

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ENERGIA

TAINARA REGINA CERUTTI TORRES

**APLICAÇÃO DA MISTURA GASOLINA-BUTANOL EM UM MOTOR DE  
COMBUSTÃO INTERNA CICLO OTTO**

Dourados

2018

TAINARA REGINA CERUTTI TORRES

**APLICAÇÃO DA MISTURA GASOLINA-BUTANOL EM UM MOTOR DE  
COMBUSTÃO INTERNA CICLO OTTO**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado a Faculdade de Engenharia da Universidade Federal da Grande Dourados como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharela em Engenharia de Energia.

Orientador: Prof. Me. Antonio Carlos Caetano de Souza

Dourados

2018

TAINARA REGINA CERUTTI TORRES

**APLICAÇÃO DA MISTURA GASOLINA-BUTANOL EM UM MOTOR DE  
COMBUSTÃO INTERNA CICLO OTTO**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado na Universidade Federal da Grande  
Dourados como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharela em Engenharia de  
Energia.

Aprovado em: 01 de março de 2018.



---

Antonio Carlos Caetano de Souza – UFGD (orientador)

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).**

T693a Torres, Tainara Regina Cerutti

APLICAÇÃO DA MISTURA GASOLINA-BUTANOL EM UM MOTOR  
DE COMBUSTÃO INTERNA CICLO OTTO / Tainara Regina Cerutti Torres --  
Dourados: UFGD, 2018.

90f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Antonio Carlos Caetano de Souza

TCC (Graduação em Engenharia de Energia) - Faculdade de Engenharia,  
Universidade Federal da Grande Dourados.

Inclui bibliografia

1. Butanol. 2. Mistura gasolina-butanol. 3. Emissões. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

**©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.**

Dedico este trabalho à minha família,  
em especial, aos meus pais.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por ser essencial em minha vida e ter me dado saúde e força para superar todas as dificuldades.

Aos meus pais, pelo amor, incentivo e apoio incondicional. Por acreditar e investir em mim e não medirem esforços para que eu chegasse até esta etapa da minha vida. E também ao meu irmão por nunca deixar de demonstrar seu afeto e admiração, o que me motivou a sempre seguir em frente.

Ao meu esposo, por estar sempre ao meu lado, sendo carinhoso, paciente e me trazendo paz durante as inquietações que vivi em cada etapa.

Agradeço ao meu orientador pelo empenho dedicado à elaboração deste trabalho.

Agradeço a todos os professores do curso, pela importância que tiveram na minha vida acadêmica. Sou grata pelo empenho dentro e fora da sala de aula para proporcionar o conhecimento e contribuir para um melhor aprendizado.

Gostaria de deixar registrado meu agradecimento a universidade pela oportunidade de realizar este curso e por todas as ferramentas que permitiram concluir esse ciclo de maneira satisfatória.

Enfim, a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para que este trabalho fosse realizado.

“Se não podes entender, crê para que entendas.  
A fé precede, o intelecto segue”.

Aurélio Agostinho

## RESUMO

O Butanol é um álcool de origem não-renovável que possui aplicações diversas na indústria química em geral. No entanto, diversas pesquisas têm sido desenvolvidas no Brasil visando à produção de biobutanol, isto é, o butanol de origem renovável, além da sua utilização em motores ciclo Otto. O butanol é uma alternativa potencial ao etanol e oferece muitos benefícios, incluindo um maior poder calorífico e menor calor latente de vaporização. Também tem um maior índice de cetano, menor corrosividade e é menos propenso à absorção de água do que o etanol, o que permite que ele seja armazenado e transportado usando a mesma infraestrutura da gasolina. Este trabalho tem como intuito avaliar o impacto da adição do butanol à gasolina no consumo de combustível e nas emissões do motor assim como discutir a viabilidade de abastecer motores de combustão interna com a mistura. A metodologia adotada consistiu de ensaios experimentais realizados em um motor ciclo Otto operando com misturas de butanol e gasolina tipo A em diferentes proporções (Bu00, Bu10, Bu50 e Bu100), e com variação de carga (0,35 kW; 0,70 kW e 1,05 kW). Em relação aos resultados, a adição de butanol à gasolina apresentou vantagens devido à diminuição do consumo específico na carga mínima e intermediária, que está diretamente ligado à eficiência do motor. Além disso, o aumento de butanol na mistura aumenta a emissão de CO<sub>2</sub> e diminui a de SO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>.

Palavras-chave: Butanol. Mistura gasolina-butanol. Emissões.



## ABSTRACT

Butanol is a non-renewable alcohol that has various applications in the chemical industry in general. However, several researches have been developed in Brazil aiming at the production of biobutanol, that is, butanol of renewable origin, in addition to its use in Otto cycle engines. Butanol is a potential alternative to ethanol and offers many benefits including a much higher heating value and lower latent heat of vaporization. It also has a higher cetane number, less corrosive and less prone to water absorption than ethanol, which allows it to be stored and transported using the same gasoline infrastructure. This work aims to evaluate the impact of the addition of butanol to gasoline on fuel consumption and engine emissions and also to discuss the feasibility of supplying internal combustion engines with the blend. The methodology adopted consisted of experimental tests performed on an Otto cycle engine operating with butanol-gasoline type A blends in different proportions (Bu00, Bu10, Bu50 and Bu100), and with load variation (0.35 kW, 0.70 kW and 1.05 kW). Regarding the results, the addition of butanol to gasoline presented advantages due to the reduction of the specific consumption in the minimum and intermediate load, which is directly related to the efficiency of the engine. In addition, the increase of butanol in the blend increases CO<sub>2</sub> emissions and decreases that of SO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub>.

Keywords: Butanol. Gasoline-butanol blend. Emissions.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Os quatro tempos do motor ciclo Otto.....	16
Figura 2 - Estrutura molecular dos isômeros do butanol.....	29
Figura 3 - Produção do butanol pelo processo oxo .....	37
Figura 4 - Esquema do processo global para a produção de acetona, butanol e etanol a partir de materiais lignocelulósicos.....	39
Figura 5 - Esquema de montagem do aparato experimental .....	42
Figura 6 - Diagrama ternário para o sistema gasolina-etanol-água .....	44
Figura 7 - Diagrama ternário para o sistema gasolina-etanol-água com intersecção de paralelas .....	46
Figura 8 - Obtenção da gasolina tipo A com o auxílio de um funil de separação .....	47
Figura 9 - Análise do comportamento da potência efetiva pela carga demandada .....	49
Figura 10 - Análise da rotação em função da potência efetiva para as misturas Bu00, Bu10, Bu50 e Bu100 .....	50
Figura 11 - Análise do consumo específico em função da potência efetiva para as misturas Bu00, Bu10, Bu50 e Bu100.....	51
Figura 12 - Emissões de NO <sub>x</sub> em função da potência efetiva para as misturas Bu00, Bu10, Bu50 e Bu100 .....	52
Figura 13 - NO <sub>x</sub> em função da temperatura dos gases de exaustão .....	52
Figura 14 - Emissões de CO <sub>2</sub> em função da potência efetiva para as misturas Bu00, Bu10, Bu50 e Bu100 .....	53
Figura 15 - Emissões de SO <sub>2</sub> em função da potência efetiva para as misturas Bu00, Bu10, Bu50 e Bu100 .....	54
Figura 16 - Emissões de CH <sub>4</sub> em função da potência efetiva para as misturas Bu00, Bu10, Bu50 e Bu100 .....	55

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Limites máximos de emissão de poluentes para veículos leves de passageiros.....	28
Tabela 2 - Dados sobre os isômeros do butanol .....	30
Tabela 3 - Comparação entre as propriedades básicas do Etanol, n-Butanol e Gasolina.....	31
Tabela 4 - Dados técnicos do motor .....	40
Tabela 5 - Dados técnicos do gerador .....	40
Tabela 6 - Medidas e precisões dos instrumentos .....	41

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
1.1 JUSTIFICATIVA .....	12
1.2 OBJETIVOS.....	13
1.2.1 <i>Objetivo geral</i> .....	13
1.2.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	13
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	14
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>15</b>
2.1 MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA - CICLO OTTO .....	15
2.2 COMBUSTÍVEIS UTILIZADOS EM MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA .....	17
2.2.1 <i>Propriedades dos combustíveis para utilização em motores ciclo Otto</i> .....	20
2.2.2 <i>Gasolina combustível</i> .....	22
2.2.3 <i>Etanol</i> .....	23
2.3 A EFICIÊNCIA TÉRMICA E O CONSUMO ESPECÍFICO DE COMBUSTÍVEL.....	25
2.4 EMISSÕES DE GASES PELOS MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA .....	26
2.5 BUTANOL.....	28
2.5.1 <i>Isômeros do butanol</i> .....	29
2.5.2 <i>Butanol como combustível veicular</i> .....	31
2.5.3 <i>Combustão do butanol</i> .....	33
2.5.4 <i>Produção de butanol mineral</i> .....	36
2.5.5 <i>Biobutanol</i> .....	37
2.5.5.1 <i>Processo de obtenção industrial</i> .....	38
<b>3 APARATO EXPERIMENTAL.....</b>	<b>40</b>
<b>4 METODOLOGIA .....</b>	<b>43</b>
4.1 COMBUSTÍVEL.....	43
4.1.1 <i>Gasolina</i> .....	43
4.1.1.1 <i>Diagrama de fases ternárias</i> .....	44
4.1.2 <i>Butanol</i> .....	45
4.2 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL.....	45
4.2.1 <i>Preparo das misturas</i> .....	45
4.2.1.1 <i>Obtenção da gasolina tipo A</i> .....	45
4.2.2 <i>Ensaio com o motor</i> .....	48
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>49</b>
<b>6 CONCLUSÕES .....</b>	<b>56</b>
6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	57
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>58</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>62</b>
ANEXO I - FICHA DE INFORMAÇÕES DE SEGURANÇA DE PRODUTO QUÍMICO – FISPQ DA GASOLINA A.....	62
ANEXO II - FICHA DE INFORMAÇÕES DE SEGURANÇA DE PRODUTO QUÍMICO – FISPQ DA GASOLINA COMUM C.....	74
ANEXO III - FICHA DE INFORMAÇÕES DE SEGURANÇA DE PRODUTO QUÍMICO – FISPQ DO N-BUTANOL .....	86

## 1 INTRODUÇÃO

Combustíveis de motores de combustão interna têm sido estudados há mais de um século. Inúmeras pesquisas são realizadas nessas áreas, indicando assim um avanço importante nos conhecimentos e estudos dos fenômenos da combustão em motores. O desenvolvimento de tecnologias aplicadas em motores de combustão interna propiciou resultados como aumento de potência específica, aumento da durabilidade do motor, redução de consumo específico de combustível, diminuição das emissões de poluentes e aumento da eficiência de conversão de combustível.

Nesse mesmo contexto, ocorreu a introdução de tecnologias que tornaram os motores capazes de trabalhar com mais de um tipo de combustível, propiciando aos usuários a possibilidade de utilizar um combustível de acordo com uma finalidade específica, seja por menor custo, maior autonomia, melhor desempenho ou por ser um combustível menos agressivo ao meio ambiente (CARVALHO, 2011).

Vários tipos diferentes de combustíveis podem operar em motores de combustão interna. O caráter do combustível utilizado pode ter considerável influência sobre o projeto do motor e sua potência, além dos seus rendimentos obtidos, seu consumo e, em muitos casos, confiabilidade e durabilidade do motor.

No mercado atual, devido ao aumento das restrições às emissões de poluentes, é acelerada não apenas a corrida pelo aumento de qualidade e redução de custo dos combustíveis, como também o desenvolvimento de novas fontes alternativas de combustíveis para serem utilizadas em motores de combustão interna. Devido à necessidade de cumprir as metas de redução de emissões previstas pelo Protocolo de Kyoto que entrou em vigor obrigando os países a colocar em prática medidas para reduzir o consumo dos combustíveis fósseis, a produção de combustíveis renováveis ganhou um destaque especial no mundo (FERNANDES, 2017).

Uma das muitas soluções estudadas para reduzir as emissões é a mistura do etanol à gasolina. A indústria automobilística, por exemplo, vem buscando incessantemente o desenvolvimento de motores mais potentes, porém com menores emissões nocivas ao meio ambiente e que sejam cada vez menos dependentes dos derivados do petróleo.

O butanol é um tipo de álcool que recentemente recebeu interesse renovado como uma potencial alternativa verde aos combustíveis de petróleo. Embora o poder calorífico do butanol não seja tão grande quanto o da gasolina, é maior que o do etanol. Isso significa que os motores que queimam misturas de butanol com gasolina devem fornecer mais energia e/ou menos consumo de combustível do que misturas com etanol. O butanol é um combustível oxigenado, o que significa que, como o etanol, ajudará a reduzir a quantidade de monóxido de carbono no escape do motor (STOMBAUGH, 2011).

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Depois da conscientização de que não era mais possível a obtenção de petróleo a preços tão baixos, que pudessem beneficiar as nações, principalmente as industrializadas, e que esta fonte de formação fóssil em breve espaço de tempo estaria esgotada, vários países começaram a procurar fontes alternativas que pudessem vir a substituí-lo. Como cita Penido Filho (1981), para o Brasil, entre todas as soluções cogitadas para substituir a gasolina, a curto prazo, a que foi considerada mais viável e mais econômica, segundo os centros de pesquisa do governo e as indústrias automobilísticas, foi o álcool proveniente da bioconversão, isto é, do aproveitamento da energia solar acumulada pela fotossíntese das plantas.

Vários são os fatores que levam uma região ou um país a dispor de uma ou mais opções energéticas para veículos. Podem-se citar questões ambientais, disponibilidade e afinidade tecnológica, incentivos fiscais, legislação, facilidades ligadas ao suprimento de uma determinada fonte de energia, fatores derivados da logística da distribuição da própria fonte de energia, fatores técnicos vinculados ao desempenho e a aplicação do veículo, entre outros.

À medida que o biodiesel se tornou o principal biocombustível para motores de ignição por compressão, o bioetanol parece ser o mais propício para ser usado como alternativa para motores de combustão interna ciclo Otto, como combustível ou em mistura. No entanto, existem biocombustíveis que podem ser uma alternativa viável ao etanol e oferece várias vantagens sobre o mesmo.

O butanol é o combustível escolhido para ser estudado neste trabalho, pois é uma alternativa potencial ao etanol e oferece muitos benefícios, incluindo um poder calorífico maior e menor calor latente de vaporização. Também é menos corrosivo e menos propenso à absorção de água do que o etanol, o que permite que ele seja armazenado e transportado usando a mesma

infraestrutura da gasolina. Pode ser obtido por meio de uma fonte de energia renovável, onde passa a ser chamado de biobutanol, e utilizá-lo como combustível acarreta a diminuição das emissões geradas.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo geral

O objetivo deste trabalho é avaliar a influência da adição de butanol em gasolina tipo A (pura) no desempenho de um motor de combustão interna ciclo Otto sem modificações estruturais no motor, e comparar o desempenho do mesmo motor funcionando somente com gasolina. O intuito é caracterizar e analisar o desempenho de um motor de ciclo Otto quanto ao seu consumo específico de combustível, à sua eficiência térmica e emissões específicas de gases.

### 1.2.2 Objetivos específicos

A fim de alcançar o objetivo geral estabeleceram-se os seguintes objetivos específicos:

- Preparar os combustíveis para serem utilizados durante os ensaios e definir as proporções da mistura a serem estudadas;
- Instrumentar e estudar o funcionamento de um motor de combustão interna Ciclo Otto;
- Levantar dados de consumo de combustível e emissões de gases obtidos durante os ensaios;
- Avaliar o desempenho do motor para as diferentes proporções do combustível e compará-las;
- Estabelecer a melhor proporção dos componentes da mistura para se obter as características e propriedades utilizáveis no motor.

### 1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

A estrutura dessa dissertação foi dividida em capítulos para apresentação do conteúdo proposto. O trabalho é, então, composto por 6 (seis) capítulos.

- Capítulo 1 – Introdução: aborda sucintamente o assunto que será tratado no decorrer do trabalho, assim como os objetivos gerais e específicos que se pretende atingir.

- Capítulo 2 – Revisão Bibliográfica: encontram-se os conceitos teóricos e dados da literatura que devem ser levados em consideração durante a análise que será realizada nesse trabalho. Esses conceitos estão relacionados ao princípio de funcionamento e características dos motores de combustão interna e propriedades de combustíveis como gasolina, etanol e butanol.

- Capítulo 3 – Aparato Experimental: apresenta um resumo explicativo de todo o material e equipamento instrumental utilizado para a realização dos ensaios e testes dos motores e combustíveis, descrevendo suas especificações e precisões.

- Capítulo 4 – Metodologia: apresenta detalhadamente os procedimentos adotados para a obtenção de gasolina tipo A, o preparo das misturas de combustíveis, com suas devidas proporções, e para os ensaios realizados com o motor ciclo Otto.

- Capítulo 5 – Resultados e Discussão: apresenta os resultados obtidos a partir dos ensaios experimentais e a discussão e análise destes resultados por meio de gráficos e tabelas para melhor visualização do que está sendo apresentado.

- Capítulo 6 – Conclusões: traz as principais conclusões encontradas com o desenvolvimento da pesquisa, além de apresentar sugestões para trabalhos futuros. Na seqüência, são apresentadas as Referências Bibliográficas usadas no trabalho e os anexos.



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

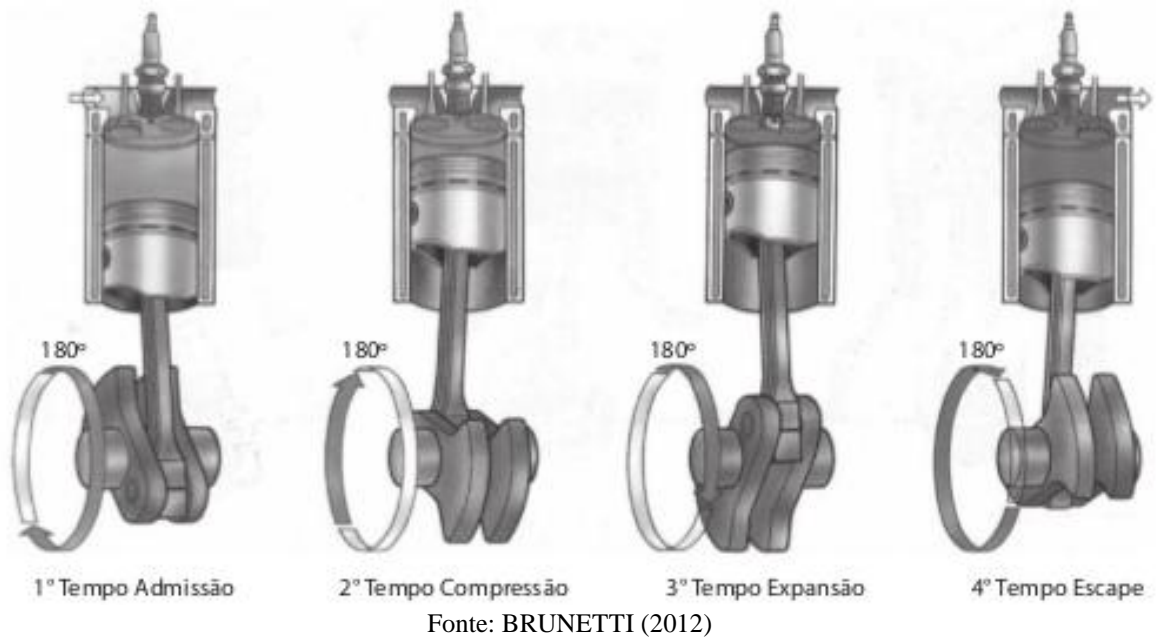
Este capítulo discute os temas principais ligados à pesquisa, com base na literatura científica. Os temas abordados são ligados a motores de combustão interna, definições e características dos combustíveis utilizados em motores ciclo Otto dando ênfase no combustível em estudo, isto é, o butanol.

### 2.1 MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA - CICLO OTTO

A grande maioria dos veículos automotivos utiliza motores de combustão interna, que podem ser definidos como máquinas que utilizam a combustão para converter a energia química contida em um combustível em energia mecânica. Os dois tipos de motores de combustão interna mais importantes são o motor ciclo Otto, cuja nomenclatura característica deste tipo de motor é IC, isto é, Ignição por Centelha e os motores ciclo Diesel, que caracterizam-se pela ignição por compressão.

Nos motores de ciclo Otto ou motores de ignição por centelha, a mistura ar-combustível é admitida, previamente dosada ou formada no interior dos cilindros quando há injeção direta de combustível e inflamada por uma faísca que ocorre entre os eletrodos de uma vela (BRUNETTI, 2012). Estes motores funcionam segundo um ciclo mecânico de quatro tempos, onde cada tempo corresponde a um deslocamento angular de  $180^\circ$  do virabrequim, como mostra a Figura 1.

Figura 1 - Os quatro tempos do motor ciclo Otto



Os quatro tempos do motor de combustão interna ciclo Otto, apresentados na Figura 1, são denominados de admissão, compressão, expansão e escape e são descritos a seguir:

- Tempo de Admissão: O pistão desloca-se do ponto morto superior ao ponto morto inferior. Neste movimento o pistão da origem a uma sucção (depressão) que causa um fluxo de gases através da válvula de admissão que se encontra aberta. O cilindro é preenchido com mistura combustível-ar nos motores de injeção direta do combustível.
- Tempo de Compressão: Fecha-se a válvula de admissão e o pistão desloca-se do ponto morto inferior para o ponto morto superior, comprimindo a mistura. Todo o volume aspirado no tempo anterior agora está pressurizado na câmara de combustão finalizando o segundo tempo e completando uma volta completa do virabrequim 360°.
- Tempo de Expansão: No motor de ignição por centelha, nas proximidades do ponto morto superior, é gerada a faísca que promove a ignição da mistura. A combustão provoca um grande aumento da pressão, o que permite “empurrar” o pistão para o ponto morto inferior, de tal forma que o fluido ativo sofre um processo de expansão. Esse é o processo que realiza o trabalho positivo (útil) do motor.

- Tempo de escape: Com a válvula de escape aberta, o pistão desloca-se do ponto morto inferior ao ponto morto superior, “empurrando” os gases queimados para fora do cilindro, para reiniciar o ciclo pelo tempo de admissão.

Os motores de combustão interna de ciclo Otto possuem algumas características peculiares, devido ao regime de operação inicialmente baixo, com um mínimo de torque disponível. Com o aumento da rotação, o torque aumenta, chegando ao seu máximo valor, que posteriormente vai reduzindo até que a rotação atinja o máximo. A potência, nesta mesma linha de raciocínio, inicia-se em um valor baixo, tendendo a aumentar em função da rotação e depois decresce novamente, quando a rotação de torque máximo é mais baixa que a rotação da potência máxima (FERNANDES, 2012).

Os motores de combustão interna são dotados de um sistema de alimentação de combustível cuja função é fornecer a quantidade de combustível adequada para formação de uma mistura ar/combustível que possa ser eficientemente queimada, melhorando dessa forma o torque, o consumo de combustível e os níveis de emissões de poluentes, para todos os regimes de funcionamento do motor.

## 2.2 COMBUSTÍVEIS UTILIZADOS EM MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

Os combustíveis são responsáveis em fornecer ao motor a energia química, que através do processo de combustão é convertida em energia mecânica. Assim, as características dos combustíveis têm uma significativa influência nos parâmetros de projeto, eficiência, índices de desempenho, confiabilidade e durabilidade do motor.

Algumas razões para se testar a viabilidade do uso de combustíveis tipicamente usados em motores de ignição por centelha são a possibilidade de diminuir alguns dos poluentes gerados, aumentar o emprego de combustíveis de origem renovável e, também, por questões econômicas e estratégicas do país. Por estas razões os combustíveis têm sido objeto de estudo desde a invenção dos motores de combustão interna (RODRIGUES FILHO, 2014).

Os combustíveis utilizados em motores de combustão interna, em sua maioria, são compostos por hidrocarbonetos. Podem ser originados de fontes minerais, vegetais ou animais. De fontes minerais, aparecem os derivados do petróleo, como óleo diesel, gasolina, querosene e alguns combustíveis gasosos. De fontes vegetais, aparecem o álcool combustível (etanol) e os variados tipos de biodiesel que podem ser originados de diversas plantas oleaginosas. Da

decomposição de lixo orgânico e do estrume de animais, pode-se obter também o biogás, através da utilização de biodigestores. Combustíveis de origem animal podem ser obtidos através da gordura, como é o caso do biodiesel de sebo bovino (CARVALHO, 2011).

No Brasil, como mostra o Balanço Energético Nacional (BEN, 2016), a participação na oferta de energia interna de fontes não renováveis representou 58,8% em 2015, abaixo dos 60,6% registrados em 2014. Parte desta queda foi influenciada pelo comportamento da oferta interna de petróleo e derivados, que retraiu 7,2% no período, em consequência do superávit nos fluxos de exportação e importação destas fontes energéticas. Por outro lado, a oferta interna de energia renovável subiu de 39,4% para 41,2% no mesmo período.

De acordo com a ANP (2017b) cerca de 45% da energia e 18% dos combustíveis consumidos no Brasil já são renováveis. No resto do mundo, 86% da energia vêm de fontes energéticas não renováveis. O Brasil alcançou uma posição almejada por muitos países que buscam desenvolver fontes renováveis de energia como alternativas estratégicas ao petróleo.

O mercado de combustíveis brasileiro pode ser tido como diferenciado pela diversidade de combustíveis, sendo os principais: gasolina, etanol, gás natural e óleo diesel (ALMEIDA; JUSTO; OLIVEIRA, 2016).

No Brasil, há várias décadas, os únicos combustíveis encontrados em todos os postos de gasolina para motores de ignição por centelha são: (BNDES e CGEE, 2008; ANP, 2017c)

- Gasolina regular e premium, com octanagem média (entre os métodos RON<sup>1</sup> e MON<sup>2</sup>) e mínima de 87 e 91, respectivamente, ambas sempre com um teor de etanol anidro estabelecido em 26 a 28 % para gasolina C regular e 24 a 26 % para gasolina C premium, conforme decisão do governo federal, empregadas nos veículos nacionais e importados com motores a gasolina, inclusive os modelos de luxo.
- Etanol hidratado, com uma octanagem média superior a 110, usado em veículos aptos para seu uso, que podem usar motores próprios para esse combustível ou motores flex-fuel, capazes de usar quaisquer misturas de etanol hidratado e gasolina.

Segundo Carvalho (2011), as misturas entre dois ou mais combustíveis representam objetos de estudos e pesquisas técnico-científicas, sendo cada vez mais utilizadas. As

---

<sup>1</sup>Research Octane Number ou método Pesquisa - ASTM D2699

<sup>2</sup>Motor Octane Number ou método Motor - ASTM D2700

aplicações de combustíveis alternativos em motores veiculares têm sido desenvolvidas tendo em vista às limitadas reservas de petróleo.

Nesse contexto, é importante que sejam caracterizados os combustíveis que serão utilizados em um determinado país, por suas propriedades e especificações. No Brasil, o governo tem aplicado políticas de incentivo aos combustíveis alternativos de origem da biomassa, como o etanol e o biodiesel. A base para se ter combustíveis que atendam às especificações estabelecidas e que sejam isentos de adulterações é a capacidade dos órgãos responsáveis pela regulação de garantir e controlar a qualidade dos combustíveis comercializados. A Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), é a principal responsável por estabelecer as regulamentações sobre os combustíveis comercializados no país.

Conforme avaliação do Programa de Monitoramento da Qualidade dos Combustíveis (PMQC) da ANP, os índices de combustíveis dentro dos padrões de qualidade vendidos no Brasil, no primeiro semestre de 2017, foram semelhantes aos de países de Primeiro Mundo. De acordo com a ANP, 98,5% da quantidade de amostras de gasolina que foram analisadas, atendiam às exigências. Cada amostra foi analisada no Centro de Pesquisas e Análises Tecnológicas (CPT) da ANP, em relação a diversos parâmetros técnicos. Quanto ao etanol, 98,7% estavam de acordo com especificações técnicas. Já o diesel alcançou 96,2%.

O programa, que é um dos principais instrumentos de planejamento das ações de fiscalização da ANP, monitora permanentemente os postos de combustíveis de todo o país. No entendimento da agência, a pesquisa reflete o universo geral da qualidade dos combustíveis (UDOP, 2017).

As especificações representam compromissos entre os requisitos de qualidade, desempenho e ambientais. Também deverão ser suficientemente flexíveis para que os combustíveis possam ser vendidos a preços acessíveis, cabendo ao fabricante de motores de combustão interna adequar seus produtos ao combustível existente no comércio. Quanto mais rígidas as especificações mais difícil e caro obter uma mistura que atenda as exigências. Muitas propriedades como octanagem e pressão de vapor não são linearmente aditivas, dificultando o acerto das misturas, sendo necessárias interferências matemáticas às vezes bastante complexas, baseadas na experiência do refinador (BRUNETTI, 2012).

### 2.2.1 Propriedades dos combustíveis para utilização em motores ciclo Otto

A qualidade dos combustíveis a base de petróleo depende de sua composição e de seus tipos de hidrocarbonetos presentes na mistura. Cada combustível possui composições e propriedades diferentes. Dessa forma, a reação de combustão, desempenho, rendimento e emissões serão diferentes para cada combustível.

O efeito da qualidade do combustível no desempenho do motor é relativamente menor em relação à influência de outros parâmetros de projeto de motores. Porém, ao mesmo tempo em que houve progressos nos projetos tecnológicos de motores, houve também a necessidade de mudanças nos combustíveis, principalmente em relação ao índice de octanagem e às emissões.

As propriedades dos combustíveis influenciam nas características do processo de combustão do motor. Entre importantes propriedades, estão: poder calorífico, índice antidetonação do combustível, pressão de vapor, temperatura de ignição, densidade, energia de ativação e entalpia de formação.

O poder calorífico é a energia que está contida no combustível e varia dependendo das quantidades de hidrogênio e carbono. Como o carbono possui energia interna específica menor que o hidrogênio, quanto maior a quantidade de carbono, menor o poder calorífico e quanto maior a quantidade de hidrogênio maior o poder calorífico. O valor do poder calorífico é um índice de quantidade de energia para os combustíveis (CHAVES, 2013).

Como a maioria dos combustíveis são misturas de hidrocarbonetos, o hidrogênio presente no combustível forma água quando queimado. Dependendo da água presente nos produtos da combustão estar no estado líquido ou no estado vapor, o poder calorífico apresentará valores diferentes. É denominado Poder Calorífico Inferior (PCI), quando a água é liberada sob a forma de vapor e Poder Calorífico Superior (PCS) quando a água dos gases de combustão é completamente condensada, nesse caso, o calor da vaporização também é recuperado. A diferença entre esses dois valores de poder calorífico é igual ao produto entre a quantidade de água e a entalpia da vaporização da água à temperatura ambiente (CARVALHO, 2011).

Segundo Chaves (2013), em cálculos de eficiências de máquinas térmicas deve-se considerar somente o PCI devido à alta temperatura dos gases de combustão, onde a água se encontra no estado de vapor.

O número de octanagem do combustível tem relação com a propriedade do combustível de ser comprimido (mistura ar/combustível), sem que haja o fenômeno da combustão espontânea, popularmente conhecida como “batida de pino” ou “detonação”. Conforme o número de octanagem do combustível utilizado, os motores podem ter projetos com maiores taxas de compressão e pontos de avanço de ignição mais adiantados, podendo obter melhorias em parâmetros de desempenho e no rendimento térmico do motor (CARVALHO, 2011).

Existem dois métodos de ensaio de laboratório usados para se medir a octanagem (CHAVES, 2013):

- O método MON (*Motor Octane Number*) é determinado pela norma ASTM D2700 utilizando um motor padrão CFR (*Cooperative Fuel Research*) fabricado pela DRESSER-WAUKESHA. Esse método simula o motor em condições severas de funcionamento, como em uma ultrapassagem ou subida de ladeira. A rotação utilizada nos testes é de 900 rpm.
- O método RON (*Research Octane Number*) é determinado pela norma ASTM D2699 também utilizando o mesmo motor, porém simulando em condições normais de funcionamento. Neste método, o motor CFR utiliza a rotação de 600 rpm.

O Brasil utiliza o IAD (Índice Antidetonante) que corresponde à média aritmética dos valores obtidos nos métodos RON e MON. A diferença entre os valores MON e RON representa a sensibilidade do combustível com relação à severidade das condições de operação do motor em termos de desempenho antidetonação. Nos combustíveis de utilização automotiva, são desejáveis valores com baixa faixa de sensibilidade (CARVALHO, 2011).

Existem diferentes formas de se aumentar o IAD de um combustível. O tetrametil de chumbo era uma das principais formas de se elevar o índice de octanagem da gasolina. Contudo, devido ao problema nocivo causado pelo chumbo ao organismo humano, o aditivo tetrametil de chumbo foi proibido. Os aditivos que podem ser utilizados para aumentar o índice de octanagem dos combustíveis são: alcoóis, éteres e o MMT (*Methylcyclopentadienyl Manganese Tricarbonyl*, em português Tricarbonilo Metilciclopentadienil de Manganês), à base de manganês e considerado cancerígeno (CHAVES, 2013).

Entre as atribuições da ANP, está a função de estabelecer as especificações técnicas dos derivados de petróleo, gás natural e dos biocombustíveis e realizar o permanente monitoramento da qualidade desses produtos nos pontos de venda. Dessa forma, octanagem,

densidade e poder calorífico são especificações que precisam estar atendendo às exigências legais.

### 2.2.2 Gasolina combustível

O principal combustível para motores de ignição por centelha é a gasolina, uma mistura de vários hidrocarbonetos extraídos do petróleo selecionados de acordo com as características de ignição e escoamento adequadas ao funcionamento dos motores do ciclo Otto. O petróleo é constituído quase inteiramente de carbono e hidrogênio com alguns traços de outros componentes químicos, variando de 83% a 87% de carbono e de 11% a 14% de hidrogênio em conteúdo mássico. O carbono e o hidrogênio se combinam de diversas formas e formam diferentes tipos de hidrocarbonetos (RODRIGUES FILHO, 2014).

A gasolina é uma mistura de diversas naftas obtidas do processamento de petróleo. As propriedades destas misturas devem ser balanceadas de modo a ter desempenho satisfatório em uma grande variedade de condições operacionais dos motores. Possui hidrocarbonetos de 4 a 12 carbonos, sendo sua maioria entre 5 a 9 carbonos e são mais leves que os que compõem o óleo diesel, pois são formados por moléculas de menor cadeia carbônica (BRUNETTI, 2012).

Os hidrocarbonetos presentes na gasolina pertencem, principalmente, às classes das parafinas (normal ou ramificada), olefinas, naftênicos e aromáticos com pontos de ebulição variando de 30 °C a 215 °C. A composição final da gasolina depende da origem do petróleo, das correntes e dos processos de produção (destilação atmosférica, alquilação, hidrocrackeamento, craqueamento catalítico, entre outros). Além dos hidrocarbonetos e dos oxigenados, a gasolina contém compostos de enxofre, compostos de nitrogênio e compostos metálicos, todos eles em baixas concentrações (ANP, 2017a).

De acordo com Fernandes (2017), existem dois problemas graves na combustão da gasolina nos motores de veículos. O primeiro é em relação à névoa fotoquímica e ao ozônio formado nas baixas altitudes das grandes cidades. O segundo problema tem a ver com os gases do efeito estufa e outras substâncias geradas (aldeídos, aromáticos, material particulado, etc.). Os carros deveriam promover a combustão completa da gasolina e apenas ter como produto da combustão dióxido de carbono e água. Porém, o motor de combustão interna nos carros possui limitações e durante o processo da queima de gasolina, ele produz o monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), além das substâncias citadas anteriormente.



No Brasil, as gasolinas são classificadas como:

- Gasolina A (pura): isenta de álcool etílico anidro, sendo sua comercialização restrita somente entre refinador e distribuidor.

- Gasolina C (comum brasileira): com adição de 27%v (volume) de álcool etílico anidro, sendo comercializada nos postos de abastecimento.

Com o intuito de fornecer informações sobre a gasolina quanto à segurança, à saúde e ao meio ambiente, constam nos Anexo I e II, deste trabalho, as Fichas de Informações de Segurança de Produto Químico (FISPQ) da gasolina A e C, respectivamente.

O teor de etanol anidro na gasolina é fixado pela Portaria do Ministério da Agricultura, conforme Decreto Nº 3.966/2001. O teor adicionado pode variar de 18 a 27,5%, em volume, segundo a Lei Nº 13.033/2014. O percentual de etanol anidro adicionado à gasolina foi de 20% desde outubro de 2011 até abril 2013, e de 25% desde maio de 2013 até 15 de março de 2015. Desde esta data a mistura é de 27,5% (ANP, 2016).

As propriedades da gasolina variam em função dos teores das naftas utilizadas nas suas formulações. As propriedades da gasolina que mais influenciam nos motores de combustão interna e definem sua qualidade são a octanagem, relacionada à resistência a detonação, e a volatilidade, relacionada com a dirigibilidade, ou seja, a adequada vaporização da gasolina e o respectivo funcionamento do motor, nas diferentes condições operacionais (SANTANA, 2015).

### 2.2.3 Etanol

Álcoois são uma classe de compostos orgânicos que possuem na sua estrutura um ou mais grupos de hidroxilas, -OH, ligados a carbonos saturados. Etanol, ou bioetanol, é o álcool etílico ( $C_2H_5OH$ ) produzido comumente a partir da biomassa. É empregado em motores de combustão interna com ignição por centelha como combustível líquido puro ou misturado à gasolina, ou ainda utilizado como insumo na fabricação de aditivos à gasolina.

O etanol pode ser encontrado na forma de etanol anidro ou hidratado, denominados, respectivamente, álcool etílico anidro combustível (AEAC) e álcool etílico hidratado combustível (AEHC), conforme artigo 2º da Resolução n. 19/2015 da Agência Nacional do Petróleo (ANP). O primeiro é destinado para mistura com gasolina A na formulação da

gasolina C; por sua vez o etanol hidratado é utilizado puro, tendo utilização direta em motores a combustão interna. O uso do etanol em proporções iguais ou superiores a 10% na gasolina ocorre em países como Brasil, Paraguai, Estados Unidos, Jamaica, China, Angola, entre outros (UNICA, 2014).

O etanol hidratado deve ser usado em motores fabricados ou adaptados especificamente para esse fim, em particular com a adoção de taxas de compressão mais elevadas, visando utilizar adequadamente a octanagem mais alta do etanol frente à gasolina e obter ganhos de eficiência térmica de 10%. Além disso, são requeridas modificações em alguns materiais em contato com o combustível, como tratamento anticorrosivo das superfícies metálicas dos tanques, filtros e bombas de combustível e substituição de tubulações ou adoção de materiais mais compatíveis com o etanol (BNDES e CGEE, 2008).

Após décadas de aperfeiçoamento de motores especialmente fabricados para etanol, a tecnologia automotiva está suficientemente desenvolvida para permitir que veículos a etanol hidratado tenham desempenho, dirigibilidade, condições de partida a frio e durabilidade absolutamente similares aos motores a gasolina. Entretanto, a maneira mais simples, freqüente e imediata para utilizar o etanol como combustível, é mediante o uso de misturas com gasolina nos veículos já existentes no país, sem necessidade de efetuar modificações nos motores. Nesse sentido, cabe verificar as implicações da adoção de misturas de etanol e gasolina sobre o desempenho dos motores, a dirigibilidade e a durabilidade dos veículos e o impacto ambiental associado (BNDES e CGEE, 2008).

O etanol de origem biodegradável traz uma ação para diminuição da dependência do consumo do petróleo, é menos prejudicial para as águas subterrâneas, além de ter um efeito positivo nas emissões dos veículos. Segundo Carvalho (2011), dentre suas propriedades, algumas são benéficas para a combustão nos motores de combustão interna, como a alta velocidade laminar de chama e um maior número de octanagem em relação à gasolina. O número maior de octanagem aumenta a tolerância à detonação, e a velocidade mais rápida de chama propicia potenciais benefícios ao processo de combustão. A alta octanagem do etanol possibilita projetos de motores com maiores taxas de compressão do que os movidos a gasolina, melhorando a potência e economia de combustível.

O principal problema da utilização do etanol nos motores ciclo Otto é a dificuldade da partida dos motores, principalmente quando a temperatura ambiente é menor que 10°C. Isto acontece por causa do alto calor latente de vaporização, que favorece a sua condensação no coletor, impedindo o acesso à câmara de combustão, ou caso a atinge ele poderá não estar mais

na fase gasosa, portanto não é mais suscetível à combustão. Entre as formas de se minimizar esse problema, estão a injeção de gasolina durante a partida do veículo, aquecimento do combustível antes da partida e mistura de parte do combustível com gasolina (CARVALHO, 2011).

Outra desvantagem do etanol é sua menor densidade de energia quando comparado ao diesel e à gasolina. No entanto, a energia correspondente do combustível, que é basicamente o produto da vazão mássica de combustível pelo poder calorífico inferior do combustível, é semelhante, em ordem de grandeza, à energia calorífica da gasolina (CARVALHO, 2011).

No Brasil, o tipo de etanol vendido nos postos é o etanol hidratado, que não deve ultrapassar 7% de água em seu volume (ANP, 2015).

### 2.3 A EFICIÊNCIA TÉRMICA E O CONSUMO ESPECÍFICO DE COMBUSTÍVEL

O consumo específico representa o consumo mássico de combustível por unidade de potência. É um indicador utilizado na observação do comportamento de motores de combustão interna em diferentes regimes de funcionamento (rotação e carga) e na comparação de diferentes combustíveis.

De acordo com Carvalho (2011), essa medida representa o quanto de eficiência apresenta um motor levando-se em consideração o combustível utilizado. A Equação 1, a seguir, apresenta a fórmula de consumo específico de combustível.

$$CE = \frac{\dot{m}_f}{W} \quad (1)$$

Onde, CE, representa o consumo específico de combustível (g/kWh);

$\dot{m}_f$  é a vazão mássica de combustível (g/h);

W representa a potência em unidade de energia (kW).

A relação entre o consumo específico de combustível e a eficiência da conversão de combustível, ou eficiência térmica, pode ser dada pela equação 2, abaixo. Onde PCI representa o poder calorífico inferior do combustível.

$$\eta = \frac{1}{CE.PCI} \quad (2)$$

## 2.4 EMISSÕES DE GASES PELOS MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

A maior fonte de poluição urbana do ar pode ser considerada como a proveniente de motores de combustão interna ciclo Otto e ciclo Diesel. As emissões veiculares são também apontadas como a maior fonte de emissão de compostos orgânicos voláteis (COVs) e essas emissões podem ser originadas tanto pelas emissões de escapamento quanto provindas da evaporação dos combustíveis.

Na reação de combustão completa e ideal do combustível, também conhecida como teórica, os gases resultantes da combustão são o gás carbônico (CO<sub>2</sub>), a água (H<sub>2</sub>O) (normalmente em estado de vapor) e o nitrogênio (N<sub>2</sub>). Nessa reação, o único produto que é preocupante do ponto de vista ambiental, é o CO<sub>2</sub>, devido ao agravamento no efeito estufa e no aquecimento global. Porém, nas reações que ocorrem nos motores reais, a presença de impurezas no combustível, o ar e as características de projeto do motor podem gerar outros gases indesejáveis sob aspecto ambiental (CARVALHO, 2011).

Os principais gases produzidos na condição real de operação do motor de combustão interna são: o monóxido de carbono (CO), hidrogênio (H<sub>2</sub>), nitrogênio (N<sub>2</sub>), óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), hidrocarbonetos (HC), oxigênio (O<sub>2</sub>), compostos orgânicos voláteis (COVs) e óxidos de enxofre (SO<sub>x</sub>). Dentre eles, o CO, os NO<sub>x</sub>, e os HC são os que apresentam maiores inconvenientes ao homem e os principais agentes causadores de poluição atmosférica presentes nos gases de combustão são o dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) e os óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) (CARVALHO JUNIOR e LACAVA, 2003).

O metano (CH<sub>4</sub>) trata-se do composto mais simples e abundante do grupo dos hidrocarbonetos, representante dos hidrocarbonetos não queimados (HC) é o segundo gás que mais contribui com o efeito estufa, após o CO<sub>2</sub>. O potencial de aquecimento global é 23 vezes maior do que o dióxido de carbono.

Óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) é o termo geral que designa a soma de monóxido de nitrogênio (NO) e dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>), os dois componentes de nitrogênio mais

emitidos em processos de combustão. Normalmente, as quantidades de NO formadas são muito maiores que as de NO<sub>2</sub> (CARVALHO JUNIOR e LACAIVA, 2003).

Segundo Carvalho (2011), alguns fatores de funcionamento do motor implicam em mudanças no processo de emissão de poluentes. Quanto maior a temperatura dos gases queimados, maior a taxa de formação de óxido nítrico (NO).

O monóxido de carbono, que também é formado no processo de combustão, varia com a razão ar-combustível, onde uma mistura rica, ou seja, que possui oxigênio de forma insuficiente para queimar completamente todo o carbono no combustível para formar CO<sub>2</sub>, tem a emissão de CO aumentada.

Durante a compressão e posterior combustão, o aumento da pressão no cilindro força parte da mistura ar-combustível para as folgas entre o topo do pistão e o cilindro, onde a chama não consegue alcançar e, ao ser eliminada, aumenta a emissão de hidrocarbonetos não queimados. Outra fonte de hidrocarbonetos é o filme de óleo deixado nas paredes dos cilindros e pistão, que absorve e libera hidrocarbonetos antes e depois da combustão, respectivamente (CARVALHO, 2011).

Atualmente, a busca por motores de combustão interna mais eficientes é uma necessidade não somente do ponto de vista econômico e tecnológico, mas, também do ponto de vista da sustentabilidade. Dessa forma, na maioria dos países, os índices de emissões veiculares são regulamentados, exigindo que os fabricantes de veículos cumpram os limites normatizados para obterem o direito de comercializar os veículos.

Segundo o Protocolo de Quioto, os países classificados como desenvolvidos sofrem sanções quanto ao não cumprimento das metas relacionadas à emissão de gases de efeito estufa, independentemente de origem. Nestes países, 21% dos gases emitidos estão atribuídos ao transporte, isto é, veículos automotores, fazendo-se necessária a implementação de tecnologias e o desenvolvimento de processos e idéias para minimizar estas emissões (CARVALHO, 2007; CARVALHO, 2011).

No Brasil, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) é o órgão consultivo e deliberativo que estabelece, entre outros itens, os limites legais de emissões veiculares. Para a implementação das resoluções, o CONAMA criou o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE) para os veículos leves e pesados, fixando prazos, limites máximos de emissões e estabelecendo exigências tecnológicas para veículos automotores, nacionais e importados (CETESB, 2011). A Tabela 1 apresenta os

limites máximos de emissão de poluentes para veículos leves de passageiros, fixados pelo PROCONVE.

Tabela 1 - Limites máximos de emissão de poluentes para veículos leves de passageiros

<b>Poluentes</b>	<b>Unidade</b>	<b>Limites</b>
Monóxido de carbono – CO	g/km	1,30
Hidrocarbonetos – HC	g/km	0,30
Hidrocarbonetos não metano – NMHC	g/km	0,05
Óxidos de nitrogênio - NO <sub>x</sub>	g/km	0,08
Material particulado – MP	g/km	0,025
Aldeídos	g/km	0,02
Emissão evaporativa	g/ensaio	1,5

Fonte: IBAMA (2017)

Muitas legislações vigentes ainda não falam em limites para as emissões de CO<sub>2</sub>. No entanto as emissões de CO<sub>2</sub> são proporcionais ao consumo de combustíveis de veículos que utilizam motores de combustão interna. Sendo assim, as medidas futuras empregadas devem buscar projetos de motores menores e mais eficientes, de forma a minimizar-se o consumo de combustíveis (CARVALHO, 2011).

## 2.5 BUTANOL

Devido à forma como é estruturado em um nível molecular, o butanol é considerado um álcool, por isso também chamado popularmente de álcool butílico, com quatro átomos de carbono em sua cadeia molecular, representado por C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>O.

Segundo Wigg (2011), o butanol é usado como combustível e como solvente industrial. Como a gasolina, é um hidrocarboneto, o que significa que é composto pelos elementos químicos hidrogênio, oxigênio e carbono. A maioria dos motores de combustão interna pode queimar o butanol sem haver a necessidade de mudança dos mesmos, especialmente motores mais modernos. Este fato levou a pesquisar o uso dele como um aditivo de combustível e como combustível alternativo.

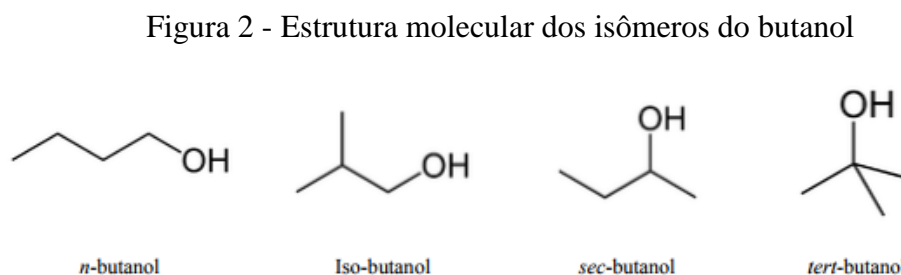
Butanol é um líquido volátil e extremamente inflamável. Os vapores podem formar misturas explosivas com o ar quando a substância é aquecida acima do seu ponto de inflamação. Sem diferenças nas propriedades químicas, pode ser produzido a partir de biomassa, do qual é conhecido como "biobutanol" e combustíveis fósseis, tornando-se "petrobutanol" (IRIMESCU, 2010).

### 2.5.1 Isômeros do butanol

O butanol é subdividido em quatro classes de isômeros: normal(n)-butanol, iso(i)-butanol, sec-butanol e tert-butanol. No entanto, apenas três são comercialmente importantes: n-butanol, iso-butanol e tert-butanol (BIOBUTANOL, 2017).

O n-butanol pode ser utilizado como solvente puro e como matéria prima para a fabricação de solvente de tintas e vernizes. O iso-butanol pode ser usado como solvente, na preparação de plastificantes, agentes de flotação ou na produção de acetato de isobutila como agente flavorizante. O tert-butanol e sec-butanol, apesar de pouco consumidos, são aplicados como solventes, desnaturantes para etanol e removedores de tintas (PEREIRA e NEVES, 2016).

Essas diferentes estruturas químicas têm a mesma fórmula química, mas possuem propriedades diferentes. O tert-butanol, é um sólido à temperatura ambiente e, portanto, não pode ser usado como combustível em motores de combustão interna (MACHADO, 2010). A Figura 2 apresenta os isômeros do butanol em suas fórmulas químicas moleculares estruturais.



Fonte: WIGG (2011)

Embora existam quatro isômeros de butanol, em que todos possam ser usados como solventes, o trabalho de comercialização mais ativo concentra-se na mistura de iso-butanol com gasolina por apresentar maior octanagem e propriedades mais próximas à gasolina, contribuindo para o bom desempenho dos motores. Todos estes isômeros podem ser produzidos a partir de combustíveis fósseis por diferentes métodos, apenas o n-butanol, uma estrutura de moléculas de cadeia linear, pode ser produzida a partir da biomassa. Além disso, somente o n-butanol e iso-butanol são obtidos por via fermentativa (LIU,WANG e ZHANG, 2013; PEREIRA e NEVES, 2016).

As propriedades físicas e químicas e a toxicidade do butanol se diferem devido aos seus isômeros. A solubilidade na água depende da sua estrutura, as propriedades químicas dependem da localização de hidróxido no álcool: o n-butanol e o iso-butanol são alcoóis primários, podem ser oxidados no aldeído ou ácido correspondente, enquanto o álcool sec-butílico é oxidado na cetona correspondente. O tert-butanol é insensível à oxidação. A Tabela 2 apresenta um comparativo entre os isômeros do butanol em relação as suas propriedades e a Tabela 3 apresenta um comparativo entre as propriedades do n-butanol com os combustíveis etanol e gasolina.

Tabela 2 - Dados sobre os isômeros do butanol

<b>Propriedades</b>	<b>Unidade</b>	<b>n- butanol</b>	<b>Iso- butanol</b>	<b>Sec- butanol</b>	<b>Tert- butanol</b>
Massa específica (20°C)	g/cm <sup>3</sup>	0,81	0,82	0,806	0,781
Viscosidade dinâmica (25°C)	mPa.s	2,544	4,312	3,096	3,35
Ponto de fusão	°C	-90	-108	-114	25
Ponto de ebulição	°C	118	108	99	82
Ponto de inflamação	°C	35	28	24	11
Temperatura de ignição	°C	345	415	406	470
Solubilidade em água (20°C)	g/100 ml	7,7	8	12,5	Miscível
Índice de octanagem MON	-	78	94	32	89
Índice de octanagem RON	-	96	113	101	105

Fonte: MACHADO (2010); SANTOS (2015)



Tabela 3 - Comparação entre as propriedades básicas do Etanol, n-Butanol e Gasolina

Parâmetro	Unidade	Gasolina	n-Butanol	Etanol
Formula química	-	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> OH	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH
Poder calorífico inferior	MJ kg <sup>-1</sup>	42,5	32,5	26,8
Massa específica (15°C)	kg dm <sup>-3</sup>	0,72 – 0,78	0,81	0,79
Viscosidade cinemática (20°C)	mm <sup>2</sup> s <sup>-1</sup>	0,4 – 0,8	3,64	1,52
Ponto de ebulição	°C	30 – 215	118	78
Octanagem RON	-	90 – 100	96	102 - 130
Octanagem MON	-	80 – 92	78 - 81	89 - 96
Calor latente de vaporização	MJ kg <sup>-1</sup>	0,33 – 0,40	0,43	0,84 – 0,93
Pressão de vapor	kPa	60 – 90	18,6	15 - 19
Temperatura de ignição	°C	220	345	420
Teor de oxigênio	%	< 2,7	21,6	34,7

Fonte: HÖNIG, KOTER e MAŘÍK (2014); GOLDEMBERG e MACEDO (1994)

Embora os isômeros de butanol possam ser classificados como ligeiramente ou praticamente não tóxicos todos os isômeros, em grandes quantidades, têm a capacidade de induzir sinais de intoxicação alcoólica em animais e homens. A Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico (FISPQ) do n-butanol consta no Anexo III deste trabalho.

### 2.5.2 Butanol como combustível veicular

Empresas de alguns países têm desenvolvido pesquisas relativas à aplicação do butanol como combustível. Efetivamente, comparando o valor energético do butanol com o do etanol e com o da gasolina, pode-se inferir que há a possibilidade desse álcool ser uma alternativa à gasolina e ao etanol (BNDES e CGEE, 2008).

De acordo com Wigg (2011), o butanol tem uma densidade energética mais próxima (91.2%) a da gasolina do que qualquer outro combustível alternativo usado hoje, como o etanol (61.2%). Em relação a energia, a gasolina tem uma densidade energética de 32 MJ/l (megajoules por litro), enquanto o butanol tem 29,2 MJ/l e o etanol 19,6 MJ/l. O conteúdo

energético de um álcool eleva-se com o incremento do número de carbonos. O butanol tem quatro carbonos contra apenas dois do etanol, e o maior poder calorífico permite uma maior autonomia do veículo, com aumento de quilometragem rodada para um mesmo volume de combustível (NATALENSE, 2013).

Este combustível tem um calor de vaporização muito menor que o do etanol, facilitando o arranque a frio. Isso significa dizer que, no inverno, a partida do carro não se vê prejudicada com o uso do butanol. Devido às suas características bem mais próximas à gasolina, butanol pode ser usado sem recorrer às linhas de aço inoxidável e injetores de maior fluxo de combustível, isto é, pode ser bombeado, armazenado e transportado pelos mesmos equipamentos utilizados para manuseio da gasolina (IRIMESCU, 2010).

Butanol possui uma higroscopicidade e corrosividade menor que o etanol, por isso não requer um tratamento diferenciado que requer o etanol, que é altamente higroscópico. Sendo assim, sua armazenagem se torna mais simples, barateando-o, e misturas de butanol e gasolina estariam menos sujeitas à separação de fases que misturas de etanol e gasolina quando contaminadas com água. Adicionalmente, butanol também queima em uma gama de temperaturas maior que o etanol (NATALENSE, 2013).

O butanol também oferece benefícios sobre o etanol para uso em motores de ciclo Otto, incluindo um maior índice de cetano, maior miscibilidade no óleo diesel, menor pressão de vapor e maior ponto de fulgor, sendo os dois últimos responsáveis por tornar o butanol um combustível mais seguro para manuseio, uso e estocagem (WIGG, 2011).

Como já mencionado, o butanol possui um poder calorífico aproximadamente 25% maior do que o do etanol. Isto, combinado com a maior relação estequiométrica de ar-combustível, permite maiores níveis de mistura de butanol na gasolina do que o limite de 27,5% imposto pelo etanol sem alterar os regulamentos fixados pela Portaria do Ministério da Agricultura, sistemas de controle do motor e redes de distribuição (IRIMESCU, 2010).

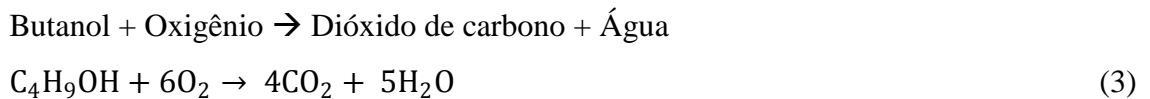
As diferentes estruturas dos isômeros do butanol têm impacto direto nas propriedades físicas do composto, como demonstrado pela Tabela 1. Dentre as propriedades elencadas, a de maior interesse para os propósitos deste trabalho é a octanagem, pois o critério normalmente utilizado para determinar a atratividade de um biocombustível é a média aritmética das octanagens RON e MON. Neste contexto, verifica-se claramente a vantagem na utilização do iso-butanol em motores de combustão frente aos demais isômeros.

### 2.5.3 Combustão do butanol

De acordo com Francisco (2012), as reações de combustão são reações químicas exotérmicas que ocorrem quando os elementos presentes em um combustível reagem com o oxigênio e com a presença de um propulsor da combustão (calor, pressão, faísca, etc.), liberando grande quantidade de energia. O oxigênio necessário para a combustão é proveniente, geralmente, do ar atmosférico, o qual é constituído por cerca de 21% de O<sub>2</sub> e 79% de N<sub>2</sub> em volume.

Quando se fala em combustão deve-se levar em conta que há três diferentes maneiras que um combustível pode ser queimado: combustão estequiométrica, combustão com excesso de ar e combustão com falta de ar e. A combustão completa é a que se deseja atingir, porém é exclusivamente teórica, é a combustão clássica que apresenta como produtos apenas dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), água e nitrogênio proveniente do ar.

Quando o butanol é queimado na presença de oxigênio, obtemos a equação 3.

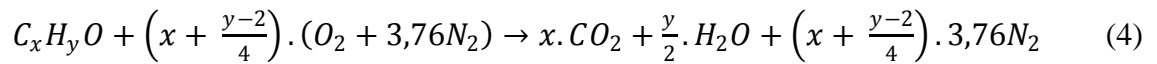


A equação 3 apresenta a relação ideal da combustão do butanol. Como o mesmo contém pouco enxofre, a quantidade de dióxido de enxofre produzido quando é queimado é muito pequena, portanto, pouco ácido sulfúrico.

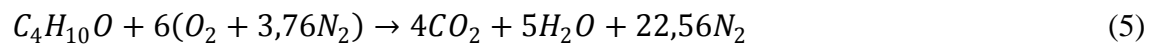
Os álcoois também não são imunes a problemas de combustão ineficientes. A combustão ineficiente de um álcool produz monóxido de carbono, formaldeído, amônia, benzeno e outros produtos químicos tóxicos. Os benefícios em termos de monóxido de carbono são menores com o butanol, em relação ao etanol, porque a proporção de oxigênio para carbono é menor no butanol. No etanol, a proporção é uma molécula de oxigênio para duas moléculas de carbono ou 1:2. Em butanol, a proporção é de 1:4.

As análises anteriores consideraram a combustão com oxigênio puro. Apesar de esta combustão ser mais eficiente do ponto de vista energético, na prática as máquinas térmicas utilizadas na geração de energia utilizam o ar por questões de custo.

O ar é uma composição de gases com predomínio do nitrogênio (79% vol) e do oxigênio (21% vol). Como o nitrogênio é um gás inerte, ele não participa do processo de combustão e a equação de combustão para álcoois, de uma forma geral, passa a ser as como demonstrada na equação 4.



A equação 5 mostra como o butanol sofre sua combustão completa. Sendo o butanol  $C_4H_{10}O$ , temos:



A formação dos produtos da combustão e a quantidade do calor liberado na câmara de combustão dependem da quantidade do ar disponível na câmara de combustão. O conhecimento das necessidades de ar para combustão, bem como da composição e volume dos produtos de combustão é fundamental para o projeto e controle de equipamentos de combustão. A estequiometria química nos fornece os principais dados necessários aos cálculos de combustão.

A quantidade mínima do ar necessário para a combustão completa de um kg do combustível chama-se ar teoricamente necessário (ar estequiométrico) (VLASSOV, 2008). Dessa forma, outro parâmetro a ser analisado é a relação ar/combustível dessa combustão, para isso deve-se calcular a massa do ar estequiométrico e do combustível envolvido na combustão; o resultado se apresenta nas equações 6 e 7.

$$m_{ar} = 6(O_2 + 3,76N_2) = 6(2.16 + 3,76.2.14) = 823,68 \text{ kg} \quad (6)$$

$$m_{comb} = C_4H_{10}O = 4.12 + 10.1 + 16 = 74 \text{ kg} \quad (7)$$

A equação 8 apresenta a relação ar combustível de butanol para uma combustão completa.

$$A/C = \frac{m_{ar}}{m_{comb}} = \frac{823,68}{74} = 11,13 \quad (8)$$

O valor dessa relação significa que para cada kg de combustível são necessários 11,13 kg de ar para que a combustão ocorra de forma completa. Essa relação é chamada de relação ar/combustível estequiométrica.

Como cita Vlassov (2008), para queimar completamente um combustível, é necessário fornecer na câmara de combustão uma quantidade de ar maior que a teoricamente necessária (estequiométrica). Isto porque, caso tiver na câmara de combustão somente o ar teórico, sempre haverá um local do volume da câmara de combustão com o ar em excesso e um com a falta de ar, o último irá provocar a queima incompleta neste último local. Se tiver na câmara de combustão grande excesso de ar, teremos combustão completa, mas esta quantidade de ar em excesso diminuirá a temperatura na câmara de combustão, diminuindo o rendimento térmico do motor.

O excesso de ar é caracterizado pelo coeficiente de excesso do ar ( $\lambda$ ) e calculado pela fórmula da equação 9.

$$\lambda = \frac{A/C_{real}}{A/C_{estequiométrica}} \quad (9)$$

A equação 9 pode ter três tipos de resultados, da mesma forma que a mistura ar/combustível em questão pode ser classificada de três maneiras, como descrito a seguir:

- $\lambda = 1$ : mistura estequiométrica;
- $\lambda > 1$ : mistura apresenta excesso de ar, denomina-se uma mistura pobre;
- $\lambda < 1$ : mistura com falta de ar, denomina-se uma mistura rica.

Os motores de ciclo Otto têm sua operação restrita a misturas ligeiramente pobres ou ligeiramente ricas, com  $0,8 < \lambda < 1,3$ . Assim é de se esperar que o combustível utilizado queime tanto com ligeira falta de ar quanto com ligeiro excesso de ar (VLASSOV, 2008).

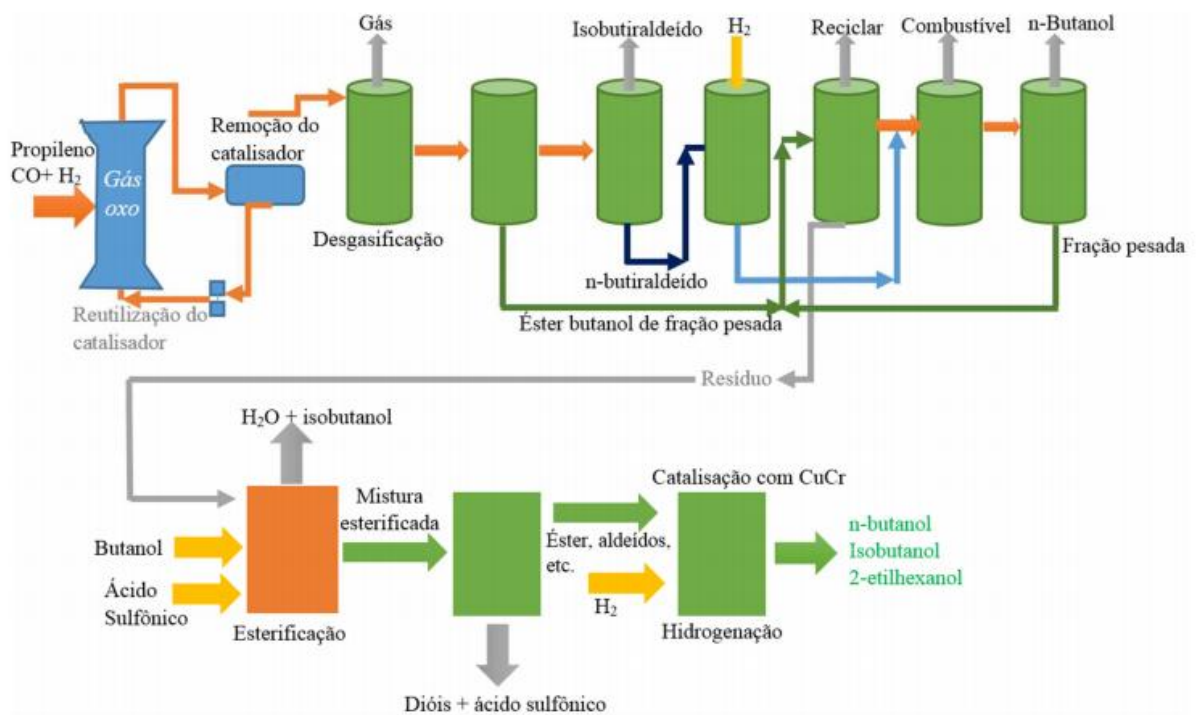
Para o caso de  $\lambda = 0,8$  temos 80% do ar estequiométrico na combustão. Com essa falta de ar nota-se que o produto da reação se torna mais tóxico pela presença de gases como o monóxido de carbono que passam a existir, de modo a se fazer necessário a presença dos catalisadores nos escapamentos do automóvel para fazer com que esses gases nocivos sejam minimizados, sendo modificados no catalisador passando a liberar dióxido de carbono ao invés de monóxido de carbono (VLASSOV, 2008).

Na combustão com excesso de ar a gama de produtos da reação também apresenta variações. Por conter mais ar do que o desejado, o produto pode apresentar a formação de gases do tipo  $\text{NO}_x$ , o qual também pode ser minimizado com o emprego do catalisador transformando esse gás em gás nitrogênio ( $\text{N}_2$ ) e outros gases.

#### 2.5.4 Produção de butanol mineral

A produção de butanol oriundo de fontes fósseis se dá majoritariamente a partir do processo oxo. O processo oxo é uma reação entre uma oleofina, propileno por exemplo, monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ) e hidrogênio ( $\text{H}_2$ ), que decorre na presença de um catalisador originando aldeídos. São produzidos isobutiraldeído e n-butiraldeído, que são convertidos a isobutanol e n-butanol, conforme apresentado na Figura 3 (BRITO, 2015).

Figura 3 - Produção do butanol pelo processo oxo



Fonte: BRITO (2015)

### 2.5.5 Biobutanol

Uma das vantagens do butanol é que ele pode ser sintetizado a partir de petróleo ou de matérias-primas de biomassa. O butanol pode ser feito de biomassa através da fermentação utilizando organismos encontrados em solo e ruminantes. Esta versão biorenovável de butanol é chamada de biobutanol.

Os isômeros de butanol, como já mencionado, apresentam átomos de carbono organizados em cadeias lineares ou ramificadas e diferentes localizações do grupo hidroxila na cadeia carbônica. Embora a maioria das propriedades de interesse para combustíveis sejam similares, existem diferenças entre os dois isômeros que são normalmente obtidos por rotas biológicas, ou seja, n-butanol e iso-butanol. O iso-butanol apresenta uma maior octanagem que o n-butanol e isto se constitui uma vantagem, principalmente ao considerarem-se as misturas com gasolina e butanol, contribuindo para o bom desempenho dos motores (GABLE, 2017).

Os materiais tradicionais para a produção do biobutanol são as culturas amiláceas (cereais, milho, batatas) e açucaradas (cana-de-açúcar, beterraba).

De acordo com Gable (2017), avanços em métodos de processamento de biobutanol, como a descoberta e o desenvolvimento de microrganismos geneticamente modificados, prepararam o biobutanol para superar o etanol como combustível renovável. Uma vez considerado utilizável apenas como solvente industrial e matéria-prima em indústrias químicas diversas, o biobutanol é uma ótima promessa como combustível devido à sua densidade de energia favorável. Além disso, é considerado um combustível de motor superior quando comparado ao etanol.

A produção de biobutanol é atualmente mais dispendiosa do que o etanol por isso não foi comercializada em grande escala. Pode ser produzido pela denominada fermentação anaeróbica de ABE (acetona-butanol-etanol), onde os principais problemas associados à produção industrial incluem demanda de alta energia para processamento de licores de fermento diluído e alto volume de águas residuais (KÓTAI et al., 2013).

#### 2.5.5.1 Processo de obtenção industrial

Os principais processos para a produção de biobutanol são o fermentativo, alcoolquímico e o termoquímico.

O processo fermentativo ficou conhecido como ABE devido ao fato de serem produzidos três solventes simultaneamente: acetona, butanol e etanol. São empregados carboidratos como substrato, utilizando principalmente a bactéria *Clostridium acetobutylicum* como microrganismo fermentador, e os principais produtos obtidos são a acetona e o n-butanol (PEREIRA e NEVES, 2016).

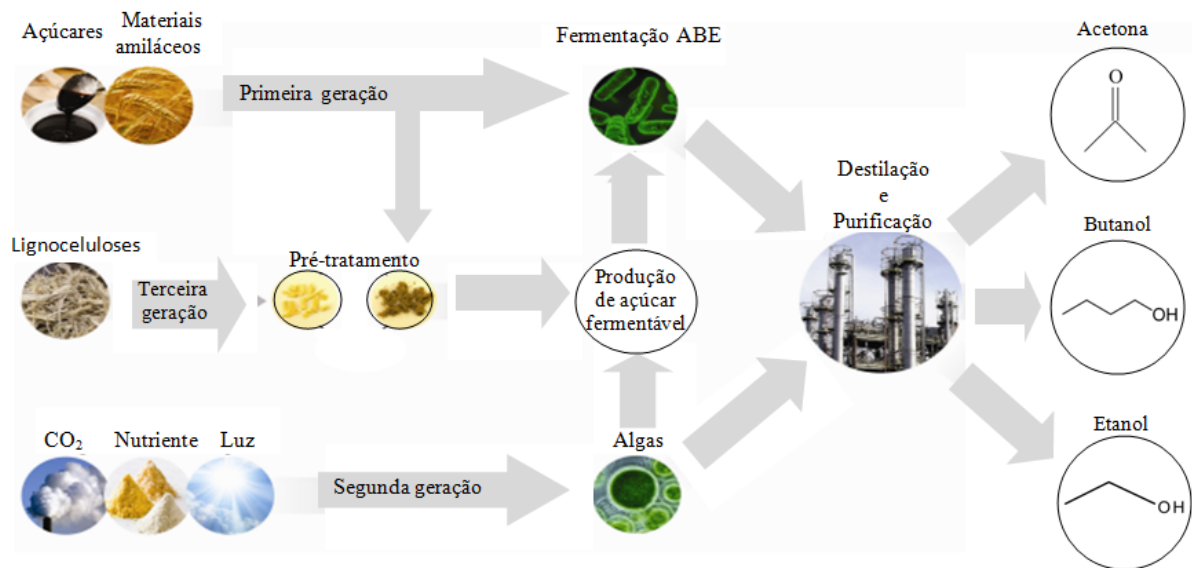
No processo alcoolquímico o butanol é obtido por síntese de Guerbet; neste o etanol é obtido pela fermentação tradicional com utilização de leveduras, e por condensação o etanol é convertido em butanol. Todo o processo decorre a altas temperaturas e com auxílio de catalisadores. No processo termoquímico a produção é feita por pirólise e gaseificação de biomassa, são obtidos diversos produtos neste processo, incluindo o butanol (PEREIRA e NEVES, 2016).

De acordo com Brito (2015), o processo que está suscitando mais interesse é o fermentativo uma vez que pode-se utilizar biomassa de origem vegetal, mas necessita do pré - tratamento para libertar a celulose, lignina e hemicelulose existente na matéria-prima. A



celulose e a hemicelulose podem ser convertidas em açúcares, como as hexoses e pentoses respectivamente, através da hidrólise que pode ser ácida ou enzimática, que posteriormente são convertidos em butanol, pela fermentação ABE, conforme apresentada na Figura 4.

Figura 4 - Esquema do processo global para a produção de acetona, butanol e etanol a partir de materiais lignocelulósicos



Fonte: Adaptado de KARIMI et al (2015)

No Brasil, durante o Proálcool, a produção industrial do butanol a partir do etanol era conduzida em um processo que envolvia três etapas, ou seja, três sistemas reacionais. A primeira reação era a de desidrogenação do etanol, que gerava hidrogênio e acetaldeído. Este último era separado e submetido a reação de condensação aldólica – uma reação química que envolve um íon enolato de um composto carbonílico com outra molécula de composto carbonílico, formando cronotaldeído (composto químico com a fórmula  $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCHO}$ ). Na etapa final, o hidrogênio gerado no início do processo era usado na hidrogenação do cronotaldeído, obtendo-se finalmente o butanol (BNDES e CGEE, 2008).

Os processos de produção de biobutanol sofreram um declínio, devido ao aumento dos preços do melão, matéria prima utilizada como fonte de carboidrato, e ao surgimento do processo de produção de butanol por petroquímicas, que se tornou mais atrativo financeiramente do que o fermentativo (RODRIGUES, 2011).

### 3 APARATO EXPERIMENTAL

Nesta seção serão apresentados os equipamentos e acessórios utilizados para a realização dos experimentos do trabalho em questão.

Os testes foram realizados em um motor-gerador a gasolina Motomil modelo MG-1200CL, quatro tempos, refrigerado a ar, com sistema de partida manual, cujas especificações técnicas do motor e gerador são descritas na Tabela 4 e 5, respectivamente.

Tabela 4 - Dados técnicos do motor

Propriedades	Unidade	Valor
Nº de cilindros	-	1
Cilindrada	-	87
Potência máxima @ 3600rpm	hp	2,3
Potência nominal @ 3600 rpm	hp	1,9
Combustível	-	gasolina
Capacidade do tanque	L	5,2

Fonte: GMEG (2018)

Tabela 5 - Dados técnicos do gerador

Propriedades	Unidade	Valor
Tipo	-	brushless – monofásico
Tensão de saída	V	220
Frequência	hz	60
Potência máxima (AC)	W	1200
Potência nominal (AC)	W	1000
Fator de potência	-	1

Fonte: GMEG (2018)

Sabendo que o tanque de combustível do grupo gerador não possui acesso para ter a vazão de combustível medida de forma direta, foi adaptado um reservatório auxiliar externo ao chassi para permitir o seu posicionamento em uma balança digital da marca Oche, assim, medir

o consumo de combustível durante a operação do motor. Um cronômetro digital Cronobio SW2018, foi usado para medir o tempo decorrido em cada etapa e o tacômetro digital DT-6236B para medir a rotação do motor.

A demanda de carga foi simulada utilizando-se 3 resistências elétricas com potência unitária de 0,35 kW e 220V de tensão. A potência elétrica foi medida com o auxílio de um alicate multímetro Politerm 840.

Os dados de emissão são coletados no tubo de escape através de um analisador de gases de combustão Greenline 8000 que utiliza um sistema infravermelho e é responsável pela leitura das principais concentrações de gases presentes nas emissões de escapamento do motor. Os dados são adquiridos e registrados pelo software DBgas2004.

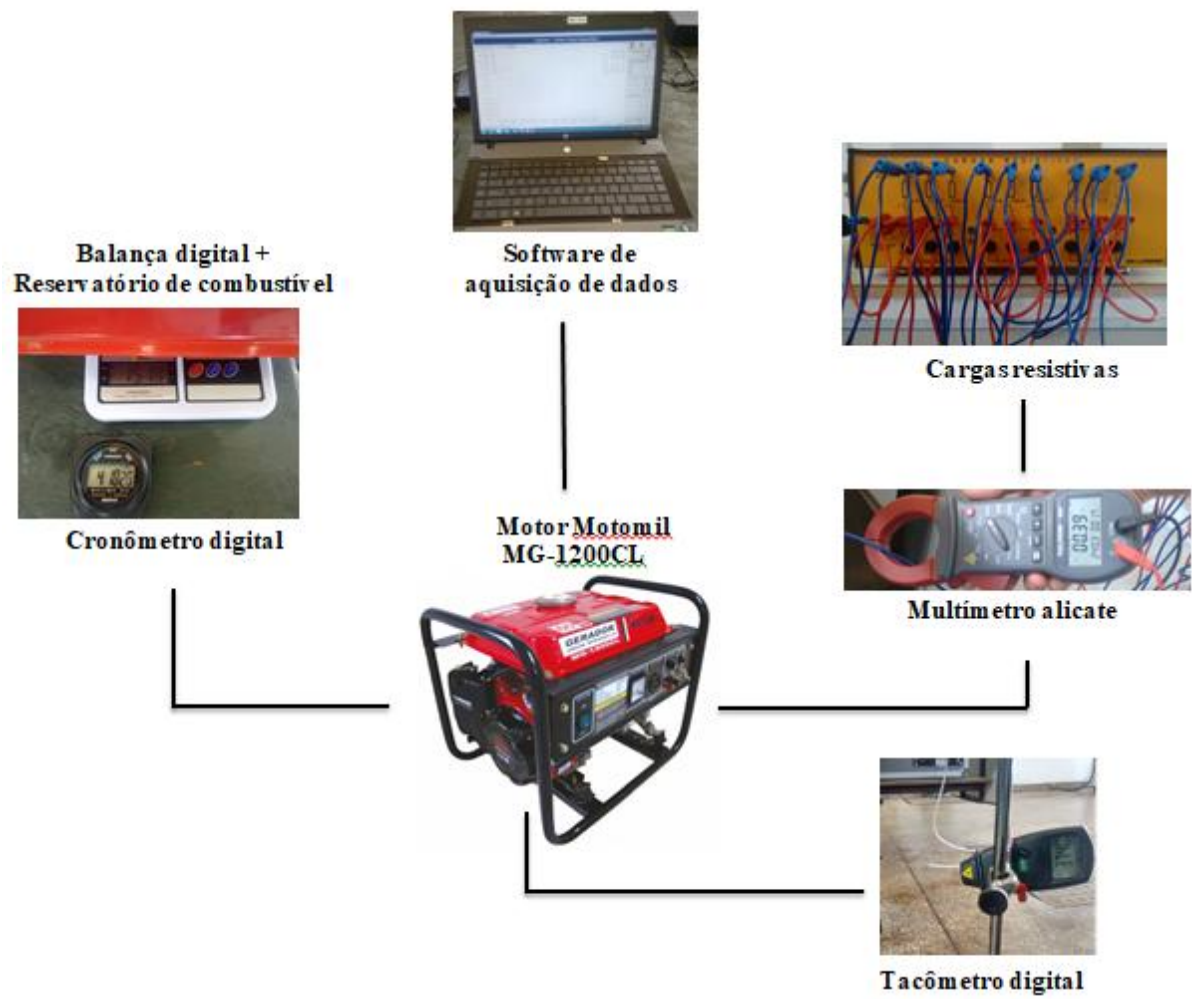
As medidas e precisões são apresentadas na Tabela 6. O esquema de montagem do experimento é mostrado na Figura 5.

Tabela 6 - Medidas e precisões dos instrumentos

Medidas	Unidade	Instrumento	Precisão
Massa	g	Balança digital	1,00
Tempo	s	Cronômetro digital	0,01
Rotação	rpm	Tacômetro digital	1,00
Potência Efetiva	kW	Multímetro digital	0,01
SO <sub>2</sub>	ppm	Analisador de gases	1,00
CO <sub>2</sub>	%	Analisador de gases	0,01
NO <sub>x</sub>	ppm	Analisador de gases	1,00
NO	ppm	Analisador de gases	1,00
CH <sub>4</sub>	ppm	Analisador de gases	1,00

Fonte: Própria

Figura 5 - Esquema de montagem do aparato experimental



Fonte: Própria

## 4 METODOLOGIA

Neste capítulo, são apresentados os procedimentos utilizados para a realização da pesquisa, incluindo o método de obtenção de combustíveis e preparação da mistura, bem como o desenvolvimento de trabalhos de preparação do laboratório para os testes e os testes e ensaios realizados.

### 4.1 COMBUSTÍVEL

Para a avaliação de desempenho de um motor de ciclo Otto, os ensaios foram realizados, a princípio, com 100% de gasolina tipo A e, em seguida, com misturas Bu10, Bu50 e Bu100, isto é, 10%, 50% e 100% de butanol adicionado à gasolina para fins de comparação.

#### 4.1.1 Gasolina

Os ensaios experimentais realizados com o motor de combustão ciclo Otto devem utilizar como combustível, a gasolina tipo A e com a adição de proporções distintas de butanol. Sabe-se que a gasolina tipo A é isenta de etanol anidro e comercializada com o distribuidor de combustíveis líquidos derivados do petróleo, etanol combustível e outros combustíveis automotivos. Devido à venda restrita da gasolina tipo A, a gasolina obtida para os ensaios experimentais foi a gasolina comum brasileira, ou do tipo C, adquirida em um dos postos de abastecimento da cidade de Dourados.

Como descrito na revisão bibliográfica deste trabalho, a gasolina tipo C (comum, aditivada e premium) encontrada nos postos de combustíveis do Brasil, possui a adição de etanol anidro, como aditivo de aumento da octanagem e presença de oxigenado para redução de emissões de poluentes. Para atender aos objetivos gerais e específicos do presente trabalho, a gasolina tipo C adquirida foi submetida à adição de água para que fosse possível separar e retirar o álcool de sua composição.

Essa metodologia de obtenção de gasolina pura é explicada pelo fato de o etanol ter caráter anfótero, sendo assim, ele tem uma parte polar (hidroxila ligada ao carbono) e uma

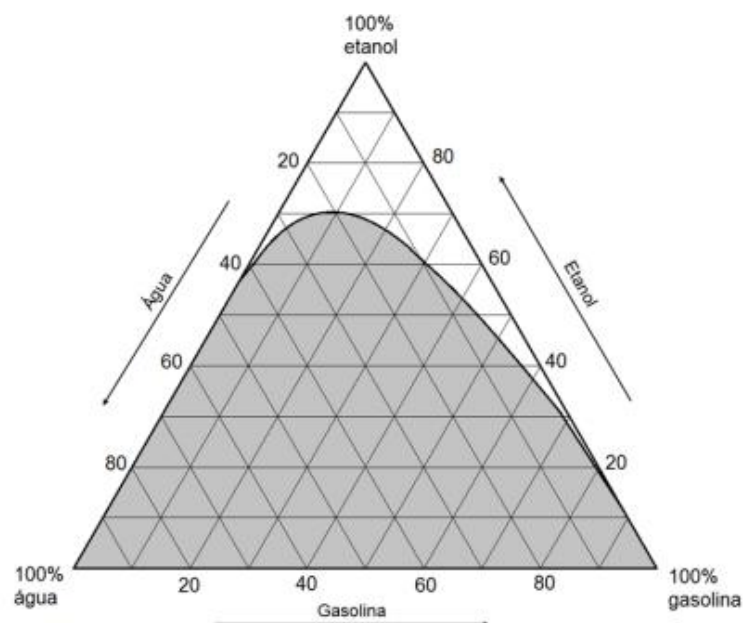
parte apolar (cadeia carbônica), portanto o etanol é solúvel tanto na gasolina (apolar) quanto na água (polar). No entanto, em um sistema que há água, etanol e gasolina a polaridade prevalece e o álcool passa para a fase aquosa, ocorrendo um aumento na mesma, pois suas ligações com a água são mais fortes, por causa das pontes de hidrogênio, que as da gasolina, que são dipolo-induzido.

#### 4.1.1.1 Diagrama de fases ternárias

Como mencionado no tópico anterior, a obtenção da gasolina pura é dada pela adição de água à gasolina tipo C, até que se tenha uma mistura heterogênea com duas fases visíveis.

Para definir as proporções adequadas de gasolina, etanol e água da mistura utilizam-se o diagrama de fases ternárias que, como pode ser observado na Figura 6, é representado por um triângulo equilátero. Os vértices do triângulo correspondem aos componentes puros. Qualquer ponto sobre um dos lados do triângulo representa uma mistura binária, já que a composição do outro componente nesta reta é zero. Os pontos no interior do triângulo representam misturas contendo os três componentes.

Figura 6 - Diagrama ternário para o sistema gasolina-etanol-água



Fonte: FERREIRA; OLIVEIRA; DUARTE, 2004

A partir do diagrama ternário do sistema água – gasolina-etanol pode-se determinar de quantas fases é composta a mistura. A região cinza indica o limite das frações da água, gasolina e etanol onde os três componentes existem como duas fases separadas, enquanto a região branca indica o limite da composição onde esses componentes existem como uma fase simples. A curva separando as duas regiões é chamada de curva binodal. Acima dessa curva a gasolina, o etanol e a água existem como uma fase única em todas as combinações relativas de água e gasolina, desde que o etanol presente no sistema exceda 70% em peso.

#### 4.1.2 Butanol

O combustível utilizado nos procedimentos experimentais para ser adicionado à gasolina foi o n-butanol de origem não renovável, por ser mais barato e de mais fácil obtenção, em relação aos outros isômeros do butanol.

### 4.2 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

#### 4.2.1 Preparo das misturas

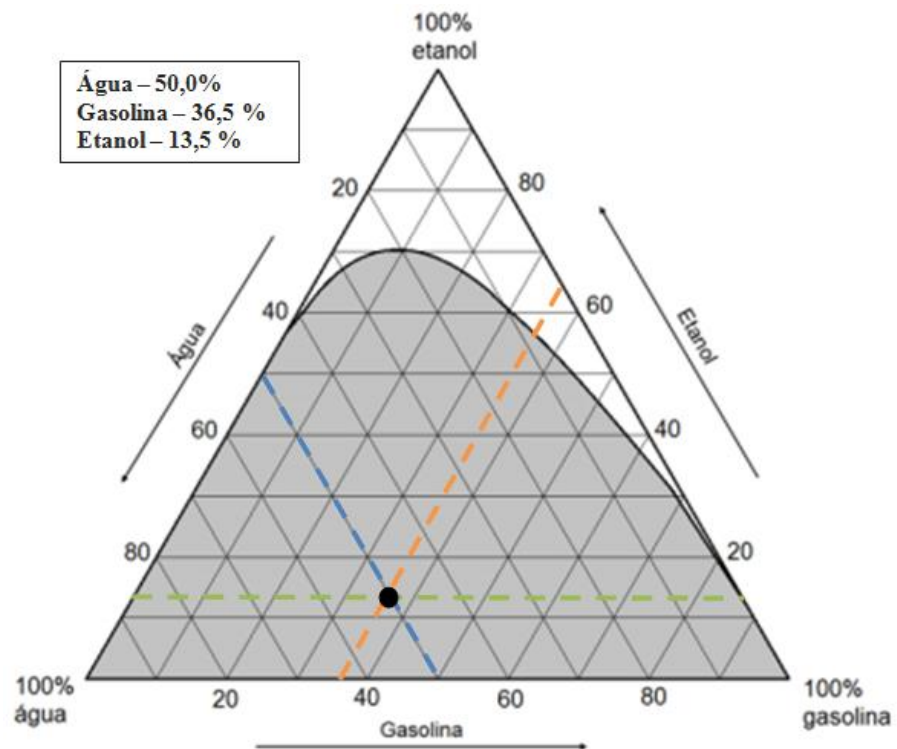
As misturas de butanol e gasolina tipo A, a serem aplicadas no motor ciclo Otto, foram preparadas de acordo com as proporções pré-estabelecidas: Bu00, Bu10, Bu50 e Bu100. Para isso fez-se uso de provetas graduadas e de equipamentos de proteção individual.

##### 4.2.1.1 Obtenção da gasolina tipo A

Para a obtenção da gasolina pura, a gasolina tipo C adquirida foi submetida à adição de água para que fosse possível separar e retirar o álcool de sua composição. Para isso, fez-se uso de uma proveta graduada de 500 ml, contendo 250 ml de gasolina C e 250 ml de água.

Ficou estabelecidos que seria necessário 50% de água e 50% de gasolina C, que é o mesmo que 36,5% de gasolina A com 13,5% de etanol. As proporções foram definidas, baseando-se no diagrama ternário de fases já descrito na metodologia deste trabalho, de modo que a mistura não se aproximasse da curva binodal, garantindo, assim, as duas fases para a separação, como pode ser visto na Figura 7.

Figura 7 - Diagrama ternário para o sistema gasolina-etanol-água com intersecção de paralelas

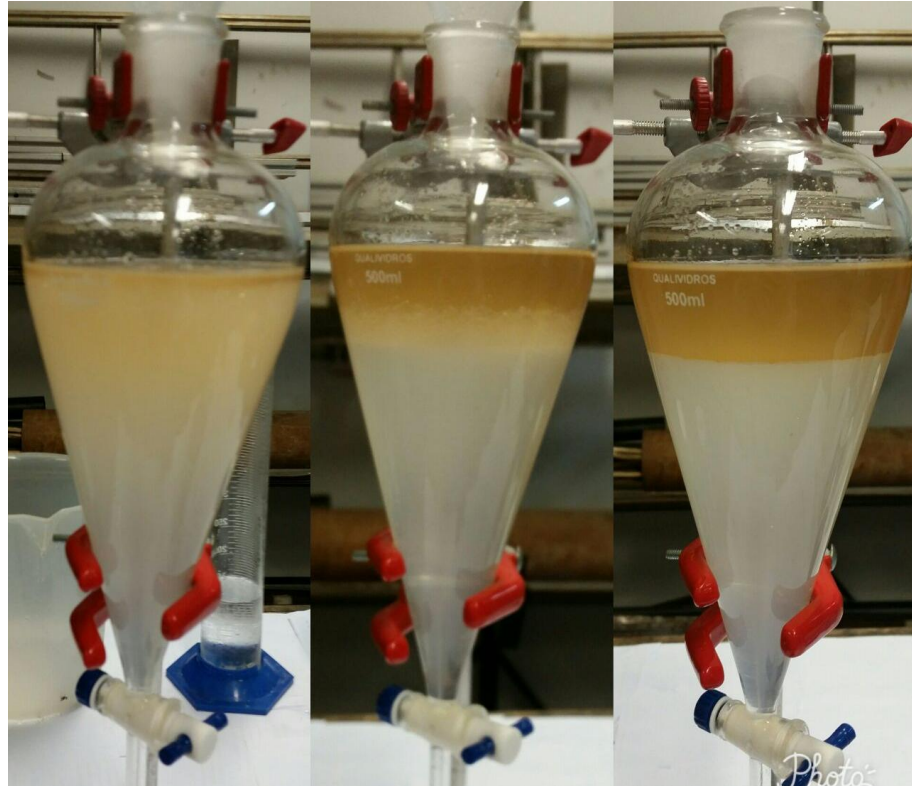


Fonte: Adaptado de FERREIRA; OLIVEIRA; DUARTE, 2004

Depois de agitar bem os dois líquidos, a mistura foi vertida em um funil de separação, onde permaneceu em repouso por aproximadamente 5 minutos. Após esse período, se torna visível a formação de duas fases, sendo a superior composta por gasolina e a inferior pela mistura água-etanol. Na Figura 8, apresenta-se o processo de separação dentro do intervalo de tempo pré-estabelecido.



Figura 8 - Obtenção da gasolina tipo A com o auxílio de um funil de separação



Fonte: Própria

Em referência a posição da mistura, explica-se que, quando dois líquidos imiscíveis são colocados em um mesmo recipiente, eles se dispõem de modo que o líquido de menor massa específica ocupa a parte superior e o de maior massa específica, a parte inferior. Isso justifica a gasolina, com massa específica de  $0,75 \text{ g/cm}^3$  permanecer acima da água que possui apenas  $1 \text{ g/cm}^3$  de massa específica. O etanol, antes misturado à gasolina, agora se encontra solúvel na água, pois em função da polaridade, o etanol tem mais afinidade pela água do que pela gasolina.

Formada as duas fases, o líquido na região inferior do funil de separação é retirado, restando somente a gasolina pura que, logo em seguida, também é retirada e armazenada para ser usada nos ensaios experimentais.

#### 4.2.2 Ensaio com o motor

A metodologia para ensaios com o motor ciclo Otto foi aplicada no Laboratório de Máquinas Térmicas, Sistemas Térmicos e Combustão da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD). Os testes foram realizados com a operação do motor em regime permanente. O tanque externo foi abastecido com a mistura e posicionado na balança e, iniciada a operação do motor, estipulou-se um tempo de aquecimento para garantir a coleta dos dados nessa condição.

Os testes foram realizados nas mesmas condições ambientais de pressão e temperatura. As condições definidas de referência de pressão e temperatura são 961,2 kPa e 27 °C, respectivamente, adquiridas a partir de um registrador de pressão barométrica e temperatura.

Para cada mistura foram registrados consumo de combustível, emissões, rotação e potência efetiva do motor. Três cargas puramente resistivas de 0,35 kW foram utilizadas para simular a demanda de energia. A cada carga conectada, o gerador acoplado ao virabrequim do motor, funciona como um freio cuja potência deve ser vencida pelo motor. A potência entregue pelo grupo gerador é medida em um alicate multímetro e dessa forma é possível determinar a curva de potência entregue por potência demandada.

A vazão de combustível foi determinada coletando a massa de combustível consumida em um intervalo de tempo de 3 minutos.

A sonda do analisador de gás foi acoplada ao escapamento para serem medidas as emissões de NO<sub>x</sub>, NO, SO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>. As amostras foram coletadas a uma taxa de uma amostra a cada 1,5 segundo. A coleta dos dados de emissões iniciou-se após dois minutos de funcionamento do motor com a mistura.

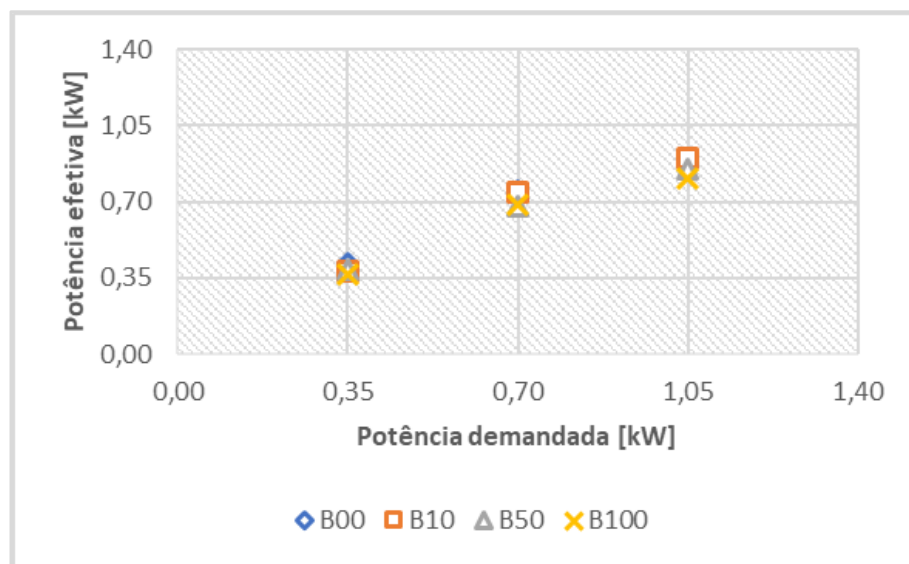
A rotação do motor é controlada por um governador de forma a mantê-la constante em 3600 rpm em qualquer condição de carga. Para verificar a rotação foi posicionado um tacômetro digital com o intuito de determinar a rotação em cada potência.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados obtidos durante o procedimento experimental foram dispostos em planilhas e serão apresentados a seguir na forma de gráficos. Os valores de concentração de  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$  e  $\text{CH}_4$ , assim como a temperatura dos gases de combustão, são resultados da média aritmética de, no mínimo, trinta amostras coletadas em cada fase do experimento.

A Figura 9 apresenta um comparativo entre a potência demandada e a potência efetiva. Embora o grupo gerador prometa uma potência nominal de 1,05 kW a um fator de potência  $\cos\phi = 1$ , a potência entregue se difere quando uma carga maior é demandada.

Figura 9 - Análise do comportamento da potência efetiva pela carga demandada



Fonte: Própria

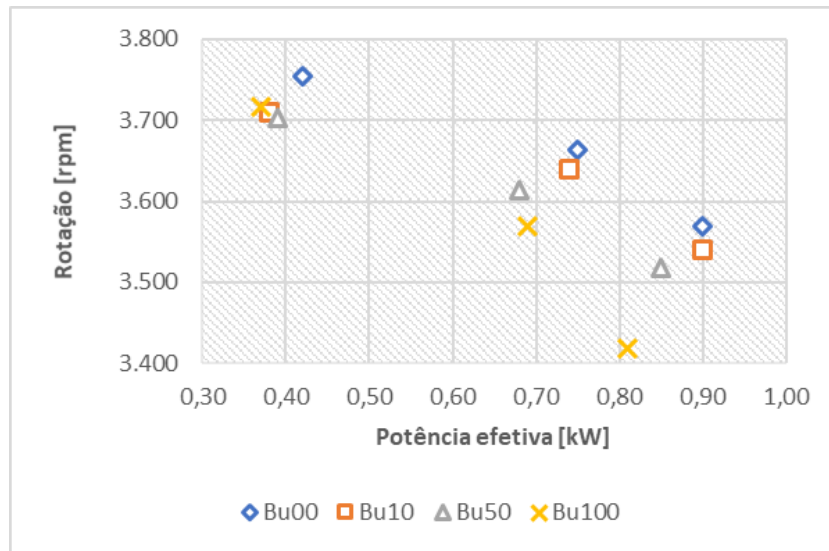
Ao frear o motor com o aumento da carga o gerador funciona como um dinamômetro possibilitando a medida da potência efetiva. As misturas Bu00, Bu10, Bu50 e Bu100 apresentaram comportamentos semelhantes na carga mínima (0,35 kW) e intermediária (0,70 kW), no entanto o motor não foi capaz de entregar a carga nas condições de maior demanda.

Nota-se que a diferença entre a potência efetiva e demandada é mais acentuada na carga máxima (1,05 kW) e na mistura Bu100, o que leva a concluir que o aumento da quantidade de butanol faz com que o motor tenha maior dificuldade em atender a demanda. Isso ocorre

porque a maior densidade e viscosidade das misturas exigem maior esforço da bomba de combustível, diminuindo a vazão de combustível.

O comportamento da rotação do motor com o aumento das cargas resistivas pode ser visualizado na Figura 10. Sabe-se que a potência efetiva é diretamente proporcional à rotação, no entanto, como já foi mencionado, o motor não é capaz de entregar a carga conforme a demanda e isso faz com que a rotação tenda a cair.

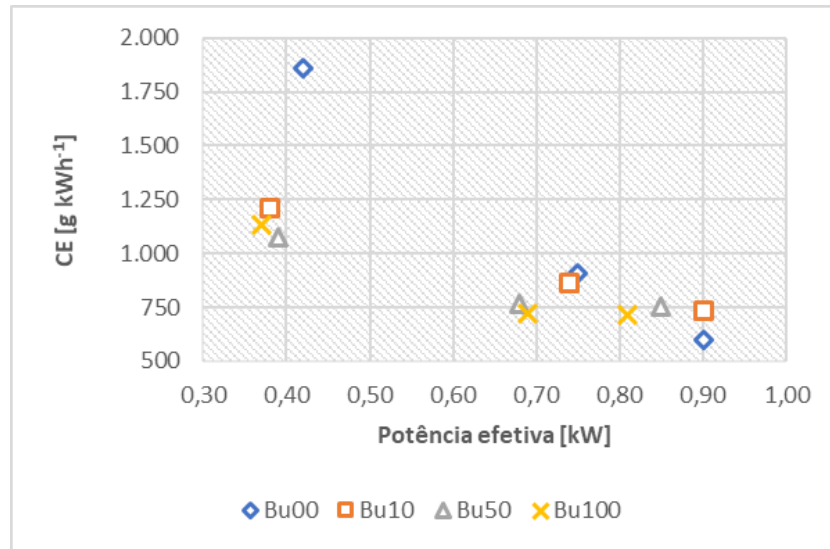
Figura 10 - Análise da rotação em função da potência efetiva para as misturas Bu00, Bu10, Bu50 e Bu100



Fonte: Própria

De acordo com a Figura 11, à medida que a carga aplicada no gerador aumenta, o consumo específico de combustível tende a cair, um comportamento comum a todos os motores. Isso ocorre porque o motor em estudo possui alimentação de combustível com controle mecânico, não sendo possível ajustar para baixas cargas aplicadas no gerador. Assim, o consumo específico tende a diminuir em condições de melhor operação do sistema, ou seja, mais próximo da potência nominal, 100% de carga aplicada. O consumo específico varia, fundamentalmente com a rotação de motor, e conseqüentemente com a potência desenvolvida.

Figura 11 - Análise do consumo específico em função da potência efetiva para as misturas Bu00, Bu10, Bu50 e Bu100



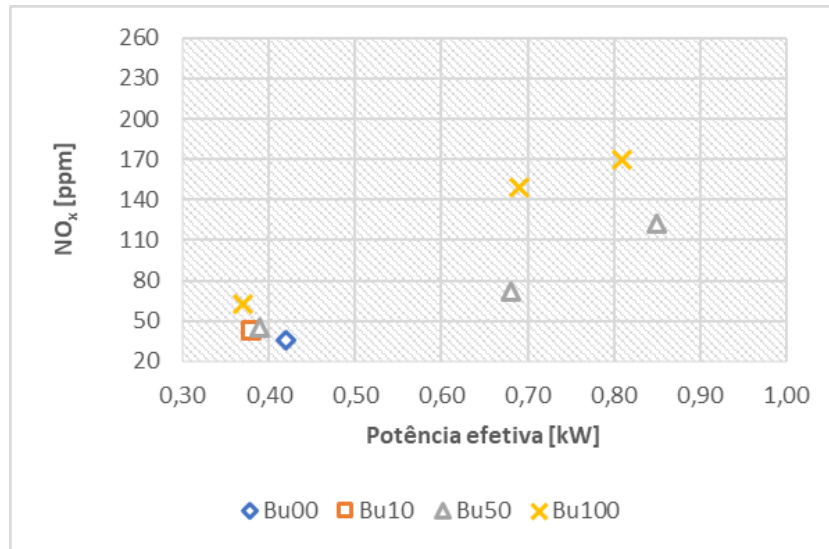
Fonte: Própria

O consumo específico é definido como a quantidade de combustível necessária para produzir uma unidade de potência e está inversamente relacionado a eficiência do motor. Quanto menor for o consumo específico, maior será a eficiência da máquina. Sendo assim, com o motor operando com a carga mínima (0,35 kW) a mistura Bu50 apresentou melhor eficiência, já para a carga intermediária (0,7 kW) foi a mistura Bu100, isto é, butanol puro. A mistura Bu00 (gasolina pura) obteve melhores resultados quando o motor está funcionando a plena carga (1,05 kW).

A Figura 12 apresenta as emissões de óxido de nitrogênio ( $\text{NO}_x$ ) para as misturas Bu00, Bu10, Bu50 e Bu100 com o aumento da potência efetiva. Durante os ensaios com as misturas Bu00 e Bu10, o sensor do analisador de gases não foi capaz captar nenhuma concentração de óxido de nitrogênio quando aplicadas as duas primeiras cargas, devido a isso não constam os valores de  $\text{NO}_x$  no gráfico da Figura 12, para as cargas de 0,35 kW e 0,70 kW.

Analisando-se a operação com as misturas, percebe-se um aumento da emissão de óxidos de nitrogênio conforme aumenta a potência entregue pelo gerador quando operado com qualquer que seja a proporção de butanol. Ao aumentar a demanda de energia, provoca-se maior esforço do motor, o combustível consumido injetado aumenta e a maior queima de combustível na câmara aumenta a temperatura em seu interior e nas suas partes, gerando um aumento da produção de óxidos de nitrogênio.

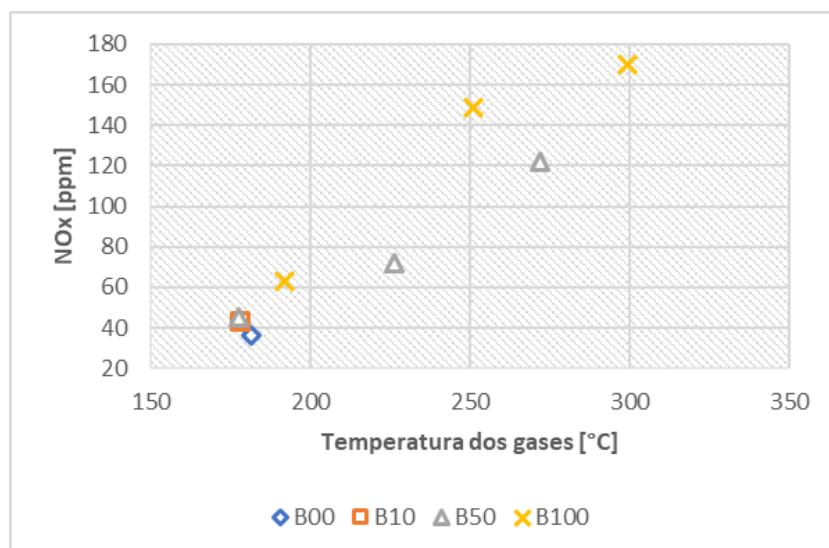
Figura 12 - Emissões de  $\text{NO}_x$  em função da potência efetiva para as misturas Bu00, Bu10, Bu50 e Bu100



Fonte: Própria

A relação de  $\text{NO}_x$  com a temperatura da câmara de combustão e, conseqüentemente, da temperatura de exaustão dos gases, pode ser melhor visualizada na Figura 13. Temperaturas mais altas na câmara de combustão provocam a dissociação do  $\text{O}_2$  e do  $\text{N}_2$  constituintes do ar atmosférico. Ao reagirem novamente os átomos dissociados de O e N combinam-se em óxidos de nitrogênio.

Figura 13 -  $\text{NO}_x$  em função da temperatura dos gases de exaustão

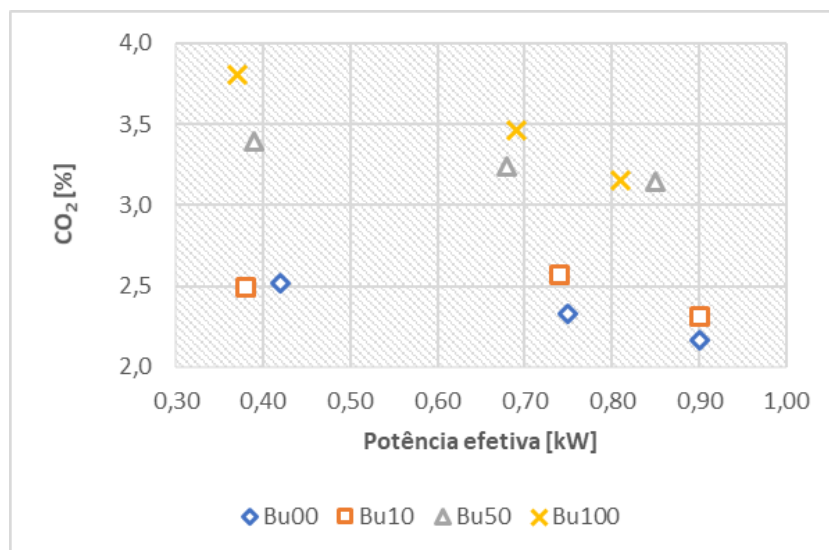


Fonte: Própria

As medidas de  $\text{CO}_2$ , representadas na Figura 14 em porcentagem de gases secos, apresentam um comportamento atípico do funcionamento em motores, pois houve uma diminuição de suas emissões com o aumento da energia produzida pelo gerador. Esse comportamento sugere que a combustão das misturas não se deu de forma completa, já que a formação de dióxido de carbono depende da queima total do combustível. Portanto, em presença de falhas de combustão, o nível produzido será menor que aquele correspondente à combustão completa.

Por outro lado, as emissões de  $\text{CO}_2$  aumentaram com a adição de butanol a gasolina, que pode ser justificado pela presença de átomo de oxigênio no álcool. Apesar de o analisador de gases não ter captado nenhuma concentração de monóxido de carbono (CO), deduz-se uma queda significativa do mesmo com a adição de butanol, pelo fato da emissão de CO ser inversamente proporcional a emissão de  $\text{CO}_2$ .

Figura 14 - Emissões de  $\text{CO}_2$  em função da potência efetiva para as misturas Bu00, Bu10, Bu50 e Bu100



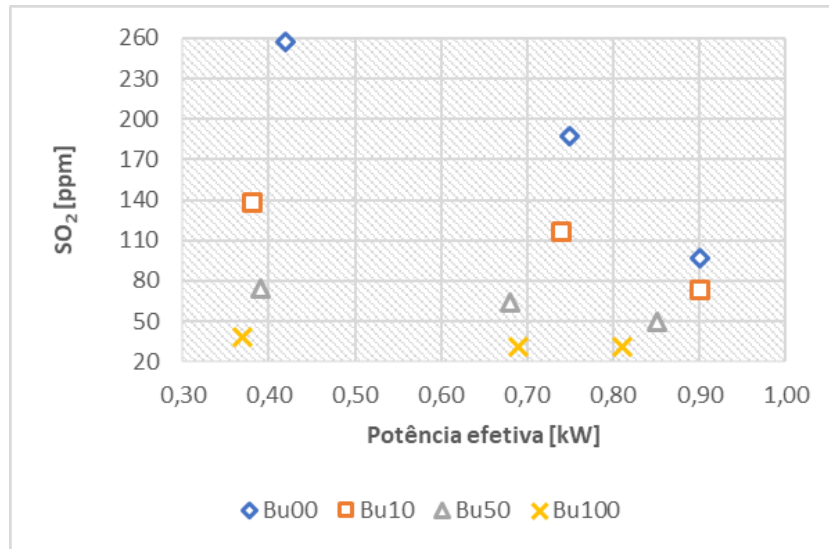
Fonte: Própria

Na Figura 15 é possível observar o comportamento do  $\text{SO}_2$  com o aumento da potência do motor e com a adição de um combustível oxigenado a gasolina. Há uma queda nas emissões do dióxido de enxofre tanto com o aumento das cargas quanto com o aumento da proporção de butanol nas misturas.

Como o butanol é um álcool e não possui enxofre em sua molécula, a adição desse combustível na mistura reduz o teor de enxofre no combustível e em consequência a emissão de óxidos de enxofre. Além disso, o butanol diminui a temperatura da câmara de combustão, devido ao seu menor PCI em relação à gasolina, o que evita a degradação de óleos lubrificantes no motor e volatilização dos depósitos de combustível não queimado no interior da câmara de combustão que causa a produção de  $\text{SO}_2$ .

A presença de  $\text{SO}_2$  na queima de butanol puro pode ser consequência de erro experimental e da queima de resíduos de gasolina e óleo lubrificante presentes na câmara.

Figura 15 - Emissões de  $\text{SO}_2$  em função da potência efetiva para as misturas Bu00, Bu10, Bu50 e Bu100



Fonte: Própria

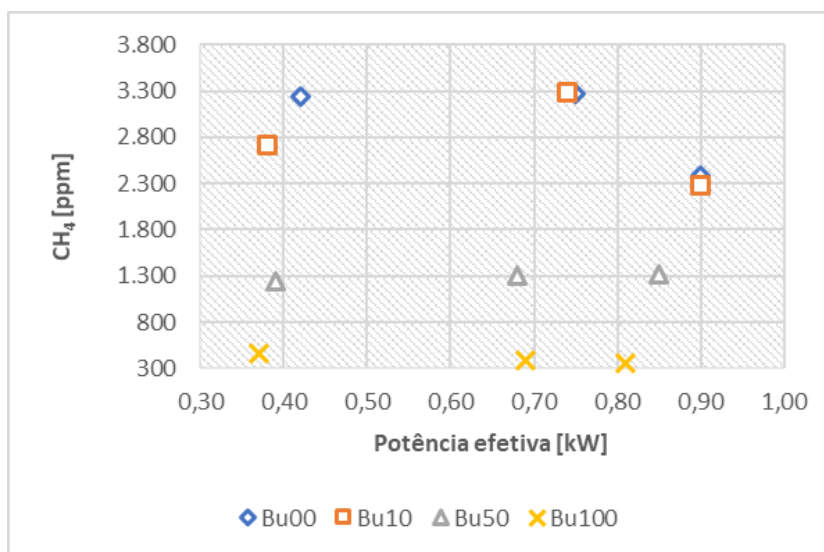
Comportamento semelhante ao  $\text{SO}_2$ , teve o metano ( $\text{CH}_4$ ), como pode ser observado na Figura 16. Houve uma queda significativa nas emissões de metano com o aumento das cargas, e ainda maior com o aumento da proporção de butanol nas misturas.

A existência de carbono na composição química da gasolina, necessariamente terá como produtos de combustão incompleta o  $\text{CH}_4$ , que é um hidrocarboneto simples. Logo, essa concentração tende a cair conforme se adiciona o butanol devido a diminuição de carbono na mistura.



Como já mencionado na discussão da Figura 11, a eficiência do motor tende a aumentar em condições de melhor operação do sistema, isto é, mais próximo da potência nominal. O aumento da eficiência reduz as emissões relacionadas à queima incompleta, o que justifica a redução do metano com o aumento da carga aplicada ao gerador.

Figura 16 - Emissões de CH<sub>4</sub> em função da potência efetiva para as misturas Bu00, Bu10, Bu50 e Bu100



Fonte: Própria

## 6 CONCLUSÕES

Com base nos ensaios realizados, pode-se concluir que a variação da carga resistiva causou uma variação no comportamento do motor e do sistema motor gerador como um todo. De acordo com os resultados de consumo específico, o motor apresentou melhor desempenho, operando a plena carga com gasolina pura (Bu00) e operando com butanol puro (Bu100) a carga de 0,70 kW. Com a carga mínima, o motor mostrou melhor eficiência operando com a mistura Bu50.

Apesar de apresentar bons resultados, a utilização de Bu100 nos ensaios apresentou problemas de funcionamento, causados pela dificuldade de injeção do butanol, que possui viscosidade cerca de 80 % maior que a gasolina pura.

Em relação às emissões, a presença de butanol na mistura causa um aumento da produção de óxido de nitrogênio ( $\text{NO}_x$ ) e de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) devido a presença de oxigênio na fórmula molecular do álcool. Por outro lado, por possui PCI menor que o da gasolina, o butanol contribui para a diminuição da temperatura da câmara de combustão, que é diretamente proporcional a produção de  $\text{NO}_x$ .

Com a ausência de enxofre no butanol, a emissão de dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ) tende a ser nula com o aumento da proporção de butanol na mistura. Sendo assim, o uso de butanol como aditivo em substituição aos componentes sulfurosos utilizados, melhora a qualidade do combustível e também permite a adequação às rigorosas normas de emissões vigentes.

Com os dados apresentados neste trabalho é possível afirmar que o butanol, se produzido a partir de fontes renováveis, se destaca como um promissor biocombustível, por apresentar características muito próximas a gasolina e ser comparado com as melhores propriedades de combustível do etanol. A avaliação de sua utilização considerando o consumo específico e emissões ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$  e  $\text{CH}_4$ ), propicia uma real visualização do seu valor enquanto combustível.

Apesar da produção de butanol ser dispendiosa, acredita-se que o crescente interesse dos consumidores em ter acesso ao butanol estimule a atividade na agricultura e na indústria, afetando o crescimento da produção e reduzindo os custos de produção.

## 6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestões para futuros trabalhos, pode-se destacar:

- Aplicação da mistura butanol-gasolina em motores de combustão interna, iniciando os ensaios com o butanol puro para evitar a queima de resíduos de gasolina que acabam interferindo nos resultados.
- Análise do poder calorífico inferior e do poder calorífico superior das gasolinas tipo A e C e n-butanol.
- Realização de ensaios com biobutanol, em diferentes proporções, adicionado ao diesel e definir as proporções que apresenta menor emissão de gases poluentes e melhor desempenho do motor.
- Análise da mistura gasolina-butanol em motores de combustão interna flex-fuel.
- Análise do desempenho do motor de combustão interna em regime transiente.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E. T.; JUSTO, W. R.; OLIVEIRA, M. F. 2016. Uma análise da demanda por combustíveis através do modelo *Almost Ideal Demand System* para Pernambuco. Brasília-DF, Revista de Economia e Sociologia Rural, v. 54, n. 4, 20p.

ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. 2017a. Cartilha do posto revendedor de combustíveis. Disponível em: [http://www.anp.gov.br/wwwanp/images/publicacoes/cartilhas/Cartilha\\_Posto\\_Revendedor\\_de\\_Combustiveis\\_6a\\_ed.pdf](http://www.anp.gov.br/wwwanp/images/publicacoes/cartilhas/Cartilha_Posto_Revendedor_de_Combustiveis_6a_ed.pdf). Acesso em: 08 de jan. 2018.

ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. 2017b. Biocombustíveis. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/wwwanp/biocombustiveis>. Acesso em: 25 de ago. 2017.

ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. 2017c. Gasolina. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/wwwanp/petroleo-derivados/155-combustiveis/1855-gasolina>. Acesso em: 25 de ago. 2017.

ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. 2016. Abastecimento em números: Informações sobre a comercialização de combustíveis. Disponível em: [http://www.anp.gov.br/wwwanp/images/publicacoes/boletins-anp/Boletim\\_Abastecimento/Boletim\\_n53.pdf](http://www.anp.gov.br/wwwanp/images/publicacoes/boletins-anp/Boletim_Abastecimento/Boletim_n53.pdf). Acesso em: 08 de jan. 2018.

ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Resolução nº 19 de 15.4.2015. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/wwwanp/biocombustiveis/etanol>. Acesso em: 08 de jan. 2018.

ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Resolução nº 36 de 6.12.2005. Disponível em: [http://www.cgee.org.br/arquivos/pdf/res\\_anp.pdf](http://www.cgee.org.br/arquivos/pdf/res_anp.pdf). Acesso em: 15 de jul. 2017.

BEN - Balanço Energético Nacional. 2016. Ano base 2015 Disponível em: [https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio\\_Final\\_BEN\\_2016.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2016.pdf). Acesso em: 24 de nov. 2017.

BIOBUTANOL. 2017. Butanol isomers – n-butanol, iso-butanol and tert-butanol and their properties. Disponível em: <http://www.biobutanol.com/Butanol-Isomers-isobutanol,-n-butanol,-tert-butanol.html>. Acesso em: 24 de nov. 2017.

BNDES e CGEE. 2008. Bioetanol de cana-de-açúcar: Energia para o desenvolvimento sustentável. Disponível em: [www.cgee.org.br/atividades/redirect.php?idProduto=5126](http://www.cgee.org.br/atividades/redirect.php?idProduto=5126). Acesso em: 15 de fev. 2018.

BRITO, M. F. F. 2015. Análise do ciclo de vida da produção do butanol. Disponível em: [http://recipp.ipp.pt/bitstream/10400.22/8053/1/DM\\_MartaBrito\\_2015\\_MES.pdf](http://recipp.ipp.pt/bitstream/10400.22/8053/1/DM_MartaBrito_2015_MES.pdf). Acesso em: 08 de jan. 2018.

BRUNETTI, F. 2012. Motores de combustão interna. Blucher. Vol 1. 553p.

CARVALHO JUNIOR, J. A.; LACAVA, P. T. 2003. Emissões em processos de combustão. Vol 1. 140p.

CARVALHO, M. A. S. 2011. Avaliação de um motor de combustão interna ciclo Otto utilizando diferentes tipos de combustíveis. 168f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) – Universidade Federal da Bahia. 2011.

CARVALHO, S. A. E. S. 2007. Equilíbrio líquido na produção do biodiesel. 121f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade de Aveiro. 2007.

CETESB, 2011. Informações sobre regulamentações de emissões. Disponível em: <http://cetesb.sp.gov.br/veicular/wp-content/uploads/sites/6/2013/12/relatorio-emissoes-veiculares-2011.pdf>. Acesso em: 15 de jul. 2017.

CHAVES, R. T. 2013. Estudo do uso de misturas de etanol hidratado e gasolinas automotivas em um motor ASTM-CFR. 69p. Projeto de Graduação - Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2013.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2005. Resolução nº 357. 58-63p.

FERNANDES, A. 2012. Análise do desempenho de motor diesel com a utilização de biocombustível obtido a partir do reuso de óleo vegetal. 80f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia de Produção) - Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Metodista de Piracicaba. 2012.

FERNANDES, G. W. 2017. Estudo da combustão de misturas Gasolina-Etanol numa máquina de compressão rápida. Departamento de Engenharia Mecânica. 55p. Disponível em: [http://www.puc-rio.br/pibic/relatorio\\_resumo2012/relatorios\\_pdf/ctc/MEC/MEC-Gabriel%20Werpel%20Fernandes.pdf](http://www.puc-rio.br/pibic/relatorio_resumo2012/relatorios_pdf/ctc/MEC/MEC-Gabriel%20Werpel%20Fernandes.pdf). Acesso em: 27 de dez. 2017.

FERREIRA, S. M., OLIVEIRA, E. DUARTE, U. 2004. Comportamento da gasolina com etanol (E-20) e da gasolina pura após a simulação de um vazamento em colunas de laboratório. São Paulo. Revista do Instituto de Geociências – USP, v. 4, n. 2, 12p.

FRANCISCO, R. P. 2012. Estudo termoquímico da queima de combustíveis em caldeiras usando balanços de energia. 148f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia) - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Universidade Federal de São João Del Rei. 2012.

GABLE, S. 2017. Biobutanol: The production, process and pros and cons. Disponível em: <https://www.thoughtco.com/pros-cons-biobutanol-85645>. Acesso em: 09 de ago. 2017.

GMEG. 2018. Disponível em: <http://grupogmeg.com.br/produtos/motomil/>. Acesso em: 14 de jan. 2018.

GOLDEMBERG, J., MACEDO, I. C. 1994. The Brazilian Alcohol Program – An overview. Energy for Sustainable Development, v. 1. 245p.

HÖNIG, V., KOTEK, M., MAŘÍK, M. 2014. Use of butanol as a fuel for internal combustion engines. Agronomy Research. 8p.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis. 2017. Programa de controle de emissões veiculares (PROCONVE). Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/emissoes/veiculos-automotores/programa-de-controle-de-emissoes-veiculares-proconve>. Acesso em: 08 de jan. 2018.

IRIMESCU, A. 2010. Air-fuel h – x diagram for gasoline-isobutanol blends. Proceedings of the Romanian academy, v. 11, 322–329p.

KARIMI, K., TABATABAEI, M., HORVÁTH, I. S., KUMAR, R. 2015. Recent trends in acetone, butanol, and ethanol (ABE) production. Biofuel Research Journal. 301-308p.

KÓTAI, L., SZÉPVÖLGYI, J., SZILÁGYI, M., ZHIBIN, L., BAIQUAN, C., SHARMA, V., SHARMA, P. 2013. Biobutanol from renewable agricultural and lignocellulose resources and its perspectives as alternative of liquid fuels. Disponível em: [www.intechopen.com/books/](http://www.intechopen.com/books/). Acesso em: 08 de jan. 2018.

LIU, H., WANG, G., ZHANG, J. 2013. The Promising Fuel - Biobutanol. Disponível em: <https://www.intechopen.com/books/liquid-gaseous-and-solid-biofuels-conversion-techniques/the-promising-fuel-biobutanol>. Acesso em: 09 de ago. 2017.

MACHADO, C. 2010. Technical characteristics and current status of butanol production and use as biofuel. V Seminário Latino Americano y del Caribe de Biocombustibles, Santiago - Chile, 2010. Disponível em: [http://www.olade.org/biocombustibles/Documents/Ponencias%20Chile/Sesion%205\\_C%20Machado\\_Enbrapa\\_Brasil.pdf](http://www.olade.org/biocombustibles/Documents/Ponencias%20Chile/Sesion%205_C%20Machado_Enbrapa_Brasil.pdf). Acesso em: 16 de jul. 2017.

NATALENSE, J. C. 2013. Prospecção tecnológica de biobutanol no contexto brasileiro de biocombustíveis. 126f. Dissertação (Mestrado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo. 2013.

PENIDO FILHO, P. 1981. O álcool combustível: obtenção e aplicação nos motores. ed. Livraria Nobel. São Paulo. 265p.

PEREIRA, E. L., NEVES, T. C. 2016. Produção biotecnológica de butanol. Revista da Universidade Vale do Rio Verde, Três Corações, v. 14, n. 2, 23p.

RODRIGUES FILHO, F. A. 2014. Projeto, construção e caracterização do desempenho de um motor de combustão interna provido de um sistema de ignição por lanças de carga estratificada. 240f. Dissertação (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Minas Gerais. 2014.

RODRIGUES, J.A.R. 2011. Do Engenho à Biorrefinaria: A Usina de Açúcar como Empreendimento Industrial para a Geração de Produtos Bioquímicos e Biocombustíveis, Vol. 34, n. 7, 1245-1254p.

SANTANA, E. L. P. 2015. Estudo comparativo de desempenho e emissões para veículo multicomcombustível no Brasil. 127f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) – Universidade Federal da Bahia. 2015.

SANTOS, C. C. M. 2015. Determinação dos limites de inflamabilidade para misturas de iso-butanol e gasolina sintética. 82f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Paraná. 2015.

STOMBAUGH, T., Montross, M., NOKES, S., GRAY, K. 2011. Butanol: The New Biofuel. Biosystems and Agricultural Engineering. 2p.

UDOP – União dos Produtores de Bioenergia. ANP: combustíveis brasileiros têm qualidade semelhante aos de Primeiro Mundo. Disponível em: <http://www.udop.com.br/index.php?item=noticias&cod=1152860>. Acesso em: 21 de jul. de 2017.

UNICA – União da Indústria de Cana-de-açúcar. 2014. 60 países já adotam mistura obrigatória de biocombustíveis aos combustíveis fósseis. Disponível em: <http://www.unica.com.br/noticia/27251092920325965467/60-paises-ja-adotam-mistura-obrigatoria-de-biocombustiveis-aos-combustiveis-fosseis/>. Acesso em: 21 de fev. 2018.

VLASSOV, D. 2008. Fundamentos de combustão. Apostila CEFET. Disponível em: <http://www.damec.ct.utfpr.edu.br/motores/downloads/FUNDAMENTOS%20DA%20COMBUST%C3%83O.pdf>. Acesso em: 09 de ago. 2017.

WIGG, B. A. 2011. Study on the emissions of butanol using a spark ignition engine and the irreduction using electrostatically assisted injection. 160f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – University of Illinois. 2011.

## ANEXOS

## ANEXO I - FICHA DE INFORMAÇÕES DE SEGURANÇA DE PRODUTO QUÍMICO – FISPQ DA GASOLINA A

PRODUTO: GASOLINA A	Página 1 de 14
Data: 22/05/2013 N° FISPQ: Pb0029_p	Versão: 0.5P Anula e substitui versão: Todas as anteriores

**1 - IDENTIFICAÇÃO**

Nome do produto (nome comercial):	GASOLINA A
Código interno de identificação:	Pb0029_p
Principais usos recomendados para a substância ou mistura:	Combustível.
Nome da empresa:	Petróleo Brasileiro S. A.
Endereço:	Avenida Chile, 65. 20035-900 Rio de Janeiro (RJ) Brasil
Telefone:	0800-728-9001
Telefone para emergências:	0800 728 9001

**2 - IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS**

- Classificação de perigo do produto:	Líquidos inflamáveis – Categoria 2 Corrosão/irritação à pele – Categoria 3 Mutagenicidade em células germinativas – Categoria 2 Carcinogenicidade – Categoria 1A Toxicidade à reprodução – Categoria 2 Toxicidade para órgãos-alvo específicos - Exposição única – Categoria 1 e 3 Toxicidade para órgãos-alvo específicos - Exposição repetida – Categoria 1 Perigo por aspiração – Categoria 1 Perigoso ao ambiente aquático – Agudo - Categoria 3
- Sistema de classificação adotado:	Norma ABNT-NBR 14725-2:2009 – versão corrigida 2:2010. Sistema Globalmente Harmonizado para a Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos, ONU.
Outros perigos que não resultam em uma classificação:	Risco de explosão em contato com o ar.



## ELEMENTOS APROPRIADOS DA ROTULAGEM

### - Pictogramas



### - Palavra de advertência

PERIGO

### - Frases de perigo:

Líquidos e vapores altamente inflamáveis.

Provoca irritação moderada à pele.

Suspeito de provocar defeitos genéticos.

Pode provocar câncer.

Suspeita-se que prejudique a fertilidade ou o feto.

Provoca danos ao sistema respiratório.

Pode provocar irritação das vias respiratórias.

Pode provocar sonolência ou vertigem.

Provoca danos ao sistema nervoso central e ao fígado por exposição repetida ou prolongada.

Pode ser fatal se ingerido e penetrar nas vias respiratórias.

Nocivo para os organismos aquáticos.

### - Frases de precaução:

Obtenha instruções específicas antes da utilização.

Mantenha afastado de calor, faísca, chama aberta, superfícies quentes. - Não fume.

Não inale os vapores e névoas.

Lave as mãos cuidadosamente após o manuseio.

Evite a liberação para o meio ambiente.

Caso sinta indisposição, contate um CENTRO DE INFORMAÇÃO TOXICOLÓGICA ou médico.

Não provoque vômito.

Em caso de irritação cutânea: Consulte um médico.

## &gt;&gt;&gt;SUBSTÂNCIA DE PETRÓLEO

Nome químico comum ou nome técnico: Nafta/ gasolina

Grupo de substância de petróleo: Esta classe de substâncias do petróleo é composta de naftas complexas, substâncias constituídas de hidrocarbonetos com cadeias carbônicas de C4 a C12 e faixa de ebulição de -20 a 230°C.

Sinônimo: Benzina

Número de registro CAS: 86290-81-5

Impurezas que contribuam para o perigo:

Componente	Concentração (%)	CAS
Benzeno	< 1 (p/p)	71-43-2

**4 - MEDIDAS DE PRIMEIROS SOCORROS**

**Inalação:** Remova a vítima para local arejado e mantenha-a em repouso. Monitore a função respiratória. Se a vítima estiver respirando com dificuldade, forneça oxigênio. Se necessário aplique respiração artificial. Procure atenção médica. Leve esta FISPQ.

**Contato com a pele:** Remova as roupas e sapatos contaminados. Lave a pele exposta com grande quantidade de água, por pelo menos 15 minutos. Procure atenção médica. Leve esta FISPQ.

**Contato com os olhos:** Lave com água corrente por pelo menos 15 minutos, mantendo as pálpebras abertas. Retire lentes de contato quando for o caso. Procure atenção médica imediatamente. Leve esta FISPQ.

**Ingestão:** Lave a boca da vítima com água em abundância. NÃO INDUZA O VÔMITO. Procure atenção médica. Leve esta FISPQ.

**Sintomas e efeitos mais importantes, agudos ou tardios:** Tosse. Confusão, tontura, sonolência, torpor e dor de cabeça. Ressecamento e vermelhidão da pele. Vermelhidão nos olhos. Náusea e vômito.

**Notas para médico:** Evite contato com o produto ao socorrer a vítima. Mantenha a vítima em repouso e aquecida. Não forneça nada pela boca a

uma pessoa inconsciente. O tratamento sintomático deve compreender, sobretudo, medidas de suporte como correção de distúrbios hidroeletrólitos, metabólicos, além de assistência respiratória.

## 5 - MEDIDAS DE COMBATE A INCÊNDIO

<b>Meios de extinção:</b>	Apropriados: Espuma resistente à álcool, neblina d'água, pó químico e dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ).  Não recomendados: Jatos d'água diretamente sobre o líquido em chamas.
<b>Perigos específicos da mistura ou substância:</b>	Os vapores podem deslocar-se por grandes distâncias provocando retrocesso da chama ou novos focos de incêndio tanto em ambientes abertos como confinados. Os contêineres podem explodir se aquecidos. Risco de explosão em ambientes confinados, drenagem e sistema de esgoto. Combustão completa pode produzir dióxido de enxofre e nitrogênio. Quando aquecido pode liberar sulfeto de hidrogênio.
<b>Medidas de proteção da equipe de combate a incêndio:</b>	Equipamento de proteção respiratória do tipo autônomo (SCBA) com pressão positiva e vestuário protetor completo. Contêineres e tanques envolvidos no incêndio devem ser resfriados com jatos d'água.

## 6 - MEDIDAS DE CONTROLE PARA DERRAMAMENTO OU VAZAMENTO

### Precauções pessoais

Para o pessoal que não faz parte dos serviços de emergência:	Produto altamente inflamável. Remova todas as fontes de ignição. Impeça fagulhas ou chamas. Não fume. Isole o vazamento de fontes de ignição. Não toque nos recipientes danificados ou no material derramado sem o uso de vestimentas adequadas. Evite inalação, contato com os olhos e com a pele. Utilize equipamento de proteção individual conforme descrito na seção 8.
Para pessoal de serviço de emergência:	Utilizar EPI completo, com óculos de proteção com proteção lateral, luvas de proteção de PVC, vestimenta impermeável.
<b>Precauções ao meio ambiente:</b>	Evite que o produto derramado atinja cursos d'água e rede de esgotos.

PRODUTO: GASOLINA A	Página 5 de 14		
Data: 22/05/2013	Nº FISPQ: P6029_p	Versão: 0.5P	Anula e substitui versão: Todas as anteriores

Métodos e materiais para contenção e limpeza:	Colete o produto derramado e coloque em recipientes próprios. Adsorva o produto remanescente, com areia seca, terra, vermiculite, ou qualquer outro material inerte. Coloque o material adsorvido em recipientes apropriados e remova-os para local seguro.
Diferenças na ação de grandes e pequenos vazamentos:	Não há distinção entre as ações de grandes e pequenos vazamentos para este produto.

## 7 - MANUSEIO E ARMAZENAMENTO

### MEDIDAS TÉCNICAS APROPRIADAS PARA O MANUSEIO

- **Precauções para manuseio seguro:** Manuseie o produto somente em locais bem arejados ou com sistemas de ventilação geral/local adequado. Evite formação de vapores ou névoas.
- **Medidas de higiene:** Não coma, beba ou fume durante o manuseio do produto. Lave bem as mãos antes de comer, beber, fumar ou ir ao banheiro. Roupas contaminadas devem ser trocadas e lavadas antes de sua reutilização.

### Condições de armazenamento seguro, incluindo qualquer incompatibilidade

- Prevenção de incêndio e explosão:** Mantenha afastado do calor, fôrca, chama aberta e superfícies quentes. — Não fume. Mantenha o recipiente hermeticamente fechado. Aterre o vaso contedor e o receptor do produto durante transferências. Utilize apenas ferramentas anti-fâscante. Evite o acúmulo de cargas eletrostáticas. Utilize equipamento elétrico, de ventilação e de iluminação à prova de explosão.
- Condições adequadas:** O local de armazenamento deve ter piso impermeável e com dique de contenção para reter em caso de vazamento. O local de armazenamento deve conter bacia de contenção para reter o produto, em caso de vazamento.
- Materiais para embalagens:** Não especificado.

## 8 - CONTROLE DE EXPOSIÇÃO E PROTEÇÃO INDIVIDUAL

### Parâmetros de controle

#### - Limites de exposição ocupacional:

Componente	TLV – TWA (ACGIH, 2012)	TLV – STEL (ACGIH, 2012)
	(ppm)	(ppm)
Gasolina	300	500
Benzeno	0,5	2,5

#### - Indicadores biológicos:

##### - Benzeno:

BEI (ACGIH, 2012):

Ácido S-Fenilmercaptúrico na urina: 25 µg/g creatinina

Ácido t,t-mucônico na urina: 500 µg/g creatinina

**Medidas de controle de engenharia:** Promova ventilação mecânica e sistema de exaustão direta para o meio exterior. Estas medidas auxiliam na redução da exposição ao produto. É recomendado tornar disponíveis chuveiros de emergência e lava olhos na área de trabalho. Manter as concentrações da substância ou mistura no ar abaixo dos limites de exposição ocupacional indicados.

#### Medidas de proteção pessoal

- Proteção dos olhos/face: Óculos de proteção com proteção lateral.
- Proteção da pele e do corpo: Luvas de proteção de PVC. Vestimenta impermeável.
- Proteção respiratória: Recomenda-se a utilização de respirador com filtro para vapores orgânicos para exposições médias acima da metade do TLV-TWA. Nos casos em que a exposição exceda 3 vezes o valor TLV-TWA, utilize respirador do tipo autônomo (SCBA) com suprimento de ar, de peça facial inteira, operado em modo de pressão positiva.

Siga orientação do Programa de Prevenção Respiratória (PPR), 3ª ed. São Paulo: Fundacentro, 2002.

**Perigos térmicos:** Não apresenta perigos térmicos.

## 9 - PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS

Aspecto (estado físico, forma e cor):	Líquido límpido e amarelado (isento de materiais em suspensão).
Odor e limite de odor:	Forte e característico.
pH:	Não aplicável.
Ponto de fusão/ponto de congelamento:	Não disponível.
Ponto de ebulição inicial e faixa de temperatura de ebulição:	> 35 °C
Ponto de fulgor:	< - 43 °C (vaso fechado)
Taxa de evaporação:	Não disponível.
Inflamabilidade (sólido; gás):	Não aplicável.
Limite inferior/superior de inflamabilidade ou explosividade:	Superior (LES): 7,6 % Inferior (LEI): 1,4 %
Pressão de vapor:	69 kPa a 37,8 °C (máximo)
Densidade de vapor:	4
Densidade relativa:	0,72 – 0,76 a 20 °C
Solubilidade(s):	Insolúvel em água e em solventes orgânicos.
Coefficiente de partição – n-octanol/água:	Log kow: 2 -7
Temperatura de auto-ignição:	257 °C
Temperatura de decomposição:	Não disponível.
Viscosidade:	0,41 mPas
Outras informações:	Faixa de destilação: 27 - 220 °C a 101,325 kPa (760 mmHg) Parte volátil: 100%

Taxa de evaporação: > 1 (butyl acetate = 1).

## 10 - ESTABILIDADE E REATIVIDADE

Estabilidade e reatividade:	Estável sob condições usuais de manuseio e armazenamento. Não sofre polimerização.
Possibilidade de reações perigosas:	Vapores podem formar misturas explosivas com o ar.
Condições a serem evitadas:	Temperaturas elevadas. Fontes de ignição. Contato com materiais incompatíveis.
Materiais incompatíveis:	Agentes oxidantes fortes e oxigênio concentrado.
Produtos perigosos da decomposição:	Em combustão libera gases tóxicos e irritantes. Quando aquecido pode liberar sulfeto de hidrogênio.

## 11 - INFORMAÇÕES TOXICOLÓGICAS

Toxicidade aguda:	Produto não classificado como tóxico agudo.
Corrosão/irritação da pele:	Causa irritação à pele com vermelhidão e ressecamento.
Lesões oculares graves/ irritação ocular:	Pode causar irritação aos olhos com vermelhidão.
Sensibilização respiratória ou à pele:	Não é esperado que o produto provoque sensibilização respiratória ou à pele.
Mutagenicidade em células germinativas:	Suspeito de provocar defeitos genéticos. Informação referente ao: - <u>Benzeno</u> : Resultados positivos em testes <i>in vivo</i> e <i>in vitro</i> com células somáticas humanas (Ensaio de aberrações cromossômicas).

<b>Carcinogenicidade:</b>	<p>Pode provocar câncer.</p> <p>Informação referente ao:</p> <p>- <u>Gasolina:</u></p> <p>Carcinogênico em animais de relevância desconhecida para humanos (Grupo A3 – ACGIH).</p> <p>- <u>Benzeno:</u></p> <p>Carcinogênico para humanos (Grupo 1 – IARC).</p> <p>Suspeita-se que prejudique a fertilidade ou o feto.</p> <p>Informação referente ao:</p>
<b>Toxicidade à reprodução:</b>	<p>- <u>Benzeno:</u></p> <p>Exposição está relacionada com alterações na menstruação, aborto espontâneo e natimorto.</p>
<b>Toxicidade para órgãos-alvo específicos – exposição única:</b>	<p>Pode causar irritação do trato respiratório com tosse. Pode causar irritação do trato gastrointestinal com náusea e vômito. Inalação do produto pode causar confusão mental, sonolência, tontura e torpor.</p>
<b>Toxicidade para órgãos-alvo específicos – exposição repetida:</b>	<p>Contato prolongado e repetido com a pele pode causar dermatite. O contato repetido dos olhos pode causar irritação e conjuntivite crônica. Pode causar dano ao sistema nervoso central e fígado por exposição repetida e prolongada.</p>
<b>Perigo por aspiração:</b>	<p>Aspiração para os pulmões pode resultar em pneumonite química.</p>

## 12 - INFORMAÇÕES ECOLÓGICAS

### Efeitos ambientais, comportamentos e impactos do produto

<b>Ecotoxicidade:</b>	<p>Nocivo para os organismos aquáticos.</p> <p>CL<sub>50</sub>(<i>Cyprinodon variegatus</i>, 96h): 82 mg/L.</p>
<b>Persistência e degradabilidade:</b>	<p>É esperada baixa degradação e alta persistência.</p>
<b>Potencial bioacumulativo:</b>	<p>Apresenta potencial de bioacumulação em organismos aquáticos.</p> <p>BCF: 273 (valor estimado).</p>



PRODUTO: GASOLINA A	Página 10 de 14			
Data: 22/05/2013	Nº FISPO: Pb0029_p	Versão: 0.5P	Anula e substitui versão:	Todas as anteriores

Log kow: 2 - 7

Mobilidade no solo: Não determinada.

### 13 - CONSIDERAÇÕES SOBRE DESTINAÇÃO FINAL

Métodos recomendados para tratamento e disposição aplicados ao:

- Produto: O tratamento e a disposição devem ser avaliados especificamente para cada produto. Devem ser consultadas legislações federais, estaduais e municipais, dentre estas: Resolução CONAMA 005/1993, Lei nº12.305, de 02 de agosto de 2010 (Política Nacional de Resíduos Sólidos).
- Restos de produtos: Manter restos do produto em suas embalagens originais, fechadas e dentro de tambores metálicos, devidamente fechados, de acordo com a legislação aplicável. O descarte deve ser realizado conforme o estabelecido para o produto, recomendando-se as rotas de processamento em cimenteiras e a incineração.
- Embalagem usada: Nunca reutilize embalagens vazias, pois elas podem conter restos do produto e devem ser mantidas fechadas e encaminhadas para serem destruídas em local apropriado. Neste caso, recomenda-se envio para rotas de recuperação dos tambores ou incineração.

### 14 - INFORMAÇÕES SOBRE TRANSPORTE

Regulamentações nacionais e internacionais

- Terrestre: Resolução nº 420 de 12 de Fevereiro de 2004 da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), *Aprova as Instruções Complementares ao Regulamento do Transporte Terrestre de Produtos Perigosos e suas modificações.*
- Número ONU: 1203
- Nome apropriado para embarque: COMBUSTÍVEL AUTO-MOTOR
- Classe de risco/ subclasse de risco principal: 3

PRODUTO: GASOLINA A	Página 11 de 14
Data: 22/05/2013 N° FISPQ: Pb0029_p	Versão: 0.5P Anula e substitui versão: Todas as anteriores

Classe de risco/ subclasse de risco subsidiário:	NA
Número de risco:	33
Grupo de embalagem:	II
<b>Hidroviário</b>	DPC - Diretoria de Portos e Costas (Transporte em águas brasileiras) Normas de Autoridade Marítima (NORMAM) NORMAM 01/DPC: Embarcações Empregadas na Navegação em Mar Aberto NORMAM 02/DPC: Embarcações Empregadas na Navegação Interior IMO - " <i>International Maritime Organization</i> " (Organização Marítima Internacional) <i>International Maritime Dangerous Goods Code (IMDG Code)</i> .
Número ONU:	1203
Nome apropriado para embarque:	PETROL
Classe de risco/ subclasse de risco principal:	3
Classe de risco/ subclasse de risco subsidiário:	NA
Grupo de embalagem:	II
EmS:	F-E, S-E
<b>Aérea</b>	ANAC - Agência Nacional de Aviação Civil - Resolução nº129 de 8 de dezembro de 2009. RBAC Nº175 - (REGULAMENTO BRASILEIRO DA AVIAÇÃO CIVIL) - TRANSPORTE DE ARTIGOS PERIGOSOS EM AERONAVES CIVIS. IS Nº 175-001 - INSTRUÇÃO SUPLEMENTAR - IS ICAO - " <i>International Civil Aviation Organization</i> " (Organização da Aviação Civil Internacional) - Doc 9284-NA/905 IATA - " <i>International Air Transport Association</i> " (Associação

PRODUTO: GASOLINA A	Página 12 de 14		
Data: 22/05/2013	Nº FISPQ: Pb0029_p	Versão: 0.5P	Anula e substitui versão: Todas as anteriores

	Internacional de Transporte Aéreo) <i>Dangerous Goods Regulation (DGR).</i>
Número ONU:	1203
Nome apropriado para embarque:	PETROL
Classe de risco/ subclasse de risco principal:	3
Classe de risco/ subclasse de risco subsidiário:	NA
Grupo de embalagem:	II
Perigo ao meio ambiente:	O produto não é considerado poluente marinho.

## 15 - INFORMAÇÕES SOBRE REGULAMENTAÇÕES

<b>Regulamentações:</b>	Decreto Federal nº 2.657, de 3 de julho de 1998. Norma ABNT-NBR 14725:2012. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010 (Política Nacional de Resíduos Sólidos). Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010. Portaria nº 229, de 24 de maio de 2011 – Altera a Norma Regulamentadora nº 26. Portaria Nº 1.274, de 25 de agosto de 2003: Produto sujeito a controle e fiscalização do Ministério da Justiça – Departamento de Polícia Federal – MJ/DPF, quando se tratar de importação, exportação e reexportação, sendo indispensável Autorização Prévia de DPF para realização destas operações.
-------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## ANEXO II - FICHA DE INFORMAÇÕES DE SEGURANÇA DE PRODUTO QUÍMICO – FISPQ DA GASOLINA COMUM C

PRODUTO: GASOLINA COMUM C	Página 1 de 12
Data: 01/12/2017    Nº FISPQ: BR0051	Versão: 13    Anula e substitui versão: Todas as anteriores

### 1 - IDENTIFICAÇÃO

**Nome do produto:** GASOLINA COMUM C

**Código interno de identificação:** BR0051

**Principais usos recomendados para a substância ou mistura:** Combustível automotivo.

**Nome da empresa:** PETROBRAS DISTRIBUIDORA S.A.

**Endereço:** Rua Correia Vasques, 250  
20211-140 – Cidade Nova – Rio de Janeiro – RJ

**Telefone:** 0800-728-9001

**Telefone para emergências:** 08000 24 44 33

### 2 - IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS

**Classificação de perigo do produto:**

- Líquidos inflamáveis – Categoria 1
- Corrosão/irritação à pele – Categoria 2
- Lesões oculares graves/irritação ocular – Categoria 2A
- Mutagenicidade em células germinativas – Categoria 1B
- Carcinogenicidade – Categoria 1A
- Toxicidade à reprodução – Categoria 1A
- Toxicidade para órgãos-alvo específicos – Exposição única – Categoria 3
- Toxicidade para órgãos-alvo específicos – Exposição repetida – Categoria 1
- Perigo por aspiração – Categoria 1
- Perigoso ao ambiente aquático – Agudo – Categoria 3
- Perigoso ao ambiente aquático – Crônico – Categoria 3

**Sistema de classificação utilizado:** Norma ABNT-NBR 14725-2:2009 – versão corrigida 2:2010.

Sistema Globalmente Harmonizado para a Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos, ONU.

**Outros perigos que não resultam em uma classificação:** Vapores podem formar misturas explosivas com o ar.

### ELEMENTOS APROPRIADOS DA ROTULAGEM

**Pictogramas:**



**Palavra de advertência:**

PERIGO

**Frases de perigo:**

Líquido e vapores extremamente inflamáveis.  
Provoca irritação à pele.  
Provoca irritação ocular grave.  
Pode provocar defeitos genéticos.  
Pode provocar câncer.  
Pode prejudicar a fertilidade ou o feto.  
Provoca danos ao sistema nervoso central.  
Pode provocar irritação das vias respiratórias.  
Pode provocar sonolência ou vertigem.  
Provoca danos ao sistema nervoso central e fígado por exposição repetida ou prolongada.  
Pode ser fatal se ingerido e penetrar nas vias respiratórias.  
Nocivo para os organismos aquáticos, com efeitos prolongados.

**Frases de precaução:**

Evite a liberação para o meio ambiente.  
Em caso de incêndio: Pó químico, espuma resistente a álcool, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e neblina de água.  
EM CASO DE INALAÇÃO: Remova a pessoa para local ventilado e a mantenha em repouso numa posição que não dificulte a respiração.  
EM CASO DE CONTATO COM A PELE: lave com água e sabão em abundância.

**EM CASO DE INGESTÃO:** Contate imediatamente um CENTRO DE INFORMAÇÃO ou um médico.

**EM CASO DE CONTATO COM OS OLHOS:** Enxágue cuidadosamente com água durante vários minutos. No caso de uso de lentes de contato, remova-as, se for fácil. Continue enxaguando.

**EM CASO DE exposição ou suspeita de exposição:** Contate um CENTRO DE INFORMAÇÃO TOXICOLÓGICA ou médico.

### 3 - COMPOSIÇÃO E INFORMAÇÕES SOBRE OS INGREDIENTES

#### >>> MISTURA

**Nome químico comum ou nome técnico:** Gasolina.

**Natureza química:** Hidrocarbonetos.

**Ingredientes ou impurezas que contribuam para o perigo:**

Componentes	Concentração (%)	Nº CAS
Gasolina	72,5 - 87	86290-81-5
Álcool etílico anidrido combustível	18 - 27,5 (p/p)	64-17-5
Benzeno	< 1,0 (p/p)	71-43-2

### 4 - MEDIDAS DE PRIMEIROS SOCORROS

**Inalação:** Remova a vítima para local ventilado e a mantenha em repouso numa posição que não dificulte a respiração. Caso sinta indisposição, contate um CENTRO DE INFORMAÇÃO TOXICOLÓGICA ou um médico. Leve esta FISPQ.

**Contato com a pele:** Lave a pele exposta com quantidade suficiente de água para remoção do material. Em caso de irritação cutânea: Consulte um médico. Leve esta FISPQ.

<b>Contato com os olhos:</b>	Enxágue cuidadosamente com água durante vários minutos. No caso de uso de lentes de contato, remova-as, se for fácil. Continue enxaguando. Caso a irritação ocular persista: consulte um médico. Leve esta FISPQ.
<b>Ingestão:</b>	Não induza o vômito. Nunca forneça algo por via oral a uma pessoa inconsciente. Lave a boca da vítima com água em abundância. Caso sinta indisposição, contate um CENTRO DE INFORMAÇÃO TOXICOLÓGICA ou um médico. Leve esta FISPQ.
<b>Sintomas e efeitos mais importantes, agudos ou tardios:</b>	Provoca irritação à pele com vermelhidão e ressecamento, e aos olhos com vermelhidão, dor e lacrimejamento. Pode provocar irritação das vias respiratórias com tosse, espirros e falta de ar. Pode provocar sonolência, vertigem e dor de cabeça. Pode causar náuseas e vômitos, se ingerido. Pode causar dano ao sistema nervoso central e fígado através da exposição repetida e prolongada. Pode ser fatal se aspirado caso penetre nas vias respiratórias, resultando em pneumonite química.
<b>Notas para médico:</b>	Evite contato com o produto ao socorrer a vítima. Se necessário, o tratamento sintomático deve compreender, sobretudo, medidas de suporte como correção de distúrbios hidroeletrólíticos, metabólicos, além de assistência respiratória. Em caso de contato com a pele não fricione o local atingido.

## 5 - MEDIDAS DE COMBATE A INCÊNDIO

<b>Meios de extinção:</b>	<p>Apropriados: Compatível com pó químico, espuma resistente a álcool, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e neblina d'água.</p> <p>Não recomendados: Água diretamente sobre o líquido em chamas.</p>
<b>Perigos específicos da mistura ou substância:</b>	A combustão do produto químico ou de sua embalagem pode formar gases irritantes e tóxicos como monóxido e dióxido de carbono. Muito perigoso quando exposto a calor excessivo ou outras fontes de ignição. Pode acumular carga estática por fluxo ou agitação. Os vapores do líquido aquecido podem incendiar-se por descarga estática. Os vapores são mais densos que o ar e tendem a se acumular em áreas baixas ou confinadas, como

bueiros, porões, etc. Podem deslocar-se por grandes distâncias provocando retrocesso da chama ou novos focos de incêndio tanto em ambientes abertos como confinados. Os contêineres podem explodir se aquecidos.

**Medidas de proteção da equipe de combate a incêndio:**

Equipamento de proteção respiratória do tipo autônomo (SCBA) com pressão positiva e vestuário protetor completo. Contêineres e tanques envolvidos no incêndio devem ser resfriados com neblina d'água.

## 6 - MEDIDAS DE CONTROLE PARA DERRAMAMENTO OU VAZAMENTO

### Precauções pessoais

Para o pessoal que não faz parte dos serviços de emergência:

Isole o vazamento de fontes de ignição. Impedindo faíscas ou chamas. Não fume. Evacuar a área, num raio de 300 metros. Não toque nos recipientes danificados ou no material derramado sem o uso de vestimentas adequadas. Evite inalação, contato com os olhos e com a pele. Utilize equipamento de proteção individual conforme descrito na seção 8.

Para pessoal de serviço de emergência:

Utilizar EPI completo, com óculos de proteção lateral, luvas de proteção de PVC, calçado de segurança e vestimenta protetora impermeável. Em caso de grandes vazamentos, onde a exposição é grande, recomenda-se o uso de máscara de proteção com filtro contra vapores orgânicos.

**Precauções ao meio ambiente:**

Evite que o produto derramado atinja cursos d'água e rede de esgotos.

Métodos e materiais para contenção e limpeza:

Utilize névoa de água ou espuma supressora de vapor para reduzir a dispersão dos vapores. Utilize barreiras naturais ou de contenção de derrame. Colete o produto derramado e coloque em recipientes próprios. Adsorva o produto remanescente, com areia seca, terra, vermiculite, ou qualquer outro material inerte. Coloque o material adsorvido em recipientes apropriados e remova-os para local seguro. Para destinação final, proceder conforme a Seção 13 desta FISPQ.

Diferenças na ação de grandes e pequenos vazamentos:

Não há distinção entre as ações de grandes e pequenos vazamentos para este produto.



## 7 - MANUSEIO E ARMAZENAMENTO

### MEDIDAS TÉCNICAS APROPRIADAS PARA O MANUSEIO

**Precauções para manuseio seguro:** Manuseie em uma área ventilada ou com sistema geral de ventilação/exaustão local. Evite formação de vapores ou névoas. Evite exposição ao produto. Evite contato com materiais incompatíveis. Utilize equipamento de proteção individual conforme descrito na seção 8.

**Medidas de higiene:** Lave as mãos e o rosto cuidadosamente após o manuseio e antes de comer, beber, fumar ou ir ao banheiro. Roupas contaminadas devem ser trocadas e lavadas antes de sua reutilização. Remova a roupa e o equipamento de proteção contaminado antes de entrar nas áreas de alimentação.

### Condições para armazenamento seguro, incluindo qualquer incompatibilidade

**Prevenção de incêndio e explosão:** Mantenha afastado do calor, faísca, chama aberta e superfícies quentes. — Não fume. Mantenha o recipiente hermeticamente fechado. Aterre o vaso contedor e o receptor do produto durante transferências. Utilize apenas ferramentas antifaísca. Evite o acúmulo de cargas eletrostáticas. Utilize equipamento elétrico, de ventilação e de iluminação à prova de explosão.

**Condições adequadas:** Mantenha o produto em local fresco, seco e bem ventilado, distante de fontes de calor e ignição. O local de armazenamento deve conter bacia de contenção para reter o produto, em caso de vazamento. Mantenha os recipientes bem fechados e devidamente identificados. O local de armazenamento deve ter piso impermeável, isento de materiais combustíveis e com dique de contenção para reter em caso de vazamento. Mantenha afastado de materiais incompatíveis. Não é necessária adição de estabilizantes e antioxidantes para garantir a durabilidade do produto.

**Materiais para embalagens:** Semelhante a embalagem original.

## 8 - CONTROLE DE EXPOSIÇÃO E PROTEÇÃO INDIVIDUAL

### Parâmetros de controle

Limites de exposição ocupacional:

Componente	TLV – TWA (ACGIH, 2012)	TLV – STEL (ACGIH, 2012)	LT (NR-15, 1978)
Gasolina	300 ppm	500 ppm	NE
Etanol	NE	1000 ppm	780 ppm
Benzeno	0,5 ppm	2,5 ppm	*

\* O benzeno não possui LT, mas é objeto do Anexo 13-A, da NR15, onde, para as empresas sujeitas ao disposto no Anexo, define-se o parâmetro VRT-MPT (concentração média de benzeno no ar ponderada pelo tempo, para uma jornada de trabalho de oito horas, obtida na zona de respiração dos trabalhadores, individualmente ou de Grupos Homogêneos de Exposição - GHE, conforme definido na Instrução Normativa nº 01). Segundo tal Anexo, os valores estabelecidos para os VRT-MPT são 1,0 ppm para as empresas abrangidas no Anexo, com exceção das siderúrgicas, e 2,5 ppm para as siderúrgicas.

NE: Não especificado.

Indicadores biológicos:

- Benzeno:

A Portaria nº 34, de 20 de dezembro de 2001, do MTE/SIT/DSST, regulamentou por meio da divulgação de protocolo para utilização do ácido trans,trans-mucônico urinário como Indicador Biológico da Exposição (IBE) ocupacional ao benzeno. Valor de referência: 0,5 mg/g creatinina. Valor de correlação com 1,0 ppm de benzeno = 1,4 mg/g creatinina.

**BEI (ACGIH, 2012):**

Ácido S-Fenilmercaptúrico na urina: 25 µg/g de creatinina (final da jornada). B

Ácido t,t-mucônico na urina: 500 µg/g de creatinina (final da jornada). B

B: O determinante pode estar presente em amostras biológicas coletadas de pessoas que não foram ocupacionalmente expostas em uma concentração que poderia afetar a interpretação do resultado. Tais concentrações basais estão incorporadas no valor do BEI.

**Medidas de controle de engenharia:**

Promova ventilação mecânica e sistema de exaustão direta para o meio exterior. Estas medidas auxiliam na redução da exposição ao produto. Manter as concentrações atmosféricas, dos constituintes do produto, abaixo dos limites de exposição ocupacional indicados.

**Medidas de proteção pessoal**

Proteção dos olhos:

Óculos de proteção lateral.

Proteção da pele e corpo:

Luvas de proteção de PVC, calçado de segurança e vestimenta protetora impermeável.

Proteção respiratória:

Recomenda-se a utilização de respirador com filtro para vapores orgânicos para exposições médias acima da metade do TLV-TWA. Nos casos em que a exposição exceda 3 vezes o valor TLV-TWA, utilize respirador do tipo autônomo (SCBA) com suprimento de ar, de peça facial inteira, operado em modo de pressão positiva.

Siga orientação do Programa de Prevenção Respiratória (PPR), 3ª ed. São Paulo: Fundacentro, 2002.

Perigos térmicos:

Não apresenta perigos térmicos.

## 9 - PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS

Aspecto (estado físico, forma e cor):

Líquido límpido amarelado (isento de material em suspensão).

Odor e limite de odor:

Forte e característico.

pH:

Não aplicável.

Ponto de fusão/ponto de congelamento:

Não disponível.

PRODUTO:	GASOLINA COMUM C			Página 9 de 12
Data:	01/12/2017	Nº FISPQ:	BR0051	Versão: 13 Anula e substitui versão: Todas as anteriores

Ponto de ebulição inicial e faixa de temperatura de ebulição:	> 35°C
Ponto de fulgor:	< 0°C
Taxa de evaporação:	> 1 (acetato de n-butila = 1).
Inflamabilidade (sólido, gás):	Não aplicável.
Limite inferior/superior de inflamabilidade ou explosividade:	Informação referente ao: - <u>Gasolina</u> : Superior: 7,1% Inferior: 1,3%
Pressão de vapor:	79 kPa a 37,8°C (máximo)
Densidade de vapor:	Informação referente ao: - <u>Gasolina</u> : 3 – 4 (ar = 1)
Densidade relativa:	Não disponível.
Solubilidade(s):	Insolúvel em água. Solúvel em solventes orgânicos.
Coefficiente de partição – n-octano/água:	Log kow: 2 – 7.
Temperatura de autoignição:	Informação referente ao: - <u>Gasolina</u> : >250°C
Temperatura de decomposição:	Não disponível.
Viscosidade:	Não disponível.
Outras informações:	Densidade: 0,73 – 0,77 Parte volátil: 100% (v/v) Faixa de destilação: 27 - 220 °C a 101,325 kPa (760 mmHg)

## 10 - ESTABILIDADE E REATIVIDADE

<b>Estabilidade e reatividade:</b>	Produto estável em condições normais de temperatura e pressão.
<b>Possibilidade de reações perigosas:</b>	Não são conhecidas reações perigosas com relação ao produto.
<b>Condições a serem evitadas</b>	Temperaturas elevadas. Fontes de ignição e contato com materiais incompatíveis.
<b>Materiais incompatíveis:</b>	Agentes oxidantes fortes e oxigênio concentrado.
<b>Produtos perigosos da decomposição:</b>	Em combustão libera vapores tóxicos e irritantes como monóxido de carbono, dióxido de carbono, peróxidos e goma. Quando aquecido pode liberar sulfeto de hidrogênio.

## 11 - INFORMAÇÕES TOXICOLÓGICAS

<b>Toxicidade aguda:</b>	Produto não classificado como tóxico agudo por via oral. Pode causar náuseas e vômitos, se ingerido.
	Estimativa de Toxicidade Aguda da mistura (ETAm). ETAm (oral): > 5000 mg/kg
<b>Corrosão/irritação à pele:</b>	Provoca irritação à pele com vermelhidão e ressecamento.
<b>Lesões oculares graves/irritação ocular:</b>	Provoca irritação aos olhos com vermelhidão, dor e lacrimejamento. O contato repetido dos olhos pode causar conjuntivite crônica.
<b>Sensibilização respiratória ou à pele:</b>	Pode ser absorvido pela pele e causar dermatite crônica após contato prolongado. Não é esperado que provoque sensibilização respiratória.
<b>Mutagenicidade em células germinativas:</b>	Pode provocar defeitos genéticos. Informação referente ao: <b>- Etanol:</b> Resultados positivos para ensaios <i>in vivo</i> de mutagenicidade envolvendo células germinativas e somáticas de mamíferos com aumento da frequência de

---

	<p>aberrações cromossômicas, trocas de cromátides-irmãs e aneuploidias foram encontrados nos linfócitos periféricos.</p> <p>- <u>Benzeno</u>:</p> <p>Danos ao DNA e aumento na incidência de micronúcleos foram relatados em linfócitos humanos e de ratos. Aberrações cromossômicas foram observadas em trabalhadores expostos à substância.</p>
<b>Carcinogenicidade:</b>	<p>Pode provocar leucemia e tumores malignos da cavidade oral, faringe, laringe, esôfago e fígado.</p> <p>Informação referente ao:</p> <p>- <u>Gasolina</u>:</p> <p>Carcinogênico em animais com relevância desconhecida em humanos (Grupo A3 – ACGIH).</p> <p>- <u>Etanol</u>:</p> <p>Carcinogênico para humanos (Grupo 1 – IARC).</p> <p>- <u>Benzeno</u>:</p> <p>Carcinogênico para humanos (Grupo 1 – IARC).</p>
<b>Toxicidade à reprodução:</b>	<p>Pode prejudicar a fertilidade ou o feto, com alterações no ciclo menstrual, abortos espontâneos, maior incidência de natimorto, defeitos congênitos e problemas de desenvolvimento do feto.</p> <p>Informações referentes ao:</p> <p>- <u>Etanol</u>:</p> <p>Pode causar abortos espontâneos, assim como defeitos congênitos e outros problemas de desenvolvimento.</p> <p>- <u>Benzeno</u>:</p> <p>Existem evidências limitadas do potencial teratogênico da substância em animais. A exposição à substância tem sido vinculada a alterações no ciclo menstrual, abortos espontâneos e maior incidência de natimortos.</p>
<b>Toxicidade para órgãos-alvo específicos – exposição única:</b>	<p>Pode provocar irritação das vias respiratórias com tosse, espirros e falta de ar. Pode provocar sonolência, vertigem e dor de cabeça.</p>

PRODUTO: GASOLINA COMUM C	Página 12 de 12
Data: 01/12/2017 N° FISPO: BR0051 Versão: 13 Anula e substitui versão: Todas as anteriores	

**Toxicidade para órgãos-alvo específicos – exposição repetida:** Pode causar dano ao sistema nervoso central e fígado por exposição repetida e prolongada.

**Perigo por aspiração:** A aspiração para os pulmões pode resultar em pneumonite química.

## 12 - INFORMAÇÕES ECOLÓGICAS

### Efeitos ambientais, comportamentos e impactos do produto

**Ecotoxicidade:** Nocivo para os organismos aquáticos.  
CL<sub>50</sub> (*Cyprinodon variegatus*, 96h): 82 mg/L

**Persistência e degradabilidade:** Espera-se que o produto apresente persistência e não seja rapidamente degradado.

**Potencial bioacumulativo:** É esperado potencial de bioacumulação em organismos aquáticos.  
BCF: 273 (dado estimado)  
Log kow: 2 – 7

**Mobilidade no solo:** Moderada.

**Outros efeitos adversos:** A liberação de grandes quantidades de produto pode causar efeitos ambientais indesejáveis, como a diminuição da disponibilidade de oxigênio em ambientes aquáticos devido à formação de camada na superfície, e conseqüentemente o sufocamento de animais.

## 13 - CONSIDERAÇÕES SOBRE DESTINAÇÃO FINAL

### Métodos recomendados para tratamento e disposição aplicados ao:

**Produto:** Deve ser eliminado como resíduo perigoso de acordo com a legislação local. O tratamento e a disposição devem ser avaliados especificamente para cada produto. Devem ser consultadas legislações federais, estaduais e municipais, dentre estas: Lei n°12.305, de 02 de agosto de 2010 (Política Nacional de Resíduos Sólidos).

# ANEXO III - FICHA DE INFORMAÇÕES DE SEGURANÇA DE PRODUTO QUÍMICO – FISPQ DO N-BUTANOL

Nome do Produto: **ÁLCOOL (N) BUTÍLICO**  
 Página: 1/4  
 Data da última revisão: 06/02/2017

## 1- Identificação do produto e da empresa

- Nome do produto: **ÁLCOOL (N) BUTÍLICO**
- Código interno de identificação do produto: A1077
- Principais usos recomendados para a substância: Análises químicas
- Nome da empresa: Labsynth Produtos para Laboratórios Ltda
- Endereço: Av. Dr. Ulysses Guimarães, 3.857 – Vila Mary – Diadema - SP
- Telefone para contato: (11) 4072-6100
- Telefone para emergências: (11) 4072-6100
- Fax: (11) 4072-6122
- E-mail: [synth@synth.com.br](mailto:synth@synth.com.br)

## 2- Identificação de perigos

### 2.1 - Classificação da substância (de acordo com a ABNT NBR 14725-2):

Inflamável, Categoria 2

### 2.2 - Elementos de rotulagem (de acordo com a ABNT NBR 14725-2):

Pictogramas de risco



Palavras de advertência: Perigo

Frase de perigo: H225 – Líquido e vapores altamente inflamáveis

Frases de precaução:

- P210 – Mantenha afastado do calor / faíscas / superfícies quentes. Não fume.
- P233 – Mantenha o recipiente hermeticamente fechado
- P240 – Aterre o vaso contenedor e o receptor do produto durante transferências
- P241 – Utilize equipamento de ventilação
- P242 – Utilize apenas ferramentas antifaíscentes
- P243 – Evite o acúmulo de cargas eletrostáticas
- P280 – Use equipamentos de proteção individual
- P303+P361+P353 – Em caso de contato com a pele: retire imediatamente toda a roupa contaminada. Enxágue a pele com a água
- P370+P378 – Em caso de incêndio: Para a extinção utilize: CO2, espuma
- P403 + P235 – Armazene em local bem ventilado. Mantenha em local fresco
- P501 – Descarte o conteúdo / recipiente em instalação aprovada de destruição de resíduos

### 2.3 - Outros Perigos que não resultam em uma classificação: Não disponível

## 3- Composição e informações sobre os ingredientes

### 3.1 - Substância:

- Nome químico ou comum: **Álcool (n) Butílico**
- Sinônimo: n-álcool butílico; propilcarbinol, NBA; n-butanol; 1 butanol; 1 Hidroxibutane
- Número de registro CAS: 71-36-3
- Impurezas que contribuam para o perigo: Não disponível



#### 4- Medidas de primeiros socorros

##### 4.1 - Medidas de primeiros socorros:

- Inalação: Remover para local ventilado.
- Contato com a pele: Lavar com água. Retirar as roupas contaminadas.
- Contato com os olhos: Lavar com bastante água, por 15 min.. Procurar um oftalmologista.
- Ingestão: Beber bastante água. Procurar um médico

4.1 - **Sintomas e efeitos mais importantes:** Pode causar sonolência, tontura e irritação na pele e mucosas do sistema respiratório e olhos.

4.2 - **Notas para o médico:** Tratamento sintomático. Não há antídoto específico. Direcionar o tratamento de acordo com os sintomas e condições clínicas do paciente

#### 5- Medidas de combate a incêndio

5.1 - **Meios de extinção:** CO2, espuma, pó, água

5.2 - **Perigos específicos da substância:** Não disponível

5.3 - **Medidas de proteção da equipe de combate a incêndio:** Utilizar equipamento de proteção individual e equipamento de proteção respiratória autônoma

#### 6- Medidas de controle para derramamento ou vazamento

6.1 - **Precauções pessoais, equipamento de proteção e procedimentos de emergência**

6.1.1 - **Para o pessoal que não faz parte dos serviços de emergência:** Evitar o contato com o produto. Não inalar os vapores.

6.1.2 - **Para o pessoal do serviço de emergência:** Utilizar equipamento de proteção individual e equipamento de proteção respiratória autônoma

6.2 - **Precaução ao meio ambiente:** Não enviar o produto para redes de águas residuais

6.3 - **Métodos e materiais para a contenção e limpeza:** Absorver com agente higroscópico. Recolher o resíduo para limpeza posterior.

#### 7- Manuseio e armazenamento

7.1 - **Precauções para o manuseio seguro:** Manipular o produto respeitando as regras gerais de segurança

7.2 - **Condições de armazenamento seguro, incluindo qualquer incompatibilidade:** Manter as embalagens bem fechadas, local seco e limpo. Temperatura ambiente. Afastar de fontes de ignição.

#### 8- Controle de exposição e proteção individual

8.1 - **Parâmetros de controle:** Limites de Exposição TLV - ACGIH: TWA: 20ppm / STEL: -----.

8.2 - **Medidas de controle de engenharia:** Utilização dos EPI's recomendados durante o manuseio do produto, prover exaustão dos vapores na sua fonte de emissão, bem como a ventilação geral dos locais.

8.3 - **Medidas de proteção pessoal:**

- Proteção dos olhos/face: Óculos de segurança
- Proteção da pele: Luvas de proteção
- Proteção respiratória: Máscaras para vapores químicos
- Perigos térmicos: Não disponível

#### 9- Propriedades físico-químicas

- Aspecto: Líquido límpido, incolor
- Odor: próprio
- pH: Não disponível
- Ponto de fusão: - 89°C
- Ponto de ebulição: 118°C
- Ponto de fulgor: 36°C (copo fechado)
- Taxa de evaporação: 0,46 (Acetato de Butila=1)
- Inflamabilidade: 34°C
- Limite inferior/superior de inflamabilidade ou explosividade: inferior: 1,4% vol / Superior: 11,2% vol
- Pressão de vapor: 5 mmHg à 20°C
- Densidade de vapor: 2,55 (ar=1) à 20°C
- Densidade: 0,810
- Solubilidade: em água : 7,36% (25°C) / solúvel em: éter, álcool
- Coeficiente de partição – n-octanol/água: log P = 0,88, P=7,6
- Temperatura de auto-ignição: 343°C
- Temperatura de decomposição: Não disponível
- Viscosidade: Não disponível

#### 10- Estabilidade e reatividade

10.1 - Estabilidade química: Estável

10.2 - Reatividade: Não disponível

10.3 - Possibilidade de reações perigosas: Monóxido de Carbono e Dióxido de Carbono podem formar-se a partir de sua decomposição ou combustão.

10.4 - Condições a serem evitadas: Aquecimento, chamas, fontes de calor e de ignição e materiais incompatíveis

10.5 - Materiais incompatíveis: Oxidantes fortes, ácidos minerais, halogênios, alumínio, trióxido de cromo, álcalis metálicos.

10.6 - Produtos perigosos da decomposição: A decomposição térmica produzirá monóxido de carbono (CO) e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

#### 11- Informações toxicológicas

- Toxicidade aguda: DL50 ( oral, rato): 790 mg/kg. / LC50: (inalação, rato): > 18 mg / l / 4h / LD50 (cutânea, coelho): 3400 mg/kg

- Corrosão / irritação da pele: Irritação da pele

- Lesões oculares graves / irritação ocular: Irritação

- Sensibilização respiratória ou à pele: Irritação

- Mutagenicidade em células germinativas: Não disponível

- Carcinogenicidade: Não disponível

- Toxicidade à reprodução: Não disponível

-Toxicidade para órgãos - alvo específico – exposição única: Não disponível

-Toxicidade para órgãos - alvo específico – exposição repetida: Não disponível

- Perigo por aspiração: Não disponível

## 12- Informações ecológicas

12.1 - **Ecotoxicidade:** Toxicidade nos peixes: L. idus LC50: 1200 mg / l / 96h

12.2 - **Persistência e degradabilidade:** Biodegradação: 98% / 28 d. Facilmente biodegradável

12.3 - **Potencial bioacumulativo:** Não é bio acumulável

12.4 - **Mobilidade no solo:** Quando liberado no solo, este material evapora moderadamente, podendo migrar para lençóis de água.

12.5 - **Outros efeitos adversos:** Não disponível

## 13- Considerações sobre tratamento e disposição

### 13.1 - Métodos recomendados para destinação final:

- Produto: Seguir as normas locais do controle do meio ambiente ou incinerar
- Restos de produtos: Recolher e armazenar adequadamente o produto derramado para posterior reutilização ou incineração
- Embalagem usada: Devem ser eliminadas de acordo com as normas locais do controle do meio ambiente ou incinerar.

## 14- Informações sobre transporte

### 14.1 - Regulamentações nacionais e internacionais:

- Terrestre: Agência Nacional de Transporte Terrestre (ANTT)
- Marítimo: Código IMDG: 1120
- Aéreo: Código IATA: 1120

### 14.2 - Para produto classificado como perigoso para o transporte:

- Número ONU: 1120
- Nome apropriado para embarque: BUTANÓIS
- Classe/subclasse de risco principal e subsidiário: 3
- Número de risco: 30
- Grupo de embalagem: III
- Perigo ao meio ambiente: O produto infiltra-se facilmente no solo

## 15- Informações sobre regulamentações

### 15.1 - Regulamentações específicas de segurança, saúde e meio ambiente para o produto químico

Produto controlado pela Polícia Federal e pela Secretaria Segurança Pública

Produto Inflamável

## 16- Outras informações

Merck Index, 12ª ed., N° 1575