



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**

**MATEUS GUIMARÃES DUARTE**

**GERAÇÃO DE ENERGIA EM HORÁRIO DE PONTA NOS  
CENTROS URBANOS A PARTIR DE FONTE RENOVÁVEL**

**BELO HORIZONTE**

**2019**

**MATEUS GUIMARÃES DUARTE**

**GERAÇÃO DE ENERGIA EM HORÁRIO DE PONTA NOS CENTROS URBANOS A  
PARTIR DE FONTE RENOVÁVEL**

**Monografia apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Fontes Renováveis de Energia.**

**Orientador: Dr. Leandro Soares de Oliveira**

Universidade Federal de Minas Gerais- UFMG

Escola de Engenharia

Curso de Especialização em Fontes Renováveis de Energia

**BELO HORIZONTE**

**2019**

## FICHA CATALOGRÁFICA

Guimarães Duarte, Mateus

Energia renovável para geração de energia em horário de ponta nos centros urbanos – Belo Horizonte 2019

34 páginas

Área de concentração: Fontes Renováveis de Energia

Orientador: Leandro Soares de Oliveira

1. Horário de ponta; 2. Biodiesel



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

CURSO DE FONTES RENOVÁVEIS - GERAÇÃO, OPERAÇÃO E INTEGRAÇÃO



## ATA DA DEFESA DA MONOGRAFIA DO ALUNO MATEUS GUIMARÃES DUARTE

Realizou-se, no dia 25 de novembro de 2019, às 16:00 horas, Sala 4409 - 4o. andar - Bloco 1 - Escola de Engenharia, da Universidade Federal de Minas Gerais, a defesa de monografia, intitulada *GERAÇÃO DE ENERGIA EM HORÁRIO DE PONTA NOS CENTROS URBANOS A PARTIR DE FONTE RENOVÁVEL*, apresentada por MATEUS GUIMARÃES DUARTE, número de registro 2018705347, graduado no curso de ENGENHARIA ELÉTRICA, como requisito parcial para a obtenção do certificado de Especialista em FONTES RENOVÁVEIS - GERAÇÃO, OPERAÇÃO E INTEGRAÇÃO, à seguinte Comissão Examinadora: Prof(a). Dr. Leandro Soares de Oliveira (Orientador) - Orientador (Escola de Engenharia - UFMG), Prof(a). Raphael Nunes de Oliveira (Universidade Federal de Minas Gerais).

A Comissão considerou a monografia:

Aprovada

Reprovada

Finalizados os trabalhos, lavrei a presente ata que, lida e aprovada, vai assinada por mim e pelos membros da Comissão.

Belo Horizonte, 25 de novembro de 2019.

Prof(a). Dr. Leandro Soares de Oliveira (Orientador) (Doutor)

Prof(a). Raphael Nunes de Oliveira (Doutor)

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por guiar meus passos e ajudar a conquistar mais uma etapa em minha carreira.

Agradeço a minha família pela compreensão nos momentos ausentes.

A minha namorada Izabella pelo companheirismo e apoio nos momentos difíceis.

Aos meus sócios, Matheus, Rodrigo e Iheleno, por me substituir nos momentos em que estive dedicado buscando novos conhecimentos para nossa empresa.

Aos professores do curso de especialização em fontes renováveis, pelas orientações técnicas e conhecimentos transmitidos.

Agradeço aos colegas e companheiros do curso de especialização, a troca de experiência, amizade e companheirismo serão guardados infinitamente.

## RESUMO

Uma prática amplamente utilizada nos centros urbanos para a redução do consumo de energia elétrica da concessionária é a utilização de grupo motor gerador no horário de pico. Atualmente, o valor do kWh no horário de ponta é mais de 4 vezes o valor do horário fora de ponta, dependendo da modalidade tarifária. Por esse motivo, muitos comércios como supermercados, açougues e até mesmo indústrias, ativam geradores a base de diesel convencional S500 para gerar a própria energia e não utilizar a energia da concessionária durante as 3 horas do horário de ponta. Neste trabalho, será avaliada a possibilidade de se alterar o combustível destes motores geradores, substituindo o S500 pelo biodiesel, incluindo a análise da viabilidade técnica e econômica desta substituição. São apresentados os impactos da utilização do biodiesel em motores a combustão diesel convencional através de revisões bibliográficas. Para a análise econômica, o consumo real de um supermercado de médio porte que já utiliza gerador a diesel em horário de ponta será adotado como base de estudo. Além disso alternativas de como se obter o biodiesel com um custo baixo e equipamentos que viabilizam sua produção são apresentados. Por fim, um comparativo da substituição destes combustíveis é mostrado, abrangendo os ônus e bônus das diferentes situações consideradas neste estudo.

**Palavras-chave:** horário de ponta, biodiesel.

## ABSTRACT

A widely practice used in urban centers to reduce electricity consumption is the use of an engine generator set at peak hours. Currently, the peak hour kWh's price is more than 4 times the off-peak price, depending on the tariff mode. For this reason, many companies, such as supermarkets, butchers, and even industries, turn on conventional S500 diesel-based generators to produce their own power and don't use energy from power distribution company during the 3 rush hours. In this work, the possibility of fuel switch of these generator engines will be evaluated, replacing the S500 with biodiesel, including the analysis of technical and economic feasibility of this replacement. The impacts of using biodiesel on conventional diesel combustion engines will be presented through literature reviews. For economic analysis, the actual consumption of a midsize supermarket that already uses diesel generator at rush hours will be adopted as the basis of this study. Furthermore, alternatives are presented on how to obtain low cost biodiesel and equipments that enable its production. Finally, a comparison of these fuels replacement will be presented, covering the pro and cons of both situations considered in this study.

**Key-words:** peak hours, biodiesel.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1-EXEMPLO DE DEMANDA CONSUMIDA .....	5
FIGURA 2- MODELO GRUPO MOTOR GERADOR .....	6
FIGURA 3-GRÁFICO DE POTÊNCIA (KW) X BLENDA .....	10
FIGURA 4- CURVA DE CARGA POR ENERGIA GERADA PARA AS BLENDA B0,B20,B50,B80 E B100 .....	11
FIGURA 5- DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DOS CUSTOS COM A MATÉRIA PRIMA, TRANSPORTE E OUTROS .....	12
FIGURA 6- UTILIDADES DA GLICERINA .....	14
FIGURA 7- HISTÓRICO DE CONSUMO DE ENERGIA DO SUPERMERCADO EM ESTUDO .....	15
FIGURA 8- USINA DE BIODIESEL DA BICHEM .....	19

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1- RELAÇÃO DAS EFICIÊNCIAS DE POTÊNCIA NOMINAL EM RELAÇÃO A POTÊNCIA NOMINAL MÁXIMA.....	10
TABELA 2- DADOS DO MOTOR.....	17
TABELA 3- CUSTOS DE PRODUÇÃO DE BIODIESEL COM A COMPRA DO ÓLEO .....	20
TABELA 4- CUSTO DE PRODUÇÃO DO BIODIESEL COM A COLETA DO ÓLEO USADO.....	21
TABELA 5- CUSTOS DE PRODUÇÃO DE BIODIESEL COM A COMPRA DO ÓLEO E VENDA DA GLICERINA LOIRA.....	22
TABELA 6- CUSTOS DE PRODUÇÃO DE BIODIESEL COM A COMPRA DO ÓLEO E VENDA DE GLICERINA BIDESELAÇÃO .....	23
TABELA 7- COMPARATIVO DOS VALORES DE PRODUÇÃO DE BIODIESEL.....	25

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	<b>IV</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>V</b>
<b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES</b> .....	<b>II</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>II</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>4</b>
1.1 CONSUMO ENERGÉTICO NAS EMPRESAS .....	4
1.2 GRUPO MOTOR GERADOR DIESEL .....	5
1.3 CARACTERÍSTICAS DO DIESEL CONVENCIONAL .....	6
1.4 CARACTERÍSTICAS DO BIODIESEL.....	7
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>10</b>
2.1 ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE GERADORES DE ENERGIA COM BIODIESEL .....	10
2.2 COLETA DE ÓLEO PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL .....	12
2.3 BIODIESEL PARA UTILIZAÇÃO EM HORÁRIO DE PONTA .....	13
2.4 GLICERINA, SUBPRODUTO DA PRODUÇÃO DO BIODIESEL .....	13
<b>3 MATERIAL E MÉTODO</b> .....	<b>15</b>
3.1 ESTUDO DE CASO .....	15
3.2 ANÁLISE FINANCEIRA.....	17
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>19</b>
4.1 UTILIZAÇÃO DE BIODIESEL PARA GERAÇÃO DE ENERGIA EM HP .....	19
4.2 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA PARA UTILIZAÇÃO DE BIODIESEL EM HP. ....	20
4.3 ALTERNATIVA PARA REDUÇÃO DO CUSTO DO BIODIESEL .....	21
4.4 PRODUÇÃO DE GLICERINA .....	22
4.5 PAY BACK ESTIMADO PARA A PRODUÇÃO DE BIODIESEL .....	24
4.6 ANÁLISE COMPARATIVA .....	25
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	<b>26</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>27</b>

# 1 INTRODUÇÃO

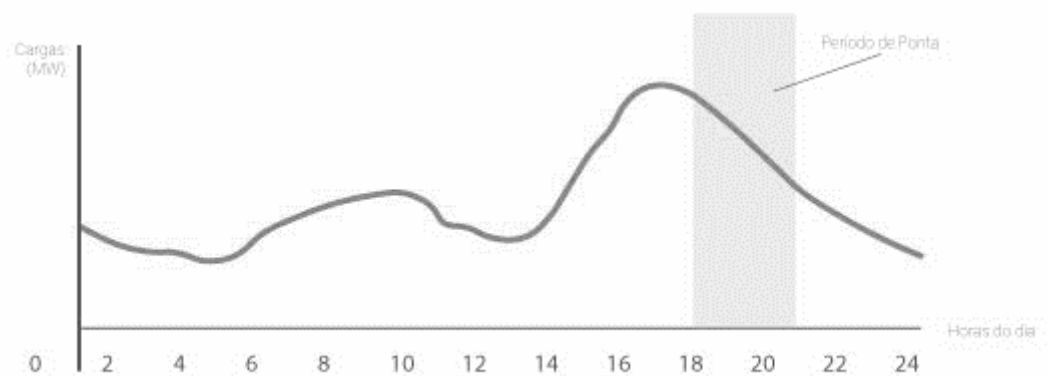
Uma prática comumente utilizada nos centros urbanos como supermercados, açougues, hospitais, comercios de médio e grande porte é a geração de energia através de grupos geradores diesel no horário de ponta (horário de 17:00 – 20:00). Como neste horário há aumento de demanda por energia, as tarifas energéticas também são elevadas, chegando o valor do kWh de energia no horário de ponta a 4 vezes mais do que no horário fora de ponta. A geração de energia neste intervalo de tempo tem sido vantajosa em substituição à energia fornecida pela concessionária, sendo o combustível atualmente utilizado para esta geração o diesel proveniente de recursos fósseis. A restrição na disponibilidade destes combustíveis fósseis, os impactos ambientais gerados em sua obtenção e a variação do preço do petróleo no Brasil e no mundo vem estimulando pesquisadores a buscar alternativas sustentáveis, agregando benefícios técnicos e econômicos

## 1.1 CONSUMO ENERGÉTICO NAS EMPRESAS

A estrutura tarifária no Brasil para empresas de médio e grande porte prevê a aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica e demanda de potência de acordo com as horas de utilização do dia e dos períodos do ano.

Durante o dia tem-se a divisão em duas faixas de horário. Uma das faixas é denominada Horário de Ponta ou Horário de Pico (HP). O Horário de Ponta é o período de 3 horas consecutivas que ocorre o maior consumo de energia. Para a região metropolitana de Belo Horizonte este horário é de 17:00 às 20:00. O Horário Fora de Ponta, compreende o período do dia a menos do horário de ponta. A Figura abaixo ilustra o consumo de energia de uma empresa qualquer diferenciando os horários de consumo.

FIGURA 1-EXEMPLO DE DEMANDA CONSUMIDA



FONTE: (ASTEFANELLO, 2019)

## 1.2 GRUPO MOTOR GERADOR DIESEL

O grupo motor-gerador a diesel consiste na junção de um motor a combustão diesel acoplado a um gerador síncrono de energia. Neste sistema, a energia mecânica gerada na combustão do diesel é transmitida a um gerador síncrono sem escovas para a geração de energia elétrica. O motor síncrono sem escova possui no rotor um ímã permanente que ao ser aplicado rotação em seu eixo, excita as bobinas do estator, induzindo assim tensão e corrente elétrica. A figura abaixo ilustra um modelo de grupo motor gerador a diesel.

FIGURA 2- MODELO GRUPO MOTOR GERADOR



### 1.3 CARACTERÍSTICAS DO DIESEL CONVENCIONAL

O diesel é obtido pela destilação do petróleo a uma temperatura entre 200°C e 350°C à pressão atmosférica. Durante sua queima, são despejados na atmosfera uma série de gases que contribuem para o aumento do efeito estufa, como monóxido de carbono, óxido de nitrogênio e enxofre (royalfic, 2019) . Os motores fabricados a partir do ano de 2012 foram adaptados para receber combustíveis com menor potencial de poluição sem perda de eficiência, como é o caso do diesel S10 em comparação ao S500 (carboroil, 2019).

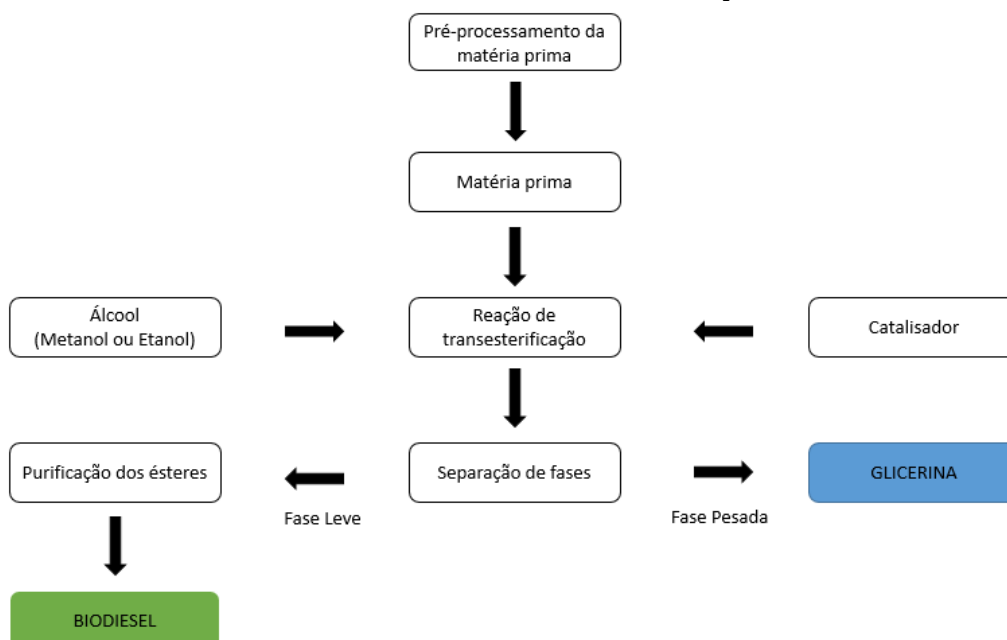
A tendência é que, à medida que novos combustíveis forem sendo desenvolvidos, os motores possam ser adaptados para geração de menos resíduos e menor emissão de poluentes na atmosfera.

#### 1.4 CARACTERÍSTICAS DO BIODIESEL

O Biodiesel é fabricado através de um processo químico chamado transesterificação onde a glicerina é separada da gordura ou do óleo vegetal. O processo gera dois produtos: ésteres (o nome químico do biodiesel) e glicerina (produto valorizado no mercado de sabão). Além disso, o biodiesel pode ser usado puro ou em mistura com o óleo diesel em qualquer proporção (biodieselbr, 2019). Para o ano de 2018, a legislação determinou que o Diesel fóssil comumente comercializado deve conter um teor de 9% de biodiesel (carboroil, 2019).

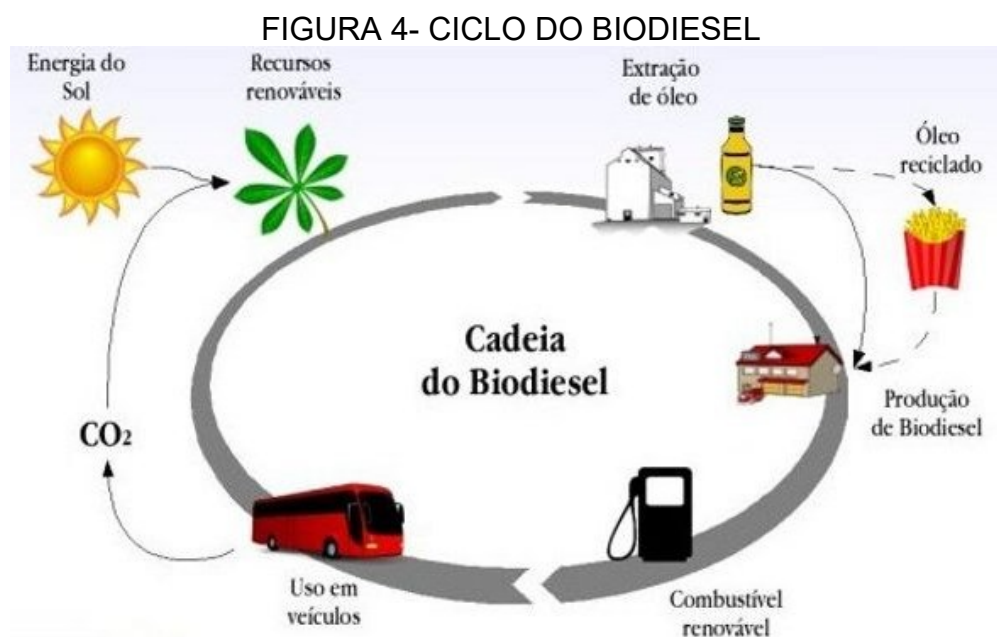
O processo para produção do Biodiesel está ilustrado no diagrama abaixo. Resumidamente o processo possui 3 etapas bem definidas, a primeira de filtragem e limpeza da matéria prima, nesta etapa é removida os corpos sólidos ou emulsões presente no óleo. A segunda etapa consiste em proporcionar as reações no óleo para que o biodiesel seja produzido. Por fim, a terceira etapa consiste em purificar o produto final das reações de forma a se obter o biodiesel puro e de boa qualidade para a combustão. Ao final do processo percebe-se que dois produtos são gerados, a glicerina e o Biodiesel.

FIGURA 3- FLUXO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DO BIODIESEL



FONTE: AUTOR

Ambientalmente, com a reutilização de óleos de fritura para produção de biodiesel, o CO<sub>2</sub> emitido na atmosfera tende a percorrer um ciclo fechado. O dióxido de carbono liberado na combustão já foi absorvido por uma planta e processado através da fotossíntese e seguirá este ciclo.



FONTE: (Educativa, 2019)

Com a reutilização dos óleos de frituras em motores de combustão, espera-se que seu descarte inadequado seja reduzido. Segundo (Corrêa, Guimarães, Hespanhol, & Silva, 2018) no ano de 2012 foi estimada em 7.162 mil toneladas de óleo, sendo que desse total de volume produzido, apenas 2,5% foi reprocessado e reinserido no processo produtivo o restante costuma ter quatro destinos: esgotos, solo, corpo hídrico e aterros sanitários, trazendo prejuízos para a meio ambiente e conseqüentemente para a população. Isso demonstra como este produto é pouco reaproveitado.

Neste trabalho é apresentado a viabilidade da produção do biodiesel para utilização em geradores de energia elétrica em horário de ponta. A matéria prima para a produção do biodiesel são os óleos vegetais, seja ele extraído diretamente das plantas, como a soja e o milho, ou extraído de óleos que seriam descartados, como os utilizados em frituras.

O intuito deste trabalho não é comparar o valor final do biodiesel produzido com o valor do diesel convencional. Pretende-se apresentar as vantagens da utilização do biodiesel para a geração de energia elétrica, tanto no aspecto econômico quanto ambiental.

Para a produção do biodiesel é necessário a obtenção da matéria prima a baixo custo e em abundância. Neste trabalho é apresentado algumas medidas que podem viabilizar a coleta dessa matéria prima, reduzindo o custo final do produto sendo ecologicamente correto.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE GERADORES DE ENERGIA COM BIODIESEL

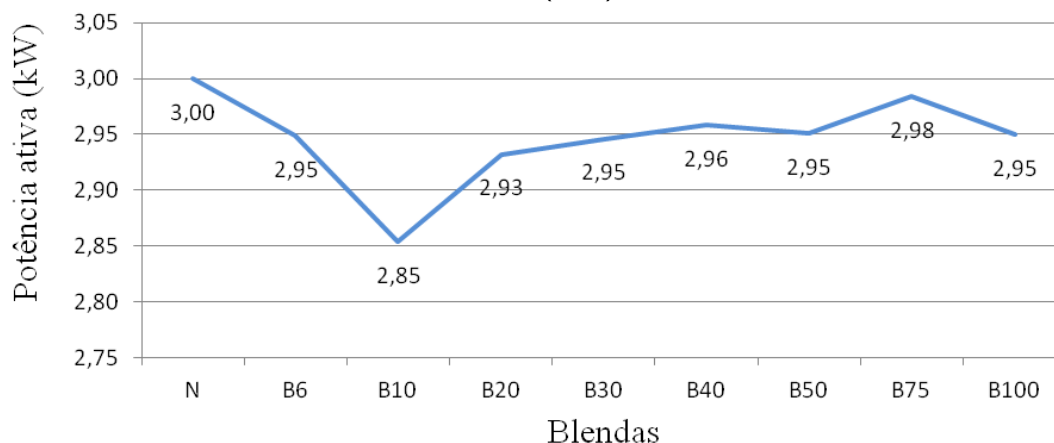
Segundo (Silva, 2014), é comparado o desempenho de um gerador diesel de 6kW com 50% de carga operando com diversas misturas de Diesel + Biodiesel conforme tabela e gráfico abaixo. As misturas de Diesel Convencional + Biodiesel são denominadas blendas de acordo com a percentagem de biodiesel em relação ao diesel. Por exemplo, uma mistura de 10% de concentração de biodiesel é denominada B10.

TABELA 1- RELAÇÃO DAS EFICIÊNCIAS DE POTÊNCIA NOMINAL EM RELAÇÃO A POTÊNCIA NOMINAL MÁXIMA

Blenda	Nominal	B6	B10	B20	B30	B40	B50	B75	B100
Potência ativa (KW)	3,00	2,95	2,85	2,93	2,95	2,96	2,95	2,98	2,95
Eficiência (%)	100,00	98,20	95,12	97,74	98,20	98,60	98,36	99,47	98,52

FONTE: (Silva, 2014).

FIGURA 3-GRÁFICO DE POTÊNCIA (KW) X BLENDAS

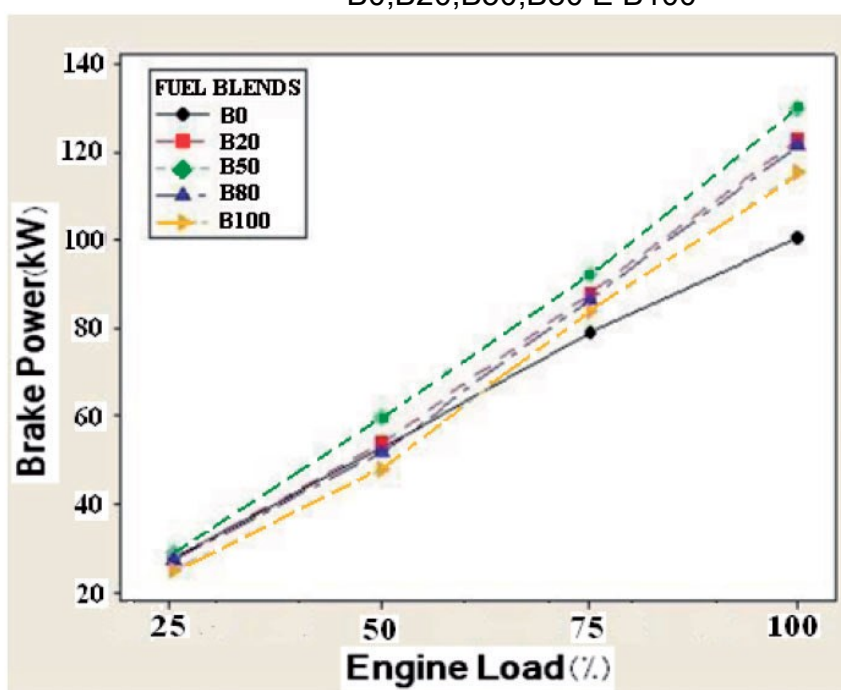


FONTE: (SILVA, 2014)

Pelo gráfico percebe-se que na Blenda B10 onde há 10% de concentração de Biodiesel é a menor eficiência de operação do gerador. Para 100% de biodiesel o motor opera com 98,52% de eficiência.

Segundo os testes realizados por (Nedayali & Shirneshan, 2016) é avaliado o desempenho de um grupo motor-gerador diesel operando com misturas de biodiesel. No texto é utilizadas blendas B0, B20, B50, B80 e B100. O motor utilizado é um da Caterpillar, modelo CAT 3412 com um gerador de 330kVA. O Gráfico abaixo mostra a curva de carregamento de carga por potência gerada para cada blenda de combustível utilizado.

FIGURA 4- CURVA DE CARGA POR ENERGIA GERADA PARA AS BLENDA B0,B20,B50,B80 E B100



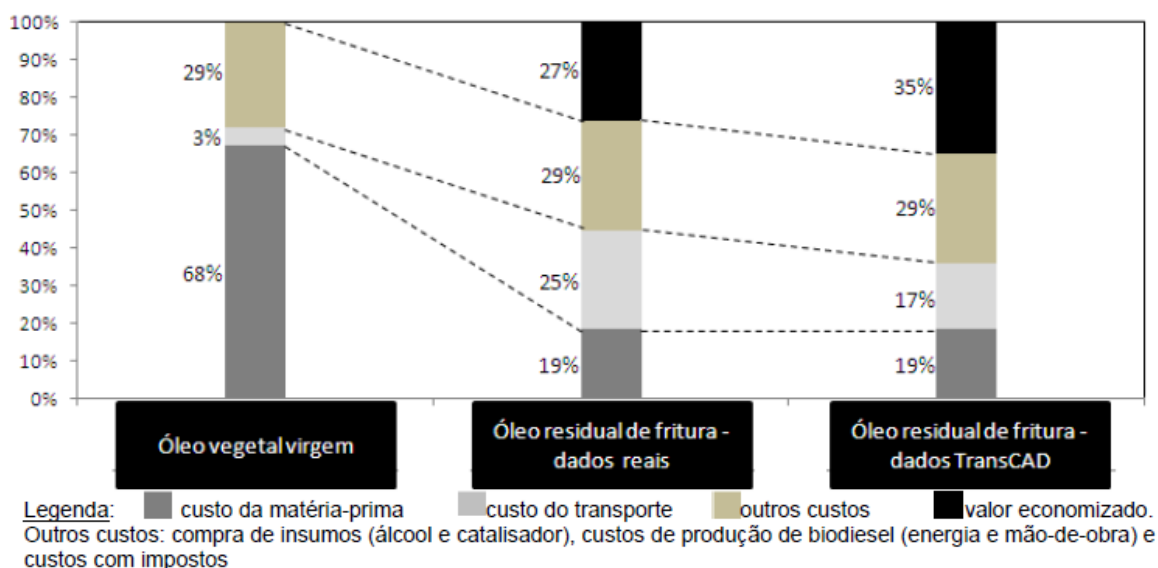
FONTE: (Nedayali & Shirneshan, 2016)

Pelo gráfico, percebe-se que o melhor desempenho do motor é com a mistura de 50% de biodiesel e diesel. Porém, para 100% de biodiesel, com a blenda B10, a potência de saída do gerador é maior do que o motor operando com apenas diesel comum.

## 2.2 COLETA DE ÓLEO PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL

Segundo (Guabiroba & Almeida, 2011), o maior custo para a produção do Biodiesel é a aquisição da matéria prima. É possível reduzir o preço da matéria prima em 27% caso seja elaborado um plano de coleta, juntamente com as cooperativas populares. Uma simulação para análise é realizada com o TransCAD e validado a simulação com dados empíricos. A seguir é demonstrado os resultados obtidos.

FIGURA 5- DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DOS CUSTOS COM A MATÉRIA PRIMA, TRANSPORTE E OUTROS



FONTE: (Guabiroba & Almeida, 2011)

O gráfico acima compara o preço de produção do biodiesel caso o a matéria prima seja através da compra do óleo vegetal virgem ou através da coleta de óleos residuais de fritura. Percebe-se que o custo da matéria prima é reduzido bruscamente, porém, o custo de transporte é aumentado. Contudo, o artigo ressalta que a coleta do óleo residual de fritura é vantajosa para a produção de biodiesel, mas para isso, é preciso avaliar as rotas e logística do material.

### 2.3 BIODIESEL PARA UTILIZAÇÃO EM HORÁRIO DE PONTA

Segundo (ALEX NOGUEIRA BRASIL, 2016) uma das aplicações do biodiesel é a geração de energia elétrica em horário de ponta pelo supermercado Verde Mar de Belo Horizonte. Neste projeto, a matéria prima para a produção do biodiesel é gerada pelo próprio supermercado, por mês são coletados 10.000L de óleo de fritura, que não possuía destinação correta. Com este óleo de fritura, foi desenvolvido uma usina de Biodiesel Modular com capacidade de 12.000L por mês para a transformação do óleo residual em biocombustível. A destinação do biodiesel produzido é a geração de energia elétrica em horário de ponta no supermercado através de um gerador convencional a diesel. No horário de 17:00 às 20:00, a energia elétrica da concessionária é desligada e toda energia consumida no supermercado é proveniente do gerador abastecido 100% com biodiesel.

O trabalho de (ALEX NOGUEIRA BRASIL, 2016) demonstra que é possível a utilização de biodiesel em motores diesel convencional para a geração de energia elétrica. Além do projeto do supermercado Verde Mar, outras empresas também adquiriram a usina de biodiesel. A FIAT localizada em Betim MG, adquiriu uma usina de biodiesel para destinação dos óleos residuais do restaurante da empresa. O material que seria descartado agora é transformado em biodiesel e utilizado nos veículos da frota interna da empresa.

### 2.4 GLICERINA, SUBPRODUTO DA PRODUÇÃO DO BIODIESEL

Um subproduto do processo de produção de biodiesel é a glicerina. A glicerina produzida pelo processo é escura e carrega algumas impurezas presente no óleo. Porém, a glicerina possui diversas aplicações. A figura abaixo ilustra onde a glicerina pode ser utilizada.

FIGURA 6- UTILIDADES DA GLICERINA



FONTE: (VASCONCELOS, 2012)

Em 2012 um projeto de supressão de poeira a base de glicerina elaborado pela UFMG foi premiado em um evento da MIT (UFMG, 2012). O produto denominado fragdust é resultante do processo de polimerização da glicerina extraída do biodiesel. Segundo os desenvolvedores do projeto, a glicerina quando dissolvida em água e borrifada em vagões de trem, forma uma película capaz de impedir que o pó de minério de ferro seja carregado pelo vento para fora do veículo. A tecnologia visa diminuir o desperdício e a poluição ambiental provocados pelo transporte ferroviário de minério de ferro

### 3 MATERIAL E MÉTODO

#### 3.1 ESTUDO DE CASO

Como estudo de caso e análises, é adotado como exemplo um supermercado de médio porte que geralmente é encontrado nos centros de cidades. Estes supermercados possuem as seguintes características elétricas:

**Transformador elétrico geral:** 112,5 KVA trifásico 220V

**Demanda Contratada:** 100 KW

**Gerador Diesel para horário de ponta:** 150KVA / 220V trif

O histórico de consumo de energia deste tipo de supermercado está mostrado na tabela abaixo.

FIGURA 7- HISTÓRICO DE CONSUMO DE ENERGIA DO SUPERMERCADO EM ESTUDO

Mês/Ano	Demanda(kW)		Energia(kWh)		
	HP	HFP	HP	HFP	HR
FEV/19	0	84	0	38.376	0
JAN/19	0	81	0	36.408	0
DEZ/18	0	79	0	34.563	0
NOV/18	0	82	0	35.752	0
OUT/18	0	84	0	34.235	0
SET/18	0	73	0	30.176	0
AGO/18	0	66	0	28.085	0
JUL/18	0	64	0	26.527	0
JUN/18	55	67	574	28.823	0
MAI/18	50	71	164	29.192	0
ABR/18	0	77	0	33.169	0
MAR/18	0	82	0	32.185	0
FEV/18	0	80	0	33.743	0

FONTE: AUTOR

No histórico de contas temos o consumo mensal no HP (horário de ponta) e HFP (horário fora de ponta). O HP, refere-se ao consumo de energia no horário de 17:00 às 20:00. O consumo em HFP refere-se ao consumo de energia diário a menos do

horário de ponta. Na tabela mostrada acima, percebe-se que o HP ao longo do ano é zerado, devido à utilização do gerador diesel. Caso o gerador não fosse utilizado o consumo de energia no HP pode ser deduzido linearizando os dados.

A média do consumo HFP é dada por:

$$HFP_{\text{médio}} = \frac{\sum(\text{consumo HFP})}{\text{Meses}}$$

$$HFP_{\text{médio}} = 32.402 \text{ kWh/mês}$$

O consumo HFP corresponde a 21 horas do dia por tanto temos que

$$HFP_{\text{médio}} = 32.402 \frac{\text{kWh}}{21\text{h. mês}} = 1.542,95 \frac{\text{kW}}{\text{mês}}$$

Para 3 horas de consumo, a energia consumida é dada por:

$$HP_{\text{médio}} = 1.542,95 \times 3\text{h} \frac{\text{kW}}{\text{mês}}$$

$$HP_{\text{médio}} = 4.628,85 \frac{\text{kWh}}{\text{mês}}$$

Na data da fatura, o valor do kWh no horário de ponta é de R\$2,06/kWh e no horário fora de ponta R\$0,48/kWh. Portanto o valor da fatura de energia caso não seja utilizado o gerador diesel no horário de ponta, seria acrescido de:

$$\text{Consumo HP} = 4.628,85\text{kWh} \times \frac{\text{R\$2,06}}{\text{kWh}}$$

$$\text{Consumo HP} = \mathbf{R\$9.535,43}$$

Segundo levantamento de campo e dados técnicos do Gerador Diesel STEMAC utilizado no supermercado em análise, para operação deste gerador em horário de ponta o consumo é de aproximadamente 16L/hora. Ou seja, durante as 3 horas do horário de ponta o consumo de diesel diário é de 48L. Nos finais de semana e feriados, o horário de ponta não é contabilizado, portanto, no mês, o gerador é acionado nos

dias úteis sem contar sábado e domingo, totalizando 22 dias e aproximadamente 1.000L de diesel mensal.

Atualmente, o valor do litro de diesel nos postos de Belo Horizonte e região metropolitana está em torno de R\$3,54 (Superintendência de Defesa da Concorrência, 2019). Utilizando este valor como base, temos que o custo mensal de operação, sem contabilizar as manutenções de um gerador diesel para horário de ponta é de **R\$3.738,24**. Segue abaixo resumo dos dados.

**Valor do Diesel:** R\$3,54

**Valor de operação Diário:** R\$170,88

**Valor de Operação Mensal:** R\$ 3.738,24

Com os dados apresentados é possível perceber que a utilização de gerador diesel em horário de ponta é economicamente viável. A Economia mensal calculada para o caso em análise é de **R\$5.989,56**. Neste trabalho pretende-se avaliar a possibilidade técnica e financeira de se utilizar combustível renovável para a geração de energia elétrica em horário de ponta.

TABELA 2- DADOS DO MOTOR

Standby		Prime		Motor		Grupo Gerador				
kVA	kWe	kVA	kWe	Modelo	Nº CIL.	Dimensões (mm)			Massa (Kg)	Consumo comb. (l/h) (100% carga)
						C	L	A		
150	120	141	113	6.10T	6	2380	1135	1725	1502	31,3

\* Consumo a 100% de carga – Prime.

FONTE: site STEMAC

### 3.2 ANÁLISE FINANCEIRA

Para a análise financeira do projeto, são avaliados o Payback e o VPL. O Payback é o tempo necessário para que o fluxo de caixa previsto seja positivo. Já o Valor Presente Líquido (VPL), é um indicador para analisar a viabilidade do projeto (BREALEY, 2011).

Para se calcular o VPL, inicialmente precisamos calcular o Valor Presente (VP). A expressão para se determinar o VP é dada por:

$$VP = \frac{VF}{(1+i)^n}$$

Onde:

VF- Valor Futuro que será recebido

i – Taxa de desconto

n- ano em que o Valor Futuro será recebido

Após calculado o VP do fluxo de caixa, o Valor Presente Líquido é a soma dos Valores Presentes de todos os fluxos de caixas do projeto.

$$VPL = -I + \sum_0^n \left( \frac{VF}{(1+i)^n} \right)$$

Após os cálculos, o projeto é considerado viável se o VPL > 0, caso contrário o projeto é considerado inviável para o investimento.

Para determinar o Payback, calcula-se o Valor Presente acumulado de cada ano. No ano em que o Valor Presente acumulado se torna positivo é o tempo de retorno do projeto.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 UTILIZAÇÃO DE BIODIESEL PARA GERAÇÃO DE ENERGIA EM HP

O biodiesel é uma alternativa de combustível para geração de energia em horário de ponta eficiente e ecologicamente correta. O dióxido de carbono gerado na combustão deste combustível já foi absorvido por uma planta e processado através da fotossíntese.

A matéria prima base para a produção de biodiesel são os óleos vegetais, seja ele extraído de plantas como soja, milho, girassol ou óleos já utilizados em frituras e que deveriam ser descartados corretamente.

Atualmente no mercado, é possível encontrar usinas para produção de 1.000 L/mês, 10.000 L/mês, 30.000 L/mês e até 90.000 L/mês de biodiesel. A figura abaixo ilustra a usina de Biodiesel da Bchem.

FIGURA 8- USINA DE BIODIESEL DA BCHEM



FONTE: (bchem, 2019)

#### 4.2 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA PARA UTILIZAÇÃO DE BIODIESEL EM HP.

O fator essencial e predominante para a produção do biodiesel com baixo custo é a obtenção da matéria prima com abundância e com um custo acessível. Atualmente é possível encontrar empresas na região metropolitana de Belo Horizonte que trabalham na coleta e venda de óleos vegetais como a Recóleo, MG óleo, Rei do óleo. Estas empresas coletam o óleo, filtra, limpa e desumidifica. Este óleo pré-processado é vendido para produção de sabão, ração animal, entre outros produtos.

Em contato com estas empresas, o volume para fornecimento de 1.000 L/mês é considerado baixo comparado com os volumes que eles trabalham. O valor por litro nestas condições seria de R\$2,50/L (preço atualizado em outubro de 2019).

Considerando o valor da matéria prima conforme cotação, foi realizado uma análise de levantamento de custos para a produção de 1000L de biodiesel por mês. Nesta análise consideramos os custos de transporte da matéria prima, mão de obra, e outros insumos como energia, catalisador e etanol. Os valores estão descritos na tabela abaixo.

TABELA 3- CUSTOS DE PRODUÇÃO DE BIODIESEL COM A COMPRA DO ÓLEO

<b>Custos Produção de Biodiesel</b>				
	Quantidade	Unidade	Valor unitário	Total
Valor pago pelo litro de óleo	1000	L	R\$ 2,50	R\$ 2.500,00
Transporte até Usina	150	km	R\$ 1,00	R\$ 150,00
Etanol	100	L	R\$ 2,50	R\$ 250,00
Catalisador, agua, energia	1		R\$ 180,00	R\$ 180,00
Mão de Obra	1		R\$ 900,00	R\$ 900,00

Nessas condições, o valor do litro de Biodiesel após todo o processo de fabricação é dado por:

$$\text{Valor litro de Biodiesel} = \frac{2500 + 150 + 250 + 180 + 900}{1000} = \frac{R\$3,98}{L}$$

Desta forma, ao se utilizar o biodiesel nos geradores para a produção de energia elétrica, o valor economizado com energia elétrica por mês é de R\$5.549,56.

#### 4.3 ALTERNATIVA PARA REDUÇÃO DO CUSTO DO BIODIESEL

Dos valores apresentados anteriormente para produção do Biodiesel, é possível reduzi-los implementando campanhas de conscientização, criando pontos de coletas de óleos já utilizados ou até mesmo remunerando o litro de óleo fornecido assim como as reciclagens de papelão, latas e plásticos trabalham.

Tendo como referência as empresas de reciclagem, é possível criar pontos de coletas onde os consumidores forneceriam seus óleos usados em prol da consciência ambiental ou em troca de, no máximo, R\$0,80/L (preço estimado com base nos valores de mercado consultado na região). Neste caso, para se utilizar o óleo é necessário acrescentar o custo para o pré-processamento do óleo obtido. Neste pré-processamento, seria removido os corpos sólidos do óleo e retirado o máximo de água da mistura. Para este pré-processamento, o valor estimado seria de R\$1,00/L conforme tabela abaixo.

TABELA 4- CUSTO DE PRODUÇÃO DO BIODIESEL COM A COLETA DO ÓLEO USADO

<b>Custos Produção de Biodiesel</b>				
	Quantidade	Unidade	Valor unitário	Total
Valor pago pelo litro de óleo	1000	L	R\$ 0,80	R\$ 800,00
Transporte até Usina	150	km	R\$ 1,00	R\$ 150,00
Pré-Processamento do óleo	1000	L	R\$ 1,00	R\$ 1.000,00
Etanol	100	L	R\$ 2,50	R\$ 250,00
Catalisador, agua, energia	1		R\$ 180,00	R\$ 180,00
Mão de Obra	1		R\$ 900,00	R\$ 900,00

$$\text{Valor litro de Biodiesel} = \frac{800 + 150 + 1000 + 250 + 180 + 900}{1000} = \frac{R\$3,28}{L}$$

Com este modelo de aquisição da matéria prima, o custo para produção do Biodiesel seria de R\$3,28/L e o valor economizado com energia elétrica é de R\$6.249,56.

Percebe-se que com esta estratégia da coleta remunerada ao invés da compra do óleo vegetal, a redução no valor por litro é significativa cerca de 20% comparado com a compra da matéria prima.

#### 4.4 PRODUÇÃO DE GLICERINA

Um subproduto gerado na produção de biodiesel que pode ser comercializado é a glicerina. A proporção de glicerina gerado no processo de 1.000 L de Biodiesel é equivalente à quantidade de álcool inserido no processo de transesterificação. Geralmente, a proporção de álcool inserido é de 10% do valor de óleo utilizado. Ou seja, para 1.000L de óleo, será necessário 100L de álcool. Ao final do processo, será produzido 1.000L de Biodiesel e 100L de glicerina.

O preço do litro da glicerina "loira" gira em torno de R\$0,60 a R\$0,70/L segundo dados de 2007 (Bouças, 2007). Ou seja, a cada 1.000L de biodiesel produzido tem-se 100L de glicerina, e uma receita de aproximadamente R\$70,00. Entrando com este valor como receita na análise do custo de produção tem-se os seguintes resultados, mostrados na tabela abaixo.

TABELA 5- CUSTOS DE PRODUÇÃO DE BIODIESEL COM A COMPRA DO ÓLEIO E VENDA DA GLICERINA LOIRA

<b>Custos Produção de Biodiesel</b>				
	Quantidade	Unidade	Valor unitário	Total
Valor pago pelo litro de óleo	1000	L	R\$ 2,50	R\$ 2.500,00
Transporte até Usina	150	km	R\$ 1,00	R\$ 150,00
Etanol	100	L	R\$ 2,50	R\$ 250,00
Catalisador, agua, energia	1		R\$ 180,00	R\$ 180,00
Mão de Obra	1		R\$ 900,00	R\$ 900,00
Produção de glicerina 'loira'	100	L	R\$ 0,70	-R\$ 70,00

O valor inserido na venda está em vermelho e negativo, pois representa uma receita e não uma despesa. O levantamento do custo por litro de biodiesel considerando esta parcela é dado por:

$$\text{Valor litro de Biodiesel} = \frac{2500 + 150 + 250 + 180 + 900 - 70}{1000} = \frac{R\$3,91}{L}$$

Ainda se tratando de glicerina, é possível realizar a bi destilação da glicerina loira com o intuito de agregar valor ao produto, fazendo com que a mistura tenha 99,5% de glicerol e propiciar a comercialização (Arantes, 2015). Essa glicerina bi destilada pode ser comercializada por R\$7,00 até R\$12,00 dependendo da aplicação e grau de pureza do produto. É possível escalonar a destilação para aplicação Industrial, Farmacêutico, Animal, etc. Os valores dos custos de equipamentos para a bi destilação não foram levantados e analisados a viabilidade, apenas o impacto na produção do Biodiesel. Considerando o valor de R\$7,00 por litro, tem-se os seguintes dados na variação do litro do Biodiesel:

TABELA 6- CUSTOS DE PRODUÇÃO DE BIODIESEL COM A COMPRA DO ÓLEO E VENDA DE GLICERINA BIDEDESTILADA

<b>Custos Produção de Biodiesel</b>				
	Quantidade	Unidade	Valor unitário	Total
Valor pago pelo litro de óleo	1000	L	R\$ 2,50	R\$ 2.500,00
Transporte até Usina	150	km	R\$ 1,00	R\$ 150,00
Etanol	100	L	R\$ 2,50	R\$ 250,00
Catalisador, agua, energia	1		R\$ 180,00	R\$ 180,00
Mão de Obra	1		R\$ 900,00	R\$ 900,00
Produção de glicerina 'loira'	100	L	R\$ 7,00	-R\$ 700,00

$$\text{Valor litro de Biodiesel} = \frac{2500 + 150 + 250 + 180 + 900 - 700}{1000} = \frac{R\$3,28}{L}$$

#### 4.5 PAY BACK ESTIMADO PARA A PRODUÇÃO DE BIODIESEL

Para o início da produção de biodiesel, é necessário o investimento na Usina de biodiesel, que gira em torno de R\$100.000,00. Este valor foi levantando segundo consultas de mercado e informações coletadas com o representante da Bchem. Para a análise financeira, foi considerado os custos para a produção de biodiesel com a compra do óleo de empresas fornecedoras.

A taxa de desconto utilizada foi tomada de acordo com consulta da taxa de juros da SELIC segundo o Banco Central do Brasil no mês de outubro de 2019 (Banco Central do Brasil, 2019). Tomando como investimento inicial de R\$100.000,00 temos os dados iniciais para o cálculo do Valor Presente.

O fluxo de caixa é considerado fixo, pois o volume de produção de biodiesel não será alterado, pretende-se produzir 1.000 L/mês. Dessa forma, temos os seguintes resultados:

<b>Investimento Inicial</b>	R\$ 100.000,00
<b>Taxa de Desconto</b>	5,50%

<b>Período (ano)</b>	<b>Fluxo de Caixa</b>	<b>Valor Presente</b>	<b>VP Acumulado</b>
0	-R\$ 100.000,00	-R\$ 100.000,00	-R\$ 100.000,00
1	R\$ 66.594,72	R\$ 63.122,96	-R\$ 36.877,04
2	R\$ 66.594,72	R\$ 59.832,19	R\$ 22.955,14
3	R\$ 66.594,72	R\$ 56.712,97	R\$ 79.668,12
4	R\$ 66.594,72	R\$ 53.756,37	R\$ 133.424,49
5	R\$ 66.594,72	R\$ 50.953,91	R\$ 184.378,40
VPL			R\$ 184.378,40
Pay Back			1,62 meses

Segundo as análises realizadas, o tempo necessário para que o fluxo de caixa de se torne positivo é de 1 ano e 8 meses, com um VPL positivo de R\$184.378,40.

#### 4.6 ANÁLISE COMPARATIVA

O uso do biodiesel foi mais vantajoso em duas situações propostas neste estudo, sendo o valor por litro de produto obtido de R\$3,28 (biodiesel com coleta de óleo remunerado e biodiesel com venda da glicerina) comparado ao R\$3,54 (diesel comum)

TABELA 7- COMPARATIVO DOS VALORES DE PRODUÇÃO DE BIODIESEL

	Valor por litro de produto	Valor economizado com a produção de energia
<b>Valor Comercial do Diesel S500 comum</b>	R\$ 3,56	R\$ 5.969,56
<b>Valor do Biodiesel com a compra do óleo</b>	R\$ 3,98	R\$ 5.549,56
<b>Valor do Biodiesel com a Coleta e remuneração do óleo</b>	R\$ 3,28	R\$ 6.249,56
<b>Valor do Biodiesel com a venda da glicerina 85%</b>	R\$ 3,91	R\$ 5.619,56
<b>Valor do Biodiesel com a venda da glicerina Bi-destilada</b>	R\$ 3,28	R\$ 6.249,56

Segundo as análises realizadas, o Biodiesel não é recomendado quando a obtenção da matéria prima é através da compra de produtos de empresas que processam o óleo vegetal usado. Nesta situação o a economia mensal em energia elétrica é de R\$5.549,56. O valor economizado é 7% menor comparado com o Diesel comum.

Para o melhor caso, onde o óleo usado é coletado em pontos estratégicos, seja por meio de doações ou por custo abaixo do mercado, o valor economizado em energia elétrica é de R\$6.065,88. O resultado financeiro é 4% maior do que com diesel comum. Esse valor também é alcançado caso seja realizado a venda da glicerina bi destilada.

## 5 CONCLUSÕES

De acordo com os estudos realizados neste trabalho a maior dificuldade para a produção do Biodiesel é a obtenção da matéria prima com preço acessível e competitivo. Com as alternativas apresentadas neste trabalho, é possível obter o volume necessário de combustível renovável para atender à produção desejada, aliando custo-benefício à sustentabilidade.

A utilização do biodiesel para geração de energia elétrica em horário de ponta tem retorno financeiro positivo e atraente. O valor economizado em energia elétrica está atrelado ao preço obtido na matéria prima. Com a implantação de pontos de coleta de óleo, é possível aumentar a receita mensal de 4,3% comparado com a utilização atual de diesel convencional.

Além do retorno financeiro com a implementação da utilização de biodiesel ao invés do diesel convencional S500 para geração de energia, o impacto ambiental e social é considerável. Socialmente, é possível gerar emprego incentivando o comércio de óleos reutilizáveis. Assim como hoje existem empresas de reciclagem de papelão, plástico e metais, os óleos de fritura podem ser reutilizados. O impacto ambiental é favorável para o meio ambiente, reduz a taxa de emissão de CO<sub>2</sub> na atmosfera e traz uma destinação correta para os óleos de fritura.

Segundo a análise financeira, o projeto é viável, com VPL positivo de R\$184.378,40 em 5 anos. Além disso, o tempo de retorno do investimento é de 1,62 meses.

## REFERÊNCIAS

- (outubro de 2019). Fonte: Banco Central do Brasil: <https://www.bcb.gov.br/estatisticas>
- ALEX NOGUEIRA BRASIL, G. D. (setembro de 2016). BCHEM -NOVAS TECNOLOGIAS PARA A PRODUÇÃO MAIS EFICIENTE DE BIODIESEL. *Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia CONTECC'2016*. Foz do Iguaçu, Parana.
- Arantes, H. (2015). Oferta de glicerina e produção de Biodiesel. *Centro de Referência de Cadeia de Produção de Biocombustível para a Agricultura Familiar*.
- Astefanello, L. (30 de janeiro de 2019). *beenergy*. Fonte: <https://beenergy.com.br/consumo-ponta-e-fora-ponta-o-que-e/>
- biodieselbr. (2019). O Que é Biodiesel? [www.biodieselbr.com](http://www.biodieselbr.com).
- Bouças, C. (2007). Glicerina de biodiesel inunda mercado no país e derruba preços. *Valor Econômico*.
- BREALEY, A. M. (2011). *Principles of Corporate Finance*. New York.
- carboroil. (fevereiro de 2019). Diesel S10, S500 e Biodiesel: afinal, quais as diferenças? <https://www.carboroil.com.br/diesel/>.
- Castellanell, C. A., Mayer, F. D., Castellanelli, M., & Hoffmann, R. (agosto de 2007). ESTUDO DO BIODIESEL COMO FONTE DE ENERGIA EM GERADORES DIESEL NO HORARIO DE PONTA. *Simposio de Excelência em Gestão e Tecnologia - UFSM*.
- Corrêa, L. P., Guimarães, V. N., Hespanhol, L. I., & Silva, J. V. (Agosto de 2018). Impacto ambiental causado pelo descarte de óleo: estudo do destino que é dado para o óleo de cozinha usado pelos moradores de um condomínio residencial em Campos dos Goytacazes – RJ. *Revista Brasileira de Planejamento e Desenvolvimento*.
- Educacional, I. P. (2019). Biodiesel - Ciclo de Funcionamento. <http://www.ciencias.seed.pr.gov.br/modules/galeria/detalhe.php?foto=1653&evento=4>.
- Guabiroba, R. C., & Almeida, M. d. (2011). O impacto do custo de coleta do óleo residual de fritura disperso em áreas urbanas no custo total de produção de biodiesel – estudo de caso. *TRANSPORTES v.19, n.1, 2011. ISSN:2237-1346 (online)*.

- Nedayali, A., & Shirneshan, A. (2016). Experimental Study of the Effects of Biodiesel on the Performance of a Diesel Power Generator. *Energy & Environment* 27. Iran.
- royalfic. (fevereiro de 2019). Conhece as principais diferenças entre diesel e biodiesel? [www.royalfic.com.br](http://www.royalfic.com.br).
- Silva, T. A. (2014). ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE GERADORES DE ENERGIA COM BIODIESEL OBTIDO DE ÓLEOS DE FRITURA USADOS. Campinas. Superintendência de Defesa da Concorrência, E. e. (Março de 2019). Síntese do comportamento dos preços dos combustíveis. *ANP ( Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis*.
- UFMG, A. d. (abril de 2012). Equipe da UFMG é premiada em evento do MIT. *Agência de notícias UFMG*.
- VASCONCELOS, Y. (JULHO de 2012). Glicerina, resíduo bem-vindo do biodiesel e as pesquisas em destaque. *Revista Fapesp*.