



**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**



---

**Pablo Matheus Remonti da Rosa**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II  
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**Análise de viabilidade econômica e ambiental na aquisição de  
empilhadeira elétrica: Estudo de caso em uma indústria de implementos  
agrícolas.**

**PASSO FUNDO  
2023**

**Pablo Matheus Remonti da Rosa**

**Análise de viabilidade econômica e ambiental na aquisição de empilhadeira elétrica: Estudo de caso em uma indústria de implementos agrícolas.**

Trabalho Final de Graduação apresentada ao Curso de Engenharia de Produção no Instituto de Tecnologia da Universidade de Passo Fundo, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Professor Anderson Hoose, Doutor.

Passo Fundo

2023

**Pablo Matheus Remonti da Rosa**

**Análise de viabilidade econômica e ambiental na aquisição de empilhadeira elétrica: Estudo de caso em uma indústria de implementos agrícolas.**

Trabalho Final de Graduação apresentada ao Curso de Engenharia de Produção no Instituto de Tecnologia da Universidade de Passo Fundo, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Professor Anderson Hoose, Doutor.

Aprovado em: 04 de julho de 2023

**BANCA EXAMINADORA**

Anderson Hoose, Doutor.  
Universidade de Passo Fundo

Juliana Kurek, Mestre.  
Universidade de Passo Fundo

Nilo Alberto Scheidmandel, Mestre  
Universidade de Passo Fundo

Passo Fundo

2023

## **DEDICATÓRIA**

Dedido este trabalho a minha família, a minha mãe Selita, e irmã Sara, as quais são essenciais na minha vida, que me incentivaram e apoiaram no decorrer do curso, acreditando no meu potencial para chegar até aqui cada uma na sua maneira.

## **AGRADECIMENTO**

Agradeço a minha família, pela compreensão e paciência e de todo o apoio emocional e financeiro, me dado nestes anos para poder concluir mais uma etapa de minha vida.

Agradeço a todos os funcionários da Universidade de Passo Fundo, mas em especial os professores que compartilharam os seus conhecimentos e suas vivências das trajetórias profissionais. Mas agradeço em especial ao orientador deste estudo, professor Anderson Hoose, por suas importantes contribuições, pelo tempo disponibilizado neste período para às orientações.

## RESUMO

O desenvolvimento e evolução de novas tecnologias em máquinas que atuam para facilitar o transporte e manuseio de mercadorias dentro do setor logístico tem sido indispensável nas empresas do setor agrícola, considerando os aspectos na redução da emissão de gases poluentes e a redução de custos na operação. A realização deste estudo, tem como objetivo avaliar a viabilidade econômica e ambiental na aquisição de empilhadeira elétrica como um dos meios de redução de custo, analisando os aspectos da sustentabilidade, em uma indústria de implementos agrícolas localizada no Nordeste do Rio Grande do Sul. O trabalho consiste em um estudo de caso, o qual utiliza a metodologia de pesquisa exploratória, para a realização da avaliação dos dados necessários, visando projetar da maneira acertiva os custos que abrangem a aquisição da empilhadeira elétrica, com uma aferição dos ganhos referentes ao investimento. Os dados foram coletados durante o período de um mês e trazem como principal resultado o aspecto da sustentabilidade na redução da emissão de gases poluentes na atmosfera e na redução dos ruídos durante a operação do equipamento, embora o equipamento ainda apresente um alto valor de investimento para sua aquisição, a aquisição da Empilhadeira elétrica Bateria Íon-Lítio é a mais viável.

**Palavras-chaves:** Movimentação de cargas, Empilhadeira Elétrica, Sustentabilidade, Implementos Agrícolas.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Trutractor inventado em 1917.....	16
Figura 2: Truck Lif inventado.....	17
Figura 3: Duat.....	17
Figura 4: Planeloader em desfile.....	18
Figura 5: Bateria de íon-lítio.....	20
Figura 6: Bateria de Chumbo-Ácido.....	20
Figura 7: Motor de corrente contínua.....	21
Figura 8: Motor por indução.....	22
Figura 9: Motor síncrono de imã.....	22
Figura 10: Gráfico de proporção de árvores para absorção do CO <sub>2</sub> .....	26
Figura 11: Representação da equação.....	27
Figura 12: Conceito do VPL.....	28
Figura 13: Representa equação do VPL.....	28
Figura 14 : Quadro do esquema metodológico do estudo.....	31
Figura 15: Modelo RX 60-30.....	34
Figura 16: Modelo RCE25 Li-Ion.....	35
Figura 17: Toyota 8FG40N.....	36
Figura 18: Representação gráfica do consumo anual.....	38

## LISTA DE ABREVIACÕES

ANP: Agência Nacional do Petróleo

GLP: Gás Liquefeito de Petróleo

GNV: Gás Liquefeito de Petróleo

TIR: Taxa Interna de Retorno

TMA: Taxa Mínima de Atratividade

VPL: Valor Presente Líquido

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Informações das empilhadeiras em estudo.....	36
Tabela 2 - Dados de operação da Empilhadeira GLP.....	37
Tabela 3 - Comparativo de custo diário de empilhadeira.....	37
Tabela 4 - Comparativo de custo anual de empilhadeira.....	38
Tabela 5 - Informativo dos dados obtidos do investimento.....	39
Tabela 6 - Fluxo de Caixa.....	40
Tabela 7 - Valor Presente Líquido.....	40
Tabela 8 - Valor Presente Acumulado.....	41
Tabela 9 – TIR, VPL, Payback Simples e Payback Descontado.....	41

## Sumário

1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	12
1.2 PROBLEMA.....	13
1.3 JUSTIFICATIVAS.....	14
<b>1.4 OBJETIVOS.....</b>	<b>15</b>
1.4.1 Objetivo Geral.....	15
1.4.2 Objetivos Específicos.....	15
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	16
2.1 HISTÓRIA DO SURGIMENTO DA EMPILHADEIRA.....	16
2.2 EMPILHADEIRA MAIS USADA NO MERCADO.....	19
<b>2.3 EMPILHADEIRA ELÉTRICA .....</b>	<b>19</b>
<b>2.3.1 BATERIAS .....</b>	<b>19</b>
2.3.1.1 Bateria de íon-lítion.....	19
2.3.1.2 Bateria de chumbo-ácido .....	20
<b>2.3.2 MOTOR .....</b>	<b>21</b>
2.3.2.1 Motor de corrente contínua .....	21
2.3.2.2 Motor de corrente de indução .....	21
2.3.2.3 Motor de imã .....	22
<b>2.4 MANUTENÇÃO .....</b>	<b>23</b>
<b>2.5 SUSTENTABILIDADE .....</b>	<b>24</b>
2.5.1 Energia e meio ambiente .....	24
2.5.2 Energia Solar .....	25
<b>2.6 ESTUDO DE VIABILIDADE.....</b>	<b>26</b>
2.6.1 Taxa Interna de Retorno (TIR).....	27
2.6.2 Valor Presente Líquido (VPL).....	27
2.6.3 Método Payback.....	29
2.6.4 Taxa Mínima Atrativa (TMA) .....	29
3 MÉTODO DO TRABALHO.....	30
3.1 DESCRIÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO.....	30
3.2 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO.....	30
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE E DOS RESULTADOS.....	34

4.1 COMPARATIVO ENTRE EMPILHADEIRAS EM ANÁLISE.....	34
4.2 ANÁLISE DE DADOS OPERACIONAIS.....	36
4.3 ANÁLISE DE INVESTIMENTO.....	38
4.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	41
<b>4.5 VANTAGENS E DESVANTAGENS NO USO DE EMPILHADEIRA ELÉTRICA.....</b>	<b>42</b>
4.5.1 Vantagens do Investimento.....	42
4.5.2 Desvantagens do Investimento.....	43
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>45</b>
REFERÊNCIAS.....	47

## 1 INTRODUÇÃO

Este capítulo os assuntos introdutórios ao tema principal e os pontos que serão analisados ao longo deste trabalho. Portanto se fez a necessidade das definições dos objetivos gerais e específicos os quais o trabalho pretende atender.

### 1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Atualmente as indústrias estão se tornando mais dependentes das empilhadeiras, sendo estas máquinas de extrema importância para o transporte interno na área da logística, a qual abrange o deslocamento de diferentes mercadorias com eficiência e agilidade visando minimizar e garantir o abastecimento dos estoques e linhas de produção.

No mercado, há vários modelos de empilhadeiras, com o mesmo objetivo de transportar diversos produtos desde o mais leve até o mais pesado, sendo a diferença entre elas a sua capacidade de carregamento e o seu modelo de fonte de energia na qual possui quatro modelos os que são: combustão, gás/glp, gás/gnv e eletricidade.

As empilhadeiras elétricas com o passar dos anos vêm evoluindo em modernização e em tecnologias que a possibilitam ser uma máquina mais versátil em suas características operacionais, sendo apenas alimentadas por baterias recarregáveis o qual contribui na redução do impacto ambiental, na redução emissões de gases e poluentes.

Atualmente as empilhadeiras elétricas estão mais sofisticadas e mantendo o propósito de movimentar mercadorias entre setores em indústrias, na qual passam por modificações que contribuem para uma melhor performance nas operações de transportes, sendo mais utilizadas em lugares fechados como: armazéns, depósitos ou em câmaras frias (D'AGUANI, 2009).

Conforme empresas e indústrias vêm obtendo um crescimento de demanda interna nas distribuições de seus produtos entre setores, fica evidente a necessidade de aquisição de veículos de transporte de mercadorias visando a escolha do modelo de máquina.

## 1.2 PROBLEMA

O atual cenário da comercialização de máquinas e implementos agrícolas está em alta, com um crescimento de 35,1% de vendas em 2022, em relação ao mesmo período do ano anterior, gerou uma grande demanda para o setor agrícola. Esta alta demanda nas vendas, representa uma oportunidade para as indústrias poderem melhorar as suas operações internas buscando a redução de custo e visando a sustentabilidade e ambiental. Visto que dentre as melhorias está a troca da frota de empilhadeiras a gás/glp, decorrente dos reajustes que o gás vem sofrendo a cada ano. No ano de 2017 foi elaborado uma nova política pela Petrobrás referente ao preço do gás de cozinha que passou a ser atrelado ao preço do barril de petróleo.

De acordo com Clifford Krauss (2016), correspondente da revista The New York Times, informa que a oscilação no preço do petróleo acaba afetando os países que são mais dependentes do gás de cozinha, gasolina, óleo diesel entre outros derivados do petróleo, visto que o consumidor final acaba sendo o maior prejudicado com as oscilações do mercado.

A correspondente Victória Anhesini (2021), do site UOL, informa que a disparada do preço do gás glp está se tornando caro para os consumidores finais, visto que o preço médio do botijão chegou no valor de R\$ 75,77 conforme informações da ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis), sendo que em alguns estados o gás chegou a obter o preço de R\$ 105,00.

De acordo com Sanchez e Hernández (2016), um dos fatores prejudiciais das empilhadeiras a gás, é decorrente do ruído gerado pelo motor quando o equipamento está em funcionamento, ocasionando um desconforto e estresse convencional entre os operadores.

Diante dos problemas mencionados, tem-se como questão da pesquisa: **é possível avaliar a viabilidade econômica e os benefícios associados à sustentabilidade, entre a utilização de empilhadeiras a gás/glp e a elétrica, considerando o seu consumo, custo diário e a sua produtividade?**

### 1.3 JUSTIFICATIVAS

Este estudo busca fazer uma análise de comparativa entre os modelos de empilhadeiras a gás/glp e elétrica, com o propósito de se obter os resultados satisfatórios em que se comprove que a empilhadeira elétrica é mais indicada para ser adquirida, considerando as questões de viabilidade econômica e na contribuição da redução de emissões de gases poluentes.

O estudo da viabilidade no modelo mais adequado de empilhadeira a ser utilizado, também pode trazer vantagens nos aspectos da economia nas operações e de manutenção, beneficiando a empresa na melhoria a logística interna de transporte de mercadoria entre setores.

Atualmente, as indústrias estão buscando tecnologias alternativas para diminuir o impacto ambiental de emissões de gases poluentes, e uma solução é a aplicação de empilhadeira elétrica no setor industrial. As empilhadeiras elétricas possuem versatilidade em suas características operacionais, tendo facilidade para operar em lugares mais estreitos e permitindo fazer manobras em seu próprio eixo. São movidas a eletricidade e compostas por uma bateria recarregável, com isso, durante a sua operação não é emitido gás e nem combustão, resultando em um menor impacto ambiental (D'AGUANI, 2009).

Neste contexto, as empilhadeiras elétricas se destacam por serem silenciosas em operações e possuírem tecnologia que ampara o meio ambiente, pois não emitem gases poluentes na atmosfera. Com a substituição do consumo de combustíveis fósseis pela eletricidade, reduz-se o consumo dos recursos naturais do planeta. Dessa forma, a qualidade do ambiente de trabalho é aprimorada (JUNIOR; GOMES; BORK, 2015).

Nesta circunstância, as empilhadeiras elétricas são máquinas especiais construídas que auxiliam no transporte utilizando diversos níveis de movimentos. Tornando-se uma ferramenta que facilita o trabalho no qual é empregada nas indústrias, conforme o projeto e operação que pode proporcionar um valor discrepante apesar de a finalidade ser a mesma dentre outros modelos (SÁNCHEZ e HERNÁNDEZ, 2016).

De modo geral, o trabalho traz uma contribuição na análise de viabilidade econômica e de sustentabilidade, avaliando de forma comparativa o uso da empilhadeira a gás/glp e a eletricidade, mensurando o ganho financeiro para a indústria com a redução do custo do combustível, e os aspectos voltados com a redução na emissão de gases poluentes.

## 1.4 OBJETIVOS

### 1.4.1 Objetivo Geral

Avaliar a viabilidade econômica e ambiental na aquisição de uma empilhadeira elétrica para o manuseio de materiais em uma indústria de implementos agrícolas.

### 1.4.2 Objetivos Específicos

- Analisar o trabalho e o consumo de combustível e energia elétrica no uso de empilhadeira gás/glp e empilhadeira elétrica;
- Avaliar as despesas e a viabilidade econômica entre o uso da empilhadeira a gás/glp e elétrica;
- Identificar as vantagens e desvantagens considerando os aspectos da sustentabilidade;

## 2 REVISÃO LITERARIA

Este capítulo aborda os assuntos sobre a empilhadeira elétrica para melhor compreensão do tema. Para tal foram pesquisadas teorias que sustentam a realização da pesquisa, baseadas em artigos, livros, monografias e revistas científicas.

### 2.1 HISTÓRIA DO SURGIMENTO DA EMPILHADEIRA

De acordo com a fabricante Clark (2020) que conta a história do surgimento da empilhadeira, tudo começou no ano de 1917, através de uma demanda que tornasse mais fácil a movimentação de mercadorias. A fabricante CLARK Company com ajuda do engenheiro Eugene Bradley Clark sendo desenvolvida o primeiro protótipo da empilhadeira.

No desenvolvimento da máquina foi utilizado um caminhão de três rodas e uma plataforma, possuindo uma capacidade de carregar até 2 toneladas, sendo dado o nome de Trutractor (caminhão trator). Em 1918 a empresa Clark obteve oito pedidos do trutractor a pedido de visitantes que ao ver a máquina ficaram impressionados, no ano de 1919 sendo solicitado um pedido de 75 tructrators que já haviam sido vendidos. Na Figura 1, pode se observar o Trutractor inventado em 1917.

Figura 1: Trutractor inventado em 1917.



Fonte: CLARK (2020)

Com o sucesso que se obteve do caminhão trator durante as décadas 20 e 30, foi o que colaborou para o desenvolvimento do Truck Lift, era um caminhão com plataforma que

utilizava sistemas hidráulicos para levantar cargas e sendo movido por motor de combustão. Na Figura 2, pode ser observar o Truck Lif.

Figura 2: Truck Lif inventado.



Fonte: CLARK (2020)

No ano de 1924 foi desenvolvido um produto mais moderno e inovador chamado de Duat, ficou mais compacto e com o seu motor inovador movido a combustão interno, um de seus detalhes era os garfos frontais utilizados para carregar mercadorias. Duat viria ser a máquina mais moderna e parecida com a empilhadeira que viram ser produzidas nos anos seguintes. Na Figura 3, pode ser observar o Duat.

Figura 3: Duat.



Fonte: CLARK (2020)

Com o desenvolvimento e sucesso do Duat, o modelo da máquina acabou sendo usado como base para a criação de outras máquinas mais modernas. O Forklift Truck foi a

primeira empilhadeira de combustão interna de acoplamento curto também que utilizou o modelo do Duat na fabricação.

Com o início da Segunda Guerra Mundial entre (1939 – 1945), sendo desenvolvido a Planeloader que viria ser a primeira empilhadeira pneumática, na qual havia sido projetada para ser manuseada em qual quer tipo de terreno principalmente em operações off-road, na qual era usada para operações em bases militares para carregar cargas pesadas durante a guerra, o que facilitava muito e agilizava nas operações necessárias.

A empilhadeira Planeloader, acabou recebendo um prêmio das forças militares por sua utilização durante o período da guerra, onde foi comprovado a excelência da marca Clark e por ser a primeira fabricante de empilhadeiras receber possuir etiquetas de segurança em empilhadeiras. Na Figura 4, pode ser ver o Planeloader em desfile de demonstração das máquinas e equipamento utilizados durante a guerra.

Figura 4: Planeloader em desfile.



Fonte: CLARK (2020)

Com o desenvolvimento da tecnologia, possibilitou as empilhadeiras um alcance significativo de evolução a cada ano. A tecnologia dá inspiração para novo desenvolvimentos de equipamentos com que atinge variadas atividades. Considerando as máquinas de elevação de plataformas até as empilhadeiras portuárias.

## 2.2 EMPILHADEIRAS MAIS USADAS NO MERCADO

No atual cenário do mercado de empilhadeiras são utilizados apenas três modelos: gás/glp, diesel e elétrica.

De acordo com Sánchez e Hernández (2016), as diferenças entre as empilhadeiras além de serem a sua fonte de energia que variar entre o gás glp, diesel e elétrica, as suas características também são diferentes de empilhadeira para empilhadeira. A escolha da empilhadeira parte pela necessidade da indústria em suas operações que parte pela categorização da capacidade de peso que abrange de 2,5 toneladas até 5,5 toneladas.

Baloc (2022), fala que as empilhadeiras mais adquiridas no mercado são das seguintes marcas: Yale, Hyster, Still, Linde, Clark e Toyota. São as marcas que mais são utilizadas dentro das empresas em operações de logísticas as quais prezam pela qualidade do produto em operação.

## 2.3 EMPILHADEIRA ELÉTRICA

Primeiramente é importante que se entenda os principais componentes da funcionalidade de uma empilhadeira elétrica, com este entendimento poderá facilitar nos assuntos seguintes.

### 2.3.1 BATERIA

Neste tópico será demonstrado os modelos de baterias utilizadas hoje em dia nas empilhadeiras.

#### 2.3.1.1 Bateria de íon-lítio

As baterias de íon-lítio são compostas por grafite no qual recebe a carga positiva, o óxido de cobalto concede elétrons negativos, óxido de cobalto fica separado da camada de íons de lítio oferecendo menor toxicidade, tornando menos agressiva ao meio ambiente. Além da bateria oferecer um ótimo desempenho e segurança, seu ciclo de vida em média é

de 10 anos e considerando o seu tempo de recarga completa é estimado aproximadamente 2,5 horas, (AUTOMNI, 2021). A 5 figura, mostra o modelo de bateria íon-lítio.

Figura 5: Bateria de íon-lítio

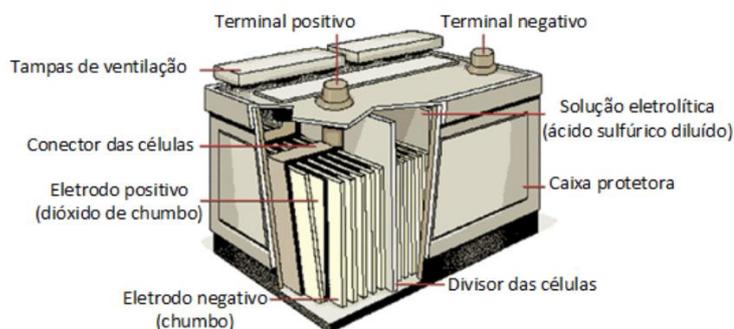


Fonte: SOUZA, 2017.

### 2.3.1.2 Bateria de chumbo-ácido

As baterias de chumbo-ácido são compostas de eletrodos de chumbo esponjoso que atua como material ativo negativo, dióxido de chumbo mergulhado em ácido sulfúrico que diluído acaba atuando como eletrólito durante a descarga da bateria. A reação do dióxido de chumbo com o ácido sulfúrico gerando a produção do sulfato e de água. Por se tratar de uma tecnologia antiga, é ainda utilizado em empilhadeiras elétricas. A bateria possui um ciclo de vida em média de 3 anos, considerando o seu tempo de recarga é equivale a 6 horas, (AKINYELE et al., 2014). A figura 6, pode se ver os componentes de montagem e as características da bateria de chumbo de ácido.

Figura 6: Bateria de Chumbo-Ácido



Fonte: AKINYELE (2014)

## 2.3.2 MOTOR

Um dos principais componentes da empilhadeira é o seu motor, neste tópico será demonstrado os modelos de motores que se encontra no mercado.

### 2.3.2.1 Motor de corrente contínua

Segundo Henrique (2014) do site mundo da elétrica, o motor de corrente contínua, tem como funcionalidade tanto como motor quanto gerador de energia. São alimentados por uma corrente contínua que permite a sua operação numa velocidade constante, por ser um motor escovado e por possuir uma variação na velocidade e seu controle ser simples, é o mais utilizado em alguns modelos de veículos elétricos. A figura 7, apresenta um motor de corrente contínua.

Figura 7: Motor de corrente contínua



Fonte: Asten (2022)

### 2.3.2.2 Motor de indução

Segundo Edilson (2022) do Blog Kalatec, o motor por indução é acionado pela corrente alternada que consiste na geração de dois campos magnéticos. A rotação deste motor, tende ter um atraso em relação ao campo magnético que é devido a uma carga que se aplica no motor. Este motor por não possuir escovas é um dos mais indicados a ser utilizados em veículos. A figura 8, apresenta o motor por indução.

Figura 8: Motor por indução



Fonte: Weg (2022)

### 2.3.2.3 Motor síncrono de imã permanente

Ribeiro (2015) fala que o motor do modelo de imã, são motores que possuem um alto torque e são menores comparando com os demais modelos de motores, este motor produz um campo magnético estacionário diferente dos outros modelos que são de componentes magnético giratório. Este motor possui as características idênticas do motor de corrente contínua com escovas, de suas características serem semelhantes a comutação deste motor é eletrônica que o livra dos problemas relacionados a comutação de escovas. A figura 9, apresenta o motor síncrono de imã.

Figura 9: Motor síncrono de imã



Fonte: ABB (2022)

## 2.4 MANUTENÇÃO

A realização da manutenção em empilhadeiras é de extrema importância por ser um veículo de movimento. Manutenção deve ser realizada em conjunto com uma revisão detalhada da máquina, revisando o estado em que se encontra para o seu manuseio diário.

A manutenção é um termo usado pelas empresas que forma um conjunto de ações de cuidados e procedimentos técnicos que é utilizado para o bom funcionamento na prevenção de falhas, reparos em máquinas e instalações físicas (ALGUSTO, 2011);

- a) **Manutenção diária:** Os operadores devem fazer a manutenção visual todos os dias nas empilhadeiras no início de cada turno, na intenção da identificação de algum dano ou vazamento. Deve ser verificado o funcionamento dos sistemas hidráulicos, níveis de óleo, água e fluidos do motor (SÁNCHEZ e HERNÁNDEZ, 2016);
- b) **Manutenção mensal:** Nesta manutenção é realizada com 200 horas de operação entre uma manutenção e outra. Nesta manutenção é feita a verificação em componentes que compõe de lubrificação, sistema hidráulico e componentes elétricos (SÁNCHEZ e HERNÁNDEZ, 2016);
- c) **Manutenção trimestral:** Esta manutenção é realizada a cada 600 horas de operação. Esta manutenção é feita mediante verificação nos tensores de correntes de transmissão, sistema hidráulicos, componentes elétricos, limpeza de componentes externos e substituição de filtros (SÁNCHEZ e HERNÁNDEZ, 2016);
- d) **Manutenção semestral:** Esta manutenção é realizada a cada 1200 horas de uso, por ser uma manutenção de período mais longo. As inspeções devem ser mais detalhadas e inclusive no sistema de refrigeração do motor, filtros de óleos e trocas de fluidos lubrificantes (SÁNCHEZ e HERNÁNDEZ, 2016).

## 2.5 SUSTENTABILIDADE

A sustentabilidade tem como origem do latim “*sustentare*” no que significa sustentar, conservar em bom estado, manter. A Sustentabilidade possui diversos significados e pode ser utilizada em uma abordagem com o foco nos aspectos sociais, ambientais e econômicos, considerando os benefícios em períodos distintos de médios e longo prazo.

[...] um conceito sistêmico que visa suprir todas as necessidades sociais, econômicas, culturais e ambientais para garantir um futuro melhor. [...]. É com a sustentabilidade que os recursos naturais são utilizados de forma inteligente, e são protegidos pensando na geração futura (CAMPOS; ESTENDER; MACEDO, 2015, p. 2).

### 2.5.1 Energia e meio ambiente

No momento em que o desenvolvimento das tecnologias está se tornando cada vez mais avançado, surgem oportunidades que podem auxiliar na sustentabilidade do meio ambiente, como exemplo, apresentando ao mundo os carros elétricos que não emitem gases tóxicos como substituição dos carros a combustão. Para as indústrias, o mesmo ocorre com as empilhadeiras elétricas que vêm sendo aperfeiçoadas para a substituir as empilhadeiras movidas por fonte de energia como: gás, diesel e gasolina (HENRIQUE 2018).

O movimento verde cada vez mais é bem-visto pelas grandes empresas, as quais através de recursos buscam para reduzir as suas emissões de gás carbono. Com o alto nível de conscientização sobre a eficiência da energia elétrica fica cada vez mais claro o caminho que se está tomando ao andar em conjunto com a tecnologia, com a criação de novas fontes de energias tanto no automobilismo como no uso empilhadeiras (IMAM, 2022).

Como se sabe os veículos elétricos não emitem gases poluentes estando em funcionamento, pois não ocorre a queima de combustão quando se transforma a energia elétrica em mecânica no motor, ao contrário do carro a combustão que efetiva a queima da combustão como fonte de energia para gerar a movimentação do veículo. Durante esta

queima de combustão são liberados o gás carbônico e o monóxido de carbono, dois gases prejudiciais para a saúde (HENRIQUE 2018).

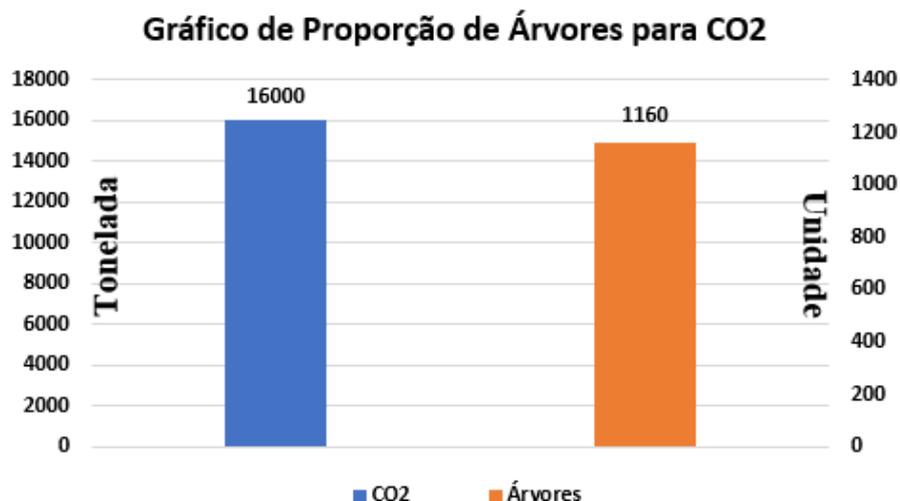
Segundo Goldemberg e Lucon (2007), falam que o consumo de energia atualmente é impactante ao meio ambiente, mas que pode ser mudado através de estímulos eficientes de energia com a transição de energias fósseis para renováveis. Hoje o Brasil discute uma forma de conseguir garantir o suprimento de gás e eletricidade em períodos de médio e longo prazo.

Energia, ar e água são ingredientes essenciais à vida humana. Nas sociedades primitivas seu custo era praticamente zero. A energia era obtida da lenha das florestas, para aquecimento e atividades domésticas, como cozinhar. Aos poucos, porém, o consumo de energia foi crescendo tanto que outras fontes se tornaram necessárias. Durante a Idade Média, as energias de cursos de água e dos ventos foram utilizadas, mas em quantidades insuficientes para suprir as necessidades de populações crescentes, sobretudo nas cidades. Após a Revolução Industrial, foi preciso usar mais carvão, petróleo e gás, que têm um custo elevado para a produção e transporte até os centros consumidores (GOLDEMBERG E LUCON, 2007, p. 1).

### 2.5.2 Redução de CO<sub>2</sub> com Empilhadeira Elétrica

De acordo com a empresa Jungheinrich (2022), fala que uma empilhadeira a combustão tenha sido utilizada por cerca de 2.000 horas trabalhadas, pode emitir 16 toneladas anualmente de CO<sub>2</sub> na atmosfera, visto que é preciso cerca de 1.160 árvores para poder neutralizar o CO<sub>2</sub> lançado. A Figura 10, representa o gráfico da proporção de árvores necessárias para poder absorver o CO<sub>2</sub>.

Figura 10: Gráfico de proporção de árvores para absorção do CO2



Fonte: Autor (2022)

De acordo com o site Portal Máquinas (2021), relata que na M. Dias Branco a empresa de alimentos representante das marcas Vitarella, Adria, Piraquê e Richester, estava realizando efetiv da troca de 45 empilhadeiras a combustão para empilhadeira elétrica a bateria de íon-lítio, sendo que cada empilhadeira possuía aproximadamente uma média de 10.000 horas trabalhadas chegando emitir por mês cerca de 8,1 toneladas de CO2. A troca de empilhadeiras equivaleu a uma redução na de 52% na emissão de CO2, no que vale aproximadamente 112 mil árvores salvas por ano para pode compensar as emissões de CO2.

## 2.6 ESTUDO DE VIABILIDADE

A realização do estudo de viabilidade pode ser com o uso dos métodos mais empregados em pesquisas como: Playback, TIR (Taxa Interna de Retorno), VPL (Valor Presente Líquido) e TMA (Taxa Mínima de Atratividade) e o índice de lucratividade. Sendo que na hora de analisar os resultados não deve ser isolado nenhum índice para que se tenha uma melhor clareza sobre a viabilidade do empreendimento, assim é importante que todos sinalizem a viabilidade do empreendimento (BROM, 2007).

### 2.6.1 Taxa Interna Retorno (TIR)

Segundo Vangardi (2021), o TIR “taxa interna de retorno” é um indicador que integra ao VPL colaborando na forma de verificação da viabilidade econômica de um investimento. Sendo que o seu cálculo é mais específico no percentual de retorno observando o menor valor na execução de um projeto.

Gitman (2007), descreve que o melhor investimento é aquele em que o TIR obteve o maior valor, tendo como uma taxa que pode ser confrontada com a taxa efetiva que facilitando na utilização do indicador. A Figura 11, representa a equação do cálculo do TIR.

Figura 11: representação da equação

$$VP = \text{capital} + \sum_{t=1}^N \frac{F_t}{(1+i)^t}$$

Fonte: Camargo (2017)

Nela:

VP = valor presente;

Capital = valor do investimento;

N = número de períodos

F<sub>t</sub> = entrada de capital no período t;

I = taxa interna do retorno

### 2.6.2 Valor Presente Líquido (VPL)

De acordo com Rebelatto (2004), o método VPL corresponde que as entradas e saídas do capital de um determinado período da aplicação é descontada a taxa dos juros, nominada como Taxa Mínima da Atratividade, que representa o valor investido sendo

comparado a diferença do valor inicial das entradas em caixas e o valor final das saídas em caixas, a uma taxa de desconto estabelecida. Na Figura 12, é apresentado o conceito do VPL. Na Figura 13, é apresentado a equação do VPL.

Figura 12: Conceito do VPL



Fonte: Fernando Barrichelo

Figura 13: representa equação do VPL

$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t}$$

Fonte: Motta (2009)

Nela:

FCT= Fluxo de caixa no período t;

i= taxa de desconto do projeto (taxa mínima de atratividade);

n= número de períodos;

### 2.6.3 Método de Playback

Na utilização do método payback, as empresas usam como padrão para que o investimento inicial seja recuperado em determinado período. Este método definirá o tempo em que o investimento inicial será recuperado em períodos necessários, o período do payback, varia de investidor para investidor (REBELATTO, 2004).

O payback descontado, se considera a taxa de juros no desenvolvimento do cálculo. (BRUNI; FAMÁ; SIQUEIRA, 1998; MARQUEZAN; BRONDONI, 2006).

### 2.6.4 Taxa Mínima de Atratividade

Para Marquezan (2006, p. 04), a TMA “pode ser entendida como o retorno que o investidor espera pelo capital que está empregado em determinado investimento, traduzido a uma taxa percentual sobre o próprio investimento, por um determinado espaço de tempo”.

Entende-se por taxa mínima de atratividade (TMA) a taxa mínima a ser alcançada em determinado projeto; caso contrário, o mesmo deve ser rejeitado. É, também, a taxa utilizada para descontar os fluxos de caixa quando se usa o método de valor presente líquido (VPL) e o parâmetro de comparação para a TIR. É o rendimento mínimo de uma segunda melhor alternativa do mercado, (KASSAI et al, 2000, p. 58).

A decisão de investir sempre terá pelo menos duas alternativas para serem avaliadas: investir no projeto ou “investir na taxa mínima de atratividade”. Fica implícito que o capital para investimento não fica no caixa, mas, sim aplicado à TMA. Assim o conceito de riqueza gerada deve levar em conta somente o excedente sobre aquilo que já se tem, isto é, o que será obtido além da aplicação do capital na TMA (SOUZA E CLEMENTE, 2001, p. 64).

### 3 MÉTODO DO TRABALHO

Os assuntos tratados neste capítulo são: descrição do objeto de estudo e os métodos utilizados para desenvolver do trabalho.

#### 3.1 DESCRIÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

A empresa na qual o estudo foi desenvolvido do setor metalmeccânica de grande porte, uma fábrica de implementos agrícolas fundada em 1828 na comuna francesa de Eckartswiller na região administrativa de Grande Leste na França. Estando sediada desde 2005 na cidade de Passo Fundo no norte do estado do Rio Grande do Sul, tendo como sua missão estabelecer soluções inteligentes ao agronegócio.

Possui uma grande gama de máquinas agrícolas em seu portfólio de produto, com diversas soluções inovadoras que facilita o trabalho no campo. Também tem se destacado através de sua dinâmica de lançamento e exposição de seus produtos aos clientes, com que possam ter a facilidade em atendê-los.

Atualmente a empresa está investindo em tecnologias para melhoria em seus processos internos, capacitação de colaboradores, preocupação ao meio ambiente, demonstrando cada vez mais o compromisso com o seu cliente em oferecer o produto com excelente qualidade.

#### 3.2 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

A finalidade da realização da pesquisa científica é composta de um método de investigação, de modo que seja obtido a resposta do problema. De acordo com o site Pravalier (2020), a pesquisa é um conjunto de etapas de um sistema de investigação que é utilizado para resolver os problemas encontrados, de modo na utilização dos procedimentos técnicos dando suporte nas análises abaroadas.

No desenvolvimento das análises do estudo foram utilizados os procedimentos em relação à pesquisa qualitativa e quantitativa, abordando dois tipos de coletas de dados. De acordo com o site Questionpro (2022), que tanto na análise qualitativa e quantitativa podem ser utilizadas informações de rotulagem de dados na sua semelhança para a investigação. Visto que a qualitativa é expressa de forma mais verbal, enquanto o quantitativo corresponde aos resultados aferidos numericamente.

Este trabalho se refere a um estudo de caso, o qual tem objetivo de analisar a viabilidade econômica na aquisição de uma empilhadeira elétrica em uma indústria de implementos agrícolas. De acordo com o Jung (2004, p. 158) “cita que o estudo de caso, trata de um procedimento que investiga dentro de um contexto real que quando o limite do fenômeno não está claramente definido”.

Este trabalho visa a utilização de métodos, de análise de custos e de engenharia econômica, para a elaboração da análise de viabilidade na aquisição de uma empilhadeira elétrica, com ênfase na despesa com o consumo de combustível e manutenção, mediante a um comparativo de custos por hora trabalhada durante a jornada de trabalho, com uma empilhadeira GLP (Gás Liquefeito de Petróleo). A Figura 14, demonstra os procedimentos usados durante o estudo.

Figura 14 – Quadro do esquema metodológico do estudo.



Fonte: Autor, 2022

Para a elaboração da análise desenvolvida neste estudo, foram seguidas cinco etapas:

- 1) Definir a empilhadeira elétrica: foi realizado um levantamento de modelos de empilhadeiras elétricas comercializadas no Brasil e que se adaptam com a necessidade da indústria em questão. Possibilitando a definição da máquina com as características similares a da empilhadeira empregada no estudo;
- 2) Comparar as características entre empilhadeira elétrica com a gás/GLP: neste comparativo foram avaliadas as características entre os modelos RX 60-30 Still e Toyota 8FG30N, comparando as suas diferenças como capacidade de peso, altura máxima em que o garfo pode atingir, velocidade máxima, entre outras;
- 3) Analisar os custos obtidos entre as empilhadeiras: nesta etapa da análise foram avaliados os dados operacionais empregados, consistindo num período de utilização da máquina por um tempo de 25 dias, sendo utilizados dois turnos com aproximadamente 8 horas e 43 minutos de operação, considerando 1 hora de intervalo de descanso para o operador.
- 4) Realizar a análise de investimento: para esta etapa foram calculados os índices dos investimentos entre VPL, TIR, PAYBACK e TMA.
  - a) VPL: “Valor presente líquido” é uma a ferramenta métrica financeira que define o valor presente do pagamento futuro reduzindo a taxa dos juros;
  - b) TIR: “Taxa Interna de Retorno” é uma taxa de retorno interno de rentabilidade de investimento, quando possível se obter um número de percentual do retorno de cada empresa;
  - c) PAYBACK: é um indicador, que controla o tempo do retorno, o qual considera um investimento de decisões;

- d) TMA: “Taxa Mínima de Atratividade” é uma taxa de juros em que representa a quantidade que o investidor espera ganhar com o investimento;
- 5) Analisar os resultados obtidos: nesta etapa foram avaliadas as etapas anteriores tendo como a conclusão os resultados obtidos, através do custo de aquisição e da análise comparativa dos custos operacionais entre as duas máquinas.

## 4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Com o objetivo de avaliar a viabilidade de substituição de uma empilhadeira a gás por uma elétrica, desenvolveu-se a análise de despesas com o consumo de combustível, mediante a um comparativo de custos por hora trabalhada durante a jornada de trabalho, com uma empilhadeira GLP (Gás Liquefeito de Petróleo) utilizada para o carregamento de produtos finalizados e descarregamento de matéria-prima. Também se fez a análise com o uso da empilhadeira elétrica. Posteriormente, realizou-se um levantamento de modelos de empilhadeiras elétricas comercializadas no Brasil e que melhor se adaptam com as necessidades da indústria em questão. Assim, respectivamente, possibilitou definir uma empilhadeira elétrica com características similares a empilhadeira GLP empregada no estudo.

### 4.1 COMPARATIVO TÉCNICO ENTRE EMPILHADEIRAS EM ANÁLISE

A empilhadeira elétrica escolhida para este estudo é do modelo RX 60-30 Still do Brasil, possui uma capacidade máxima de 3.000kg, podendo atingir uma altura máxima de elevação 4.066mm, tendo uma velocidade de condução de 20km/h.

Possui uma bateria de chumbo-ácido com uma tensão de 80V tendo aproximadamente duração de recarga até 6 horas. A empilhadeira possui uma escolha entre uma variedade de opções de controle quis são: multi-alavanca, minilever, toque ou Joystick 4Plus (STILL BRASIL, 2021). A Figura 15, apresenta o modelo da empilhadeira elétrica escolhida para realização da análise.

Figura 15: Modelo RX 60-30



Fonte: STILL BRASIL (2022)

A empilhadeira elétrica do modelo RCE20-25 da Still Brasil é o único modelo que contém a bateria em íon-lítio fornecido pela fabricante Still até o momento no Brasil, possui uma capacidade máxima de 2.500kg, podendo atingir uma altura máxima de elevação 4.000mm, tendo uma velocidade de condução de 15km/h.

Possui uma bateria de íon-lítio com uma tensão de 80V e carrega até 60% da bateria em 40 minutos, tendo aproximadamente duração de uma a duas horas. O processo de carregamento da bateria de íon-lítio além de ser mais curto a manutenção dura duas vezes a mais do que uma bateria convencional de chumbo-ácido. A empilhadeira possui uma variedade de opções de controle que são: multi-alavanca, minilever, toque ou Joystick 4Plus (STILL BRASIL, 2021). A Figura 16, apresenta o modelo da empilhadeira elétrica que será realizada a análise de viabilidade por ser o modelo que contém a bateria em íon-lítio.

Figura 16: Modelo RCE25|Li-Ion



Fonte: STILL BRASIL (2023)

A empilhadeira GLP empregada no estudo é do modelo Toyota 8FG30N, possui uma capacidade máxima de 3.000kg, podendo atingir uma altura máxima de elevação 3.300 mm, tendo uma velocidade de condução de 20km/h.

Possui uma bateria de chumbo-ácido, tem como opção da escolha de combustível a ser utilizado ficando na escolha entre gasolina ou Gás Liquefeito de Petróleo. A Figura 17, apresenta o modelo da empilhadeira empregada no estudo utilizado pela empresa. A Tabela 1, representa as informações designadas das empilhadeiras em estudo.

Figura 17: Toyota 8FG30N



Fonte: Autor (2022)

Tabela 1 - Informações das empilhadeiras em estudo

Modelo: RX 60-30		Modelo: Toyota 8FG30N	
Velocidade Máxima	20 km/h	Velocidade Máxima	20 km/h
Fonte de Energia	Bateria chumbo-ácido	Fonte de Energia	Bateria chumbo-ácido
Altura Máxima de Elevação (mm)	4.066	Altura Máxima de Elevação (mm)	4.300
Capacidade Máxima (Kg)	3.500	Capacidade Máxima (Kg)	3.000
Combustível	Energia. Elétrica	Combustível	Gasolina/GLP

Fonte: Autor (2022)

## 4.2 ANÁLISE DE DADOS OPERACIONAIS

Os dados operacionais empregados no desenvolvimento do estudo, consiste em um período de análise de utilização da máquina por cinco dias consecutivos, sendo utilizada em dois turnos, com aproximadamente 8 horas e 43 minutos de operação, considerando 1 hora de intervalo de descanso para o operador, conforme dados detalhados na Tabela 2.

Tabela 2 - Dados de operação da Empilhadeira GLP

<b>Empilhadeira GLP - Capacidade de carga de 3.000 Kg</b>					
Período	Segunda-Feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira
Data de análise	26/out	27/out	28/out	29/out	30/out
Hodômetro Inicial	2872,1	2882,7	2894,5	2897,3	2907,8
Hodômetro Final	2882,7	2894,5	2897,3	2907,8	2916,2
Horário Inicial	07:35	07:35	07:35	07:35	07:35
Horário Final	17:18	17:18	17:18	17:18	17:18
Quantidade de gás (kg)	20	20	20	20	20
Consumo médio (kg/hora)	2,37	2,37	2,37	2,37	2,37

Fonte: Autor (2022)

Com base nos dados abordados, fez-se o comparativo de custo diário de empilhadeira, apresentado na Tabela 3. Neste comparativo foi considerado o custo de gás de R\$ 5,62 o quilograma (kg), conforme o valor registrado nas despesas da indústria. E, também, o custo médio da energia em kWh de R\$ 0,49, conforme a fatura de energia elétrica da unidade consumidora com classificação de cliente livre, atribuídos custos de energia do mercado livre e encargos da concessionária de energia local para ponta e fora ponta.

Tabela 3 - Comparativo de custo diário de empilhadeira

<b>Empilhadeira GLP</b>		<b>Empilhadeira Elétrica</b>	
Custo por hora trabalhada	Custo Diário de operação	Custo por hora trabalhada	Custo Diário de operação
R\$ 13,32	R\$ 112,29	R\$ 3,24	R\$ 27,32

Fonte: Autor (2022)

Assim, foi possível analisar a economia gerada no abastecimento das empilhadeiras, a partir da diferença obtida de R\$ 84,97 referente ao custo diário da empilhadeira GLP com o custo diário da empilhadeira elétrica. Deste modo, demonstra-se através dos resultados obtidos, a viabilidade de substituição da empilhadeira, resultando em uma economia diária de 75,67% com despesas de abastecimento.

Com estes resultados obtidos, foi possível fazer uma análise do consumo anual, fazendo uma projeção de 8 horas e 43 min de operação durante 5 dias no período de 52

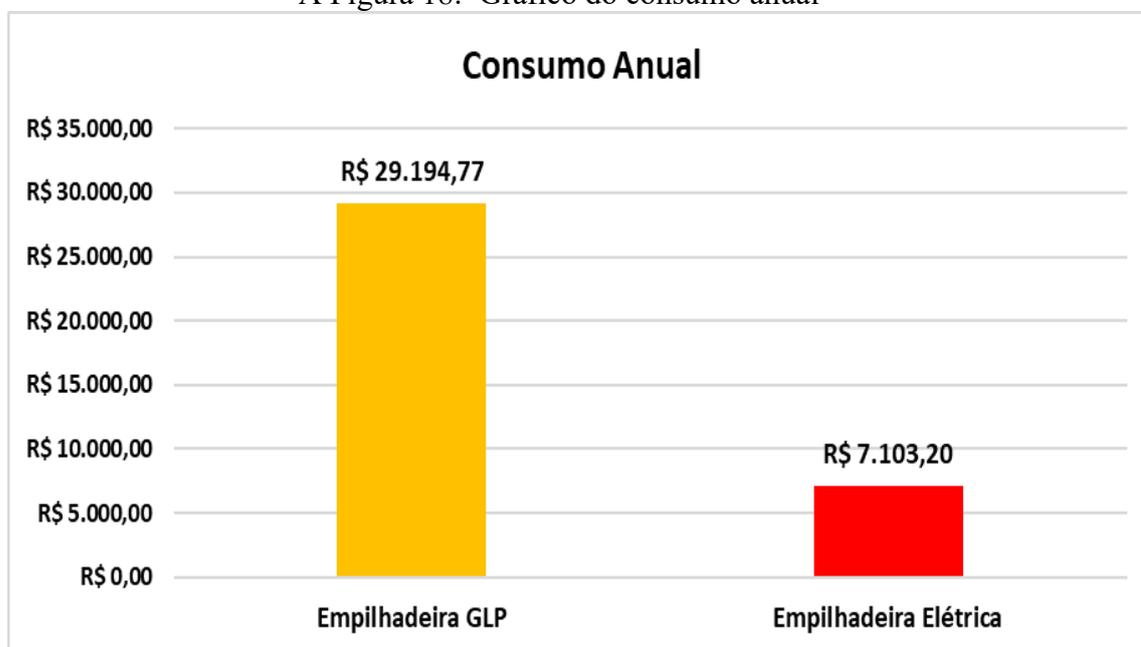
semanas. A Tabela 4, representa o comparativo dos custos anual de empilhadeira. A Figura 19, representa o gráfico do consumo entre empilhadeira elétrica e glp.

Tabela 4 - Comparativo de custo anual de empilhadeira

<b>Empilhadeira GLP</b>		<b>Empilhadeira Elétrica</b>	
Custo por hora trabalhada	Custo Anual	Custo por hora trabalhada	Custo Anual
R\$ 13,32	R\$ 29.194,77	R\$ 3,24	R\$ 7.103,20

Fonte: Autor (2023)

A Figura 18: Gráfico do consumo anual



Fonte: Autor (2023)

Com está projeção, foi possível analisar a economia gerada no abastecimento das empilhadeiras, obtendo uma diferença de R\$ 22.091,57 referente ao custo anual da empilhadeira elétrica em relação a empilhadeira GLP.

#### 4.3 ANÁLISE DE INVESTIMENTO

Após o levantamento das informações, foram realizados os cálculos da análise de viabilidade econômica do investimento.

Para a realização da análise, foram orçados os valores dos investimentos através de uma representante da marca Still, o modelo da empilhadeira RCE25|Li-Ion por ser uma máquina exportada o seu valor de mercado é €41.817,00 euro na Europa, o valor sendo convertido na moeda real que consta no momento em R\$ 5,50 seu preço equivale R\$ 229.993,50 e o modelo RX 60-30 Still custando o seu preço de mercado o equivalente R\$ 487.500,00.

Considerando o valor do investimento, os ganhos especificados anteriormente, a empresa espera uma taxa TMA de 14% que retrata o rendimento mínimo, contabilizando um prazo de 10 anos para fluxo de caixa. Pode ser visto na Tabela 5 a relação dos valores obtidos.

Tabela 5 – Informativo dos dados obtidos do investimento

<b>Equipamento</b>	<b>Empilhadeira elétrica Bateria Chumbo-Ácido</b>	<b>Empilhadeira elétrica Bateria Íon-Lítio</b>
<b>Investimento</b>	<b>R\$ 487.500,00</b>	<b>R\$ 229.993,50</b>
<b>Valor de Aquisição Empilhadeira GLP</b>	<b>Modelo 3 Tonelada R\$ 249.500,00</b>	<b>Modelo 2,5 Tonelada R\$ 118.700,00</b>
<b>Diferença de Investimento</b>	<b>R\$ 238.000,00</b>	<b>R\$ 111.293,50</b>
<b>Tempo do retorno</b>	<b>10</b>	
<b>TMA</b>	<b>14%</b>	
<b>Ganho anual</b>	<b>R\$ 22.091,57</b>	

Fonte: Autor (2023)

Antes de iniciar os cálculos, foi elaborado o fluxo de caixa dentro do período estabelecido pela empresa, pode ser visto na Tabela 6.

Tabela 6 – Fluxo de Caixa

Ano	Fluxo de caixa	
	Empilhadeira elétrica Bateria Chumbo-Ácido	Empilhadeira elétrica Bateria Íon-Lítio
0	<b>R\$ 238.000,00</b>	<b>R\$ 111.293,50</b>
1	R\$ 22.091,57	R\$ 22.091,57
2	R\$ 22.091,57	R\$ 22.091,57
3	R\$ 22.091,57	R\$ 22.091,57
4	R\$ 22.091,57	R\$ 22.091,57
5	R\$ 22.091,57	R\$ 22.091,57
6	R\$ 22.091,57	R\$ 22.091,57
7	R\$ 22.091,57	R\$ 22.091,57
8	R\$ 22.091,57	R\$ 22.091,57
9	R\$ 22.091,57	R\$ 22.091,57
10	R\$ 22.091,57	R\$ 22.091,57

Fonte: Autor (2023)

Em seguida que foi realizado o fluxo de caixa considerando o efeito da TMA (que seria associada a uma taxa de inflação), no qual é possível realizar o cálculo do valor presente líquido para o período avaliado, demonstrado na Tabela 7.

Tabela 7 – Valor Presente Líquido

Ano	Valor Presente (VP)	
	Empilhadeira elétrica Bateria Chumbo-Ácido	Empilhadeira elétrica Bateria Íon-Lítio
-	<b>-R\$ 238.000,00</b>	<b>-R\$ 111.293,50</b>
0	R\$ 22.091,57	R\$ 22.091,57
1	R\$ 19.378,57	R\$ 19.378,57
2	R\$ 16.998,75	R\$ 16.998,75
3	R\$ 14.911,18	R\$ 14.911,18
4	R\$ 13.079,98	R\$ 13.079,98
5	R\$ 11.473,67	R\$ 11.473,67
6	R\$ 10.064,62	R\$ 10.064,62
7	R\$ 8.828,62	R\$ 8.828,62
8	R\$ 7.744,40	R\$ 7.744,40
9	R\$ 6.793,33	R\$ 6.793,33
10	R\$ 5.959,06	R\$ 5.959,06

Fonte: Autor (2023)

Após a realização do cálculo do valor presente líquido, representado na Tabela 7, é realizado o cálculo do valor presente acumulado até o fim do período representado na Tabela 8.

Tabela 8 – Valor Presente Acumulado.

<b>Valor Presente Acumulado</b>	
<b>Empilhadeira elétrica Bateria Chumbo-Ácido</b>	<b>Empilhadeira elétrica Bateria Íon-Lítio</b>
<b>-R\$ 238.000,00</b>	<b>-R\$ 111.293,50</b>
<b>-R\$ 215.908,43</b>	<b>-R\$ 89.201,93</b>
<b>-R\$ 196.529,86</b>	<b>-R\$ 69.823,36</b>
<b>-R\$ 179.531,11</b>	<b>-R\$ 52.824,61</b>
<b>-R\$ 164.619,93</b>	<b>-R\$ 37.913,43</b>
<b>-R\$ 151.539,95</b>	<b>-R\$ 24.833,45</b>
<b>-R\$ 140.066,28</b>	<b>-R\$ 13.359,78</b>
<b>-R\$ 130.001,66</b>	<b>-R\$ 3.295,16</b>
<b>-R\$ 121.173,04</b>	<b>R\$ 5.533,46</b>
<b>-R\$ 113.428,64</b>	<b>R\$ 13.277,86</b>
<b>-R\$ 106.635,31</b>	<b>R\$ 20.071,19</b>
<b>-R\$ 100.676,25</b>	<b>R\$ 26.030,25</b>

Fonte: Autor (2023)

#### 4.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Com os cálculos apresentados na análise da viabilidade demonstram que possível aplicar os métodos de TIR, VPL, Payback Simples e Payback Descontado com a utilização da ferramenta Excel. Na Tabela 9, são apresentados resultados finais obtidos dos cálculos.

Tabela 9 – TIR, VPL, Payback Simples e Payback Descontado.

<b>Máquina</b>	<b>Empilhadeira elétrica Bateria Chumbo-Ácido</b>	<b>Empilhadeira elétrica Bateria Íon-Lítio</b>
VPL	<b>-R\$ 100.676,25</b>	R\$ 26.030,25
TIR	-1%	14,90%
Playback Simples	-	5,0
Playback Descontado	-	6,37

Fonte: Autor (2023)

Através dos dados calculados é possível verificar que o Valor Presente Líquido (VPL), no investimento em uma empilhadeira elétrica 3 toneladas a bateria chumbo-ácido, não se obtém um retorno positivo dentro o período esperado pela empresa. A Taxa Interna de Retorno (TIR) procedeu em -1%, portanto o investimento não é rentável a TMA de 14% ao ano, não obtendo uma análise de Payback. Conforme Kassai et al. (2000), a TMA consiste no rendimento mínimo de uma segunda melhor alternativa do mercado, assim os valores de investimentos que remuneram abaixo da TMA são considerados como não atrativos.

Já o investimento na empilhadeira elétrica 2 toneladas a bateria íon-lítio, o Valor Presente Líquido (VPL) apresentou o retorno de um valor positivo de R\$ 26.030,25, significa que este valor representa o fluxo de caixa líquido dentro o final de um período de 10 anos, corrigindo para valor presente, retrata a este montante. A Taxa Interna de Retorno (TIR) procedeu em 14,90%, por conseguinte em relação a TMA de 14% a.a, significa que o investimento apresentou uma retribuição sobre o capital investido em mais de 14,90% ao ano.

De que forma que o retorno ou payback, simples método utilizado acabou em um total de 5 anos. No método payback descontado, no que leva a depreciação da moeda em consideração considerou em 6,37 anos.

#### **4.5 VANTAGENS E DESVANTAGENS NO USO DE EMPILHADEIRA ELÉTRICA**

Este subcapítulo avalia as vantagens e desvantagens na aquisição das empilhadeiras relacionadas no estudo, considerando os aspectos relacionados aos investimentos que foram tratados no subcapítulo anterior.

##### **4.5.1 Vantagens do Investimento**

De acordo com a proposta do estudo em análise de viabilidade econômica na aquisição de empilhadeira elétrica, pode-se afirmar através dos dados coletados e analisados que o investimento se demonstra viável para o modelo de empilhadeira elétrica Bateria Íon-Lítio. Quanto ao modelo de empilhadeira elétrica Bateria Chumbo-Ácido, o investimento ainda é elevado, apresentando um VPL negativo de (- R\$ 100.676,25), no período de tempo analisado.

As empilhadeiras elétricas são mais caras em termos de investimentos iniciais, porém a sua energia é mais barata e limpa que as demais fontes de energias. Ainda pode-se mencionar que as empilhadeiras elétricas geram menores custos de abastecimento em comparação aos modelos à combustão e glp. Tais aspectos também são considerados nos estudos realizados por Goldemberg e Lucon (2007) e Henrique (2018), os quais comentam sobre a substituição de fontes de energias fósseis por energia renovada.

É importante ressaltar que a empilhadeira elétrica a bateria de Íon-Lítio possui uma vida útil de 10 anos, mais longa em relação a empilhadeira de combustão interna e glp, oferece uma maior manobralidade em operação e não geram tanto ruído, sendo ideal para diversos locais de trabalho. Os aspectos referentes ao tempo de carga da bateria e vida útil, também é mencionado por Akinyele *et al.* (2014), o que demonstra ser um ponto importante a ser considerado na aquisição das empilhadeiras.

Visto que em termos de sustentabilidade não emite praticamente CO<sub>2</sub>, enquanto os outros modelos de diferentes fontes de energia por serem mais caras emite cerca de 16 mil toneladas de CO<sub>2</sub>. Considerando os aspectos da sustentabilidade, o valor equivale cerca de 1160 árvores para poder absolver o CO<sub>2</sub> lançado nas atmosferas pelas empilhadeiras à combustão e glp, dados divulgados pela empresa Jungheinrich (2022), que atua no comércio de produtos para movimentação de cargas. Os autores Henrique (2018) e IMAM (2022), também consideram importantes os aspectos que abrangem a redução na emissão de gases poluentes.

#### 4.5.2 Desvantagens do Investimento

A proposta de investimento apresenta uma desvantagem em relação ao alto preço de aquisição da empilhadeira elétrica. Dependendo do modelo que for adquirido, é provável que não haja um retorno financeiro satisfatório ao final do prazo de 10 anos, como exemplo a empilhadeira elétrica Bateria Chumbo-Ácido. Outro fator é o custo da manutenção da empilhadeira elétrica que vem ser mais cara em relação a outros modelos de empilhadeiras a combustão e a gás.

O carregamento das baterias vem ser outro ponto de desvantagem. Para carregar 1 bateria de chumbo estima-se um tempo de 6 horas. São necessárias 3 baterias para poder fazer o rodizio, assim enquanto uma carrega a outra fica no aguardo para ser substituída pela que está em uso na máquina.

Outra desvantagem é a vida útil da bateria de chumbo, que é de 3 anos não tendo mais possibilidades de reutilizar. Para carregar da bateria a íon-lítio há uma demora aproximadamente de 2 horas para poder estar com a carga completa, enquanto os modelos de a gás e combustão não levam cerca de 20 minutos de recarga.

## 5 CONCLUSÃO

A empilhadeira elétrica pode ser uma opção de tecnologia viável para a redução da emissão de poluentes, especialmente quando combinado com fontes renováveis de energia para a realização das recargas da bateria, sendo este um aspecto importante quanto à sustentabilidade.

Além disso, quanto aos aspectos do consumo diário, custos e manutenção, ressalta-se que a empilhadeira elétrica possui maior economia na manutenção, pois não precisa de filtro de óleo, filtro de ar entre outros componentes, devido a inexistência desses componentes nos modelos elétricos, e também o intervalo de manutenção preventiva é bem maior. Além disso, outra característica muito relevante é a qualidade de vida operador, pois as empilhadeiras elétricas são silenciosas durante a sua operação, diminuindo o estresse diário.

O estudo apresentou uma oportunidade de melhoria interna em novas máquinas de movimentação de mercadoria. Conclui-se que a proposta para aquisição de uma empilhadeira elétrica, substituindo a empilhadeira GLP, demonstra-se como uma alternativa viável, pois apresentou uma diferença obtida em R\$ 22.091,57 na economia com abastecimento no ano.

Na análise dos resultados, foram utilizados dois modelos de empilhadeira elétrica. Os resultados apontam que para modelo RX 60-30, não é um investimento viável a ser realizado, pois demonstra um valor negativo na TIR (-1%) dentro do período esperado pela empresa. Também não se obteve uma análise de Payback, pelo fato de o valor presente líquido dar negativo. Referente ao modelo RCE25|Li-Ion os resultados obtidos apresentaram que o investimento é viável, pois o projeto apresentou um valor presente líquido R\$ 26.030,25, sendo que a taxa interna de retorno em 14,90% e o payback, simples dentre 5 anos.

Conclui-se que através da realização deste estudo de análise de viabilidade, pode-se identificar que a empilhadeira elétrica é uma máquina viável em se adquirir por apresentar resultados satisfatórios na economia do combustível em comparação a gás, visto que sua vida útil é mais longa e por utilizar fontes de energia renováveis em sua locomoção sem emitir CO<sub>2</sub>.

Como sugestão para trabalhos futuros, realizar comparativos entre outros modelos de empilhadeira, analisando a quantidade de emissão de gás solta na atmosfera em um período

estimado de tempo com máquina em operação, analisando o custo do consumo de cada empilhadeira.

## REFERÊNCIAS

ABB. **Motores de ímã permanente**. 2021. Disponível em: <https://new.abb.com/motors-generators/pt/>. Acesso em: 19 Setembro. 2022.

AUGUSTO, Rafael Terrivel. **MANUAL DE PROCEDIMENTOS TÉCNICOS PARA MANUTENÇÃO PREVENTIVA EM EMPILHADEIRAS NA ÁREA DE PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS**. 2011. Monografia (Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2011.

AUTOMNI. **Baterias de Lítio x Bateria de Chumbo: Qual a Mais Relevante Para Sua Transpaleteira**. Automni Logística Robotizada, 29 de setembro de 2021. Disponível em: <https://automni.com.br/baterias-de-litio-x-baterias-de-chumbo-qual-a-mais-relevante-para-sua-transpaleteira/#:~:text=2.,chumbo%20fazem%20cerca%20de%201.500>. Acesso em: 19 Setembro. 2022.

AKINYELE, D. O. *et al.*, Review of Energy Storage Technologies for Sustainable Power Networks, **Journal of Sustainable Energy Technologies and Assessments**, Nova Zelândia, Julho, 2014. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.1016/j.seta.2014.07.004>. Acesso em: 02 Setembro. 2022.

AZEVEDE, Marcelo Henrique de. **Carros elétricos: viabilidade econômica e ambiental de inserção competitiva no mercado brasileiro**. 2018. Monografia (Engenharia de Controle e Automação) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2018.

BARRICHELO, Fernando, **Teoria dos Jogos é como VPL: o mapeamento é tarefa sua**, Barrichelo. Disponível em: <http://www.barrichelo.com.br/teoriadosjogos/list-trechosimprime.asp?id=41>. Acesso em: 02 Setembro. 2022.

BALOC. **Quais São as Melhores Marcas de Empilhadeiras**. Baloc Locadora, 22 de junho de 2022. Disponível em: <https://www.baloc.com.br/post/melhores-marcas-empilhadeiras>. Acesso em: 24 Agosto. 2022

BROM, Luiz G.; BALIAN, Jose E. A. **Análise de investimentos e capital de giro: Conceitos e aplicações**. São Paulo: Saraiva, 2007.

BRASIF (24 de novembro de 2021) **A HISTÓRIA DA EMPILHADEIRA**. Disponível em: <https://www.brasifmaquinas.com.br/a-historia-da-empilhadeira/#:~:text=Tudo%20come%C3%A7ou%20em%201917%2C%20devido,primeiro%20prot%C3%B3tipo%20de%20uma%20empilhadeira>. Acesso em: 08 Agosto. 2022

BRUNI, A.; FAMÁ, R.; SIQUEIRA, J. O. **Análise do risco na avaliação de projetos de investimento: Uma aplicação do método de Monte Carlo**. Caderno de Pesquisas em Administração, São Paulo, v.1, n.6, 1998.

CAMARGO, R F. **Veja como o Valor Presente Líquido (VPL) ajuda na análise de viabilidade de um investimento**, 29 de janeiro de 2017. Disponível em: <https://www.treasy.com.br/blog/valor-presente-liquido-vpl/>. Acesso em: 04 Setembro. 2022

CAMPOS, Ana Carolina Souza; ESTENDER, Antônio Carlos; MACEDO, Daniela. **O Ambiente e a Sustentabilidade no Ramo Hoteleiro**. Revista de Administração do UNISAL, São Paulo, v. 5, n. 7, 2015.

CRAVO, Edilson. **Como funciona um motor de indução e quais as suas aplicações**. Kalatec automação. Disponível em: <https://blog.kalatec.com.br/motor-de-inducao/>. Acesso em: 10 Outubro. 2022

Clark empilhadeiras. **História da Empilhadeira**, 2020. Disponível em: <https://clarkempilhadeiras.com.br/empilhadeira-o-que-voce-precisa-saber/>. Acesso em: 08 Agosto. 2022

D'AGUANI, Marcos. **Análise de Insalubridade no Sistema de Abastecimento para Empilhadeiras**. 2009. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2009.

GITMAN, L. J. **Princípios de Administração Financeira**. 10ª edição, São Paulo: Harbra. 2007.

IMAM Consultoria. **Ao considerar o impacto ambiental das empilhadeiras, observe toda cadeia de suprimentos, da fonte de energia ao ponto de uso**. Revista intraLogística, 2022. Disponível em: <https://www.imam.com.br/consultoria/artigo/pdf/energialimpa.pdf>. Acesso em: 15 Novembro. 2022.

JUNIOR, Durval João De Barba; GOMES, Victor Emmanuel de Oliveira; BORK, Calos Alberto Shuch. **Escolha de Uma Empilhadeira Baseada em Critérios Sustentáveis**. E-Tech: Tecnologia para Competitividade industrial, Florianópolis, v.8, n. 2, (2015): 13ª Edição – Tecnologia. Disponível em: <https://etech.sc.senai.br/edicao01/article/view/489/415>. Acesso em: 10 Setembro. 2022

JUNG, Carlos Fernando. **Metodologia para pesquisa e desenvolvimento: aplicada novas tecnologias, produtos e processos**. Rio de Janeiro: Axexcel Books do Brasil, 2004.

JUNGHEINRICH. **Sustentabilidade – O Meio Ambiente Ganha em Dobro!** 2022.. Disponível em: <https://www.jungheinrich.com.br/nossas-solu%C3%A7%C3%B5es-para-voc%C3%AA/sustentabilidade>. Acesso em: 15 Novembro. 2022

GOLDEMBERG, José; LUCON, Oswaldo. **Energia e meio ambiente no Brasil**, SCIELO, 26 de outubro de 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/tk9tsKdqdkSy3CzMf58V9bw/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 10 Novembro. 2022

KASSAI, José Roberto; KASSAI, Sílvia; SANTOS, Arioaldo dos; ASSAF NETO, Alexandre. **Retorno de Investimento: Abordagem Matemática e Contábil do Lucro Empresarial**. São Paulo: Atlas 2000.

KRAUSS, C, **Stock Prices Sink in a Rising Ocean of Oil**. *The New York Times*, 15 de janeiro de 2016. Disponível em [https://www.nytimes.com/2016/01/16/business/energy-environment/oil-prices-one-million-barrel-glut.html?\\_r=0](https://www.nytimes.com/2016/01/16/business/energy-environment/oil-prices-one-million-barrel-glut.html?_r=0). Acesso em: 20 Agosto. 2022

HENRIQUE, **Motor de corrente contínua, características e aplicações**, mundo da elétrica. Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br/motor-de-corrente-continua-caracteristicas-e-aplicacoes/>. Acesso em: 05 outubro. 2022

MARQUEZAN, L. H. F.; BRONDANI, G. Análise de Investimentos. Revista Eletrônica de Contabilidade, Curso de Ciências Contábeis, UFSM, v.3, n.1 jan-jun/2006

MOTTA et al, Regis Da Rocha. **Engenharia econômica e finanças**. Elsevier Brasil, 2009.

NASCIMENTO, C. A. do. Princípio de funcionamento da célula fotovoltaica. Diss. Universidade Federal de Lavras, 2004.

Portal Máquinas Equipamentos, **Modernização de empilhadeiras reduz emissão de CO2 em até 52%**. 2022. Disponível em: <https://maquinasequipamentos.com.br/modernizacao-de-empilhadeiras-reduz-emissao-de-co2-em-ate-52/>. Acesso em: 15 Novembro 2022

PRAVALER, **Pesquisa Científica: tudo que você precisa para a sua pesquisa científica**, Pravalder, 03 de abril de 2020. Disponível em <https://www.pravalder.com.br/pesquisa-cientifica-tudo-que-voce-precisa-para-fazer-a-sua/#:~:text=De%20uma%20maneira%20mais%20f%C3%A1cil,%C3%A0%20an%C3%A1lise%20ou%20teoria%20abordada>. Acesso em: 16 Agosto. 2022

QUESTIONPRO, **Análise de dados qualitativos: como fazer e quais as vantagens**, QuestionPro, 28 de setembro de 2022. Disponível em <https://www.questionpro.com/blog/pt-br/analise-de-dados-qualitativos-como-fazer-e-quais-as-vantagens/#:~:text=A%20an%C3%A1lise%20de%20dados%20qualitativos,do%20que%20est%C3%A1%20sendo%20investigado>. Acesso em: 01 Outubro. 2022.

SÁNCHEZ Quiñones Salomón Federico, HERNÁNDEZ Ortégón Andrés Felipe. **Evaluación técnica y económica para analizar la viabilidad del montacargas eléctrico em el sector productivo**. 2016. Monografia (Pregrado en Administración de Empresas) – Universidade del Rósario, Bogotá D.C, 2016.

REBELATTO, D. A. N. **Projeto de Investimento**. 1. ed. Barueri - SP: Editora Manole, 2004. v. 01.

RD Station, **ROI: o que é, como e por que calcular o Retorno sobre o Investimento (+ calculadora)**, 2022. Disponível em: [https://resultadosdigitais.com.br/marketing/o-que-e-roi-retorno-sobre-investimento/#:~:text=ROI%20%C3%A9%20a%20m%C3%A9trica%20%C3%A9,investimentos\)%20%2F%20custos%20e%20investimentos](https://resultadosdigitais.com.br/marketing/o-que-e-roi-retorno-sobre-investimento/#:~:text=ROI%20%C3%A9%20a%20m%C3%A9trica%20%C3%A9,investimentos)%20%2F%20custos%20e%20investimentos). Acesso em: 10 Outubro. 2022.

RIBEIRO, Dhiego dos Santos; PRADO, Claudio. **Motores de Imãs Permanentes - TCC Inatel - Dhiego dos Santos Ribeiro**. 2015.

SOUZA, Gustavo, **Bateria de Lítio: saiba mais sobre essa tecnologia cotidiana**, Carro Elétrico, 2017. Disponível em: <https://carroeletrico.com.br/blog/bateria-litio/>. Acesso em: 25 Agosto. 2022.

SOUZA, Alceu; CLEMENTE, Ademir. **Decisões Financeiras e Análise de Investimentos: Fundamentos, Técnicas e Aplicações**. São Paulo. Atlas 2001.

STILL BRASIL. **Empilhadeira Elétrica RX 60 25-3,5t**. Site Still, Disponível em: <https://www.still.com.br/empilhadeiras/empilhadeiras-novas/empilhadeiras-eletricas-frontais/rx-60-25-35-t.html>. Acesso em: 23 Novembro. 2022.

VICTÓRIA Anhesini, **Por que o gás de cozinha está tão caro? Entenda a alta dos preços**, UOL, 29 de janeiro de 2021. Disponível em <https://economia.uol.com.br/noticias/redacao/2021/01/29/gas-de-cozinha-alta-precos.htm>. Acesso em: 20 Agosto. 2022.

WEG. **W50 - TEFC Uso Geral (Ferro Fundido)**. 2021. Disponível em: <https://www.weg.net/catalog/weg/ES/pt/search?text=motor+indu%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em: 20 Setembro 2022.