



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO DE JOINVILLE
CURSO DE ENGENHARIA AUTOMOTIVA

ANA CAROLINA LORENZATTO

ESTAÇÃO DE RECARGA PARA VEÍCULOS ELÉTRICOS: ESTUDO DE CASO DAS
LINHAS FINANCEIRAS PARA PROJETOS SUSTENTÁVEIS NO BRASIL

Joinville
2023

ANA CAROLINA LORENZATTO

ESTAÇÃO DE RECARGA PARA VEÍCULOS ELÉTRICOS: ESTUDO DE CASO DAS
LINHAS FINANCEIRAS PARA PROJETOS SUSTENTÁVEIS NO BRASIL

Trabalho apresentado como requisito para
obtenção do título de bacharel no Curso de
Graduação em Engenharia Automotiva do
Centro Tecnológico de Joinville da
Universidade Federal de Santa Catarina.

Orientador: Prof. Dr. Diego Santos Greff

Coorientador: Eng. Leopoldo Erthal, MSc

Joinville

2023

ANA CAROLINA LORENZATTO

ESTAÇÃO DE RECARGA PARA VEÍCULOS ELÉTRICOS: ESTUDO DE CASO DAS
LINHAS FINANCEIRAS PARA PROJETOS SUSTENTÁVEIS NO BRASIL

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de bacharel em Engenharia Automotiva, na Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico de Joinville.

Joinville (SC), 06 de dezembro de 2023.

Banca Examinadora:

Dr.Diego Santos Greff
Orientador(a)/Presidente

Leopoldo Erthal
Coorientador
BMW Group do Brasil

Dr(a). Elisete Santos da Silva Zagheni
Membra
Universidade Federal de Santa Catarina

Dr. Pedro Paulo de Andrade Junior
Membro
Universidade Federal de Santa Catarina

André Pedrosa
Membro
BMW Group do Brasil

Em especial a minha família, com amor, admiração e gratidão pela compreensão, carinho e por serem fonte de estímulo e inspiração.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por me permitir realizar mais um sonho e ser meu alicerce em cada etapa da graduação.

Aos meus pais, Ana e Sidney, que nunca mediram esforços para me proporcionar todo o conforto, educação e amor, além de me apoiarem em todos os sonhos que me trouxeram até aqui e ainda vão me levar longe.

As minhas irmãs, Ana Clara e Ana Luiza, que sempre me fizeram buscar ser o melhor exemplo que eu pudesse e pela compreensão nas incansáveis horas de estudos.

Agradeço imensamente ao meu namorado Gustavo, por ser sempre meu confidente quando as incertezas, dúvidas e questionamentos da dissertação estavam presentes. Obrigada pelo companheirismo, amor, carinho, cuidado e paciência, sem você ao meu lado esse trabalho não seria possível.

A todos os demais familiares que me apoiaram incansavelmente até aqui, em especial a minha avó Ivete e meus tios-avôs Cleusa e Antônio, por estarem sempre ao meu lado e celebrarem comigo cada conquista.

Ao meu orientador Diego Santos Greff, pelo conhecimento e auxílio na solução dos problemas.

Ao meu co-orientador Leopoldo Erthal, pela dedicação, competência, confiança e paciência em acompanhar cada etapa desta pesquisa.

Agradeço também aos colaboradores das empresas apoiadoras deste estudo, André, Bruna, Emilio e Basquiroto pelas contribuições ao trabalho e por compartilharem comigo o conhecimento sobre o assunto.

Aos demais colegas da UFSC e BMW Planta Araquari por colaborarem de alguma forma com esse estudo, e pelos grandes exemplos de dedicação que me proporcionaram excelentes momentos e muito aprendizado.

A minha amiga Ana Beatriz que desde o começo da graduação tornou essa árdua caminhada mais leve e feliz, agradeço a confiança e cumplicidade da nossa amizade.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para minha formação.

“Eu reconheço que tudo podes e que nenhum dos teus projetos fica sem realização.”

Jó 42,2

RESUMO

A crescente procura por carros eletrificados é exponencial na atualidade, e a expansão da infraestrutura que atenda às necessidades destes veículos se mostra crucial para a conquista de novos clientes. O presente estudo tem como objetivo analisar um carregador com baterias de segunda vida de veículos elétricos e painéis solares, quanto a viabilidade econômica, assim como as linhas de créditos que possam ser aplicadas para a execução do projeto. Tem-se como aporte teórico os conceitos de economia circular e finanças sustentáveis, além do entendimento do ciclo de vida das baterias íon lítio. A partir da definição de custos, taxas e indicadores envolvidos, foram analisados os resultados referentes a energia gerada, retorno financeiro, viabilidade econômica e simulação de financiamento para o período de 20 anos. Os resultados mostram um tempo de payback relativamente longo em todas as modalidades de aquisição estudadas, com uma taxa interna de retorno satisfatória para as condições analisadas. Foram estudadas 11 linhas de financiamento em bancos públicos, e obtido como resultado um longo período para payback com um valor presente líquido e taxa interna de retorno satisfatórios. Diante dos resultados obtidos, mostra-se necessário manter parcerias para uma contínua otimização técnica e financeira do projeto.

Palavras-chave: Eletromobilidade. Finanças sustentáveis. Segunda vida. Baterias.

ABSTRACT

The growing demand for electrified cars is exponential today, and the expansion of infrastructure to meet the needs of these vehicles is crucial to winning over new customers. The aim of this study is to analyze the economic viability of a charger with second-life batteries for electric vehicles and solar panels, as well as the lines of credit that can be applied to carry out the project. The theoretical basis is the concepts of circular economy and sustainable finance, as well as an understanding of the life cycle of lithium-ion batteries. After defining the costs, rates and indicators involved, the results were analyzed in terms of energy generated, financial return, economic viability and financing simulation for a 20-year period. The results show a relatively long payback time for all the acquisition methods studied, with a satisfactory internal rate of return for the conditions analyzed. Eleven lines of financing from public banks were studied, resulting in a long payback period with a satisfactory net present value and internal rate of return. In view of the results obtained, it is necessary to maintain partnerships for continuous technical and financial optimization of the project.

Keywords: Electromobility. Sustainable finance. Second life. Batteries.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama dos fluxos de materiais na economia circular	17
Figura 2 - Hierarquia da economia circular de baterias de VEs	20
Figura 3 - Fluxo de circularidade proposto por Casals et al.	21
Figura 4 - Projeto piloto de estação de recarga para veículo elétrico.....	31
Figura 5 - Carpot proposto	31
Figura 6 - Fluxo do projeto	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Preço estimado para comercialização na opção 1	34
Tabela 2 - Preço estimado para comercialização na opção 2	35
Tabela 3 – Tarifário estipulado para o estudo nos 20 anos.....	35
Tabela 4 – Geração de energia e economia para 20 anos	36
Tabela 5 – Resultados para análise financeira do investimento na Opção 1	38
Tabela 6 – Resultados para análise financeira do investimento na Opção 2	38
Tabela 7 – Simulação linhas de crédito para a Opção 1	42
Tabela 8 – Simulação linhas de crédito para a Opção 2	42
Tabela 9 – Indicadores viabilidade financeira das linhas de crédito na Opção 1	43
Tabela 10 – Indicadores viabilidade financeira das linhas de crédito na Opção 2	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica

ASG - Ambientais, Sociais e de Governança

BADESC - Agência de Fomento do Estado de Santa Catarina S.A.

BMS - *Battery management system*

BNDES - Banco Nacional do Desenvolvimento Sustentável

CBI - *Climate Bonds Initiative*

CNI - Confederação Nacional da Indústria

CRIs - Certificados de Recebíveis Imobiliários

CSS - Comitê de Sustentabilidade Socioambiental

EMS - *Energy Management System*

EOL - *End-of-life*

ESG - *Environmental, Social and Governance*

FEBRABAN - Federação Brasileira de Bancos

FGVCEs - Centro de Estudos em Sustentabilidade da Fundação Getúlio Vargas

FIP - Fundo de Investimento em Participações

GEE - Gases do Efeito Estufa

GIZ - *Deutsche Gesellschaft Für Internationale Zusammenarbeit*

ICMA - *International Capital Market Association*

IFC - Internacional Finance Corporation

IPCA - Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

MCTIC - Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações

MMA - Ministério do Meio Ambiente

NDC - Contribuição Nacionalmente Determinada

ODs - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

OECD - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

PCS - *Power Control System*

PRSA - Política de Responsabilidade Social e Ambiental

SARB - Sistema de Autorregulação Bancária

SBF - *Sustainability Bond Framework*

TIR - Taxa interna de retorno

TMA – Taxa mínima de atratividade

UNEP - *United Nations Environment Programme*

UNFCCC - Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima

VEs - Veículos Elétricos

VPL - Valor Presente Líquido

WB - *World Bank*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1. OBJETIVOS	15
1.1.1. Objetivo Geral	15
1.1.2. Objetivos Específicos	15
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1 GESTÃO DE RESÍDUOS	16
2.1.1 Economia circular	16
2.1.2 Ciclo de vidas das baterias íon lítio	18
2.2 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	22
2.2.1 Finanças sustentáveis	22
2.2.2 Sistema financeiro	24
2.3 ESTAÇÃO DE RECARGA	26
3. METODOLOGIA	28
4. APRESENTAÇÃO DE DADOS	30
4.1 ESTUDO DE CASO	30
5. ANÁLISE DE DADOS	34
5.1 VIABILIDADE FINANCEIRA	34
5.2 LINHAS DE FINANCIAMENTO	38
5.2.1 Bancos Públicos	39
6. CONCLUSÃO	45
REFERÊNCIAS	47
APÊNDICE A – LINHAS DE CRÉDITO	57
APÊNDICE B – INDICADORES DE VIABILIDADE FINANCEIRA	58

1. INTRODUÇÃO

A evolução da humanidade relacionada à manipulação do curso natural das coisas, passando a controlar as formas de energia, é uma tendência que se faz notória nos dias de hoje. A complexa e inevitável relação com a energia elétrica traz a necessidade de armazená-la, para que seu uso possa ser feito por meio de demanda e não somente pela disponibilidade natural do recurso (GOULART, 2021).

A transição para a mobilidade elétrica, advinda com a difusão dos automóveis movidos a eletricidade, significou o aumento dessa necessidade de armazenamento de energia elétrica, como consequência da procura por postos de carregamento para veículos (IEA, 2020). Alinhado a esse crescimento, as preocupações relacionadas ao processo de extração e à disponibilidade da matéria prima necessária à produção das baterias dos veículos elétricos, essenciais ao atingimento de metas de neutralidade mundial das emissões veiculares, juntamente com o descarte correto dessas baterias é tema de discussão e estudos no âmbito acadêmico e público (RODILHA *et al.*, 2022).

Uma vez que, por mais que longa, a vida útil dessas baterias quando aplicadas em carros elétricos não é infinita, em cerca de dez anos ou menos elas deixam de exercer com qualidade o seu propósito inicial, e assim precisa ter uma definição de utilização ou descarte ao seu fim de vida (STRICKLAND *et al.*, 2014).

Dado o elevado valor agregado à produção de baterias de íons de lítio, é importante desenvolver estratégias para otimizar o uso destes produtos e os impactos ambientais ao longo de seus ciclos de vida. Com este objetivo e, também, para extrair o máximo valor econômico das baterias após sua utilização em veículos elétricos, sugere-se seguir a hierarquia de gestão de resíduos, na qual a reutilização é preferível à reciclagem (HARPER *et al.*, 2019).

O armazenamento de energia em baterias de grande porte para outras aplicações é algo que, mesmo para muitos ainda parecendo um futuro distante, já pode ser considerado uma realidade, com diversos casos de sucesso pelo mundo (GOULART, 2021). Apesar de ainda não possuir grande expressão no Brasil, este tipo de tecnologia já está em funcionamento, auxiliando a rede elétrica e os consumidores

em funções como aumento da qualidade do suprimento e redução de custos com energia elétrica (GREENER; NEWCHARGE, 2021; PARKER BRAZIL, 2023).

As oportunidades de impulsionar a economia e agregar valor aos produtos possuem alto potencial de desenvolvimento no Brasil, o qual destaca-se por apresentar uma das condições-chave para a Economia Circular: o potencial de geração de energia sustentável (RODILHA *et al.*, 2022). O mercado brasileiro no que tange a forma e função dos meios de mobilidade vêm sofrendo gradativa mudança ao longo desta década, refletindo a infraestrutura advinda de mercados mais maduros na cadeia de valores relacionada à mobilidade elétrica pública ou privada (RODILHA *et al.*, 2022). Para atingir um desenvolvimento econômico que concilie prosperidade com sustentabilidade, é preciso sair de uma economia baseada na escassez, de curto prazo e com foco no processo, para uma economia baseada no valor, de longo prazo e com visão sistêmica (CNI, 2018).

O desafio que se apresenta atualmente discorre acerca da difusão de projetos sustentáveis no Brasil, que ainda não é tão acentuada devido ao alto custo de implantação e ao retorno financeiro a longo prazo (REBELO, 2019). Por conseguinte, o financiamento e a promoção do armazenamento de energia com baterias de veículos elétricos de segunda vida enfrentam vários desafios, tais como limitações técnicas, barreiras regulatórias e falta de confiança dos investidores. Além disso, segundo Menin (2018), o país ainda possui dificuldades principalmente no acesso às linhas de financiamento.

Diante disso, surge a problemática do estudo que seria quais são as linhas de crédito existentes no Brasil atualmente que visam promover projetos de eletromobilidade sustentável, tendo como premissa o projeto do estudo de caso? Se existentes, como acessá-las? São viáveis financeiramente?

Este estudo analisa o estado atual do financiamento e investimento do armazenamento de energia com baterias de segunda vida dos veículos elétricos no Brasil, identificando as oportunidades existentes, analisando o papel das políticas governamentais e os investimentos públicos existentes para o setor. Tendo como objeto de estudo o projeto de uma estação de recarga para veículos, busca-se um maior entendimento dos vetores associados ao investimento de projetos que tangem o escopo da mobilidade sustentável, dado o cenário atual do Brasil e do mundo.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

Avaliar as potenciais linhas de investimento para uma estação de carregamento sustentável e a viabilidade financeira do projeto.

1.1.2. Objetivos Específicos

Os objetivos específicos são:

- Identificar os estudos, práticas e normativas usuais para financiamento e incentivo de projetos sustentáveis;
- Mapear os custos para execução do projeto;
- Quantificar a produção de energia no carregamento do veículo;
- Analisar a viabilidade econômica do projeto;
- Validar as linhas de crédito aplicáveis como forma de incentivo financeiro para o projeto proposto no estudo de caso.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo abrange o referencial teórico necessário para o desenvolvimento do trabalho. Sendo eles: (2.1) Gestão de resíduos; (2.1.1) Economia Circular; (2.1.2) Ciclo de vida das baterias íon-lítio; (2.2) Desenvolvimento Sustentável; (2.2.1) Finanças sustentáveis; (2.2.2) Sistema bancário; (2.3) Estação de recarga.

2.1 GESTÃO DE RESÍDUOS

2.1.1 Economia circular

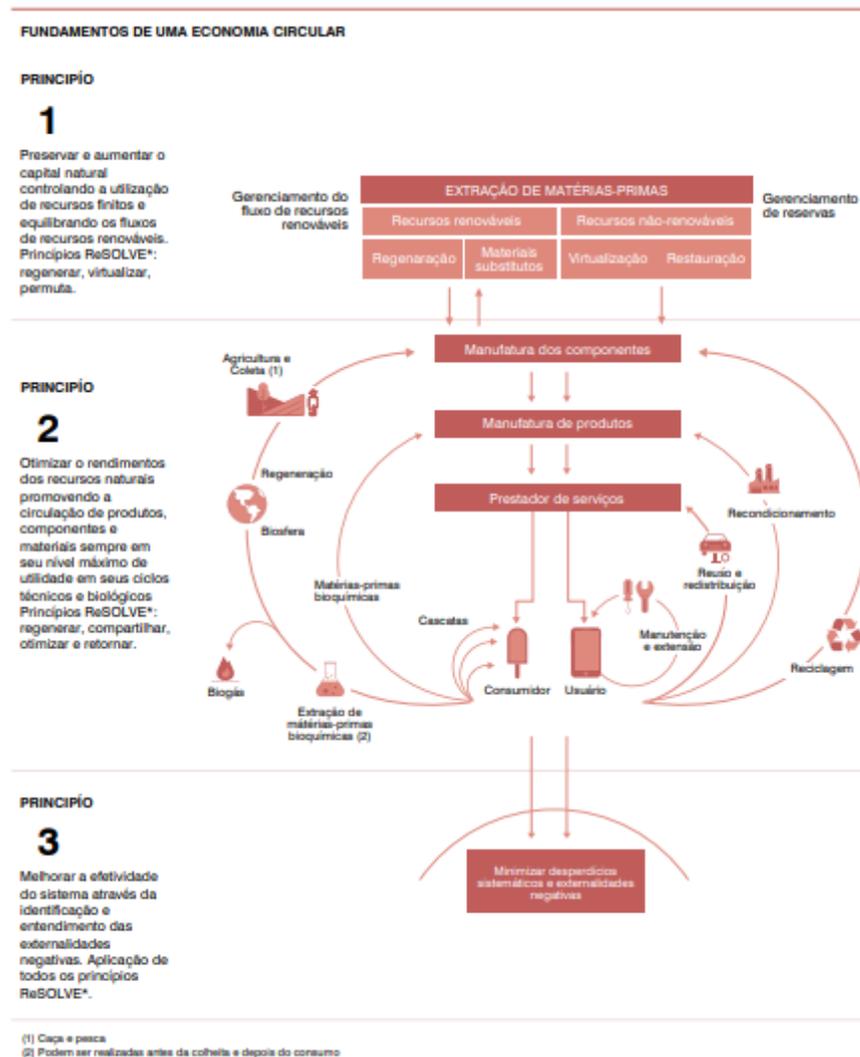
A Economia Circular é um termo muito utilizado atualmente, tendo como conceito um modelo econômico que integra diversas escolas e linhas de pensamento, tais como: Ecologia Industrial, Engenharia do Ciclo de Vida, Gestão do Ciclo de Vida, Economia de Performance, entre outros (CNI, 2018). Segundo o exposto pela Conferência Nacional da Indústria, CNI (2018), o tema recebeu notoriedade mundial, principalmente no âmbito dos negócios, a partir do relatório “*Towards the Circular Economy: Accelerating the scale-up across global supply chains*”, no Fórum Econômico Mundial elaborado em colaboração com a Fundação Ellen MacArthur, em 2014.

Ghisellini *et al.* (2016) identificam Pearce e Turner (1989) como os pioneiros na introdução do conceito de Economia Circular, com um trabalho baseado em Boulding (1966), no qual a ideia da economia como um sistema circular já era considerada como pré-requisito para a manutenção da vida humana na Terra.

Em suma, conforme apresentado pela Ellen Macarthur Foundation (2017), o conceito atual de Economia Circular visa manter produtos, componentes e materiais em seu mais alto nível de utilidade e valor o tempo todo, sendo um ciclo contínuo de desenvolvimento positivo, de forma a preservar e aprimorar o capital natural, otimizar a produtividade de recursos e minimizar os riscos sistêmicos ao gerir estoques finitos e fluxos renováveis, como pode ser observado na figura 1. Esse novo modelo

econômico busca, em última instância, dissociar o desenvolvimento econômico global do consumo de recursos finitos (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2017).

Figura 1 - Diagrama dos fluxos de materiais na economia circular



Fonte: CNI (2018).

A Economia Circular tem três princípios básicos, conforme apresentado por Ellen Macarthur Foundation (2017, p. 7):

Princípio 1: Preservar e aprimorar o capital natural controlando estoques finitos e equilibrando os fluxos de recursos renováveis. [...] Princípio 2: Otimizar o rendimento de recursos fazendo circular produtos, componentes e materiais no mais alto nível de utilidade o tempo todo, tanto no ciclo técnico quanto no biológico. [...] Princípio 3: Estimular a efetividade do sistema revelando e excluindo as externalidades negativas desde o princípio.

As empresas SUN e a McKinsey tiveram como resultado a perspectiva que ao adotar princípios da economia circular, a Europa pode aproveitar a iminente revolução

tecnológica para gerar um benefício líquido de € 1,8 trilhão até 2030, um valor superior ao cenário atual da economia linear, projetado em € 0,9 trilhão, segundo um estudo conduzido pela Ellen MacArthur Foundation (2017). Empresas com visão de longo prazo, com foco na inovação e na geração de valor, e que possuem estrutura em economia circular, a qual permite grandes oportunidades de renovação, regeneração e inovação na indústria, apresentam melhor desempenho econômico que as demais (CNI, 2018). Tais benefícios representam, em média, ganhos de 36%, com receita 47% superior e lucro 81% maior segundo dados da Harvard Business Review (BARTON *et al.*, 2017).

2.1.2 Ciclo de vidas das baterias íon lítio

As baterias a base de lítio e seu emprego em veículos elétricos, embora não tão recente, vêm se consolidando no mercado mundial como a melhor opção, tendo em vista suas qualidades superiores se comparadas às baterias baseadas em outros materiais, como a autonomia de rodagem (GOULART, 2022).

As baterias denominadas de íon-lítio são uma família, composta dos mais variados conjuntos de elementos químicos, mas que se assemelham pela presença de lítio, o qual possibilita gerar modelos com características, custos e aplicações muito distintas por meio das diversas combinações diferentes (GOULART, 2021). O lítio por ser um metal extremamente leve e de baixo potencial de redução, permite a esses compostos gerados armazenar grandes quantidades de energia em leves e reduzidos volumes (NITTA *et al.*, 2015).

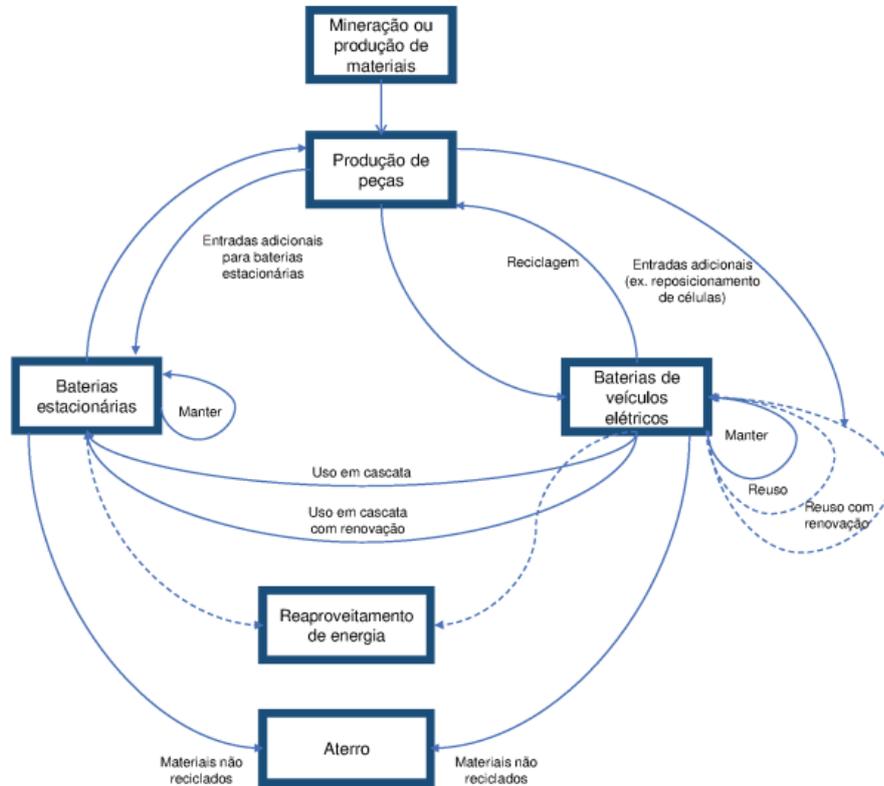
Uma das tecnologias mais aplicadas nos meios de transporte, as baterias de íon-lítio possuem uma boa relação de custo e benefício, atribuída principalmente por conta de sua boa densidade de energia armazenada (GOULART, 2021). Conquanto a vida útil dessas baterias nos carros não seja curta, uma perda de desempenho e autonomia, resultante do desgaste químico dos elementos que as compõem, é visualizado à medida que as células são carregadas e descarregadas, indicando assim que a capacidade de retenção da energia é menor que a nominal nos acumuladores de energia e precisam de manutenção (IEA, 2020).

O fim de vida de uma bateria é definido quando estas deixam de suprir a energia necessária em sua aplicação final, após terem sido aproveitadas integralmente durante toda sua vida útil (GOULART, 2021). De acordo com a projeção do Fórum Econômico Mundial (2019), são estimadas que mais de 10 bilhões de baterias alcancem o fim da vida até 2030, e caso não ocorra um descarte correto, podem apresentar relevantes impactos ambientais. Diante disso, a reciclagem e o reuso das baterias são alternativas para o equilíbrio do mercado de baterias e uma maior sustentabilidade ambiental (COSTA, 2021).

As baterias ao chegar no seu fim de vida, chamadas de baterias EOL (*end-of-life*) podem ser direcionadas para diferentes destinos após a primeira utilização nos veículos elétricos (VEs), sendo que a utilização de baterias após atingirem o fim de sua primeira vida útil é denominada como “segunda vida” ou “segundo uso” (VOLAN, 2021). Analisando para o caso de baterias íon-lítio de veículos elétricos, as quais apresentam capacidade de carga residual em cerca de 80% e assim estando disponíveis para serviços menos exigentes, estas podem ser reaproveitadas em sistemas de armazenamento estacionário (PAGLIARO; MENEGUZZO, 2019).

A extensão do ciclo de vida da bateria, atrelada à propensão em incorporar os padrões da natureza sutilmente e dessa maneira transpassar toda a estrutura de processos de inovação, é um aspecto crucial na melhoria da contribuição dos VEs para o desenvolvimento sustentável global (VOLAN, 2021). Aplicando os princípios da economia circular, que visam eliminar o desperdício, reciclando materiais e produtos dentro do sistema para obter eficiência de recursos e energia, bem como lucratividade, os autores Richa *et al.* (2017) elaboraram uma hierarquia teórica de gerenciamento de resíduos (Figura 2). É possível observar que o fluxo possui múltiplas rotas de interação, incluindo reutilização em VEs, uso em cascata, em aplicação estacionária, reciclagem, e aterro, no qual a escolha do uso depende da viabilidade técnica e da composição do material da bateria.

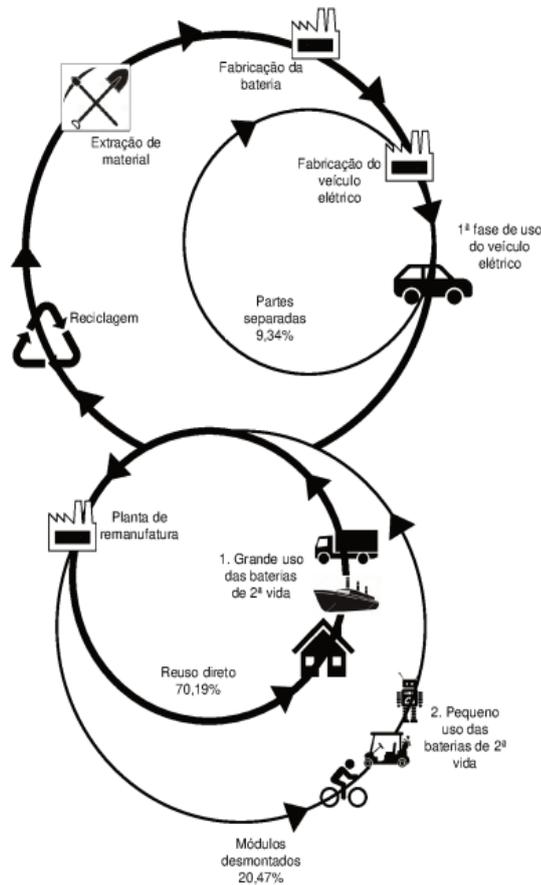
Figura 2 - Hierarquia da economia circular de baterias de VEs



Fonte: Volan (2021).

L.C. Casals *et al.* (2019) apresentaram outro possível esquema de destinação circular para as baterias, apresentada na Figura 3. Apesar do modelo também apresentar diversos usos para as baterias de segunda vida, não foi projetado um caminho que faz a disposição final em aterros, desenvolvendo assim o modelo econômico da economia circular fechada, de modo que após a utilização das baterias até o fim de sua segunda vida, é feita a reciclagem e reutilização dos materiais, e por consequência o fluxo é iniciado novamente ao seguir para a fabricação de novas baterias (VOLAN, 2021).

Figura 3 - Fluxo de circularidade proposto por Casals *et al.*



Fonte: Volan (2021).

Objetivando a análise da extensão da vida útil das baterias de segunda vida, L.C. Casals *et al.* (2019) conduziram o estudo em quatro aplicações estacionárias diferentes, sendo elas: suporte a cargas rápidas de veículos elétricos, autoconsumo, regulação de área e diferimento de transmissão. Os resultados mostram que a vida útil da bateria de segunda vida depende claramente de seu uso, podendo chegar em cerca de 30 anos para aplicações de suporte de carregamento rápido de veículos elétricos, e a cerca de 6 anos em serviços de regulação energética de redes de distribuição (VOLAN, 2021).

É previsto a obrigação de logística reversa para qualquer tipo de bateria comercializada em diversos países, incluindo o Brasil, sendo os fabricantes incumbidos de recolher os produtos vendidos e proporcionar o descarte correto de todo o conjunto (BORGES; FRANCO, 2013), discutido com mais detalhes no capítulo seguinte.

2.2 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

2.2.1 Finanças sustentáveis

Nas últimas décadas tem-se discutido a necessidade de mudança na forma de exploração econômica dos recursos naturais, e nesse contexto, a transição para uma economia verde é pauta de constantes debates no mundo (GUIMARÃES, 2022).

O conceito de economia verde é um conceito abrangente, frequentemente associado ao termo desenvolvimento sustentável ou sustentabilidade, e que possui relação com diversos impactos referente ao uso de recursos naturais, bem-estar e crescimento econômico (GUIMARÃES, 2022). Para o presente trabalho, considera-se o conceito de Economia Verde elaborado pela UNEP (2011): economia que resulta no aumento do bem-estar e da equidade social, enquanto reduz de forma significativa os riscos ambientais e a escassez dos recursos naturais, baseada em compartilhamento, circularidade, colaboração, solidariedade, resiliência, oportunidade e interdependência. Esse conceito se alinha com a teoria da Economia ambiental (*Environmental economics*), no qual um dos seus principais pontos é a precificação correta do capital e internalização dos impactos das atividades econômicas, no que diz respeito a custos e benefícios para a sociedade, se apresentando como uma solução ganha-ganha entre economia e meio ambiente (LOISEAU *et al.*, 2016).

Um dos pontos específicos sobre a economia verde mais debatidos nas últimas décadas refere-se à transição climática, a qual entende-se como o caminho apoiado por políticas específicas para uma economia resiliente ao clima com baixas emissões de gases de efeito estufa (ICMA, 2020). Recentemente, os governos reconheceram a importância da transição climática para o desenvolvimento e a redução da pobreza no Acordo de Paris e na Agenda 2030 composta pelos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS (OECD, 2017).

O Acordo de Paris foi adotado na Conferência sobre Mudanças Climáticas de Paris em dezembro de 2015, pelos países signatários da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC), e entrou em vigor no ano seguinte, em dezembro de 2016 (BATTISTON, 2019; MCTIC, 2021). O acordo tem por objetivos, entre outros, fortalecer a resposta à ameaça da mudança do clima,

reforçar a capacidade dos países para lidar com os impactos gerados por essa mudança de emissão e tornar os fluxos financeiros consistentes para essa transição (BATTISTON, 2019; FREITAS, 2022).

Conforme mencionado, segundo os objetivos do Acordo de Paris, uma das condicionantes para a transição para economia verde é o financiamento, sendo assim, é necessário desenvolver formas mais inteligentes de financiamento e limitar os gastos em áreas que degradem o meio ambiente (UNEP, 2011).

Diante desse contexto, as finanças sustentáveis ganham destaque como área a ser estudada e desenvolvida para que a mudança ocorra. Conforme o glossário da Comissão Europeia, as finanças sustentáveis representam o novo modelo de finanças que redireciona os recursos financeiros para os investimentos sustentáveis, levando em conta, principalmente, os aspectos Environmental, Social e Governance (ESG), o que demonstra, entre outros aspectos, o comprometimento das empresas com a restauração e conservação dos recursos naturais, bem como com a adaptação e redução dos impactos das mudanças climáticas (EY, 2023).

As finanças verdes evoluíram de um requisito contemplativo e facultativo nas organizações para se tornar um fator crucial na sobrevivência das empresas no mercado competitivo (SARTORE, 2016). Portanto, no contexto corporativo atual, não se percebe mais uma divergência entre a economia e o meio ambiente, mas sim, uma sinergia entre os conceitos na busca por melhorias substanciais, não apenas nos aspectos sustentáveis, mas também econômicos (SILVA, 2022).

Para atingir a neutralidade nas emissões de GEE, o Brasil precisará de cerca de US\$ 1,3 trilhão para cumprir as medidas e metas das Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDC), de acordo com a Internacional Finance Corporation (IFC), membro do grupo Banco Mundial, sendo esse montante possível de ser obtido por meio da emissão de títulos ESG e da reforma tributária, que é atualmente o debate crucial neste novo desdobramento (ALVES, 2022). O Brasil tem grande capacidade de retirar as propostas de projetos sustentáveis do papel, atraindo investidores nacionais e estrangeiros (WB, 2018). Esforços para a simplificação da atuação do investidor internacional no Brasil, já foram feitos, a exemplo da proposta de Projeto de Lei, do Marco do Câmbio, proposto pelo Banco Central do Brasil, que busca atualizar o código atual e atualmente tramita no Congresso Nacional (GIZ, 2020).

Segundo Alves (2022), benefícios fiscais mais extensos para empresas que decidam se financiar através da emissão de títulos ASG, é uma das medidas que auxiliam no crescimento do mercado financeiro ASG no Brasil. Além disso, atualmente a lei 12.431, de 2011, prevê isenção fiscal para pessoas físicas nacionais e estrangeiras em algumas modalidades de renda fixa, sendo que três delas têm sido comumente utilizadas no mercado verde: debêntures incentivadas, Certificados de Recebíveis Imobiliários (CRIs) e Fundo de Investimento em Participações (FIP), já tiveram tal uso (GIZ, 2020).

Mais recente, em agosto de 2023, a Comissão de Meio Ambiente (CMA) aprovou o projeto de lei (PL) 2.327/2021, no qual prevê a logística reversa de baterias de veículos elétricos, priorizando a reciclagem e reaproveitamento de seus componentes na fabricação para novas baterias (AGÊNCIA SENADO, 2023). O projeto de lei se referencia à Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305, de 2010) e possui enfoque na viabilização de tecnologias do veículo elétrico, através da recuperação da matéria-prima das baterias elétricas (AGÊNCIA SENADO, 2023). Desse modo, objetiva garantir a destinação ambiental adequada dos rejeitos da bateria após o aproveitamento, sendo a logística reversa responsável pelo retorno dos materiais ao ciclo produtivo para que possam ser reutilizados, reciclados ou descartados corretamente (SENADO FEDERAL, 2021).

O Brasil, diferentemente dos países europeus, estabeleceu orientações mais amplas, pertinentes ao meio ambiente, para depois detalhar os aspectos climáticos nas regulamentações e iniciativas. Outrossim, para que a transição para uma economia verde se concretize é fundamental a participação de diversos outros agentes como os setores industriais, os formuladores de políticas do meio ambiente, os outros reguladores do Sistema Financeiro, dentre outros (GUIMARÃES, 2022).

2.2.2 Sistema financeiro

Os intermediários financeiros têm um papel primordial na transição para uma economia verde e o setor bancário deve mudar de forma significativa sua estratégia, com predominância excessiva no curto prazo atualmente, para que a transição seja acelerada (UNEP, 2011).

A promoção de diretrizes bancárias verdes começou com uma iniciativa voluntária capitaneada pela Febraban (Federação Brasileira de Bancos), adotada em 2008 por cinco bancos estatais e em 2009 por bancos comerciais (DIKAU; RYAN-COLLINS, 2017). Assim, destaca-se que os bancos brasileiros já possuíam políticas de sustentabilidade anteriormente a publicação da Política de Responsabilidade Social e Ambiental (PRSA), e posterior a publicação, a Febraban continuou com a promoção da autorregulamentação por meio da publicação do Sistema de Autorregulação Bancária (SarB) 1422 (FGVCES, 2015).

No contexto brasileiro, não há uma taxonomia nacional que classifique projetos, ativos e atividades econômicas sustentáveis. Atualmente, iniciativas como a celebração de memorando de entendimento entre a Climate Bonds Initiative (CBI) e o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), em 2020, e o lançamento do Guia Explicativo da Taxonomia Verde da Febraban, em 2021, figuram como ações desenvolvidas por instituições públicas e privadas com o intuito de incorporar os critérios ambientais e climáticos no país, especialmente no que se refere a emissão de títulos verdes (RICAS; BACCAS, 2021; FEBRABAN, 2021).

No que se refere as políticas de alocação de crédito verde, não tem sido parte das ações lideradas pelo Banco Central do Brasil, mas sim por um grande banco de investimento, Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), que cumpre esse papel de ser um grande financiador de setores verdes (DIKAU; RYAN-COLLINS, 2017). No ano de 2011, o Programa Fundo Clima foi aprovado com recursos do Fundo Nacional sobre Mudança do Clima, do Ministério do Meio Ambiente (MMA), com a finalidade de financiar projetos de redução dos impactos da mudança climática. Em 2014, foi criado o Comitê de Sustentabilidade Socioambiental (CSS) com o intuito de promover a efetiva implementação da Política de Responsabilidade Social e Ambiental (PRSA) na instituição (BNDES, 2017).

Em 2017 o BNDES realizou a captação de US\$ 1 bilhão em *green bonds*, com vencimento em 2024 e, assim, se tornou o primeiro banco brasileiro a realizar a emissão de títulos verdes no mercado internacional, com a demanda atingindo US\$ 5 bilhões em ordens de emissão, e participação de mais de 370 investidores no processo de formação de preço dos títulos (BNDES, 2017).

Especificamente, a tarefa do BNDES de direcionar recursos para investimentos na transição é limitada pela antecipação dos empréstimos do Tesouro Nacional, uma

vez que a antecipação retira do banco o apoio importante na criação de capacidade de investimento em projetos viabilizadores da transição (GALDINO, 2022).

2.3 ESTAÇÃO DE RECARGA

Um ponto crítico para o desenvolvimento dos veículos elétricos é a infraestrutura para o abastecimento destes veículos. Segundo a FGV (2017), para impulsionar a demanda de veículos elétricos, além de reduzir os custos das baterias, é crucial ter uma infraestrutura de recarga acessível aos usuários. Isso ocorre porque há preocupações sobre a disponibilidade de pontos de recarga em rodovias durante viagens ou longos períodos de espera nos postos de recarga (RIBEIRO, 2022). Essa preocupação pode influenciar a decisão de compra desses veículos, gerando insegurança e incerteza. Para recarregar um veículo elétrico fora da residência ou de forma rápida são necessários equipamentos específicos para fornecer energia nos padrões do veículo, chamadas estações de recarga (CRISTOFER).

Em concordância com o estabelecido pelo National Electrical Code (querido, 2012) os níveis de recarga podem ser classificados em três tipos ou níveis, de acordo com a potência elétrica disponibilizada:

1) Nível 1: Este tipo é o mais simples que pode ser conectado nas tomadas residenciais. A potência está limitada em 2 kW e opera na tensão de 120 V em corrente alternada (cristofer). Esse nível de carregamento não exige nenhuma mudança estrutural, além de gerar um impacto muito baixo na rede devido a sua baixa potência (SILVA, 2022).

2) Nível 2: É limitado em 20 kW de potência operando na faixa de 208 a 230 V em corrente alternada. Demanda equipamentos dedicados, corretamente dimensionados elevando gastos na instalação e com equipamentos pela potência mais elevada (SILVA, 2022). Para este nível, os pontos de recarga podem ser encontrados tanto em residências como em pontos públicos (cristofer).

3) Nível 3: Neste caso, a grande maioria dos pontos se encontra em estabelecimentos comerciais como postos de recarga (também conhecidos como eletropostos), ou seja, pontos públicos de recarga (SILVA, 2022). A potência da instalação é acima de 60 kW e opera com tensão de aproximadamente 400 V em

corrente contínua. Possui um custo muito elevado devido aos altos níveis de corrente e tensão de operação (cris).

Estações de recargas podem funcionar tanto em corrente contínua (CC) quanto em corrente alternada (CA), dependendo do uso (WILLIAMSON; RATHORE; MUSAVI, 2015). Segundo estes autores, as estações de recarga em corrente direta podem produzir maior potência e, conseqüentemente, prover uma recarga mais rápida (machado).

É previsto que até 2021, cerca de 800 pontos de recarga estavam disponíveis no Brasil, incluindo estações públicas e semipúblicas em estabelecimentos comerciais (RIBEIRO, 2022). As estações públicas predominantes são os chamados corredores elétricos, como Celesc Região Sul/SC, Copel Região Sul/PR, EDP Região Sudeste/SP-RJ e Neoenergia Região Nordeste/Salvador-Natal.

Destacam-se os corredores nas regiões Sul e Sudeste, viabilizados em grande parte pelos incentivos financeiros da estratégia nº 22/2018 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Esses incentivos visam desenvolver soluções para mobilidade elétrica, incluindo infraestrutura de recarga com sistemas fotovoltaicos, bancos de baterias, novos modelos de negócios, estudos sobre a segunda vida das baterias de veículos elétricos e a eletrificação de frotas (ENERGIA, 2022).

3. METODOLOGIA

Esse capítulo compreende a classificação da pesquisa, o procedimento metodológico e as discussões acerca dos métodos e ferramentas dispostos na literatura utilizados nesta pesquisa para alcance dos objetivos delineados.

Tendo como finalidade responder ao problema-pesquisa, avaliando as linhas para investimento de projetos sustentáveis no Brasil e viabilidade financeira do projeto estudado, foi utilizada a abordagem empírico-analítica, que faz uso de técnica de coleta, tratamento e análise de dados quantitativos. Com relação aos objetivos, a pesquisa classifica-se como exploratória, visto que o estudo busca verificar as linhas de financiamento e ecossistemas existentes, para alavancar projetos com objetivos similares ao do estudo de caso.

Inicialmente foram levantadas as informações referentes ao projeto do estudo de caso, para delimitar o objetivo desta pesquisa e assim iniciar as investigações acerca do assunto. Objetivando uma compreensão mais assertiva do projeto, propôs-se realizar reuniões com os principais envolvidos na realização do projeto. Além disso, foram contatadas personalidades de grande importância no cenário financeiro nacional como apoio à investigação relacionada.

Por meio de entrevistas informais com os personagens citados, foi possível coletar informações fundamentais para a estruturação deste estudo, como o *status* do projeto, o cenário atual e vias de financiamento conhecidas e com potencial de utilização. Da mesma forma, foi obtido um maior entendimento dos condicionantes de comercialização do produto estudado, do ponto de vista do fornecedor. Foram apresentados os resultados para especialistas e gerentes das áreas financeiras e de sustentáveis das empresas apoiadoras, como forma de validação final.

Para o estudo da geração de energia, retorno financeiro e simulação do investimento por meio das linhas de crédito, foram utilizados dados já existentes do estado de São Paulo, tendo em vista que é o estado brasileiro com maior concentração de veículos elétricos e híbridos atualmente.

A partir dos dados retirados do estudo de caso, é necessário saber o consumo de energia elétrica anual para o carregamento de um veículo, para que se justifique a viabilidade do uso das placas solares e auxilie a estipular o valor esperado de retorno

econômico. Além disso, com base nas informações obtidas, é realizada a análise de viabilidade econômica do projeto, que tem por finalidade demonstrar o rendimento do carregador sustentável, o retorno financeiro em 20 anos de instalação e o tempo estimado de *payback*.

Para análise de retorno financeiro da estação de abastecimento, são utilizados os parâmetros VPL (Valor Presente Líquido), TIR (Taxa Interna de Retorno), *Payback* descontado. A TIR (taxa interna de retorno) é uma técnica para orçamento de capital, que representa uma taxa de retorno composta a qual a empresa obterá ao investir em um projeto, considerando as entradas de caixa previstas, sendo que projetos com TIR's superiores ao custo de capital, aumentam o valor de mercado da empresa e a riqueza dos acionistas (FANTI *et al.*, 2015). O método VPL (valor presente líquido) é uma técnica de avaliação da viabilidade de um investimento que desconta os fluxos de caixa de um projeto a uma taxa específica (LIMA; BONFRISCO, 2019). O indicador VPL é caracterizado como um dos critérios mais recomendados por especialistas em finanças para decisão de investimento, uma vez que considera o valor temporal do dinheiro, ou seja, na visão de que um recurso disponível hoje vale mais do que amanhã, pois pode ser investido e gerar juros (FANTI *et al.*, 2015). O *Payback* corresponde ao tempo necessário para que a empresa recupere o investimento inicial em um projeto, calculado a partir das entradas de caixa (LIMA; BONFRISCO, 2019), sendo um importante indicador no processo de decisões de investimento, afinal é uma forma de sabermos com clareza quanto tempo determinado projeto irá demorar e recuperar o capital investido (FIORESE; SULZBACH; SILVA, 2021).

As empresas apoiadoras colaboraram com as informações necessárias para realização do trabalho, como o projeto do carregador sustentável e todos os demais dados essenciais para as análises.

4. APRESENTAÇÃO DE DADOS

4.1 ESTUDO DE CASO

No tocante aos desafios da infraestrutura não planejada para suportar o crescimento da frota de veículos elétricos, e as preocupações relacionadas ao processo de extração e à disponibilidade da matéria prima necessária à produção das baterias dos veículos elétricos, Rodilha *et al.* (2022), representado uma montadora automotiva alemã, juntamente com empresas parceiras, desenvolveram um projeto que integra baterias de segunda vida e painéis solares, no qual resultou em uma estação sustentável de abastecimento para veículos elétricos.

O estudo proposto pela instituição decorre de ações de circularidades desenvolvidas com foco em elementos estruturantes de economia circular no Brasil. A partir de 2017, através de um programa nacional de logística reversa de itens inservíveis, a empresa intensificou sua estratégia de controle e destinação de resíduos junto aos pontos de venda, e realizou um mapeamento de disponibilidades técnicas no Brasil a fim de identificar empresas com potencial para desenvolvimento de soluções nacionais (RODILHA *et al.*, 2022). Assim, entre 2017 e 2020, um roadmap estratégico foi desenhado exclusivamente para a circularidade das baterias elétricas do grupo (RODILHA *et al.*, 2022).

Em 2020, uma start-up nacional recentemente lançada no mercado, apresentou uma proposta de reuso de baterias aptas para soluções de armazenamento de energia e preparação para reciclagem de unidades inservíveis. O primeiro teste piloto, com o objetivo de avaliar a performance operacional e tecnológica minimamente necessária para validação do modelo proposto para recarga de veículos, foi realizado através de um time multidisciplinar contendo 4 empresas e Grupo de Pesquisa Estratégica em Energia Solar da Universidade Federal de Santa Catarina (PRESSCLUB BRASIL, 2021). O projeto contou com baterias de segundo uso do veículo BMW i3, carregadas exclusivamente por placas solares, conforme ilustra a figura 8 (PRESSCLUB BRASIL, 2021).

Figura 4 - Projeto piloto de estação de recarga para veículo elétrico



Fonte: PressClub Brasil (2021).

Ainda no ano de 2021, duas outras empresas, passaram a integrar o projeto (RODILHA *et al.*, 2022). O try-out de um sistema de recarga rápida, com uso de painéis solares e maior capacidade de baterias de segunda vida, foi instalado em uma montadora de veículos alemã, localizada em Araquari-SC, promovendo o desafio do casamento de tecnologias nacionais, para construção de uma solução de circularidade inovadora e pioneira (figura 5) (PRESSCLUB BRASIL, 2022).

Figura 5 - Carpot proposto



Fonte: PressClub Brasil (2022).

A conexão da rede elétrica das baterias suporta a proposta de modelo híbrido de carga (rede/solar), estando limitada à uma potência de 18kW e 32A (RODILHA *et al.*, 2022).

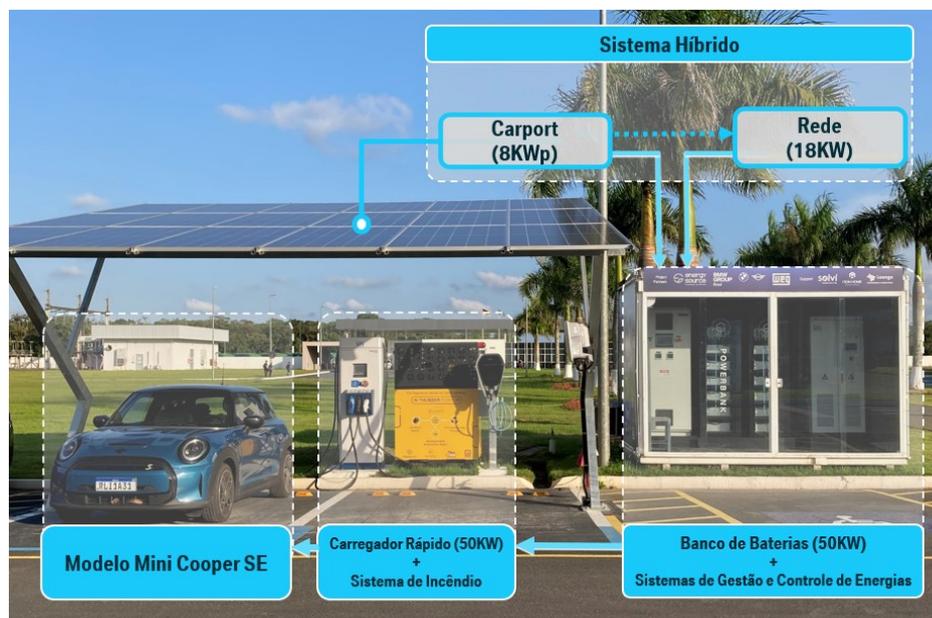
O sistema de geração de energia fotovoltaica do projeto foi disposto em uma estrutura tipicamente conhecida como carport, a qual consiste em um abrigo de veículos onde placas fotovoltaicas substituem a função dos telhados. Desse modo,

além de proteger os veículos contra o sol e intempéries, o sistema produz energia elétrica a partir da radiação solar (RODILHA *et al.*, 2022).

O carport (garagem) possui aproximadamente 35 m² de área, e é formado por 18 módulos solar fotovoltaico da marca Risen Solar, modelo RSM144-7-445M, de potência unitária de 445 Wp e total de 8kWp. Para a conversão CC/CA da energia fornecida pelo carport, utilizou-se um inversor marca WEG, modelo SIW300H M060, de potência nominal de saída de 12 kW. Já o banco de baterias, é composto por 24 módulos do veículo modelo BMW i3, com capacidade total de 50kW e 60 Ah, monitorados pelo BMS (RODILHA *et al.*, 2022).

A Figura 10 ilustra de forma resumida os fluxos de energia do projeto de Rodilha *et al.* (2022), em que a carga do banco de baterias é realizada por energia solar, quando disponível, e da rede elétrica. Quando as baterias estão 95% carregadas sem demanda do eletro posto, o EMS (sistema de gerenciamento de energia) prioriza o direcionamento de toda energia proveniente dos painéis solares para a rede, visando compensar a matriz energética não renovável consumida a partir desta (RODILHA *et al.*, 2022).

Figura 6 - Fluxo do projeto



Fonte: PressClub Brasil (2022).

Para este trabalho foi considerado somente o funcionamento com a energia proveniente dos painéis solares. Sendo assim, a energia solar obtida durante o dia, é

armazenada nos bancos de baterias para utilização na atividade de carregamento do veículo.

A segunda vida das baterias de veículos elétricos aqui utilizadas, são obtidas através da análise das baterias quando chegam em 80% da sua capacidade inicial. A vida das baterias é variável, com estimativa de garantia de 8 anos, porém depende do uso do consumidor, o qual pode aumentar ou diminuir o tempo de vida da bateria. Ao ter a definição de que se trata de uma bateria *end-of-life*, é realizada a diagnose no equipamento e serão avaliadas possibilidades de utilização para o uso estacionário em baterias saudáveis, ou caso contrário, definida a reciclagem do material.

Atualmente o projeto está em fase de introdução ao mercado, tendo dificuldade por ser pouco difundido e possuir um alto preço. Adaptações estão sendo feitas para que o projeto seja mais atrativo para o mercado, mas ainda sob avaliação confidencial entre as partes envolvidas.

5. ANÁLISE DE DADOS

A seguir são apresentados os resultados obtidos provenientes das metodologias aplicadas a este trabalho.

5.1 VIABILIDADE FINANCEIRA

Avaliando o projeto com a visão do cliente, muito se interessa no retorno financeiro que terá ao adquirir tal tecnologia. Condições financeiras, tempo de *payback*, *break-even* e retorno financeiro nos 20 anos de vida útil serão abordados neste capítulo.

Para esta etapa foram utilizadas estimativas dos valores reais de comercialização do produto, visto que ainda não possui validação de venda e os consequentes valores reais relacionados. O valor total contabilizado inclui equipamentos e custos de instalação, mas não inclui manutenção ou despesas fixas. Os valores foram fornecidos pelas empresas parceiras, pois os equipamentos são de autoria destas. São oferecidas duas opções para aquisição do produto, uma na qual o investidor compra todos os equipamentos e outra em que o banco de baterias pode ser locado durante o período desejado.

A tabela 1 descreve os valores contidos no preço final estimado para comercialização referentes a opção 1 de aquisição.

Tabela 1 – Preço estimado para comercialização na opção 1

Produto	Preço
Infraestrutura de instalação	
Estação de Recarga	
Módulo de Baterias	
Valor total do investimento	R\$ 602.000,00

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

A opção 2 inclui a aquisição da infraestrutura de instalação e estação de recarga, porém o banco de baterias é ofertado na forma de locação, para um período

de 60 meses com possibilidade de renovação. A primeira mensalidade da locação do módulo de baterias inclui os valores referentes à primeira parcela somado aos custos de instalação e frete. Os dados citados encontram-se expostos na tabela 2.

Tabela 2 - Preço estimado para comercialização na opção 2

Produto	Preço
Infraestrutura de instalação	
Estação de Recarga	
Valor total do investimento	R\$ 388.000,00
Módulo de Baterias - Primeira mensalidade	
Módulo de Baterias - Demais mensalidades	

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Considerando os resultados de tempo de carga e potência requerida para carregar um veículo modelo um Mini elétrico, sendo necessários 35 minutos e 50kW, foi realizado uma prospecção do quanto seria gasto com energia elétrica para a mesma situação, sem o uso do carregador proposto neste trabalho. Para a análise, considera-se a tarifa para o ano de 2023 divulgada pela ENEL, como sendo a tarifa inicial do estudo, e o reajuste considerando a tendência do IPCA, Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo. Os valores foram retirados para o consumo A2 da ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica, onde se encaixa os potenciais compradores deste projeto, comércios como concessionários e postos de combustíveis. A tabela 3 apresenta os valores de tarifa utilizados no estudo, e o respectivo percentual de reajuste.

Tabela 3 – Tarifário estipulado para o estudo nos 20 anos

Período	Tarifa consumo R\$/kWh	Reajuste percentual
2023	0,438	-
2024	0,455	3,9%
2025	0,471	3,5%
2026	0,490	4,0%
2027	0,507	3,5%

2028	0,532	5,0%
2029	0,559	5,0%
2030	0,587	5,0%
2031	0,616	5,0%
2032	0,647	5,0%
2033	0,679	5,0%
2034	0,713	5,0%
2035	0,749	5,0%
2036	0,786	5,0%
2037	0,826	5,0%
2038	0,867	5,0%
2039	0,910	5,0%
2040	0,956	5,0%
2041	1,004	5,0%
2042	1,054	5,0%

Fonte: Adaptado de ENEL (2023) e Banco Central do Brasil (2023).

As placas solares inseridas no projeto proporcionam uma geração de energia suficiente para suprir a demanda do carregamento. A energia gerada no período de 20 anos foi de 522.411 kWh para carregar um total de 16.200 veículos. O uso da placa solar para a geração de energia representa uma economia ao investidor, uma vez que não é necessário pagar a tarifa de energia elétrica. Essa fonte de energia sustentável resulta em uma economia de R\$ 3.042.766,52 acumulados em 20 anos, em comparação ao uso de energia elétrica. As informações apresentadas acima podem ser observadas na tabela 4.

Tabela 4 – Geração de energia e economia para 20 anos

Período	Geração kWh	Economia acumulada
Ano 1	12.166,85	R\$ 5.329,08

Ano 2	14.745,95	R\$ 12.039,05
Ano 3	17.140,00	R\$ 20.111,38
Ano 4	19.349,00	R\$ 29.588,58
Ano 5	21.372,95	R\$ 40.423,52
Ano 6	23.211,86	R\$ 52.779,04
Ano 7	24.865,72	R\$ 66.676,70
Ano 8	26.334,53	R\$ 82.131,21
Ano 9	27.618,29	R\$ 99.149,50
Ano 10	28.717,01	R\$ 117.729,58
Ano 11	29.630,68	R\$ 137.859,38
Ano 12	30.359,31	R\$ 159.515,41
Ano 13	30.902,88	R\$ 182.661,37
Ano 14	31.261,41	R\$ 207.246,60
Ano 15	31.434,89	R\$ 233.204,34
Ano 16	31.423,33	R\$ 260.449,93
Ano 17	31.226,72	R\$ 288.878,82
Ano 18	30.845,06	R\$ 318.364,31
Ano 19	30.278,35	R\$ 348.755,25
Ano 20	29.526,59	R\$ 379.873,47

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Neste ano de 2023, percebeu-se uma movimentação quanto a cobrança pela recarga de veículos elétricos, frente ao que apresenta o mercado na promessa de serviços melhores (FONTANA, 2023). Nota-se que usualmente o valor cobrado varia entre R\$ 1,90 e R\$ 2,10/kWh, ou seja, paga-se entre R\$ 95 e R\$ 105 para a recarga completa de um modelo com bateria de 50 kWh (FONTANA, 2023; MICHELLIN, 2023). Definiu-se então a cobrança de 1,75 reais por kWh para o carregador estudado neste trabalho. Portanto, um carregamento de 80% realizado em 36 minutos, com a utilização de 51,4kWh, totaliza R\$89,95 a serem pagos pelo cliente.

Com base nas variáveis apresentadas anteriormente, calcula-se o payback do projeto e o valor total para 20 anos. A tabela 5 apresenta os resultados obtidos nesta análise.

Tabela 5 – Resultados para análise financeira do investimento na Opção 1

Investimento	R\$ 602.000,00
Economia após 20 anos (nominal)	R\$ 379.873,47
TIR mensal	2,07%
TIR anual	25%
Valor presente das economias	R\$ 1.452.353,07
Taxa mínima de atratividade mensal	1,04%
Taxa mínima de atratividade anual	13,25%
Energia gerada em 20 anos (kWh)	522.411,38
Payback descontado	16 anos

Fonte: Elaborada pela autora (2023).

Observa-se na tabela 5 um valor de TIR em 25% e um VPL de R\$ 1.425.353,07. O TIR de 25% anual é uma boa taxa, em relação a uma TMA de 13,25%, sendo mais vantajosa que muitas aplicações meramente financeiras.

Tabela 6 – Resultados para análise financeira do investimento na Opção 2

Investimento	R\$ 431.245,40
Economia após 20 anos (nominal)	R\$ 379.873,47
TIR mensal	-0,50%
TIR anual	-6%
Valor presente das economias	- R\$ 379.276,49
Taxa mínima de atratividade mensal	1,04%
Taxa mínima de atratividade anual	13,25%
Energia gerada em 20 anos (kWh)	522.411,38
Payback descontado	-

Fonte: Elaborada pela autora (2023).

Observa-se na tabela 6 um valor de TIR em -6% e um VPL de -R\$ 379.276,49. O TIR de -6% anual é um indicador desfavorável uma vez que apresenta valor menor que a TMA de 13,25%. O tempo de payback descontado não foi atingido no período de 20 anos.

5.2 LINHAS DE FINANCIAMENTO

Sendo este um dos objetivos desta pesquisa, as linhas de financiamento para projetos e produtos relacionados a eletromobilidade e inovação sustentável, ainda são discretas e pouco difundidas no Brasil.

As linhas de investimento financeiro para projetos sustentáveis, tendo em pauta o projeto do estudo de caso, contempla basicamente o grupo de bancos públicos, Banco Nacional do Desenvolvimento Sustentável e Bancos Estaduais de São Paulo e Santa Catarina.

5.2.1 Bancos Públicos

O Banco Nacional do Desenvolvimento Sustentável, BNDES, oferece uma gama de soluções de finanças sustentáveis como foco direto no ASG, dentre elas linhas de crédito voltadas para projetos socioambientais, captação de recursos de organismos multilaterais e agências governamentais de outros países, condições diferenciadas mais favoráveis a projetos sustentáveis, e investe em fundos para adquirir debêntures sociais e verdes no mercado local (BNDES, 2023).

Em abril de 2021, o BNDES lançou um documento que viabiliza a emissão pelo Banco de títulos verdes, sociais e sustentáveis, no Brasil e no Exterior, chamado de *Sustainability Bond Framework* (SBF). Esse documento possui como premissa a orientação da emissão de Títulos Verdes, Sociais e Sustentáveis no Brasil e no exterior, bem como usar os recursos para financiar e refinar despesas relacionadas a projetos elegíveis novos e existentes (BNDES, 2023).

Conforme apresentado no Framework de Emissão de Títulos Sustentáveis do BNDES (2023), o financiamento das atividades econômicas por parte do BNDES ocorre por meio de operações diretas, nas quais o Banco realiza a análise de crédito do cliente e do projeto financiado, e por meio de operações indiretas, nas quais as instituições financeiras parceiras credenciadas emprestam aos clientes finais. Inicialmente o Banco identifica e aloca o projeto inscrito entre as nove categorias elegíveis para receber os recursos provenientes dos Títulos Sustentáveis, classificadas de acordo com a taxonomia dos Princípios para Títulos Verdes e Títulos Sociais, podendo ser classificado em uma ou mais Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODs) (BNDES, 2023). Após feita a classificação o projeto será avaliado

pelos Superintendentes das Áreas Financeira, de Gestão Pública e Socioambiental e das Áreas Operacionais do BNDES responsáveis por cada setor (BNDES, 2023). Estes aprovaram uma lista de tipos específicos de projetos que atendam aos critérios de elegibilidade e que possam ser financiados pelos recursos provenientes da emissão dos títulos. O projeto aprovado passará por um sistema de gestão de risco socioambiental, atendendo as exigências da Resolução CMN 4.327/2014 e aos demais requerimentos legais e regulatórios do governo federal e dos governos estaduais respectivos. Segundo o BNDES (2023), o sistema do inclui metodologias de avaliação do risco socioambiental associado aos clientes e projetos, bem como a avaliação dos impactos positivos das operações.

Até o momento da alocação aos projetos sustentáveis elegíveis, os recursos captados com os títulos seriam monitorados e mantidos no caixa ou em aplicações equivalentes, ou investidos em títulos públicos federais, que são instrumentos financeiros de elevada liquidez e baixo risco (BNDES, 2023). A alocação dos recursos dos títulos ocorrerá em um período de até 36 meses da data de emissão e o monitoramento da marcação da alocação dos recursos será realizado pela Área Financeira (BNDES, 2023).

São oferecidas pelo BNDES três categorias financeiras de apoio às soluções sustentáveis: Crédito, Apoio não Reembolsável e Participação. Neste estudo serão avaliadas apenas as linhas de crédito oferecidas, as quais totalizam doze soluções gerais. As categorias nas quais o projeto estudado se encaixa são Energia Renovável, Eficiência Energética e Prevenção e Controle da Poluição, de acordo com a taxonomia dos Princípios para Títulos Verdes e Títulos Sociais. As linhas de crédito estudadas estão em concordância com o objetivo e escopo do projeto, sendo elas: BNDES Finame, BNDES Finem, Fundo Clima, BNDES Crédito ASG, além dos subprogramas.

No que tange os bancos estaduais se destaca a Desenvolve SP (2023), a agência de fomento do governo do Estado de São Paulo, sendo esta a parceira do Governo do Estado de São Paulo na concessão do financiamento certo para cada fase do negócio, seja ele uma startup ou uma média empresa, sediadas no estado de São Paulo. A agência possui diversas linhas de créditos, mas foi destacado neste estudo apenas as que se encaixam com o objetivo do trabalho, o crédito para descarbonização (projetos sustentáveis) e crédito para inovação. Dentre as opções disponíveis na linha de crédito para descarbonização se destaca a Linha de Economia

Verde, a qual financia projetos que promovam a redução de emissões de gases de efeito estufa, a geração de energias renováveis e a eficiência energética, por meio de práticas sustentáveis que minimizem o impacto da atividade produtiva no meio ambiente (DESENVOLVE SP, 2023). A linha de incentivo a tecnologia, opção relacionada às linhas de crédito para inovação, possui foco no desenvolvimento e transferência de tecnologia, criação de novos produtos, processos ou serviços, investimentos em infraestrutura, pesquisa e desenvolvimento, os quais incorporem ganhos tecnológicos ou processos inovadores às pequenas e médias empresas (DESENVOLVE SP, 2023).

Em Santa Catarina, a Agência de Fomento do Estado de Santa Catarina S.A. - Badesc (2023), tem o objetivo de promover o desenvolvimento econômico e social do Estado de Santa Catarina, mediante a prática da aplicação de recursos financeiros no âmbito de sua competência, definida pela Legislação Federal pertinente, a partir da execução da política estadual de desenvolvimento econômico e o fomento das atividades produtivas através de operações de crédito com recursos próprios e dos fundos institucionais, bem como por aqueles oriundos de repasses de agências financeiras nacionais e internacionais. A linha de crédito Badesc Energia é uma opção para o projeto, ao possuir como objetivo apoiar projetos de substituição de energia elétrica comercial por estação privada de geração de energia fotovoltaica nos setores industrial, comercial e de prestação de serviços, destinada aos diferentes portes de empresas e instituições do segmento privado (BADESC, 2023).

O apêndice A apresenta as características específicas de cada linha de crédito citada, como taxa de juros, valor mínimo, participação do agente financeiro, prazos para pagamento e garantias que devem ser cumpridas.

A partir dessas informações, foram realizadas simulações do financiamento para cada uma das linhas estudadas, expostas na tabela 7 e 8. O valor total do investimento contempla o valor financiável do projeto, com base na porcentagem de participação, e o valor não financiável que precisará ser pago de forma paralela ao financiamento. O valor total do financiamento corresponde ao valor final financiável para 240 meses.

Tabela 7 – Simulação linhas de crédito para a Opção 1

Linha de crédito	Taxa anual de juros	Prazo para pagamento	Valor total do investimento	Parcela do financiamento	Valor total do financiamento
BNDES Finem (Apoio indireto)	9,32%	20 anos	R\$1.156.186,35	R\$ 4.315,78	R\$1.035.786,35
BNDES Fundo Clima (Apoio indireto) - 12 anos	4,90%	12 anos	R\$697.404,51	R\$2.752,81	R\$396.404,51
Desenvolve SP Linha de Economia Verde	13,42%	10 anos	R\$971.714,05	R\$7.094,28	R\$851.314,05
Desenvolve SP Linha de Incentivo a Tecnologia	13,29%	10 anos	R\$1.013.519,24	R\$7.944,33	R\$953.319,24
BNDES Finame Baixo Carbono	17,20%	10 anos	R\$1.209.061,06	R\$10.075,51	R\$1.209.061,06
BNDES Crédito ASG	12,46%	8 anos	R\$932.957,28	R\$9.718,31	R\$932.957,28
BADESC Energia	1,50%	8 anos	R\$638.959,62	R\$6.655,83	R\$638.959,62
BNDES Finem (Apoio direto)	6,28%	20 anos	R\$835.175,21	R\$3.479,90	R\$835.175,21
BNDES Fundo Clima (Apoio direto) - 12 anos	2,40%	12 anos	R\$346.202,97	R\$2.404,19	R\$346.202,97
BNDES Fundo Clima (Apoio indireto) - 16 anos	4,90%	16 anos	R\$431.605,14	R\$2.247,94	R\$431.605,14
BNDES Fundo Clima (Apoio direto) - 16 anos	2,40%	16 anos	R\$362.070,26	R\$1.885,78	R\$362.070,26

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Tabela 8 – Simulação linhas de crédito para a Opção 2

Linha de crédito	Taxa anual de juros	Prazo para pagamento	Valor total do investimento	Parcela do financiamento	Valor total do financiamento
BNDES Finem (Apoio indireto)	9,32%	20 anos	R\$ 788.428,63	R\$ 2.781,60	R\$ 667.583,23
BNDES Fundo Clima (Apoio indireto) - 12 anos	4,90%	12 anos	R\$ 492.735,35	R\$ 1.774,24	R\$ 255.489,95
Desenvolve SP Linha de Economia Verde	13,42%	10 anos	R\$ 669.532,86	R\$ 4.572,40	R\$ 548.687,46
Desenvolve SP Linha de Incentivo a Tecnologia	13,29%	10 anos	R\$ 696.477,07	R\$ 5.120,26	R\$ 614.431,67
BNDES Finame Baixo Carbono	17,20%	10 anos	R\$ 822.507,35	R\$ 6.493,85	R\$ 779.261,95
BNDES Crédito ASG	12,46%	8 anos	R\$ 644.553,42	R\$ 6.263,63	R\$ 601.308,02
BADESC Energia	1,50%	8 anos	R\$ 455.066,55	R\$ 4.289,80	R\$ 411.821,15

BNDES Finem (Apoio direto)	6,28%	20 anos	R\$ 659.131,08	R\$ 2.242,86	R\$ 538.285,68
BNDES Fundo Clima (Apoio direto) - 12 anos	2,40%	12 anos	R\$ 460.379,54	R\$ 1.549,54	R\$ 223.134,14
BNDES Fundo Clima (Apoio indireto) - 16 anos	4,90%	16 anos	R\$ 515.422,80	R\$ 1.448,84	R\$ 278.177,40
BNDES Fundo Clima (Apoio direto) - 16 anos	2,40%	16 anos	R\$ 470.606,30	R\$ 1.215,42	R\$ 233.360,90

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

A partir dessas informações, considerando o valor total do investimento como o preço do projeto para as respectivas linhas de crédito, foi possível realizar os cálculos referentes a viabilidade financeira, com os mesmos indicadores utilizados no capítulo 5.1, conforme apresentam as tabelas 9 e 10. Os indicadores payback simples e payback descontado utilizaram como base de cálculo o valor total do investimento para obter o resultado final. De forma a visualizar o momento em que o retorno financeiro seja maior do que a parcela do financiamento, foi adicionado o indicador Resultado.

Tabela 9 – Indicadores viabilidade financeira das linhas de crédito na Opção 1

Linha de crédito	VPL	TIR anual	Payback Simples	Payback descontado	Resultado
BNDES Finem (Apoio indireto)	R\$ 1.423.351,93	16%	9 anos	-	4 anos
BNDES Fundo Clima (Apoio indireto) - 12 anos	R\$ 1.436.598,99	22%	12 anos	17 anos	1 ano
Desenvolve SP Linha de Economia Verde	R\$ 1.414.984,58	18%	8 anos	-	7 anos
Desenvolve SP Linha de Incentivo a Tecnologia	R\$ 1.410.507,05	17%	8 anos	-	8 anos
BNDES Finame Baixo Carbono	R\$ 1.399.281,24	15%	9 anos	-	9 anos
BNDES Crédito ASG	R\$ 1.406.890,51	18%	8 anos	20 anos	9 anos
BADESC Energia	R\$ 1.421.216,88	23%	7 anos	17 anos	6 anos
BNDES Finem (Apoio direto)	R\$ 1.428.968,87	20%	8 anos	19 anos	2 anos
BNDES Fundo Clima (Apoio direto) - 12 anos	R\$ 1.438.594,13	34%	5 anos	13 anos	1 ano
BNDES Fundo Clima (Apoio indireto) - 16 anos	R\$ 1.438.085,34	30%	6 anos	14 anos	1 mês
BNDES Fundo Clima (Apoio direto) - 16 anos	R\$ 1.440.383,98	33%	5 anos	13 anos	2 meses

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Observa-se que em algumas linhas de crédito não foi possível atingir o payback descontado dentro do período estudado. A mesma análise foi aplicada para a opção 2 de aquisição do produto, o qual está apresentada na tabela 10.

Tabela 10 – Indicadores viabilidade financeira das linhas de crédito na Opção 2

Linha de crédito	VPL	TIR anual	Payback Simples	Payback descontado	Resultado
BNDES Finem (Apoio indireto)	R\$ 1.393.606,60	20%	7 anos	19 anos	7 anos
BNDES Fundo Clima (Apoio indireto) - 12 anos	R\$ 1.402.144,58	27%	9 anos	15 anos	7 anos
Desenvolve SP Linha de Economia Verde	R\$ 1.388.213,69	22%	7 anos	17 anos	7 anos
Desenvolve SP Linha de Incentivo a Tecnologia	R\$ 1.385.327,84	22%	7 anos	18 anos	7 anos
BNDES Finame Baixo Carbono	R\$ 1.378.092,61	20%	8 anos	19 anos	8 anos
BNDES Crédito ASG	R\$ 1.382.996,92	23%	7 anos	17 anos	7 anos
BADESC Energia	R\$ 1.393.761,00	28%	6 anos	14 anos	7 anos
BNDES Finem (Apoio direto)	R\$ 1.397.226,82	23%	7 anos	17 anos	7 anos
BNDES Fundo Clima (Apoio direto) - 12 anos	R\$ 1.403.430,48	28%	6 anos	14 anos	6 anos
BNDES Fundo Clima (Apoio indireto) - 16 anos	R\$ 1.403.102,55	26%	6 anos	15 anos	3 meses
BNDES Fundo Clima (Apoio direto) - 16 anos	R\$ 1.404.584,07	28%	6 anos	15 anos	3 meses

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

As equações utilizadas para a análise acima estão disponíveis no apêndice B, apresentado ao final deste trabalho.

Para ambas as opções de aquisição, aquisição total ou parcial do projeto, a melhor opção estudada é a linha de financiamento BNDES Fundo Clima.

6. CONCLUSÃO

Diante do contexto da crescente procura por carros eletrificados e a expansão da infraestrutura que atenda às necessidades destes veículos, este trabalho teve como propósito a verificação de viabilidade financeira e o mapeamento de possíveis linhas de crédito para a execução do projeto do carregador com baterias de segunda vida com foco no cliente final. Para isso, foi realizado um estudo para conhecimento dos dados do carregador com baterias de segunda vida. Em seguida, definiu-se as tarifas, valores cobrados e taxas incidentes. A partir desses dados foi possível inferir os indicadores da viabilidade financeira e energia gerada pelas placas solares inseridas no sistema. Contudo, visto que apesar de possuir indicadores positivos, o valor total do projeto é um montante vultoso, e assim, foram analisadas linhas de financiamento de forma a tornar o projeto mais atrativo ao mercado e com aquisição mais facilitada. Na pesquisa, foram encontradas 11 linhas de crédito de bancos públicos, e realizadas as simulações do financiamento para que na sequência fossem analisados os indicadores quanto à viabilidade financeira.

Com relação a opção 1 para aquisição do produto, a qual inclui a compra de todos os equipamentos, o projeto possui como payback simples o tempo de 6 anos, portanto se torna rentável após esse período sem o uso de nenhum apoio financeiro. Apresenta bons indicadores de viabilidade financeira, com o TIR anual em 25% para um TMA de 13,25%, VPL de 1.452.353,07 reais e retorno total do investimento, representado pelo payback descontado, em 16 anos. No que tange às linhas de crédito, a melhor opção estudada é a linha de financiamento BNDES Fundo Clima com prazo de pagamento para 16 anos. O projeto se torna rentável após 5 anos na modalidade de apoio direto com retorno total do investimento em 13 anos. Os indicadores de viabilidade apontam um TIR de 34% e VPL de R\$1.428.364,12, considerando também a TMA de 13,25% para essa linha de financiamento. Do ponto de vista financeiro, este cenário mostra-se como mais favorável para um aprofundamento do estudo do modelo de negócio proposto.

Referente a opção 2 de aquisição do carregador, o projeto não atingiu o tempo de payback simples ou descontado dentro o período estudado sem o apoio de alguma

linha de financiamento. Os indicadores de viabilidade financeira também demonstram um resultado não favorável, com o TIR anual em -6% para um TMA de 13,25%, e VPL de -R\$ 379.276,49. Assim como para a opção 1, a linha de financiamento com melhor resultado é a linha de financiamento BNDES Fundo Clima. A partir do terceiro mês as entradas de caixa já se tornaram superiores aos custos, porém o projeto se torna rentável somente após 6 anos nas modalidades de apoio direto e indireto com retorno total do investimento em 15 anos. Neste caso os indicadores de viabilidade apontam um TIR de 28% e VPL de R\$1.473.172,24, considerando também a TMA de 13,25%.

No âmbito da estratégia corporativa, os resultados apresentados implicam na necessidade de uma análise de valor de mercado e sustentabilidade empresarial, para que o processo de decisão da aquisição seja assertivo e concomitante com as diretrizes da empresa. Tal qual, se mostra fundamental manter parcerias para uma contínua otimização técnica e financeira do projeto, assim como para o desenvolvimento de novas soluções em eletromobilidade sustentável.

Os projetos estruturantes são uma necessidade imperativa no Brasil, e as baterias se mostram como uma potencial solução para evitar custos com adequação de infraestrutura necessária à instalação dos carregadores rápidos, informação esta que não considerada neste estudo.

As conclusões aqui observadas ficam restritas ao projeto estudado e à análise desenvolvida, tornando esta pesquisa limitada a eles. Destaca-se que atualmente, o projeto está em fase de introdução ao mercado, no qual adaptações estratégicas estão sendo promovidas entre as partes interessadas.

Futuros estudos podem analisar o retorno financeiro utilizando energia elétrica ao invés de energia proveniente exclusivamente das placas solares, considerar o armazenamento de energia nas baterias durante à noite, horário de baixa demanda e baixo custo, para uso predial em horários de alta demanda, bem como ampliar a pesquisa para linhas de financiamento em empresas e bancos privados.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA SENADO. **Projeto que prioriza reciclagem de baterias elétricas vai à Câmara.** 2023. Disponível em:

<https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2023/08/30/projeto-que-prioriza-reciclagem-de-baterias-eletricas-vai-a-camara#:~:text=A%20Comiss%C3%A3o%20de%20Meio%20Ambiente,na%20fabrica%C3%A7%C3%A3o%20para%20novas%20baterias..> Acesso em: 24 out. 2023.

ALVES, Davi Soares. O POTENCIAL DO FINANCIAMENTO SUSTENTÁVEL NAS FINANÇAS PÚBLICAS BRASILEIRAS. **Revista Cadernos de Finanças Públicas**, Brasília, v. 01, p. 1-46, jan. 2022.

ALVES, Davi Soares. O POTENCIAL DO FINANCIAMENTO SUSTENTÁVEL NAS FINANÇAS PÚBLICAS BRASILEIRAS. **Revista Cadernos de Finanças Públicas**, Brasília, v. 01, p. 1-46, jan. 2022.

BADESC. **LINHAS DE CRÉDITO - SETOR PRIVADO:** Badesc energia. BADESC ENERGIA. Disponível em: https://www.badesc.gov.br/portal/linha_energia.jsp. Acesso em: 15 set. 2023.

Banco Central do Brasil. **Focus - Relatório de Mercado.** 2023. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/publicacoes/focus>. Acesso em: 9 out. 2023.

BARTON, Dominic *et al.* **Finally, Evidence That Managing for the Long Term Pays Off.** 2017. Disponível em: <https://hbr.org/2017/02/finally-proof-that-managing-for-the-long-term-pays-off>. Acesso em: 20 maio 2023.

BATTISTON, Stefano. The importance of being forward-looking: managing financial stability in the face of climate risk. **Financial Stability Review:** Banque de France, Paris, n. 23, p. 39-48, jun. 2019.

BNDES. **BNDES capta US\$ 1 bi em green bonds no mercado internacional.** 2017. Disponível em: [https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/imprensa/noticias/conteudo/bndes%20capta%20us\\$%201%20bi%20em%20green%20bonds%20no%20mercado%20internacional](https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/imprensa/noticias/conteudo/bndes%20capta%20us$%201%20bi%20em%20green%20bonds%20no%20mercado%20internacional). Acesso em: 14 out. 2023.

BNDES. **Framework de Emissão de Títulos Sustentáveis do BNDES**. Disponível em: https://www.bndes.gov.br/wps/wcm/connect/site/dc047a16-5e62-40b1-9990-f638ce2670d5/BNDES_011_GEDIT_framework_PORTUGUES_final.29.03.pdf?MOD=AJPERES&CVID=o82sbxo. Acesso em: 10 set. 2023.

BNDES. **Soluções de finanças sustentáveis**. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/desenvolvimento-sustentavel/solucoes-de-financas-sustentaveis>. Acesso em: 10 set. 2023.

BORGES, Iara Faria; FRANCO, Simone. **CAS aprova regulamentação de descarte de baterias automotivas e industriais usadas**. 2013. Agência do Senado. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2013/05/08/cas-aprova-regulamentacao-de-descarte-de-baterias-automotivas-e-industriais-usadas>. Acesso em: 08 maio 2023.

BOULDING, K. The economy of the coming spaceship earth. DALY, H.; FREEMAN, W. H. (Eds.), 1980. In: **Economics, ecology, ethics: essay towards a steady state economy**. San Francisco, 1966.

CASALS, Lluç Canals *et al.* Second life batteries lifespan: rest of useful life and environmental analysis. **Journal Of Environmental Management**. Cambridge, p. 354-363. fev. 2019.

CNI, Confederação Nacional da Indústria. **Economia circular: oportunidades e desafios para a indústria brasileira**. Brasília: CNI, 2018. 64 p.

COSTA, C. M. et al. Recycling and environmental issues of lithium-ion batteries: Advances, challenges and opportunities. **Energy Storage Materials**, v. 37, n. January, p. 433–465, 2021.

DESENVOLVE SP. **LINHA ECONOMIA VERDE.** Disponível em: <https://www.desenvolvesp.com.br/empresas/opcoes-de-credito/projetos-sustentaveis/linha-economia-verde/>. Acesso em: 14 set. 2023.

DESENVOLVE SP. **LINHA INCENTIVO À TECNOLOGIA.** Disponível em: <https://www.desenvolvesp.com.br/empresas/opcoes-de-credito/projetos-inovadores/linha-incentivo-a-tecnologia/>. Acesso em: 14 set. 2023.

DIKAU, Simon; RYAN-COLLINS, Josh. **GREEN CENTRAL BANKING IN EMERGING MARKET AND DEVELOPING COUNTRY ECONOMIES.** Londres: New Economics Foundation, 2017. 54 p.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Rumo à Economia Circular: o racional de negócio para acelerar a transição.** 2017. Disponível em: https://archive.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/Rumo-%C3%A0-economia-circular_SumarioExecutivo.pdf. Acesso em: 6 maio 2023.

ENEL. **Tarifa de Energia Elétrica.** Disponível em: https://www.enel.com.br/pt-saopaulo/Corporativo_e_Governo/tabela-de-tarifas.html. Acesso em: 03 jul. 2023.

EY. **ESG Guidebook.** [S.l.]: [S.l.], 2023. Disponível em: https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/pt_br/topics/technology/future-trends/ey-ebook-esg-guidebook-pt-br.pdf. Acesso em: 02 set. 2023.

SILVA, Maria Luiza Paes Leme Alberto Oliveira. **ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA SOBRE FINANÇAS SUSTENTÁVEIS NO BRASIL.** 2022. 17 f. TCC (Graduação) - Curso de Administração, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2022.

FANTI, Leonardo Donizete *et al.* O USO DAS TÉCNICAS DE VALOR PRESENTE LÍQUIDO, TAXA DE INTERNA DE RETORNO E PAYBACK DESCONTADO: UM ESTUDO DE VIABILIDADE DE INVESTIMENTOS NO GRUPO BREDA LTDA. **Desafio Online**, Campo Grande, v. 3, n. 1, p. 1-17, abr. 2015.

Febraban. **GUIA EXPLICATIVO DA TAXONOMIA VERDE DA FEBRABAN**. 2021. Disponível em: https://cmsarquivos.febraban.org.br/Arquivos/documentos/PDF/Guia_Explicativo_da_Taxonomia_Verde_da_FEBRABAN.pdf. Acesso em: 27 jul. 2023.

FGV. **Carros Elétricos: Caderno**. 2017. Disponível em <https://fgvenergia.fgv.br/publicacao/caderno-de-carros-eletricos>. Acesso em: 27 out. 2023.

FGVCES. **O Sistema Financeiro Nacional e a Economia Verde**: mensurando recursos financeiros alocados na economia verde. São Paulo: [Si], 2015. 32 p.

FIORESE, Lucimara; SULZBACH, Marciane; SILVA, Rodrigo Moreira da. ANÁLISE DA VIABILIDADE DE UMA EMPRESA DE MULTIMÍDIA EM LAJEADO/RS: TIR, PAYBACK E VPL. **Administração de Empresas Unicuritiba**, Curitiba, v. 1, n. 23, p. 140-165, mar. 2021.

FONTANA, Guilherme. **Redes de postos começam a cobrar por recarga de carros elétricos no Brasil Leia mais em: <https://quatorrodas.abril.com.br/carros-eletricos/redes-de-postos-comecam-a-cobrar-por-recarga-de-carros-eletricos-no-brasil>**. 2023. Disponível em: <https://quatorrodas.abril.com.br/carros-eletricos/redes-de-postos-comecam-a-cobrar-por-recarga-de-carros-eletricos-no-brasil>. Acesso em: 05 nov. 2023.

FREITAS, Felipe Tomaz; MARCHESINI, Márcia Maria Penteado. Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) das baterias de lítio utilizadas nos veículos elétricos. **Produto e Produção**, Porto Alegre, v. 23, n. 3, p. 1-20, out. 2022. Disponível em: <https://www.seer.ufrgs.br/index.php/ProdutoProducao/article/view/121904/87321>. Acesso em: 01 maio 2023.

GALDINO, Thais. **O Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e seu papel no processo de transição verde brasileiro**. 2022. 117 f.

Dissertação (Doutorado) - Curso de Economia Aplicada, Universidade Federal de Ouro Preto, Mariana, 2022.

GHISELLINI, Patrizia *et al.* A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. **Journal Of Cleaner Production**, [S.L.], v. 114, p. 11-32, fev. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>.

GIZ, Deutsche Gesellschaft Für Internationale Zusammenarbeit. **O MERCADO EMERGENTE DE FINANÇAS VERDES NO BRASIL**. 2020. Disponível em: <https://www.giz.de/en/downloads/mercado-financasverdes-brasil.pdf>. Acesso em: 15 out. 2023.

GOULART, Vitor Volpato. **PROJETO DE UM SISTEMA DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA UTILIZANDO BATERIAS DE LÍTIO DE SEGUNDA VIDA DESCARTADAS DE VEÍCULOS ELÉTRICOS NISSAN LEAF**. 2022. 91 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/223714/TCC.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 01 maio 2023.

GREENER; NEWCHARGE. **Estudo Estratégico - Mercado de Armazenamento: Aplicações, Tecnologias e Análises Financeiras**. p. 125, 2021.

GUIMARÃES, Gabriela Carvalho Pinto. **Finanças sustentáveis: análise entre a taxonomia da União Europeia e a taxonomia verde da Febraban**. 2022. 121 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Governança, Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas, Centro de Formação Acadêmica e Pesquisa, Rio de Janeiro, 2022.

HARPER, Gavin *et al.* Recycling lithium-ion batteries from electric vehicles. **Nature**, [S.L.], v. 575, n. 7781, p. 75-86, 6 nov. 2019. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/s41586-019-1682-5>.

ICMA, International Capital Market Association. Sustainable Finance: High-level definitions. **ICMA**, Zurich, p. 1-8, maio 2020.

IEA. **Global EV Outlook 2020 - Entering the decade of electric drive**. [S.l.], jun. 2020. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2020>. Acesso em: 12 jun. 2023.

LIMA, Alexandre Pioner de; BONFRISCO, Miguelina Troisi. ESTUDO DE VIABILIDADE DE INVESTIMENTO ATRAVÉS DO PAYBACK, VPL E TIR. **Even3 Publicações**, [S.L.], p. 1-10, 24 out. 2019. Even3. <http://dx.doi.org/10.29327/74400>.

LOISEAU, Eleonore *et al.* Green economy and related concepts: An overview. **Journal Of Cleaner Production**. [Si], p. 361-371. 15 dez. 2016.

MACHADO, André Goulart. **ESTUDO TÉCNICO DE ESTAÇÕES DE RECARGA DE VEÍCULOS ELÉTRICOS NO RIO GRANDE DO SUL**. 2021. 32 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2021.

MENIN, Rubens. **O futuro da energia solar no Brasil**. 2018. Disponível em: <https://atacadosolar.com.br/artigo/o-futuro-da-energia-solar-no-brasil.html>. Acesso em: 11 jun. 2023.

MCTIC. **Acordo de Paris**. 2017. Disponível em: https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/acordo-de-paris-e-ndc/arquivos/pdf/acordo_paris.pdf. Acesso em: 09 maio 2023.

MICHELLIN. **QUANTO CUSTA CARREGAR UM VEÍCULO ELÉTRICO NO BRASIL?** Disponível em: <https://www.michelin.com.br/auto/conselhos/guia-veiculo-eletrico/carros-eletricos-quanto-custa-carregar-um-veiculo-no-brasil>. Acesso em: 05 nov. 2023.

NADKARNI, Isabel Teixeira; POPP, Dana. **Parlamento Europeu aprova posição sobre futuras regras para as baterias.** 2022. Disponível em: <https://www.europarl.europa.eu/news/pt/press-room/20220304IPR24805/parlamento-europeu-aprova-posicao-sobre-futuras-regras-para-as-baterias>. Acesso em: 17 maio 2023.

NITTA, Naoki *et al.* Li-ion battery materials: present and future. **Materialstoday**, [s. l.], v. 18, n. 5, p. 252-264, jun. 2015.

OECD. Investing in Climate, Investing in Growth. **Oecd Publishing**, Paris, p. 1-312, 23 maio 2017.

PAGLIARO, Mario; MENEGUZZO, Francesco. Lithium battery reusing and recycling: a circular economy insight. **Heliyon**, [S.L.], v. 5, n. 6, p. 1-7, jun. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01866>.

PARKER BRAZIL. **AES Tietê inaugura primeiro sistema de armazenamento de energia do País.** Disponível em: .Acesso em: 11 jun.. 2023.

PEARCE, D. W.; TURNER, R. K. Economics of natural resources and the environment. London: [s.n.], 1991.

PRESSCLUB BRASIL. **BMW Group Brasil cria sistema de recarga para carros elétricos alimentado por energia solar, livre da rede pública de energia e que proporciona segunda vida às baterias de alta voltagem.** 2021. Disponível em: <https://www.press.bmwgroup.com/brazil/article/detail/T0339375PT/bmw-group-brasil-cria-sistema-de-recarga-para-carros-el%C3%A9tricos-alimentado-por-energia-solar-livre-da-rede-p%C3%BAblica-de-energia-e-que-proporciona-segunda-vida-%C3%A0s-baterias-de-alta-voltagem>. Acesso em: 02 ago. 2023.

PRESSCLUB BRASIL. **BMW Group Brasil, Energy Source e WEG ampliam parceria para mobilidade elétrica sustentável no Brasil.** 2022. Disponível em: <https://www.press.bmwgroup.com/brazil/article/detail/T0379333PT/bmw-group-brasil->

energy-source-e-weg-ampliam-parceria-para-mobilidade-el%C3%A9trica-sustent%C3%A1vel-no-brasil. Acesso em: 02 ago. 2023.

REBELO, Diego Vecchio Couldrey. **ANÁLISE DE VIABILIDADE E DIMENSIONAMENTO DE UM ESTACIONAMENTO SOLAR FOTOVOLTAICO PARA O CAMPUS DA UFSC EM JOINVILLE**. 2019. 64 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil de Infraestrutura, Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2019.

RIBEIRO, Suellen. **Mobilidade Elétrica e Estações de Recarga para Veículos Elétricos: Um Estudo**. 2022. 81 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2022.

RICAS, Daniel; BACCAS, Daniela. **Taxonomia em Finanças Sustentáveis: panorama e realidade nacional**. 2021. Disponível em: <https://www.labinovacaofinanceira.com/wp-content/uploads/2021/04/Taxonomia-em-finan%C3%A7as-sustent%C3%A1veis-Panorama-e-Realidade-Nacional.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2023.

RICHA, Kirti *et al.* A future perspective on lithium-ion battery waste flows from electric vehicles. **Resources, Conservation And Recycling**, [s. l.], v. 83, p. 63-76, fev. 2014.

RODILHA, David *et al.* **Segunda vida para baterias de veículos elétricos**. 2022. 21 f. Monografia (Especialização) - Curso de MBI em Mobilidade Elétrica e Energias Sustentáveis, Senai, Jaraguá do Sul, 2022.

SARTORE, M. S. A difusão do investimento sustentável: reflexões a partir da Iniciativa para a Bolsa de Valores Sustentável. **Revista Política & Sociedade**. 2016.

SENADO FEDERAL. **Projeto de Lei nº 2327, de 2021**. 2021. Disponível em: https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/148903?_gl=1*wfiqgb*_ga*NDc3ODc0Njg2LjE3MDEzNDkxMjY.*_ga_CW3Z

H25XMK*MTcwMTM0OTEyNi4xLjEuMTcwMTM0OTMwMy4wLjAuMA... Acesso em: 24 out. 2023.

SCHWERTNER, Christoffer Daniel. **UMA METODOLOGIA PARA O ESTUDO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM VEÍCULOS ELÉTRICOS E ESTAÇÕES DE RECARGA EM ELETROPOSTOS**. 2017. 48 f. Monografia (Especialização) - Curso de Eficiência Energética Aplicada Aos Processos Produtivos, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017.

SILVA, Maria Luiza Paes Leme Alberto Oliveira. **Análise bibliométrica da produção científica sobre finanças sustentáveis no Brasil**. 2022. 17 f. TCC (Graduação) - Curso de Administração, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2022.

SILVA, Matheus Bezerra da Cunha. **Análise de viabilidade de uma estação de recarga rápida de veículos elétricos suprida por um sistema fotovoltaico**. 2022. 77 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2022.

STRICKLAND, Dani *et al.* Estimation of Transportation Battery Second Life for Use in Electricity Grid Systems. **Ieee Transactions On Sustainable Energy**, [S.L.], v. 5, n. 3, p. 795-803, jul. 2014. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/tste.2014.2303572>.

THOMASON, M. **EV Charging Station “Levels”**. Online, 2012. Disponível em: <<http://www.pluginrecharge.com/2009/08/charging-station-levels.html>>. Acesso em: 21 out. 2023.

UNIÃO EUROPEIA. Regulamento nº 2021/1153, de 7 de julho de 2021. Cria o Mecanismo Interligar a Europa. **Jornal Oficial da União Europeia**, p. 38-81, 14 jul. 2021.

UNEP. **Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication - A Synthesis for Policy Makers**. 2011. Disponível em:

https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/126GER_synthesis_en.pdf
f. Acesso em: 26 jul. 2023.

VOLAN, Tainara. **Estudo prospectivo do Sistema Tecnológico de Inovação de baterias em fim de vida de veículos elétricos no Reino Unido**. 2021. 145 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2021.

WB, World Bank. **The World's First Green Bond**. 2018. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=i3glJrABLSc>. Acesso em: 14 out. 2023.

WILLIAMSON, S. S.; RATHORE, A. K.; MUSAVI, F. Industrial Electronics for Electric Transportation: Current State-of-the-Art and Future Challenges. **IEEE Transactions on Industrial Electronics**, v. 62, p. 3021-3032, 2015.

APÊNDICE A – LINHAS DE CRÉDITO

Mantenedora	Programa	Valor mínimo	Taxa de juros (máxima)	Participação	Prazo	Garantias
BNDES	Crédito ASG	20 milhões	Apoio direto = 12,46%	100% dos itens financeiros	Utilização dos recursos = 24 meses Pagamento = 96 meses Carência = 24 meses	i. Apresentação da Política de Responsabilidade Socioambiental do Cliente e publicação no site. ii. Incorporação de focos prioritários de atuação em Educação e Diversidade na Política de Investimento Social do Cliente, caso já não haja tal previsão, e publicação no site. iii. Apresentação de Relatório de Sustentabilidade no modelo de Relatório Global Reporting Initiative ("GRI") ou Sustainability Accounting Standards Board ("SASB") e publicação em seu site.
	BNDES Fimem - Meio Ambiente - Eficiência Energética	20 milhões	Apoio direto = 6,28% Apoio indireto = 9,32%	80% do valor total do projeto, até 100% dos itens financeiros.	Pagamento = em função da capacidade de pagamento do empreendimento, do cliente e do grupo econômico, limitado a 20 anos Carência = máxima de 6 meses	Para apoio direto as garantias reais (tais como hipoteca, penhor, propriedade fiduciária, recebíveis, etc) e/ou pessoais (tais como fiança ou aval), definidas na análise da operação; Para apoio indireto são negociadas entre a instituição financeira credenciada e o cliente.
	BNDES Fimem - Meio Ambiente - Planejamento e Gestão	40 milhões	Apoio direto = 6,28% Apoio indireto = 9,32%	80% do valor total do projeto, até 100% dos itens financeiros.	Pagamento = em função da capacidade de pagamento do empreendimento, do cliente e do grupo econômico, limitado a 20 anos Carência = até 6 meses	
	BNDES Fimem - Geração de energia	40 milhões	Apoio direto = 6,28% Apoio indireto = 9,32%	80% do valor total do projeto, até 100% dos itens financeiros.	Pagamento = em função da capacidade de pagamento do empreendimento, do cliente e do grupo econômico, limitado a 24 anos Carência = até de 6 meses	
	BNDES Fimem - Baixo Carbono	-	Apoio indireto = 17,2%	Até 100% dos itens financeiros.	Pagamento = até 10 anos; Carência = até 2 anos	
	Fundo Clima - Subprograma Cidades Sustentáveis e Mudança do Clima	10 milhões	Apoio direto = 2,40% Apoio indireto = 4,90%	Até 50% dos itens financeiros	Pagamento = 12 anos; Carência = 2 anos	As garantias exigidas neste subprograma dependem do tipo da taxa de juros, sendo que para apoio direto são definidas na análise da operação, e para apoio indireto são negociadas entre a instituição financeira credenciada e o cliente.
	Fundo Clima - Subprograma de Energias Renováveis	10 milhões	Apoio direto = 2,40% Apoio indireto = 4,90%	Até 50% dos itens financeiros	Pagamento = 16 anos; Carência = 8 anos	
	Fundo Clima - Subprograma de Gestão e Serviços de Carbono	10 milhões	Apoio direto = 2,40% Apoio indireto = 4,90%	Até 50% dos itens financeiros	Pagamento = 12 anos; Carência = 2 anos	
Fundo Clima - Subprograma de Projetos Inovadores	Sem valor mínimo	Apoio direto = 2,40% Apoio indireto = 4,90%	Até 50% dos itens financeiros	Pagamento = 12 anos; Carência = 2 anos	Para apoio direto as garantias reais (tais como hipoteca, penhor, propriedade fiduciária, recebíveis, etc) e/ou pessoais (tais como fiança ou aval), definidas na análise da operação; Para apoio indireto são negociadas entre a instituição financeira credenciada e o cliente.	
Desenvolve SP	Linha de Economia Verde	-	13,42%	Até 80% do valor dos itens financeiros	Pagamento = 10 anos; Carência = 3 anos	A agência fornece uma alternativa para os micros, pequenos e médios empresários que não possuem garantias reais suficientes.
	Linha de Incentivo a Tecnologia	30 milhões	13,29%	Até 90% do valor dos itens financeiros	Pagamento = 10 anos; Carência = 3 anos	
BADESC	Linha de crédito Badesco Energia	250 mil	1,50%	Até 100% do valor dos itens financeiros	Pagamento = em até 96 meses; Carência: até 12 meses com pagamento apenas dos juros mensalmente.	-

APÊNDICE B – INDICADORES DE VIABILIDADE FINANCEIRA

$$VPL = \sum_{n=1}^{n=N} \frac{FCt}{(1+i)^n}$$

Sendo: FC = Fluxo de caixa

t = período em que o fluxo de caixa ocorreu

i = taxa mínima de atratividade

n = período de tempo

$$TIR: 0 = \sum_{i=1}^n \frac{FCi}{(1+TIR)^i} - Investimento\ inicial$$

Sendo: FCi = Fluxo de caixa inicial

i = período de cada investimento

n = período final do investimento

Resultado/Break-even = *Retorno total – Parcela aluguel do banco de baterias – Parcela do financiamento*

$$\text{Payback simples} = \frac{\text{Investimento inicial}}{\text{Entradas no período}}$$

$$\text{Payback descontado} = \frac{\text{Investimento inicial}}{VPL}$$