

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ
Rafael de Mello Fernandes da Silva

**Estudo Da Viabilidade Econômica Do Etanol Versus
Gasolina Em Automóveis Flex.**

Taubaté - SP
2018

Rafael de Mello Fernandes da Silva

**Estudo Da Viabilidade Econômica Do Etanol Versus
Gasolina Em Automóveis Flex.**

Trabalho de Graduação apresentado para
obtenção do Certificado de Graduação do
curso de Engenharia Mecânica do
Departamento de Engenharia Mecânica
da Universidade de Taubaté.

Orientador(a): Prof. Me. Ivair Alves Dos
Santos

**Taubaté – SP
2018**

SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas / UNITAU

S586e Silva, Rafael de Mello Fernandes da
Estudo da viabilidade econômica do etanol versus gasolina
em automóveis flex / Rafael de Mello Fernandes da Silva. --
2018.
39 f. : il.

Monografia (graduação) – Universidade de Taubaté,
Departamento de Engenharia Mecânica e Elétrica, 2018.
Orientação: Prof. Me. Ivair Alves dos Santos, Departamento
de Engenharia Mecânica.

1. Etanol. 2. Gasolina. 3. Viabilidade. I. Título. II.
Graduação em Engenharia Mecânica.

CDD – 662.6692

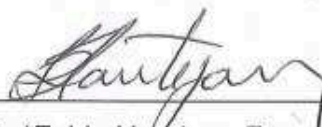
Ficha catalográfica elaborada por Shirlei Righeti – CRB-8/6995

Rafael De Mello Fernandes Da Silva

**Estudo Da Viabilidade Econômica Do Etanol Versus
Gasolina Em Automóveis Flex.**

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO APROVADO COMO PARTE
DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE GRADUADO EM
ENGENHARIA MECANICA.

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO COORDENADOR DE CURSO DE
GRADUAÇÃO DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA



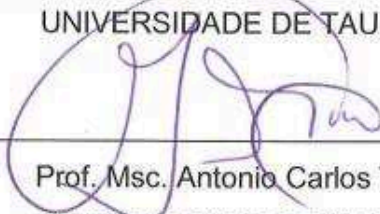
Prof. (Dr. ou Me.) Fabio Henrique Fonseca Santejani

Coordenador de Trabalho de Graduação

BANCA EXAMINADORA:



Prof. Msc. Ivair Alves Dos Santos
UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ



Prof. Msc. Antonio Carlos Tonini
UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

(06/12 de 2018)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos familiares, e todos os professores que nos encorajaram ao longo de todos esses anos de graduação.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço pela minha vida, minha inteligência, minha família e meus amigos.

À Universidade de Taubaté – UNITAU, que ofereceu um excelente ambiente educacional com profissionais qualificados

Ao meu orientador, *Prof. (Dr.Msc) Ivair Alves dos Santos* por todo o incentivo e motivação na orientação deste trabalho.

Aos meus pais *Isidoro e Rosi*, e a Lidiane minha noiva que apesar das dificuldades enfrentadas, sempre incentivaram meus estudos.

Aos Professores Msc. Antonio Carlos Tonini, Msc. Ivair Alves dos Santos e Msc Fábio Henrique Fonseca Santejani por aceitarem compor a banca examinadora.

Às funcionárias da Secretaria pela dedicação, presteza e principalmente pela vontade de ajudar.

RESUMO

O presente trabalho de graduação foi desenvolvido com base em pesquisa exploratória sobre a viabilidade econômica do etanol e da gasolina nos motores flexvisando dar ênfase à análise e estudo de caso sobre o quanto o desempenho de cada combustível oferece ao consumidor no aspecto econômico. Introduzindo a história de origem dos motores a etanol e os motores flex, demonstrando as características, funcionamento, eficiência e autonomia tanto da gasolina quanto do etanol e comparado entre si. Neste estudo foi abordado um detalhamento do desempenho de cada combustível, explicação do funcionamento e a análise econômica. No resultado e discussões há uma demonstração com cálculos, exemplificando a vantagem econômica em utilizar etanol. Concluindo-se que quando o etanol ultrapassa o ponto de equilíbrio há uma desvantagem em utilizá-lo.

Palavras-chave: Etanol. Gasolina. Viabilidade.

ABSTRACT

The present study was developed based on an exploratory research on the economic viability of ethanol and gasoline in flex engines, aiming to emphasize the analysis and case study on how much the performance of each fuel offers the consumer in the economic aspect. Introducing the history of origin of ethanol engines and flex engines, demonstrating the characteristics, operation, efficiency and autonomy of both gasoline and ethanol and compared to each other. In this study, a detailed analysis of the performance of each fuel, explanation of the operation and the economic analysis was approached. In the result and discussions there is a demonstration with calculations, exemplifying the economic advantage in using ethanol. It is concluded that when ethanol crosses the equilibrium point there is a disadvantage in using it.

KEYWORDS: Ethanol. Gasoline. Flex

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Gráfico de ganho econômico	34
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Vantagens e desvantagens entre etanol e gasolina.....	32
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AEHC	Álcool Etílico Hidratado Combustível
AEAC	Álcool Etílico Anidro Combustível
ANFAVEA	Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores
EAC	Etanol Anidro Combustível
FFV	Veículos de Combustível Flexível
GL	Gay Lussac
INPM	Instituto Nacional de Pesos e Medidas
OPEP	Organização dos Países Exportadores de Petróleo
PROALCOOL	Programa Nacional do Álcool
UCE	Unidade de Comando Elétrico
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
Aut.	Autonomia

LISTA DE SÍMBOLOS

C	Comum
CaO	Cal
CO	Monóxido de Carbono
CO ₂	Dióxido de Carbono
Km	Quilometro
Km/L	Quilometro por Litro
%	Porcentagem
-	Subtração
/	Divisão
R\$	Reais
*	Multiplicação
=	Igual

Sumário

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 OBJETIVOS.....	16
1.1.1 OBJETIVO GERAL	16
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
1.2 DELIMITAÇÕES DO ESTUDO	17
1.3 RELEVÂNCIA DO ESTUDO	17
1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	17
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1 HISTÓRIA DO PROÁLCOOL	18
2.1.2 HISTÓRICO DOS AUTOMÓVEIS FLEX.....	20
2.2 GASOLINA	23
2.2.1 HISTÓRICO DA GASOLINA.....	23
2.2.2 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA GASOLINA	24
2.2.3 OCTANAGEM	24
2.2.4 TIPOS DE GASOLINA	25
2.3 ETANOL	26
2.3.1 ÁLCOOL COMBUSTÍVEL – ETANOL.....	26
3 METODOLOGIA.....	29
3.1 CLASSIFICAÇÕES DOS MÉTODOS DE PESQUISA.....	29
3.1.1 DE ACORDO COM A ABORDAGEM.....	29
3.1.2 DE ACORDO COM O OBJETIVO	29
3.1.3 DE ACORDO COM OS PROCEDIMENTOS TÉCNICOS	30
4 ESTUDO DE CASO: VIABILIDADE ECONÔMICA ENTRE ETANOL E GASOLINA EM AUTOMÓVEIS FLEX	31
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	33
6 CONCLUSÃO.....	36
REFERÊNCIAS.....	37

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a partir de 1975, o uso do etanol como combustível veicular ganhou grande impulso com o estabelecimento do Pró-álcool (Programa Nacional do Alcool). De início o programa incentivava a produção de etanol anidro (AEAC) para misturar-se a gasolina, num teor de 20 a 25 %, visando a substituição do chumbo-tetraetila, altamente poluente, como aditivo à gasolina e em 1977, passou-se a incentivar a utilização pura do etanol hidratado (AEAC) como combustível veicular.

Após algumas estratégias para disseminar o programa, foi só a partir de 1979, com o aumento do barril do petróleo, foi assinada um acordo entre a Anfavea (Associação nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores) e a coordenação do Pró-álcool que se iniciou a produção de veículos originais movidos a etanol, deslançando o programa efetivamente.

Na época o vetor principal para o desenvolvimento da tecnologia de motores a álcool era o aumento de eficiência energética, coerente com os aspectos econômico e estratégico que pautaram a criação do Pró-álcool. Aspectos ambientais não eram prioritárias, embora o etanol possuir características como combustível renovável já fosse reconhecida e apontada como qualidade importante.

No início dos anos 80, passou-se a serem valorizadas características ambientais e sociais do etanol. Perante a engenharia automotiva o desenvolvimento tecnológico passou a ser determinado pela satisfação dos consumidores e requisitos ambientais de controle de emissão de poluentes, e em segundo plano a eficiência energética no aproveitamento do combustível.

O etanol possui um teor de oxigênio elevado (35% em massa), que implica inicialmente na possibilidade de apresentar uma combustão mais limpa nos motores e um poder calorífico da ordem de 65% dos derivados de petróleo e uma importante característica está associada a uma cadeia molecular curta, possuindo uma considerável volatilidade e elevada resistência a auto inflamarão. Com esses aspectos tornam o etanol adequado a motores de ignição por centelha (motores Otto).

Combustíveis mais resistentes à auto inflamação possibilitam aumentar a taxa de compressão do motor e, portanto, seu rendimento energético. “Octanagem” é a medida da resistência a auto inflamação dos combustíveis para motores Otto, verificada em um motor especial, em condições padronizadas, sendo os valores para etanol significativamente superior aos para gasolina.

Na década de 90 houve uma queda dos preços internacionais do petróleo, o etanol começou a perder competitividade frente à gasolina, não obstante os bons resultados no aumento da produtividade pela indústria sucroenergética. O governo reduziu os incentivos e não houve como remunerar o alto nível de oferta necessária para o atendimento da frota, resultando na crise de desabastecimento de etanol em 1989/1990. Assim, a gasolina rapidamente recuperou espaço.

O preço do etanol tinha retomado a competitividade com a gasolina no mercado brasileiro a partir de 1999, havia oferta de modelos de veículos a etanol e estavam sendo desenvolvidos novos motores dedicados ao etanol. Mas, apesar disso, as vendas não respondiam por falta de confiança dos consumidores. Nesse contexto, em março de 2003, foi lançado o primeiro veículo flexível brasileiro, capaz de consumir etanol hidratado, gasolina C ou qualquer mistura entre os dois combustíveis, de modo a dar, ao usuário final, o direito de escolha do combustível a cada abastecimento, considerando sua disponibilidade e custo.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho é avaliação da viabilidade econômica do etanol comparando com a gasolina quando se utilizada em automóveis com motores flex. O trabalho dissertara sobre todas as características que o etanol apresenta em sua utilização sendo assim mostradas as vantagens e desvantagens.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos irão apresentar os principais resultados da avaliação da viabilidade econômica do etanol comparando com a gasolina do tipo C (gasolina comum com 27% de etanol anidro). Apresentando assim as vantagens e desvantagens e o quanto é viável para o consumidor.

1.2 DELIMITAÇÕES DO ESTUDO

Este estudo de caso foi desenvolvido através de uma extensa pesquisa e coleta de dados referente ao tema proposto, apresentando características econômicas e de desempenho do etanol quando comparado com a gasolina na utilização em motores flex.

1.3 RELEVÂNCIA DO ESTUDO

Com a introdução dos motores flex no início de 2003, revolucionando e dominando o mercado automobilístico nacional, levando todas as marcas que disputam o mercado brasileiro a introduzir essa tecnologia trouxe ao consumidor a opção de escolha entre etanol ou gasolina no momento do abastecimento do combustível e não no momento em que teria que escolher na compra do veículo entre um que funciona somente a um tipo de combustível.

Diante dessa tecnologia, cada tipo de combustível apresenta diferentes situações de consumo, desempenho, resultando em vantagens e desvantagens quando comparadas entre si e a delimitação deste trabalho é apresentar um estudo da viabilidade econômica do etanol diante de todas essas características quando comparado com a gasolina, sendo de grande utilidade a disponibilidade deste trabalho para conhecimento público.

1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O trabalho se inicia com a introdução, seguido dos objetivos geral e específicos, delimitação e relevância do estudo, finalizando essa parte com a organização do trabalho. Adiante temos a revisão bibliográfica que aborda fatos sobre a história do etanol no Brasil até a origem dos motores flex e dados característicos sobre o etanol e a gasolina. Os tópicos seguintes são metodologia, um estudo de caso da viabilidade econômica do etanol, resultados e discussões, considerações finais, conclusão e referências utilizadas neste trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 HISTÓRIA DO PROÁLCOOL

A utilização do etanol em forma combustível para veículos no território brasileiro aumentou durante o período dos anos 70, no ano 1975 decorrente do Programa Nacional do Álcool – Proálcool. Durante as primeiras épocas, esse programa teve como incentivo à produção do etanol onde não se possuía muita água, denominado como anidro (AEAC), feito para que pudesse haver uma mistura a gasolina para que se pudesse obter 20% do seu teor. Foi então, que dois anos depois, em 1977, passou a usar o etanol que além de puro era hidratado (AEHC) como combustível para veículos (MELO, 2010; AMORIM, 2005).

Por conta da resistência no início pelas empresas que montavam veículos em se produzir automóveis dedicados que usavam esse combustível, houve-se uma ideia estratégica por nada dos coordenadores por parte desse programa, para dispersar a proposta tecnológica, no qual promoveu-se uma convenção de motores que o original funcionava a partir do uso de gasolina onde pudesse funcionar com esse AEHC (MELO, 2010; AMORIM, 2005).

Durante o período de conversão de motores, junto com frotas de demonstração estabelecida, ajudou no aumentado interesse dos consumidores quanto ao uso desse etanol hidratado sendo principal fonte de combustível veicular, porém, em 1979, à partir de um acordo assinado entre as coordenações dessas duas empresas, Proálcool e a Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores – ANFAVEA, que se deu início de fato ao processo produtivo de alguns veículos originais que podiam mover utilizando o etanol, dessa forma, o programa começou a ir para frente (MELO, 2010; AMORIM, 2005).

Segundo Marson (2003), a eficiência energética foi aumentando, com isso, tornou-se o vetor principal da era onde se desenvolveu a tecnologia dos motores movidos à álcool, sendo na época um fator chave em que se tinha os pontos formando estrategicamente economicamente traçaram a criação desse então Proálcool.

Algumas considerações de caráter ambiental não tinham prioridades, embora as características desse etanol em sua forma de combustível renovável tivessem sido reconhecidas e apontadas como qualidade fundamental. No ano seguinte, mesmo tendo os aspectos mencionados, passou então a se valorizar as características sociais e ambientais desse etanol. Se considerar o ponto de vista na área de engenharia automotiva, essa desenvoltura da tecnologia passou então a ser um fator determinante, principalmente por conta dos fatores ambientais requisitados de controle de poluentes e do consumir ter ficado satisfeito, não afastando um plano dessa eficiência energética de aproveitar o combustível (MARSON, 2003).

Para Amorim (2005), o Proálcool teve uma crise, em que se desencadeou em 1987, na qual o estado fez uma aplicação de somente 3% do investimento total do Programa, deu-se então a igualdade no valor de 64% entre os dois combustíveis, fator que reduziu expansivamente a renovação dos canaviais. O que também deu influência na redução desse programa devido à baixa no valor do petróleo juntamente com o aumento significativo no preço da cana de açúcar internacionalmente. Por isso, alguns donos de usinas que produzem álcool passaram então a efetuar a venda da matéria prima para que fosse produzido o açúcar no lugar do álcool, porque é aonde tinha intencionada à exportação.

No final de 80, ocorreu o desabastecimento em partes do mercado por causa uma oferta que não era suficiente o etanol, junto com redução dos valores de petróleo e a surgimento nacional dos mercados para os veículos vindos de outros países (principalmente movido pela gasolina), tendo como redução os que eram movido à etanol, 15 anos depois, em 1995, manteve abaixo dos 5%, então as empresas montadores com os clientes passou a desacreditar no Proálcool, sendo que foi um índice que teve como favorecimento a queda da produção desde veículo a estágios que eram desestimulantes (AMORIM, 2005; COSTA, 2010).

2.1.2 HISTÓRICO DOS AUTOMÓVEIS FLEX

Surgiram em 1998 no país os carros que eram flex, onde se tem o maior índice dos que consomem combustíveis com derivação do petróleo (EUA) tendo como objetivo amenizar a subordinação do petróleo que tem fornecimento dos países que abrangem a Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP). Principais fabricantes automotivos dos EUA passaram a fazer o fornecimento dos veículos, denominados Flexible Fuel Vehicles (FFV), com capacitação de percorrer com qualquer um dos combustíveis, contendo 15% de gasolina (KOÇ, 2009). Sendo assim, os motoristas podiam efetuar o abastecimento do seu automóvel com gasolina ou com etanol E85, pois possuía em sua composição 85% do etanol e os outros 15% havia gasolina (KOÇ, 2009).

Esse carro flex, possui fabricação em solobrasileiro, e podem conter a utilização do combustível E100, é conhecido por ser um álcool hidratado, possui 7% da água que tem obtenção a partir processo líquido-vapor, conhecido também como destilação e 1% da gasolina colocado para que não se tenha características de uma bebida que contenha álcool. No país como os Estados Unidos, o álcool na qual se utiliza chama-se anidro (possui 0,5% de água), sendo que o mesmo também é usado em solo brasileiro, porém é para fazer uma mistura com gasolina unicamente, de 20% a 25%, devido a uma lei (MELO, 2010; VICENTINI, 2011).

ParaVicentini (2011), dois anos depois, em 1992, a empresa General Motors passou a utilizar uma tecnologia chamada FLEX FUEL nos mercados americano. Atualmente quem utilizada dessa tecnologia, considera confiável tendo base todo o custeamento equivalente ao de automóveis que possui como base a gasolina. Entretanto, essa tecnologia se obteve sucesso naquele período decorrente sensorialmente que tinha como responsabilidade detectar qual o teor desses dois combustíveis da mistura sendo um fator caro, tornando-se inviável comercialmente.

Teve lançamento no Brasil, a tecnologia de motorflex, iniciado por um desenvolvimento composto através de 35 especialistas em áreas distintas, como química, informática e mecânica, juntamente com as coordenações do engenheiro Erwin Franieck. Esse grupo, foi responsável por desenvolver protótipo número 1 de um carro Flex nacionalmente (BOSH, 2004; MELO, 2009; VICENTINI, 2011).

No ano antecessor em que se foi lançado, os engenheiros da empresa Bosh deram início no retorno do projeto Flex que era estrangeiro. A partir disso obrigou que houvesse a possibilidade desses automóveis Flex fazer a substituição dos motores que era restrito ao álcool, havendo uma representação certa de atratividade e conseqüentemente obter uma melhora economicamente para as empresas automobilísticas, tendo em vista que não precisaria fazer uma nova criação de projetos em já existentes para esses automóveis que utilizavam os dois tipos de combustíveis (BOSH, 2004).

Nos anos de 1980, desenvolveu-se dentro da empresa alguns estudos diante da crise no abastecimento de álcool em um veículo 2.0 movido à álcool, para que pudesse torná-lo mais eficaz com a utilização dos dois tipos de combustível, sendo uma maneira de se ter aproveitamento na disponibilidade de álcool no Brasil, tendo como princípio não espantar os consumidores, por conta de problemas que foi gerado pelo Proálcool (VICENTINI, 2011; MELO, 2009).

Os especialistas modificaram o gerenciamento do motor, sendo elas geometria, onde se trocaram pistões para que pudesse aumentar a taxa de compressão, tornando os materiais com maior resistência à corrosão do álcool, adequação da ignição, sistema de partida do automóvel, velas de ignição por conta de usar dois tipos de combustíveis (VICENTINI, 2011; MELO, 2009).

Avançaram então os estudos pela Bosh, se deu por conta do trabalho longo de pesquisas realizadas em meados de 1982, quando se desenvolveu um sistema de injeção nos motores de ciclo Otto a álcool, daí em diante, possibilitou a produção do sistema que tem como responsabilidade adaptar automaticamente o gerenciamento do motor para que uma quantidade qualquer de gasolina e álcool que pudesse estar dentro do reservatório (BOSH, 2004; BUCCI, 2003).

O protótipo tinha um funcionamento que baseava quando era analisada a quantidade de oxigênio que estava nos gases no processo de mistura do álcool e gasolina + ar, resultado por uma combustão por parte da sonda lambda. Porém, havia um problema, pois, esse componente só fazia a medição de acordo com a proporcionalidade dos fluidos depois que o carro está ligado, então havia necessidade de um componente capaz de receber a informação do sensor oxigênio, ajustando a mescla dos carburantes antes que entrasse no cilindro. Foi preciso criar um software que apresentasse rapidez, capaz de fazer o processamento de todas as informações enviadas pelo então sensor de oxigênio. A Bosh criou um software que atendia essas necessidades, e, ocorreu então um lançamento do protótipo do automóvel Flex no ano 1994 (BOSH, 2004; BUCCI, 2003).

Logo, em 1999, surgiu outra empresa importante, que pesquisava tecnologias automobilísticas, essa empresa chamada Magneti Marelli do grupo Fiat, residente na cidade de Hortolândia – SP relevou que havia essa tecnologia (100% brasileira), onde identificava qual combustível era utilizado e a readaptar desse motor para tivesse funcionando normalmente. No ano seguinte, em 2000, os profissionais da área da engenharia da empresa tiveram como propósito desenvolver um algoritmo capaz de calcular qual era a composição desse combustível tendo como base em informações obtidas pelos sensores distintos que estão nos motores. Dessa forma houve a possibilidade de elevar a precisão do sistema Flex sem que aumentasse o custo. O primeiro modelo de carro a utilizar essa tecnologia Flex foi o Gol Total Flex com lançamento no mês de março no ano de 2003 (BUCCI, 2003; MARSON, 2003).

Foi criando um software chamado Flexfuel Sensor, através de algoritmos, em que se tem um programa com um poder elevado, criado especialmente para os esses tipos de veículos, onde se era feito a instalação de uma espécie de chip no centro da UCE. Com o uso dessa nova tecnologia, é possível a utilização de álcool, gasolina ou qualquer proporção dos dois, sem que houvesse a elevação na emissão de poluentes ou perda da potência, sendo fatores de pontos positivos ambientalmente e para o consumidor final (BOSH, 2004; VIVENTINI, 2011).

É possível através de informação recebida pelos sensores instalados no sistema de combustível, tais como, a sonda de oxigênio, sensor de rotação, sensor de temperatura, de detonação e de velocidade (BOSH, 2004; VIVENTINI, 2011). Com as informações captadas por esses sensores no programa instalado na UCE, é determinado qual o valor de carburante injetados nas câmaras de combustão, tal como, o momento da saída da faísca. Independente da proporção da mistura, esse não irá apresentar a mesma potência, então quando se abastece com álcool, ocorre uma maior potência, porém reduz na autonomia, já com a gasolina, é oposto à do álcool. (BUCCI, 2003; MARSON, 2003).

2.2 GASOLINA

2.2.1 HISTÓRICO DA GASOLINA

Segundo Takeshita (2006), inicialmente a gasolina era um produto secundário e não era muito desejado da indústria de refino de petróleo, pois se tinha o querosene como elemento principal. Por conta de ter surgido motor de combustão interna, a gasolina se tornou a melhor opção para combustível por conta de pontos positivos, como a alta energia de combustão, alta volatilidade e compressibilidade.

Em 1912, a gasolina se obtinha por conta do processamento de separação dos compostos que estavam presentes no petróleo cru, ou então por uma condensação de hidrocarbonetos do gás natural. Deu-se então, uma nova forma de se chamar a gasolina, ficou conhecida como “straight-run”. Mas o que preocupava era que a produção estava como uma quantidade insuficiente quanto a demanda energética mundial estava na faixa entre 7% e 15% do total. No mesmo ano, William M. Burton havia feito uma descoberta de que seriam quantidades pesadas de óleo cru como o gasóleo, que eram aquecidas sob pressão, assim as moléculas seriam rachadas e formariam pequenas moléculas, tornando aptas para fabricação da gasolina. (TAKESHITA, 2006).

Para Takeshita (2006), a gasolina passou então a ser produzida e não somente separada. Foi vista como foi vista como um produto inferior a primeira gasolina conhecida como craquelada termicamente, por conta da instabilidade de estocagem, até descobrirem que possuía um índice antidetonante maior que a da “straight-run”. Daí em diante, as indústrias buscaram uma gasolina que tivesse um poder elevado antidetonante, onde processos antigos foram passados por melhorias e outros foram desenvolvidos.

A gasolina distribuída por todo Brasil origina-se em quase toda a sua totalidade, das refinarias da Petrobras, a outra parte é devido ao fornecimento por parte de duas outras refinarias privadas, são elas a de Manguinhos, localizada no Rio de Janeiro, e a outra em Ipiranga, no Rio Grande do Sul (TAKESHITA, 2006).

2.2.2 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA GASOLINA

Esse combustível deriva de uma mistura de hidrocarbonetos voláteis, constituída a partir dos hidrocarbonetos, que podem ser classificados como parafinas normais e ramificadas (cadeira linear), cadeia cíclica, ligações de carbono-carbono, na qual se tem entre 4 a 12 átomos de carbono, além de estar presentes baixas concentrações de contaminantes naturais, tais como o enxofre, oxigênio, metais e nitrogênio. Esses hidrocarbonetos são os responsáveis pela instabilidade química da gasolina e dos aromáticos (tem anel benzênico na estrutura das moléculas), também de responsabilidade da geração de fumaça e depósitos de carbono durante a queima da combustão (TAKESHITA, 2006).

2.2.3 OCTANAGEM

Segundo Takeshita (2006), é uma propriedade na qual esse combustível tem uma resistência em reação à compressão sem que entre em autoignição, portanto, quanto maior for essa octanagem, maior será a força de combustão (TAKESHITA, 2006).

2.2.4 TIPOS DE GASOLINA

Através das características dos motores que oferece os tipos de gasolina aos consumidores, decorrente da taxa de compressão do motor e de outros tipos de variáveis que pode ocorrer a influência e interferir na pressão e temperatura de dentro desse motor, e do modelo do sistema de injeção de combustível (OLIMPIO, 2012; SOUZA, 2012).

O principal tipo é o A, que se é pura, apresentando isenção da adição de etanol anidro combustível (EAC – Etanol Anidro Combustível), não sendo comercializada em postos. Essa mistura entre o tipo A com EAC é feita pelos centros de distribuições antes de se chegar aos postos. O EAC é utilizado como uma espécie de aditivo antidetonante. Já outro tipo, é a C comum feita a partir da mistura da gasolina A com EAC. Por sua vez, a do Tipo C é mais simples, possui tonalidade de cor amarela, além de não possuir nenhum aditivo ou até mesmo corante, é possível ser usada em qualquer tipo veículo que seja utilizada gasolina que não necessite de propriedades como a dispersão de depósitos ou alta octanagem (OLIMPIO, 2012; SOUZA, 2012).

Outro tipo é a C Aditivada, se tem por conta da inclusão de aditivo do tipo “detergente dispersante” na C comum, possui funções importantes, como ter limpo o sistema de alimentação de combustível (tanque, bomba de combustível, bicos injetores e as válvulas do motor) afim de evitar que se impregnem nesse sistema. Além do mais, tem a mesma octanagem do tipo comum C. Em sua composição é adicionado corante (verde ou vermelho) para que se distingue uma da outra. Utiliza-se em qualquer tipo veículo movido a gasolina que não necessita de alta octanagem. Recomenda-se para veículos com injeção eletrônica (OLIMPIO, 2012; SOUZA, 2012).

A do Tipo C de Alta Octanagem tem uma característica marcante, pois tem uma octanagem maior que a comum, teor de enxofre menor, o que propõe uma redução das emissões de poluentes lançados no meio ambiente. Pode usar em qualquer veículo que use gasolina, porém um resultado satisfatório no desempenho só é visto por veículos que tenha motores aptos a esse tipo de combustível, oferecido pela alta octanagem, que são mais em importado, onde se tem uma equipagem com alta taxa de compressão (maior que 10:1). Exemplos disso são a Premium e Podium, com sua produção feita pela empresa Petrobrás S.A. (OLIMPIO, 2012; SOUZA, 2012).

2.3 ETANOL

A classificação é feita em três tipos, os primários, secundários e terciários. Essas classes se relacionam com o carbono que possui hidroxilo. Funciona da seguinte forma, se o carbono estiver ligado a apenas um outro carbono, é chamado de primário e o álcool também, se o carbono do grupo hidroxilo for ligado a dois outros átomos de carbono, o álcool é secundário e se o carbono que contém a hidroxila estiver ligado a três outros átomos de carbono, é terciário. O etanol está classificado como primário (MENDONÇA, 2008).

2.3.1 ÁLCOOL COMBUSTÍVEL – ETANOL

Segundo Mendonça (2008) para comercialização no Brasil, existe dois tipos de etanol, o hidratado combustível (EHC) e Anidro Combustível (EAC). O primeiro apresenta um nível alcoólico entre 92,6° e 93,8° INPM, e é usado como combustível em automóveis com motor adaptado para tê-lo. Já o outro, é desidratado ao máximo e deverá possuir um teor mínimo de 99,3° INPM. A pureza do EAC se torna um fator importante porque esse tipo de álcool é adicionado à gasolina.

O etanol adicionado à gasolina funcionada como oxigenante fazendo uma queima do combustível de forma limpa e com baixa emissão CO e hidrocarbonetos não queimados. O resultado acaba melhorando na queima por conta da presença do oxigênio na molécula do etanol, que aumenta a octanagem da gasolina (MENDONÇA, 2008).

2.3.2 OBTENÇÃO DO ALCÓOL COMBUSTÍVEL

Para Minter (2006), a fermentação de açúcares e de vegetais seguidas de uma destilação é o principal processo utilizado. Utiliza-se a cana de açúcar, milho e a beterraba. A cana de açúcar é a mais utilizada no Brasil para a fabricação do etanol. É feita uma colheita, em seguida a moagem, o caldo de cana é passado por pré-tratamento e pasteurização (aquecimento e resfriamento rápido), após isso, passa por fermentação anaeróbica onde adiciona ao melaço, o fermento que contém enzimas diástase (ou maltase) e zimase responsáveis por fazer catálise da reação enzimática (MENDONÇA, 2008).

O processamento é feito em duas fases:

- Hidrólise do Amido Catalisada pela Maltase
- Fermentação da Glicose pela Ação da Zimase.

Os elementos que causam reação é o CO₂ e o próprio etanol. O tempo de espera para que se ocorra à fermentação tem variação de 4 a 12 horas, após isso, esse material é levado até um processo de centrifugação para que se possa recuperar o fermento (MENDONÇA, 2008).

A fermentação faz com que se tenha uma mistura com teor alcoólico que possui variação de 7% a 10%, no qual é um valor baixo para o etanol em forma de combustível. Portanto, a mistura passa por outro processo de líquido-vapor, conhecido por fazer a redução do teor de água presente, além de permitir a obtenção do etanol 96^º GL ou 93,2^º INPM, com teor correspondente a 96% de etanol e os outros 4% restantes de água, em volume. Entretanto, neste processo não se tem permissão de obter uma pureza maior pois a mistura 95% álcool e 5% água é um azeótropo que apresenta ebulição inferior ao da água e do etanol (MINTEER, 2006).

A utilização dessa mistura pode ser em forma de combustível nos motores a álcool e motores flex, só que não se deve utilizar na mistura com a gasolina (usa-se o etanol anidro), isso ocorre afim de evitar a separação de fases nos tanques em que se tem armazenagem por conta do teor de água. Para se ter o EAC é preciso fazer o processo de desidratação, na qual é adicionado a substância óxido de cálcio (CaO) que tem como finalidade remover toda água do sistema, ou então, fazer adicionar um novo solvente, conhecido como ciclohexano, formando uma mistura ternária (etanol +água + ciclohexano) (MENDONÇA, 2008).

Segundo Mendonça (2008), o processo de destilação da mistura ternária se torna possível a remoção da água e o ciclohexano, no final, resta apenas o etanol anidro, com apresentação do teor de etanol igual a 99,7^o GL. O EAC é misturado à gasolina A para formação da gasolina C na qual se possui comercialização em todo o país.

3 METODOLOGIA

3.1 CLASSIFICAÇÕES DOS MÉTODOS DE PESQUISA

De acordo com Gil (1991), define-se uma pesquisa como um procedimento sistemático e racional com o intuito de apresentar argumentos aos problemas estudados. Um trabalho científico surge a partir do instante que não possuímos informações suficientes, exigindo uma análise afim de solucionar os problemas em questão aonde são apresentados, organizados, analisadas e solucionadas. Para desenvolver a pesquisa é necessário realizar um processo em várias fases, começando com a formulação do tema a ser estudada seguida da apresentação dos resultados e conclusões (SILVA; MENEZES, 2005).

3.1.1 DE ACORDO COM A ABORDAGEM

Assim que definido o problema proposto, a etapa seguinte é a escolha no modelo de pesquisa que resultará nas próximas ações. Esse modelo de pesquisa pode ser classificado como quantitativo ou qualitativo diante da abordagem do problema, conforme Gil (1991).

A pesquisa é considerada quantitativa pois os problemas foram mensurados com o objetivo de obter soluções, utilizando das técnicas de estatística e ferramentas de qualidades (SILVA; MENEZES, 2005).

3.1.2 DE ACORDO COM O OBJETIVO

Conforme os objetivos, podemos classificar as pesquisas em explicativa, descritiva e exploratória (GIL, 1991).A Pesquisa Exploratória conforme Gil (1991) possui pesquisas bibliográficas e estudo de caso utilizando a visão do pesquisador, este tipo de pesquisa tem a finalidade de trazer o problema visto através de hipóteses e levantamentos bibliográficos, citações e exemplos que contribuam para a compreensão do assunto (GIL, 1991).

A Pesquisa Descritiva é o levantamento dos dados qualitativos e principalmente os quantitativos para descrever o objetivo do estudo seja eles sobre população, fenômenos ou um problema (GIL, 1991).

As pesquisas explicativas trazem informações sobre o problema estudado, ela descreve a realidade e a razão das coisas, costuma ser apresentada após as pesquisas descritivas e exploratória pois apresenta informações detalhadas sobre o problema abordado (GIL, 1991).

3.1.3 De acordo com os procedimentos técnicos

Segundo Gil (1991), é classificado os procedimentos técnicos em:

- Pesquisa Bibliográfica, seu desenvolvimento é baseado em materiais já existentes, como principal exemplo livros e artigos científicos;
- Pesquisa Documental, parecida com a bibliográfica, no entanto trata-se de materiais no qual não foram criticamente avaliados;
- Pesquisa Experimental estabelece maneiras no controle e na observação dos resultados.

4 ESTUDO DE CASO: VIABILIDADE ECONÔMICA ENTRE ETANOL E GASOLINA EM AUTOMÓVEIS FLEX

Para uma realização de estudo sobre a viabilidade econômica foi necessário levantar as principais diferenças e semelhanças entre o etanol e a gasolina.

O etanol possui um teor de oxigênio elevado resultando em um poder calorífico de 65% dos derivados de petróleo, outra característica importante encontrada é sua volatilidade e elevada resistência a auto inflamação, possibilitando aumentar a taxa de compressão do motor consequentemente seu rendimento energético.

O etanol puro possui uma temperatura de destilação constante de 78°C a pressão atmosférica, entretanto a gasolina é composta por uma mistura acima de 500 hidrocarbonetos e sua destilação ocorre entre 30°C e 220°C. Outra propriedade do etanol, bastante diversa das de derivados de petróleo, é o calor latente de vaporização, que corresponde a 3,2% de seu poder calorífico, enquanto para os derivados de petróleo esse número é cerca de 0,7%.

O etanol possui maior octanagem o que representa que o motor roda com mais torque, mais potência, além de possuir uma resposta melhor a acelerações. Enquanto a gasolina comum tem 85 octanas, o álcool tem o equivalente a 110 octanas. Isto significa que ele consegue suportar maior compressão sem explodir espontaneamente. Enquanto as taxas de compressão para gasolina variam entre 9 e 10,5:1, as taxas para etanol ficam entre 12 e 13,5:1.

Como o rendimento térmico de um motor aumenta conforme aumenta sua taxa de compressão, quando no etanol tendem a ter um rendimento térmico maior do que um motor a gasolina, compensando parte do menor poder calorífico. O etanol tem proporção estequiométrica de 8,4:1 (8,4 partes de ar para cada parte de etanol) em massa, enquanto a gasolina tem 13,5:1. Para a mesma massa de ar, é utilizado 60% a mais de massa de álcool.

Em volume, é necessário mais 43% de álcool do que de gasolina. Apesar de a gasolina fornecer mais 37,5% de energia, o fato de ser necessário 43% a mais de álcool para a mistura faz com que um motor ganhe em torno de 5% de torque e potência só de passar a queimar álcool.

No Brasil existem dois tipos de etanol que são comercializados, uma misturada com água conhecida como álcool etílico hidratado carburante (AEHC), contendo de 5% a 6% de volume de água, e outra com gasolina conhecida como álcool etílico anidro carburante (AEAC) contendo um teor máximo de 25% conforme estabelecido pela Comissão Interministerial do Açúcar e do Álcool (CIMA).

Ambos combustíveis possuem algumas características bem distintas entre si não qual é descrito entre vantagens e desvantagens na Tabela 1:

Etanol		Gasolina	
Vantagens	Desvantagens	Vantagens	Desvantagens
Fonte inesgotável	Grande gasto de produção	Extraída em grandes proporções de petróleo	Alto custo
Geração de empregos nos campos	Autonomia menor que a gasolina no carro flex	Cultura de uso muito difundida no mundo	Fonte esgotável
Queima mais limpa que a gasolina	Menor poder calorífico que a gasolina	Com o mesmo volume de álcool o automóvel flex roda mais	Poluição do ar, emissões de CO_2
Tecnologia de produção acessível	Dificuldade para o automóvel flex funcionar em dias frios	Arranque do carro flex mais eficiente que o diesel, inclusive quando tem maior octanagem	Pode ser adulterada

Tabela 1: Vantagens e desvantagens entre etanol e gasolina

Fonte: O Autor

5 Resultados e Discussões

É possível encontrar a porcentagem máxima dentre a gasolina e etanol realizando alguns cálculos que seguem abaixo utilizando os valores de autonomia encontrados no Relatório de Emissões Veiculares do Estado de São Paulo relatada pela CETESB, sendo para a gasolina 12,2km/L e para o etanol 9,6km/L e um valor de custo médio da gasolina encontrada nos postos de combustíveis que baseia em R\$ 4,29:

(1) Para encontrar o valor máximo do etanol em relação a gasolina utilizamos esse cálculo:

$$\text{R\$ etanol} = (\text{R\$ gasolina} / \text{Aut.gasolina}) * \text{Aut.etanol}$$

$$\text{R\$ etanol} = (4,29 / 12,6) * 9,2$$

$$\text{R\$ etanol} = \text{R\$ 3,13}$$

(2) Encontrando o valor máximo do etanol conseguimos calculamos a relação máxima em porcentagem entre o etanol e a gasolina.

$$\% \text{máximo} = 1 - ((\text{R\$ gasolina} - \text{R\$ etanol}) / \text{R\$ gasolina})$$

$$\% \text{máximo} = 1 - ((4,29 - 3,13) / 4,29)$$

$$\% \text{máximo} = 0,73 \text{ ou } 73,0\%$$

Conforme estabelecido a relação máxima do etanol em porcentagem conseguimos encontrar as relações máximas de acordo com o percentual de ganho econômico utilizando o seguinte cálculo:

(3) Neste exemplo utilizaremos 5%.

$$\text{R\$ etanol} = ((\text{R\$ gasolina} / \text{Aut.gasolina}) * \text{Aut.etanol}) - (((\text{R\$ gasolina} / \text{Aut.gasolina}) * \text{Aut.etanol}) * \% \text{ganho})$$

$$\text{R\$ etanol} = ((4,29 / 12,6) * 9,2) - (((4,29 / 12,6) * 9,2) * 0,05)$$

$$\text{R\$ etanol} = \text{R\$ 2,98}$$

Em seguida, utilizamos o mesmo calculo descrito no item (2):

$$\%m\acute{a}ximo = 1 - ((R\$ gasolina - R\$ etanol) / R\$ gasolina)$$

$$\%m\acute{a}ximo = 1 - ((4,29 - 2,98) / 4,29)$$

$$\%m\acute{a}ximo = 0,674 \text{ ou } 67,4\%$$

Conforme o exemplo calculado para se obter um ganho econ\omicron;mico de 5% em rela\c7\~ao ao pre\c7o da gasolina o valor do litro do etanol tem ser de 67,4% referente ao valor o litro da gasolina. Sendo assim podemos estabelecer um gr\~afico a seguir com a varia\c7\~ao de dados repetindo os c\~alculos do item (3) para os valores de 1 a 10% de ganho econ\omicron;mico no gr\~afico 1:

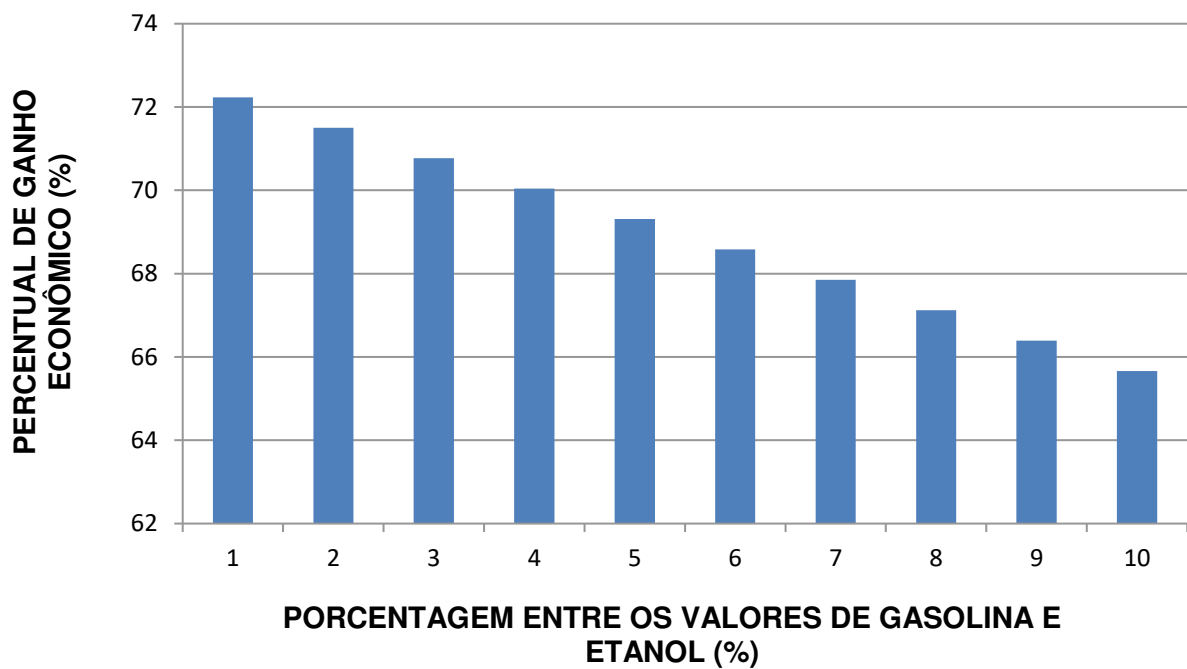


Figura 1: Gráfico de ganho econômico

Fonte: O autor.

Como exemplo, podemos citar a seguinte situação:

Um motorista percorre em média 1500km por mês utilizando etanol com um valor do litro de R\$ 2,82 (valor do etanol obtido com percentual de ganho de 10%). Dividindo 1500 km pela autonomia média do etanol 9,2km/L (CETESB) obtemos o valor de 163,03 litros utilizado por mês. Com o total de litros 163,03 multiplicamos pelo valor do litro de R\$ 2,82 e obtemos R\$479,74 e em seguida multiplicamos por 1 ano (12 meses) e temos R\$ 5756,88 gastos em um ano.

Fazendo a mesma relação com gasolina com média de 1500 km por mês, autonomia média de 12,6km/L (CETESB) e valor de R\$ 4,29 o litro, temos ao final de um ano o gasto R\$6128,57. Relacionando esses valores em uma subtração o motorista utilizando etanol com percentual ganho de 10%, pode economizar em um ano em torno de R\$ 371,69.

6 CONCLUSÃO

Com o desenvolvimento dos motores flex proporcionaram aos consumidores menos restrições na hora de abastecer dando opções de escolherem tanto entre etanol e gasolina, mas o que gera dúvidas na hora de abastecimento é ver o quanto viável economicamente será colocar etanol ao invés da gasolina, pois a autonomia Km/L do etanol é inferior ao da gasolina.

Hoje a gasolina possui um percentual de 27% de etanol anidro, sendo assim, a energia liberada da gasolina comparando com a energia liberada do etanol 100% pode-se relacionar uma porcentagem máxima de diferença de preço entre eles, que será de 73%, portanto o valor máximo do litro do etanol não pode ultrapassar de 73% do valor do litro da gasolina para não haver perda econômica e possibilitando, neste parâmetro, a utilização tanto do etanol quanto da gasolina

Ao comparar economicamente a utilização de 100% de etanol com a utilização da mistura de 73% de gasolina com 27% de etanol anidro (gasolina C), estabeleceu-se um valor limite em relação ao preço entre eles. De acordo com os resultados enquanto os dois possuírem um percentual em torno de 73%, não haverá ganho ou perda na utilização de etanol e da gasolina. Valores abaixo do percentual geram ganhos econômicos na utilização do etanol.

REFERÊNCIAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005, **Veículos rodoviários automotores leves – Determinação de hidrocarbonetos, monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio, dióxido de carbono e material particulado nos gases de escape**, NBR 6601.
- AMORIM, R.J., BAÊTA, J.G.C., VALLE, R.M., et al., 2005c, **”Analysis of an Otto cycle engine performance regarding alcohol concentration in gasoline and CNG usage”**, 18th International Congress of Mechanical Engineering, Ouro Preto, MG, Brasil.
- AMORIM, R.J., BAÊTA, J.G.C., VALLE, R.M., et al., 2005b, **”Performance Analysis of aCNG-Fuelled Flex Engine to Different Compression Ratios”**, 18th International Congress of Mechanical Engineering, Ouro Preto, MG, Brasil.
- AMORIM, R.J., BAÊTA, J.G.C., VALLE, R.M., et al., 2005a, **”Experimental Analysis of Flexible Fuel Systems in Spark Ignition Engine”**, SAE 2005 Fuels & Lubricants Meeting & Exhibition, 2005-01-2183, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- BOSCH, 2004, **Automotive Hand Book**, 6a edição, Society of Automotive Engineers, Germany.
- BUCCI, A., ANDRADE, A., DAMASCENO, F., et al., 2003, **”SFS - Software Flexfuel Sensor – O sistema para um novo carro a álcool”**, XII Simpósio Internacional de Engenharia Automotiva – SIMEA 2003, AEA, SP, Bras
- CANOVA, M. D. **Bicombustíveis: Análise de viabilidade econômica da implantação de microdestilarias de etanol no Rio Grande d Sul**. Porto Alegre: UFRGS, 2011. 65p.
- CETESB. **Emissões Veiculares no Estado de São Paulo**. 2017. Disponível em: <[HTTP://veicular.cetesb.sp.gov.br/relatorios-e-publicacoes/](http://veicular.cetesb.sp.gov.br/relatorios-e-publicacoes/)> Acesso em: 23 de Outubro de 2018.
- COSTA, C. R., SODRÉ, R. J., 2010, **”Hydrous ethanol vs. gasoline-ethanol blend: Engine performance and emissions”**, Fuel, v. 89, pp. 287-293.
- DE SOUSA, E. L. L.; MACEDO, I. C. **Etanol e Bioeletricidade: A cana-de-açúcar no futuro da matriz energética**. 1º Edição. São Paulo: Luc Projetos de Comunicação Ltda. 2010. 315p.
- GIL, A. C., **Como elaborar projetos de pesquisa**. 3ª edição, São Paulo. Editora Atlas, 1991.
- KOÇ, M., SEKMEN, Y., TOPGÜL, T., YÜCESU, H.S., 2009, **”The effects of ethanol unleaded gasoline blends on engine performance and exhaust emissions in a spark-ignition engine”**, Renewable Energy, v.34, n.10, pp. 2101-2106.

MARSON, A.; PALMA, R.; STEIN, R. **“Benefícios do sistema multifuel”**, XII Simpósio Internacional de Engenharia Automotiva – SIMEA 2003, AEA, SP, Brasil.

MELO, T. C. C., MACHADO, G. B., OLIVEIRA, E. J., et al., 2010. **“Experimental investigation of different hydrous ethanol - Gasoline Blends on a Flex Fuel Engine”**, SAE Technical Paper 2010-36-0469.

MENDONÇA, L. G. D. **MICRO-SENSOR CAPACITIVO PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE COMBUSTÍVEIS AUTOMOTIVOS**. Dissertação (Mestrado em Mecânica) – Escola Politécnica, Universidade Federal de São Paulo. São Paulo, 2008.

MINTEER, S. **ALCOHOLIC FUELS**. Boca Raton, FL: CRC Press, 2006.

SILVA E. L., MENEZES E. M., **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4ª edição revisada e atualizada, Florianópolis. UFSC, 2005.

SILVA, F. V. **Estudo comparativo da queima de gasolina e etanol em motores de combustão interna**. São José dos Campos: UNIVAP, 2016. 55p.

SIQUEIRA, D. A.; SIQUEIRA, A. A. **ESTUDO E AVALIAÇÃO DA TECNOLOGIA FLEX FUEL**. Instituto Politécnico, IPRJ. Universidade do Rio de Janeiro, UERJ. Nova Friburgo. Rio de Janeiro. 2004.

SILVA, O.; FISCHETTI, D. **Etanol: A Revolução Verde e Amarela**. 1º Edição. São Paulo: Bizz Comunicação e Produções. 2008. 262p.

TAKESHITA, E. V. **ADULTERAÇÃO DE GASOLINA POR ADISÃO DE SOLVENTES: ANÁLISE DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. Santa Catarina. 2006.

VICENTINI, P.C. **Uso de modelos de qualidade do ar para avaliação do efeito do PROCONVE, entre 2008 e 2020 na região metropolitana do Rio de Janeiro**. Tese de D. Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2011.