

Impactos das Tecnologias nas Engenharias 6

**Franciele Bonatto
João Dallamuta
Julio Cesar de Souza Francisco
(Organizadores)**

Franciele Bonatto
João Dallamuta
Julio Cesar de Souza Francisco
(Organizadores)

Impactos das Tecnologias nas Engenharias

6

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Lorena Prestes e Geraldo Alves

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

I34 Impactos das tecnologias nas engenharias 6 [recurso eletrônico] / Organizadores Franciele Bonatto, João Dallamuta, Julio Cesar de Souza Francisco. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Impactos das Tecnologias nas Engenharias; v. 6)

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia.
ISBN 978-85-7247-159-6
DOI 10.22533/at.ed.596191303

1. Engenharia. 2. Inovações tecnológicas. 3. Tecnologia.
I. Bonatto, Franciele. II. Dallamuta, João. III. Francisco, Julio Cesar de Souza.

CDD 658.5

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Caro leitor(a)

Nesta obra temos um compendio de pesquisas realizadas por alunos e professores atuantes em engenharia e tecnologia com contribuições para a melhoria da sustentabilidade. São apresentados trabalhos teóricos e vários resultados práticos de diferentes formas de aplicação e processos que visam a melhoria de dados causados ao ambiente.

Outra característica dos capítulos que compõe este livro é o fato de estarem relacionadas com atividades de pesquisa de diferentes naturezas em várias áreas da engenharia e tecnológica, uma visão multidisciplinar com contribuições relevantes por meio de resultados e discussões, muitas de cunho prático e com grande aplicabilidade.

De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais

Aos autores, agradecemos pela confiança e espírito de parceria.

Boa leitura

Franciele Bonatto
João Dallamuta
Julio Cesar de Souza Francisco

Gestão, Tecnologia e Engenharia: Sustentabilidade

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
TECNOLOGIA SUSTENTÁVEL: MONTAGEM E MANUTENÇÃO DE COMPUTADORES A PARTIR DO REUSO DO LIXO ELETRÔNICO	
<i>Jocimar Fernandes</i>	
<i>André Rubim Mattos</i>	
<i>Ana Lucia Louzada Fernandes</i>	
DOI 10.22533/at.ed.5961913031	
CAPÍTULO 2	8
SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL: O SISTEMA LEED E A CERTIFICAÇÃO DA ARENA CASTELÃO	
<i>Antonio Auriseu Nogueira Pinheiro</i>	
<i>Antonio Leandro Cordeiro de Medeiros</i>	
<i>Letícia Oliveira Cunha</i>	
<i>Mérsia Nogueira Maia</i>	
<i>Moisés Rocha Farias</i>	
<i>Narcélio Mesquita Aires Filho</i>	
<i>Thaís Mota Marques</i>	
DOI 10.22533/at.ed.5961913032	
CAPÍTULO 3	20
EVOLUÇÃO DAS ESPECIFICAÇÕES DA GASOLINA AUTOMOTIVA NO BRASIL A PARTIR DE 2001	
<i>Vanjoaldo R. Lopes Neto</i>	
<i>Leonardo S. G. Teixeira</i>	
<i>Tailee M. A. Cruz</i>	
<i>Ioneide P. Martins</i>	
DOI 10.22533/at.ed.5961913033	
CAPÍTULO 4	41
TAXA DE EVAPORAÇÃO DA GASOLINA GRID EM TANQUES DE POSTOS DE COMBUSTÍVEIS: UMA AVALIAÇÃO EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA	
<i>Thiago da Silva André</i>	
<i>Francisco de Assis Oliveira Fontes</i>	
<i>Cleiton Rubens Formiga Barbosa</i>	
<i>Cleiton Rubens Formiga Barbosa Júnior</i>	
<i>Isaac Pércles Maia de Medeiros</i>	
DOI 10.22533/at.ed.5961913034	
CAPÍTULO 5	51
TAXA DE EVAPORAÇÃO DO DIESEL S10 EM TANQUES DE POSTOS DE COMBUSTÍVEIS: UMA AVALIAÇÃO EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA	
<i>Thiago da Silva André</i>	
<i>Francisco de Assis Oliveira Fontes</i>	
<i>Cleiton Rubens Formiga Barbosa</i>	
<i>Cleiton Rubens Formiga Barbosa Júnior</i>	
<i>Isaac Pércles Maia de Medeiros</i>	
DOI 10.22533/at.ed.5961913035	

CAPÍTULO 6 61

ANÁLISE DA CONTAMINAÇÃO DE SOLO POR POSTOS DE COMBUSTÍVEIS

João Evangelista Neto
Edry Antonio Garcia Cisneros
José Costa de Macêdo Neto
Eduardo Rafael Barreda del Campo
Weberson Santos Ferreira
Ricardo Wilson Aguiar da Cruz

DOI 10.22533/at.ed.5961913036

CAPÍTULO 7 72

ANÁLISE DE PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DA GASOLINA E ÓLEO DIESEL COMERCIALIZADOS EM AREIA BRANCA/RN, CONFORME ESPECIFICAÇÕES DA ANP

Regina Celia de Oliveira Brasil Delgado
João Luiz Porfirio da Silva
Ana Catarina Fernandes Coriolano
Jardel Dantas da Cunha
Antonio Souza de Araujo

DOI 10.22533/at.ed.5961913037

CAPÍTULO 8 81

PRODUÇÃO DE BIODIESEL EM ULTRASSOM A PARTIR DE GORDURA ANIMAL PROVENIENTE DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS

Matheus Cavali
Valéria Pelizzer Casara
Guilherme Martinez Mibielli
João Paulo Bender
Wagner Luiz Priamo

DOI 10.22533/at.ed.5961913038

CAPÍTULO 9 92

CARACTERIZAÇÃO DO ÓLEO DE COCO A SER UTILIZADO NA PRODUÇÃO DE BIODIESEL VIA ROTA ETÍLICA

Silvanito Alves Barbosa
João Vicente Santiago do Nascimento
Fernanda de Souza Stingelin
Glauber Vinícius Pinto de Barros
Lucas Alves Batista Santos
Iasmin Souza Cruz

DOI 10.22533/at.ed.5961913039

CAPÍTULO 10 101

TRATAMENTO DE ÁGUA DE PRODUÇÃO OFFSHORE

Wellington Crispim Cardoso
Guillermo Ruperto Martín-Cortés

DOI 10.22533/at.ed.59619130310

CAPÍTULO 11 112

GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DA PERFURAÇÃO OFFSHORE

Bianca de Couto Dantas Romualdo
Lúcia Maria de Araújo Lima Gaudêncio

DOI 10.22533/at.ed.59619130311

CAPÍTULO 12 128

SIMULAÇÃO DE UM VAZAMENTO DE ÓLEO DURANTE UMA OPERAÇÃO OFFLOADING

Lígia Maria dos Santos Barros Rodrigues
Anaximandro Anderson Pereira Melo de Souza
Paulo Emanuel Medeiros Paula
Davith da Silva Campos
Luís Jorge Mesquita de Jesus

DOI 10.22533/at.ed.59619130312

CAPÍTULO 13 134

DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA DE PREPARO DE AMOSTRA DE PETRÓLEO PARA DETERMINAÇÃO DE ENXOFRE POR ICP-OES

Izabel Kaline da Silva Oliveira
Álvaro Gustavo P. Galvão
Larissa Sobral Hilário
Tatiane de A. Maranhão
Djalma Ribeiro da Silva

DOI 10.22533/at.ed.59619130313

CAPÍTULO 14 140

POTENCIAL USO DA AGUA PRODUZIDA REAL E SINTÉTICA COMO DISPERSANTE EM FLUIDOS DE PERFURAÇÃO AQUOSOS: INFLUÊNCIA NOS PARÂMETROS REOLÓGICOS, DE FILTRAÇÃO E CORROSIVIDADE

Jardel Dantas da Cunha
Keila Regina Santana Fagundes
Ana Karoline de Sousa Oliveira
Gecilio Pereira da Silva
Rodrigo Cesar Santiago
Juddson Diniz Medeiros

DOI 10.22533/at.ed.59619130314

CAPÍTULO 15 151

UTILIZAÇÃO DE BIOSSORVENTES PARA REMOÇÃO DE BENZENO EM SOLUÇÕES AQUOSAS

Yasmin Maria da Silva Menezes
Evelyne Nunes de Oliveira Galvão
Aécia Seleide Dantas dos Anjos
Raoni Batista dos Anjos
Djalma Ribeiro da Silva

DOI 10.22533/at.ed.59619130315

CAPÍTULO 16 163

REMOÇÃO DE FENOL EM ÁGUAS RESIDUÁRIAS ATRAVÉS DE BIOFILME SUPORTADO EM CARVÃO ATIVADO ESTUDO EM BATELADA

Josiane Bampi
Heraldo Baialardi Ribeiro
Tainá Cristini Da Silva
Adriana Dervanoski
Gean Delise Leal Pasquali Vargas

DOI 10.22533/at.ed.59619130316

CAPÍTULO 17	172
AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE ADSORÇÃO DE VERMICULITA ATIVADA POR LIXIVIAÇÃO ÁCIDA PARA REMOÇÃO DE BTX EM ÁGUA	
<i>Débora Karina da Silva Guimarães</i>	
<i>Nayonara Karolynne Costa de Araújo</i>	
<i>Amanda Duarte Gondim</i>	
<i>Djalma Ribeiro da Silva</i>	
DOI 10.22533/at.ed.59619130317	
CAPÍTULO 18	181
ESTUDO DA EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE BTX PRESENTE EM ÁGUA CONTAMINADA COM GASOLINA UTILIZANDO FE/AL₂O₃ COMO ADSORVENTES	
<i>Nayonara Karolynne Costa de Araújo</i>	
<i>Débora Karina da Silva Guimarães</i>	
<i>Amanda Duarte Gondim</i>	
<i>Djalma Ribeiro da Silva</i>	
DOI 10.22533/at.ed.59619130318	
CAPÍTULO 19	189
ESTUDO DA REMOÇÃO DE SURFACTANTES DA ÁGUA PRODUZIDA POR MEIO DE CARVÃO ATIVADO OBTIDO A PARTIR DE RESÍDUOS AGRÍCOLAS	
<i>Letícia Gracyelle Alexandre Costa</i>	
<i>Álvaro Gustavo Paulo Galvão</i>	
<i>Ana Gabriela Soares da Silva</i>	
<i>Henrique Borges de Moraes Juviano</i>	
<i>Djalma Ribeiro da Silva</i>	
DOI 10.22533/at.ed.59619130319	
CAPÍTULO 20	198
ESTUDO DA CONVERSÃO DE ENERGIA USANDO DISPOSITIVOS BASEADOS EM MATERIAIS PIEZO-ELÉTRICO APOIADOS EM PLATAFORMAS APORTICADAS	
<i>Aline de Oliveira Schonarth</i>	
<i>Jorge Luis Palacios Felix</i>	
DOI 10.22533/at.ed.59619130320	
SOBRE OS ORGANIADORES	203

EVOLUÇÃO DAS ESPECIFICAÇÕES DA GASOLINA AUTOMOTIVA NO BRASIL A PARTIR DE 2001

Vanjoaldo R. Lopes Neto

*Universidade Federal da Bahia – UFBA/INCT em
Energia e Ambiente*

*Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e
Biocombustíveis – ANP*

Leonardo S. G. Teixeira

*Universidade Federal da Bahia – UFBA/INCT em
Energia e Ambiente*

Noel M. Santos

*Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e
Biocombustíveis – ANP*

Tailee M. A. Cruz

*Centro Universitário Regional do Brasil – UNIRB.
vanjolopes@hotmail.com*

Ioneide P. Martins

*Centro Universitário Regional do Brasil – UNIRB.
vanjolopes@hotmail.com*

RESUMO: Mediante o estudo das Portarias e Resoluções da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP, publicadas entre janeiro de 2001 e maio de 2018, é realizada uma análise da evolução das especificações da gasolina automotiva no Brasil. Nesses 16 anos, ocorreram mudanças na economia, no parque de refino e avanços tecnológicos nos processos de produção, causando reflexos nas especificações dos combustíveis. Essas questões são discutidas de modo a se avaliar criticamente as mudanças

nas especificações da gasolina no período.

PALAVRAS-CHAVE: gasolina, especificação, qualidade, adulteração, economicidade.

1 | INTRODUÇÃO

Durante o processo de especificação dos combustíveis, os órgãos reguladores responsáveis buscam o atendimento a critérios de qualidade, visando, dentre outros fatores, o desenvolvimento econômico, a saúde da população e o pleno funcionamento dos motores. Para garantir suas determinações, os órgãos procuram implementar políticas para a avaliação da qualidade dos combustíveis produzidos e combate de adulterações, que geram perda de arrecadação para os cofres públicos e podem comprometer a qualidade do produto (TRINDADE, 2011).

A Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP, autarquia criada em 1998, é o órgão federal encarregado de regulamentar desde a prospecção de petróleo até o comércio de combustíveis no Brasil. Dentre as atribuições da ANP, destacam-se a fixação e a fiscalização dos parâmetros de qualidade dos combustíveis e o julgamento de processos sancionatórios por infrações relacionadas à qualidade dos combustíveis

(LOPES NETO, 2012).

As especificações dos combustíveis estão em constante evolução, com quatro grandes tópicos direcionados ao tema: desenvolvimento dos motores; capacidade de refino e produção dos combustíveis, que envolve o uso de novas tecnologias de obtenção dos mesmos; e questões ambientais (Figura 1) (SOARES, 2002).

As medidas tomadas pelos órgãos públicos nas especificações dos combustíveis impactam no consumo, entrada de novos agentes no mercado, novas tecnologias de produção, menores emissões de poluentes e evolução dos motores, que buscam diminuir consumo e aceitar combustíveis com composição variável. Logo, fica evidente que a especificação de combustíveis e sua evolução têm estreita relação com a economia local, sendo influenciada pela conjuntura momentânea de cada nação.

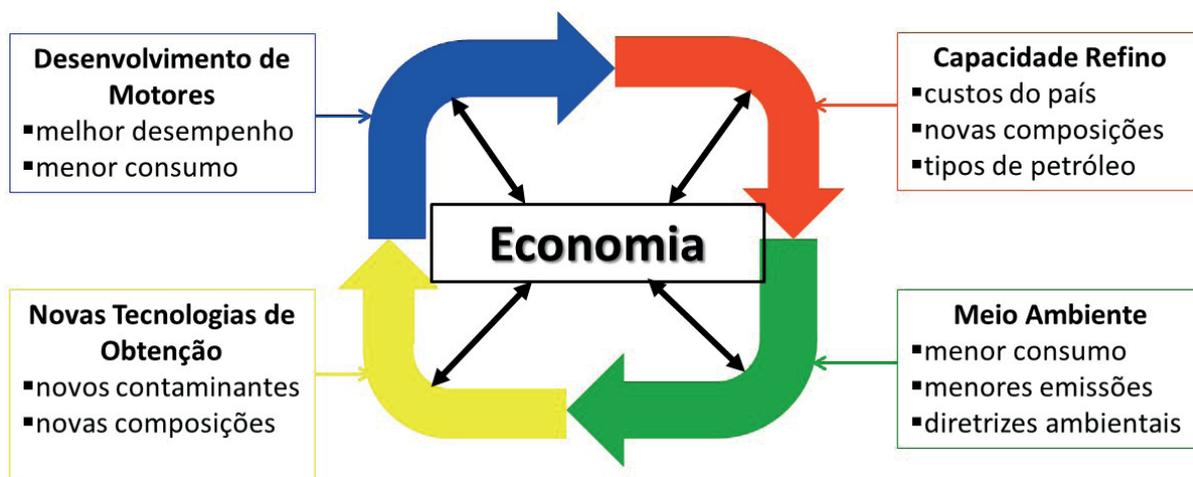


Figura 1: Fatores que impactam nas especificações dos combustíveis

Em 1876, Nikolaus August Otto criou um motor que permitia a compressão prévia da mistura ar/combustível, incrementando o seu rendimento. Esse motor possui como característica a combustão da mistura ar/combustível que ocorre por intermédio de uma centelha, sendo conhecido como motor de combustão com ignição por centelha (ICE) ou ciclo Otto (OBERT, 1971; CAMARA, 2006). O principal combustível deste motor é a gasolina, objeto de estudo deste trabalho.

A normatização dos parâmetros de qualidade de um combustível está relacionada ao desenvolvimento dos motores, objetivando proporcionar o melhor funcionamento com o menor consumo de combustível possível para os motores de cada época. Deste modo, com o passar do tempo, há uma evolução conjunta de motores e combustíveis, que também está associada à menores quantidades de emissões de gases nocivos ao meio ambiente (SOARES, 2002). Assim, os motores ICE têm sido objeto de pesquisas, sofrendo alterações tecnológicas, para atendimento às normas técnicas de emissões de poluentes vigentes em cada país (FAGGI, 2012).

O desenvolvimento tecnológico da indústria do refino de petróleo, através da introdução de novos processos de conversão, subsequentes à destilação fracionada primária, permitiu o processamento de diferentes tipos de petróleo, atendendo à

demanda por derivados com características específicas de qualidade (CORRÊA, 2009) mais restritivas. Deste modo, houve maximização da obtenção de produtos com componentes de baixa massa molecular e com maior valor agregado, através de outras operações físico-químicas mais complexas, tais como craqueamento, hidrocraqueamento, reforma e alquilação. Nenhum destes processos produz a gasolina final; esta é produzida através da mistura de diferentes frações das diversas correntes obtidas nos processos, de modo a garantir sua especificação.

As refinarias, de acordo com nível de investimento e tipo de petróleo, combinam diferentes processos, cuja combinação “ideal” requer escalas mínimas de produção, de forma a conservar um fluxo constante de produtos intermediários, capaz de mantê-las operando com rentabilidade (BARBOSA, 2006). Refinarias diferentes, em capacidade e dimensão de processos, possuem condições operacionais próprias, não sendo possíveis comparações simplistas.

Destarte, é perceptível que, devido ao tipo de petróleo processado e suas unidades operacionais, o parque de refino instalado interfere nas especificações combustíveis de uma região ou país. Maiores recursos financeiros e acesso à tecnologia podem propiciar refinarias com capacidade para produzir derivados com maior qualidade, mesmo refinando tipos de petróleo de qualidade inferior. Assim, os órgãos regulamentadores podem normatizar as especificações dos combustíveis exigindo elevados padrões de qualidade. Em caso oposto, os órgãos de controle, de maneira estratégica, podem priorizar produtividade, para manter o abastecimento local, em detrimento da qualidade, resultando em especificações menos rigorosas para os combustíveis.

A inserção de novas tecnologias, relacionadas às operações e matérias-primas diferentes, para obtenção de combustíveis, traz o risco de existência de novos contaminantes e novas composições, não observados nos combustíveis obtidos por processos tradicionais e já consolidados. De modo geral, deve ser observada a existência de uma cadeia automotiva estabelecida, cuja espinha dorsal são os combustíveis derivados de petróleo, obtidos através de refino. Assim posto, um combustível alternativo que venha a substituir um desses carburantes, deverá ter suas características o mais próximo possível deste, para gerar o mínimo possível de mudanças na sua cadeia. Em outras palavras: é mais fácil e economicamente viável buscar um combustível alternativo com características físico-químicas semelhantes ao substituído, em vez de realizar trocas de peças e/ou mudar o modo operacional dos motores de todos os veículos que já estão nas ruas, adaptados ao combustível tradicional.

Devido à percepção do impacto gerado na saúde ou no modo de vida de uma população, as questões ambientais ganharam relevância. De acordo com Toledo e Nardocci (2011), até a década de 1980, as indústrias eram as maiores fontes de emissões de gases poluentes nas capitais brasileiras. Com o crescimento da populacional e forte migração, houve aumento da densidade demográfica nos centros urbanos e massiva

utilização de veículos para o deslocamento destas pessoas. Em consequência, os principais causadores da poluição do ar passaram a serem os veículos automotores.

A indústria de petróleo, incluindo as emissões dos motores veiculares, além de potencialmente agressiva ao meio ambiente, são fontes poluentes aéreas, emitindo, principalmente, compostos aromáticos, material particulado, óxidos nitrogenados, monóxido de carbono, ácido sulfídrico e dióxido de enxofre. Algumas dessas substâncias causam câncer e problemas reprodutivos, além de doenças respiratórias, como a asma (SOARES, 2002; AMARAL, 2003.).

Assim, passou-se a ter maior preocupação com a especificação dos combustíveis, inclusive a gasolina, sendo mais rigorosa e também com foco nas emissões do escape do veículo, economicidade de combustível e o diagnóstico de bordo. Fatores ligados à cadeia de distribuição também são notados, como a estabilidade de armazenamento e a tolerância à água, introduzida pelos biocombustíveis (AATOLA *et al.*, 2009).

Soares (2002) estudou o histórico de especificações dos combustíveis fosseis e apontou, como perspectiva, uma tendência a melhorias na normatização destes combustíveis no Brasil. Agora, após 16 anos, entende-se que um novo estudo deva ser realizado. Neste trabalho, será analisada a evolução das especificações da gasolina automotiva no Brasil a partir de 2001.

2 | METODOLOGIA

Este trabalho é uma revisão das normas da ANP relacionadas às especificações da gasolina automotiva comercializada no País. As normas, bem como as suas alterações, foram investigadas em cronologia crescente. Adicionalmente, a fim de definir os parâmetros e as consequências de suas variações no funcionamento de motores, foram pesquisados trabalhos científicos acerca do tema.

Também foram realizadas visitas técnicas em empresas e órgão públicos, com entrevistas de profissionais: ANP; Refinaria Landulfo Alves – RLAN, Total Distribuidora LTDA, Raízen Combustíveis S.A. e Rede Postos São Gonçalo.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Cadeia de Produção e Distribuição da Gasolina

A gasolina, líquida em temperatura ambiente, é uma mistura complexa de compostos orgânicos, notadamente hidrocarbonetos com 4 a 12 átomos de carbono, como parafinas, olefinas, naftênicos e aromáticos, com pontos de ebulição na faixa entre 30 e 220°C (COLIN e CANN, 2011; SOLOMONS e FRYHLE, 2001), sendo obtida a partir do refino do petróleo e por meio de uma série de operações físico-químicas.

Dentre estas operações, destacam-se a destilação fracionada (aquecimento do

petróleo e separação dos componentes em função de sua volatilidade), o craqueamento (quebra de grandes cadeias de hidrocarbonetos em moléculas menores), a alquilação (formação de moléculas maiores a partir de moléculas menores) e a reforma (rearranjo molecular, transformando cadeias lineares de hidrocarbonetos em cíclicas e aromáticas) (CORRÊA, 2009). A qualidade da gasolina depende da heterogeneidade de sua composição molecular. Além da gasolina, diversos produtos são obtidos a partir do refino, tais como GLP, naftas, óleo diesel, dentre outros.

No Brasil, de acordo com a Portaria MAPA nº 75/2015, a gasolina C, comercializada nos postos revendedores é composta por gasolina A, pura e com venda proibida em postos, e etanol anidro combustível – EAC, cujo teor de EAC deve situar-se na faixa entre 26 e 28% (v/v). No caso da gasolina C Premium, a qual possui maior octanagem e que também é vendida em postos, o teor de etanol anidro – TEAC encontra-se na faixa entre 24 e 26 % v/v. A gasolina C comum pode receber aditivos, passando a ser denominada de “gasolina C aditivada”. Em partes do mundo, inicia-se a adoção na nomenclatura ‘gasolina EXX, onde XX é o percentual volumétrico de etanol na mistura. Assim a gasolina C comum nacional pode nominada de gasolina E27; já gasolina C Premium seria gasolina Premium E25.

Na Figura 2, são apresentados os possíveis fluxos logísticos da gasolina automotiva nacional, desde a sua produção até postos revendedores, onde é comercializada para os consumidores. Pela rota usual, após formulação nas refinarias, a gasolina A, comum ou Premium, é comercializada com as distribuidoras de combustíveis líquidos, atacadistas. As distribuidoras estocam a gasolina A e o etanol, adquirido das usinas produtoras; a mistura gasolina A + etanol, com a proporção correta, é realizada nos caminhões-tanques, para encaminhamento para os postos revendedores. Os postos, habitualmente chamados de “postos de gasolina”, revendem o combustível formulado à população, sendo-lhes vedada a adição de qualquer substância aos combustíveis revendidos.

As refinarias também são autorizadas a comercializar solventes diversos com centrais petroquímicas, que realizam processos similares aos da refinaria (craqueamento, reforma, etc.) e formulam gasolina A para comercialização com as distribuidoras. Formuladores são empresas que adquirem solventes diversos de refinarias e centrais petroquímicas, formulam gasolina A e comercializam com os distribuidores. Importadoras são empresas autorizadas a comprar, do mercado externo, solventes e gasolina A, repassando-os para centrais petroquímicas, formuladores ou distribuidoras, conforme o caso.

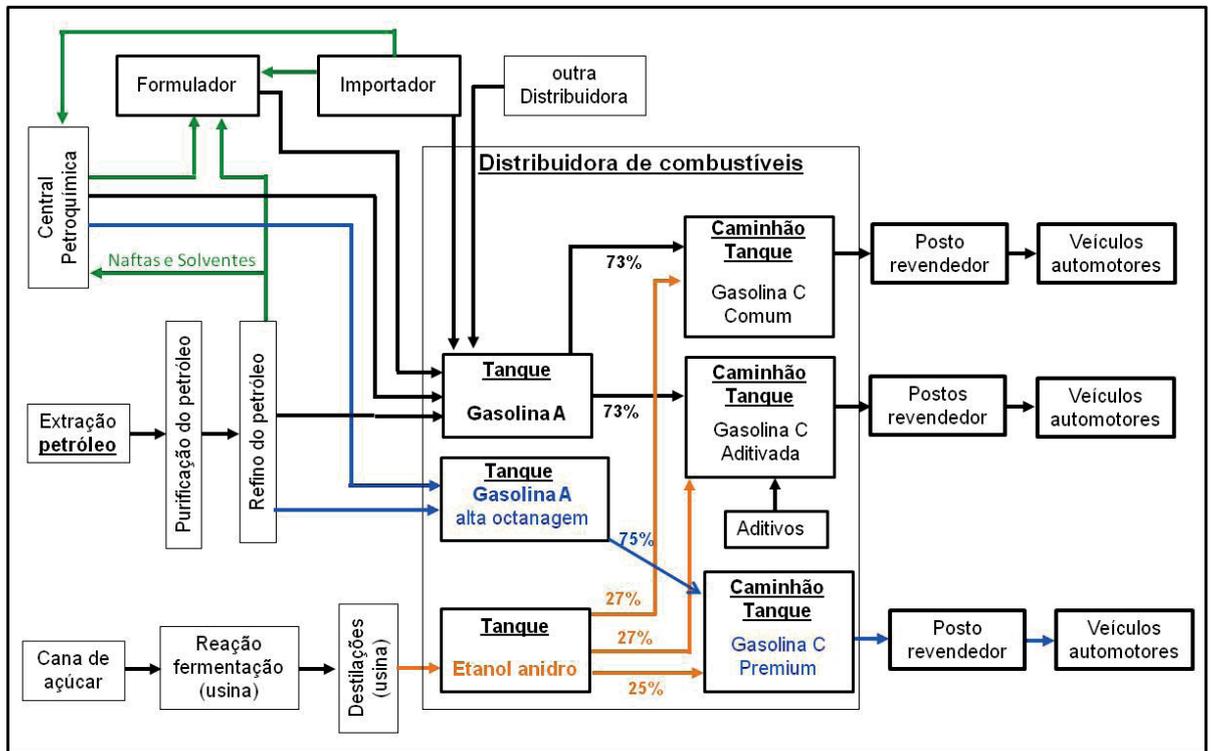


Figura 2: fluxos logísticos da gasolina automotiva nacional.

Deste modo, a complexa logística de distribuição de combustíveis no Brasil oferece vasto leque às distribuidoras, que podem adquirir gasolina A de refinarias, centrais petroquímicas, formuladores, importadores ou outras distribuidoras. Já o etanol anidro, pode ser adquirido de usinas, importadores ou outras distribuidoras. Todas estas operações comerciais são monitoradas pela ANP (Resolução ANP nº 17/2004).

Independente da sua origem, a gasolina A e o etanol anidro que chegam às distribuidoras devem atender aos requisitos de qualidade exigidos pela ANP. As distribuidoras são obrigadas a controlar a qualidade dos combustíveis adquiridos e dos comercializados, garantindo que os postos revendedores irão receber produtos especificados (Resolução ANP 58/2014). Por sua vez, os postos revendedores são obrigados pela ANP a controlar e manter a qualidade dos combustíveis armazenados em sua tancagem e revendidos aos consumidores, garantido a especificação ao consumidor final (Resoluções ANP nº 09/2007 e 41/2013).

Apesar das fiscalizações realizadas pela ANP, alguns distribuidores, transportadores e postos revendedores empregam práticas fraudulentas, aumentando seus lucros em detrimento da qualidade do combustível. Diante destes problemas, o órgão regulamentador, através da Resolução ANP nº 9/2007, estabeleceu testes *in loco*, para avaliar a qualidade da gasolina C. Esta norma determina que o posto revendedor efetue os procedimentos no ato do recebimento da gasolina ou através da solicitação do consumidor. Caso, no recebimento, o revendedor comprove que o combustível se encontra “não conforme”, ele deve recusa-lo, devolvendo-o para a distribuidora. Na hipótese de o consumidor verificar a não conformidade, ele pode

recusar o abastecimento. Em ambos os casos, a ANP deve ser informada. A ANP, durante suas ações fiscais, também realiza estes testes em postos, distribuidores e caminhões-tanques; caso a ANP apure alguma não conformidade, o combustível é apreendido, a empresa pode ser interditada e abre-se processo administrativo, que pode gerar multa e abertura de processo criminal.

Na gasolina automotiva, são realizados os seguintes ensaios *in loco*:

- Teor de etanol anidro combustível – TEAC, teste da proveta, descrito pela NBR 13992;
- Massa específica, método do densímetro, descrito pela NBR 7148;
- Aspecto, descrito pela NBR 14954;
- Cor, método visual.

O ponto de partida para avaliação da evolução histórica, no presente trabalho, é a Portaria ANP nº 309/2001, última estudada por Soares (2002). Em 2011, foi publicada a Resolução ANP nº 57/2011, trazendo atualizações normativas relativas a obrigações de produtores, importadores e distribuidores de gasolina. Dois anos depois, com publicação da Resolução ANP nº 40/2013, a autarquia aperfeiçoou o controle ambiental.

As mudanças ocorridas em 2013 demandaram altos investimentos das refinarias nacionais para adequação do parque de refino, com instalação de novas plantas de reforma catalítica, de hidrodessulfurização de nafta craqueada (HDS) e de hidrotreatamento de nafta de coque (HDT) (SÁ *et al*, 2014). Foi publicada a Resolução ANP nº 38/2009, estabelecendo parâmetros de especificação para a gasolina automotiva brasileira que seriam adotados na Resolução ANP nº 40/2013, em atendimento à fase L-6 do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores – PROCONVE, instituído pela Resolução CONAMA nº 18/1986, como resultado de esforços para melhoria da qualidade da gasolina e de ações internacionais no controle de emissões veiculares. Assim, houve tempo para adequação das refinarias nacionais, numa ação integrada entre órgãos ambientais, reguladores e a Petrobras, principal empresa detentora das refinarias nacionais.

3.2 Cor e Aspecto

No Brasil, o EAC usado exclusivamente na formulação da gasolina C, e o Etanol Hidratado Combustível – EHC, é revendido nos postos revendedores para o consumidor final, são incolores, sendo diferenciados pela densidade, que é menor no EAC. O EAC possui menor carga tributária, o que incentiva fraude: desvio de EAC para, após adição de água, ser comercializado como EHC, acarretando problemas na qualidade e fraude tributária. Deste modo, para diferenciar os dois tipos de etanol combustível, a ANP determina que o EAC receba corante laranja, e proíbe sua comercialização para consumidores (Resolução ANP nº 19/2015).

A gasolina A é incolor ou levemente amarelada, a depender do perfil da sua

produção. Deste modo, a gasolina C possui a cor amarelo/alaranjada. Desde a publicação da Portaria ANP nº 309/2001, a gasolina tem especificações de cor "incolor a amarelada" e de aspecto "límpido isento de impurezas", sendo identificada pelo método visual. Estes parâmetros mantiveram-se sem modificação nas Resoluções ANP nº 57/2011 e nº 40/2013

Os distribuidores, caso desejem, podem adicionar corantes nas gasolinas C por eles comercializadas, com exceção da cor azul, exclusiva da gasolina de aviação. Normalmente essa prática é adotada nas gasolinas C aditivadas, diferenciando-as visualmente do tipo comum, com cada empresa adotando coloração característica. Contudo, a legislação não determina que a distribuidora informe aos consumidores qual a cor dos seus tipos de gasolina.

Tonalidades diferentes da cor original são indicativos de manipulação da gasolina, que pode ter sido adulterada com solvente com coloração. No Brasil, os solventes sofrem menor carga tributária que os combustíveis. Deste modo, gasolina adulterada com solvente gera concorrência desleal (produto mais barato), sonegação fiscal, pode causar prejuízo no funcionamento do motor, dano ambiental e a saúde das pessoas.

Gasolina com impureza ou turbidez visíveis podem indicar degradação do combustível ou sujeira agregada no transporte e/ou armazenamento. Tal problema pode originar problemas no sistema de circulação de combustível (bomba de combustível, entupimento de filtro de combustíveis e bicos injetores), no funcionamento e desempenho do motor e queima incompleta (emissão de poluentes).

3.3 Teor de Etanol Anidro

Nas usinas, etanol e açúcar são produzidos em rota similar e de forma concorrente. De modo geral, as usinas optam por produzir maiores quantidades de cada produto em função do preço do mercado internacional, aja visto que ambos são considerados *commodity*. Ou seja, se o preço do açúcar diminui, a produção do etanol é aumentada, e vice-versa. Por este motivo, esta propriedade historicamente varia conforme a produção e demanda de açúcar: se há excesso de etanol no mercado nacional, o preço diminui e o governo edita regulamento elevando o TEAC na Gasolina C; o oposto também ocorre (DIEHL, 2012).

O Brasil foi o primeiro país no mundo a usar o etanol como combustível automotivo comercial e a utilizá-lo como componente da gasolina C, gerando ganhos ambientais e operacionais, pois o EAC aumenta a octanagem, eliminando a necessidade de uso do chumbo tetraetila como aditivo (BARROS *et al.*, 2008).

A adição de compostos adulterantes à gasolina C podem alterar o TEAC. Assim, concentrações de EAC abaixo do especificado, indicam que a gasolina C pode ter sido adulterada com solventes orgânicos apolares diversos. Valores observados acima do especificado, empregando o método da proveta, podem indicar possível adulteração com adição de EAC acima do permitido, ou adição de outros álcoois ou solventes polares, como a acetona, que são extraíveis com água (LOPES NETO, *et al.*, 2018).

Deste modo, a determinação TEAC é um excelente indicativo para verificação de possíveis fraudes em gasolinas C. O “teste da proveta”, para determinação *in loco* do TEAC, é um procedimento simples, no qual se utiliza uma proveta de 100 mL e uma solução aquosa de cloreto de sódio (ABNT NBR 13992). Valores de TEAC não especificados, podem causar danos aos motores e ao meio ambiente a depender do motivo da falha. Adulteração com solventes orgânicos, apolares ou polares, gera fraude fiscal e concorrência desleal, podendo provocar prejuízos aos motores e ao meio ambiente. Já excesso de EAC, causa aumento no consumo de combustíveis, além de, em motores que operam exclusivamente com gasolina, acarretar em desgaste no circuito de combustível e mau funcionamento do motor, devido a formação de bolhas nos dutos de combustível.

3.4 Massa específica, perfil de destilação e pressão de vapor

Essas três propriedades relacionam-se com a distribuição dos hidrocarbonetos na gasolina. A pressão de vapor a 37,8°C, parâmetro vinculado à segurança operacional do transporte e da distribuição, é ligada à volatilização do combustível. A normatização não se modificou entre 2002 e 2018: entre 45 kPa e 62 kPa (gasolina A), e menor que 69 kPa (gasolinas C).

A massa específica é uma propriedade que não possui valor especificado pela ANP. Nas normas recomenda-se “anotar” o resultado, concluindo-se que o teste é monitorado. Assim, em caso de adição de adulterante com massa específica diferente à da amostra original, haverá diferença entre os valores.

O perfil de destilação é um importante ensaio, pois gera, em termos de volatilidade, uma medida das proporções relativas dos hidrocarbonetos que compõem uma amostra de gasolina. Cada percentual volumétrico destilado está atrelado a uma temperatura máxima. Na Tabela 1, encontram-se os valores especificados e suas alterações, conforme atualizações das normas.

A faixa dos 10 % destilados, associada com a partida a frio do motor, significa que 10% do volume de gasolina deve destilar até 65°C. A faixa de 50%, relaciona-se ao tempo de aquecimento do motor, permitindo condições uniformes de operação e economia em viagens longas. A faixa dos 90% e o ponto final de destilação – PFE indicam frações com massas moleculares maiores, que proporcionam potência e contribuem para economia de combustível.

Faixas	Portaria ANP nº 309/2001		Resolução ANP nº 57/2011		Resolução ANP nº 40/2013	
	Tipo A	Tipo C	Tipo A	Tipo C	Tipo A	Tipo C
10% (°C)		65		65		65
50% (°C)	120	80	120	80	120	80
90% (°C)		190		190		190
PFE (°C)		220		220		215
Resíduo (% v/v)		2,0		2,0		2,0

Tabela 1: Evolução das temperaturas (°C, máximas) de destilação de gasolinas e do resíduo.

Devem ser evitadas altas temperaturas nas faixas de 50% ao PFE, o que indicaria altas proporções de frações com maiores massas moleculares, pois a estas estão associados problemas, tais como vaporização e de queima deficitárias, levando à formação de depósitos na câmara de combustão e nas velas de ignição, e a maior emissão de poluentes (SOARES, 2002).

O PFE estabelece a temperatura em que todo o líquido foi destilado, sendo reduzido, a partir de 2013, de 220 para 215°C, demonstrando interesse do regulador em reduzir a emissão de poluentes e danos aos motores. Já o resíduo de destilação, conexo com a formação de gomas, é o percentual volumétrico que não destilou.

A distribuição harmônica entre os componentes que formam a gasolina A, de massas moleculares diferentes, é desejável, o que melhora a partida a frio, aquece o motor rapidamente, evita formação de resíduos, garante desempenho do motor, e menor nível de poluição. Uma relação importante, a ser estudada, é entre o perfil de destilação, massa específica e economicidade do combustível. Em geral, frações de menores massas moleculares possuem menores temperaturas de destilação e menores densidades (Figura 3); menor massa específica significa menor massa por unidade de volume, que gera menor quantidade energética por volume.

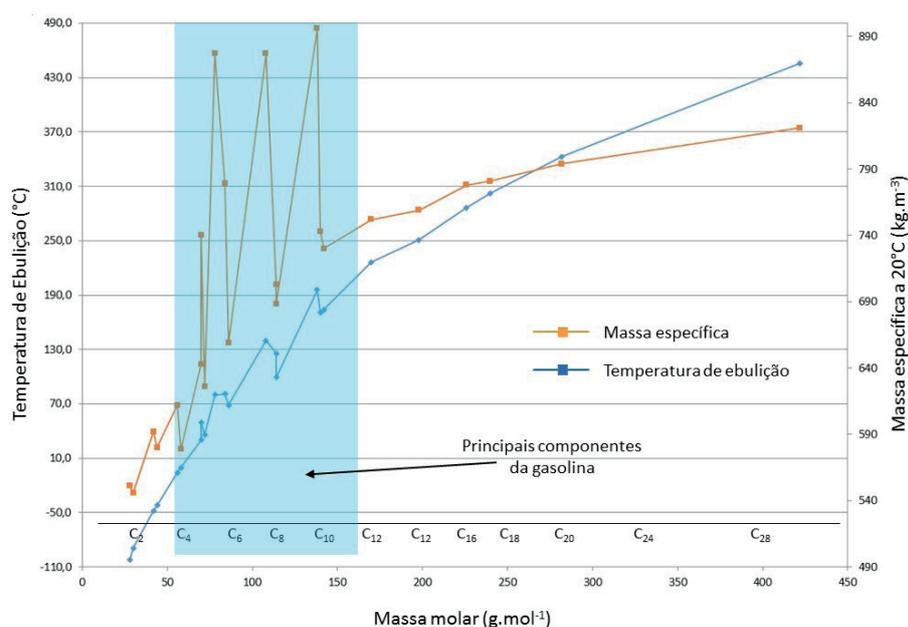


Figura 3: Variação de massa específica e ponto de ebulição em função da massa molar de hidrocarbonetos.

Para facilitar a compreensão deste fenômeno, foram realizados testes com duas amostras gasolinas A, sendo amostra 1 fornecida pela Total Distribuidora LTDA e a amostra 2 fornecida pela Raízen Combustíveis S.A., ambas especificadas, com alguns dados descritos na Tabela 2 abaixo.

Tipos de Gasolina A	Temperaturas do perfil de destilação (°C)					Massa específica (kg.m ⁻³ a 20°C)
	PIE	10%	50%	90%	PFE	

Amostra 1	36,8	50,9	77,5	138,0	168,2	681,1
Amostra 2	45,9	60,5	100,4	169,7	208,3	732,6

Tabela 2: Dados das amostras de gasolina A e massa de gasolina C confeccionada.

* TID – Temperatura inicial de destilação.

Os ensaios de massa específica foram realizados pelo método ABNT NBR 14065, sendo utilizado densímetro digital Kyoto (modelo DA6040); o perfil de destilação foi realizado pelo método ABNT NBR 9619, sendo utilizado destilador à pressão atmosférica Tanaka (modelo AD-6). Observa-se uma grande diferença nos resultados do perfil de destilação, notadamente na faixa de 90% e na PFE, o que denota baixos percentuais de componentes de alta massa molar na amostra 1. Esse dado é confirmado pelos resultados de massa específica a 20°C, também com menor valor na amostra 1.

Por outro lado, baixas temperaturas iniciais de destilação – PIE e na faixa dos 10% na amostra 1, indicam altas taxas de componentes de baixa massa molar, o que pode dificultar a partida e a dirigibilidade a quente, pois se formam bolhas (vaporização de combustível) nas linhas. Este efeito é conhecido como *vapor-lock*, e causa interrupção do fluxo de gasolina (engasgue do motor) e pode danificar a bomba de combustível.

Adicionando EAC especificado, fornecido pela Raizen Combustíveis S.A, às gasolinas tipo A 1 e 2, foram confeccionadas duas amostras de gasolinas E27. Em seguida, utilizando balança Modelol-2000, com precisão de 0,1 g, pesou-se 1 L de cada amostra, obtendo-se as seguintes massas: 710,6 g e 748,2 g, respectivamente. Com estes valores, pode-se estimar a massa para 45 L, volume aproximado dos tanques dos automóveis, para cada amostra formulada: 31,98 kg e 33,67 kg, respectivamente. Ou seja, observa-se que a gasolina E27 formulada com amostra 1 terá menor massa de combustível, aproximadamente 1,7 kg (-5% de massa, equivalente a aproximadamente 2,2 L de gasolina C da amostra 2), provocando menor autonomia ao veículo e conseqüente aumento no consumo de combustível por quilômetro rodado.

Em entrevistas para realização deste trabalho, representantes das distribuidoras Total Distribuidora LTDA e Raízen Combustíveis S.A. afirmaram que a gasolina A produzida pela RLAN possui massa específica que oscila entre 720 e 740 kg.m⁻³; enquanto a gasolina A de origem importada, possui valores mais baixos de massa específica, chegando a 650 kg.m⁻³. Este fato é relevante, principalmente em veículos novos, equipados com computadores de bordo que monitoram com boa precisão, dentre outros parâmetros, o consumo e autonomia de combustível. Consumidores, habituados a observar o computador de bordo de seus veículos, podem supor que adquiriram combustível adulterado, quando, na verdade, abastecerem seus veículos com gasolina C especificada e formulada com gasolina A de baixa massa específica (componentes com menores massas moleculares).

Outro problema, causado pela variação de massa específica em gasolina A, é a

estratificação em tanques de distribuidoras. Os tanques das distribuidoras possuem capacidade para 5.000, 10.000 m³, ou mais, de combustível e realizam operação de carga e descarga (suprindo caminhões tanques) continuamente. Quando do recebimento, realizam mistura da nova carga com o combustível armazenado. Quando é adicionada uma nova carga de combustível com massa específica de valor próximo ao pré-existente, a homogeneização ocorre rapidamente. Contudo, ao se adicionar gasolina A, com baixo valor de massa específica, ao combustível pré-existente, cuja massa específica seja diferente e maior, a homogeneização é lenta, criando zonas com diferentes composições de hidrocarbonetos e, conseqüentemente, massa específica. Quanto maior for a diferença entre as massas específicas, mais intenso será este efeito.

Em tanques que possuem descargas com sistema automatizado de controle de massa específica, a estratificação não causa qualquer dificuldade operacional às distribuidoras. Contudo, existem dois problemas que podem ocorrer quando a tancagem opera com sistema laboratorial. Operacionalmente, as distribuidoras que possuem este sistema, após receber o novo produto, retiram uma ‘amostra corrida’ do tanque, que será analisada em laboratório, certificando o total de gasolina A contida no tanque. Todos os caminhões carregados com gasolina C formulada com esta gasolina A terá seus dados de análise calculados em função dos resultados certificados. Através da Resolução ANP nº 40/2013, é normatizado que estes resultados sejam lançados no Boletim de Conformidade, que acompanha a nota fiscal do caminhão tanque. Contudo, devido às zonas estratificadas, a amostra coletada para análise pode não ser representativa, originando resultados incorretos.

O primeiro problema ocorrerá dentro de bases distribuidoras que operam na modalidade condomínio, onde várias distribuidoras dividem a tancagem, de modo que o combustível contido nos tanques é adquirido por mais de uma distribuidora. Deste modo, o ajuste de combustível pertencente a cada condômino, que é calculado a partir da diferença volumétrica entre a massa específica da temperatura do carregamento e a 20°C (similar à da certificação), estará comprometido.

O outro possível problema ocorre quando caminhões tanques carregados com zonas estratificadas, cujo valor de massa específica difere significativamente do resultado contido no Boletim de Conformidade. Neste caso, o posto revendedor, ao receber a gasolina e realizar o ensaio de massa específica, pode constatar a diferença e devolver produto.

O Brasil apresenta taxas crescentes de importação de gasolina A. No ano de 2017, importou 4.488.500 m³, o que representa aproximadamente 14% do consumo nacional e 53% de acréscimo em relação ao ano anterior (ANP, 2018). Diante deste cenário, o controle efetivo da massa específica, com estabelecimento de limites de aceitabilidade, pode vir a ser alvo de debates nos meios acadêmicos e reguladores, tornando-se uma opção da ANP para futuras normatizações da especificação de gasolinas.

3.5 Octanagem

A octanagem é uma grandeza adimensional que indica a resistência da gasolina à detonação (autoignição) durante a compressão do combustível. Valores altos permitem ao motor atuar com altas taxas de compressão, proporcionando máxima potência com menor consumo. A denotação antecipada (baixa octanagem) gera energia que não se transforma em trabalho, resultando na vulgarmente conhecida “batina de pino” (ASSIS, *et al.*, 2005).

O número de octanagem refere-se às quantidades relativas do composto iso-octano, com octanagem 100, e do n-hetano, com octanagem zero. A partir do levantamento destas taxas, é estabelecida uma curva de calibração relacionada com o índice de compressão do motor padrão (ASSIS *et al.*, 2005). A razão de utilização do n-heptano e o iso-octano é que ambos possuem características semelhantes de volatilidade e ponto de ebulição (MORAES, 2003).

O cálculo do poder antidetonante é realizado mediante dois métodos: o *Motor Octane Number* – MON, situação de carga total em alta rotação, e o *Research Octane Number* – RON, baixa carga e rotação. O Índice Antidetonante – IAD é a média aritmética dos dois métodos anteriores (SOARES, 2002). Os limites mínimos especificados, para gasolinas C, de MON (82) e IAD (87 comum e 91 *premium*) mantiveram-se constante durante o período estudado.

3.6 Estabilidade da gasolina: goma, período de indução e corrosividade ao cobre

A gasolina contém hidrocarbonetos insaturados que podem se oxidar na presença do ar atmosférico. Além da oxidação, o calor e a presença de metais podem levar à formação de goma, desencadeada pela polimerização, bem como a adição de álcool na gasolina. A goma, ao se depositar no tanque e no sistema de alimentação, pode diminuir o rendimento do motor (GALVÃO e FERNANDES JÚNIOR, 2005).

Com o período de indução pode-se fazer um prognóstico da estabilidade da gasolina durante a estocagem: a cada 60 minutos de teste, determina-se estabilidade em um mês de estocagem em condições adequadas. Estocagem inadequada, junto a contaminantes diversos ou em tanques impróprios, pode acelerar a deterioração do combustível, a um período inferior ao determinado neste teste.

Com a corrosividade ao cobre, determina-se o potencial de corrosividade da gasolina, que pode provocar oxidação de peças de cobre, de suas ligas e de outros metais. O teste é conduzido a 50 °C, em que placas de cobre não oxidadas são imersas no combustível. Após 3 horas, as placas são retiradas e comparadas com placas de cobre previamente oxidadas, numa faixa que variam de 0 (mínima oxidação) a 5 (máxima oxidação).

Como demonstrado na Tabela 3, as especificações desses três parâmetros não variaram: menor que 5 mg 100mL⁻¹ (goma), menor que 1 (corrosividade), e maior que 360 minutos, equivalente a seis meses de armazenamento (período fr indução).

Destaca-se que, na Resolução ANP nº 38/2009, estava previsto que a indução teria valor mínimo de 480 minutos em 2014; contudo, esse avanço não se concretizou.

Faixas	Portaria ANP nº 309/2001		Resolução ANP nº 57/2011		Resolução ANP nº 40/2013	
	Tipo A	Tipo C	Tipo A	Tipo C	Tipo A	Tipo C
Goma lavada (mg.100mL ⁻¹)	5		5		5	
Corrosividade ao cobre	1		1		1	
Período de indução (min.)	360	NC	360	NC	360	NC

Tabela 3: Evolução da goma lavada, período de indução e corrosividade ao cobre
NC: Não controlado

3.7 Composição

Devido à complexa variabilidade dos seus componentes, que possuem propriedades diferentes, torna-se necessário estabelecer limites para determinadas classes de hidrocarbonetos (HC) presentes na gasolina. Na Tabela 4, estão listadas as classes de hidrocarbonetos controladas e seus limites máximos permitidos em gasolinas.

Classe de HC	Portaria ANP nº 309/2001		Resolução ANP nº 57/2011		Resolução ANP nº 40/2013	
	Tipo A	Tipo C	Tipo A	Tipo C	Tipo A	Tipo C
Aromático	57	45	NC	45	NC	35
Olefínicos	38	30	NC	30	NC	25
Saturados	NC	NC	NC	NC)	anotar	anotar
Benzeno	1,2	1,0	NC	1,0	N. C.	1,0
	1,9*	1,5*		1,5*		

Tabela 4: Limites máximos (% v/v) das classes de hidrocarbonetos controladas em gasolinas automotivas

NC: Não controlado

(*) Valores para gasolinas Premium

Nota-se, da Tabela 4, que a qualidade da gasolina evoluiu, diminuindo-se as olefinas (instáveis) e os aromáticos (prejudiciais à saúde e de queima difícil), aumentando a estabilidade durante o armazenamento, diminuindo emissões e gerando combustão mais eficiente (SÁ, 2013).

Uma observação mais atenta da Tabela 4 revela que os controles destas propriedades passaram, desde 2011, a ocorrer apenas na gasolina tipo C. Conclusões precipitadas poderiam levar ao entendimento que as refinarias, produtoras de gasolina

tipo A, estariam isentas do controle da composição. Entretanto, pode-se apontar que a responsabilidade das refinarias aumentou. Elas devem realizar a determinação da composição com etanol anidro, no teor de um ponto percentual abaixo do valor em vigor na data da produção da gasolina. Então, o ensaio é realizado nesta gasolina A, cujos resultados devem ser reportados no Certificado da Qualidade. Deste modo, a composição da gasolina tipo A fica atrelado ao TEAC em vigor. Por exemplo, atualmente o TEAC é 27% (v/v), o que garante, por simples balanço de massa, que a gasolina tipo A tenha até 47% (m/m) de aromáticos. Contudo, se o TEAC diminuir para 20 % (v/v), o teor máximo de aromáticos na gasolina tipo A passará para 43%.

Como já foi mencionado, apesar destas modificações terem sido iniciadas a partir de 2011, elas foram indicadas na Resolução ANP nº 38/2009, de modo que as refinarias tiveram tempo necessário para se adequarem.

3.8 Contaminantes

A gasolina está sujeita a existência de contaminantes, originados do petróleo, do processamento, transporte, armazenamento ou de possíveis fraudes. Na Tabela 5 mostra os contaminantes controlados da gasolina e suas respectivas faixas de aceitabilidade.

Classe de HC	Portaria ANP nº 309/2001		Resolução ANP nº 57/2011		Resolução ANP nº 40/2013	
	Tipo A	Tipo C	Tipo A	Tipo C	Tipo A	Tipo C
Chumbo (g.L ⁻¹)	0,005		0,005		0,005	
Metanol (% v/v)	NC		0,5		0,5	
Fósforo (mg. L ⁻¹)	NC		NC		1,3	
Enxofre (mg/kg)	1200	1000	NC	800	N. C.	50
Silício	NC		NC		anotar	

Tabela 5: Limites máximos de contaminantes em gasolinas automotivas

NC: Não controlado

O metanol é tóxico, podendo causar cegueira, infecção pulmonar e morte de quem o manipula sem as boas práticas de segurança (ASSIS, 2010). Portanto, indivíduos que manejam gasolina contaminada com metanol, como frentistas e mecânicos, estão sujeitos a estes riscos. Ele é produzido, em escala industrial, por via petroquímica, não possuindo qualquer vínculo produtivo com refinarias e distribuidoras. Deste modo, quando esta substância é detectada na gasolina, é um indício forte de adulteração. O metanol é um potencial adulterante da gasolina nacional devido ao preço baixo e à grande quantidade disponível para produção de biodiesel. Conforme indica a Tabela 5, o controle desta substância na gasolina foi iniciado em 2011.

Conforme pode ser observado na tabela 5, apenas a gasolina C possui controle de enxofre. Dessa forma, as refinarias podem produzir gasolina A com teor de enxofre

maior que o valor especificado para gasolina C, de modo que o teor de enxofre se enquadre após a mistura com o EAC. No atual cenário, em que vigora a revenda de gasolina E27, pode-se produzir gasolina tipo A com até 68 mg kg^{-1} de enxofre.

Com o avanço dos motores ciclo Otto, houve a necessidade de produção de combustíveis mais resistentes à compressão. Assim, a partir dos anos 20 do século passado, o chumbo tetraetila começou a ser usado como aditivo à gasolina, com finalidade de aumentar a octanagem. Contudo, a partir de 1970, devido a publicações científicas relatando à nocividade do chumbo à saúde pública e ao meio ambiente por meio da contaminação do ar, solo e água, foram iniciadas discussões sobre a eliminação da adição deste metal em combustíveis automotivos (LANDRIGAN, 2002; CUNHA, 2003). O Brasil foi pioneiro nesta ação, tendo iniciado a substituição do chumbo tetraetila por etanol na década de 1980 (CUNHA, 2003). A partir de 1993, através da lei nº 8723/93, tornou-se obrigatório o uso de etanol como ingrediente da gasolina revendida à população, gasolina tipo C, sendo totalmente dispensável o uso chumbo tetraetila. Contudo, devido à contaminação dos dutos, tanques e outros equipamentos de refinarias e distribuidoras, deve ser realizado o controle do chumbo na gasolina automotiva, sendo que o limite máximo aceitável permaneceu inalterado durante o período estudado: $0,005 \text{ g.L}^{-1}$.

O fósforo, assim como o chumbo, é veneno para os sistemas catalíticos que tratam os gases de exaustão dos veículos (SÁ *et al.*, 2013; SANTOS, 2017). O fósforo está presente em aditivos usados na perfuração de poços, que auxiliam a extração de petróleo. Assim, ele pode ser carregado, contaminando os derivados durante o processo de refino. Além de problemas catalíticos, os derivados contaminados com fósforo podem causar incrustações em equipamentos (SANTOS, 2017). Portanto, a partir de 2013, conforme estabelecido na Resolução ANP nº 38/2009, o órgão regulamentador passou a controlar o nível de fósforo presente na gasolina. Contudo, a norma estabelece que esta característica somente deva ser investigada se houver dúvida quanto à ocorrência de contaminação.

O silício é outro possível contaminante da gasolina. Aditivos antiespumantes são usados durante a fase de extração do petróleo, para evitar a formação de espuma na fase de purificação, para auxiliar a quebra da emulsão óleo/água, e durante o processo de refino, durante o descoqueamento. Devido a sua baixa tensão superficial, os antiespumantes mais usados na indústria do petróleo são oligômeros contendo silício, polidimetilsiloxanos (SANTOS, 2017). Os resíduos da decomposição dos siloxanos se depositam em catalisadores, inutilizando seus sítios ativos. Também podem formar depósitos em câmaras de combustão e nas velas de ignição, causando problemas aos motores (SÁ *et al.*, 2013; SANTOS, 2017), e podem, ainda, danificar sensores de oxigênio do sistema de injeção eletrônica (SÁ *et al.*, 2013). Na mais recente especificação, embora não tenha sido determinado um limite para este contaminante, este parâmetro passou a ser monitorado.

3.9 Marcador em gasolinas

Marcador químico pode ser definido como um composto identificado qualitativa e quantitativamente, presente em determinado produto e que é empregado como referência no controle de qualidade deste produto. De acordo com Resolução ANP 03/2011 (que substituiu a Portaria ANP nº 274/2001), uma substância que não ocorre na natureza deve ser adicionada aos solventes hidrocarbonetos importados e produzidos no Brasil, cuja faixa de destilação esteja entre 25 e 280°C. Esta substância é conhecida como “marcador de solvente”. Deste modo, caso uma amostra de gasolina automotiva nacional seja verificada a presença do marcador, infere-se que esta gasolina foi adulterada com algum solvente. Por este motivo, nas resoluções da ANP o parâmetro “presença de marcador” possui de aceitabilidade apenas se não ocorrer sua detecção.

A implantação do Programa de Marcação Compulsória de Produtos ocorreu em 2001, através da Portaria ANP nº 274/2001, e, atualmente, está regulamentado pela Resolução ANP nº 3/2011, que preconiza que o marcador deve ser adicionado ao solvente em concentração máxima de 1 ppm, de forma a não interferir nas características físico-químicas e no grau de segurança para manuseio, armazenagem e uso do produto. Dados da ANP demonstram a eficiência do programa, onde observa-se a redução das taxas de amostras com presença de marcador, que passaram de 20%, em 2002, para menos 1% atualmente (ANP, 2018).

3.10 Gasolina Aditivada

Aditivos são usados para potencializarem o uso do combustível, minimizando seus impactos no motor e meio ambiente. Dentre as principais classes de aditivos, destacam-se os detergentes, dispersantes, redutores de atrito e antioxidantes. Entre os melhoramentos auferidos por estas substâncias, podem ser citados: lubricidade, estabilidade, inibição na formação de gomas, redução de emissões e proteção contra depósitos carbônicos nas câmaras de combustão, bicos injetores e válvulas (MEDEIROS, 2009).

Conforme demonstrado na Figura 2, a gasolina é aditivada nas distribuidoras, mais especificamente, no ato de carregamento dos caminhões-tanques. Cada distribuidor possui seu ativo ou mistura de aditivos, que podem incluir uma ou várias classes. Contudo, a distribuidora interessada em colocar aditivos em seu combustível deve submeter este à ANP, que irá avaliar a eficácia destas substâncias quando adicionadas àquele combustível. Para aprovação, ANP exige a apresentação de testes de desempenho, redução de depósitos e/ou obstrução de bicos, além de caracterização físico-química das substâncias. Atualmente, a Resolução ANP nº 01/2014 regulamente o registro e aprovação de aditivos à gasolina automotiva.

Somente após aprovação da ANP, a distribuidora pode comercializar gasolina contendo os respectivos aditivos, usando a nomenclatura ‘gasolina A aditivada’ ou outra marca comercial, registrada. Contudo, a distribuidora, através de placas

informativas colocadas nos postos revendedores, deve descrever para o consumidor final os benefícios do aditivo utilizado, bem como seu registro de aprovação pela ANP.

Dentre os aditivos mais utilizados, destacam-se os detergentes, que removem e evitam a formação de depósitos de carbonização originados da queima do combustível; os dispersantes, que degradam os resíduos carbônicos removidos, transformando-os em finas partículas para expulsão no sistema de exaustão (GONÇALO, 2004; MEDEIROS, 2009); e os redutores de atrito, que aumentam a lubricidade do motor, impedem o desgaste de peças móveis e propiciam eficiência energética (MEDEIROS, 2009).

Outrossim, convém mencionar que, de acordo com a Resolução ANP nº 01/2014, somente existem benefícios comprovados quando os aditivos, registrados junto à ANP, são aplicados em concentrações compreendidas entre os limites mínimos e máximos determinadas pela própria Agência. Dito de outro modo, gasolinas tipo C aditivadas, cujas concentrações de aditivo(s) estejam fora dos limites determinados pela ANP, não possuem eficácia comprovada, tornando-se impróprias para o consumo automotivo e não conformes. A ANP, todavia, não monitora a quantificação dos níveis de aditivos contidos em gasolinas tipo C aditivadas. Deste modo, a adição de quantidade inadequada de aditivo, por descuido operacional, ou mesmo por fraude, a não adição intencional de aditivos, ou adição de aditivos degradados, fora do prazo de validade, não é constada pelos órgãos reguladores.

4 | CONCLUSÕES

A padronização da especificação de um produto, envolve garantia de qualidade no transporte, armazenamento e consumo, minimização de testes, simplificação de procedimentos e, em paralelo, o não travamento do mercado produtor. Observa-se que a legislação nacional, apesar dos avanços, está longe de alcançar tais objetivos: a gasolina é submetida a 15 procedimentos na determinação de 22 parâmetros, parte dos quais são controlados em função de alto índice de fraudes, forçando a normatização da ANP.

Em relação aos contaminantes, houve redução significativa do teor máximo permitido de enxofre na gasolina, de 1.200 a 50 ppm (queda de 95%), e a inserção de controle de metanol, fósforo e silício.

Outros avanços, relativos à composição do combustível, foram a redução da temperatura final de destilação e do teor de aromáticos e de olefinas. Estes progressos estão atrelados às melhorias no parque de refino e da atenção do órgão regulador para a diminuição de frações de difícil combustão.

Ainda assim, existem pontos a serem melhorados: normatização de faixas de aceitabilidade para massa específica e adoção de temperatura mínima final de destilação e da faixa de 90%, bem como a fiscalização dos teores de aditivos na

gasolina tipo C aditivada.

5 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a TOTAL Distribuidora LTDA e a RAÍZEN Combustíveis S.A., pelo fornecimento dos combustíveis usados no estudo e entrevistas; a Rede Postos São Gonçalo e a Refinaria Landulfo Alves – RLAN, pelas entrevistas; e também ao CNPq e FAPESB.

REFERÊNCIAS

AATOLA, H. *et al.* Hydrotreated Vegetable Oil (HVO) as a Renewable Diesel Fuel: Trade-off between NO_x, Particulate Emission, and Fuel Consumption of a Heavy Duty Engine. **SAE International Journal of Engines**, vol. 1, nº 1, 2009.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9619**: Produtos de petróleo - Destilação à pressão atmosférica.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13992**: Gasolina automotiva - Determinação do teor de álcool etílico anidro combustível (AEAC).

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14065**: Destilados de petróleo e óleos viscosos - Determinação da massa específica e da densidade relativa pelo densímetro digital

AMARAL, S. P. **Estabelecimento de indicadores e modelo de relatório de sustentabilidade ambiental, social e econômica: uma proposta para a indústria de petróleo brasileira**. Tese de Doutorado. Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro– UFRJ, 2003.

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – **Portaria ANP nº 274/2001**. Brasil, 2001. Disponível em: <<http://www.legislação.anp.gov.br>>. Acesso em: 27 out. 2018.

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – **Portaria ANP nº 309/2001**. Brasil, 2001. Disponível em: <<http://www.legislação.anp.gov.br>>. Acesso em: 27 out. 2018.

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – **Resolução ANP nº 17/2004**. Brasil, 2004. Disponível em: <<http://www.legislação.anp.gov.br>>. Acesso em: 27 out. 2018.

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – **Resolução ANP nº 09/2007**. Brasil, 2004. Disponível em: <<http://www.legislação.anp.gov.br>>. Acesso em: 27 out. 2018.

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – **Resolução ANP nº 38/2009**. Brasil, 2009. Disponível em: <<http://www.legislação.anp.gov.br>>. Acesso em: 27 out. 2018.

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – **Resolução ANP nº 16/2010**. Brasil, 2010. Disponível em: <<http://www.legislação.anp.gov.br>>. Acesso em: 27 out. 2018.

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – **Resolução ANP nº 03/2011**. Brasil, 2011. Disponível em: <<http://www.legislação.anp.gov.br>>. Acesso em: 27 out. 2018.

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – **Resolução ANP nº 57/2011**. Brasil, 2011. Disponível em: <<http://www.legislação.anp.gov.br>>. Acesso em: 27 out. 2018.

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – **Resolução ANP nº 05/2012**. Brasil, 2012. Disponível em: <<http://www.legislação.anp.gov.br>>. Acesso em: 27 out. 2018.

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – **Resolução nº 40/2013**. Brasil, 2013. Disponível em: <<http://www.legislação.anp.gov.br>>. Acesso em: 27 out. 2018.

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – **Resolução nº 01/2014**. Brasil, 2014. Disponível em: <<http://www.legislação.anp.gov.br>>. Acesso em: 27 out. 2018.

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – **Resolução nº 58/2014**. Brasil, 2014. Disponível em: <<http://www.legislação.anp.gov.br>>. Acesso em: 27 out. 2018.

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – **Resolução nº 19/2015**. Brasil, 2015. Disponível em: <<http://www.legislação.anp.gov.br>>. Acesso em: 27 out. 2018.

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Programa de Marcação Compulsória de Produtos**. 2016. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/gas-natural/solventes/programa-de-marcacao-compulsoria-de-produtos>>. Acesso em 20/10/2018.

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis 2018**. 2018. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/images/publicacoes/anuario-estatistico/2018/anuario_2018.pdf>. Acesso em 20/10/2018

ASSIS, C. S. **Análise da situação de saúde dos trabalhadores expostos ao metanol no processo de fabricação de biodiesel**. Dissertação de Mestrado. Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, 2010.

ASSIS, J. C. R. *et al.* Aplicação da Matriz de Doehlert para Avaliação da Influência dos Principais Componentes da Gasolina na Octanagem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE P&D EM PETRÓLEO E GÁS, 3. 2005, Salvador, **Anais...** Salvador: IBP, 2005.

BARBOSA, R. L. **Desempenho Corporativo de um Motor de Ciclo Diesel Utilizando Diesel e Mistura de Biodiesel**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Lavras – UFLA, 2006.

BARROS, D. *et al.* **Caracterização ambiental dos postos de revenda de combustíveis no Rio de Janeiro**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 15, Natal. **Anais...**, Natal: ABAS, 2008

COLIN, B.; CANN, M. **Química Ambiental**. Editora Bookman, 4ª edição, 2011.

CÂMARA, J. C. C. **Monitoramento eletrônico da mistura ar/combustível em motores de combustão interna ciclo Otto**. Dissertação de Mestrado, Instituto de Matemática, Escola Politécnica. Universidade Federal da Bahia – UFBA, 2006.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente – **Resolução CONAMA nº 18/1986**. Brasil, 1986.

CORRÊA, J. S. **Parque industrial de refino no Brasil: características atuais e perspectivas futuras**. Dissertação de Mestrado, Centro De Tecnologia – Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2009.

CUNHA, F. G. **Contaminação humana e ambiental por chumbo no vale do Ribeira, nos estados de São Paulo e Paraná, Brasil**. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, 2003.

DIEHL, D. **Formação do preço de etanol hidratado no Estado de São Paulo e sua relação com os mercados de açúcar e de gasolina**. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade da São Paulo – URP, 2012

- FAGGI, R. **Formação da mistura ar/combustível em motores de ignição por faísca a quatro tempos**. Monografia do Pós-Graduação (Especialista), Escola de Engenharia Mauá, Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia – CEUN-EEM, 2012.
- GALVÃO, L. P. F. C.; FERNANDES JÚNIOR, V. J. **A influência do aditivo surfactante na caracterização físico-química da goma oriunda da gasolina nacional**. Anais do 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, 2005 In: CONGRESSO BRASILEIRO DE P&D EM PETRÓLEO E GÁS, 3. 2005, Salvador, **Anais...** Salvador: IBP, 2005.
- GONÇALO, A. C. **Estudo da eficiência de novos aditivos na gasolina através da cromatografia gasosa**. Monografia de Graduação. Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, 2004.
- LANDRIGAN, P. J. The worldwide problem of lead in petrol. **Bulletin of the World Health Organization**, 80 (10), 2002.
- LOPES NETO, V. R. **Emprego de ferramentas quimiométricas na cromatografia a gás para determinar a origem do biodiesel**. Tese de Doutorado. Instituto de Química, Universidade Federal da Bahia – UFBA, 2012.
- LOPES NETO, V. R. *et al.* **Avaliação da Exatidão e Interferências na Determinação do Teor de Etanol Anidro Combustível na Gasolina Automotiva pelo “Teste da Proveta” (NBR ABNT 13992)**. In: CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, V WORKSHOP DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO, 3., 2018, Salvador. **Anais...** Salvador: CONEPETRO, WEPETRO, 2018.
- MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, **Portaria nº 75/2015**, Brasil, 2015.
- MORRISON, R. e BOYD, R. **Química Orgânica**. Fundação Calouste Gulbenkian, 13ª Edição, 1996.
- MEDEIROS, A. R. B. **Uso de ATR/FTIR e FTNIR associado a técnicas quimiométricas para quantificação de aditivos em gasolina automotiva**. Dissertação de Mestrado. Instituto de Química, Universidade de Brasília – UNB, 2009.
- OBERT, E. F. **Motores de combustão interna**. Editora Globo, 2ª Edição, 1971.
- PETROBRAS – Petróleo Brasileiro S. A. **Entenda a octanagem**. Disponível em: <<http://gasolina.hotsitespetrobras.com.br/petrobras-podium/entenda-a-octanagem>>. Acesso em: 05 de abril de 2018.
- SÁ, R. A. B. *et al.* **Atributos e benefícios da nova gasolina S50**. In: **SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE ENGENHARIA AUTOMOTIVA 21.**, 2013, São Paulo. **Anais...** São Paulo: AEA, 2013.
- SANTOS, S. P. A. M. **Otimização de métodos para a determinação de P, Pb e Si em gasolinas por ICP-OES**. Dissertação de Mestrado. Instituto de Química, Universidade de São Paulo – USP, 2017.
- SOARES, K. O. **Estudos das especificações dos derivados de petróleo – Gasolina e Óleo diesel**. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia e Arquitetura, Universidade Salvador – UNIFACS, 2002.
- SOLOMONS, T. W. e FRYHLE, C. B. **Química Orgânica**. Editora Pearson, 7ª edição, 2001.
- TOLEDO, G. I. F. M.; NARDOCCI, A. C. **Poluição veicular e saúde da população: uma revisão sobre o município de São Paulo (SP), Brasil**. Revista Brasileira de Epidemiologia, v. 14, nº 3, 2011.
- TRINDADE, M. **Corantes Marcadores de Combustíveis: Legislação e Métodos Analíticos para detecção**. 2011. Disponível em: <<file:///C:/Users/Dell/Desktop/S0100-40422011001000002.pdf>> Acesso em 13 de julho de 2017.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-159-6

