).

O sistema fotovoltaico é baseado na utilização de painéis fotossensíveis que são capazes de transformar a energia dos raios do sol em corrente elétrica (corrente contínua). A potência gerada é enviada para o inversor que é o equipamento responsável pela conversão da energia para os padrões da rede da concessionária (corrente alternada). Posteriormente, a energia é injetada na rede elétrica da residência e já poderá ser utilizada pelo consumidor. (SAUSEN, 2016).

Na compensação a unidade consumidora injeta energia na rede para compra posterior, para essa função o sistema de microgeração fotovoltaica possui inversores de frequência. De acordo com Soares (2014), os inversores de frequência são os responsáveis pela transformação da corrente contínua fornecida pelas placas fotovoltaicas em corrente alternada, na frequência da rede (60Hz). Assim, o autor acrescenta que é através desse inversor que a rede de distribuição da concessionária de energia é conectada com o sistema de geração.

Para o caso estudado aqui (pequenos sistemas de microgeração fotovoltaica), as distribuidoras permitem que o próprio inversor seja o responsável pelo “anti-ilhamento” da microgeração. Sendo assim, se ocorrer uma falta de energia, é esse sistema que faz com que a energia fique armazenada.

3.3 Contexto histórico de SFV no Brasil

Sabe-se que o sistema de produção de energia elétrica no Brasil, sempre foi alvo de debates e críticas pois, a partir da crescente urbanização, nos anos 1940, durante o Estado Novo de Vargas e 1950, no governo de Juscelino Kubitschek a necessidade de uma rediscussão da matriz energética começou a ser repensada (CORSI, 2007).

Entende-se que no mundo globalizado, e com a infinidade de aparelhos de que dispomos, tanto nas nossas casas, quanto no trabalho, empresas e instituições em gerais, a energia elétrica é fundamental, pois maximiza e dá possibilidade de funcionamento a uma infinidade de aparelhos eletrônicos, portanto é impossível imaginar a vida moderna sem a energia.

Desta forma, a energia elétrica pode ser produzida através de diferentes fontes, porém no Brasil, a maioria da energia produzida, provém das usinas hidrelétricas, que utilizam as quedas d’água dos rios para gerar eletricidade.

Há diversas formas de geração de energia elétrica, sendo a que possui maior número de energia gerada, no Brasil, é a geração através de Usinas Hidrelétricas (UHE), que no ano de 2016, de acordo com Banco de Informações de Geração (BIG) da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), a geração por este tipo correspondeu a pouco mais de 61% do total, com 219 UHE instaladas no país. Como outras formas de geração podem ser citadas: Termelétrica, Eólica, Pequenas Centrais Hidrelétricas, Termonuclear e Fotovoltaica.

Portanto, a eficiência energética visa o melhor aproveitamento da energia, reduzindo também o impacto ao meio ambiente. Ou seja, gastar menos energia para realizar uma mesma tarefa, com melhor desempenho.

Para incentivar a eliminação de desperdícios, bem como reduzir os custos e os investimentos setoriais, no ano de 1985 foi criado pelo governo federal, e

executado pela ELETROBRAS, o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL). Através deste Programa, foi elaborado o Selo PROCEL, que auxilia o consumidor no momento da compra de determinado produto, indicando a eficiência de cada um, estimulando também o desenvolvimento tecnológico de produtos mais eficientes e, como consequência, a preservação ambiental.

A utilização da energia solar no Brasil auxilia na economia da conta de luz, na redução da sobrecarga das redes distribuidoras e na diminuição de impactos ambientais ao país. A energia solar se encontra presente em processos industriais, rurais e domésticos, gera empregos e preserva o meio ambiente.

A energia solar fotovoltaica corresponde a 1,2% de toda a matriz energética brasileira, sendo Minas Gerais a principal produtora com 35.499,60 kW instalados. Os principais exemplos de utilização de energia solar são em aquecimento de água, ambientes e em processos industriais (SAUZEN, 2016).

No mesmo estudo, de acordo com Brasil (2014), a superioridade do potencial da geração distribuída, apesar de não receber incentivos governamentais diretos, varia de 1,4 a quase 4 vezes ante o consumo. Ao mapear os níveis de irradiação solar do Brasil e a área de telhado disponível para a instalação de sistemas fotovoltaicos juntamente com a eficiência da conversão da energia solar em elétrica, o mesmo autor estima que em 2023 o Brasil possuirá 161 mil sistemas de microgeração fotovoltaica instalados.

3.4 Radiação solar

O sol é imprescindível para a existência da vida humana e é evidente o papel que a energia solar pode desempenhar na expansão da matriz energética brasileira, aumentando sua resiliência com a diversificação das fontes e exploração de possíveis complementaridades, conforme relata o Atlas brasileiro de Energia solar (2017).

Segundo Allen (2011) a sustentabilidade pode ser definida como a satisfação das necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade das gerações futuras para satisfazer as suas necessidades.

3.5 Incidência Solar no município de Cruz Alta- RS

Com o objetivo de verificar os índices de insolação próximos ao município de Cruz Alta, localizado no estado do Rio Grande do Sul, Brasil, de acordo com CERESB (2014) o maior valor mensal de irradiação solar no plano inclinado registrado é igual a 6,36 kWh/m² no mês de dezembro. A maior média anual registrada no plano de 23° norte é equivalente a 4,91 kWh/m². Esse potencial solar evidenciado na área estudada reflete o grande potencial de geração de energia solar no país.

Os painéis solares possuem o melhor aproveitamento de geração energética somente em condições favoráveis, ou seja, durante o dia com tempo aberto. À noite, período em que o VE provavelmente será carregado, os painéis solares não estão em operação. No entanto, a produção de um dia de muito sol pode compensar a produção do dia seguinte de pouco sol ou o consumo noturno, se houver armazenamento ou compensação com a rede.

Dessa forma, conforme observado, o sistema de geração distribuída necessita suprir a demanda de base do consumo residencial, associada ao carregamento do VE. A produção excedente de energia gerada através dos painéis solares pode ser armazenada na bateria do veículo elétrico se o mesmo estiver conectado a residência no momento da geração ou ocorrerá a compensação energética em períodos posteriores, conforme for necessário. Nesse sistema não ocorre desperdício energético e a energia produzida pode ser utilizada da melhor forma possível economicamente, podendo utilizar o VE como fonte alternativa de energia em horários em que a compra de energia da concessionária possui preços elevados.

Portanto, no caso da geração solar, a energia gerada durante o dia deve suprir as necessidades energéticas da residência, além de injetar energia na rede, uma vez que, posteriormente, o VE necessitará energia proveniente da rede de distribuição da concessionária de energia para carregar, através do sistema de compensação energética.

A quantidade de energia gerada pela microgeração renovável que não é consumida instantaneamente pela unidade consumidora é injetada na rede de distribuição para compensação posterior, se não houver um sistema de armazenamento de carga excedente. Isso caracteriza o *net metering* brasileiro, ou sistema de compensação, que foi regularizado de acordo com Brasil (2012).

Essa resolução normativa estabelecia que o *virtual net metering*, ou seja, trocas de créditos de energia entre unidades consumidoras, era permitido. Em outras palavras, a compensação de energia a partir da reunião de unidades consumidoras com comunhão de interesses de fato ou de direito foi inicialmente permitida, fato que impulsionava os investimentos em microgeradores residenciais. Porém, houve um retrocesso por parte do governo ao modificar esse sistema de compensação, visando maior arrecadação de impostos.

3.6 Integração entre veículo elétrico e *smart grid*

De acordo com Freire (2010), o crescimento da frota de veículos elétricos será um processo gradual que pode ser acompanhado pelo crescimento gradativo da geração de energia renovável para abastecê-los. Sendo assim, conforme o autor, a aceitação dos VEs contribui para mecanismos que podem ser associados ao crescimento da microgeração residencial, como os conceitos de conexão entre veículo e rede, seja através do armazenamento de energia gerada ou para melhoria da rede em si.

A utilização de fontes renováveis de energia para abastecimento dos VEs tornaria assim esse tipo de transporte uma alternativa totalmente sustentável em termos energéticos referentes a poluição ambiental. (SILVA, 2012). A geração de energia limpa diretamente na fonte de consumo para abastecimento de veículo se provou ser uma excelente alternativa pelas diversas literaturas estudadas e será o assunto principal abordado nesse capítulo.

Entretanto, de acordo com Silva (2012), a introdução massificada de veículos elétricos em nosso cotidiano pode gerar impactos consideráveis na rede que existe atualmente. Para não sobrecarregar o sistema elétrico de potência (SEP) nacional, a implementação da geração distribuída (GD) e consequentemente da *smart grid* se faz necessária, sob o ponto de análise aqui presente, tornando a rede elétrica menos passiva e mais ativa.

Porém, a atual rede elétrica não foi projetada para suportar injeções de geração distribuída, sendo assim, essa situação necessita de uma abordagem mais efetiva. A *smart grid*, rede inteligente em português, viabiliza uma flexibilidade em todos os níveis de distribuição, além do aumento da eficiência e qualidade do serviço prestado pelas distribuidoras (ALELAF e FRAIA, 2011).

Silva (2012), afirma que com uma rede inteligente é possível equilibrar a geração, o consumo e as perdas em tempo real. Na medida em que aumentam as exigências do sistema é possível gerir a contenção de custos de operação de distribuição e gerir ativamente a procura e preços de energia dinâmicos.

Pode-se subdividir a GD em microgeração (até 100kW) e minigeração (de 100kW até 1MW), porém, iremos nos restringir a microgeração, pois para o suprimento de uma residência que faz carregamento de um VE a potência instalada não necessita ultrapassar os 100kW, como será exposto posteriormente no estudo de caso. Com a inserção do VE na rede, sem a microgeração e sem o controle do seu carregamento, o sistema irá sofrer uma sobrecarga, principalmente se essa inserção for massificada (ANEEL, 2014).

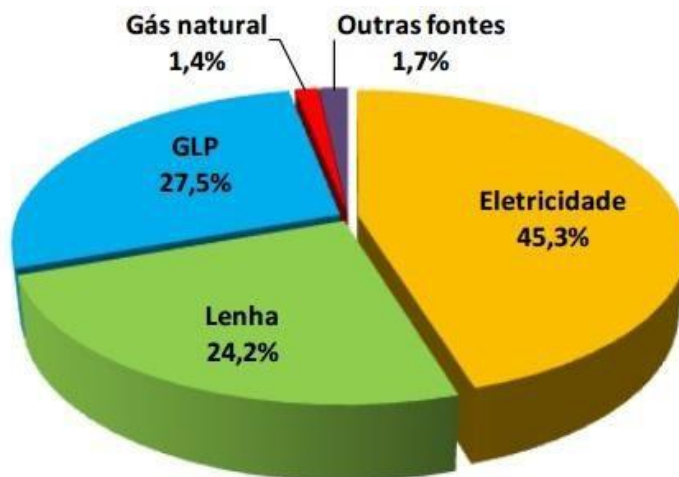
Em uma nota técnica de Brasil (2015), no horário de ponta nacional o principal combustível para a geração de energia de reserva é o óleo diesel. Sendo assim, seria contraditória a introdução de VEs com o objetivo de redução de emissão de gases poluentes se utilizássemos combustíveis fósseis e se recorrêssemos às usinas termelétricas para gerar a energia que iria abastecê-los.

Conforme Santos (2014), a microgeração residencial é capaz de reduzir perdas elétricas enquanto alivia o congestionamento na rede e ainda pode melhorar os perfis de tensão e estabilidade do sistema.

Para Brasil (2014), dentre as diferentes e possíveis formas de geração residencial, é necessária uma análise da relação de custo/benefício para instalação dos geradores

Brasil (2014), diz que a competitividade das fontes renováveis vem aumentando com o passar dos tempos, e a microgeração vem ganhando força no cenário residencial. O Balanço Energético Nacional do ano de 2014, mostra que 62% do consumo de energia residencial é proveniente de fontes renováveis, conforme mostra a divisão da utilização energética residencial nacional na Figura 3.

Figura 3- Utilização energética residencial nacional



Fonte: Brasil (2014).

Portanto, a predominância de geração no Brasil é proveniente das usinas hidrelétricas, porém, através da evolução tecnológica aplicada aos pequenos geradores de energia renováveis presentes no mercado, a aplicação dos mesmos se torna cada vez mais viável.

Segundo a nota técnica apresentada por Brasil (2014), o Brasil é um país com grande potencial de produção de energia fotovoltaica, devido ao fato de possuir maior incidência solar e por suas tarifas de energia elétrica estar em patamares parecidos.

De acordo com o mesmo autor, foi feito um estudo comparando o potencial fotovoltaico em telhados residenciais no Brasil, e foi constatado que o potencial de geração é 2,3 vezes maior que o consumo levando em consideração a área disponível para instalação de painéis fotovoltaicos.

Soares (2014), acrescenta que na compensação a unidade consumidora injeta energia na rede para compra posterior, para essa função o sistema de microgeração fotovoltaica possui inversores de frequência. Ainda segundo Soares (2014), os inversores de frequência são os responsáveis pela transformação da corrente contínua fornecida pelas placas fotovoltaicas em corrente alternada, na frequência da rede (60Hz).

Portanto, através desse inversor que a rede de distribuição da concessionária de energia é conectada com o sistema de geração. Para o caso estudado aqui (pequenos sistemas de microgeração fotovoltaica), as distribuidoras permitem que o próprio inversor seja o responsável pelo “anti-ilhamento” da microgeração.

Sendo assim, se ocorrer uma falta de energia, é esse equipamento que isola a rede BT da rede da concessionária com rapidez e confiabilidade, podendo assim tornar o VE fonte de energia e não uma simples carga. Esse conceito, denominado “*vehicle-to-home*” (V2H), baseia-se na possível representação, por parte do VE, de um dispositivo de armazenamento de energia.

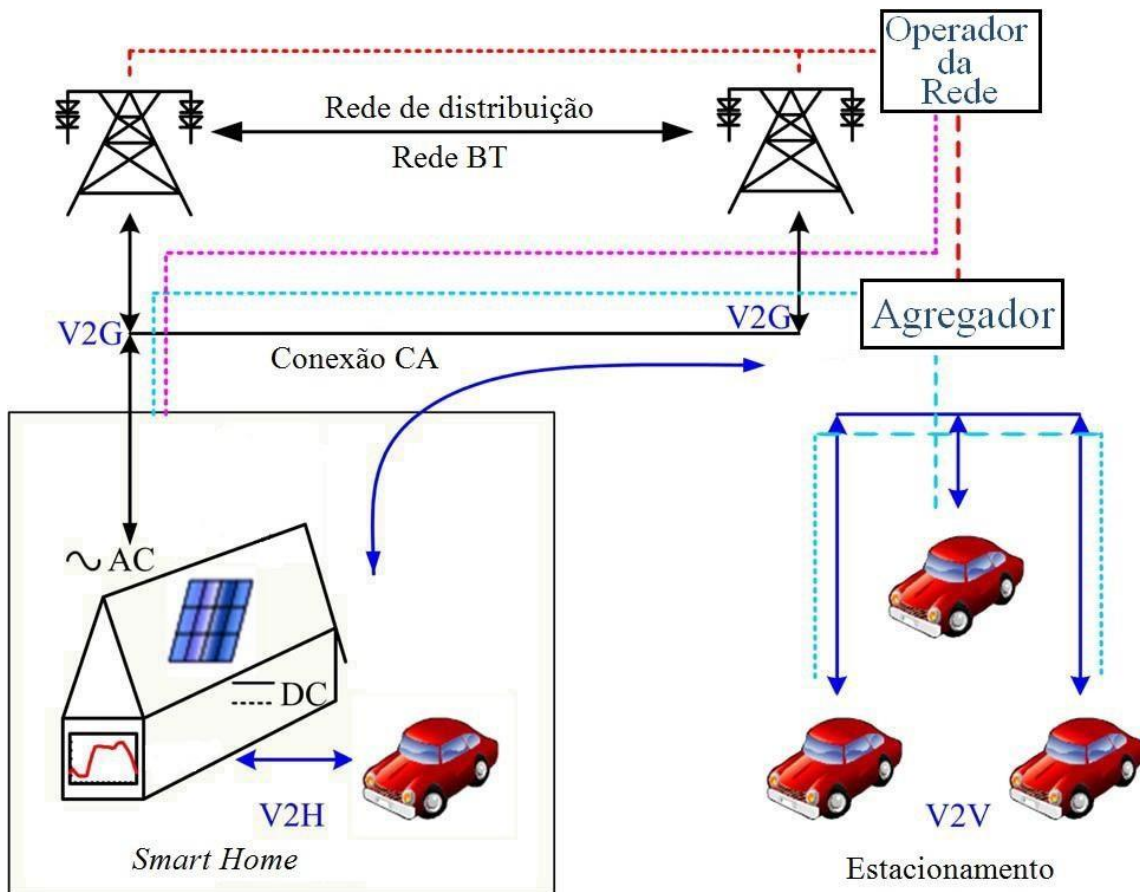
Para Longo *et. al* (2015), o sistema composto por um veículo elétrico abastecido unicamente por painéis fotovoltaicos não é viável energeticamente sem o auxílio da energia proveniente da rede de distribuição. Isso foi constatado através de um estudo onde foi realizada a projeção de um estacionamento inteligente, onde a geração não supriu a demanda, uma vez que a energia produzida pelos painéis fotovoltaicos só é aproveitada quando o veículo elétrico está conectado ao sistema.

Desta forma, o autor salienta que seria necessário um sistema de armazenamento de energia para o melhor aproveitamento do mesmo, além de trocas energéticas do excedente de geração com a rede através de um sistema bidirecional.

Com a implementação da GD minimiza-se os impactos negativos da inserção do VE na rede, uma vez que a demanda energética necessária para o carregamento do VE é suprida em grande parte pela energia que será gerada pelo próprio consumidor, mesmo que seja necessária a compensação da energia excedente gerada se o carregamento não acontecer no mesmo horário em que a geração ocorrer. Para que o sistema proposto funcione é necessária a tecnologia *smart metering*, ou seja, a medição inteligente, pois é necessário que ela ocorra em sentido bidirecional.

A integração do VE na rede depende da capacidade da rede carregar o mesmo sem congestionar, ou não sobrecarregar. Para isto foi adotado a microgeração residencial. Para esta obter pleno funcionamento sem a perturbação do restante da rede, a *smart grid* acaba se tornando muito interessante e com a rede inteligente se torna mais fácil a utilização de medidores inteligentes.

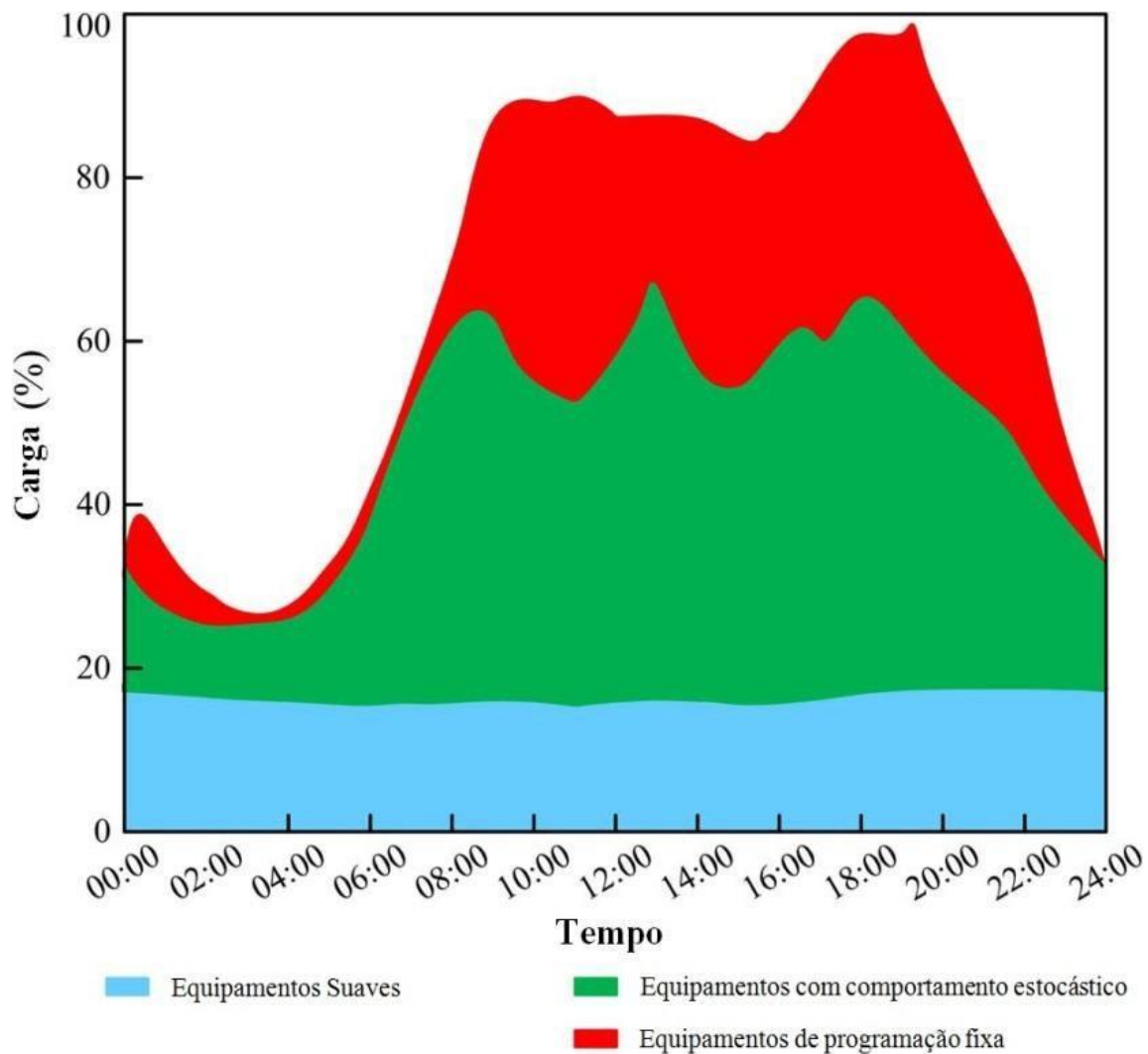
Figura 4: Possíveis conexões entre VE e rede.



Fonte: Liu *et. al* (2013).

Sabe-se que cada residência possui equipamentos eletrônicos diferentes com características diferentes, não é possível modelar um perfil diário de carga para uma aplicação geral, mas medindo o consumo energético de uma residência é possível obter uma curva de consumo de acordo com os equipamentos que estão instalados na mesma, como verifica-se no gráfico da Figura.

Figura 5: Perfil de carga diário.



Fonte: Fonte: Liu *et. al* (2013).

É altamente perceptível no gráfico que a dominância no consumo de energia de uma determinada residência ocorre pelos equipamentos com comportamento estocástico e de programação fixa. Papadopoulos (2010) determina alguns itens essenciais para a determinação do perfil de cada usuário:

- Padrão de carga residencial;
- Situação de carga do VE;
- Tipo de carregador utilizado;
- Ocorrência de carregamento;
- Duração de carga.

Os itens apresentados acima são tratados como “incertezas” pelos autores estudados, que são analisadas e correspondem as variáveis essenciais

para traçar o perfil dos usuários. Sendo assim, cada consumidor possui um perfil de carregamento diferente.

Sendo assim, existe um fato em comum mostrado pelos diversos estudos analisados que é a predominância da importância do fator econômico no processo de carregamento dos VEs. As taxas baseadas em demanda como, por exemplo, o preço dinâmico da energia a nível residencial, motiva o consumo consciente de energia através da mudança de comportamento para redução de gastos, fato que acarreta na minimização de impactos do carregamento dos veículos elétricos na rede.

Essa mudança de comportamento, conforme Falcão (2014), é chamada de resposta de demanda e pode ser aplicada com o objetivo de reduzir os picos de carga residenciais no carregamento do VE que conseqüentemente evita a sobrecarga da rede.

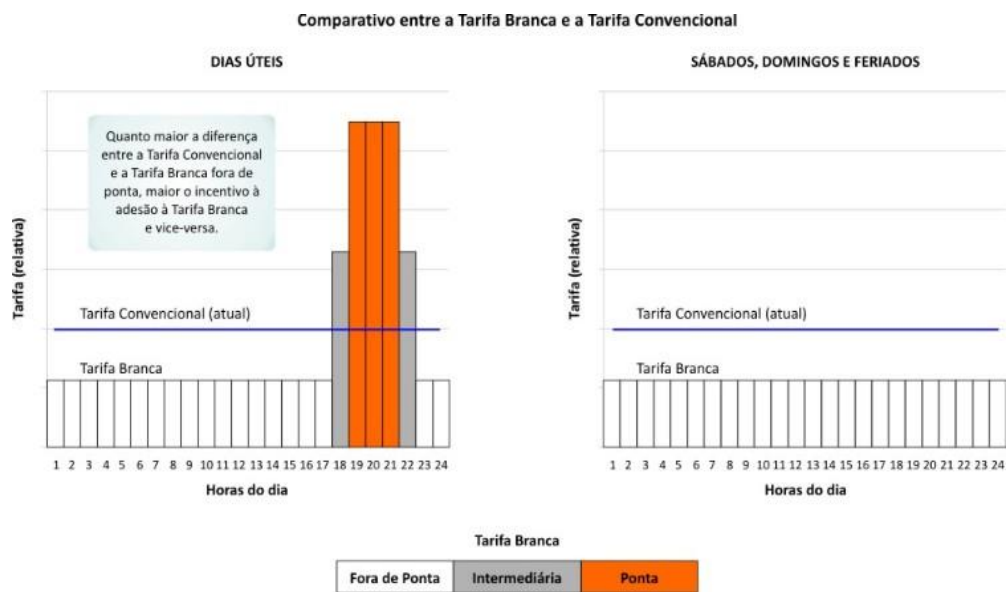
Essa resposta de demanda pode ser aprimorada na utilização da energia armazenada na bateria do VE para prover energia a rede nos picos de carga, enquanto o mesmo só armazena energia quando houver impacto mínimo no perfil de carga da residência.

Observa-se, portanto que o Grupo B possui dois modelos de tarifas. O mais comum é o modelo convencional em que o preço é sempre o mesmo todo dia. Este modelo não é apropriado para pico residencial redução. Portanto, o modo tarifário mais viável para o modelo V2H é o Tipo 'branco', um sistema de tempo de uso.

A tarifa branca é composta por três valores, um com preços altos durante o pico período de 3 horas, preço intermediário uma hora antes e uma hora após o período de pico e preços baixos para o resto do dia e fins de semana.

A figura abaixo mostra essas diferenças.

Figura 6 - Comparativo entre a Tarifa Branca e a Tarifa Convencional



Fonte: White Tariff. Brazilian National Electric Energy Agency. Available: <http://www.aneel.gov.br/tarifa-branca> Acesso em 22 de agos de 2020.

4 MÉTODO DE PESQUISA

Para realizar o estudo, além de revisão bibliográfica, de autores e revistas que abordam o tema, foram realizadas simulação e análise de conteúdo. Quanto a revisão bibliográfica, buscou-se conceitos a serem trabalhados na pesquisa, para formular a base teórica do estudo com base teórica.

Com relação à técnica de simulação, o processo envolveu o estudo de modelos de sistemas, para permitir a avaliação da importância do fator econômico no processo de carregamento dos VEs. A adaptação de curvas e interpolação de resultados para contemplar a microgeração renovável baseada em painéis fotovoltaicos e as características de consumo de uma casa de médio porte.

O estudo foi realizado, considerando uma situação real para instalação de um sistema na residência de um cliente da empresa 3E Energia na cidade de Cruz Alta-RS.

Devido ao interesse de aquisição de um veículo elétrico por parte do cliente, foi utilizado seus padrões para realização das simulações e viabilidade do sistema, desta forma será possível chegar a previsão mais real possível de forma a viabilizar o projeto.

Como o objetivo do trabalho é viabilizar este projeto, foi considerado para todos os cenários a tarifa branca, desta forma é possível se trabalhar melhor as variáveis devido a variação financeira ligado ao consumo em determinados horários

Portanto trata-se de uma pesquisa teórico-experimental para buscar informações alusivas aos conceitos de veículos elétricos e as tecnologias que o compõe, dando maior evidência fator econômico, além dos conceitos de microgeração residencial, smart grid e geração distribuída, procurando explicar os efeitos obtidos a partir da interpretação teórica do estudo experimental.

Para realização da metodologia de avaliação de cada cenário, para se buscar os resultados, foi considerado em todos os casos a utilização da “TARIFA BRANCA”, e a entrada dos valores da mesma no software é apresentado a seguir.

4.1 Discussões

4.1.1 Tarifa Branca

Para realização da metodologia de avaliação de cada cenário foi considerado em todos os casos a utilização da “TARIFA BRANCA”, e a entrada dos valores da mesma no software é apresentado a seguir:

Figura 7: Tarifa Branca – Períodos



Fonte: Autor

Os valores foram retirados do site da RGE/CPFL, os valores por posto tarifário são apresentados a seguir.

Figura 8: Valores dos Postos tarifários

Sob encargos da bandeira vermelha						
RGE SUL - Tarifa Branca sem tributos (Nov/2018)						
TUSD	I	FP	P	Tributos	%	
(R\$/kWh)	0,38281	0,1977	0,56793	ICMS	30	
TE (R\$/kWh)	I	FP	P	PIS	0,69	
	0,2975	0,2975	0,46797	COFINS	3,22	
Homer Grid - Valores de entrada com tributos						
R\$/kWh	I	FP	P			
	1,02937	0,74928	1,56741			

Fonte: Autor

A equação utilizada para os valores de entrada já com tributos é apresentada a seguir.

Figura 9: Equação de valores com impostos

$$VTrib = \frac{TUSD + TE}{1 - (ICSM + PIS + COFINS)}$$

A partir disso, definimos uma residência localizada na cidade de Cruz Alta-RS para realização das simulações com base nos dados obtidos no local.

41.2 Definição de local para realização do trabalho

Figura 10: Mapa da cidade



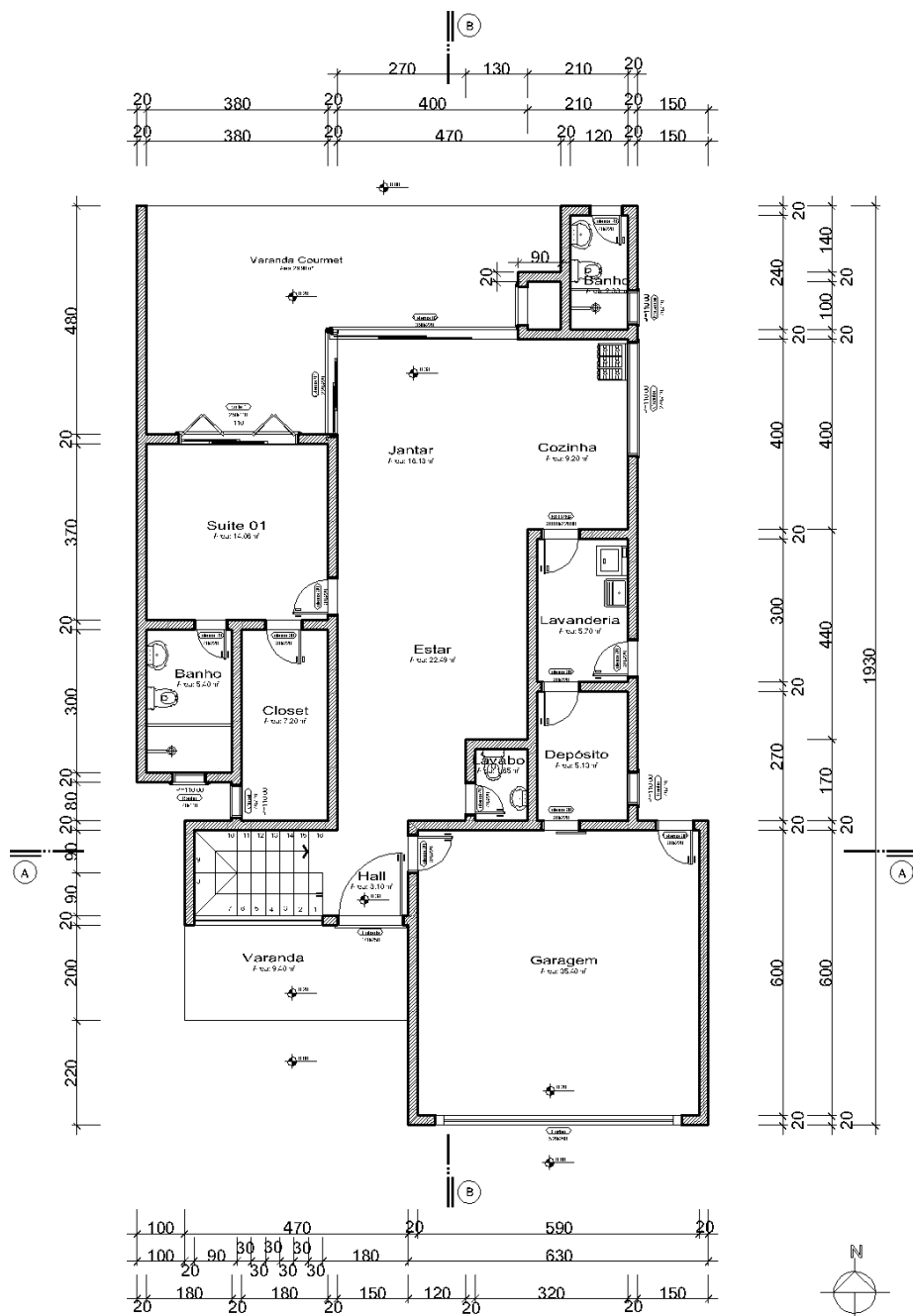
Fonte: Google Earth

Figura 11-Residência analisada

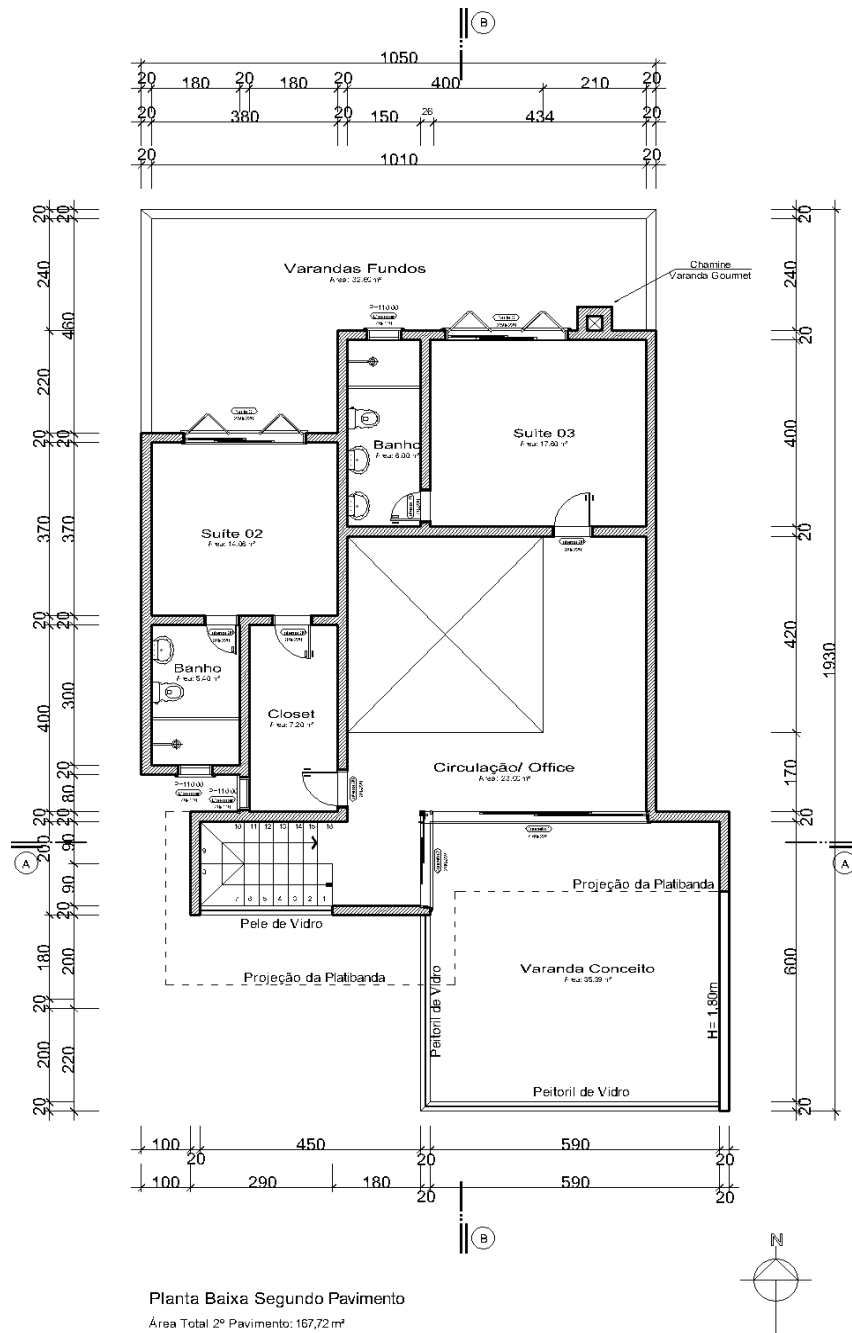


Fonte: foto do Autor

Figura 12-Planta baixa da Residência



Planta Baixa Térreo
 Área Total Térreo: 193,90 m²



4.1.3 Dados da Curva típica de Carga Residencial

A curva de carga utilizada possui uma média diária de 21.61 kWh. O software permite adicionar variabilidade a carga, foi utilizada uma variabilidade de 10% ao dia e 10% a cada timestep. A carga possui um pico de 3.04 kW.

Figura 13: Curva de Carga Residencial



Fonte: Autor

4.1.4 Coleta de Dados do Veículo Elétrico

Tabela 3: Manual do veículo Nissan Leaf (6.6kW, 40 kWh).

Battery and Charging

Battery Capacity	40.0 kWh	Battery Useable*	36.0 kWh
Europe			
Charge Port	Type 2	Fastcharge Port	CHAdeMO
Port Location	Front - Middle	FC Port Location	Front - Middle
Charge Power	3.6 kW AC	Fastcharge Power (max)	46 kW DC
Charge Time (0->220 km)	11h45m	Fastcharge Time (22->176 km)	40 min
Charge Speed	19 km/h	Fastcharge Speed	230 km/h

Real Energy Consumption


between 111 - 232 Wh/km

City - Cold Weather	167 Wh/km	City - Mild Weather	111 Wh/km
Highway - Cold Weather	232 Wh/km	Highway - Mild Weather	180 Wh/km
Combined - Cold Weather	195 Wh/km	Combined - Mild Weather	144 Wh/km

Fonte: <https://ev-database.org/car/1106/Nissan-Leaf>

O carregamento é possível usando um plugue de parede comum ou uma estação de carregamento. O carregamento público é sempre feito através de uma estação de carregamento. A rapidez com que o EV pode carregar depende da estação de carregamento (EVSE) usada e da capacidade máxima de carregamento do EV. A tabela abaixo mostra todas as opções possíveis para carregar o Nissan Leaf. Cada opção mostra a rapidez com que a bateria pode ser carregada de vazia a cheia.

Figura 14: Plugin

Type 2 (Mennekes - IEC 62196)				
				
Charging Point	Max. Power	Power	Time	Rate
Standard 3.6 kW On-Board Charger				
Wall Plug (2.3 kW)	230V / 1x10A	2.3 kW	18h30m	12 km/h
1-phase 16A (3.7 kW)	230V / 1x16A	3.6 kW †	11h30m	19 km/h
1-phase 32A (7.4 kW)	230V / 1x16A	3.6 kW †	11h45m	19 km/h
3-phase 16A (11 kW)	230V / 1x16A	3.6 kW †	11h45m	19 km/h
3-phase 32A (22 kW)	230V / 1x16A	3.6 kW †	11h45m	19 km/h
Optional 6.6kW On-Board Charger *				
Wall Plug (2.3 kW)	230V / 1x10A	2.3 kW	18h30m	12 km/h
1-phase 16A (3.7 kW)	230V / 1x16A	3.7 kW	11h30m	19 km/h
1-phase 32A (7.4 kW)	230V / 1x29A	6.6 kW †	6h30m	34 km/h
3-phase 16A (11 kW)	230V / 1x16A	3.7 kW †	11h30m	19 km/h
3-phase 32A (22 kW)	230V / 1x29A	6.6 kW †	6h30m	34 km/h

† - Limited by on-board charger, vehicle cannot charge faster.
 * - Optional in some countries, standard in others. Check local specifications for details.

Fonte: <https://ev-database.org/car/1106/Nissan-Leaf>

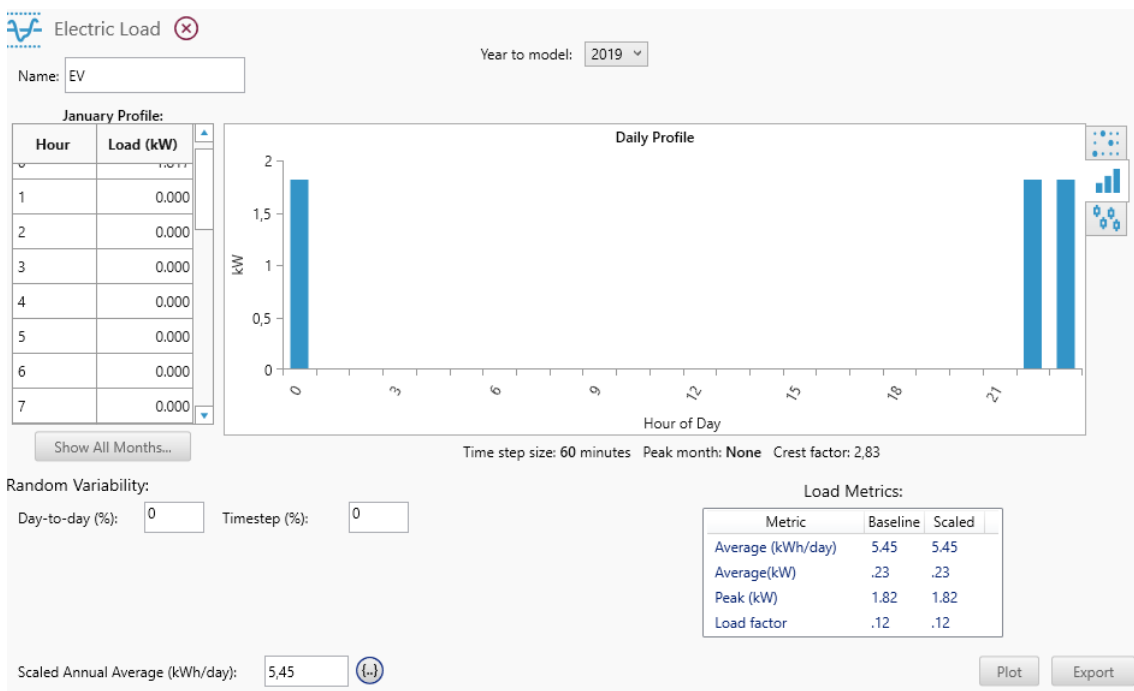
4.1.5 Consumo do VE

O Ev considerado _e um Nissan Leaf, considera-se que o mesmo percorre 6,025 km/kWh e que possui um Bateria de 40 kWh.

São considerados dois tipos de perfis diferentes para cada simulação com o EV. Um considerando uma média aproximada de 30 km/dia e outro de

150km/dia, ambos os perfis são apresentados a seguir e foram elaborados com base nas informações do EV e carregamento dentro do período fora ponta (Tarifa Branca), cada perfil considera que o indivíduo sai de casa as 8h da manhã e chega as 17h e somente carrega o EV após terminado o período ponta e intermediário. A seguir é apresentado o perfil de carregamento deste EV.

Figura 15: Ev 30km/dia

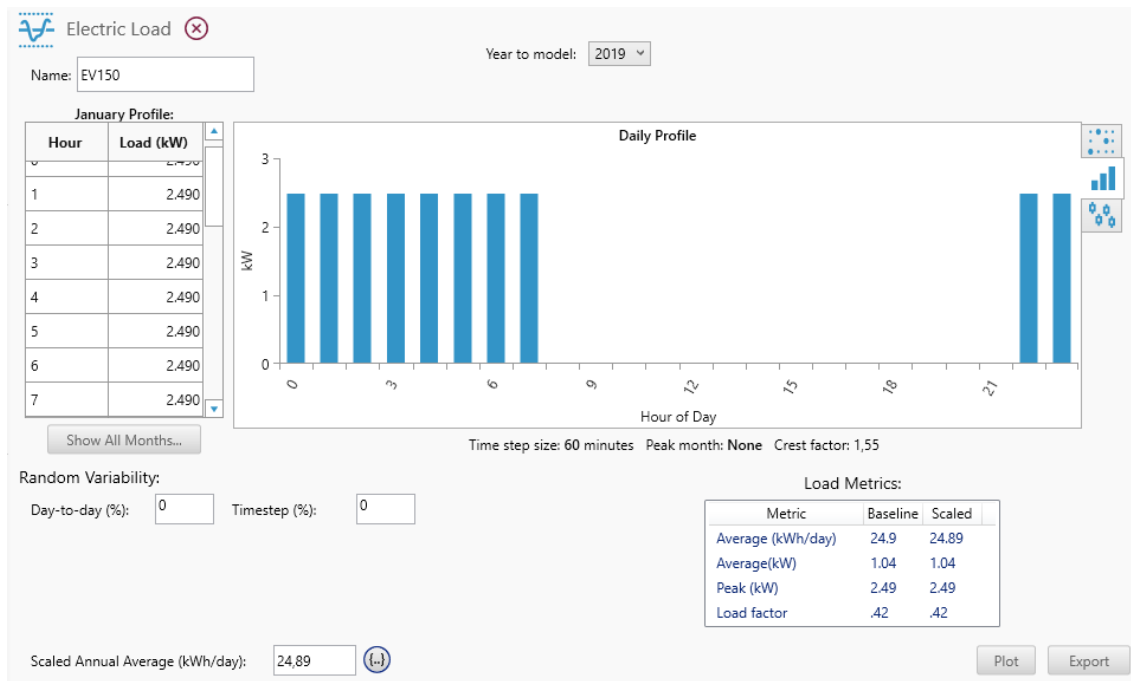


Fonte: <https://autopapo.uol.com.br/noticia/carro-eletrico-historia/> Acesso em 16 de agos. 2020.

Para o caso de 30km/dia o indivíduo sai de casa com o EV full (SoC em 100%) e chega em casa às 17h tendo gasto 5,45kWh de energia da bateria (86.375% de SoC), ou seja, dos 40 kWh que o EV consegue entregar restam 34,55 kWh. Vale lembrar que a quilometragem exata percorrida por dia neste cenário é de 32,83 km. Assim, o EV demanda 1.81667 kW durante 3h para obter os 5,45 kWh que faltam para completar a carga.

Já para o caso de 150 km/dia, foi considerado que o indivíduo chega em casa às 17h com apenas 38% da capacidade do EV ainda disponível, ou seja, tendo gasto 24,89 kWh dos 40 kWh disponíveis. O perfil de carregamento deste EV é apresentado a seguir.

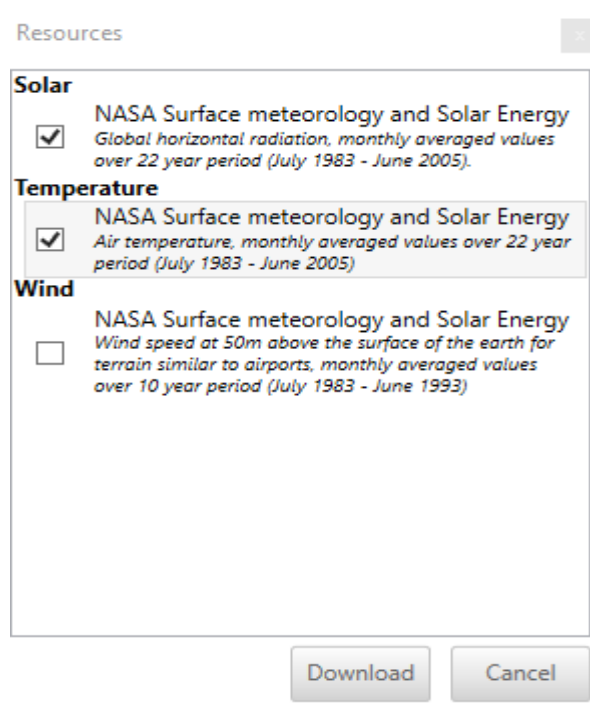
Figura 16: EV 150km/dia



Fonte: <https://autopapo.uol.com.br/noticia/carro-eletrico-historia/> Acesso em 17 de agos. de 2020.

Nota-se que ambas as cargas de carregamento dos EVs foram consideradas variabilidade igual a zero de modo a se ter um maior controle de operação da bateria como carga. Ambos os perfis de carregamento foram escolhidos conforme critério do autor dentro do range de carregamento em horários típicos para EVs em baixa tensão, que dura aproximadamente 8-11h para uma carga completa, assim, o EV demanda 2.4896 kW durante 10h para obter os 24.896kWh que faltam para completar a carga.

Os recursos Naturais como solar e temperatura são obtidos com uso da ferramenta *Resources do software*.



4.1 Dimensionamento de sistema FV em três cenários:

O Software Homer Grid nos apresenta em seu banco de dados, alguns equipamentos para simulação de dimensionamento de SFV's.

Para as devidas simulações deste trabalho foi considerado a utilização de um sistema fotovoltaico composto por painéis fotovoltaicos CanadianSolar MaxPower CS6U-330P e Inversor Schneider Conext SW 2524.

Figura 17. Painel Fotovoltaico (CanadianSolar – CS6U-330P)

PV +

CanadianSolar MaxPower CS6U-330P

Name: CanadianSolar MaxPower C Abbreviation: CS6U-33

Costs

Capacity (kW)	Capital (R\$)	Replacement (R\$)	O&M (R\$/year)
0,33	739	739	0

Click here to add new item

Multiplier: [..] [..] [..]

Lifetime time (years): 10,00 [..]

Per Unit Total Cost

Cost (R\$/kW)

1 11

— Capital — Replacement

Sizing

HOMER Optimizer™

Size your own

Advanced

Electrical Bus

AC DC

Advanced...

Site Specific Input

Derating Factor (%): 88,00 [..]

Fonte: <https://www.energiatotal.com.br/painel-solar> Acesso em 23 de agos. de 2020

Figura 18: Inversor (Schneider Conext SW2524)

Converter

Schneider Conext SW2524

Name: Schneider Conext SW2524

Complete Catalog

Abbreviation: Conext S

Costs

Capacity (kW)	Capital (R\$)	Replacement (R\$)	O&M (R\$/year)
1	R\$ 1.489,00	R\$ 1.489,00	R\$ 0,0

Click here to add new item

Multiplier: [..] [..] [..]

Inverter Input

Lifetime (years): 10,00 [..]

Efficiency (%): 97,50 [..]

Rectifier Input

Relative Capacity (%): 100,00 [..]

Efficiency (%): 97,50 [..]

Sizing

HOMER Optimizer™

Size your own

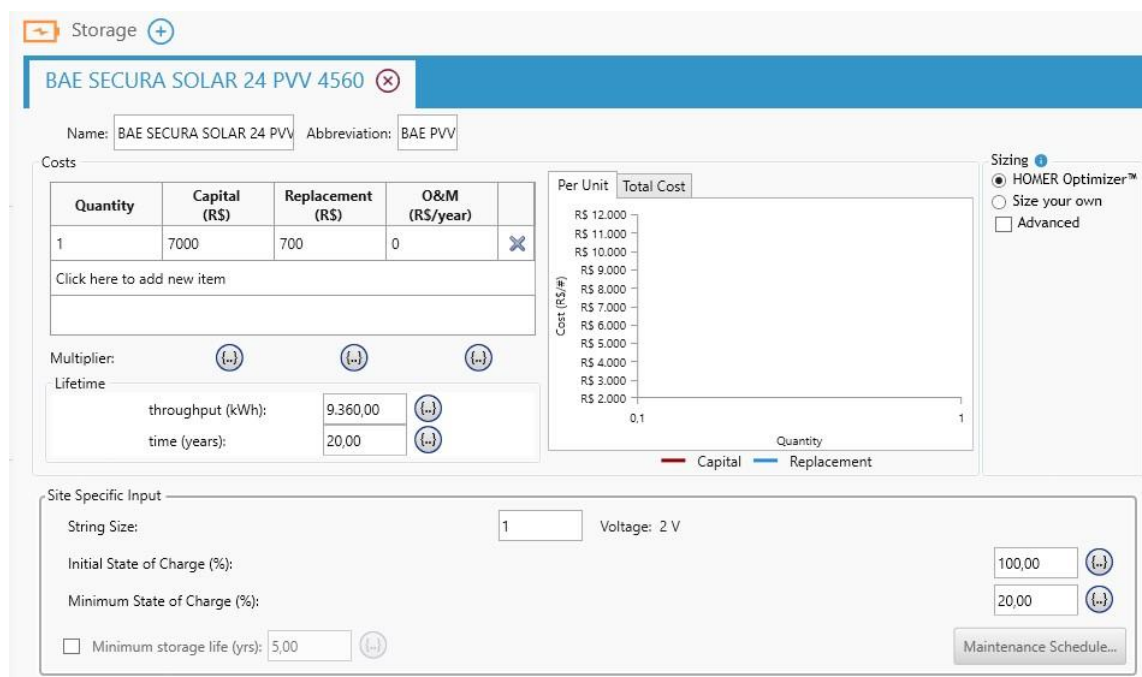
Advanced

Fonte: <https://www.energiatotal.com.br/painel-solar> Acesso em 24 de agos. de 2020.

A bateria utilizada nas simulações equivalente é apresentada a seguir. Ela foi utilizada em ambas as simulações (30 e 150km/dia), pois optou-se por modelar uma bateria suficiente para apenas auxiliar a atender o consumo nos postos ponta e intermediário, que totalizam aproximadamente 9kWh do consumo da carga. Assim utilizou-se uma bateria de 8,93 kWh de energia disponível.

O valor arredondado de 7000 da bateria considera que o custo por kWh da bateria é de 190 dólares conforme disposto na figura abaixo:

Figura 19: Bateria estacionária



Fonte: <https://www.ucsusa.org/resources/ev-batteries> Acesso em 25 de agos. de 2020. _

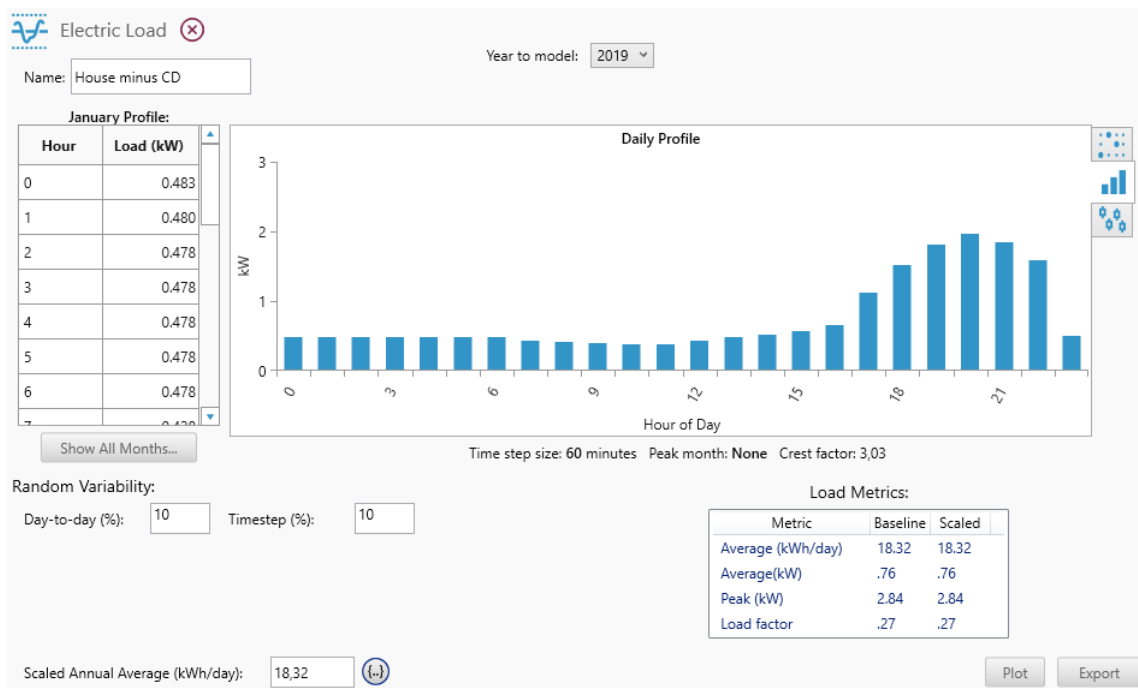
4.2 Cenários para Simulação

De modo a simular o custo de disponibilidade do consumidor, considerou-se que o mesmo é trifásico, ou seja, com o CD de 100kWh por mês (aqui, considerou-se que o CD é calculado em cima do valor FP da tarifa branca já com tributos), deste modo afim de facilitar a análise em software, a carga da residência foi remodelada fazendo com que o montante de consumo mensal já venha descontado dos 100kWh do CD.

Assim sendo, por exemplo no caso da carga possuir 600kWh de consumo mensal, a carga aqui foi simulada equivalente à 500kWh mensais, e os custos relacionados ao CD são integrados na tarifa branca como custos mínimos fixos mensais. A nova carga residencial é apresentada a seguir. Esta abordagem de contas o consumidor terá de pagar parte independente da geração.

Cada cenário leva em conta um horizonte de projeto de 10 anos, sob taxa de desconto de 5,88%. Diferentemente do usual, aqui o projeto não é avaliado pelo Valor Presente Líquido (VPL), mas sim pelo Net Present Cost (NPC), que são os custos totais do projeto trazidos à valor presente. Assim sendo, quando menos o NPC melhor.

Figura 20 – Nova curva de carga (500kWh)



Fonte: <https://www.ucsusa.org/resources/ev-batteries> Acesso em 25 de agos. de 2020. _

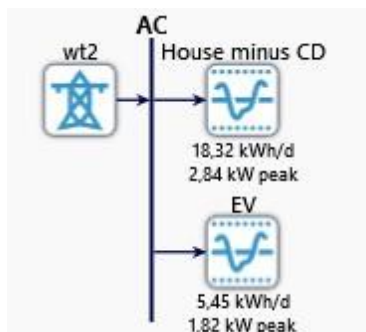
4.3.1- Cenário 1: Análise de viabilidade econômica de uma *smart home* com veículo elétrico (como carga) conectado à rede sem geração distribuída. (Só carga)

Este caso refere-se à análise da operação da carga residencial junto à carga de carregamento do EV. Não é considerada GD, logo, o sistema limita-se

ao atendimento de ambas as cargas pela concessionária. As topologias de cada caso são apresentadas a seguir.

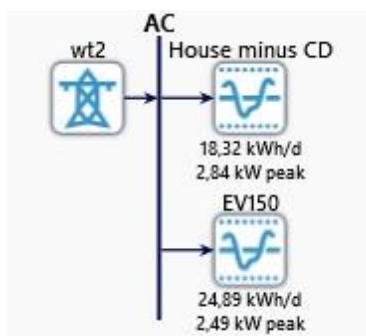
4.3.1.1. Utilização do veículo elétrico para locomoção básica semanal (=~30km/dia)

Figura 21 – Caso 1 – 30 km/dia (*HomerGrid*)



4.3.1.2- Utilização do veículo elétrico como ferramenta de trabalho (=~150km/dia)

Figura 22– Caso 2 – 150 km/dia (*HomerGrid*)

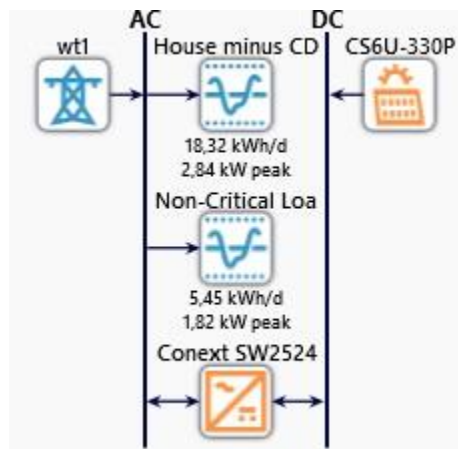


4.3.2 Cenário 2: Análise de viabilidade econômica de uma *smart home* com veículo elétrico conectado à rede e com geração distribuída (s/ V2G)

Para este cenário, considera-se a utilização de um SFV junto as cargas do cenário anterior. As topologias são apresentadas a seguir.

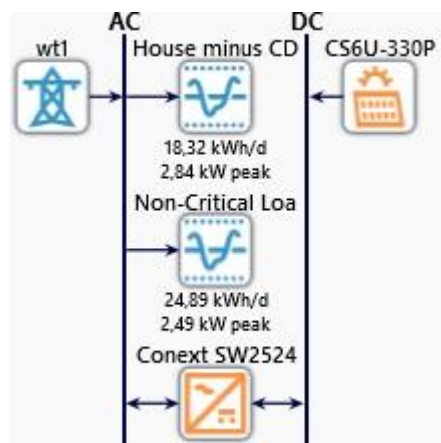
1º - Utilização do veículo elétrico para locomoção básica semanal (=~30km/dia)

Figura 23 : Caso 1 – 30 km/dia (HomerGrid)



2º - Utilização do veículo elétrico como ferramenta de trabalho (=~ 150km/dia)

Figura 24: Caso 2 – 150 km/dia (HomerGrid)

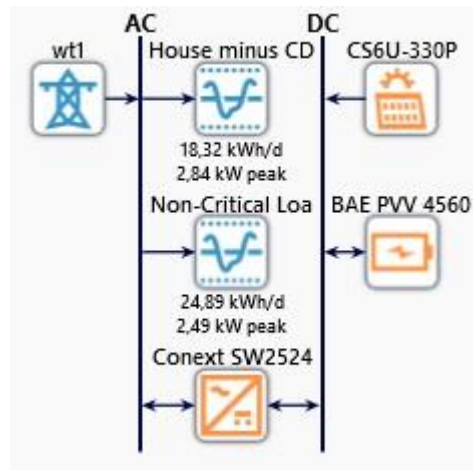


4.3.3 Análise de viabilidade econômica de uma smart home com veículo elétrico (V2G) com geração distribuída

Para este cenário, considera-se a utilização de um SFV instalado juntos as cargas do cenário anterior e considerando que o EV agora auxilia a abastecer a carga (V2G). As topologias são apresentadas a seguir.

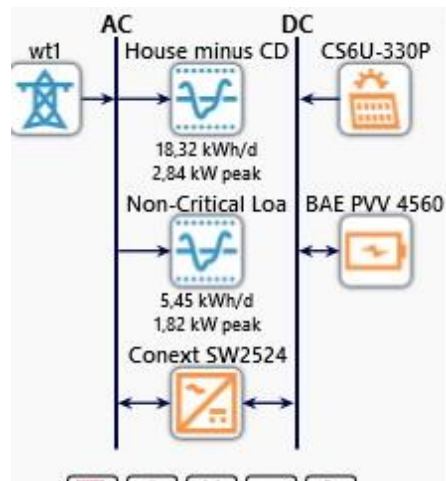
1º - Utilização do veículo elétrico para locomoção básica semanal (=~30km/dia)

Figura 25: Caso 1 – 30 km/dia (HomerGrid)



2º - Utilização do veículo elétrico como ferramenta de trabalho (≈ 150km/dia)

Figura 26– Caso 2 – 150 km/dia (HomerGrid)



5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

5.1 Cenário 1: Análise de viabilidade econômica de uma *smart home* com veículo elétrico (como carga) conectado à rede sem geração distribuída. (Só carga)

5.1.3 30km/dia

O resultado preliminar desse sistema é apresentado a seguir.

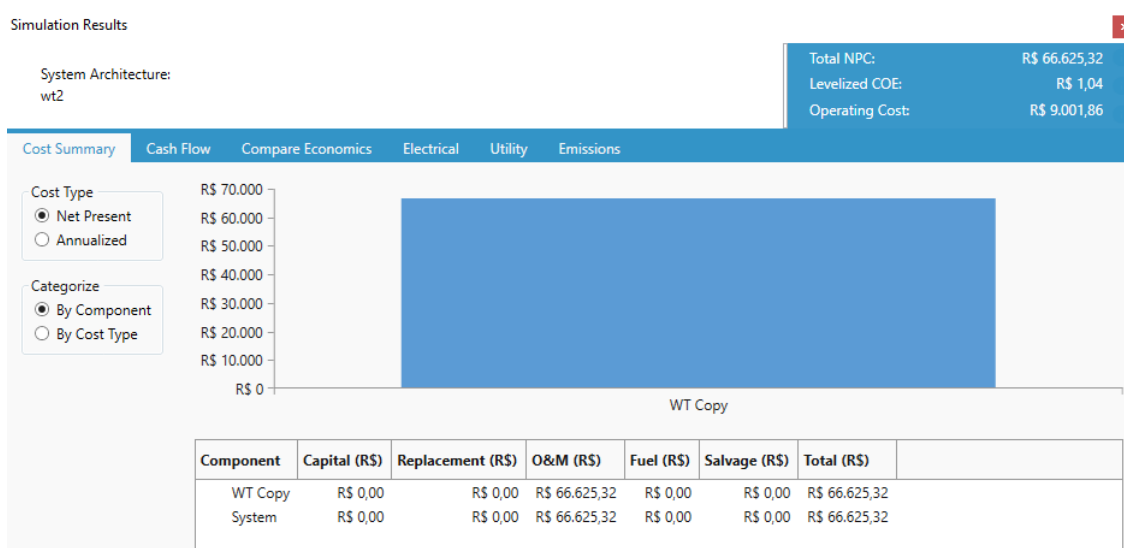
Figura 27: Resumo - 30km/dia

Architecture			Cost			
		wt2	NPC (R\$)	COE (R\$)	Operating cost (R\$/yr)	Initial capital (R\$)
		1	R\$ 66.625	R\$ 1,04	R\$ 9.002	R\$ 0,00

Fonte: Autor

Em resumo, o valor de R\$ 66.625,00 representa o NPC do projeto ao final dos 10 anos trazido à valor presente. O projeto possui um custo de operação anual de R\$ 9.002,00 ao ano devido ao pagamento das faturas de energia. O custo da energia deste sistema – Cost Of Energy (COE) – Equivale à R\$ 1,04 por kWh. A figura a seguir apresenta os custos sumarizados.

Figura 28: Custos Sumarizados - 30km/dia



Fonte :Autor

A figura a seguir apresenta o montante de energia fornecida pela concessionária.

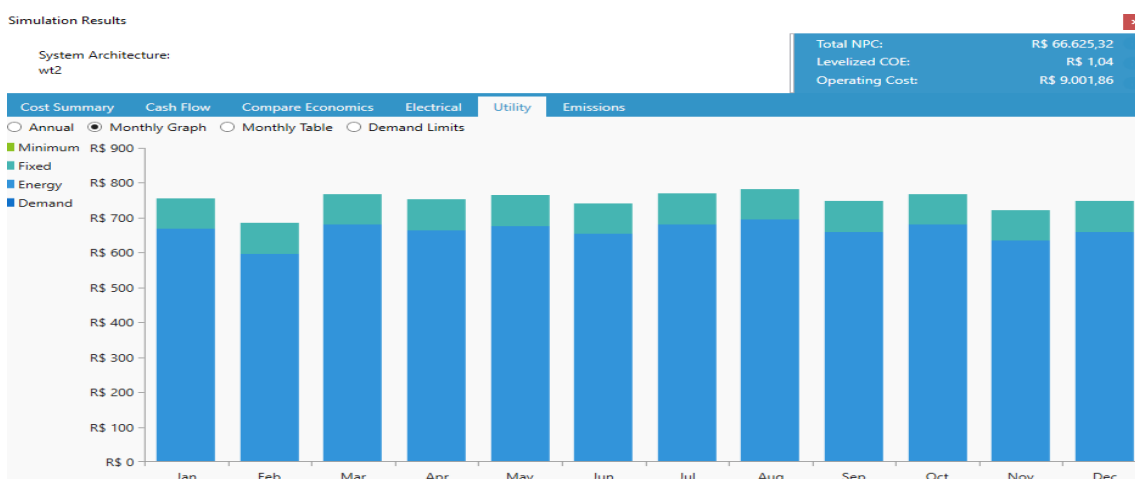
Figura29: Produção de Energia – 30km/dia



Fonte: Autor

A figura a seguir apresenta a fatura mensal de energia deste cliente, note que a mesma é composta de parcelas de energia fixos (CD e CIP).

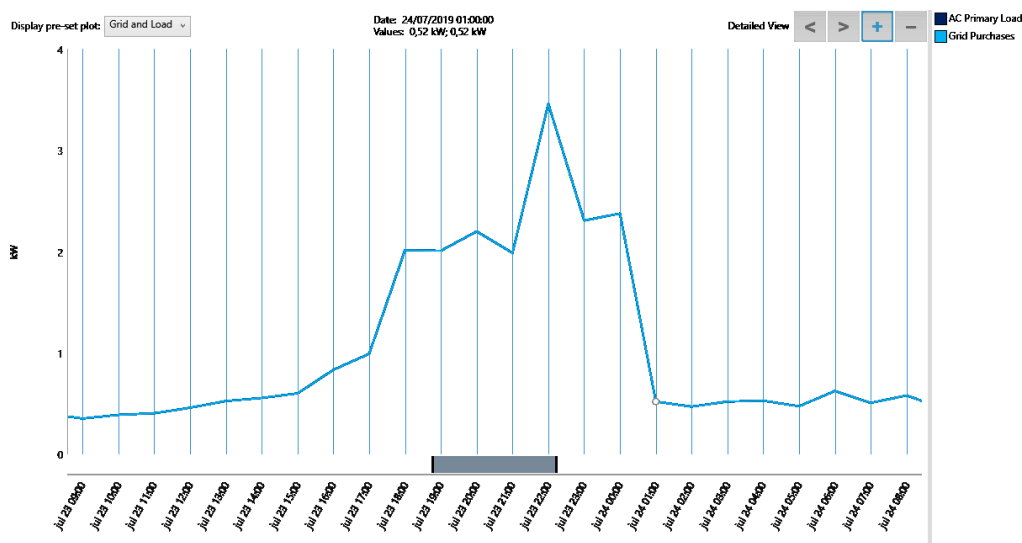
Figura 30: Fatura de Energia elétrica mensal - 30km/dia



Fonte: Autor

A figura a seguir apresenta o perfil do sistema para um dia qualquer.

Figura 31: Dia qualquer - 30km/dia.



Fonte: Autor

5.1.2 150km/dia

O resultado preliminar deste sistema é apresentado a seguir.

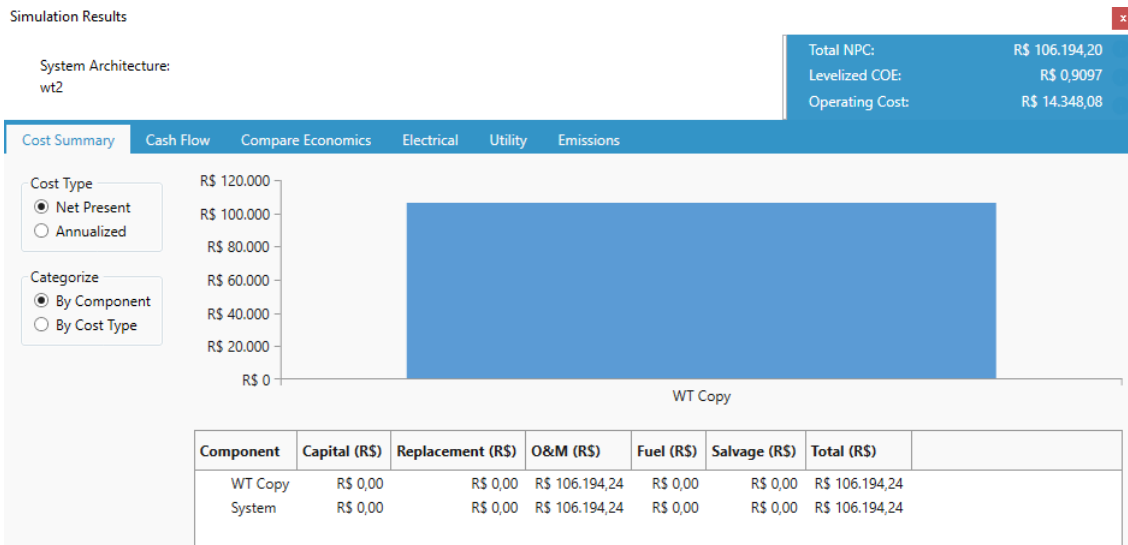
Figura 32: Resultados preliminares - 150 km/dia.

Architecture			Cost			
		wt2	NPC (R\$)	COE (R\$)	Operating cost (R\$/yr)	Initial capital (R\$)
		1	R\$ 106.194	R\$ 0,910	R\$ 14.348	R\$ 0,00

Fonte: Autor

Em resumo, o valor de R\$ 106.194,00 representa o NPC do projeto do final dos 10 anos trazidos à valor presente. O projeto possui um custo de operação anual de R\$ 14.348,00 ao ano devido ao pagamento das faturas de energia. O custo da energia deste sistema – Cost of Energy (COE) – equivale à R\$ 0,91 por kWh. A figura a seguir apresenta os custos sumarizados.

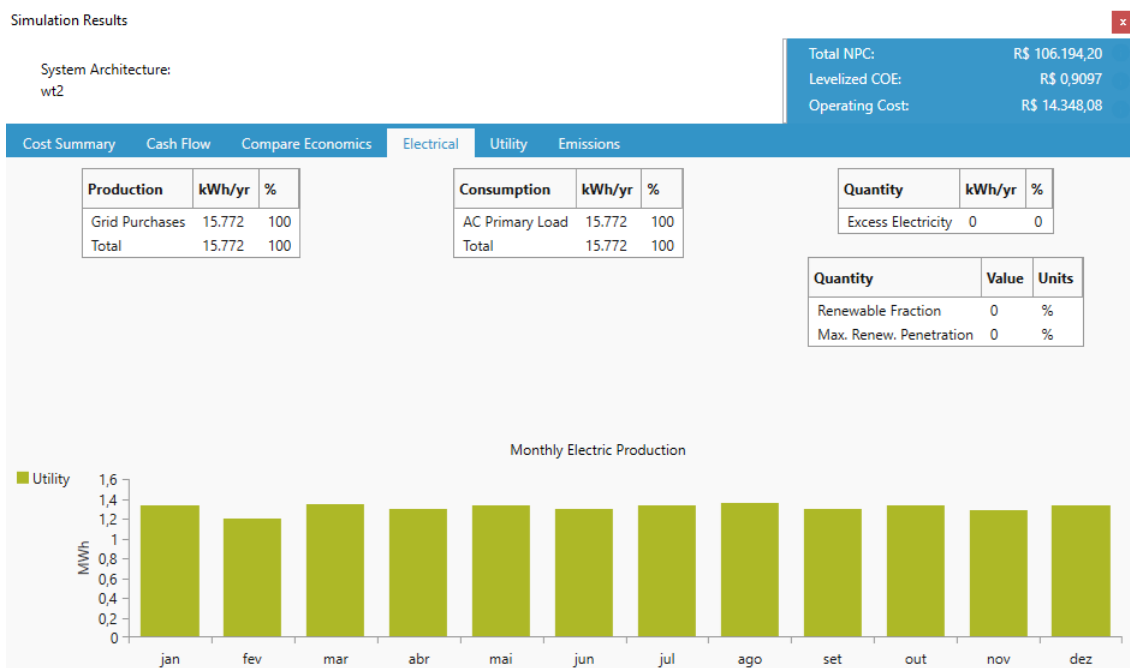
Figura 33: Custos sumarizados - 150 km/dia.



Fonte: Autor

A figura a seguir, apresenta o montante de energia elétrica fornecida pela concessionária.

Figura 34: Produção de Energia Elétrica – 150 km/dia



Fonte: Autor

A figura a seguir apresenta a fatura mensal de energia deste cliente, note que a mesma é composta de parcelas de energia e custos fixos (CD e CIP)

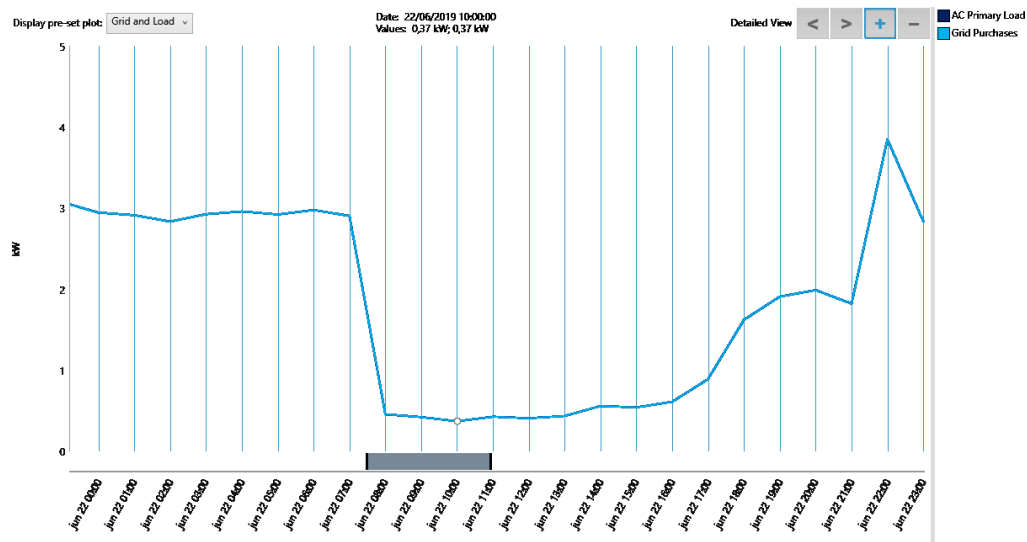
Figura 35: Fatura de energia elétrica mensal – 150 km/dia.



Fonte: Autor

A figura a seguir mostra um dia de fatura para um dia qualquer.

Figura 36: Dia Qualquer – 150 km/dia.



Fonte: Autor

5.2 Cenário 2 - Análise de viabilidade econômica de uma *smart home* com *GD On Grid* e veículo elétrico como carga.

5.2.1 Caso 1 - 30km/dia

Neste cenário é analisado o sistema para a topologia com GD. Com o uso da ferramenta Optimizer do software Homer Grid, pode-se ter noção do tamanho do SFV (painéis + inversor) que melhor atende a unidade consumidora (UC). É válido lembrar que a escolha do sistema respeita o valor mínimo anual da fatura, que é o pagamento da CD + CIP ao longo do ano inteiro.

Como esta, UC possui consumo de EV, sua carga mensal equivale aproximadamente à 657 kWh, de acordo com o Anexo I (CIP – Cruz Alta), o valor de CIP para esta UC é de R\$ 13,04 junto ao valor de CD de R\$ 74,93 (Cliente Trifásico) mensais. Assim o valor mínimo anual da fatura é de R\$ 1.055,62.

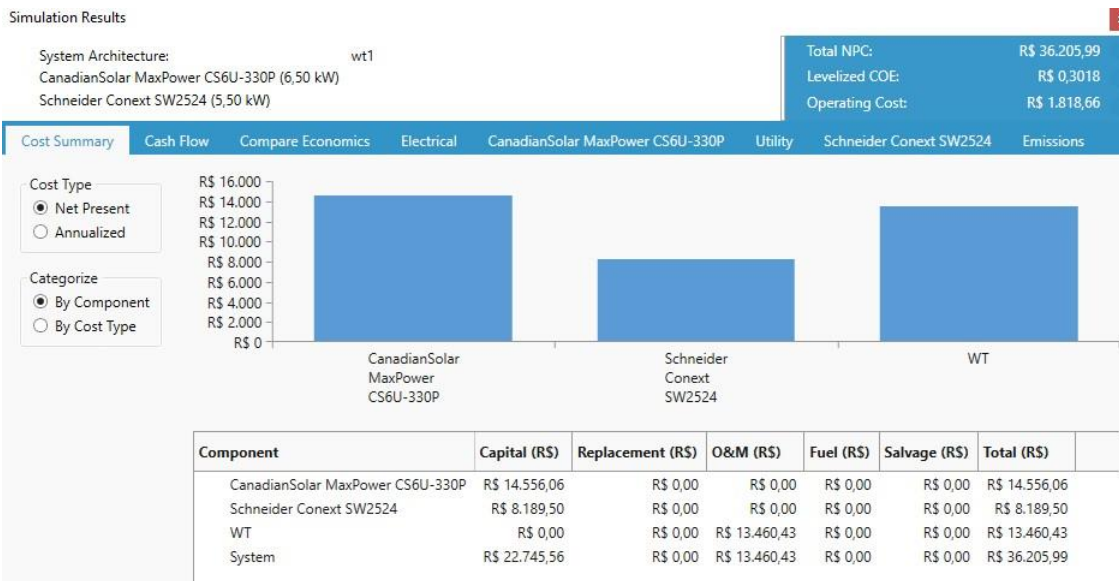
Figura 37: Resumo – 30km/dia.

Architecture				Cost				System			Compare Economics		
CS6U-330P (kW)	wt1	Conext SW2524 (kW)		NPC (R\$)	COE (R\$)	Operating cost (R\$/yr)	Initial capital (R\$)	Ren. Frac (%)	Total Fuel (L/yr)	IRR (%)	Simple Payback (yr)	Utility Bill (R\$)	Total Bill Savings (R\$)
6.50	1	5.50		R\$ 36.206	R\$ 0.302	R\$ 1.819	R\$ 22.746	58,8	0	29	3,2	R\$ 7.183	R\$ 53.165
	1			R\$ 66.626	R\$ 1.04	R\$ 9.002	R\$ 0,00	0	0			R\$ 0	R\$ 0

Fonte: Autor

Os resultados sumarizados são apresentados a seguir.

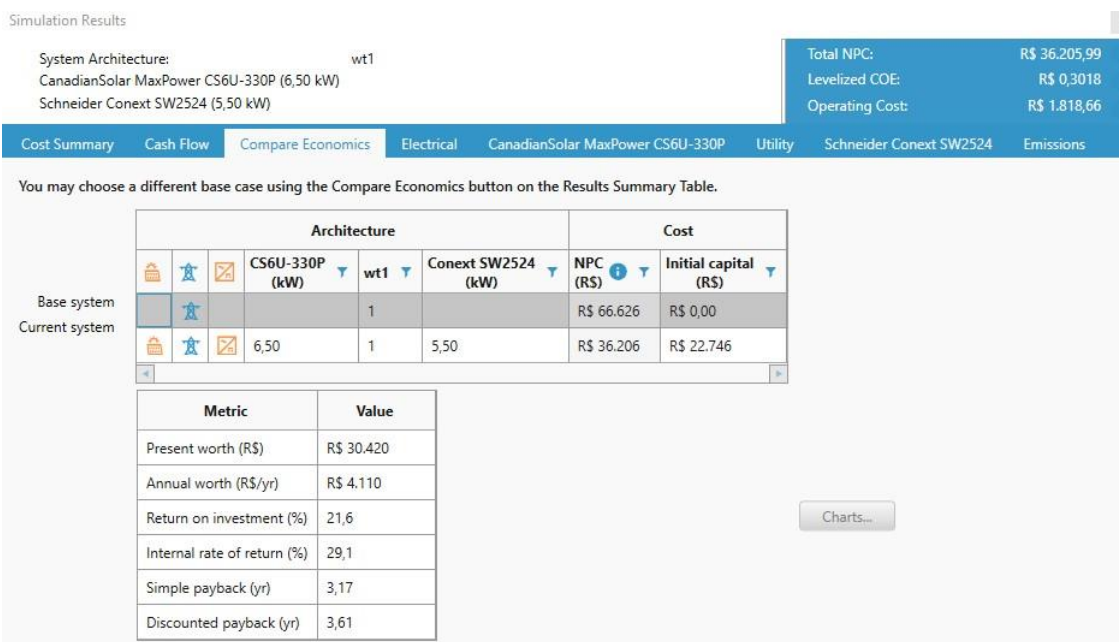
Figura 38: Resultados sumarizados – 30km/dia.



Fonte: Autor

A figura a seguir apresenta uma relação do melhor caso em relação ao caso do atendimento somente pela rede.

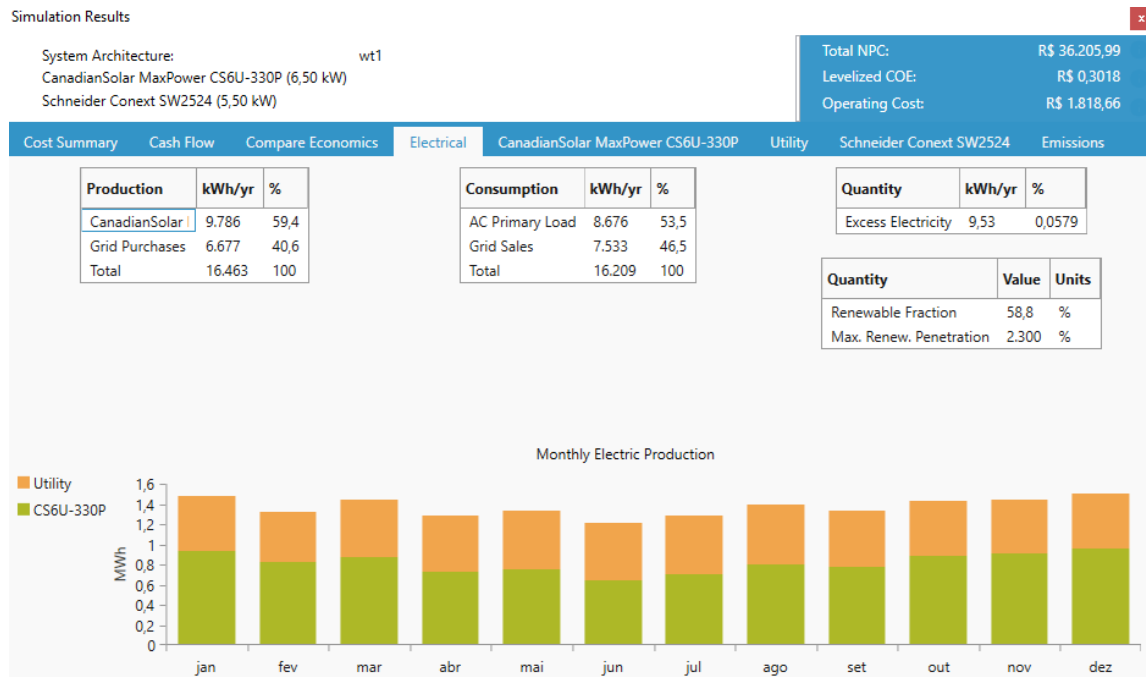
Figura 39: Comparação econômica – 30km/dia.



Fonte: Autor

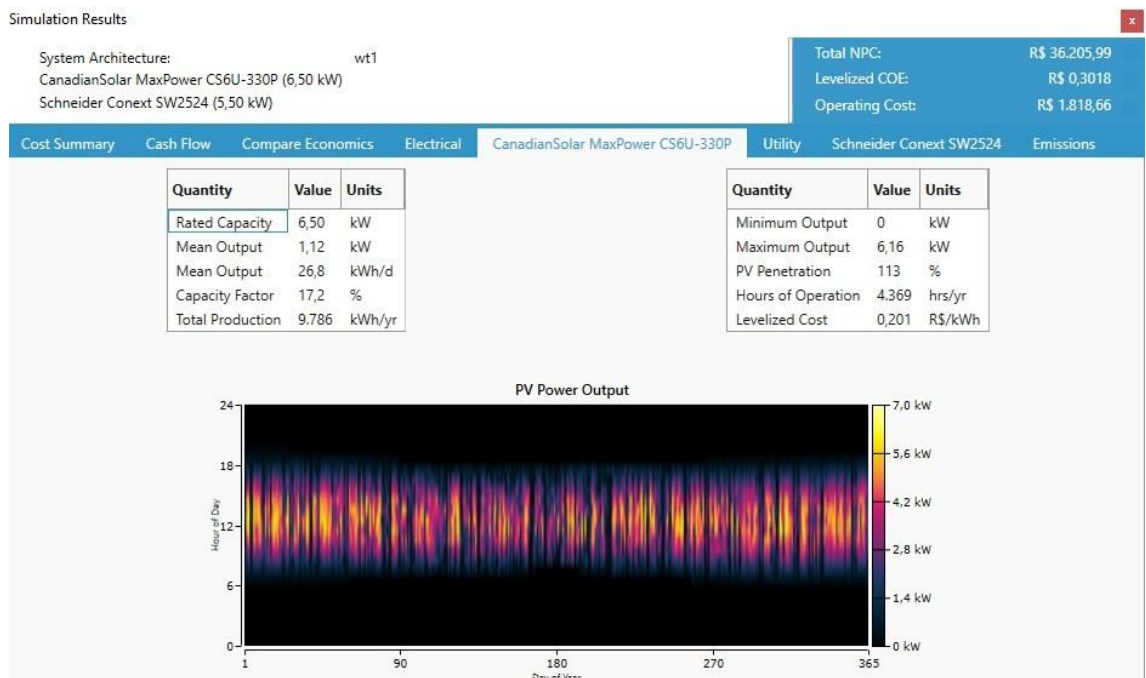
A figura a seguir apresenta o balanço de produção de energia elétrica que é fornecida pela SFV e também pela rede da concessionária.

Figura 40: Produção de Energia – 30km/dia



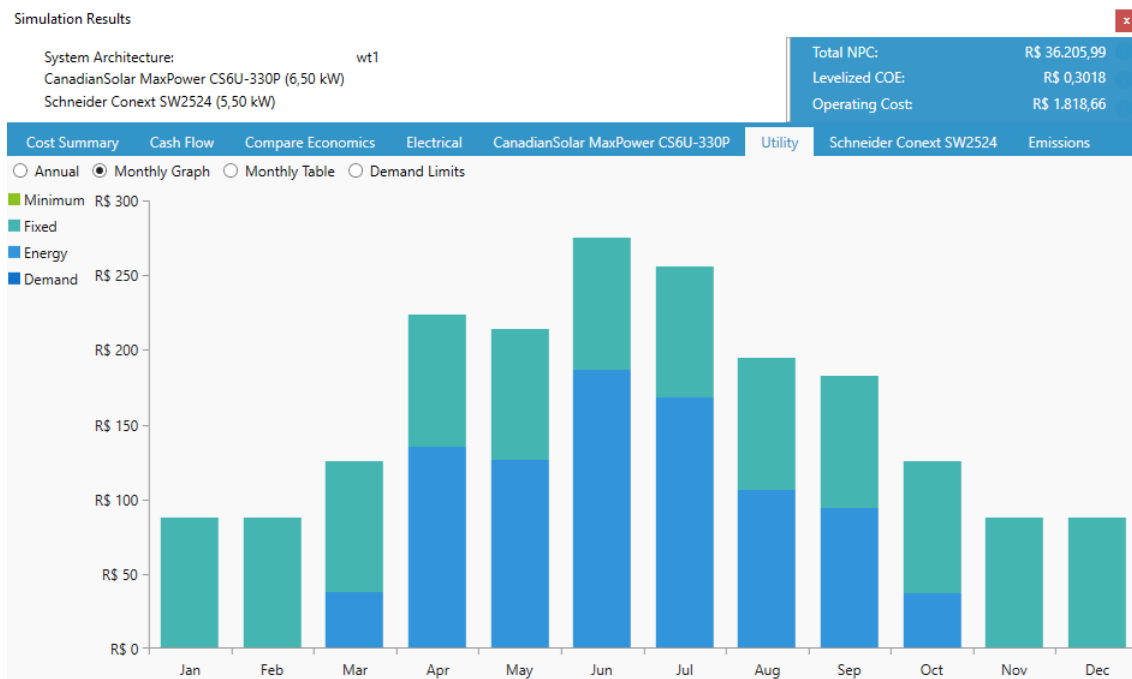
A figura a seguir apresenta as informações de operação do SFV.

Figura 41: Operação do SFV



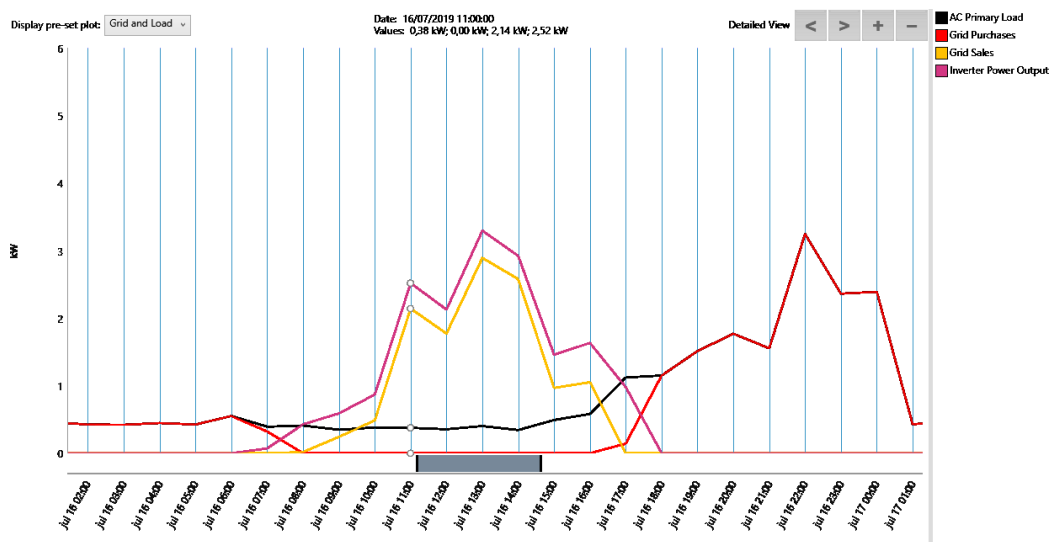
A figura a seguir apresenta um balanço da fatura do consumidor para um ano inteiro.

Figura 42: Fatura de Energia Anual – 30km/dia



Por fim tem-se a operação do sistema para um dia qualquer apresentado na figura a seguir:

Figura 43: Dia Qualquer – 30km/dia



Fonte: Autor

5.2.2 Caso 2 - 150km/dia

Este caso é similar ao anterior, porém agora temos que o carregamento do EV é maior, sendo aproximadamente 24,90 kWh por dia. Assim sendo, o valor da fatura mínima anual é alterado para R\$ 1.094,74, pois agora o CIP para este UC é de R\$ 16,30 mensais. O sistema encontrado para ela topologia é apresentada a seguir.

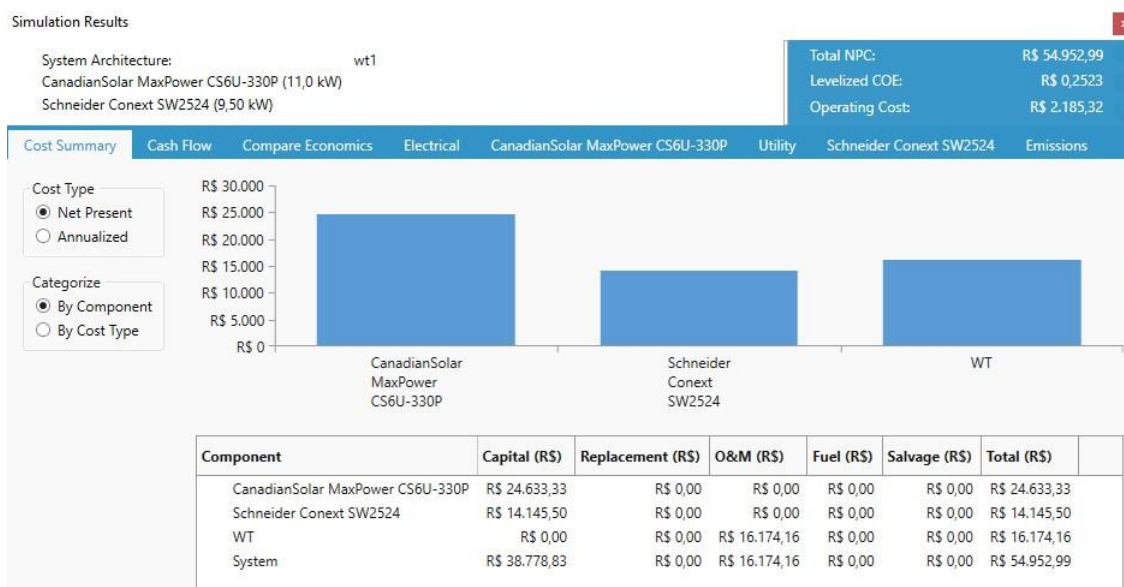
Figura 44: Resumo dos resultados – 150km/dia

Architecture				Cost				System			Compare Economics			
CS6U-330P (kW)	wt1	Conext SW2524 (kW)		NPC (R\$)	COE (R\$)	Operating cost (R\$/yr)	Initial capital (R\$)	Ren Frac (%)	Total Fuel (L/yr)	IRR (%)	Simple Payback (yr)	Utility Bill Savings (R\$/yr)	Total Bill Sa (R\$)	
11,0	1	9,50		R\$ 54.953	R\$ 0,252	R\$ 2.185	R\$ 38.779	54,8	0	29	3,2	R\$ 12.163	R\$ 90.020	
	1			R\$ 106.194	R\$ 0,910	R\$ 14.348	R\$ 0,00	0	0			R\$ 0	R\$ 0	

Fonte: Autor

Os resultados sumarizados são apresentados a seguir.

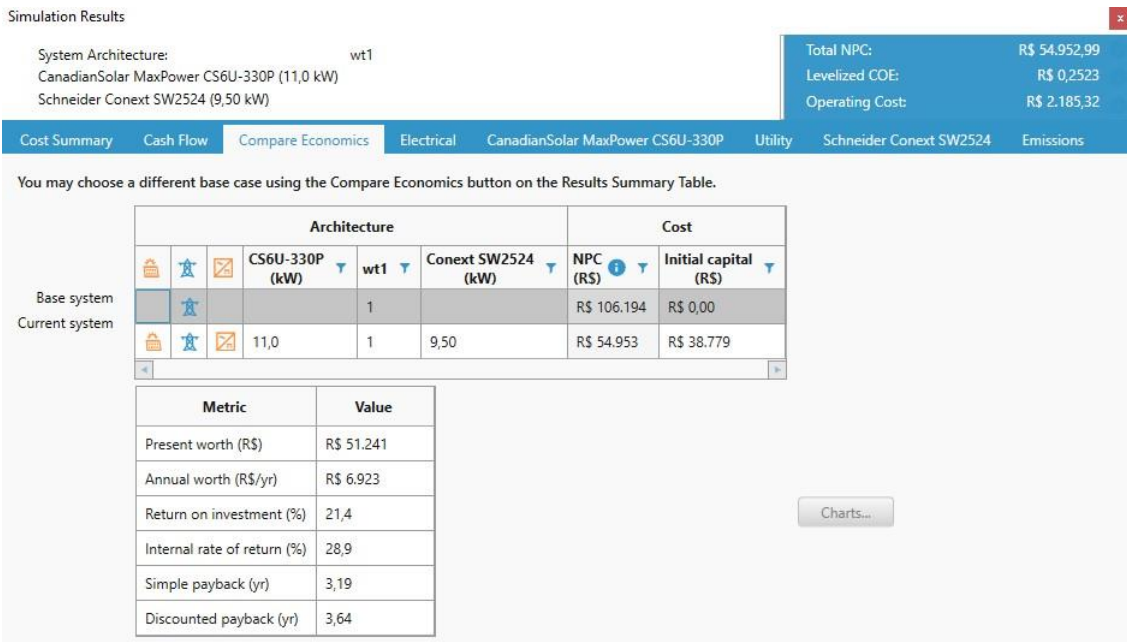
Figura 45: Resultados sumarizados - 150km/dia.



Fonte: Autor

A figura a seguir apresenta uma comparação do melhor caso em relação ao caso do atendimento somente pela rede.

Figura 46: Comparação – 150km/dia



Fonte: Autor

A figura apresenta o balanço da produção de energia elétrica que é produzido pelo SFV e pela rede da concessionária.

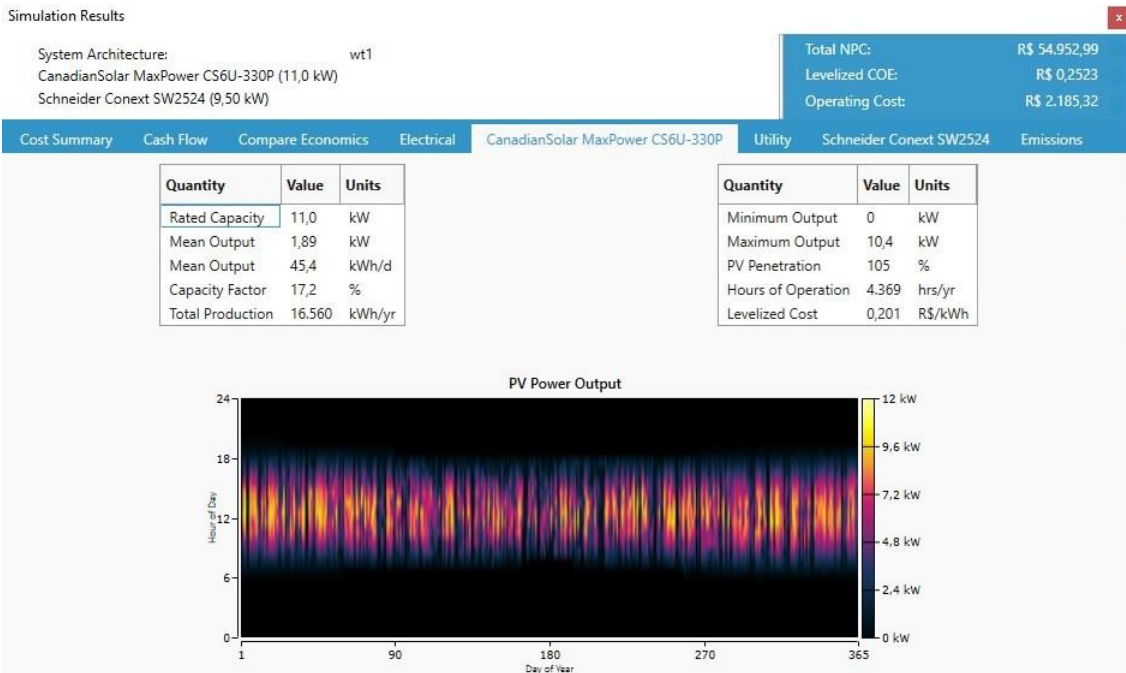
Figura 47: Produção de Energia – 150km/dia



Fonte: Autor

A figura a seguir apresenta as informações de operação do SFV.

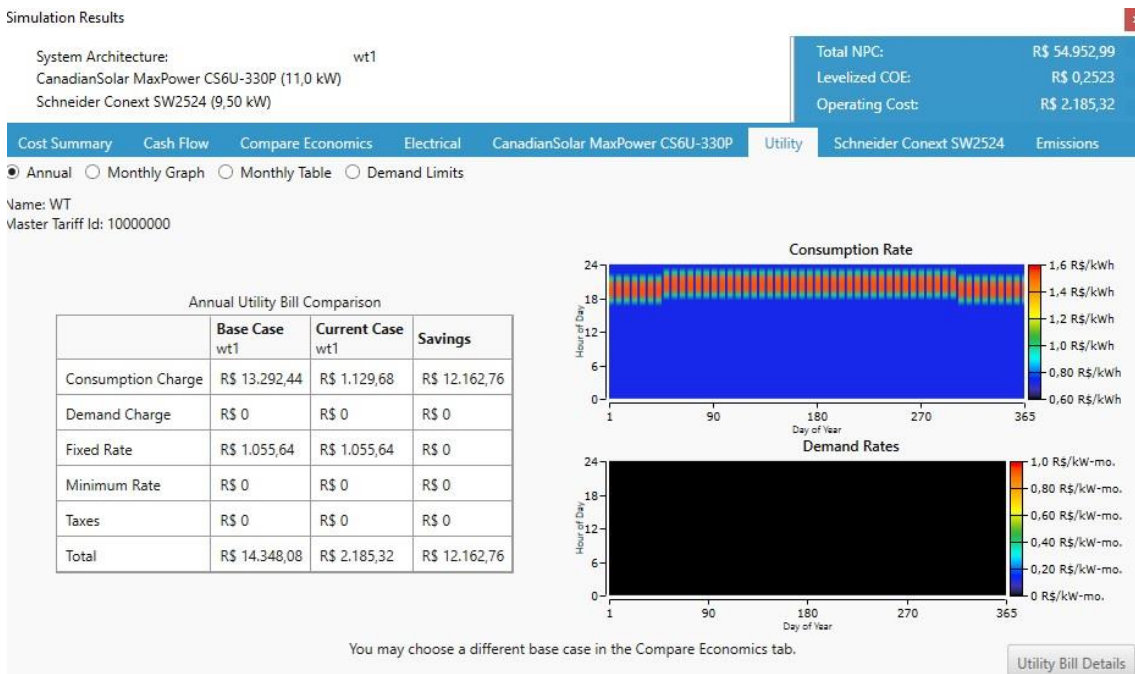
Figura 48: Operação do SFV – 150km/dia



Fonte: Autor

A figura a seguir apresenta o balanço da fatura de energia para o ano inteiro.

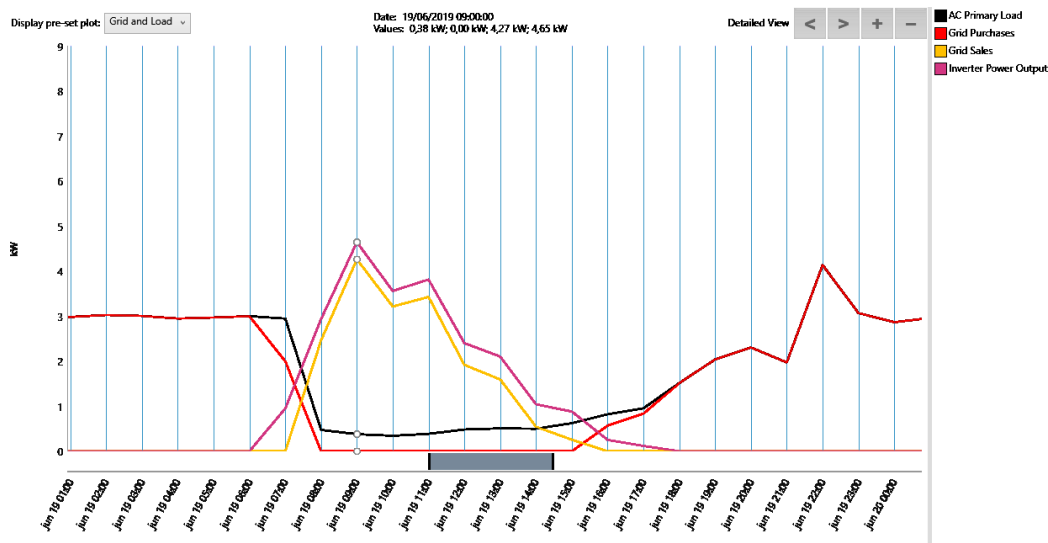
Figura 49: Fatura de Energia – 150km/dia



Fonte: Autor

Por fim tem-se a operação do sistema para um dia qualquer conforme apresentado na figura a seguir.

Figura 50: Dia qualquer – 150km/dia



Fonte: Autor

5.3 Cenário 3 - Análise de viabilidade econômica de uma *smart home* com *GD On Grid* e veículo elétrico como carga.

Este último caso considera a utilização da bateria do EV para abastecer parte da carga. Devido ao fato do Homer Grid não possuir EVs como componentes, optou-se por simular apenas a bateria do EV. A fim de simplificação é considerado que para o caso de 30km/dia do uso do EV o restante de energia, ainda na bateria quando o indivíduo chega em casa é de 34,55 kWh, no entanto, a bateria só será utilizada para ajudar a abastecer a carga durante os horários de ponta e intermediário que são os postos mais caros da tarifa.

Este período de tempo demanda aproximadamente 9 kWh de energia que simulará a bateria do EV. Outro fator importante é que será mantida a carga do EV de carregamento (5,45 kWh) previamente utilizada a final de contas, o sistema deverá compensar a energia gasta do EV devido a quilometragem do dia a dia. Os resultados obtidos podem ser visualizados a seguir, por fim manteve-se o mesmo sistema utilizado anteriormente para esta quilometragem.

5.3.1 Caso 1 - 30km/dia

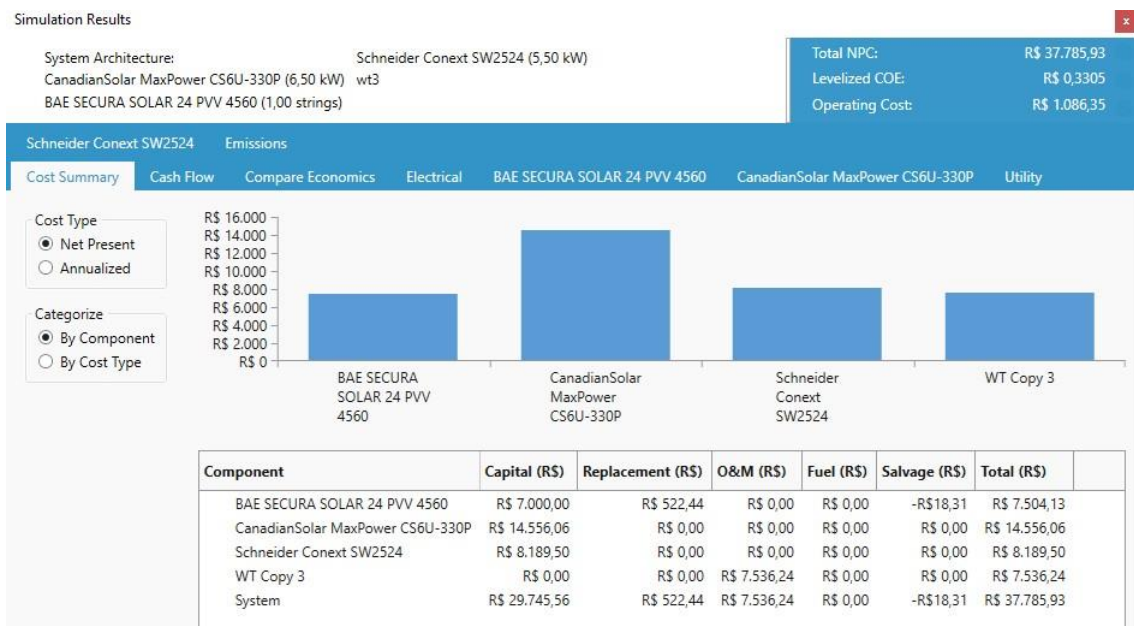
Figura 51: Resumo dos resultados – 30km/dia

Architecture				Cost				System		Compare Economics			
CS6U-330P (kW)	BAE PVV 4560	wt3	Conext SW2524 (kW)	NPC (R\$)	COE (R\$)	Operating cost (R\$/yr)	Initial capital (R\$)	Ren Frac (%)	IRR (%)	Simpli	Utility Bill Savings (R\$/yr)	Total Bill Savings (R\$)	
6,50	1	1	5,50	R\$ 37.786	R\$ 0,331	R\$ 1.086	R\$ 29.746	60,2	24	3,7	R\$ 8.104	R\$ 59.977	
6,50		1		R\$ 37.094	R\$ 0,309	R\$ 1.939	R\$ 22.746	58,8	29	3,2	R\$ 7.183	R\$ 53.165	
		1		R\$ 67.514	R\$ 1,05	R\$ 9.122	R\$ 0,00	0			R\$ 0	R\$ 0	
	1	1	5,50	R\$ 76.312	R\$ 1,19	R\$ 8.258	R\$ 15.190	0			R\$ 916,72	R\$ 6.785	

Fonte: Autor

Os resultados sumarizados são apresentados a seguir.

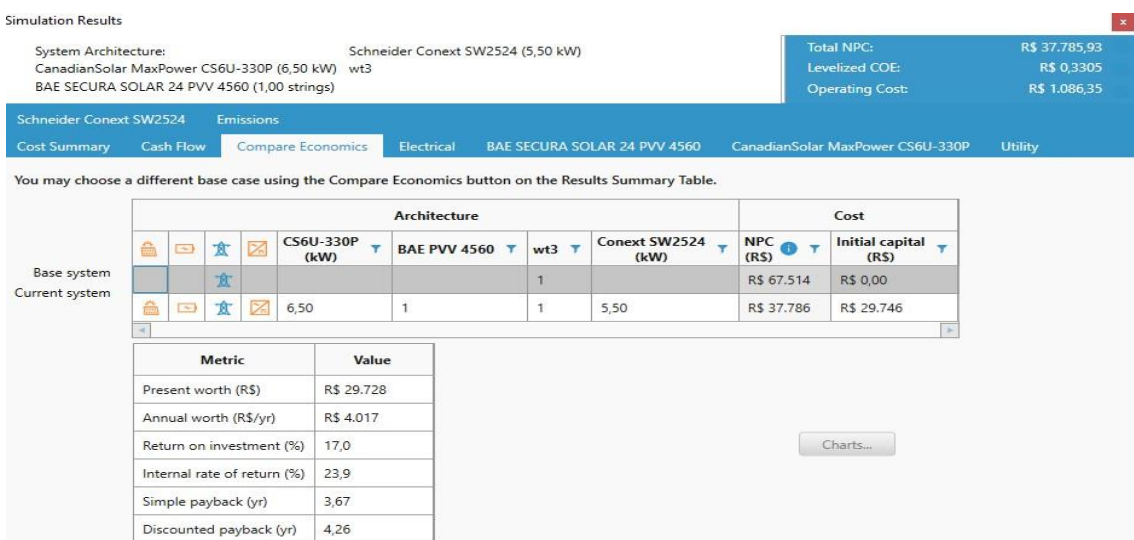
Figura 52: Resultados sumarizados – 30km/dia



Fonte: Autor

A figura a seguir apresenta uma comparação desta alternativa em relação a energia fornecida somente pela concessionária.

Figura 53: Comparação – 150km/dia



Fonte: Autor

A figura a seguir apresenta o balanço de produção de energia elétrica gerada pelo SFV e fornecida pela concessionária.

Figura 54. Produção de Energia – 30km/dia



Fonte: Autor

A figura a seguir apresenta a operação da bateria ao longo do tempo de projeto.

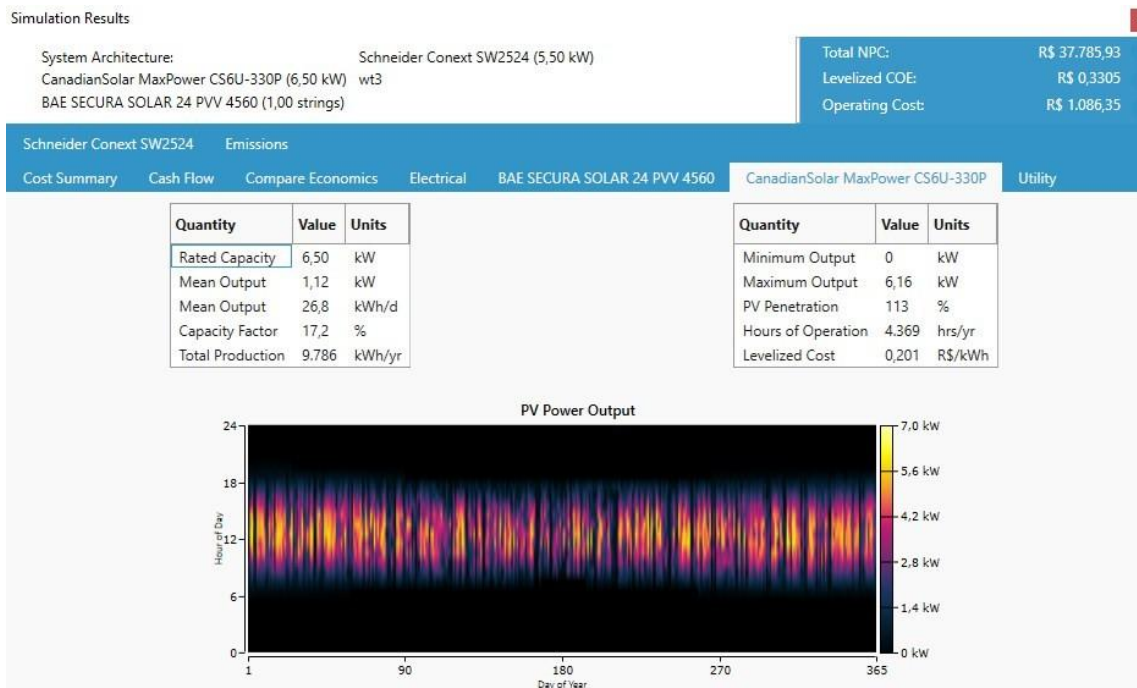
Figura55: Operação da bateria – 30km/dia



Fonte: Autor

A figura a seguir apresenta as informações de operação do SFV.

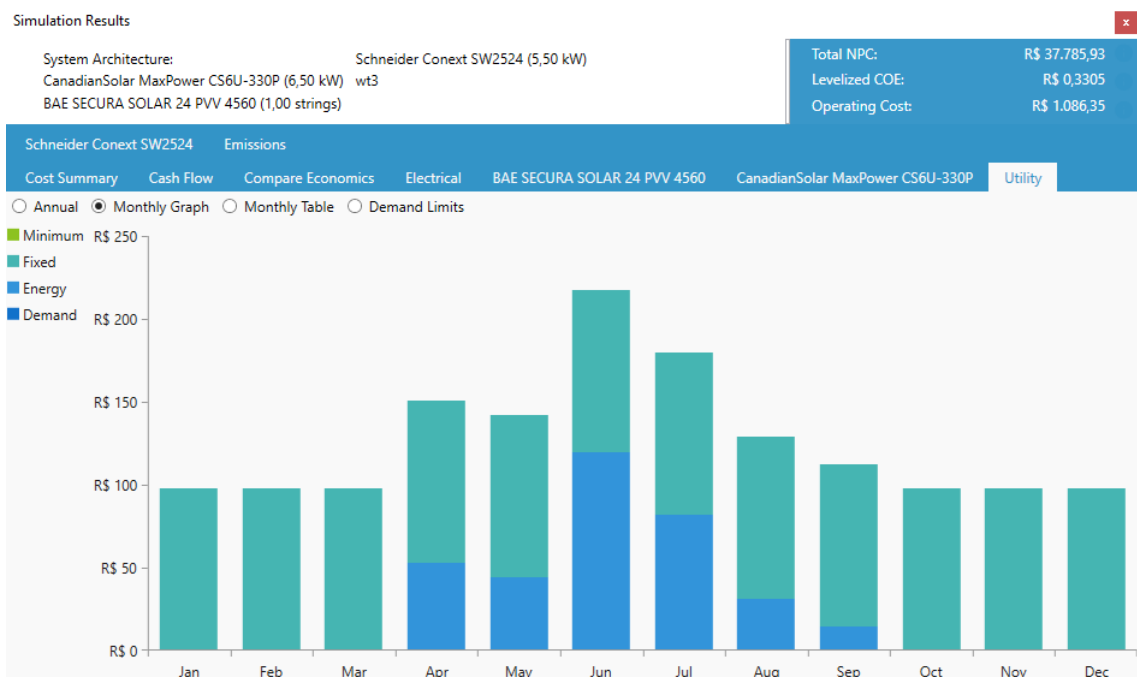
Figura 56: Operação do SFV.



Fonte: Autor

A figura a seguir apresenta o balanço da fatura de energia da UC para o ano inteiro.

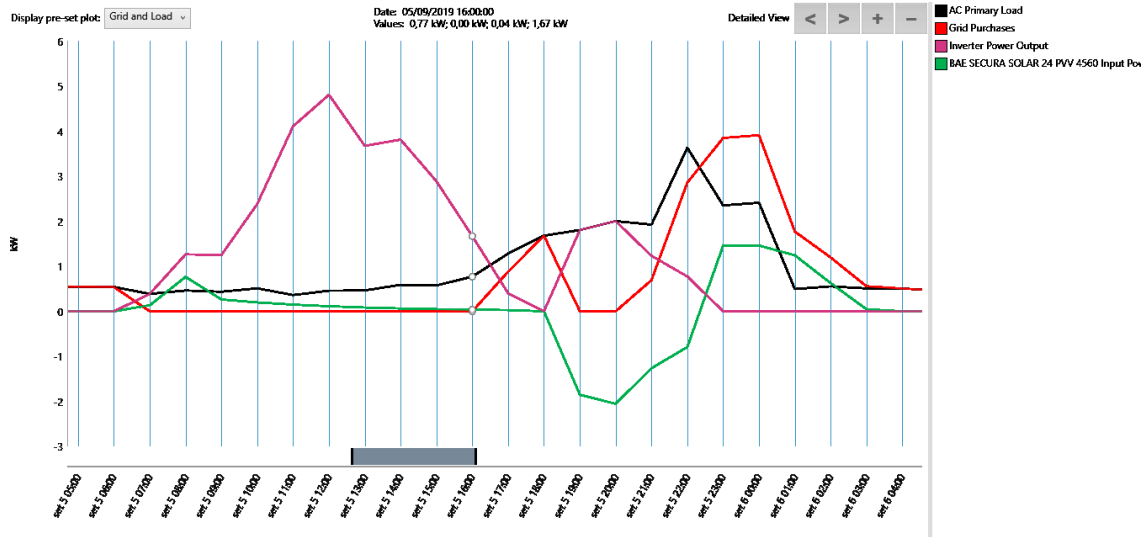
Figura 57: Fatura de Energia – 30km/dia



Fonte: Autor

Por fim, tem-se a operação do sistema para um dia qualquer conforme apresentado na figura a seguir.

Figura 58: Dia qualquer – 30km/dia



Fonte: Autor

5.3.2 Caso 2 - 150km/dia

Neste caso é utilizada a mesma bateria para auxiliar nos períodos de ponta e intermediário, no entanto, como a quilometragem do EV mudou, tem-se mais energia a ser recarregada na bateria, assim sendo, mais carga a ser demandada. Optou-se por utilizar a mesma bateria do caso anterior devido ao fato de que quando o EV chega em casa o montante de energia remanescente é de aproximadamente 15 kWh, logo, teoricamente a bateria conseguiria suprir parte dos 9kWh demandada nos períodos de ponta e intermediário. Por fim manteve-se o mesmo SFV encontrado anteriormente para esta quilometragem. Os resultados encontrados são apresentados a seguir.

Figura 59: Resumo dos resultados – 150 km/d

Architecture				Cost				System		Compare Economics		
CS6U-330P (kW)	BAE PVV 4560	wt3	Conest SW2524 (kW)	NPC (R\$)	COE (R\$)	Operating cor (R\$/yr)	Initial capital (R\$)	Ren. Frac (%)	IRR (%)	Simpi	Utility Bill Savings (R\$/yr)	Total Bill Savings (R\$)
6,50	1	1	5,50	R\$ 37.786	R\$ 0,331	R\$ 1.086	R\$ 29.746	60,2	24	3,7	R\$ 8.104	R\$ 59.977
6,50		1	5,50	R\$ 37.094	R\$ 0,309	R\$ 1.939	R\$ 22.746	58,8	29	3,2	R\$ 7.183	R\$ 53.165
		1		R\$ 67.514	R\$ 1,05	R\$ 9.122	R\$ 0,00	0			R\$ 0	R\$ 0
	1	1	5,50	R\$ 76.312	R\$ 1,19	R\$ 0.258	R\$ 15.190	0			R\$ 916,72	R\$ 6.785

Fonte: Autor

Os resultados sumarizados são apresentados a seguir.

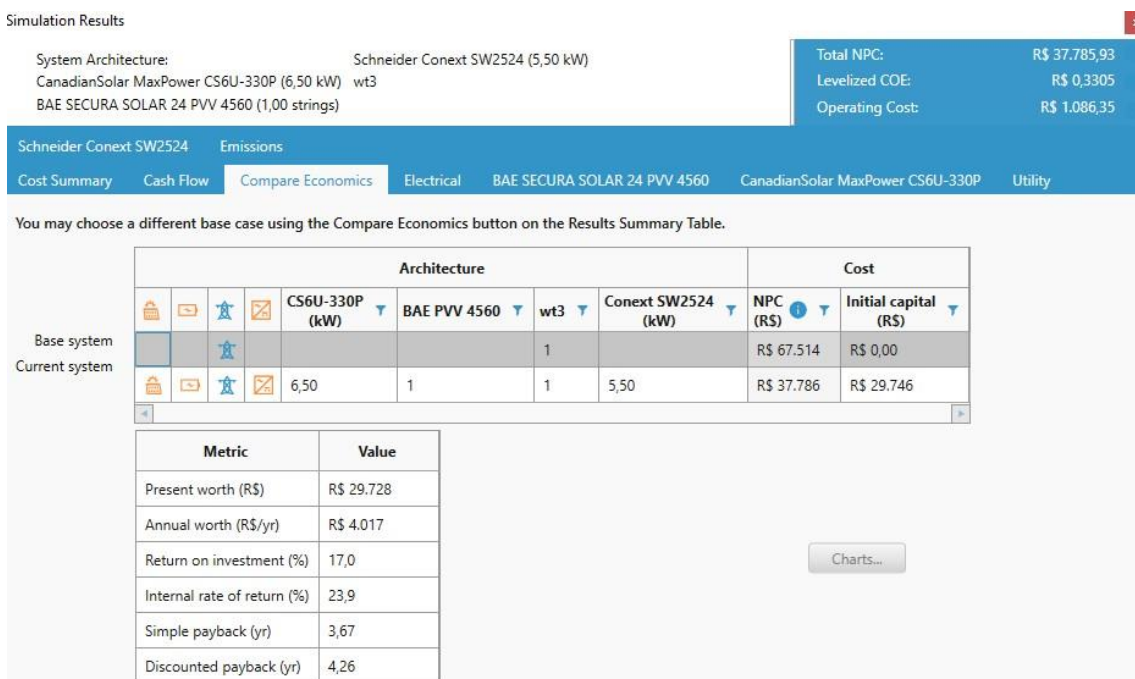
Figura 60: Resultados sumarizados – 150 km/dia



Fonte: Autor

A figura a seguir apresenta uma comparação desta alternativa em relação ao caso do atendimento somente pela concessionária de energia.

Figura 61: Comparativo – 150km/dia



Fonte: Autor

A figura a seguir apresenta o balanço de produção de energia elétrica gerada pelo SFV e fornecida pela concessionária de energia.

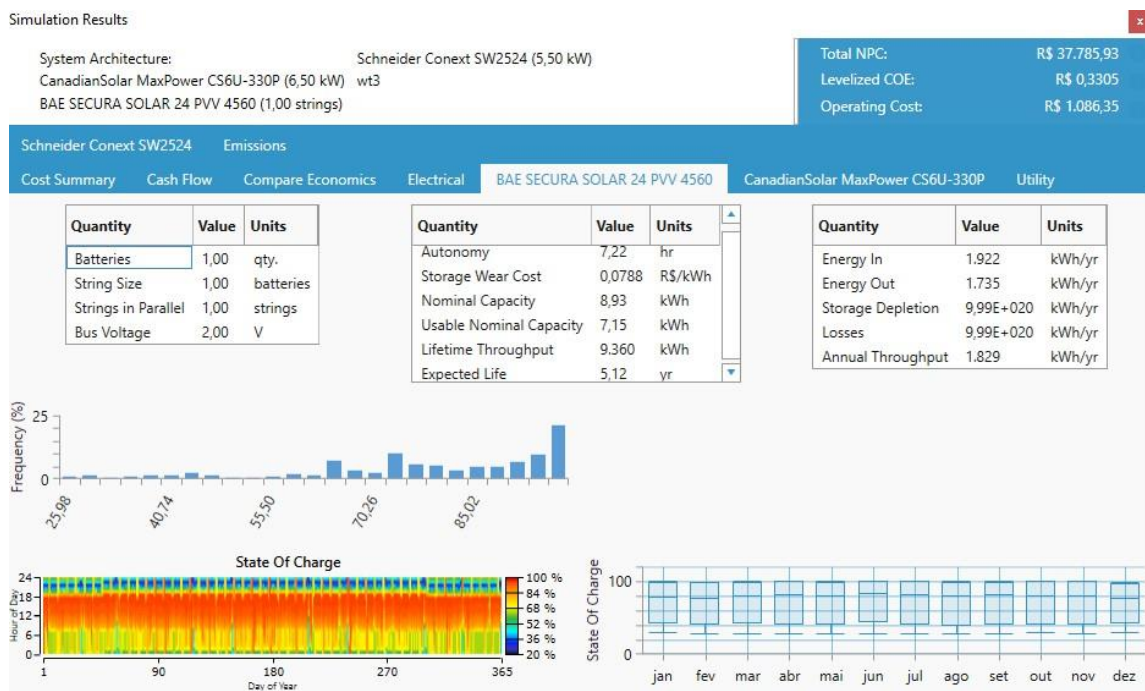
Figura 62: Produção de Energia – 150km/dia



Fonte: Autor

A figura a seguir apresenta a operação da bateria ao longo do tempo de projeto.

Figura 73: Bateria – 150km/dia



Fonte Autor

A figura a seguir apresenta as informações do SFV

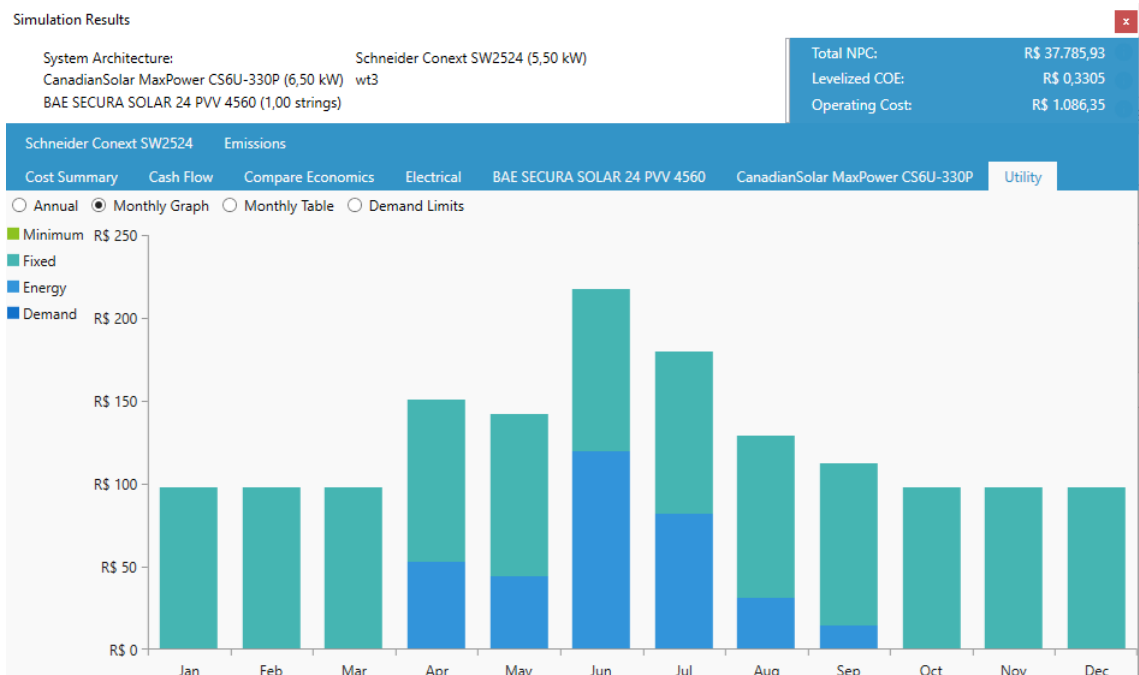
Figura 64: Operação do SFV – 150km/dia



Fonte: Autora

A figura a seguir apresenta um balanço da fatura de energia da UC para um ano inteiro.

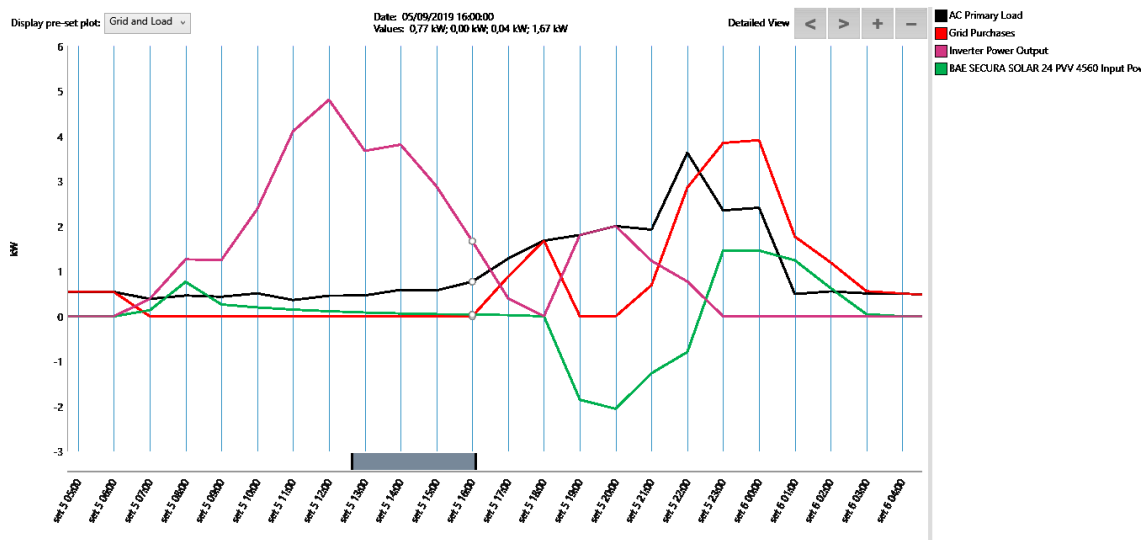
Figura 65: Fatura de Energia – 150km/dia



Fonte: Autor

Trata-se a operação do sistema para um dia qualquer.

Figura 66: Dia qualquer – Cenário 3 (150km/dia)



Fonte: Autor

Por fim, segue tabela ilustrativa para melhor compreensão dos resultados.

Tabela 4 – Comparativo de resultados entre cenários 1, 2 e 3.

CENÁRIOS	KM/DIA	NPC (R\$)	COE (R\$)	OPERATING COST (R\$)
Cenário 1	30	R\$ 66.628,00	R\$ 1,04	R\$ 9.002,00
Cenário 2	30	R\$ 36.206,00	R\$ 0,30	R\$ 1.818,66
Cenário 3	30	R\$ 37.785,00	R\$ 0,33	R\$ 1.086,35
Cenário 1	150	R\$106.194,00	R\$ 0,91	R\$ 14.348,00
Cenário 2	150	R\$ 54.952,99	R\$ 0,25	R\$ 2.185,32
Cenário 3	150	R\$ 37.785,93	R\$ 0,33	R\$ 1.086,35

CONCLUSÃO

O atendimento do atendimento da carga da smart home +EV para o perfil de 30 km diário, equivale à R\$ 66.625,00 ao longo do tempo do projeto, foi possível analisar que a inserção da GD nesta UC possibilitou reduzir este valor de NPC a praticamente metade, pois o novo valor de NPC foi de R\$ 36.206,00, assim sendo, pode-se concluir que a utilização de GD nesta UC é atrativa.

Outro ponto importante foi a simulação da parte da capacidade da bateria do EV para atendimento parcial da carga em postos ponta e intermediário da UC em questão, este processo é chamado de V2G, foi visualizado que o NPC do projeto considerando a adição da bateria de 9 kWh foi pouco significativo em comparação a utilização somente de GD, enquanto que o custo do investimento (considerando que a bateria de 9kWh fosse estacionária, sendo assim, considerando valor da mesma em R\$ por kWh) se mostrou certa de 30% maior, quanto aos valores de economias geradas, o projeto considerando a bateria teve valores superiores, no entanto o tempo de payback também é maior, em resumo, mesmo apresentando alguns índices melhores, o baixo impacto do uso da bateria do EV no NPC não justifica o custo de 30% a mais no capital inicial do mesmo.

Já para o caso com perfil de quilometragem de 150 km diário, obteve-se que o custo do NPC desta carga com atendimento somente pela rede é de R\$ 106.104,00. Considerando a inserção de GD este valor também é reduzido pela metade, totalizando um NPC de R\$ 54.953,00 ao final do tempo de projeto. O custo deste investimento em relação a rede é de R\$ 38.779,00 com um payback de 3,2 anos, o que representa um investimento atrativo.

Já para o último caso, considerando V2G, o caso é análogo ao caso anterior, onde tem-se que utilização da bateria apresenta melhoras nos valores de economias anuais, e conseqüentemente na economia final, no entanto tais valores não conseguem viabilizar o valor frente ao projeto final do NPC que por sua vez é levemente maior, novamente tem-se que a utilização da bateria do EV (considerando-a estacionária para fins de simulação) não vem a ser muito atrativa em relação ao caso somente com GD.

REFERÊNCIAS

AMSTERCHEM. **ScanIt**. Espanha, 2016. Disponível em: <<http://www.amsterchem.com/scanit.html>>. Acesso em: 15 de maio de 2020.

ALELAF M. De Fraia A. **Mercedes-bens blue efficiency. bisus** 2s 2011.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Micro e minigeração distribuída: sistema de compensação de energia elétrica**. Brasília, 2014a. Disponível em: Acesso em: 02 jun. 2020.

BARAN, Renato; LEGEY, L. F. L. **Veículos elétricos: história e perspectivas no Brasil**. Automotivo, BNDES Setorial 33, p. 207-224. 2013. Disponível em:<https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/1489/1/A%20BS%2033%20Ve%C3%ADculo%20el%C3%A9tricos%20-%20hist%C3%B3ria%20e%20perspectivas%20no%20Brasil_P.pdf> Acesso em: 16 mai. 2020.

BOTURRA, C. P. **Veículos Elétricos**. Campinas: Editora da UNICAMP, 1989.

BRONDANI, Marcia de Fatima. **Modelagem Matemática do Tempo de Vida de Baterias de Lítio Íon Polímero utilizando Algoritmos Genéticos**. Dissertação (mestrado). Universidade Regional do Noroeste do estado do Rio Grande do Sul – UNIJUI, 2012.

Boris Feldman. **Qual a diferença entre híbrido, plug-in e elétrico**. Autopapo. 15 dez. 2017. Disponível em: Acesso em: 29 mai. 2020.

CALLAI, L., BERNARDON, D., ABAIDE, A. **Impacto da microgeração e da tarifa branca nos sistemas de baixa tensão**. In: O Setor Elétrico, Edição 99, Abr. 2014. Disponível em: . Acesso em: 01 Mai. 2020.

CASTRO, B. H. R. d., BARROS, D. C., VEIGA, S. G. **Baterias automotivas: panorama da indústria no Brasil, as novas tecnologias e como os veículos elétricos podem transformar o mercado global**. In: BNDES Setorial 37, Automotivo, p. 443 – 496, Mar. 2013.

CONSONI, Flávia. **Na direção da eletromobilidade: uma transição possível?** 2019.

FALCÃO, D. M. **Por que precisamos de redes elétricas mais inteligentes?** Rio Grande do Sul, ago. 2014. Disponível em: <http://w3.ufsm.br/rei/files/rei2014-plenaria-djalma_falcao.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2020.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. **Carros elétricos**. Accenture, n. 7, 122 p. Rio de Janeiro, RJ, 2017.

GUARNIERI, M. **Looking back to electric cars**. IEEE History of Electro - Technology Conference: The Origins of Electrotechnologies, HISTELCON, p. 1–6, 2012.)

GEELS, F.W. **Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study**. Research Policy, v.31, n.8/9, p.1257–1274, 2015.

IEA, 2017, Global EV Outlook 2017: **two million and counting, [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/GlobalEVO Outlook2017.pdf>**Acesso em 05 de jun. de 2020.

J. P Sausen, **Análise do Carregamento de Veículos Elétricos na Curva de Carga do Transformador de Distribuição**. Univ. Federal of Santa Maria, Santa Maria, 2017.

LUCON J. G. O. Energias renováveis: um futuro sustentável. **REVISTA USP**, São Paulo, n.72, p. 6-15, fevereiro 2017.

MOLINA, Mario & MOLINA, Luisa T. **“Megacities and Atmospheric Pollution”**, in **J. Air & Waste Management Association**, 54, 2004, pp. 644-80.

MACEDO, Isaías. **“O Ciclo da Cana-de-açúcar e Reduções Adicionais nas Emissões de CO2 Através do Uso como Combustível da Palha da Cana”**, in

Inventário de Emissões de Gases Efeito Estufa, Report to the International Panel on Climate Change (IPCC). Brasil, Ministério de Ciência e Tecnologia, Mar/2010.

MITSHUBISHI. **I-MiEV.** Portugal, 2015. Disponível em: . Acesso em: 29 de maio 2020.

MOREIRA, Bruno. **Eletricidade a serviço do transporte.** In: O Setor Elétrico, Edição 94, Nov. 2013. Disponível em: <https://www.osetoreletrico.com.br/eletricidade-a-servico-do-transporte/>. Acesso em: 01 Mai. 2020.

Queiroz. P. V **Mensuração do consume de energia elétrica: algoritmo para detecção de potenciais usuários de acumulações como alternativa para deslocamento de carga.** Dissertação de Mestrado PUC. Rio de Janeiro, 2011.

REVISTA AUTOESPORTE. **Consumo do carro Elétrico.** Disponível em: <https://revistaautoesporte.globo.com/Noticias/noticia/2019/10/quanto-custa-carregar-um-carro-eletrico-em-casa.html> Acesso em: 06 de jun. de 2020.

REVISTA EDUCAÇÃO AUTOMOTIVA Disponível em: <https://educacaoautomotiva.com/2018/07/16/carros-eletricos-ecologicamente-corretos/> Acesso em: 08 de jun. de 2020.

REVISTA QUATRO RODAS.
<https://www.assine.abril.com.br/portal/assinar/revista-quatro-rodas>

SALDIVA, P. H. N. et al., 2013, **Avaliação do impacto da poluição atmosférica no Estado de São Paulo sob a visão da saúde, Instituto Saúde e Sustentabilidade**, São Paulo, Brasil, p. 82.7

SILVA, Nuno. **Smart grids e veículos elétricos: experiências em Portugal.** In: O setor Elétrico, n. 75, p. 26-35, abr. 2012. Disponível em: . Acesso em: 2 jun. 2020.

OICA (2019) **International Organization of Motor Vehicle Manufacturers.** Disponível em: http://www.oica.net/wp-content/uploads/total_sales_2018.pdf. Acesso em: 06 de jun. de 2020.