



Latin American Journal of Energy Research – Lajer (2024) v. 11, n. 2, p. 144–160
<https://doi.org/10.21712/lajer.2024.v11.n2.p144-160>

Análise técnica e econômica entre veículos elétricos e veículos a combustão interna

Technical and economic analysis between electric vehicles and internal combustion vehicles

Fabrizio Cristiano Pangoni^{1,*}, Ramon Eduardo Pereira Silva²

¹ Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Eficiência Energética e Sustentabilidade – Curso de Mestrado Profissional, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS, campus Campo Grande, MS, Brasil

² Professor do Programa de Pós-Graduação em Eficiência Energética e Sustentabilidade - Curso de Mestrado Profissional, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS, campus Campo Grande, MS, Brasil

*Autor para correspondência, E-mail: fabriciopangoni@gmail.com

Received: 12 July 2024 | Accepted: 18 December 2024 | Published online: 26 December 2024

Resumo: Este artigo apresenta um estudo de caso para uma família com residência na cidade de Campo Grande – MS em que é feita uma proposta técnica e econômica comparativa entre a utilização de veículos a combustão interna (VCI) e veículos elétricos (VE), modelos 2023, em 4 categorias diferentes. O Caso 1 envolve a análise dos subcompactos Fiat Mobi Like e Jac e-JS1. O Caso 2, os compactos Hyundai HB20 Sense e Peugeot E-208 GT. O Caso 3, os médios Nissan Versa Sense e BYD Dolphin GS 180EV. O Caso 4 para os grandes Nissan Leaf Tekna e Toyota Corolla Cross XR 20. Também, é analisado a hipótese da utilização ou não de um sistema fotovoltaico conectado à rede (SFVCR). Foram criados 3 cenários de utilização baseados na distância diária percorrida, sendo 10%, 50% e 100% da autonomia do VE. Os resultados alcançados mostram que, em cada categoria pesquisada, a viabilidade dos veículos elétricos está condicionada à distância diária percorrida para que o seu menor custo operacional compense o maior custo com a aquisição do veículo se comparado ao veículo a combustão interna.

Palavras-chave: análise técnica; análise econômica; veículo elétrico; mobilidade elétrica.

Abstract: This article presents a case study for a family living in the city of Campo Grande – MS in which a technical and economic comparative proposal is made between the use of internal combustion vehicles (VCI) and electric vehicles (EV), 2023 models, in 4 different categories. Case 1 involves the analysis of the Fiat Mobi Like and Jac e-JS1 subcompacts. Case 2, the compact Hyundai HB20 Sense and Peugeot E-208 GT. Case 3, the midsize Nissan Versa Sense and BYD Dolphin GS 180EV. Case 4 for the large Nissan Leaf Tekna and Toyota Corolla Cross XR 20. The hypotheses of using or not using a photovoltaic system connected to the grid (SFVCR) and 3 scenarios based on the daily distance covered by the EV are analyzed, being 10%, 50% and 100% of its autonomy. The results achieved show that, in each category researched, the viability of electric vehicles is conditioned by the daily distance traveled so that their lower operating cost compensates for the higher cost of purchasing the vehicle compared to internal combustion vehicles.

Keywords: technical analysis; economic analysis; electric vehicle; electric mobility.

1 Introdução

Os veículos elétricos (VE) têm sido implementados ao redor do mundo como solução para a redução das emissões dos gases do efeito estufa para veículos de transporte de pessoas, conforme o acordo de Paris de 2015, em que tem sido proposto a substituição dos atuais veículos a combustão interna (VCI) pelos VE (Nealer et al., 2015).

Para sua aceitação no mercado, vários países têm implementado medidas de incentivos econômicos para a aquisição dos veículos elétricos pelo consumidor, entre os quais a isenção de taxas de importação, o bônus ambiental que se reverte em desconto para a aquisição do veículo, a revisão do regime tributário

de veículos, sendo reduzidos os valores com registro de veículos e licenciamento, a possibilidade de utilização das faixas do transporte público, estacionamentos exclusivos, estações de recarga públicas e isenção de pagamento de pedágios em rodovias (Vieira et al., 2021).

Segundo notícia veiculada por R7 (2023), no Brasil, porém, ainda não foram promulgadas leis federais, estaduais e municipais com incentivos econômicos para os VEs, tais como redução no Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores (IPVA), Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) e Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI). Segundo relatórios de 2022 até setembro de 2023 da ANFAVEA (2023), os VEs são 0,46% do total de automóveis e comerciais leves licenciados no Brasil.

Conforme Vieira et al. (2021), uma das preocupações dos consumidores referentes aos veículos elétricos são: o custo elevado para aquisição, falta de infraestrutura para recarga e autonomia do veículo. Sendo que o custo elevado tem um fator impeditivo na substituição da frota de VCIs por VEs.

Dado o custo maior de aquisição dos VEs, que é um dos fatores decisórios na implementação da nova tecnologia e dado sua maior eficiência em comparação aos VCIs, esse trabalho se propôs a estudar essa relação, analisando a viabilidade econômica em pares de veículos em 4 categorias diferentes: os subcompactos, compactos, médios e grandes conforme classificação do INMETRO (2023b).

Outros autores investigaram sobre esse tema, com análises de custos de operação do veículo (Antunes, 2018; Andrade, 2022; Galeski, 2023; Dutra, 2020; Pezerico, 2020), alguns apresentaram a solução com a utilização de sistema fotovoltaico para fornecer energia ao VE (Casagrande Junior et al. 2019; Thomé, 2021; Pezerico, 2020; Lucca, 2021; Sousa et al., 2022; Zanella, 2022; Oliveira et al., 2018) e para a análise financeira utilizaram VPL, TIR e Payback (Cavalcante Júnior & Couras, 2021; Sousa et al., 2022; Zanella, 2022; Félix, 2021; Coimbra et al., 2020). As conclusões dos autores variam sobre a utilização do VE ser mais vantajosa ou não do que o VCI.

Assim, esse trabalho tem o objetivo geral de contribuir para a economia e ser um guia decisório para os consumidores que tem se interessado pelos VE e para a sustentabilidade pela substituição de veículos a combustão interna por veículos elétricos alimentados por geração renovável fotovoltaica.

2 Metodologia de análise

A pesquisa quanto ao procedimento de coleta de dados se caracteriza como um Estudo de Caso. Fizeram-se levantamentos bibliográficos em livros, normas técnicas, em artigos científicos, em dissertações, resoluções, leis e outros materiais. Desta forma, informações relevantes sobre o tema foram adquiridas, para que as obtenções de dados e recomendações de procedimentos técnicos fossem adequados. Com a busca por informações relevantes em outros trabalhos, obteve-se auxílio sobre o tema em estudo, sendo esses, portanto, fontes de dados secundários. A pesquisa teve caráter interdisciplinar, pois integrou informações, dados, técnicas, perspectivas, conceitos e teorias de engenharia elétrica, física, eficiência energética, entre outros, na busca de análises e soluções da pesquisa. Foram realizadas visitas in loco para caracterizar o ambiente de estudo, além de se verificar as condições da instalação elétrica do local e determinação do SFVCR.

2.1 Cenários, hipóteses, delimitação do período

A Tabela 1 mostra os 4 casos e 3 cenários de estudo, baseados na autonomia de 10%, 50% e 100% do VE, conforme dados do INMETRO (2023a), visto que isto influencia no consumo de energia, no tamanho do SFVCR e nos custos envolvidos. Foram consideradas 4 hipóteses para o combustível: gasolina, etanol, energia elétrica proveniente da concessionária Energisa MS e a utilização do SFVCR. As categorias dos veículos foram definidas conforme INMETRO (2023b).

Foi considerado o período de análise de 96 meses, iniciado em agosto de 2023, pois a vida útil das baterias está projetada entre 150 mil km a 200 mil km ou 96 meses (Motor Passion, 2022; Nissan 2023a).

Tabela 1 – Dados de consumo e geração de energia elétrica (EE) para os 4 cenários estudados. Sendo, C.: Caso. Et: Etanol; G: Gasolina; El: Eletricidade; SFVCR: Sistema fotovoltaico conectado à rede. VE: Veículo elétrico. VCI: Veículo a combustão interna.

C.	Categoria	Veículo	Tipo	Cenários (km)			Hipótese				
				1	2	3	1	2	3	4	
1	Sub Compacto	<i>Fiat Mobi Like</i>	VCI	16,1	80,5	161	G	Et			
		<i>Jac e-JSI</i>	VE						El	El + SFVCR	
2	Compacto	<i>Hyundai HB20 Sense</i>	VCI	22	110	220	G	Et			
		<i>Peugeot E-208 GT</i>	VE						El	El + SFVCR	
3	Médio	<i>Nissan Versa Sense</i>	VCI	29,1	145,5	291	G	Et			
		<i>BYD Dolphin GS 180EV</i>	VE						El.	El + SFVCR	
4	Grande	<i>Toyota Corolla Cross XR 20</i>	VCI	19,2	96	192	G	Et			
		<i>Nissan Leaf Tekna</i>	VE						El	El + SFVCR	

2.2 Caracterização do ambiente de estudo

O local estudado é uma residência localizada no bairro Nova Campo Grande em Campo Grande, MS, onde moram 2 pessoas e uma área de 794 m², em que a área da casa com as seguintes coordenadas, latitude -20.458075°e longitude -54.692725°. Possui um consumo médio de 181 kWh, baseado nas faturas de energia elétrica de janeiro de 2022 a dezembro de 2023.

2.3 Caracterização dos veículos

Foram utilizados os dados de consumo dos veículos disponibilizados pelo INMETRO (2023a) e estão mostrados na Tabela 2. A autonomia considerada foi de 45% para uso em estrada e 55% na cidade.

Tabela 2 – Dados de consumo dos veículos, Et: Etanol; G: Gasolina; El: Eletricidade; CE: Consumo energético; Aut.: autonomia.¹ km/l equivalente.

Veículo	Cidade (km/l)			Estrada (km/l)			CE (MJ/km)	Aut. (km)
	Et	G	El ¹	Et	G	El ¹		
<i>Fiat Mobi Like</i>	9,6	13,5		10,4	15,0		1,50	
<i>Jac e-JSI</i>			40,9			30,3	0,57	161
<i>Hyundai HB20 Sense</i>	9,6	13,3		10,4	14,6		1,52	
<i>Peugeot E-208 GT</i>			37,8			30,8	0,59	220
<i>BYD Dolphin GS 180EV</i>			51,9			43,5	0,42	291
<i>Nissan Versa Sense</i>	7,9	11,5	-	10,2	14,7		1,70	
<i>Nissan Leaf Tekna</i>			38,7			31,9	0,58	192
<i>Toyota Corolla Cross XR 20</i>	8,2	11,7		9	13		1,76	

2.4 Dimensionamento do SFVCR

Para a Hipótese 4, foi considerada a utilização do painel fotovoltaico *Empalux MF00500* que possui uma potência pico de 500 Wp segundo STC. O SFVCR tem um azimute de 3° com inclinação do telhado de 15°. Foi utilizado o programa *Solar Edge Designer* para o dimensionamento do SFVCR. Foi considerada a curva de carga “residência com uma ou duas pessoas” como consumo típico diário para a residência que está mostrada na Figura 1. Assim, foi considerada a simultaneidade entre a geração e o consumo instantâneo realizado pela residência no valor de 66,83 kWh.



Figura 1 – Curva de carga típica adotada para a residência para os sistemas fotovoltaicos.

2.5 Custo da energia elétrica

Para a análise dos gastos com energia elétrica, fez-se os cálculos de faturamento para o Grupo B, classe residencial e para a Hipótese 4, a utilização da geração distribuída tipo II (GD II). Para a determinação da taxa de atualização monetária, foi feito o levantamento das tarifas de energia elétrica para clientes residenciais B1 da Energisa MS consultando os relatórios presentes na página da ANEEL (2023), desde 2019 até 2023. Foi utilizada a média aritmética do crescimento percentual da TUSD de 13,32% e TE de 4,96%. Os valores são atualizados em abril de cada ano nos reajustes tarifários e revisões tarifárias.

O Programa de Integração Social (PIS) e Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (COFINS), possuem uma média aritmética para o PIS de 1,0845% e COFINS de 4,999%, para os meses de janeiro de 2023 a agosto de 2023, conforme consta em Energisa MS (2023).

O imposto estadual de Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS), baseia-se no Decreto nº 9.203, de 18 de setembro de 1998 de Mato Grosso do Sul, que pode ser consultado em LEGISWEB (2022). Para a classe residencial, o ICMS cobrado depende do consumo: 17% para o consumo de 1 a 200 kWh; 20% para a faixa de 201 a 500 kWh; 25% com consumos superiores a 501 kWh.

A COSIP é um imposto municipal que para Campo Grande MS, obedece a Lei complementar nº 58 de 30 de setembro de 2003, na qual cria faixas de consumo com alíquotas que se refletem no custo total mensal do serviço de iluminação pública do município. Conforme notícia divulgada pela A Crítica (2017), em julho de 2016 o custo total do serviço (Cil) era de R\$ 369,03. E no final de 2022 o valor é de R\$ 466,00. Assim, no período de 6 anos houve um aumento de 3,965% anuais.

Foi considerada a bandeira tarifária verde.

Para o cálculo mensal da tarifa de energia elétrica cobrada do consumidor (T_{EE}), utiliza-se a Eq. (1), que foi enunciada conforme ANEEL (2016) e, posteriormente, alterada a incidência do ICMS de acordo a Brasil (2022a). Para o caso de haver geração distribuída na unidade consumidora, a Eq. (2) também é aplicada ao consumidor. O desconto da TE para o GD II é de 100% e a TUSD é calculada conforme a Eq. (3), os valores de $R_{(n)}$ estão contidos na Tabela 3

O custo total com energia elétrica foi calculada pela (4), sendo realizado o rateio entre o VE e a residência, conforme as Eqs. (5) e (6).

$$T_{EE(n)} = \frac{TUSD_{(n)} + TE_{(n)}}{(1 - PIS_{(n)} - COFINS_{(n)}) * (1 - ICMS_{(n)})} \quad (1)$$

$$T_{DGD(mn)} = I_{TUSD(mn)} \cdot TUSD_{(n)} + I_{TE(mn)} \cdot TE_{(n)} \quad (2)$$

$$I_{TUSD(n)} = \frac{1 - (R_{(n)} \cdot TUSDFIOB_{(n)})}{TUSD_{(n)}} \quad (3)$$

$$C_{EE(n)} = T_{EE(n)}E_{(n)} + E_{(n)}B_{Tarifária(n)} + COSIP_{(n)} + T_{DGD(n)}E_{Inj(n)} \quad (4)$$

$$C_{VEE(n)} = (E_{V(n)}/E_{(n)}) \cdot C_{EE(n)} \quad (5)$$

$$C_{REE(n)} = (E_{R(n)}/E_{(n)}) \cdot C_{EE(n)} \quad (6)$$

sendo

n : mês de referência;

m : tipo de geração distribuída. Podendo ser GD I, GD II ou GD III;

$B_{Tarifária(n)}$: Valor da bandeira tarifária cobrado do consumidor no mês n (R\$/kWh);

$C_{EE(n)}$: Custo com energia elétrica no mês n (R\$);

$COFINS_{(n)}$: Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social incidente no mês n (%);

$COSIP$: Imposto para a contribuição da iluminação pública (R\$);

$C_{VEE(n)}$: Custo com energia elétrica apropriado ao

$E_{R(n)}$: Energia elétrica consumida pela residência no mês n (kWh);

$ICMS_{(n)}$: Imposto Estadual de Circulação de Mercadorias e Serviços incidente no mês n (%);

$I_{TUSD(mn)}$: Desconto para a TUSD conforme o tipo de geração distribuída (%);

$PIS_{(n)}$: Programa de Integração Social incidente no mês n (%);

$T_{DGD(n)}$: Tarifa de acordo ao tipo de faturamento da geração distribuída (R\$/kWh).

$T_{EE(n)}$: Valor da tarifa cobrado do consumidor no

veículo no mês n (R\$);

$C_{REE(n)}$: Custo com energia elétrica apropriado a residência no mês n (R\$);

$E_{inj(n)}$: Energia injetada no mês n (kWh)

$E_{(n)}$: Energia elétrica consumida no mês n ; para o uso do sistema fotovoltaico foi denominada EGD. (kWh);

$E_{V(n)}$: Energia elétrica consumida pelo veículo no mês n (kWh);

mês n (R\$/kWh);

$TE_{(n)}$: Valor da Tarifa de Energia divulgado pela ANEEL para o mês n (R\$/kWh);

$TUSD_{(n)}$: Valor da Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição divulgado pela ANEEL para o mês n (R\$/kWh);

$TUSDFIOB_{(n)}$: Valor da componente da TUSD que compõem a Parcela B para o mês n (R\$/kWh).

Tabela 3 – Índice percentual incidente (R) sobre a componente de custo da tarifa de energia.

Ano	2023	2024	2025	2026	2027	2028
R	15%	30%	45%	60%	75%	90%

A Eq. (7) foi utilizada para os custos associados aos veículos. Para a residência, a Eq. (8). Para o custo inicial que também será o investimento inicial na análise financeira a Eq. (9). Para o custo total, a Eq. (10), o custo total acumulado, a Eq. (11) e o custo com combustível a Eq. (12).

$$C_{V(n)} = C_{VAq(n)} + C_{VInfr(n)} + C_{VEn(n)} + C_{VRev(n)} + C_{VIPVA(n)} + C_{VLic(n)} + C_{VSFVCR(n)} \quad (7)$$

$$C_{R(n)} = C_{RSFVCR(n)} + C_{REE(n)} \quad (8)$$

$$C_{I(n)} = C_{VAq(n)} + C_{VInfr(n)} + C_{AQS FVCR(n)} \quad (9)$$

$$C_{T(n)} = C_{V(n)} + C_{R(n)} \quad (10)$$

$$C_{TA(n)} = \sum_n^0 C_{T(n)} \quad (11)$$

$$C_{VC(n)} = P_n Q_n \quad (12)$$

sendo

n : mês de referência;

$C_{R(n)}$: Custo referente a residência no mês n (R\$).

$C_{RSFVCR(n)}$: Custo apropriado para o veículo com a aquisição e instalação do sistema fotovoltaico no mês n (R\$);

$C_{REE(n)}$: Custo de energia elétrica da residência no mês n (R\$).

$C_{T(n)}$: Custo total no mês n (R\$).

$C_{TA(n)}$: Custo total acumulado no mês n (R\$).

$C_{V(n)}$: Custo do veículo no mês n (R\$);

$C_{VAq(n)}$: Custo de aquisição do veículo que se aplica somente no mês 0 (R\$);

$C_{VC(n)}$: Custo do consumo do combustível no mês n (R\$);

$C_{VEn(n)}$: Custo com o consumo de energia pelo veículo no mês n (R\$).

$C_{VInfr(n)}$: Custo com a infraestrutura para a instalação da estação de recarga que se aplica somente no mês 0 (R\$);

$C_{VIPVA(n)}$: Custo com o IPVA no mês n (R\$);

$C_{VLic(n)}$: Custo com a taxa de Licenciamento do veículo no mês n (R\$);

$C_{VRev(n)}$: Custo com as revisões de 10 mil km ou 12 meses no mês n (R\$);

C_{VSFVCR} : Custo apropriado para o veículo com a aquisição e instalação do sistema fotovoltaico no mês n (R\$);

$P_{(n)}$: Preço do combustível, etanol ou gasolina, no mês n (R\$/l);

$Q_{(n)}$: Quantidade de combustível (l).

Para os custos de revisão dos veículos (C_{VRev}), consultou-se a página oficial das montadoras dos veículos (Fiat, Nissan, Jac, BYD, Peugeot, Hyundai e Toyota) na data de 24 de agosto de 2023. Foram usados os custos a cada 10.000 km percorridos até 60.000 km. O Peugeot E-208 GT foi a exceção, apresentando revisões a cada 20.000 km. Esse custo se refere apenas a serviços determinados e não estão

incluídas as trocas de peças do veículo. O C_{Rev} foi atualizado pela média aritmética mensal do índice IGP-M de 0,7619% de 01/2016 a 12/2022.

O Licenciamento se baseia em um valor determinado pelo DETRAN MS (2022) de acordo a Eq. (13). conforme Mato Grosso do Sul (2023).

$$C_{Vlic(n)} = 4,53 \cdot UFERMS_{(n)} \quad (13)$$

sendo

n : mês de referência;

$UFERMS_{(n)}$: Unidade Fiscal de Referência de

$C_{Vlic(n)}$: Custo com o licenciamento no mês n (R\$); Mato Grosso do Sul.

Para o IPVA e o valor de revenda, utilizou-se a Tabela FIPE (2023). que fornece os preços médios de veículos. Foi feito uma busca com modelos e anos anteriores para saber o percentual de atualização monetária que estão descritos no Quadro 1. Para o Peugeot e-208 GT que somente possui dados a partir de 2022 e BYD Dolphin possui dados a partir de julho de 2023, foi considerada a mesma atualização do Nissan Leaf.

Quadro 1 – Veículos encontrados na Tabela FIPE para o cálculo do IPVA e Revenda.

Veículo	Veículo considerado	Modelo
<i>Fiat Mobi Like</i>	<i>FIAT MOBI LIKE 1.0 Fire Flex 5p</i>	2017
<i>JAC e-JS1</i>	<i>JAC e-JS1 62cv 5p Aut. (elétrico)</i>	2022
<i>Hyundai HB20 Sense</i>	<i>HB20 Sense 1.0 Flex 12V Mec.</i>	2021
<i>Peugeot e-208 GT</i>	<i>NISSAN LEAF Aut. (Elétrico)</i>	2021
<i>BYD Dolphin GS 180EV</i>	<i>NISSAN LEAF Aut. (Elétrico)</i>	2021
<i>Nissan Versa Sense</i>	<i>VERSA Sense 1.6 16V Flex Aut.</i>	2022
<i>Nissan Leaf Tekna</i>	<i>NISSAN LEAF Aut. (Elétrico)</i>	2021
<i>Toyota Corolla Cross XR 20</i>	<i>Toyota Corolla Cross XR 20</i>	2021

Para o IPVA, foi considerada a Eq. (14) (DETRAN MS, 2023b).

$$C_{VIPVA(n)} = 3\% \cdot C_{VAq(n)} \quad (14)$$

sendo

n : mês de referência;

$C_{VAq(n)}$: Custo de aquisição do veículo (R\$);

$C_{VIPVA(n)}$: Custo com o IPVA no mês n (R\$);

Foi feito o levantamento dos preços mensais da gasolina e etanol de janeiro de 2016 a junho 2023 por meio dos relatórios do Brasil (2023). Foram selecionados os preços praticados pelos postos de combustíveis referentes a cidade de Campo Grande/MS e efetuado uma média aritmética mensal, com uma taxa de crescimento médio mensal do valor do combustível de 0,526% para gasolina e 0,418% para o etanol.

2.6 Custo de aquisição e infraestrutura da estação de recarga (C_{VInfr})

O C_{VInfr} envolve custos com os materiais, equipamentos, projeto elétrico e mão de obra, que foram orçados em 24 de fevereiro de 2023. Foram pesquisados os custos com materiais e equipamentos em páginas da Internet (Tabela 4).

Tabela 4 – Relação de materiais com as fontes de referência.

Descrição	Referência
1 x Carregador ABB Terra AC Wall Box 7,4kW, cabo e conector AC tipo 2, RFID.	(ABB, 2023)
1 x Caixa de proteção ABB para carregadores de 7,4 kW, conexão FF.	(ABB, 2023)
42 m de Cabo CU isolado XLPE 90° 6mm ² SIL.	(Mercado Livre, 2023a)
1 Eletroduto Galvanizado Zincado Leve 3/4 - 3 metros.	(Mercado Livre, 2023b)
Acessórios (parafusos, fita isolante, abraçadeira, terminal cabos).	Autoria Própria
Mão de obra eletricitista (diária).	Autoria Própria
Projeto Engenheiro.	Autoria Própria

2.7 Custos com o sistema fotovoltaico conectado à rede

Foram solicitados orçamentos a empresas do setor de energia fotovoltaica localizadas na cidade de Campo Grande – MS em 01/2023 e efetuada a regressão linear dos custos médios, conforme Cia et al. (2013) o que gerou a Eq. (15).

$$y = 22,991x + 3435 \quad (15)$$

sendo, x: Energia média gerada pelo sistema fotovoltaico y = Custo de aquisição (R\$);

A Eq. (16) apresenta o custo do sistema fotovoltaico (C_{SFVCR}). Esse custo foi rateado para o VE e a residência, conforme as Eq. (17) e (18). (Martins, 2018)

$$C_{SFVCR(n)} = C_{AQSFVCR(n)} + C_{LSFVCR(n)} \quad (16)$$

$$C_{VSFVCR(n)} = (E_{V(n)}/G_{SFVCR(n)}) \cdot C_{SFVCR(n)} \quad (17)$$

$$C_{RSFVCR(n)} = (E_{R(n)}/G_{SFVCR(n)}) \cdot C_{SFVCR(n)} \quad (18)$$

sendo

n: mês de referência;

$C_{AQSFVCR}$: Custo de aquisição e instalação do sistema fotovoltaico;

$C_{LSFVCR(n)}$: Custo de limpeza do sistema fotovoltaico no mês n (R\$);

$C_{RSFVCR(n)}$: Custo apropriado a residência do sistema fotovoltaico no mês n (R\$);

$C_{SFVCR(n)}$: Custo do sistema fotovoltaico no mês n (R\$);

$C_{VSFVCR(n)}$: Custo apropriado ao veículo elétrico do sistema fotovoltaico no mês n (R\$);

$E_{R(n)}$: Consumo de energia elétrica pela residência no mês n (kWh);

$G_{SFVCR(n)}$: Energia elétrica média necessária no mês n (kWh);

$E_{V(n)}$: Energia elétrica consumida pelo veículo elétrico no mês n (kWh).

Os custos com limpeza, sofreram a atualização baseada na média aritmética mensal do índice IGP-M de janeiro de 2016 a dezembro de 2022 de 0,7619%.

2.8 Atualização monetária

Para a atualização monetária foi utilizada a fórmula dos juros compostos, conforme a Eq. (19) (Samanez, 2002).

$$M = C (1 + a)^t \quad (19)$$

sendo

M: Montante que é a soma do capital com os juros (R\$);

C: Capital que é o valor inicial o qual incidirá os juros (taxa de atualização) (R\$);

a: Taxa de juros (atualização) que é a porcentagem cobrada em cima do capital a cada instante (%);

t: é o tempo que será aplicado o capital.

2.9 Análise econômica

Foi utilizado o cálculo do VPL, Eq. (20), para as análises de viabilidade para todas as hipóteses, dentro de cada caso e cenário. Conforme Samanez (2002) e Gitman (2017), para os casos em que há projetos mutuamente excludentes, deve-se optar pela que possuir o maior VPL.

O Investimento inicial (I) é o mesmo valor do custo inicial (C_i) dado pela Eq (9). Utilizou-se a taxa de atratividade (TA) de 1,042% ao mês, que é a taxa Selic de 02 de agosto de 2023, para o período de 96 meses.

$$VPL = -I + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+k)^t} \quad (20)$$

sendo

I: Investimento;

n: Número de períodos;

FC_t: Fluxo de Caixa no enésimo período;

i: Taxa de juros que iguala o valor da entrada das entradas e saídas de caixa (TIR);

k: taxa de atratividade para atualizar o fluxo de caixa.

3 Resultados e discussões

3.1 Dimensionamento e custo do sistema fotovoltaico

A Tabela 5 apresenta os dados do dimensionamento dos sistemas fotovoltaicos, que foram utilizados para as Hipóteses 4 em todos os casos e cenários.

Tabela 5 – Dimensionamento do sistema fotovoltaico conectado à rede. Sendo, G_{SFVCR} : Geração de energia elétrica média necessária que o sistema fotovoltaico deve suprir a carga. P_{SFV} : Potência instalada do sistema fotovoltaico. E_{SFVCR} : Geração média mensal do sistema fotovoltaico.

Caso	Cenário	G_{SFVCR} (kWh/mês)	Painéis (Quant.)	P_{SFV} (kWp)	E_{SFVCR} (kWh)
1	1	158	3	1,5	190
	2	465	8	4	508
	3	849	14	7	869
2	1	190	3	1,5	190
	2	623	11	5,5	702
	3	1164	19	9,5	1197
3	1	184	3	1,5	190
	2	592	10	5	639
	3	1103	19	9,5	1197
4	1	175	3	1,5	190
	2	548	9	4,5	578
	3	1015	17	8,5	1057

Dado o dimensionamento, foi utilizado a Eq. (5) para a obtenção do $C_{AQSFVCR}$. O custo total com a limpeza do SFVCR (C_{LSFVCR}) foi de R\$ 6.158,56 para todos os cenários e casos, as outras componentes dos custos estão apresentadas na Tabela 6. O custo para a residência apresenta valores inversamente proporcionais à distância percorrida pelo VE.

Tabela 6 – Resumo dos custos para os veículos a combustão interna. Sendo, C.: Caso. Cen.: Cenário. CAQSFVCR: Custo de aquisição e instalação do sistema fotovoltaico. CSFVCR: Custo total do sistema fotovoltaico. CRSFVCR: Custo absorvido pela residência para o sistema fotovoltaico. CVSFVCR: Custo absorvido pelo veículo para o sistema fotovoltaico. Ev: Consumo de energia elétrica do veículo. ER: Consumo de energia elétrica da residência sem o custo de disponibilidade. ET: Consumo total de energia elétrica para o sistema fotovoltaico.

C	Cen	CAQSFVCR (R\$)	CSFVCR (R\$)	Ev (kWh)	ER (kWh)	ET (kWh)	CVSFVCR (%)	CRSFVCR (%)	CVSFVCR (R\$)	CRSFVCR (R\$)
1	1	7.803,29	13.961,85	77	81	158	48,73%	51,27%	6.804,19	7.157,66
	2	15.114,43	21.272,99	384	81	465	82,58%	17,42%	17.567,37	3.705,62
	3	23.414,18	29.572,74	768	81	849	90,46%	9,54%	26.751,31	2.821,43
2	1	7.803,29	13.961,85	109	81	190	57,37%	42,63%	8.009,69	5.952,16
	2	19.574,68	25.733,24	542	81	623	87,00%	13,00%	22.387,51	3.345,73
	3	30.955,23	37.113,79	1083	81	1164	93,04%	6,96%	34.531,13	2.582,66
3	1	7.803,29	13.961,85	103	81	184	55,98%	44,02%	7.815,60	6.146,25
	2	18.126,25	24.284,81	511	81	592	86,32%	13,68%	20.962,06	3.322,75
	3	30.955,23	37.113,79	1022	81	1103	92,66%	7,34%	34.388,30	2.725,49
4	1	7.803,29	13.961,85	94	81	175	53,71%	46,29%	7.499,51	6.462,34
	2	16.723,80	22.882,36	467	81	548	85,22%	14,78%	19.500,11	3.382,25
	3	27.736,49	33.895,05	934	81	1015	92,02%	7,98%	31.190,12	2.704,93

Ainda, para a Hipótese 4, faturada como GD II, foram calculados a energia injetada na rede (E_{inj}) e o consumo do cliente (E_{GD}) a serem cobrados pela distribuidora do cliente, sendo considerado a geração de energia do sistema fotovoltaico (E_{SFVCR}) e o autoconsumo da residência (E_{AR}) que estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Cálculo de consumo e energia injetada para a geração distribuída. Sendo, C.: Caso. Cen.: Cenário. E_{To} : Consumo total de energia elétrica para a unidade consumidora. E_V : Consumo de energia elétrica do veículo. E_{RM} : Consumo médio mensal de energia elétrica da residência. E_{AR} : Autoconsumo de energia elétrica da residência. E_{RR} : Energia a ser consumida da rede somente pela residência. E_{RVER} : Energia a ser consumida da rede pela unidade consumidora. E_{SFVCR} : Geração média mensal do sistema fotovoltaico. E_{EXP} : Saldo entre a energia gerada pelo sistema fotovoltaico e a autoconsumida pela residência. E_{inj} : Energia injetada (Diferença entre E_{RVER} e o custo de disponibilidade de 100 kWh). E_{GD} : Consumo a ser cobrada pela geração distribuída. E_{Cred} : Saldo da energia a ser utilizada como crédito em contas futuras.

Cas o	Cenário	E_{To} (kWh)	E_V (kWh)	E_{RM} (kWh)	E_{AR} (kWh)	E_{RR} (kWh)	E_{RVER} (kWh)	E_{SFVCR} (kWh)	E_{Exp} (kWh)	E_{inj} (kWh)	E_{GD} (kWh)	E_{cred} (kWh)
1	1	258	77	181	66,83	114,17	191,17	190	123,17	91,17	100	32
	2	565	384	181	66,83	114,17	498,17	508	441,17	398,17	100	43
	3	949	768	181	66,83	114,17	882,17	869	802,17	782,17	100	20
2	1	290	109	181	66,83	114,17	223,17	190	123,17	123,17	100	0
	2	723	542	181	66,83	114,17	656,17	702	635,17	556,17	100	79
	3	1264	1083	181	66,83	114,17	1.197,17	1197	1.130,17	1.097,17	100	33
3	1	284	103	181	66,83	114,17	217,17	190	123,17	117,17	100	6
	2	692	511	181	66,83	114,17	625,17	639	572,17	525,17	100	47
	3	1203	1022	181	66,83	114,17	1.136,17	1197	1.130,17	1.036,17	100	94
4	1	275	94	181	66,83	114,17	208,17	190	123,17	108,17	100	15
	2	648	467	181	66,83	114,17	581,17	578	511,17	481,17	100	30
	3	1115	934	181	66,83	114,17	1.048,17	1057	990,17	948,17	100	42

3.2 Custos

A Tabela 8 apresenta o orçamento para a execução do serviço para a instalação da estação de recarga (C_{Vinf}), totalizando assim o de R\$ 10.530,16.

Tabela 8 – Orçamento para infraestrutura de instalação da estação de recarga.

Descrição	Total (R\$)
Carregador ABB Terra AC Wall Box 7,4kW, cabo e conector AC tipo 2, RFID, ABB	7.544,00
Caixa de proteção para carregadores de 7,4 kW, conexão FF, ABB	1.393,16
Cabo CU isolado XLPE 90°C 6mm² SIL	246,22
Eletróduto Galvanizado Zincado Leve 3/4 - 3 Metros	26,78
Acessórios (parafusos, fita isolante, etc.)	70,00
Mão de obra eletricista (diária)	250,00
Projeto Engenheiro	1.000,00
Total	10.530,16

A Tabela 9 apresenta algumas componentes de custos dos veículos, onde pode ser observado a diferença de custos de aquisição (C_{VAq}), que se refletem no custo com o IPVA (C_{VIPVA}) e também o valor de revenda (V_{Rev}). O custo total com o licenciamento (C_{VLic}) para cada um dos veículos foi de R\$ 3.099,62.

Tabela 9 – Resumo dos custos para os veículos a combustão interna.

Veículo	C_{VAq} (R\$)	C_{VIPVA} (R\$)	V_{Rev} (R\$)
<i>Fiat Mobi Like</i>	62.653,00	16.943,61	63.409,83
<i>Jac E-JSI</i>	144.297,00	33.298,25	141.969,71
<i>Hyundai HB20 Sense</i>	78.458,00	26.323,76	82.303,21
<i>Peugeot E-208 GT</i>	236.990,00	52.038,77	231.023,75
<i>Nissan Versa Sense</i>	106.937,00	23.481,45	104.244,85
<i>BYD Dolphin GS 180EV</i>	149.802,00	32.893,84	146.030,72
<i>Toyota Corolla Cross XR 20</i>	159.633,00	53.688,07	167.521,10
<i>Nissan Leaf Tekna</i>	301.327,00	64.106,80	291.987,52

A Figura 2 apresenta as componentes de custos calculadas para todas as situações estudadas.

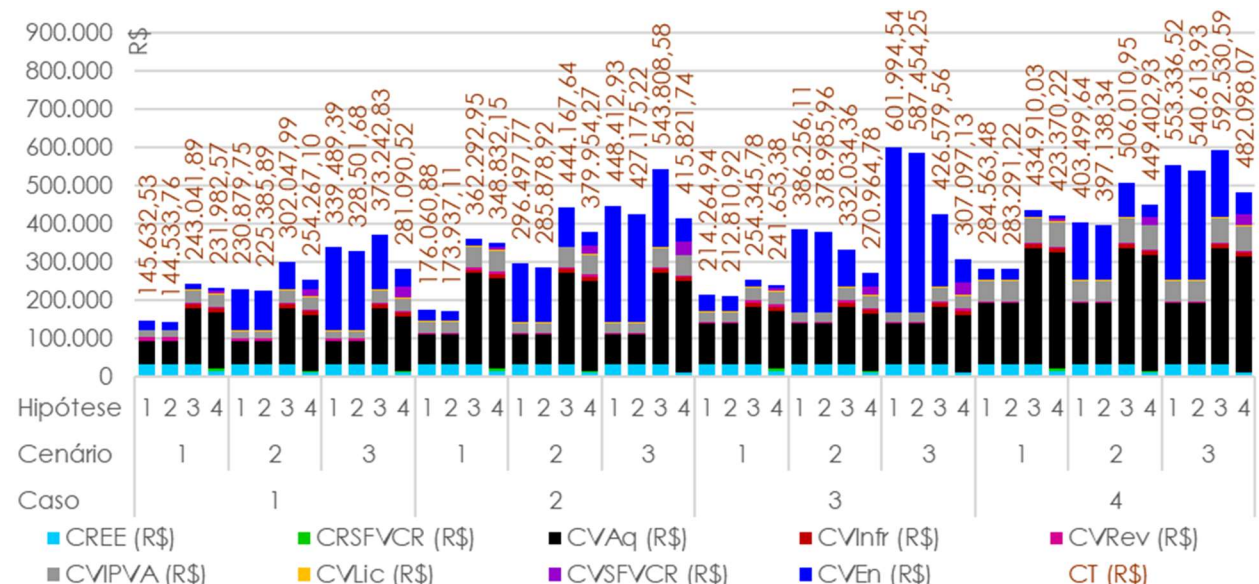


Figura 2 – Componentes de custos para o estudo. Sendo, CREE: Custo da residência com energia elétrica. CRSFVCR: Custo absorvido pela residência para o sistema fotovoltaico. C_{VAq} : Custo com a aquisição do veículo. C_{VInfr} : Custo com a instalação da estação de recarga. C_{VIPVA} : Custo com IPVA. C_{VLic} : Custo do veículo com licenciamento. C_{VSFVCR} : Custo absorvido pelo veículo para o sistema fotovoltaico. C_{VEn} : Custo do veículo com energia elétrica, gasolina ou etanol para o veículo. C_T : Custo total.

Para os Casos 1, 2 e 4 e Cenários 1 e 2, o uso do VCI com etanol (Hipótese 2) se mostrou a mais barata seguida pelo VCI a gasolina (Hipótese 1), depois pelo VE com o SFVCR (Hipótese 4) e por último a utilização do VE com a energia elétrica proveniente da concessionária (Hipótese 3). Para o Cenário 3, o custo total (C_T) apresentou a seguinte ordem de custo, do mais baixo para o mais alto: Hipótese 4, Hipótese 2, Hipótese 1, e Hipótese 3. Mostrando que os custos operacionais com o VE são menores do que o VCI, principalmente na componente energia (C_{VEn}), compensando os custos iniciais (C_i).

O Caso 3 apresenta uma particularidade, visto que apresenta a menor diferença entre os custos com a aquisição dos veículos de R\$ 42.865,00, mesmo assim, para o Cenário 1, com a distância diária percorrida de 29,10 km, o VE continua sendo mais caro do que o VCI. Assim, para esse cenário, teve a seguinte ordem : Hipótese 2, Hipótese 1, Hipótese 4 e Hipótese 3. Para os Cenários 2 e 3 a utilização do VE com o SFVCR se mostrou mais barata, esses cenários ficaram com a seguinte ordem: Hipótese 4, Hipótese 3, Hipótese 2, e Hipótese 1.

As trocas de peças não estão no escopo deste estudo, no entanto, conforme Nissan (2023b), a troca da bateria do VE deve acontecer com 160.000 km ou 96 meses, que segundo a Revista Carro (2019) possui um custo de 200 dólares por quilowatt (kWh), com cotação do dólar para fevereiro de 2023 de R\$ 5,1785 (Banco Central do Brasil, 2023). A Tabela 10 mostra os custos com a troca da bateria, como por exemplo, para o *BYD Dolphin* e Cenário 3, um custo superior à da aquisição do veículo.

Tabela 10 – Custos aproximados com trocas das baterias para os veículos elétricos. Sendo, B.: Bateria.

Veículo	B. (kWh)	Distância total percorrida (km)			Trocas de bateria			Valor (R\$)		
		Cenários			Cenários			Cenários		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
<i>Jac e-JSI</i>	30,0	46.368	231.840	463.680	0	1	2	0,00	31.071,00	62.142,00
<i>Peugeot E-208 GT</i>	50,0	63.360	316.800	633.600	0	1	3	0,00	51.785,00	155.355,00
<i>BYD Dolphin GS 180EV</i>	44,9	83.808	419.040	838.080	0	2	5	0,00	93.005,86	232.514,65
<i>Nissan Leaf Tekna</i>	40,0	55.296	276.480	552.960	0	1	3	0,00	41.428,00	124.284,00

3.3 Análise de viabilidade econômica

Os resultados para a análise de viabilidade financeira para o Caso 1, estão apresentados na Tabela 11, ordenada para cada cenário em ordem decrescente do valor do VPL.

Tabela 11 – Análise de viabilidade econômica para o Caso 1, ordenada do maior para o menor VPL. Sendo, Hip.: hipótese. I: investimento.

Cenário 1			Cenário 2			Cenário 3		
Hip.	I (R\$)	VPL (R\$)	Hip.	I (R\$)	VPL (R\$)	Hip.	I (R\$)	VPL (R\$)
2	-63.650,88	-89.128,78	2	-63.650,88	-140.103,84	4	-180.259,77	-188.187,61
1	-63.650,88	-89.685,98	1	-63.650,88	-142.889,86	2	-63.650,88	-203.358,27
4	-164.648,88	-153.848,30	4	-171.960,01	-169.835,71	1	-63.650,88	-208.930,32
3	-156.845,59	-157.603,35	3	-156.845,59	-193.007,72	3	-156.845,59	-235.114,97

A Figura 3 apresenta as retas e equações encontradas utilizando a regressão linear dos VPLs de cada hipótese contidas na Tabela 11. A resolução dessas equações das Hipóteses 1 e 2 com a Hipótese 3 e 4, mostra que os VPLs se tornam maiores para a Hipótese 3 a partir de 252,54 km percorridos por dia se comparado a Hipótese 1 e 287,10 km por dia à Hipótese 2. Para a Hipótese 4, a partir de 125,89 km percorridos por dia se comparado à Hipótese 1 e 133,82 km por dia à Hipótese 2.

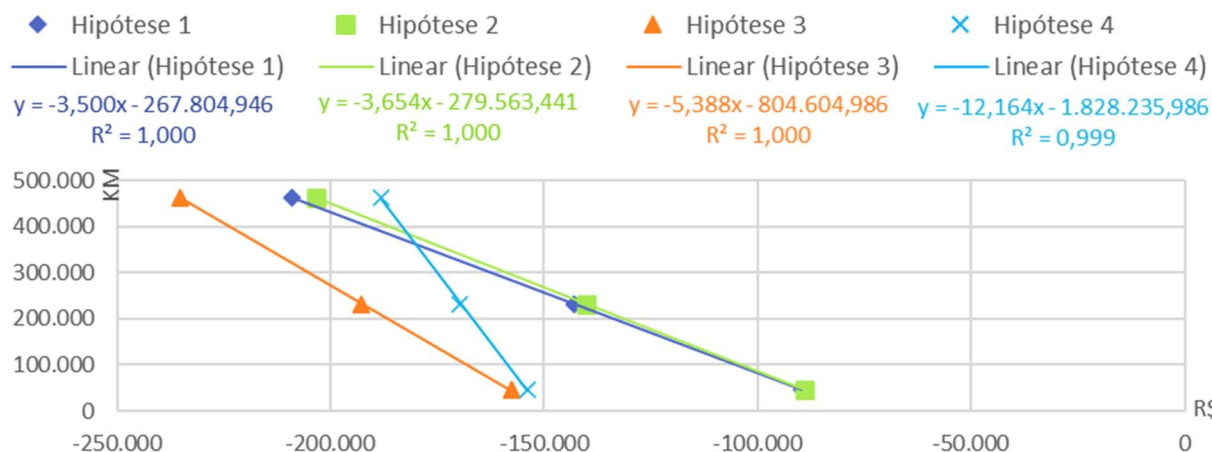


Figura 3 – Regressão linear do VPL pela distância total percorrida para o Caso 1.

Para o Caso 2, foram geradas a Tabela 12 e a Figura 4, em que o VPL se torna maior para a Hipótese 3 a partir de 462,88 km percorridos por dia se comparado à Hipótese 1 e 563,28 km por dia à Hipótese 2. Para a Hipótese 4, a partir de 228,23 km percorridos por dia se comparado à Hipótese 1 e 249,91 km por dia à Hipótese 2.

Tabela 12 – Análise de viabilidade econômica para o Caso 2, ordenada do maior para o menor VPL. Sendo, Hip.: hipótese. I: investimento.

Cenário 1			Cenário 2			Cenário 3		
Hip.	I (R\$)	VPL (R\$)	Hip.	I (R\$)	VPL (R\$)	Hip.	I (R\$)	VPL (R\$)
2	-79.653,44	-106.219,25	2	-79.653,44	-175.539,83	2	-79.653,44	-261.855,17
1	-79.653,44	-107.356,85	1	-79.653,44	-181.227,85	1	-79.653,44	-273.231,21
4	-258.500,54	-229.482,51	4	-270.271,93	-252.910,80	4	-281.652,48	-277.505,46
3	-250.697,25	-234.711,55	3	-250.697,25	-284.350,37	3	-250.697,25	-343.267,74

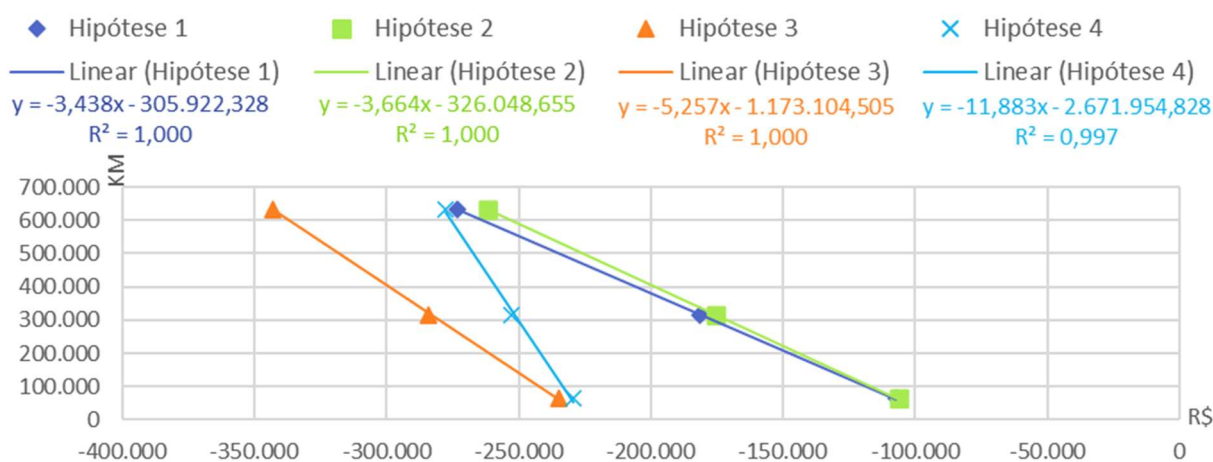


Figura 4 – Regressão linear do VPL pela distância total percorrida para o Caso 2.

Para o Caso 3, foram geradas a Tabela 13 e a Figura 5. Para esse caso, o VPL se torna maior para a Hipótese 3 a partir de 89,62 km percorridos por dia se comparado a Hipótese 1 e 93,82 km por dia para a Hipótese 2. Para a Hipótese 4, a partir de 64,85 km percorridos por dia se comparado à Hipótese 1 e 66,96 km por dia à Hipótese 2.

Tabela 13 – Análise de viabilidade econômica para o Caso 3, ordenada do maior para o menor VPL. Sendo, Notas. Hip.: hipótese. I: investimento.

Cenário 1			Cenário 2			Cenário 3		
Hip.	I (R\$)	VPL (R\$)	Hip.	I (R\$)	VPL (R\$)	Hip.	I (R\$)	VPL (R\$)
2	-108.488,43	-134.136,98	4	-180.545,65	-182.208,15	4	-193.374,63	-207.562,74
1	-108.488,43	-134.800,36	3	-162.419,40	-212.302,07	3	-162.419,40	-268.153,10
4	-170.222,69	-160.427,58	2	-108.488,43	-236.770,87	2	-108.488,43	-363.998,37
3	-162.419,40	-165.188,01	1	-108.488,43	-240.087,73	1	-108.488,43	-370.632,10

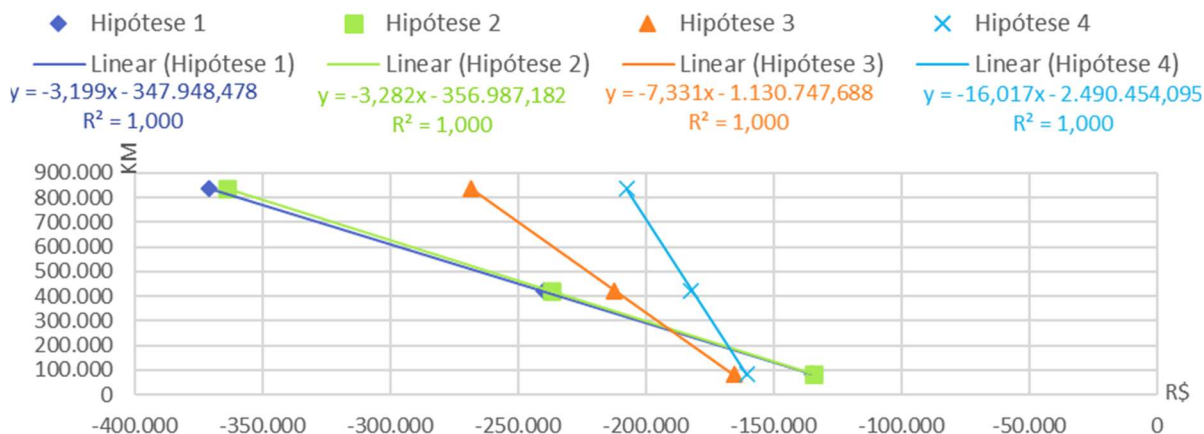


Figura 5 – Regressão linear do VPL pela distância total percorrida para o Caso 3.

Para o Caso 4, foram geradas a Tabela 14 e a Figura 6. Para esse caso, os VPLs se tornam maiores para a Hipótese 3 a partir de 289,25 km percorridos por dia se comparado a Hipótese 1 e 314,63 km por dia à Hipótese 2. Para a Hipótese 4, a partir de 167,48 km percorridos por dia se comparado à Hipótese 1 e 175,59 km por dia à Hipótese 2.

Tabela 14 – Análise de viabilidade econômica para o Caso 3, ordenada do maior para o menor VPL. Sendo, Hip.: hipótese. I: investimento.

Cenário 1			Cenário 2			Cenário 3		
Hip.	I (R\$)	VPL (R\$)	Hip.	I (R\$)	VPL (R\$)	Hip.	I (R\$)	VPL (R\$)
2	-161.843,13	-173.959,68	2	-161.843,13	-244.324,75	4	-343.574,95	-320.810,54
1	-161.843,13	-174.580,29	1	-161.843,13	-247.427,78	2	-161.843,13	-331.977,18
4	-323.641,75	-279.113,85	4	-332.562,26	-298.071,62	1	-161.843,13	-338.183,24
3	-315.838,46	-283.171,35	3	-315.838,46	-326.003,16	3	-315.838,46	-377.158,51

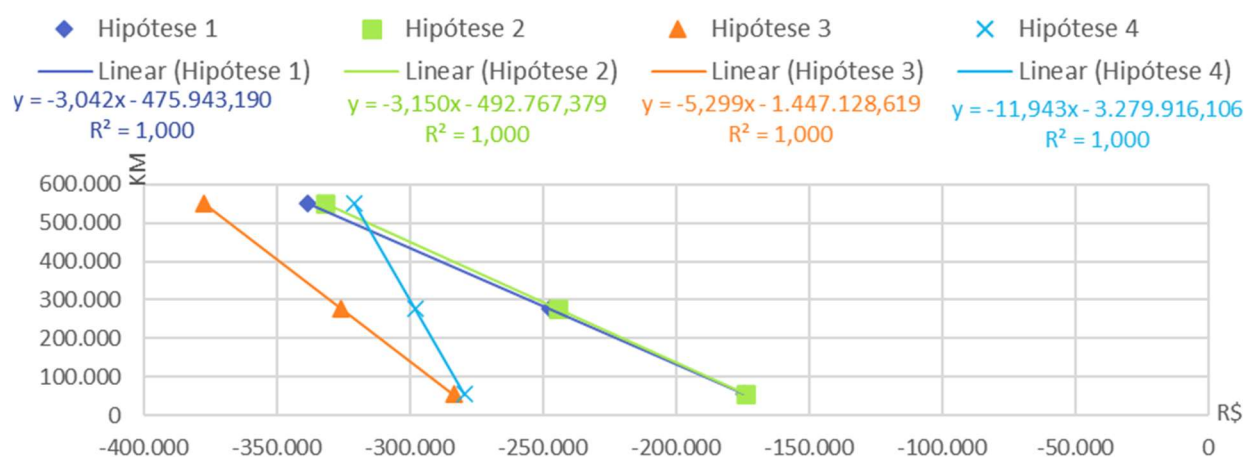


Figura 6 – Regressão linear do VPL pela distância total percorrida para o Caso 4

3.4 Análise entre os casos

O estudo entre os vários veículos e categorias deste trabalho apresentou em comum que:

- I. A distância influencia diretamente nos custos finais e na viabilidade econômica do veículo. Quanto maior a distância percorrida, mais atrativo se torna o VE. O que está de acordo aos resultados alcançados por Pg Abas et al. (2019).
- II. Para distâncias até 10% da autonomia do VE, os VCIs apresentam maior VPL
- III. Para distâncias de 50%, os VCIs apresentam maior VPL exceto para o Caso 3 em que a diferença no custo com a aquisição é de R\$ 42.865,00.
- IV. Para distâncias de 100% da autonomia, os VEs com SFV apresentam maior VPL exceto para o Caso 2 em que a diferença nos valores de aquisição é de R\$ 176.865,45.
- V. Os custos são maiores com IPVA para os VEs, dado a cobrança de 3% sobre o valor do veículo.
- VI. O custo com o consumo de energia elétrica para os VEs é menor do que o custo com consumo de gasolina ou etanol dos VCIs (Antunes, 2018; Pg Abas et al., 2019; Galeski, 2023; Menezes, 2022; Cavalcante Júnior e Couras, 2021; Antunes, 2018; Dallepiane et al., 2022).
- VII. O SFV reduz os custos com o consumo de energia elétrica para os VEs. (Souza et al., 2022; Lucca, 2021; Thomé, 2021; Félix, 2021; Coimbra, Araujo e Faesarella, 2020; Pezerico, 2020).
- VIII. Os custos operacionais dos VEs são menores do que os custos dos VCIs (Pg Abas et al., 2019; Dallepiane et al., 2022; Galeski, 2023).

4 Conclusão

Os veículos elétricos têm sido apontados como uma das maneiras de reduzir o impacto ambiental e o aquecimento global. Porém, a troca de tecnologias também passa pelo critério econômico do consumidor. Assim, o objetivo desse trabalho foi de contribuir para a economia dos consumidores e para a

sustentabilidade pela substituição de veículos a combustão interna por veículos elétricos alimentados por geração renovável fotovoltaica.

Para isso, foi utilizado a análise técnica e econômica comparando a utilização de veículos a combustão interna e veículos elétricos em quatro casos segundo suas categorias: Caso 1 os subcompactos *Fiat Mobi Like* e *JAC e-JS1*; Caso 2 os compactos *Hyundai HB20 Sense* e *Peugeot E-208 GT*; Caso 3 os médios *Nissan Versa Sense* e *BYD Dolphin GS 180EV*; o Caso 4 para os grandes *Nissan Leaf Tekna* e *Toyota Corolla Cross XR 20*. Foi usado 3 cenários em que a distância diária percorrida foi de 10%, 50% e 100% da autonomia do veículo elétrico. Ainda, foi considerado a utilização de gasolina (Hipótese 1) e etanol (Hipótese 2) para os veículos a combustão, e para o veículo elétrico a energia elétrica proveniente da concessionária (Hipótese 3) e com a instalação de um sistema fotovoltaico conectado à rede (SFVCR) (Hipótese 4) para uma residência na cidade de Campo Grande - MS para um período de 96 meses, iniciando-se em agosto de 2023. Para este trabalho não foi incluso custos com trocas de peças e equipamentos.

Assim, esse trabalho demonstrou que em cada categoria pesquisada a viabilidade econômica dos veículos elétricos está condicionada à distância diária percorrida para que o seu menor custo operacional compense o maior custo com a aquisição do veículo se comparado ao veículo a combustão interna. Sendo a que o caso que melhor apresentou a relação de VPLs foi para o caso 3 com a utilização de sistema fotovoltaico e do VE *BYD Dolphin GS 180EV* a partir de 64,85 km por dia em comparação ao VCI *Nissan Versa*. Porém, vale ressaltar que esse trabalho não considerou a troca de baterias.

Como proposta de continuação de estudo, a adição do custo com a manutenção incluindo troca de peças para uma análise mais integral dos custos envolvidos. Análises envolvendo consumos de energia elétrica e combustível somente para a cidade. Análises com redução no valor do IPVA, IPI e ICMS. Análise entre outros modelos e categorias de veículos elétricos e veículos a combustão interna e mesmo em outros estados onde o valores dos DETRAN e energia elétrica são diferentes.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS/MEC – Brasil, da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (Capes) – Código de Financiamento 001.

Referências bibliográficas

A Crítica (2017) *Entenda como será cobrada a taxa de iluminação pública em Campo Grande*. [online] Available at: <<https://www.acritica.net/editorias/geral/saiba-como-sera-cobrado-a-taxa-de-iluminacao-publica-em-campo-grande/221965/>> [Accessed 21 february 2023].

ABB (2023) *Carregadores para veículos elétricos – residencial*. [online] Available at: <<https://loja.br.abb.com/produtos-residenciais/carregadores-para-veiculos-eletricos.html>> [Accessed 20 february 2023].

Albatayneh, A, Assaf, MN, Alterman, D, Jaradat, M (2020) Comparison of the overall energy efficiency for internal combustion engine vehicles and electric vehicles. *Environmental and Climate Technologies*, [e-journal], v. 24, nº 1, 2020. 669-680 p. Disponível em: <https://doi.org/10.2478/rtuct-2020-0041>.

Andrade, AC (2022) O custo dos carregamentos de um veículo elétrico: Nissan Leaf II. Porto: *Neutro à Terra*, [e-journal], v. 28, 2022. 29-35 p. DOI <<https://doi.org/10.34630/neutroaterra.vi28.4493>>

ANEEL (2016) *Por dentro da conta de luz: informação de utilidade pública*. 7th ed. Brasília: ANEEL.

ANEEL (2023) *Ranking de tarifa residencial – R\$ kWh*. [online] Available at: <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiYWQzMjZkYjQtYjNkZS00YTZkLW11ZjAtNTI3NGU3NTEwZDc3IiwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTYtNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIsImMiOiR9&>> [Accessed 20 february 2023].

ANEEL, 2021. *Resolução Normativa ANEEL nº 1.000, de 7 de dezembro de 2021. Estabelece as Regras de Prestação do Serviço Público de energia elétrica*. Brasília: ANEEL.

ANEEL, 2023. *Aplicações tarifárias*. [Online]. Available at: https://www2.aneel.gov.br/aplicacoes_liferay/tarifa/ [Acesso em 01 10 2023].

- ANFAVEA, 2023. *Dados estatísticos para download*. [Online] Available at: <https://anfavea.com.br/site/edicoes-em-excel/> [Acesso em 03 11 2023].
- Antunes, PDR (2018) *Veículos elétricos, funcionamento e seus benefícios*. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica), UNIFACVEST, Lages.
- Banco Central do Brasil (2023) *Conversor de moedas*. [online] Available at: <https://www.bcb.gov.br/conversao> [Accessed 24 february 2023].
- BRASIL (2023). *Lei complementar nº 194, de 23 de junho de 2022. Altera a Lei nº 5.172, de 25 de outubro de 1966 (Código Tributário Nacional), e a Lei Complementar nº 87, de 13 de setembro de 1996 (Lei Kandir)*. Brasília. [online] Available at: www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp194.htm [Accessed 15 october 2023].
- BRASIL GOVERNO FEDERAL, (2023) *Série histórica de preços de combustíveis e de GLP*. [online] Available at: <https://dados.gov.br/dados/conjuntos-dados/serie-historica-de-precos-de-combustiveis-e-de-glp> [Accessed 9 january 2023].
- Casagrande Junior, EF, Urbanetz Junior, J, Seratiuk, AR, Tonolo, EA (2019). Energia solar fotovoltaica e automóveis elétricos: a combinação de um modelo para redução de emissões de carbono na cidade de Curitiba. Curitiba: *Revista Tecnologia e Sociedade*, [e-journal], v. 15, n. 37, 2019. 653-678 p. DOI <10.3895/rts.v15n37.9811>
- Cavalcante Júnior , LCP, Couras, DJNP (2021). *Análise comparativa da substituição de motores a combustão por motores elétricos no setor de transportes*. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Ciência e Tecnologia), Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró.
- Cia, JC, Vartanian, PR, Silva, WM (2013). *Econometria - Análise de dados com regressão linear em Excel e Gretl*. São Paulo: Saint Paul.
- Coimbra, APM, Araujo, KB, Faesarella, AS (2020). *Recarga elétrica automotiva em estacionamento com sistema de energia fotovoltaico*. Itatiba: USF. [online] Available at: www.usf.edu.br/galeria/getImage/768/2890608669257179.pdf [Accessed 2 may 2023]
- Curran, SJ et al. (2014). Well-to-wheel analysis of direct and indirect use of natural gas in. Knoxville: Elsevier. DOI <<http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2014.07.035>>
- DETRAN MS (2022). *Está aberto calendário de Licenciamento 2022 para veículos com placas final 1 e 2*. [online] Available at: www.detran.ms.gov.br/esta-aberto-calendario-de-licenciamento-2022-para-veiculos-com-placas-final-1-e-2/ [Accessed 18 february 2023].
- DETRAN MS (2023b). *Autoatendimento IPVA*. [online] Available at: www.autoatendimento.ms.gov.br/ipva/ [Accessed 20 february 2023].
- Dutra, MDS (2020). Avaliação financeira de um projeto de casa inteligente para uma residência no Ceará. *Exacta*, [e-journal], v. 20, n.1, 2020. 176-197 p. DOI <<https://doi.org/10.5585/exactaep.2021.17173>>
- Energisa MS (2023). *Impostos e outros encargos*. [online] Available at: www.energisa.com.br/Paginas/informacoes/taxas-prazos-e-normas/impostos-outros-encargos.aspx [Accessed 20 february 2023].
- Félix, JPA (2021). *Estudo de viabilidade econômica para instalação de UPAC e adoção de veículos elétricos na indústria*. Dissertação (Mestrado), Escola Superior de Tecnologia de Setúbal, Setúbal.
- Ferreira, FB (2012). *A evolução automobilística e aplicação de Smart Grid para utilização de energia renovável*. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Elétrica), Universidade São Francisco, Itatiba.
- FIPE, 2023. *Preço médio de veículos*. [online] Available at: <https://veiculos.fipe.org.br/> [Accessed em 18 february 2023].
- Galeski, A (2023). Estudo sobre a viabilidade de aplicação do veículo elétrico na Polícia. Curitiba: *Brazilian Journal of Development*, [e-journal], v. 9, n.2, 2023. DOI <<https://doi.org/10.34117/bjdv9n2-170>>
- Gitman, LJ (2017). *Princípios de Administração Financeira*. 12ª ed. São Paulo: Pearson.

- Hinrichs, RA, Kleinbach, M, Reis, LB (2014). *Energia e Meio Ambiente*. 5ª ed. São Paulo: Cengage Learning.
- INMETRO, 2022. Qualidade e tecnologia Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE): Classificação quanto ao consumo energético. [online] Available at: <www.gov.br/inmetro/pt-br/assuntos/avaliacao-da-conformidade/programa-brasileiro-de-etiquetagem/tabelas-de-eficiencia-energetica/veiculos-automotivos-pbe-veicular> [Accessed 4 June 2022]
- INMETRO, 2023a. Veículos Automotivos (PBE veicular). [Online] Available at: <https://www.gov.br/inmetro/pt-br/assuntos/avaliacao-da-conformidade/programa-brasileiro-de-etiquetagem/tabelas-de-eficiencia-energetica/veiculos-automotivos-pbe-veicular/pbe-veicular-2023.pdf/@@@download/file> [Acesso em 13 10 2023].
- INMETRO, 2023b. Portaria Nº 169, de 3 de maio de 2023. Aprova os Requisitos de Avaliação da Conformidade para Veículos Leves de Passageiros e Comerciais Leves - Consolidado. Diário Oficial da União, 25 05.
- LEGISWEB (2022). Decreto Nº 9203 de 18/09/1998. [online] Available at: <www.legisweb.com.br/legislacao/?id=135852> [Accessed 03 April 2023]
- Lucca, V (2021). *Avaliação da capacidade de abastecimento de veículos elétricos a partir da geração solar fotovoltaica instalada na Universidade Federal de Santa Maria*. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Elétrica), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- Mariano, JD, Urbanetz Junior, J (2022). *Energia Solar Fotovoltaica: princípios fundamentais*. Ponta Grossa: Atena.
- Martins, E (2018). *Contabilidade de custos*. 11ª ed. São Paulo: Atlas.
- Mato Grosso do Sul, 2023. *UFERMS*. [online] Available at: <<https://servicos.efazenda.ms.gov.br/crd/CreditoTributario/IndicadoresSefaz/uferms>> [Accessed 24 february 2023].
- Mercado Livre, 2023a. *100 metros fio cabo flexível nax flex 1000v 1kv 4mm Inmetro*. [online] Available at: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1045701223-100metros-fio-cabo-flexivel-nax-flex-1000v-1kv-4mm-inmetro-_JM#position=3&search_layout=stack&type=item&tracking_id=570b4af1-8521-4160-9687-a0d6679b9189> [Accessed em 20 february 2023].
- Mercado Livre, 2023b. *Eletroduto Galvanizado*. [online] Available at: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-2185902465-eletroduto-galvanizado-zincado-leve-34-3-metros-5-pcs-_JM#position=1&search_layout=stack&type=item&tracking_id=dc6c922b-afc6-4cb2-aa46-1f5569e597bc> [Accessed 20 february 2023].
- Nealer, R, Reichmuth, D, Anair, D (2015). *Cleaner cars from cradle to grave: How electric cars beat gasoline cars on lifetime global warming emissions*. s.l.: Union of Concerned Scientists. [online] Available at: <www.ucsusa.org/sites/default/files/attach/2015/11/Cleaner-Cars-from-Cradle-to-Grave-full-report.pdf> [Accessed em 10 february 2023].
- Nissan, (2023a). *Especificações técnicas Nissan Leaf*. s.l.: Nissan.
- Nissan, (2023b). *Nissan Brasil*. [online] Available at: <www.nissan.com.br/> [Accessed 20 february 2023].
- Nissan, (2023c). *Revisão periódica Nissan*. [online] Available at: <www.nissan.com.br/servicos/revisao-periodica.html> [Accessed 15 february 2023].
- Nissan, (2023e). *Nissan Leaf 2023*. [online] Available at: <www.nissan.com.br/veiculos/modelos/leaf.html> [Accessed 24 february 2023].
- Oliveira, BS, Kolodzei, SLF, Costa, VE (2018). *Estudo de viabilidade técnica e econômica para implantação de estacionamento fotovoltaico no campus Ecoville da UTFPR*. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Elétrica), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba..
- Pezerico, VNO (2020). *Estudo comparativo para carregamento de carros elétricos através de geração distribuída e análise econômica*. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

- Pg Abas, AE, Yong, J, Mahlia, TMI., Hannan, AMA (2019). Techno-economic analysis and environmental impact of electric vehicle. *IEEE Access*. DOI <10.1109/ACCESS.2019.2929530>
- Pinho, JT, Galdino, MA (2014). *Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos*. Revisada e Atualizada. ed. Rio de Janeiro: CEPEL-CRESESB.
- R7 (2023). *Carro elétrico deve dominar também o Brasil, dizem especialistas*. [online] Available at: <<https://noticias.r7.com/economia/carro-eletrico-deve-dominar-tambem-o-brasil-dizem-especialistas-27022023>> [Accessed 5 may 2023].
- Revista Carro (2019). *Teste completo: Nissan Leaf em condições reais de uso*. [online] Available at: <<https://revistacarro.com.br/teste-completo-nissan-leaf-em-condicoes-reais-de-uso/>> [Accessed 24 february 2023].
- Samanez, CP (2002). *Matemática Financeira, aplicações a análise de investimentos*. 3ª ed. São Paulo: Prentice Hall.
- Santos, ACFR (2017). *Análise de viabilidade técnica e econômica de um veículo elétrico versus veículo a combustão*. Monografia (Especialista em eficiência energética aplicada aos processos produtivos), Universidade Federal de Santa Maria, 2017, Santana do Livramento.
- Secretaria de Estado de Fazenda de MS, 2023. *IPVA* [online] Available at: <www.sefaz.ms.gov.br/ipva/> [Accessed 20 february 2023].
- Sinigaglia, T (2023). *Análise do ciclo de vida da tecnologia dos veículos com motores de combustão interna e dos veículos eletrificados*. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- Sousa, LN, Andrade, HGV, Souza, AB, Ochoa, AAV (2022). Estudo de viabilidade da geração fotovoltaica como fonte energética principal para a frota de veículos elétricos em Fernando de Noronha, Brasil: *Principia*. DOI <<https://doi.org/10.18265/1517-0306a2021id6590>>
- Thomé, BA (2021). *Veículos elétricos em órgãos públicos: metodologia para substituição gradual da frota a combustão por veículos elétricos*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- Viana, ANC, et al. (2021). *Eficiência energética: fundamentos e aplicações*. 2ª ed. Rio de Janeiro: Neoenergia.
- Vieira, MG, Ludovique, C, Monteath, L, La Rovere, RL (2021). *Análise de políticas públicas para veículos elétricos*. Rio de Janeiro: UFRJ.
- Zanella, JP (2022). *Viabilidade econômica da implantação diferentes modelos de carregadores para carros elétricos, comercializando energia gerada por sistemas fotovoltaicos*. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Elétrica), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2022.