



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAZONAS

CAMPUS MANAUS CENTRO

DEPARTAMENTO DE PROCESSOS INDUSTRIAIS

CURSO DE BACHAREL ENGENHARIA MECÂNICA

Wallace Pereira da Silva

UTILIZAÇÃO DO GÁS NATURAL VEICULAR NO BRASIL

MANAUS

2021

UTILIZAÇÃO DO GÁS NATURAL VEICULAR NO BRASIL

Trabalho Conclusão do Curso de Engenharia Mecânica do Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas do Campus Manaus Centro como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Msc. José Francisco de Caldas Costa.

MANAUS

2021

Biblioteca do IFAM – Campus Manaus Centro

S586u Silva, Wallace Pereira da.
Utilização do gás natural veicular no Brasil / Wallace Pereira da Silva.
– Manaus, 2021.
54 p. : il. color.

Monografia (Engenharia Mecânica). – Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus Manaus Centro*, 2021.
Orientador: Prof. Me. José Francisco de Caldas Costa.

1. Engenharia mecânica. 2. Combustível. 3. Gás natural veicular. 4.
Economia. 5. Impactos ambientais. I. Costa, José Francisco de Caldas.
(Orient.) II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do
Amazonas. III. Título.

CDD 621

UTILIZAÇÃO DO GÁS NATURAL VEICULAR NO BRASIL

Trabalho Conclusão do Curso de Engenharia Mecânica do Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas do Campus Manaus Centro como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Msc. José Francisco de Caldas Costa.

Aprovado em 21 de maio de 2021.

BANCA EXAMINADORA

(Assinado digitalmente em 22/06/2021 09:06)
JOSE FRANCISCO DE CALDAS COSTA
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO
Matrícula: 267706

Prof. Esp. José Francisco de Caldas Costa.
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM)

(Assinado digitalmente em 18/06/2021 00:00)
PLACIDO FERREIRA LIMA
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO
Matrícula: 981395

Prof. Esp. Plácido Ferreira Lima
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM)

(Assinado digitalmente em 17/06/2021 23:45)
SIDNEY ASSIS CHAGAS
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO
Matrícula: 1015898

Prof. Msc. Sidney Assis Chagas
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM)

MANAUS - AM
2021

A Deus que nos criou e foi criativo nesta tarefa. Seu folego de vida em mim me foi sustento em plena pandemia e me deu coragem para questionar realidade e propor sempre um novo mundo de possibilidades.

Sem Deus não teria forças para essa longa jornada, aos meus professores, que me ajudaram na conclusão deste trabalho.

A minha família meu bem mais precioso, meus nesse mundo, aos parentes, amigos e colegas, que me incentivaram todos os dias e ofereceram apoio nos momentos críticos.

.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.

A minha família, meu porto seguro que é minha querida e amada esposa Liliane Santana da Silva, meu filho Pedro Ásafe Santana da Silva pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

Ao Prof. Msc José Francisco de Caldas Costa, pelos textos traduzidos, orientação e correção deste trabalho acadêmico.

Aos amigos pelo incentivo e grande ajuda com o fornecimento de material para a elaboração de novas ideias.

Agradeço à equipe de gestores do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Amazonas. Ao coordenador do curso seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram a janela que hoje vislumbro um horizonte superior, inspirado pela confiança no mérito e ética aqui presentes.

Em memória do meu amigo e maior incentivador professor Carlos José Batista Machado que foi também meu orientador nesta jornada.

Agradeço também aos meus professores que durante muito tempo me ensinaram e que me mostraram o quanto estudar é importante.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

“O único lugar onde o sucesso vem antes do trabalho é no dicionário.”(Stubby Currence)

RESUMO

Atualmente diversos fatores estimulam a busca por uma alternativa de combustível para veículos automotores. Uma possível escassez de Petróleo ao longo dos anos devido a demanda de combustíveis gerada pelo aumento constante da frota de veículos nas ruas, o aumento no valor dos combustíveis que tem sido constante nos últimos meses e a preocupação com a emissão de poluentes no meio ambiente, são aspectos importantes que nos levam a busca por medidas que possam minimizar esses fatores. Neste cenário surgiu o gás natural veicular como uma alternativa eficaz para reduzir a dependência do Petróleo, além de ser uma fonte menos agressiva ao meio ambiente. Portanto, o presente trabalho possui como objetivo principal investigar quais são as possíveis utilizações do gás natural veicular e suas vantagens para o Brasil. E como objetivos específicos: mostrar se o uso de GNV revela uma tendência de crescimento econômico para o Brasil; relatar as vantagens ambientais do uso do GNV; analisar a experiência do Brasil no mercado de GNV. A metodologia utilizada nesta pesquisa consiste em uma pesquisa bibliográfica, que utiliza como base a obra de outros autores sobre o mesmo tema, utilizando as seguintes bases de dados: repositório Scientific Electronic Library Online (SciELO), Google Acadêmico e o site de periódicos CAPES. De acordo com os resultados obtidos ao longo da pesquisa, foi observado que a conversão dos veículos para motor movido a GNV aumenta a vida útil do motor, por ser um combustível limpo e seco devido possuir uma queima mais completa do que os outros combustíveis. Sendo mais seguro, mais limpo e menos tóxico, quando comparado com os outros, produzindo uma queima mais limpa e uniforme, portanto, é considerado de pouco impacto sobre o meio ambiente.

Palavras-chave: Gás natural veicular. Combustível. Economia. Impactos ambientais.

ABSTRACT

Currently, several factors stimulate the search for an alternative fuel for motor vehicles. A possible scarcity of oil over the years due to the demand for fuels generated by the constant increase of the vehicle fleet on the streets, the increase in the value of fuels that has been constant in recent months and the concern with the emission of pollutants in the environment, they are important aspects that lead us to search for measures that can minimize these factors. In this scenario, vehicular natural gas emerged as an effective alternative to reduce dependence on oil, in addition to being a less aggressive source to the environment. Therefore, the present work has as main objective to investigate which are the possible uses of vehicular natural gas and its advantages for Brazil. And as specific objectives: to show whether the use of CNG reveals a trend of economic growth for Brazil; report the environmental advantages of using GNV; analyze Brazil's experience in the GNV market. The methodology used in this research consists of a bibliographic search, which uses as a base the work of other authors on the same theme, using the following databases: Scientific Electronic Library Online repository (SciELO), Google Scholar and the website of CAPES journals. According to the results obtained during the research, it was observed that the conversion of vehicles to a CNG-powered engine increases the engine's useful life, as it is a clean and dry fuel due to its more complete burning than other fuels. Being safer, cleaner and less toxic, when compared to others, producing a cleaner and more uniform burning, therefore, it is considered to have little impact on the environment.

Keywords: Vehicular natural gas Fuel. Economy. Environmental Impacts.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Reservatório de gás natural: (a) associado; (b) não associado.....	18
Figura 2. Demonstrativo ciclo Otto quatro tempos.....	30
Figura 3 .Sistemas de componentes do kit GNV.....	31
Figura 4. Simulador de gastos com combustível da Sulgás.....	39
Figura 5. Preço do GNV em Manaus.....	40
Figura 6. Tela de simulação da economia com GNV.....	40

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Reservas de gás natural no Brasil.....	22
Gráfico 2. Diagramas P-V/T-S ciclo Otto.....	29
Gráfico 3. Resultados de emissões de Monóxido de Carbono (CO).....	43
Gráfico 4. Resultados de potência média no motor do veículo.....	46

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 Redução da emissão de poluentes com a substituição da gasolina por gás natural.....	24
Quadro 2 Consumo médio da gasolina e do GNV.....	41
Quadro 3 Redução de emissões de poluentes com uso de GNV em relação à gasolina e etanol.	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

GNV *Gás Natural Veicular*

AGN *Associação de Gás Natural*

UPGN *Unidade de Processo*

GNC *Gás Natural Comprimido*

GNL *Gás Natural Liquefeito*

RIL *Revisão Integrativa da Literatura*

RBMLQ *Rede Brasileira de Metrologia Legal e Qualidade*

IPEM *Instituto de Pesos e Medidas*

CRI *Certificado de Registro do Instalador*

CO *Monóxido de Carbono*

HCNM *Hidrocarboneto não Metânicos*

CETESB *Companhia Ambiental do Estado de São Paulo*

APN *Associação Nacional do Petróleo*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1 GÁS NATURAL VEICULAR.....	19
2.2 O GÁS NATURAL NO CENÁRIO BRASILEIRO	21
2.3 QUESTÕES AMBIENTAIS AO USO DO GNV	22
2.4 QUESTÕES ECONÔMICAS AO USO DO GNV	25
3 METODOLOGIA	26
3.1 MÉTODOS	26
3.1.1 <i>Análise da situação atual</i>	27
3.1.1.1 <i>As Características os Motores Associadas a Cada Kit de Conversão</i>	27
3.1.1.2 <i>Motores e kits</i>	27
3.1.1.3 <i>Conversão de motores para gás natural</i>	28
3.1.1.4 <i>Motores de combustão interna</i>	28
3.1.1.5 <i>Ciclo Otto – Teoria da combustão</i>	30
3.1.1.6 <i>Ciclo Otto – Teoria da combustão</i>	31
3.1.1.7 <i>Potência</i>	34
3.1.1.10 <i>Torque do Motor</i>	35
3.1.1.11 <i>Desgaste excessivo de componentes</i>	36
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	38
4.1 VANTAGENS ECONÔMICAS DA CONVERSÃO DE VEÍCULOS PARA GNV	38
4.2 ANÁLISE DOS IMPACTOS AMBIENTAIS E CONTRIBUIÇÕES PARA ASUSTENTABILIDADE.....	42
4.3 SISTEMA DE CONVERSÃO	43
4.4 DESEMPENHO DOS VEÍCULOS CONVERTIDOS	45
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	49
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	50

1.INTRODUÇÃO

Atualmente a grande preocupação da sociedade moderna é de que haja um uso racional e sustentável da energia de forma a não comprometer a capacidade de sobrevivência das gerações futuras. Neste sentido as energias tradicionais, como os combustíveis fósseis, não atendem à sustentabilidade ambiental sendo necessário o uso de energias alternativas.

O gás natural passou a ganhar cada vez mais espaço na matriz energética brasileira. O número de consumidores, tanto residenciais como industriais, tem crescido dia após dia. O setor tem recebido grandes investimentos com o propósito de conseguir suprir essa demanda cada vez maior, sendo utilizado como um dos combustíveis substitutos dos dois derivados do Petróleo (a gasolina e o óleo diesel) (GRAVINA, 2008).

Atualmente diversos fatores estimulam a busca por uma alternativa de combustível para veículos automotores. Uma possível escassez de Petróleo ao longo dos anos devido à demanda de combustíveis gerada pelo aumento constante da frota de veículos nas ruas, o aumento no valor dos combustíveis que tem sido constante nos últimos meses e a preocupação com a emissão de poluentes no meio ambiente, são aspectos importantes que nos levam a busca por medidas que possam minimizar esses fatores (OLIVEIRA, 2018).

Neste cenário, os veículos automotores são as principais fontes de poluição dos grandes centros urbanos. Essas regiões são as que mais sofrem com a poluição atmosférica, pois é onde existem maiores números de veículos circulando em uma dada região. No transporte, a preocupação ambiental é percebida através dos limites impostos às emissões de poluentes (FERRÉ, 2019).

Então surge o gás natural como uma alternativa energética de grande apelo comercial e ambiental, pois apresenta vantagens econômicas e ambientais em relação a outras fontes de energia. Seu uso, cada vez mais difundido, vem mostrando grandes perspectivas quanto à possibilidade de se minimizar impactos ambientais, oriundos da utilização de combustíveis fósseis utilizando tecnologia disponível, barata e de fácil replicabilidade (GRAVINA, 2008).

E o gás natural se comparado aos demais combustíveis fósseis possui uma combustão mais limpa, emitindo menos poluentes nocivos ao meio ambiente e à saúde humana. Quando comparado às energias renováveis, o gás natural não é mais vantajoso ambientalmente, mas possui vantagens operacionais. Por fim, outro fato que justifica o

uso de gás natural no panorama brasileiro é a sua disponibilidade. Segundo a Petrobras, em 2014, a oferta média de gás natural no Brasil foi de 96,1 milhões de m³/dia (10% superior ao ano anterior) e a previsão é de que no período de 15 2020 – 2030 a oferta média passe para 168 milhões de m³/dia. Este aumento significativo pode ser atribuído às recentes descobertas das reservas de gás natural nas áreas de pré-sal.

Diante dos pontos levantados anteriormente, o presente trabalho tem **por** objetivo principal investigar quais são as possíveis utilizações do gás natural veicular e suas vantagens para o Brasil. Com este estudo objetiva-se também mostrar se o uso de GNV revela uma tendência de crescimento econômico para o Brasil, relatar as vantagens ambientais do uso do GNV e por fim analisar a experiência do Brasil no mercado de GNV, que já tem seu consumo maduro.

O estudo está dividido em 5 tópicos principais, o tópico seguinte apresenta o embasamento teórico utilizado para a execução da pesquisa, discorrendo sobre os principais conceitos que envolvem o gás natural veicular e seus componentes. O terceiro tópico apresenta a metodologia utilizada na pesquisa para o alcance dos objetivos pré-estabelecidos. No quarto tópico são apresentados os resultados e a discussão sobre as vantagens e impactos socioeconômicos para a sociedade, assim como o desempenho dos veículos convertidos para uso de gás natural. O último tópico apresenta todas as referências utilizadas para o embasamento do estudo.

1 REFERENCIAL TEÓRICO

Estudo da base teórica que permitirá o embasamento teórico. Para isso serão utilizados para a execução da pesquisa, discorrendo sobre os principais conceitos que envolvem o gás natural veicular e seus componentes.

Segundo a Associação Portuguesa das Empresas de Gás Natural (AGN), este combustível teria sido descoberto por volta de 6000 a. c. e 2000 a. c., mais precisamente na Pérsia, onde era usado para manter aceso o símbolo de adoração de uma seita daquela localidade, mais conhecido como “fogo eterno”.

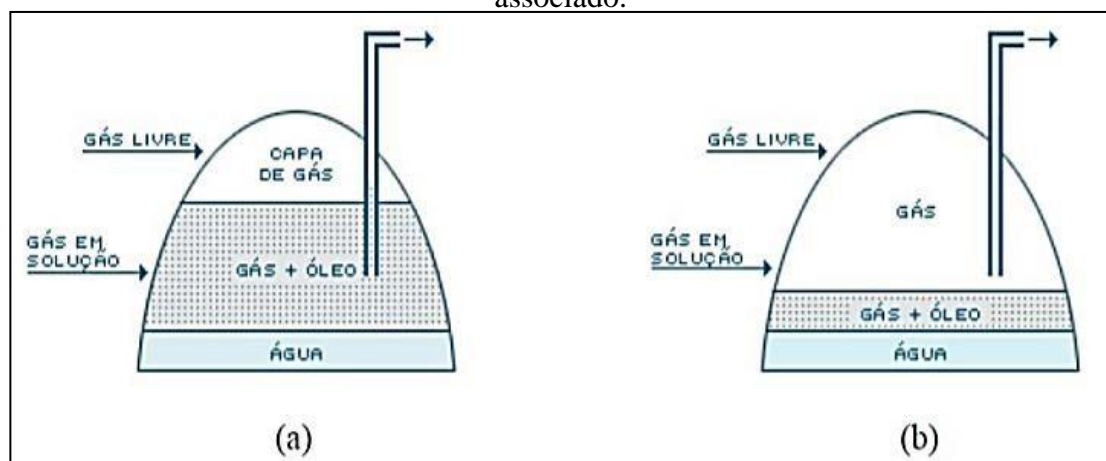
Na China, segundo manuscritos de 347 a. c., descreve-se um suposto “ar de fogo” que era utilizado como iluminação. O historiador Chang Qu, relata a existência de sistemas de transportes de gás natural, que deslocavam o gás de onde ele brotava para a cidade. Esse sistema era composto de bambus selados entre si com betume, que é uma mistura de hidrocarbonetos pesados com outros compostos oxigenados, nitrogenados e sulfurados(OLIVEIRA, 2018).

Conforme Gasnet (2018) o gás natural é produto de processos naturais, mais especificamente, a degradação de matéria orgânica por bactérias anaeróbicas, e degradação de matéria orgânica e de carvão pelo aumento da pressão e temperatura ou alteração térmica de hidrocarbonetos líquidos.

A composição do gás natural se obtém de uma mistura de diversos gases, no qual podemos destacar o gás metano que apresenta uma concentração de 89% a 99%. Outros Hidrocarbonetos de maiores graus de concentração seria o Etano, Propano e Butano. Em baixas quantidades podemos encontrar gases inertes como Hidrogênio, Nitrogênio e Dióxido de Carbono (UNICH et al., 1993).

De acordo com Barbosa (1996), pode-se encontrar o gás natural em reservatórios subterrâneos e determinados lugares do planeta, podendo ser encontrado em terra ou mar. Ele pode ser do tipo associado, no qual é encontrado junto ao Petróleo, ou não associado, quando contém pouca ou nenhuma quantidade de Petróleo.

Figura 1 Reservatório de gás natural: (a) associado; (b) não associado.



Fonte: SANTANNA (2015).

A composição físico-química do gás natural bruto dependerá do tipo de matéria orgânica decomposta e das condições térmicas do campo. Além disso, outros fatores são determinantes como: localização do reservatório (campos terrestres ou marítimos, conhecidos como *Onshore* e *Offshore*, respectivamente), processos naturais a que o campo foi submetido no decorrer dos anos e geologia do solo.

O gás natural é uma fonte não renovável de energia cuja principal vantagem com relação aos demais derivados do Petróleo é a sua menor emissão de gases poluentes durante os processos de combustão, gases estes que, são prejudiciais tanto à saúde humana quanto ao meio ambiente. Esta fonte de energia possui vasta aplicação em diversos setores da economia, como por exemplo: na geração e cogeração de energia elétrica; em motores à combustão; na produção de calor, vapor ou chamas, entre outros (ANEEL, 2008).

No Brasil, com a descoberta de óleo e gás natural na Bahia, em 1947, iniciou-se seu uso na indústria desta região. Em 1980 ocorreram grandes descobertas de óleo e gás natural na Bacia de Campos, Rio de Janeiro. A distribuição para São Paulo iniciou em 1988 (NOBRESDOGRID, 2017).

De acordo com Obras (2016, p. 15),

[...] a utilização do gás natural no Brasil começou por volta de 1940. Inicialmente foi utilizado nas indústrias do Recôncavo Baiano e logo ampliou seus domínios. Primeiro para o eixo Rio-São Paulo, graças à produção na Bacia de Campos (RJ). Depois, com a implantação do gasoduto Nordeste, que liga as reservas do Rio

Grande do Norte e do Ceará ao mercado nordestino, se estendeu para outras áreas do país.

Em janeiro de 1996, o Presidente Fernando Henrique Cardoso assinou um decreto liberando o uso de GNV em qualquer veículo. Decreto nº 1.787 de 12 de janeiro de 1996. Com isso, o gás passou a ser utilizado no Brasil.

O gás natural também pode ser utilizado em automóveis, ônibus e caminhões. Neste segmento, é conhecido como Gás Natural Veicular (GNV) e oferece como principal vantagem a redução no custo por quilômetro rodado. Com um metro cúbico de GNV é possível rodar mais quilômetros do que com um litro de etanol ou gasolina – esta rentabilidade pode chegar a 50%. Se um carro médio roda na cidade cerca de 7 km com 1 litro de álcool ou cerca de 10 km se estiver usando a gasolina, ele passará a rodar no mínimo 13 km com 1 m³ de gás natural. Na hora do abastecimento, há maior segurança, pois não é possível adulterar o gás natural. (COMPAGAS, p. 40, 2017).

O gás natural tem ganhado cada vez mais espaço na matriz energética brasileira. O número de consumidores, tanto residenciais como industriais, tem crescido dia após dia. O setor tem recebido grandes investimentos com o propósito de conseguir suprir essa demanda cada vez maior. A utilização do gás natural tem sido um fator impulsionador dos setores em que ele gira em torno, o que impacta no desenvolvimento de municípios e estados. O gás natural tende a ser um dos combustíveis substitutos dos dois derivados do Petróleo (a gasolina e o óleo diesel) (GRAVINA, 2008).

1.1 GÁS NATURAL VEICULAR

O gás natural veicular (GNV) é uma mistura de hidrocarbonetos leves que, sob temperatura ambiente e pressão atmosférica, permanece no estado gasoso. É constituído predominantemente por Metano (CH₄) com teor mínimo em torno de 87%. Ele é encontrado acumulado em rochas porosas no subsolo, frequentemente acompanhado por Petróleo e constituindo um reservatório. A queima do GNV é uma das mais limpas, praticamente sem emissão de Monóxido de Carbono. Por não possuir Enxofre em sua composição, a queima do gás natural não lança compostos que produzam chuva ácida quando em contato com a umidade atmosférica, contribuindo, assim, para a melhoria da qualidade de vida da população (PETROBRAS, 2015).

O gás natural veicular surgiu como uma alternativa eficaz para reduzir a dependência do Petróleo, além de ser uma fonte menos agressiva ao meio ambiente. A utilização desse combustível reduz em 65% a emissão de gases poluentes, sendo estes responsáveis pela intensificação do efeito estufa. Outro aspecto positivo do GNV é com relação à economia financeira, visto que seu custo é inferior ao da gasolina e do álcool, além de apresentar rendimento superior: um metro cúbico de GNV é suficiente para um automóvel percorrer 13 Km, enquanto um carro a álcool percorre aproximadamente 7 Km com um litro de combustível (CERQUEIRA, 2018).

Atualmente no Brasil, a frota de veículos que usam gás natural veicular é composta de táxis, veículos leves de transporte de mercadoria, ônibus e veículos populares. A maior concentração desses veículos se encontra no estado de São Paulo e Rio de Janeiro. De acordo com o ranking de consumo energético, o setor industrial fica em primeiro lugar seguido do setor de transporte (LEROY, 2008 apud PAVANI, 2012).

A cadeia produtiva do gás natural envolve os processos de exploração, desenvolvimento, produção, processamento, transporte, armazenamento, e o processo de distribuição. A etapa de exploração abrange as pesquisas geológicas para a avaliação do potencial das acumulações de gás natural em determinado campo. Esta etapa culmina com a perfuração de um ou mais poços exploratórios para confirmar a existência do Hidrocarboneto e determinar a viabilidade comercial de exploração do campo.

A produção envolve a elevação do gás natural e o processamento primário no campo, separando o gás de outros componentes e transportando-o até a estação de tratamento ou à base de armazenamento (MARTINS, 2006). Na produção de gás é comum que uma parte seja reinjetado nos poços e a outra seja utilizado nas Unidades de Processamento de Gás Natural (UPGNs) para geração de eletricidade e vapor.

O processamento nas UPGNs é feito a separação das frações leves (Metano e Etano, que constituem o chamado gás residual) das frações pesadas (desde propano até Hexano, que são mais valorizadas comercialmente). O transporte mais utilizado é o transporte por gasoduto, no entanto existe ainda a possibilidade de transporte do gás natural nas suas formas liquefeitas ou comprimidas sendo feita por meio de veículos específicos para este fim. De forma resumida os tipos de transporte são: Gasoduto, Gás Natural Comprimido (GNC) e Gás Natural Liquefeito (GNL).

A etapa de distribuição constitui a etapa final da cadeia produtiva e pode ser feita também por gasodutos ou a granel (na forma de GNC ou GNL), chegando finalmente ao consumidor final. Nesta fase, o produto já atende às especificações da ANP e é praticamente isento de contaminantes. Em seu estado bruto, o gás natural é inodoro e por medidas de segurança exige-se a presença de substância odorante durante sua distribuição, podendo, no entanto, ser transportado sem odorização.

A utilização de gás natural permite que as empresas reduzam os custos operacionais, diminuindo gastos com a manutenção e compra de equipamentos antipoluição, além de dispensar o armazenamento. O combustível pode ser utilizado na geração de vapor, cogeração de energia elétrica, na climatização. E é justamente por isso que a expansão da oferta de gás natural no Brasil representa um fator de vantagem competitiva dentro da matriz energética brasileira visto que a sua utilização permite uma redução significativa de custos em relação a outras fontes de energia.

1.2 O GÁS NATURAL NO CENÁRIO BRASILEIRO

De acordo com Prates et al. (2016) os primeiros mercados até os anos 90 estavam concentrados em poucos estados, principalmente no Rio de Janeiro, São Paulo e Bahia. Além disso, o papel da atividade de exploração e produção de gás natural possuía caráter complementar à produção de Petróleo, visto que não se tinha o objetivo de suprir o mercado de gás, considerando as poucas aplicações existentes na época.

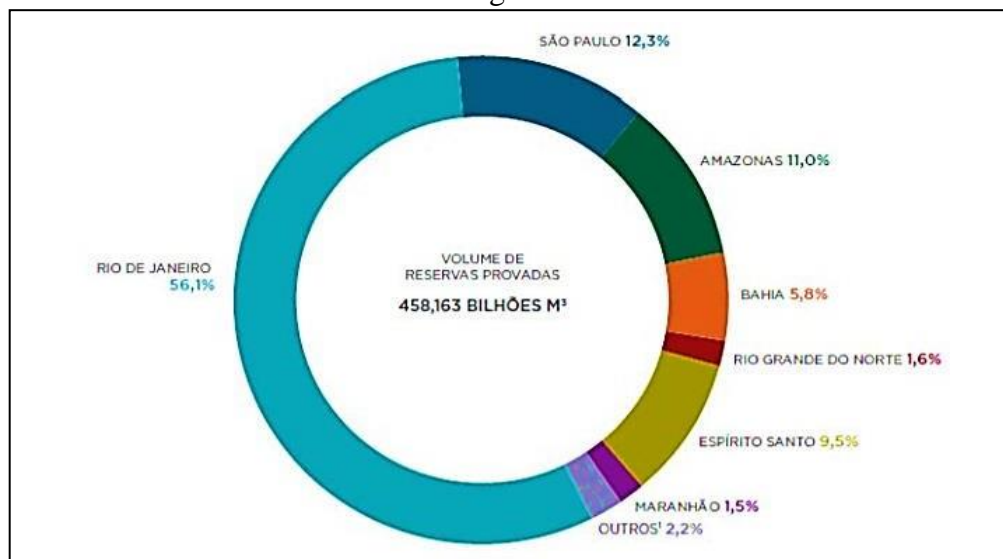
Com a criação do Gasoduto entre Bolívia e Brasil, conhecido como Gasbol, houve um aumento expressivo da utilização do gás natural na matriz energética brasileira devido às importações de gás natural boliviano. O gás boliviano tem sido importante para suprir a demanda em território nacional e tem possibilitado que o suprimento de gás natural no país seja mantido, complementando a produção nacional de forma rápida e com grandes volumes. A exploração do gás natural é feita de forma semelhante à exploração do Petróleo.

Na década de 70, ele passou a ser usado como combustível alternativo, substituindo derivados, numa tendência estimulada pelas crises internacionais que aumentaram muito os preços do óleo cru nos mercados mundiais (PETROBRAS, 2007).

Segundo o Anuário Estatístico da ANP de 2014, as reservas provadas de gás natural totalizavam 458,2 bilhões de m³, tal volume representava 54,6% das reservas totais.

Este número foi 8,6% menor que o ano anterior. A maior parte das reservas provadas do Brasil estão concentradas na Região Sudeste (estados do Rio de Janeiro e São Paulo sozinhos, totalizam juntos quase 70% do total), conforme a gráfico abaixo:

Gráfico 1 Reservas de gás natural no Brasil.



Fonte: ANP (2014).

A produção de gás natural teve acréscimo de 9,1% no ano de 2013, totalizando 28,2 bilhões de m³. A média diária de produção foi de 87,4 milhões de m³/dia, sendo que a produção marítima correspondeu a maior parcela do total produzido (73,3%).

1.3 QUESTÕES AMBIENTAIS AO USO DO GNV

Atualmente há uma grande preocupação relacionada ao meio ambiente, pois a queima de combustíveis fósseis ao longo de décadas tem causado um efeito devastador ao meio ambiente. A principal prova disso é o crescente aumento do buraco da camada de Ozônio que vem provocando grandes alterações climáticas e ambientais ao planeta. Diante desses problemas, a procura por combustíveis menos poluentes e agressivos ao meio ambiente tem se tornado cada vez mais necessária. O gás natural é a melhor opção energética frente aos outros combustíveis fósseis, pois é mais limpo e menos poluente (GRAVINA, 2008).

O GNV é considerado um combustível ecológico quando comparado com os convencionais gasolina e diesel. Isso porque o GNV apresenta uma combustão mais completa (liberando apenas Dióxido de Carbono e água) e menos emissões evaporativas em veículos automotores, que resulta diminuição de emissão de gases poluentes que degradam o meio ambiente piorando a qualidade do ar nos grandes centros urbanos (MINASPETRO, 2011)

De acordo com Almeida (2015) o gás natural se comparado aos demais combustíveis fósseis possui uma combustão mais limpa, emitindo menos poluentes nocivos ao meio ambiente e à saúde humana. Quando comparado às energias renováveis, o gás natural não é mais vantajoso ambientalmente, mas possui vantagens operacionais. Por exemplo, no caso da energia nuclear, existe o problema ambiental ainda não solucionado dos lixo radioativos gerados com o uso desse tipo de energia e nas hidrelétricas, existe a necessidade do alagamento de extensas áreas, o que implica no reassentamento de comunidades inteiras e extinção de espécies nativas da flora e fauna. Tais problemas não são encontrados ao se explorar o gás natural cujo processo de extração e produção são semelhantes ao Petróleo.

Os benefícios do GNV são conhecidos por grande parte da população. O combustível contribui para aumentar a vida útil do motor do carro, é limpo, possui queima completa na combustão, reduz a necessidade de manutenção e troca do escapamento veicular, diminui a ocorrência de corrosão nos componentes do veículo e pode ser usado em praticamente todos os tipos de automóveis e automotores, como ônibus urbanos, veículos de passeio, frotas, táxis, carros de aplicativo, veículos de carga, entre outros.

A comparação entre os veículos deve considerar além do combustível, outros fatores contribuem para as emissões. Os veículos novos que atendem a padrões mais restritivos de emissões são mais limpos que outros de fases tecnológicas de emissões anteriores. Outro fator que deve ser levado em consideração é que o total de emissões de qualquer veículo envolve os processos que vão desde produção até a distribuição. Só então são contabilizadas a emissão de poluentes do veículo em si e emissões indiretas como uso do solo (CANIS; PIROG; YACOBUCCI, 2014).

O gás natural é uma alternativa viável para a substituição em veículos movidos a gasolina ou diesel, pois além de possuir baixa presença de poluentes tóxicos e cancerígenos, emite pouco ou nenhum tipo de MP como cinza e fuligem. Almeida (2015) retrata em seu estudo uma pesquisa que foi realizada no ano de 2013 no estado

de São Paulo por onde frotas automotivas brasileiras tinham um total de aproximadamente 14,8 milhões de veículos e de acordo com Relatório de Emissões Veiculares da CETESB, foram emitidas no Estado um total de 423 mil toneladas de monóxido de carbono (CO), 192 mil toneladas NO₂, 72 mil de hidrocarbonetos não metânicos (HCNM) e 5,4 mil toneladas de MP. No Quadro 1 é possível notar a taxa de redução aproximada nas emissões, caso um veículo leve movido a gasolina fosse substituído por um veículo leve a gás natural e qual impacto isso teria para a frota do Estado de São Paulo.

Quadro 1 Redução da emissão de poluentes com a substituição da gasolina por gás natural.

	Redução das Emissões ¹ (%)	Redução das Emissões ² – Frota do Estado de SP (mil toneladas)
CO	90 - 97	380,70 - 410,30
CO₂	25	105,75
NO_x	35 - 60	67,20 - 115,20
HCNM	50 - 75	36,00 - 54,00

Fonte: Adaptado de CETESB (2015)

Com isto, nota-se que o gás natural se comparado com outros combustíveis fósseis proporciona uma redução na emissão de poluente. O Gás Natural Veicular é mais seguro do que seus concorrentes no aspecto de transporte, visto que é mais limpo e mais seguro. Pois geralmente existe uma conexão entre os pontos de onde o combustível é retirado do meio ambiente até o local onde é revendido aos postos. Quando a logística não é feita por gasodutos, ela acontece por navios metaneiros. São métodos que não poluem a atmosfera e, com isso, tornam a qualidade de vida no planeta melhor (MINASPETRO, 2011).

Devido ele ser um gás mais leve do que o ar, caso exista algum vazamento no carro, ele não acumula, o que reduz o risco de incêndios e explosões. Por fim, o combustível não influencia de forma significativa em processos como o aquecimento global e a poluição ambiental, como ocorre com o CO₂ emitido pelos combustíveis fósseis. Diante de tantas vantagens, o poder público já vem adotando medidas para estimular o uso do GNV.

1.4 QUESTÕES ECONÔMICAS AO USO DO GNV

O Gás Natural Veicular funciona por meio da ignição por centelhamento, e estes motores usam em geral a gasolina como combustível, porém no Brasil também são comuns os motores que utilizam etanol. No caso do uso do GNV, em motores concebidos para utilizar gasolina ou álcool hidratado, é comum que se opere na forma “bicomustível”, utilizando preferencialmente o GNV, porém podendo ser usado o combustível original, (gasolina ou etanol) quando necessário o for. Porém, os veículos que possuem este tipo de adaptação, podem ser provindos de fábrica, ou podem ser adaptados em oficinas credenciadas, onde sofrem um processo de conversão e passam a poder contar com a opção de utilizar o GNV como combustível (ALMEIDA, 2015).

2 METODOLOGIA

Neste capítulo será realizado o desenvolvimento metodológico com a finalidade de atingir os objetivos propostos no trabalho. Para isso, muitos estudos, análises e coletas de dados serão necessários. A proposta é realizar uma pesquisa bibliográfica, que utiliza como base a obra de outros autores sobre o mesmo tema, utilizando as seguintes bases de dados: repositório *Scientific Electronic Library Online* (Scielo), *Google Acadêmico* e o site de periódicos CAPES

2.1 MÉTODOS

A metodologia utilizada nesta pesquisa consiste em uma pesquisa bibliográfica, que utiliza como base a obra de outros autores sobre o mesmo tema, será realizada através de consulta em livros e artigos científicos, relacionados ao tema e problema central deste estudo, após sua realização os conceitos teóricos sobre os assuntos mencionados serão expostos em um tópico exclusivo (MARCONI e LAKATOS, 2003).

O estudo se desenvolverá por meio de revisão bibliográfica onde se optou pelo método de Revisão Integrativa da Literatura (RIL). Afirma Benefield (2003, p. 42) que: “a revisão integrativa tem como propósito inicial análise de pesquisas, assim como reflexões sobre a realização de futuros estudos, no qual o seu embasamento é através de estudos anteriores com a identificação de novos fenômenos para serem inclusos na revisão”.

Quanto aos objetivos classifica-se como uma pesquisa exploratória, que segundo Gil (2007) possui como objetivo proporcionar a familiaridade com o problema em questão, tornando-o mais explícito ou auxiliando na construção de hipóteses.

Segundo Fonseca (2002), a pesquisa proporciona a aproximação e compreensão da realidade que será investigada, como um processo permanente inacabado. Onde se processará através de aproximações constantes com a realidade, fornecendo subsídios para uma intervenção no real. Portanto, com relação aos procedimentos a pesquisa foi classificada como bibliográfica. Em síntese trata-se de uma pesquisa qualitativa exploratória de caráter bibliográfico.

Para a busca dos artigos foram utilizadas as seguintes bases de dados, descritas

abaixo:

- Repositório *Scientific Electronic Library Online* (SciELO);
- *Google Acadêmico*;
- Site de Periódicos CAPES.

Considerando-se os aspectos éticos, neste estudo as informações utilizadas foram devidamente referenciadas, respeitando e identificando seus autores e demais fontes de pesquisa.

2.1.1 Análise da situação atual

Na descrição da situação atual, é realizado o estudo da conversão dos motores para GNV e as características dos motores associadas a cada kit de conversão.

2.1.1.1 As Características os Motores Associadas a Cada Kit de Conversão

Conforme o Manual Técnico do DETRAN (2003), o conjunto composto por vários sistemas que utiliza um motor, tanto elétrico como de combustão interna para transformar energia em movimento, denomina-se automóvel.

O motor de combustão interna é o mais utilizado em automóveis e funciona a partir de outros sistemas. Entre os principais, pode-se citar sistema de ignição, alimentação, arrefecimento, escapamento e lubrificação. A velocidade e o sentido de deslocamento são controlados pela rotação do motor e pela caixa de marchas. Ainda englobam outros sistemas eletrônicos e comandos de indicação ao sistema de segurança do veículo, variando de acordo com cada modelo (DETRAN, 2009).

Como toda máquina, seu funcionamento necessita de manutenção para seu melhor desempenho.

2.1.1.2 Motores e kits

Na conversão do veículo para GNV, o motor é o principal envolvido na mudança. É a partir dele que são feitas todas as modificações necessárias para a utilização do novo combustível. O kit GNV envolve todo o veículo desde o acondicionamento dos cilindros de combustível até os acionamentos eletrônicos para o sistema funcionar.

Para poder instalar kit GNV em um veículo, a oficina mecânica deve ser credenciada pelo INMETRO. Segundo Oficina Brasil (2009), as oficinas credenciadas são verificadas pela rede Brasileira de Metrologia Legal e Qualidade (RBMLQ), de

acordo com critérios do RTQ 33 e do INMETRO (Portaria nº102/2002). Além desses, a oficina precisa estar em conformidade com o Instituto de Pesos e Medidas (IPEM). O credenciamento é autorizado através do Certificado de Registro do Instalador (CRI). O não cumprimento destas medidas pode levar a oficina a multas e processos civis e criminais.

2.1.1.3 Conversão de motores para gás natural

De acordo com Barbosa (1997), o gás natural e o biogás são compostos principalmente pelo gás Metano e podem ser empregados tanto para acionar motores do ciclo Diesel como do ciclo Otto. Entretanto reforça que, para cada caso, a alimentação de combustível e as taxas de combustão da mistura ar-combustível são diferentes.

Barbosa (1997) explica ainda que a conversão do motor ciclo Otto para operar como veículo bicomcombustível é a mais simples, sendo realizada mediante a incorporação de um sistema de alimentação de gás junto ao motor.

2.1.1.4 Motores de combustão interna

Segundo Oliveira Junior (1997), motores de combustão interna são dispositivos que convertem energia térmica em trabalho mecânico. Usualmente são empregados de forma veicular e de forma estacionária. Na forma veicular, aplicada em carros, caminhões, máquinas agrícolas, entre outros; e de forma estacionária, em bombas, geradores, compressores.

Seu princípio parte da combustão da mistura básica de combustível e ar, que se pode observar principalmente nos ciclos Diesel e Otto. Ainda existem os motores tipo Wankel e a turbina a gás, pouco explorados. No ciclo Diesel, a mistura é feita com a admissão de ar e a injeção de combustível. A mistura é pressurizada na câmara de combustão, e a explosão se dá pela sua compressão. A força gerada pela explosão empurra o pistão para baixo, promovendo o movimento do conjunto da árvore de manivelas que propulSIONA o sistema de transmissão do veículo ou equipamento. O ciclo Otto funciona da mesma maneira, utilizando o princípio da centelha para explodir a mistura de ar com combustível.

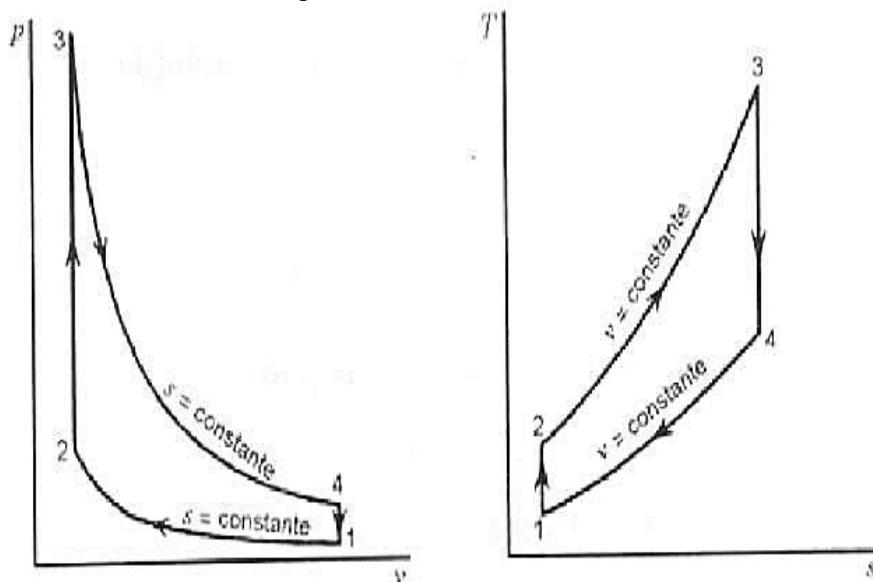
Os motores de combustão interna são a fonte de energia mais utilizada em veículos automotores. Geram energia através da conversão química contida no combustível em calor e, desse, em trabalho mecânico. A conversão de energia química

em trabalho se dá por meio da combustão, enquanto a conversão subsequente em trabalho mecânico é realizada permitindo-se que a energia do calor aumente a pressão dentro de um meio, que então realiza trabalho na medida em que se expande. O conjunto árvore/manivela converte o serviço gerado neste processo em torque (BOSCH apud SILVA, 2006, p. 24).

Motores de combustão interna utilizados em veículos leves, como é o caso da frota analisada, são do tipo ciclo Otto, ou ignição por centelha. Esse tipo de motor possibilita uma adaptação simples para o kit GNV, se comparado a motores do ciclo diesel.

Os motores ciclo Otto operam em quatro tempos, como pode ser observado através dos diagramas P-V e T-S (Gráfico 2).

Gráfico 2 Diagramas P-V/T-S ciclo Otto.



Fonte: Silva, 2006.

Segundo Silva (2006), no diagrama P-V (pressão e volume) e T-S (temperatura e entropia), pode-se observar que, no momento 1-2, acontece uma compressão isentrópica do ar quando o pistão do motor sai do ponto morto inferior (PMI) para o ponto morto superior (PMS), ou seja, há uma diminuição no volume da câmara de combustão e aumento da pressão, ao passo que a temperatura aumenta. No momento 2-3, a temperatura continua aumentando junto com a entropia. No momento 3-4, acontece uma expansão isentrópica, em que o pistão do motor vai do PMS vai do

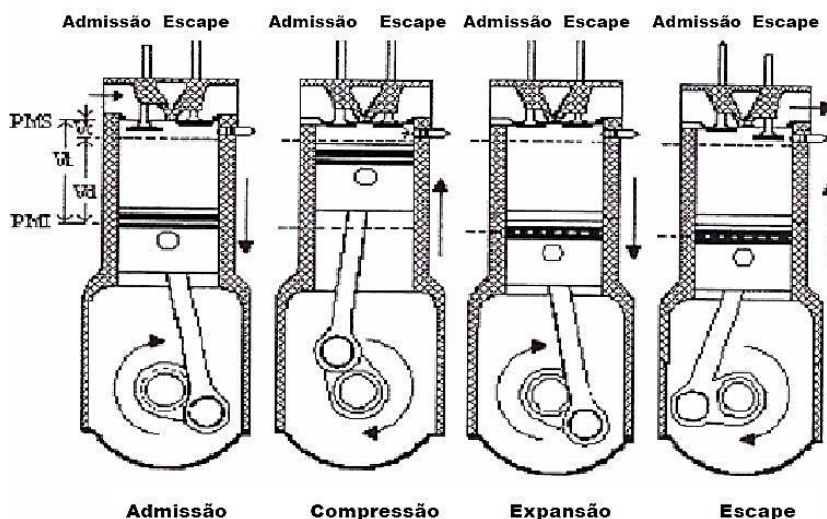
PMS para o PMI, ocorrendo um aumento de volume e diminuição da pressão. E, em 4-1, ocorre a rejeição do ar pelo escapamento do motor.

2.1.1.5 Ciclo Otto – Teoria da combustão

Segundo Oliveira Junior (1997), Beau de Rochas propôs uma sequência de operação em quatro tempos no ano de 1862, ciclo que até hoje é utilizado nos motores de ignição por centelha. Mais tarde, em 1876, Nikolaus August Otto, a partir das ideias de Beau de Rochas, construiu um motor que funcionou perfeitamente.

Em um motor de ignição por centelha convencional, o combustível e o ar são misturados no sistema de admissão e admitidos através da válvula de entrada do cilindro, sendo misturados com o gás residual e então comprimidos. Sob circunstâncias de operação normais, a combustão é iniciada durante o curso da compressão por uma descarga elétrica da vela. A seguir, desenvolve-se uma chama turbulenta, propagando-se através da mistura ar mais combustível, até alcançar as paredes da câmara de combustão para então extinguir-se (WILDNER, 2010). O sistema funciona em quatro estágios (Figura 2).

Figura 2 Demonstrativo ciclo Otto quatro tempos.



Fonte: Silva, 2006

De acordo com Silva (2006), no primeiro estágio temos a admissão dos gases, ao mesmo tempo em que o pistão se desloca do PMS para PMI, permitindo que a mistura ar-combustível entre na câmara de combustão. Em seguida inicia-se a compressão, em que a válvula de admissão se fecha, ao passo que o pistão se desloca do PMI para o PMS, comprimindo, dessa forma a mistura. Um pouco antes de o pistão chegar ao PMS, a combustão é iniciada por meio de uma centelha. A partir disso, começa o processo de expansão, em que o pistão é impulsionado para o PMI pela força da explosão da mistura. Depois disso, a válvula de escape de gases é aberta, e o pistão se desloca do PMI até o PMS, expulsando os gases gerados pelo processo.

Esse ciclo é repetido milhares de vezes por minuto dentro do motor de combustão interna a fim de gerar o trabalho necessário para que o veículo possa se deslocar.

2.1.1.6 Ciclo Otto – Teoria da combustão

Os kits instalados em veículos são compostos por diversos itens que modificam a sua estrutura original (Figura 3).

Figura 3 Sistemas de componentes do kit GNV.



Fonte: Mecânica do Beto, 2014.

Na figura acima, pode-se observar o acondicionamento dos componentes no veículo de acordo com seus respectivos sistemas. O sistema de entrada de GNV serve para controlar e dosar todo o combustível que entra na câmara de combustão, e se localiza junto ao motor do veículo. O sistema de controle manda um sinal para o sistema de entrada de GNV para que possa fazer a dosagem; localiza-se no painel e na região do motor. Cada componente tem uma função específica para o perfeito funcionamento do veículo. O cilindro é instalado geralmente

no porta-malas e serve para armazenar todo o combustível. Abaixo estão listados todos os possíveis componentes necessários para a instalação do kit GNV no veículo. Cada tipo de kit é aplicado em veículos compatíveis; sendo assim, nem todos utilizam todos os itens da lista. De acordo com COMPAGÁS (2009), os itens que compõem os kits GNV são os seguintes:

- Redutor: Reduz a pressão de gás no cilindro regulando-a em uma faixa de 200 bar até a pressão atmosférica; funciona baseado na diferença de pressão entre os meios.
- Válvula de Abastecimento: Tem múltiplas funções, além de impedir que o gás retorne à fonte de abastecimento; possibilita o corte do gás para o redutor em um possível caso de emergência ou manutenção.
- Misturadores e Injetores: O misturador de GNV influencia diretamente no bom funcionamento do veículo. Se ocorre a aplicação correta para cada tipo de veículo, pode-se evitar a perda de potência e o consumo excessivo, proporcionando um excelente funcionamento com GNV ou com combustível líquido.
- Válvula do Cilindro: é uma válvula que serve para reter o gás no cilindro, e controla a saída de gás através de uma conexão ligada à linha de alta pressão. Possui dois dispositivos de segurança, um para controlar um possível excesso de fluxo de gás, e outro para controlar um possível excesso de pressão no cilindro.
- Barra de Aterramento: Descarrega ao solo a energia estática gerada no momento do abastecimento do veículo.
- Tubulações: Para as tubulações, existem peças de aço para alta pressão e peças mais simples para baixa pressão.
- Manômetro: O manômetro tem a função de indicar e enviar sinais do nível de pressão do gás à chave comutadora instalada no painel. É instalado entre a válvula de abastecimento e o redutor de pressão.
- Chave Comutadora: Possui dois estágios de funcionamento, podendo ser manual ou automático; seleciona qual o combustível que será utilizado.
- Eletroválvula: Utilizada somente em veículos carburados, tem a função de abrir e fechar a passagem do combustível líquido. Possui sistema de fechamento manual para o caso de emergência.
- Suporte e Cilindro: O cilindro tem a função de armazenar o GNV a aproximadamente 200 bar e é fixado através de suporte, geralmente no porta-malas ou embaixo do carro, em local que seja adequado, conforme NBR 11353.
- Simulador de Bico: Faz a comunicação do kit com o sistema original do veículo. Interrompe o funcionamento dos bicos, evitando a entrada dos dois combustíveis simultaneamente.

- Simulador de Sonda Lambda: É um dispositivo utilizado em alguns casos que não usam módulo eletrônico; envia sinal de lambda (sinal que informa se a mistura está rica ou pobre para o módulo de injeção), sinal que simula o funcionamento original da sonda.
- Variador de Avanço: Mantém o perfeito funcionamento do veículo, dosando a relação AR/GNV, evitando contra-explosão, problema que pode acabar danificando componentes (como coletores e filtros de ar), e evita a perda de potência, reduzindo o consumo e a poluição ambiental.
- Módulo Eletrônico: Corrige a mistura ar/combustível, controla os atuadores e sensores, dosando a mistura enriquecendo-a ou empobrecendo-a.
- Motor de Passo: Também chamado atuador de linha, recebe sinal do circuito eletrônico ou sonda lambda para enriquecer ou empobrecer a mistura, mantendo o veículo com a dosagem de mistura ideal, evitando consumo excessivo e poluição.

Segundo Machado et al., (2007), os kits de conversão dividem-se em cinco gerações, sendo que, com o passar do tempo, aconteceram avanços tecnológicos. Assim eles foram separados por gerações:

- 1ª Geração de kit GNV é produzido para veículos carburados. O acionamento é feito por sistema pneumático para liberação de gás, e a regulagem é feita mecânica ou manualmente. A vazão do gás acontece por chave comutadora de três estágios.
- 2ª Geração de kit GNV é fabricado para veículos carburados e com injeção eletrônica. Um mesclador faz a função de alimentação do gás. Possui emuladores de bicos injetores e uma sonda lambda que serve para enviar sinais eletrônicos para o sistema de injeção.
- 3ª Geração de kit GNV é produzido para injeção eletrônica. Conta com controle eletrônico da mistura AR/GNV em função da sonda lambda, rotação e carga do motor; um motor de passo faz o acionamento eletrônico da alimentação.
- 4ª Geração de kit GNV também é produzido para injeção eletrônica e trabalha no coletor de admissão com bicos injetores de forma paralela, um redutor de pressão de dois estágios e possui dispositivo que elimina o retorno de chama.
- 5ª Geração de kit GNV foi produzido para injeção eletrônica. Conta com injeção por bicos de forma sequencial no coletor de admissão, e com redutor de pressão em dois estágios, dispositivo para eliminar o retorno de chama e possibilita o melhor desempenho do motor.

De acordo com Machado et al., (2007), os kits da 1ª e 2ª gerações são os mais utilizados, mas não atendem aos limites de emissão de poluentes. Estas opções são encontradas no mercado para conversão de veículos para utilização de GNV.

2.1.1.7 Potência

A potência pode ser definida como o trabalho realizado em uma unidade de tempo, ou seja, quanto maior for o trabalho realizado no menor intervalo de tempo, maior será a potência. Quando se fala em automobilismo, se dois veículos são iguais, mas com potências diferentes, o mais potente realizará o mesmo trajeto em menos tempo. Claro que isso não é o único fator, porém é um fator que ajuda a compreender a importância da potência (CEPRA, 2000).

Equação para definir potência:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{F \times d}{t} \quad (1)$$

Onde:

P = Potência (W = Watt)

W = Trabalho (J = Joule)

F = Força aplicada (N = Newton)

d = Deslocamento (m = Metros)

t = Tempo (s = Segundos)

2.1.1.8 Unidade da Potência

Pelo Sistema Internacional (S.I.), define-se potência utilizando a unidade Watt, representado pelo W. Normalmente é utilizado o kiloWatt, representado por kW (1 kW = 1000 W). Outra unidade muito utilizada para medir potência é o Cavalo Vapor (CV), que pode ser relacionada com a unidade Watt, e 1 CV equivale a 735,5 W (CEPRA, 2000).

2.1.1.9 Potência em veículos que utilizam kit GNV

A potência do veículo convertido para GNV está diretamente relacionada com a eficiência volumétrica do motor. O veículo convertido tem perda de potência com a utilização GNV, pois não foi projetado para trabalhar com tal combustível. Entretanto por ser muito semelhante com combustíveis líquidos, o GNV pode ser utilizado como combustível alternativo.

Segundo Maxwell (1995) apud Barbosa (1997), a potência é afetada diretamente nos motores bi combustíveis convertidos para uso de gás natural, podendo ocorrer redução da potência de até 30%; destes, 10% são decorrentes da baixa densidade do combustível gasoso.

A mistura estequiométrica do álcool é de aproximadamente 8,5 partes de ar para uma de combustível; a da gasolina, 13,5; e a do GNV, de 17 partes de ar para cada uma de combustível. Dessa forma, o gás tem maiores dificuldades em relação aos combustíveis líquidos, pois ele necessita de uma maior taxa de compressão para atingir parâmetros semelhantes aos dos combustíveis líquidos. Precisa também de um sistema mais eficiente de ignição para condução da centelha até a combustão do combustível. Em relação aos líquidos, o GNV é considerado uma mistura pobre, pois suas moléculas estão mais diluídas no ar admitido para a mistura, o que compromete a velocidade de propagação da combustão já que sua velocidade de queima é inferior, podendo chegar a ser setenta vezes menor (OFICINA BRASIL, 2009).

Para suprir algumas deficiências do combustível, foram criados componentes que aceleram e melhoram o seu desempenho. Segundo Oficina Brasil (2009), fabricantes de kits oferecem soluções, como misturadores mais eficientes, que possibilitam uma maior homogeneidade de entrada de combustível, e módulos eletrônicos que fazem a variação de avanço do gás e adiantam mais o momento da centelha.

De acordo com Maxwell (1995) apud Barbosa (1997), superalimentadores e turboalimentadores podem suprir a perda de eficiência volumétrica dos motores a gás por alterarem a pressão de admissão da mistura.

Barbosa (1997) ainda salienta outra possibilidade aplicada em veículos comerciais, que consiste em enriquecer o conteúdo de Oxigênio do ar empregado.

Maxwell (1995) Apud Barbosa (1997) afirma que, se a injeção de combustível for feita de forma direta no cilindro do motor, a perda de potência devido à queda de eficiência volumétrica pode ser eliminada por completo nos motores a gás. Este método é muito semelhante à 5ª geração de kits GNV, mas, para isso, seria necessário que o motor fosse preparado somente a trabalhar com GNV.

2.1.1.10 Torque do Motor

O torque do motor pode ser explicado como, o momento em que forças geram as rotações do motor. Ele aumenta proporcionalmente com a rotação do motor até seu nível

máximo. O cálculo do torque é feito com a força gerada pela expansão dos gases da câmara que empurram os pistões para baixo, multiplicando essa força pela distância existente entre a linha do centro do eixo de manivelas e o centro do diâmetro da biela. O torque do motor normalmente é medido utilizando um dinamômetro, tanto de bancada quanto de rolo. O torque pode ser caracterizado como mecânico, eletromagnético ou hidráulico (SILVA e COSTA, 2012).

Em motores de ciclo Otto, o torque de volante é o resultado do processo de combustão, reduzido pelo atrito dos componentes do motor, pelo torque gasto em acionamentos de acessórios e pela perda na mudança de carga em função do bombeamento. Já o torque de combustão é produzido no tempo de trabalho, podendo ser determinado pela massa de ar disponível para combustão, massa de combustível disponível e pelo instante em que a centelha da ignição induz a combustão da mistura de ar (SILVA, 2006).

2.1.1.11 *Desgaste excessivo de componentes*

Segundo Takayama (2008), quando se projeta um produto, todas as suas características são previstas, e prováveis situações testadas ou simuladas, entretanto algumas inadequações se tornam evidentes somente quando o produto é submetido a situações reais de uso. Todo desgaste excessivo de um componente se dá pelo uso incorreto do equipamento, ou por algum meio externo que possa estar atuando sobre o componente potencializando o desgaste.

De acordo com Seeling (2000), é preciso que ações sejam tomadas para conservar e restabelecer características construtivas, regulagens devem ser feitas para garantir que as características originais do equipamento sejam mantidas, visando a um nível de desempenho adequado. Para assegurar tais níveis de desempenho, a correta manutenção é essencial para o bom funcionamento do veículo convertido para GNV. Devido a diferenças entre os combustíveis gasosos e líquidos, alguns componentes merecem atenção especial.

O GNV, por ter uma taxa estequiométrica maior do que os combustíveis líquidos, tem sua ignição por centelha comprometida. De acordo com Oficina Brasil (2009), o retardo na ignição pode tornar a queima do combustível mais lenta, o que compromete o funcionamento do motor. Com a queima mais lenta, o processo fica comprometido, visto que o motor pode estar partindo para um novo ciclo, e o combustível ainda estar em processo de queima, havendo, portanto, um cruzamento dos volumes dentro da câmara de combustão. Essa ocorrência pode acarretar o fenômeno “*back fire*”, que é uma explosão no coletor de admissão. Conforme

Oficina Brasil (2009), os itens que mais influenciam no “*back fire*” são as velas e cabos de velas. Empresas especializadas estão fabricando esses componentes de forma específica, a fim de prolongar sua necessidade de reposição.

Barbosa (1997) explica que o gás natural tem sua velocidade de chama laminar menor que os outros hidrocarbonetos, o que prejudica o processo de combustão, mas pode ser corrigido com o avanço do ponto da ignição proporcionando operações com maior eficiência.

O GNV proporciona uma queima mais limpa, gerando menos resíduos na queima, que contaminam o sistema de lubrificação do motor. De acordo com Machado et. al. (2007), o óleo lubrificante não sofre contaminação por resíduos de fuligem, e os períodos de troca de óleo podem ser aumentados com base de acompanhamento laboratorial. Cita também que o GNV possui poder antidetonante, possibilitando a obtenção de maiores rendimentos sem detonação na câmara de combustão.

Da mesma forma, Barbosa (1997) destaca que o poder antidetonante do gás natural possibilita o uso de maiores taxas de compressão para se alcançar um melhor rendimento do motor, e a queima do gás natural reduz a formação de resíduos de carbono, prolongando a vida útil.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste tópico são apresentados os resultados e a discussão sobre as vantagens e impactos socioeconômicos para a sociedade, assim como o desempenho dos veículos convertidos para uso de gás natural.

3.1 VANTAGENS ECONÔMICAS DA CONVERSÃO DE VEÍCULOS PARA GNV

Segundo Said (2018) o Gás Natural Veicular costuma ser mais barato que a gasolina ou o álcool, por isso o torna tão atraente aos consumidores. Entretanto, o uso do combustível precisa ser primeiro analisado, visto que a instalação de seu Kit é cara, podendo não compensar para motoristas que dirigem pouco.

Para Junior (2014), a questão econômica pode ser avaliada considerando a frequência com que o condutor necessita do veículo no dia a dia. Por exemplo, se o condutor necessita utilizar o veículo diariamente, percorrer muita quilometragem, geralmente em trânsitos congestionados, pelos resultados de desempenho, o melhor combustível a utilizar seria um combustível gasoso, pois, apesar de ter resultados inferiores de desempenho de motor, é combustível menos poluente e que tem o menor consumo. Assim, essa perda de potência pode ser equiparada com o menor consumo e menor valor gasto por litro ou m³ de combustível.

Gallo (2017 apud Junior, 2014) confirma essa afirmação através de uma simulação, a economia com combustível pode cair para menos da metade caso a opção seja pelo GNV ao invés da gasolina. Enquanto o álcool permite uma economia mensal de 8,39% em relação à gasolina, no GNV essa economia é equivalente a 56,5%. Fábio Gallo, conclui que a economia do GNV é sempre vantajosa, desde que o proprietário do veículo fique com o carro o tempo suficiente para ao menos compensar. Para quem trabalha com aplicativos de transporte, taxistas e profissionais autônomos que circulam com o carro pela cidade com uma frequência maior, essa vantagem se torna indiscutível, já que o investimento é compensado em poucos meses.

De acordo com estudo realizado por Said (2018), o sul é a região que mais utiliza GNV. Onde a conversão cresceu 20% em Abril de 2018, em relação ao mesmo mês do ano anterior em consequência dos investimentos que o Estado faz em relação à divulgação dos benefícios do uso de GNV. Isto ocorreu devido a Companhia de Gás do Estado do Rio Grande do Sul lançar uma campanha onde os comerciantes que fizeram a adaptação de seus veículos para o uso de Gás Natural Veicular teriam bônus disponibilizados pela concessionária, além da

disponibilidade de um simulador online (Figura 4) capaz de simular em tempo real os gastos com combustível.

Figura 4 Simulador de gastos com combustível da Sulgás.



The image shows a web-based calculator interface for Sulgás. At the top, there is a blue icon of a smartphone displaying a bar chart, followed by the text "Calcule a sua economia" in orange. Below this, a question asks "Qual combustível que você utiliza atualmente?" with two buttons: "GASOLINA" and "ETANOL". The form then asks for the price per liter, average vehicle performance (km/L), and average daily kilometers. The "Informe o Preço por m³ de Gás Natural:" field is pre-filled with "3,123". An orange "Calcular" button is positioned below the input fields. At the bottom, a section titled "Sua simulação" displays "Preço por m³ de Gás Natural: R\$ 3,123".

Fonte: Sulgás (2018).

Depois de se consolidar no segmento termoeletrico, responsável por gerar cerca de 65% da energia elétrica na região, e abastecer as principais indústrias do polo industrial, o Gás Natural no Amazonas passou a ter oferta ampliada ao consumo dos Amazonenses, incluindo o GNV. São mais de 36 km de dutos distribuídos pelas vias da capital (SAID, 2018).

Para manter um perfeito funcionamento dos carros movidos à GNV é necessário abastecer em postos regularizados e procurar realizar uma conversão eficiente e segura. Atualmente na cidade de Manaus, de acordo com a Cigás (2021), há 05 postos credenciados para a venda de GNV, localizados na Avenida Constantino Nery, Torquato Tapajós, Ponta Negra e São Geraldo, por onde passa o gasoduto na cidade.

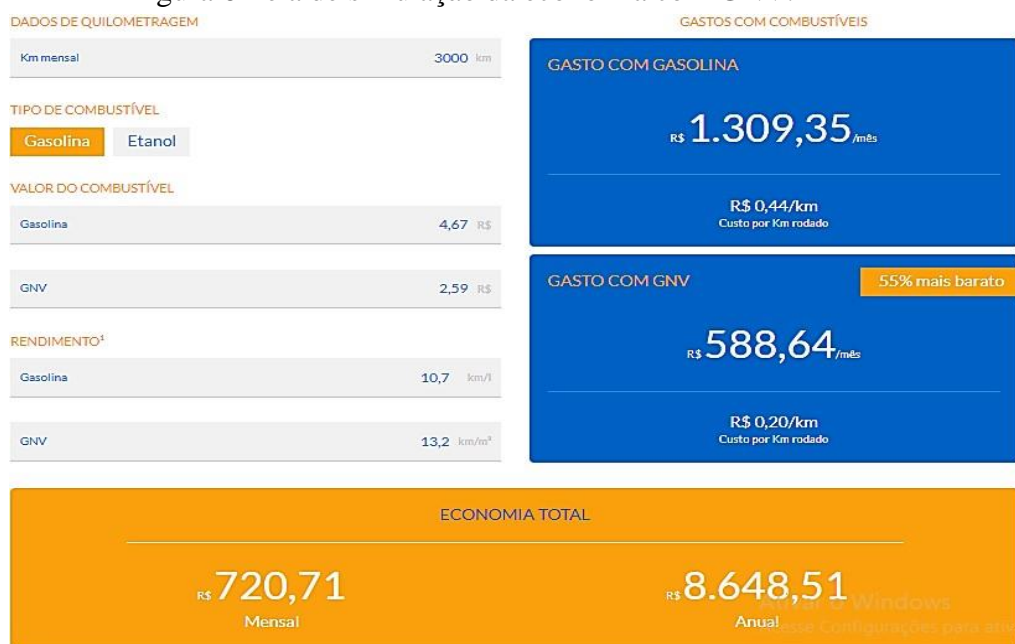
Levando em consideração o preço do GNV disponibilizado no site da Companhia de Gás do Amazonas (Figura 5), e o médio preço da gasolina, foi possível realizar uma situação hipotética, através de um simulador online, considerando um carro movido a gasolina, e o mesmo carro sendo movido à GNV, percorrendo os mesmos quilômetros rodados.

Figura 5 Preço do GNV em Manaus.

GÁS NATURAL VEÍCULAR - GNV		
Consumo (m ³)	Tarifa Ex-impostos	Tarifa Com Impostos ⁽¹⁾
	R\$/m ³	R\$/m ³
	1,8078	2,5958

Fonte: CIGÁS, 2021.

Figura 6 Tela de simulação da economia com GNV.



Fonte: GASMIG, 2021.

A Figura 6 apresenta a simulação dos ganhos comparando um carro comum movido à gasolina com média de R\$ 4,67o litro, percorrendo 3000 km mensais, considerando o consumo por combustível a 10,70 km/litro, possui um gasto mensal de R\$ 1.309,35 com custo de R\$ 0,44 por km rodado. Caso o mesmo carro, nas mesmas condições utilize o GNV com média de R\$ 2,59 o m³, considerando o consumo por combustível a 13,20 km/m³, terá um gasto mensal de R\$ 588,6 com custo de R\$ 0,20 por km rodado. De acordo com a simulação é possível visualizar

uma economia mensal de R\$ 720,71 para o carro que utiliza o GNV. Com isso a economia anual chega a R\$ 8.648,51, recuperando o valor do investimento da conversão (entre R\$ 4.500,00 e R\$ 6.000) em apenas 12 meses.

O carro movido à gasolina demonstra um gasto maior com combustível, mesmo levando em conta o kit de conversão do GNV. Mostrando que apesar dos gastos com a conversão, o GNV possui um melhor custo/benefício no mercado comparado à gasolina.

Outro estudo realizado por Bastos e Fortunato (2014), apresentam resultados que indicam que para um veículo de R\$ 50.000,00 e um consumo de combustível relativo a 4.000 quilômetros percorridos mensalmente, o valor presente líquido da conversão adiciona R\$ 20.693,77 de valor, ou seja, 41,4% do valor do veículo, sem considerar qualquer benefício de redução no IPVA e desde que não haja escassez. Considerando ocorrência de escassez de 25%, este ganho monta 31% do valor do veículo ou 416,8% sobre o valor da conversão. Essa destacada vantagem econômica tem sido refletida na grande aceitação da conversão de veículos de uso intensivo, como táxis, em grandes cidades brasileiras em que há oferta do GNV. Para esses consumidores, a perda de espaço em bagageiro em função da alocação do cilindro do GNV não chega a ser um inconveniente. O ritmo de conversão tem-se dado mesmo num contexto em que os riscos de escassez ainda são relevantes.

Corroborando com o estudo apresentado, Junior (2014) apresenta como resultado utilizando dados obtidos com condutores que utilizam o GNV e gasolina como combustíveis diários (Quadro 2), é possível comparar o desempenho de um combustível líquido com um combustível gasoso. Nessa tabela é possível observar uma redução de 69% no custo do quilômetro a ser rodado utilizando o GNV quando comparado com a gasolina.

Quadro 2 Consumo médio da gasolina e do GNV.

Combustível	Média de quilômetros rodados por litro ou m³ (km/l ou km/m³)	Valores médios do litro ou m³ (R\$)	Valor médio do quilômetro com cada combustível (R\$)
Gasolina	13,80	3,00	0,22
GNV	17,75	2,28	0,13

Fonte: JUNIOR (2014).

3.2 ANÁLISE DOS IMPACTOS AMBIENTAIS E CONTRIBUIÇÕES PARA ASUSTENTABILIDADE

Segundo a CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (2012) a poluição do ar nas áreas metropolitanas tem se mostrado uma das mais graves ameaças à qualidade de vida de seus habitantes, fato que preocupa toda a humanidade. Os veículos automotores são os principais causadores dessa poluição. Nos grandes centros urbanos das principais cidades do mundo a concentração de poluentes provenientes de gases de escapamento vem causando grandes danos à saúde.

Em estudo apresentado por PAVANI (2012), com a utilização do GNV, os níveis atingidos de poluição tendem a cair consideravelmente. A Quadro 3 apresenta as reduções nas emissões de alguns poluentes na utilização do GNV, por veículos usados relativos ao uso à gasolina e etanol.

Quadro 3 Redução de emissões de poluentes com uso de GNV em relação à gasolina e etanol.

POLUENTE	REDUÇÃO	
	GASOLINA	ETANOL
Monóxido de Carbono (CO)	91,70%	11,20%
Hidrocarbonetos (HC)	56,50%	59,30%

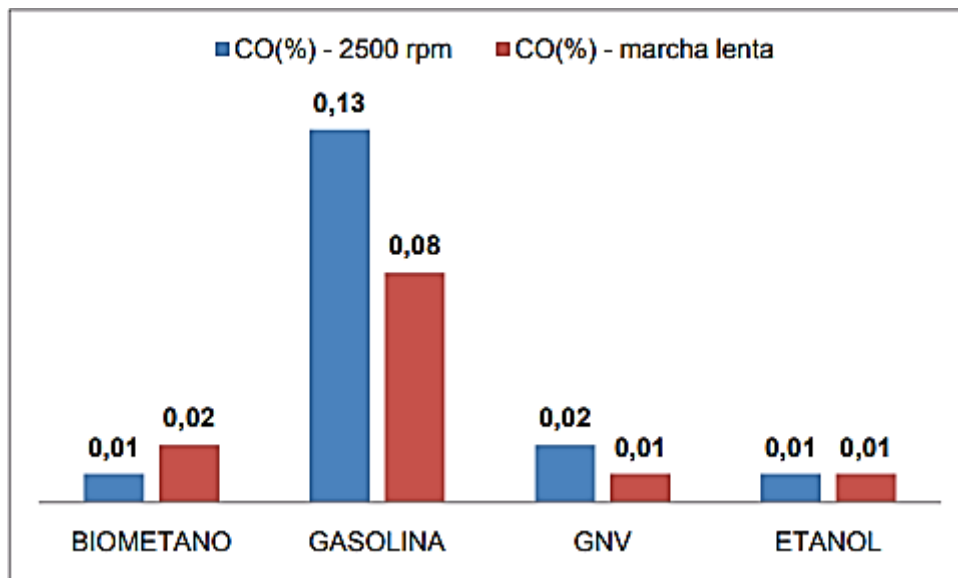
Fonte: CETESB e CTGÁS (2004, apud PAVANI, 2012).

Ele pontua em seu estudo que é possível verificar o potencial de redução de poluentes do uso do GNV, mas, para que o resultado seja efetivo é necessário que o sistema atenda as normas exigidas de instalação e manutenção. A instalação inadequada e fora dos padrões exigidos pelos órgãos competentes compromete a qualidade do ar e a segurança do usuário. Caso o consumidor busque um produto mais barato, a oficina “convertedora” não possua registro no INMETRO e seu kit de GNV não seja homologado, corre-se o risco que o veículo “convertido” de forma inadequada polua mais que seus concorrentes movidos à gasolina e etanol (PAVANI, 2012).

Para os resultados de emissões de monóxido de carbono (Gráfico 3), o biometano, o GNV e o etanol revelaram excelentes resultados, pois tiveram valores praticamente nulos,

enquanto a gasolina teve um resultado muito superior se comparado aos demais combustíveis, uma diferença em termos de porcentagem na casa dos milhares.

Gráfico 3 Resultados de emissões de Monóxido de Carbono (CO).



Fonte: JUNIOR (2014).

Ainda sobre os resultados das emissões de hidrocarbonetos, segundo Melo e Silva (2011), o GNV e o biometano deveriam apresentar índices menores nas emissões quando comparado as emissões da gasolina e etanol, isso se explica pelo fato dos combustíveis gasosos oxidarem de maneira mais eficaz os hidrocarbonetos presentes nos gases, resultando em uma queima mais limpa e menos índices de hidrocarbonetos. A emissão de hidrocarbonetos pode ser explicada por uma combustão não completa do combustível, o que pode ser consequência de algum problema mecânico ou na instalação do kit gás do automóvel Gol testado. Essa queima não completa é também uma característica dos hidrocarbonetos, assim, o resultado elevado nos ensaios de emissões dos combustíveis gasosos explicando os resultados elevados, e os diferenciando dos resultados de outros autores anteriormente mencionados.

3.3 SISTEMA DE CONVERSÃO

Para que o GNV seja usado em um veículo com motor de combustão interna se torna necessário à adoção de um sistema de conversão que possibilita o veículo funcionar com o combustível original e o gás natural. Segundo VALIENTE (2006), houve uma grande evolução técnica nos sistemas de conversão de GNV para atenderem a maior rigidez nas regulações de emissões de poluentes. Essa evolução pode ser expressa como “gerações dos kits de conversão”,

atualmente a geração mais evoluída atende as novas exigências de emissões de poluentes e se adaptam perfeitamente em veículos com injeção eletrônica multiponto. Portanto, em termos técnicos os sistemas de conversão são divididos em cinco gerações.

Segundo Pavani (2012), o Sistema de Conversão de 1º Geração é o que é instalado em motores com carburadores mecânicos. Como não possuem nenhum controle eletrônico no motor, os veículos com Sistema de Conversão do tipo Geração 1 apresentam elevados índices de emissões de poluentes e de consumo de combustível, além de prejudicar o rendimento térmico do motor. O uso desse tipo de sistema em motores com injeção eletrônica de combustível é altamente desaconselhável, já que pode prejudicar o funcionamento do motor e seu desempenho.

O Sistema de Conversão de 2º Geração é instalado em veículos com carburação mecânica e com injeção eletrônica do tipo monoponto (Possui somente um bico injetor). Apesar da maior precisão no controle da quantidade de gás natural injetada no coletor de admissão do motor, os Sistemas de Conversão de 2º Geração, também apresentam índices de emissões de poluentes e de consumo de combustível insatisfatórios, além de continuarem com o menor rendimento térmico do motor em relação aos sistemas das gerações seguintes (PAVANI, 2012).

O Sistema de Conversão de 3º Geração é utilizado exclusivamente em veículos com sistema de injeção eletrônica de combustível e conversor catalítico de gases de escape (catalizador). Por se tratar de um sistema mais moderno, essa adição de avanço de ignição melhora a eficiência da combustão aumentando o desempenho do motor. O Sistema de Conversão de 4º Geração é utilizado exclusivamente em veículos com sistema de injeção eletrônica de combustível e conversor catalítico de gases de escape. O sistema apresenta redução dos índices de emissões de poluentes e de consumo de combustível, além de aumento de torque e potência do motor em relação à geração anterior (PAVANI, 2012).

O Sistema de Conversão de 5º Geração utilizado exclusivamente em veículos com sistema de injeção eletrônica de combustível e conversor catalítico de gases de escape. Os injetores modernos que são normalmente importados conseguem ter sua vazão diferenciada para cada tipo de cilindrada de motor, isso permite uma maior qualidade na mistura injetada comparado ao uso de misturador ar-gás natural (PAVANI, 2012).

Ainda segundo Pavani (2012), os sistemas de conversão mais usados atualmente são os de 3º e 5º Gerações, o primeiro ainda usa a aspiração do motor como modo de injetar o gás

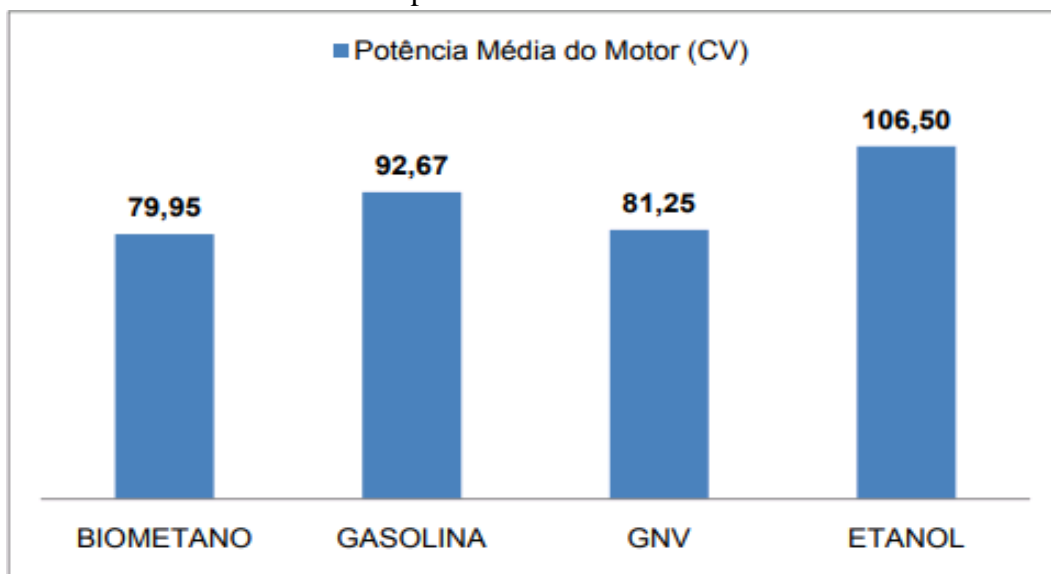
natural na câmara de combustão já o de 5^o Geração atua em todos os veículos com injeção eletrônica multiponto sequencial atendendo as novas exigências de emissões e poluentes.

Para Valiente (2006) apesar das regulamentações impostas aos convertedores através do cadastro no CAGN, uns números consideráveis de oficinas fazem instalações clandestinas fora da regulamentação exigidas pelo órgão competente. A redução no preço do sistema de conversão ou o aumento da margem de lucro põem em risco uma conversão com segurança. Ele complementa que é comum encontrar a retirada de componentes originais com certificação, ou a instalação de componentes inferiores às características dos veículos. Cada sistema de conversão foi projetado para atender as características específicas da tecnologia empregada em determinado ano do veículo. Sua alteração compromete a eficiência do sistema de conversão e a durabilidade do motor do veículo.

3.4 DESEMPENHO DOS VEÍCULOS CONVERTIDOS

Em relação ao desempenho dos veículos convertidos para gás natural comparado aos demais combustíveis, destaca-se o estudo realizado por Júnior (2014) onde seus resultados apontaram que a potência gerada no motor com cada combustível (Gráfico 4) mostrou um excelente desempenho do etanol, pois, diferentemente dos outros combustíveis testados, conseguiu manter uma similaridade nos resultados de potência de motor, mesmo com o aquecimento do conjunto mecânico do veículo. Esse aquecimento ocorreu por causa da sequência de testes realizados. Por isso optou-se por deixar o veículo esfriar por certo tempo, aproximadamente trinta minutos, e realizar novamente os testes, buscando melhores resultados. Com o aquecimento do conjunto mecânico, a gasolina, o GNV e o biometano tiveram em seus resultados valores inferiores quando comparados aos primeiros testes realizados. Foi possível detectar essa diferença quando comparados os resultados aos do etanol, que, mesmo com o aquecimento do conjunto mecânico, obteve resultados praticamente iguais durante todos os testes.

Gráfico 4 Resultados de potência média no motor do veículo.



Fonte: JUNIOR (2014).

Em seu estudo, Junior (2014) justifica que quando comparados os resultados de potência gerada no motor, o biometano, teve um desempenho muito similar ao do GNV, o que surpreendeu positivamente sua avaliação. Quanto aos resultados do GNV e biometano, o seu baixo desempenho nos resultados pode ser explicado devido à baixa velocidade de sua queima, falhas na sua combustão, menor eficiência volumétrica em relação aos combustíveis líquidos e combustão incompleta quando o combustível apresenta uma mistura pobre.

No entanto, de acordo com Gasnet (2014), como uma forma de substituir a gasolina e o etanol, o GNV possui todas as propriedades necessárias, tanto físicas quanto químicas, de que um veículo precisa para garantir seu bom desempenho, tanto em baixas rotações e sem carga quanto em baixas rotações e com muita carga. Quando bem regulado é capaz de inibir de uma forma eficaz os problemas da explosão sem que haja a adição de substâncias poluentes ao combustível.

Quando um motor é projetado para utilizar o GNV como combustível, segundo Gasnet (2014), ele opera com altas taxas de compressão (da ordem de 14/1 a 16/1), com isso ele apresenta uma eficiência térmica superior quando comparados aos motores a etanol ou gasolina. Mas devido a necessidade em conciliar o seu uso na forma de bicombustíveis nos veículos, o veículo mantém suas taxas de compressão originais, para o etanol é de 12/1 e para a gasolina é

de 8/1. Com a utilização das taxas de compressão originais, o GNV acaba sendo subutilizado e com isso acaba ocorrendo uma pequena perda de potência.

O resultado final apresentado pelo estudo de Junior (2014), demonstra que na avaliação do GNV, nos testes de desempenho do motor, ele teve seus resultados inferiores aos resultados obtidos pelos combustíveis líquidos. Nesses mesmos testes, foi possível observar muita dificuldade do veículo realizar seus testes, o que pode ser explicado pela instalação do kit ou até mesmo sua manutenção. Já para os resultados de emissões, o GNV, juntamente com o biometano, obteve os melhores resultados. A sua combustão mais limpa se comprovou nos resultados, que permitem constatar a importância do GNV como fonte alternativa de combustível veicular, pois conta com bons resultados de emissões e resultados satisfatórios de desempenho de motor, além de um custo mais baixo quando comparado aos combustíveis líquidos testados.

Ainda em comparação com os combustíveis tradicionais, gasolina e óleo diesel. Segundo Gemelli (2015), o GNV apresenta importantes vantagens técnicas, das quais são destacadas:

- Temperatura de ignição superior;
- Menor densidade do que o ar, com isso a probabilidade de ocorrência de alguma concentração na faixa de queima é reduzida;
- Não é tóxico e nem irritante em seu manuseio;
- O GNV é comercializado dentro de um alto padrão de segurança, devido a sua alta pressão de operação;
- A queima do GNV com ar em excesso é bem próxima da combustão completa, sendo assim seu produto expelido resulta em dióxido de carbono e vapor d'água. Isso inibe a formação de resíduos de carbono no motor;
- Em função de sua baixa formação de resíduos da queima e por ser seco e limpo, o GNV não se mistura e nem contamina o óleo lubrificante do motor do veículo;
- Permite um maior intervalo entre trocas de óleo lubrificante sem comprometer a integridade das partes que compõe o motor.

Em relação ao seu desempenho versus a segurança do seu uso, Gasnet (2014) complementa afirmando que os veículos convertidos para GNV, não são perigosos como muitas pessoas pensam, pois, as normas que regem as conversões são muito rígidas e seus controles são melhores dos aqueles relacionados a qualquer outra parte do veículo. Os componentes que

compõe a conversão dos veículos são testados a exaustão pelos fabricantes, com isso é possível assegurar uma elevada confiabilidade.

Silva (2000), define os limites de inflamabilidade do gás natural como sendo as porcentagens mínimas e máximas de gás combustível em composição com o ar, a partir das quais a mistura não irá inflamar-se e permanecer em combustão. O limite inferior representa a menor proporção do gás natural em mistura com o ar, este então, irá queimar sem que seja necessário aplicar uma fonte contínua de calor externa. O limite superior de inflamabilidade é a proporção de gás natural na mistura onde a combustão não pode se auto extinguir, isto é, devido ao gás natural servir como um diluente. Os limites definidos para o gás natural são de 5% do seu volume para o limite inferior e de 15% do seu volume para o limite superior.

Segundo Gasnet (2014), as normas para a construção de postos de serviços são mais severas que as empregadas na conversão dos veículos, isso garante um padrão na instalação de GNV no mínimo igual àquelas encontradas para o abastecimento dos combustíveis líquidos.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O gás natural é uma mistura de compostos leves constituídos de Carbono e Hidrogênio, que, na temperatura ambiente e sob pressão atmosférica, permanece no estado gasoso, com características para ser utilizado como combustível. Esse gás é encontrado acumulado em rochas porosas no subsolo, frequentemente acompanhado por Petróleo e constituindo um reservatório. A queima do GNV é reconhecidamente uma das mais limpas, praticamente sem emissão de Monóxido de Carbono. Por não possuir enxofre em sua composição, a queima do gás natural não lança compostos que produzam chuva ácida quando em contato com a umidade atmosférica.

No Brasil, a participação do gás natural tem aumentado bastante ao longo dos anos. Pois essa fonte energética possui vantagens econômicas e ambientais diante de outros combustíveis fósseis. Sua utilização tem se difundido no país: como combustível veicular (GNV), como matéria-prima e combustível nas indústrias, dentre outras coisas. Mas, o principal segmento consumidor de gás natural é a indústria nacional.

Foi observado que a conversão dos veículos para motor movido a GNV aumenta a vida útil do motor, por ser um combustível limpo e seco devido possuir uma queima mais completa do que os outros combustíveis. O motor movido a GNV se mantém em boas condições de limpeza e, assim, observam-se menores taxas de desgaste para um mesmo período de utilização, quando comparado com motores alimentados com combustíveis líquidos. Menor frequência na troca do escapamento do veículo, pois a queima do gás natural não provoca a formação de compostos de enxofre, diminuindo a corrosão.

Os principais benefícios do GNV são devido ser o combustível mais seguro, mais limpo e menos tóxico, quando comparado com os outros, isso ocorre devido ser mais leve que o ar, se dissipa rapidamente na atmosfera, reduzindo qualquer risco de explosão ou incêndio e também devido à sua composição, ele produz uma queima mais limpa e uniforme, portanto, é considerado de pouco impacto sobre o meio ambiente.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ABEGÁS. **Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Gás Canalizado. GNV oferece vantagens econômicas, sociais e ambientais.** 2015. Disponível em: <https://www.abegas.org.br/arquivos/71872>. Acesso em 27 de fevereiro de 2021.

ABGN. Agência Brasileira de Gás Natural. O uso de GNV em veículos. 2014. Disponível em: https://ambientes.ambientebrasil.com.br/energia/artigos_energia/o_uso_do_gn_em_veiculos_gnv.html. Acesso em 28 de fevereiro de 2021

AGAPE. Gás Natural Veicular. Disponível em: <http://gnv-agape.comunidades.net/index.php>. Acesso em: 05 de fevereiro de 2021.

ALMEIDA, C. J. Gás natural no panorama brasileiro e um estudo de caso no setor automotivo. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Estadual Paulista. Guaratinguetá, 2015.

BASTOS, S. A. P; FORTUNATO, G. Conversão de veículos flex para o gás natural: problema de escassez e contribuição à sustentabilidade. RAM, REV. ADM. MACKENZIE, 15(5) • SÃO PAULO, SP • SET./OUT. 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/ram/v15n5/07.pdf>. Acesso em: 27 de fevereiro de 2021.

CERQUEIRA, W. F. "GNV"; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/geografia/gnv.htm>. Acesso em 01 de março de 2021.

CETESB. COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. São Paulo, 2012. Emissões Proconve. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/>. Acesso em: 27 de fevereiro de 2021.

CORRÊA, J.L. O crescimento do consumo de gás natural veicular no Brasil desde os anos 90. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: http://www.econ.puc-rio.br/uploads/adm/trabalhos/files/Juliana_Lopes_Correa.pdf. Acesso em: 07 de dezembro de 2020.

FERRÉ, J.A. Estudo de caso de veículos comerciais movidos a diesel e a gás natural veicular. Faculdade de Tecnologia de Santo André. Santo André, 2019. Disponível em: <http://fatecsantoandre.edu.br/arquivos/TCC/135-Eletronica/135-TCC0046.pdf>. Acesso em: 07 de dezembro de 2020.

GEMELLI, V.J. Proposal for retrofitting in system for natural gas vehicle. 2015. 59 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Industrial Elétrica – Ênfase Automação Industrial. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

GRAVINA, F.R. O projeto Manati e o impacto na matriz energética baiana: uma análise da expansão da oferta de gás natural a partir de 2007. Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2008. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/9387/1/TCC%20FERNANDA%20ROCHA%20GRAVINA.pdf>. Acesso em: 07 de dezembro de 2020.

JUNIOR, R.L.W. Avaliação das emissões e do desempenho do motor de um veículo utilizando biometano, gás natural veicular, etanol e gasolina como combustível veicular. Centro Universitário UNIVATES. Lajeado, 2014.

MINASPETRO. GNV mais econômicos e menos poluentes. 2011. Disponível em: <http://minaspetro.com.br/noticia/gnv-mais-economico-e-menos-poluente/>. Acesso em 01 de março de 2021.

MORAIS, R.C. A experiência do gás natural veicular no Brasil: análise empírica dos efeitos de políticas de incentivo. Universidade Federal do Rio de Janeiro. RJ, 2013. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/1996/1/RCMorais.pdf>. Acesso em: 07 de dezembro de 2020. Acesso em: 07 de dezembro de 2020.

OLIVEIRA, C.R. Viabilidade técnica e econômica do uso do gás natural veicular comparado ao uso da gasolina em veículos automotores. Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG. Varginha, 2018. Disponível em: <http://192.100.247.84/bitstream/prefix/571/1/TCC%20-%20VIABILIDADE%20T%20C%20%20ECON%20MICA%20DO%20USO%20DO%20G%20%20NATURAL%20VEICULAR%20COMPARADO%20AO%20USO%20DA%20GASOLINA%20EM%20VE%20%20CULOS%20AUTOMOTORES.pdf>. Acesso em: 07 de dezembro de 2020.

PAVANI, R.H. Análise das Vantagens e Desvantagens no uso do Gás Natural em Veículos de Passeio. Monografia — Especialização em Engenharia Automotiva. Escola de Engenharia Mauá do Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, SP, 2012. PERRI, A. K. Gás natural veicular. 2017. Disponível: <http://www.centroautomotivoargeo.com.br/servicos/4/gnv--gas-natura-veicular-.html>. Acesso em 03 de fevereiro de 2021.

PETROBRAS. Gás Natural Veicular. Disponível: <https://www.br.com.br/pc/produtos-e-servicos/para-seu-veiculo/gas-natural-veicular>. 2015. Acesso em: 27 de fevereiro de 2021 SAID, P. C. Avaliação do perfil de consumo de gás natural veicular no estado do Amazonas em comparação ao consumo nacional. TCC de Graduação (Engenharia de Petróleo e Gás) – Universidade Federal do Amazonas, 2018. Disponível em: http://www.riu.ufam.edu.br/bitstream/prefix/5516/2/TCC_Paloma%20Said. Acesso em: 27 de fevereiro de 2021.

SULGÁS S < <http://www.sulgas.rs.gov.br/sulgas/veicular/simulador-veicular> > Acesso em: 01 de março de 2021.

VALIENTE, D. Análise de Viabilidade Técnica, Econômica, Ambiental e Mercadológica da Instalação Original de Fábrica de Sistema de Conversão para Uso de Gás Natural em Veículos Leves Movidos a Gasolina e/ou Álcool. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola Politécnica de São Paulo para obtenção de Título de Mestre em Engenharia Automotiva. São Paulo, 2006. 125 p.

ANTUNES, Junico et al. Sistemas de Produção: conceitos e práticas para projeto e gestão de produção enxuta. Porto Alegre: Bookman, 2008.

ARIOLI, Edir Edemir. Análise e solução de problemas: o método da qualidade total com dinâmica de grupo. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1998.

BALLESTERO-ALVAREZ, Maria Esmeralda. Gestão de qualidade, produção e operações. São Paulo: Atlas, 2010.

BARNES, Ralph Mosser. Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho. 6 ed. São Paulo: Edgar Blücher, 1977.

CAMPOS, Vicente Falconi. Gerenciamento pelas Diretrizes. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviço Ltda, 2004.

CARDOSO (2017) – Ciclo PDCA, 2017, (Consultado em 20/11/2020, <https://medium.com/@CrysFaby/ciclo-pdca-f0d37bc260e2>).

CORREA, Henrique L.; GIANESI, Irineu G.N. Just in time, MRP II E OPT: Um enfoque estratégico. São Paulo: Atlas, 1996.

CAMPOS, Vicente Falconi. TQC: controle da qualidade total (no estilo japonês). Belo Horizonte: DG, 1999.

FARIAS, Tamires Severo. **Eficiência operacional e os sete desperdícios do sistema Toyota: Estudo de caso de uma indústria de embutidos**. 2018. 60 f. TCC (Graduação) – Bacharel em Administração, Universidade de Passo Fundo, Sarandi, 2018.

FILHO, Moacyr Paranhos. Gestão da Produção Industrial. Editora IBPX: 2007. Disponível em <http://books.google.com.br/books?id=o0tfS8k_FgMC&pg=PA114&dq=ciclo+pdca&hl=pt-PT&sa=X&ei=Kp6uUbD5Moz88QTn0YcGdG&ved=0CFAQ6AEwBg#v=onepage&q=ciclo%20pdca&f=false> Acesso em: 08 nov. 2021.

FUMHAM, A.; YAZDANPANAHI, T. Personality Differences and Group Versus Individual Brainstorming. Person. individ. Diff., v. 19, n. I, p. 73-80, 1995.

FURLANI, Kleber. Estudos de Tempos e Métodos. Disponível em: Acesso em: 02 fev. 2021.

GHIATO, Paulo. Sistema Toyota de produção: mais do que simplesmente just-in-time: automação e zero defeitos. Caxias do Sul: EDUCS, 1996.

HANSEN, Robert C. Eficiência global dos equipamentos: uma poderosa ferramenta de produção e manutenção para o aumento dos lucros. Porto Alegre: Bookman, 2006.

HOUAISS, A. Dicionário Houaiss da língua portuguesa. São Paulo: Objetiva, 2001.

JOHANSSON, Charles Natan Dinarel. **Gestão da Produção Industrial: Sistematização da Produção Industrial**. TCC (Graduação) - Bacharel de Administração, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Panambi, 2015.

KASSAI, S. Utilização da Análise por Envoltórias de Dados (Dea) Na Análise de Demonstrações Contábeis. Tese(doutorado) Faculdade de Economia e Arquitetura - FEA - da USP. São Paulo, 2002

KOZYREFF FILHO, E.; MILIONI, A. Z. Um método para estimativa de metas DEA. Revista Produção. v. 14,n. 2, 2004.

KOHN, N. H.; PAULUS, P. B. CHOI, Y. Building on the ideas of others: An examination of the idea combination process. Journal of Experimental Social Psychology, v. 47, p. 554–561, 2011.

LUPPI, Denise e ROCHA, Renata Araújo. SEBRAE. Praticando Qualidade. 2 ed. 1998.

MARIANO, E.B.; ALMEIDA M.R. ; REBELATTO D.A.N. Princípios Básicos para uma proposta de ensino sobre análise por envoltória de dados. In: XXXIV Congresso Brasileiro de Ensino em Engenharia (COBENGE), Passo Fundo. Anais, 2006.

MARTINS, P.G.; LAUGENI, F.P. Administração da Produção. São Paulo: Saraiva, 2005.

MELLO J. C. B. S. et. al. Curso de Análise de Envoltória de Dados. In: XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional – SBPO, Gramado, Anais, 2005.

MEIRELES, Manuel. Ferramentas administrativas para identificar, observar e analisar problemas: organizações com foco no cliente. São Paulo: Arte e Ciência, 2001.

NIJSTAD, B. A.; DE DREU, C. K. W. Creativity and Group Innovation. International Association for Applied Psychology, p. 400-4006, 2002.

NEGREIROS, Raquel Ferreira de; LIMA, Roberta Nayhane de. Projeto de Engenharia de Métodos Numa Fábrica de Sorvetes. Seprone – Simpósio de Engenharia de Produção da Região Nordeste, v. 01, p.1 – 11, 2011.

OHNO, Taiichi. O sistema Toyota de Produção: Além da produção em larga escala. Tradução por Cristina Schumacher. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

PLENTZ, Marcelo. ESTUDO DE CASO PARA MELHORIA DE EFICIÊNCIA PRODUTIVA. DE LINHA DE PRODUÇÃO EM UMA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS. 2013. 77 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Centro Universitário Univates, Lajeado, 2013.

PAULUS, P. B.; DZINDOLET, M. T. Social Influence Processes in Group Brainstorming. Journal of Personality and Social Psychology, v. 64, n. 4, p. 575-586, 1993.

PEINADO, Jurandir; GRAEML, Alexandre Reis. Administração da produção: operações industriais e de serviços. Curitiba: UnicenP, 2007.

ROTONDARO, Roberto G (Coord.). Seis sigma: estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços. São Paulo: Atlas, 2002.

SHINGO, Shigeo. Sistemas de Produção com Estoque Zero: Do ponto de vista da engenharia de produção. Tradução por Lia Weber Mendes. 2. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

SILVA, Leonardo David de Mattos. **Redução de Custos de Produção na Indústria Automotiva por Meio de Kaizen Identificando no Mapeamento do Fluxo de Valor**. 2016. 61 f. TCC (Graduação) –Bacharel em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2016.

SATURARI, Raul. Brainstorming. Disponível em: <<http://diegopiovesan.files.wordpress.com/2010/07/brainstorming.pdf>>. Acesso em: 05 fev. 2021.

VIVIANE, Tavares(2006). Caracterização e Processamento de Telas de Cristal Líquido Visando a Reciclagem. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais. São Paulo, 2006.