Anais do Congresso Brasileiro de Iniciação Científica
(https://periodicos.unisanta.br/COB)



INFLUÊNCIA DE BIOCOMBUSTÍVEL NOS PARÂMETROS ELÉTRICOS DO SISTEMA DE IGNIÇÃO AUTOMOTIVA POR OSCILOSCOPIA

INFLUENCE OF BIOFUEL ON AUTOMOTIVE IGNITION SYSTEM ELECTRICAL PARAMETERS VIA OSCILLOSCOPE ANALYSIS

Filipe Bovolin Reis[a], Patrick Oliveira da Silva[b]

[a] Instituto de Química da Universidade de São Paulo, Curso de Química
[a] E-mail para contato: filipe.bovolin@usp.br
[b] Universidade Santa Cecília, Faculdade de Engenharia,
[b] E-mail para contato: opatrick811@gmail.com

RESUMO - Este trabalho avaliou parâmetros elétricos do sistema de ignição automotiva por osciloscopia, comparando um Ford New Fiesta 1.5 2015 abastecido com gasolina e um Fiesta Sedan 1.0 2010 abastecido com etanol. Os sinais foram adquiridos com osciloscópio Hantek 6074BE e sonda de ignição, em três réplicas, e analisados pela Lógica Paraconsistente Anotada com Dois Valores (LPA2v), expressando os resultados em graus de certeza e de contradição. O tempo de centelha do veículo a etanol variou de 1,67 a 1,91 ms, com boa repetibilidade das formas de onda. Como os veículos diferem em motor e ano, as diferenças não podem ser atribuídas exclusivamente ao combustível.

Palavras-chave: ignição automotiva; osciloscopia; etanol; gasolina; lógica paraconsistente.

ABSTRACT - This study evaluated the electrical parameters of automotive ignition systems by oscilloscopy, comparing a 2015 Ford New Fiesta 1.5 fueled with gasoline and a 2010 Fiesta Sedan 1.0 fueled with ethanol. Signals were acquired with a Hantek 6074BE oscilloscope and an ignition probe, in three replicates, and analyzed using Paraconsistent Annotated Logic with Two Values (PAL2v), expressing results as degrees of certainty and contradiction. The spark duration of the ethanol vehicle ranged from 1.67 to 1.91 ms, with good waveform repeatability. Since the vehicles differ in engine and year, the differences cannot be attributed exclusively to the fuel.

Key words: automotive ignition; oscilloscopy; ethanol; gasoline; paraconsistent logic



1 INTRODUÇÃO

Combustíveis são substâncias capazes de sofrer oxidação rápida e controlada, liberando energia. Esses compostos atuam principalmente como transportadores de energia. Atualmente, o sistema de energia atual ainda é dominado por combustíveis fósseis: a energia para transporte é fornecida por combustíveis líquidos derivados do petróleo, e mais de 80% da energia global vem do carvão, petróleo e gás natural (Kalghatgi, 2019; Capocelli, 2014). Para motores líquidos, as variáveis importantes não são apenas o conteúdo de energia, mas também propriedades como número de cetano (capacidade de um combustível diesel de se auto inflamar rapidamente e queimar de forma eficiente no motor), densidade, viscosidade, volatilidade, teor de enxofre e faixa de ebulição (Song, 2000); por isso diesel, gasolina e combustível de aeronaves não são intercambiáveis.

Alternativas para esse problema os biocombustíveis, combustíveis sintéticos ou combustíveis drop-in (biocombustível quimicamente idêntico ao diesel ou querosene fóssil com teor máximo de 10 ppm de enxofre – S-10 da ANP) e hidrogênio como combustível (Lifonfe et al., 2024). A maioria dos combustíveis e biocombustíveis são misturas de algumas famílias químicas dominantes como, por exemplo, os hidrocarbonetos. A Tabela 1 dispõe dos principais combustíveis e sua composição.

Tabela 2. Composição química de diferentes combustíveis.

Tipo de combustível	Composição química comum
Gasolina	Mistura complexa de hidrocarbonetos, principalmente parafinas, olefinas, naftalenos e compostos aromáticos, compostos nitrogenados, sulfurados, oxigenados e espécies aditivas (Sobarsah et al., 2021; Velázquez et al., 2023; Sheet, 2021).
Diesel	Mistura de hidrocarbonetos mais pesados que na gasolina, com pontos de controle como número de cetano, densidade, viscosidade etc. (Song, 2000).



Combustível de aviação / querosene	Usualmente uma mistura de hidrocarbonetos do tipo querosene com compostos parafínicos, naftênicos e aromáticos. São descritos pelo seu índice H/C, peso molecular, densidade, capacidade calorífica etc. (Benavides et al., 2021).
Gás natural	Majoritariamente metano com pequenas quantidades de etano, propano, dióxido de carbono, hélio e outros gases inertes (Kaur, 2024).
LPG	Primariamente propano e butano. Muita das vezes possui propeno, butenos, etano, pentano ou isobutano a depender da fonte ou do processamento (Sharma, 2025).
Bioetanol	Majoritariamente etanol com conteúdo de água e traços de congêneres dependendo da produção e purificação. É obtido a partir da fermentação de açúcares presentes em plantas (Akram et al., 2025).
Biodiesel / diesel renovável (HVO)	Normalmente é ésteres metílicos de ácidos graxos ou *n*-parafinas ou iso-parafinas para óleo vegetal hidrotratado (HVO) (Bays et al., 2022).
Hidrogênio	Essencialmente H_2 puro

Os biocombustíveis surgiram como uma fonte alternativa de energia para reduzir a emissão de gases de efeito estufa na atmosfera. A primeira geração de biocombustíveis é produzida a partir de biomassa comestível, como amido (de batata, trigo, cevada e milho) ou açúcares (da cana-de-açúcar e da beterraba); inicialmente mostraram uma capacidade promissora de minimizar a queima de combustíveis fósseis e reduzir os níveis de CO_2 na



atmosfera (Alalwan et al., 2019). A primeira geração do combustível bioetanol é composta por álcool etílico (C_2H_5OH) líquido produzido a partir de matérias-primas como: trigo, beterraba açucareira e milho através da fermentação; sua principal aplicação é em veículos automotores (Norkobilov et al., 2017). O combustível diesel, que possui fórmula química entre $C_{10}H_{20}$ e $C_{15}H_{28}$, é um combustível de petróleo líquido muito importante e usado amplamente no transporte. Como forma de minimizar o uso do petróleo, a primeira geração de biodiesel depende principalmente de cultura oleaginosas, tendo 75% do seu custo de produção como custo da produção da matéria-prima (Mahmudul et al., 2017). As fontes de mais comuns de alimentos para produção de biodiesel são: canola, soja, dendê, girassol, amendoim, cártamo (*Carthamus tinctorius*), milho e entre outras sementes (Alalwan et al., 2019). Por fim, bioéteres (ou éteres de combustível) são usados para aumentar o número de octanagem dos combustíveis. Eles podem substituir os petroéteres e melhorar o desempenho do motor. Além disso, os bioéteres podem reduzir bastante o desgaste de motores e as emissões tóxicas de escapamentos automotivos. Eles são produzidos pela reação de bioetanol com isoolefinas (sendo as fontes mais comuns de bioéteres o trigo e a beterraba açucareira) (Alalwan et al., 2019).

Durante a segunda geração de biocombustíveis, o ideal a ser alcançado era um protocolo mais sustentável. O carbono líquido (emitido-consumido) da queima de biocombustíveis de segunda geração é neutro ou negativo. A matéria-prima é material lignocelulósico, que inclui biomassa não comestível, barata e abundante a partir de plantas (Ben Hassen Trabelsi et al., 2018). O bioetanol de segunda geração é produzido a partir da biomassa lignocelulósica através do processo de hidrólise e subsequente fermentação do produto (Wyman, 1996). A conversão da lignocelulose em etanol consiste em quatro etapas: (1) pré-tratamento, (2) hidrólise, (3) fermentação e (4) separação do produto/destilação (Jönsson, 2016). Para a síntese de biodiesel de segunda geração, vários tipos de matérias-primas podem ser utilizados, como culturas energéticas, restos agrícolas e resíduos de madeira (Bhuiya et al., 2016). O butanol ($C_4H_{10}O$) possui mais energia térmica do que o etanol, portanto aumenta os ganhos de energia que podem ser colhidos ao ser misturados com gasolina e outros hidrocarbonetos (Lapuerta et al., 2017). Além de ser mais energético, é mais seguro pois o butanol possui valores Reid (indicador de taxa de evaporação de um fluído) 0,33 psi a menos



que o etanol (Nigam, 2011) e produz menos compostos orgânicos voláteis (COVs) (Nanda et al., 2017).

Alguns microrganismos são utilizados como matéria-prima para a terceira geração de biocombustíveis (Leong et al., 2018), dentre eles as microalgas. O teor de óleo de biomassa de microalgas varia bastante. Em alguns tipos, o óleo representa mais de 80% do peso seco da biomassa de algas, enquanto em outros tipos é cerca de 15 a 40% (Shah et al., 2018). Microalgas podem ser utilizadas na produção de diversos biocombustíveis, incluindo bioetanol e biodiesel, bem como CH_4 e H_2 usando diferentes processos. Os biocombustíveis produzidos são compatíveis com os motores utilizados atuais, eliminando a necessidade de modificações adicionais (Pragya et al., 2013). E, por fim, biocombustíveis à base de algas possuem propriedades semelhantes aos biocombustíveis derivados do petróleo, como densidade, viscosidade, ponto de fulgor, valor calorífico etc. (Wu e Miao, 2014).

Na quarta geração de biocombustíveis são utilizados microrganismos geneticamente modificados como microalgas, leveduras, fungos e cianobactérias como fonte de matéria-prima, pois possuem a capacidade de converter CO_2 em combustível através da fotossíntese (Vassilev e Vassileva, 2016).

O sistema de ignição desempenha um papel fundamental no funcionamento de motores ignição por centelha, sendo responsável por iniciar a combustão da mistura ar-combustível no instante adequado. A eficiência desse processo depende diretamente de diversos parâmetros elétricos e temporais do sistema de ignição, como o avanço da ignição, a tensão de ignição, a duração da centelha e a energia da centelha, que influenciam a formação do núcleo inicial da chama, a velocidade de propagação da combustão, o desempenho do motor, o consumo de combustível e as emissões de poluentes. A necessidade de avançar o tempo da faísca ocorre porque o combustível não queima completamente no instante em que a faísca dispara, os gases de combustão demoram um período para se expandir e a velocidade angular ou rotacional do motor pode alongar ou encurtar o período em que a queima e expansão devem ocorrer (Lande e Kongre, 2016).

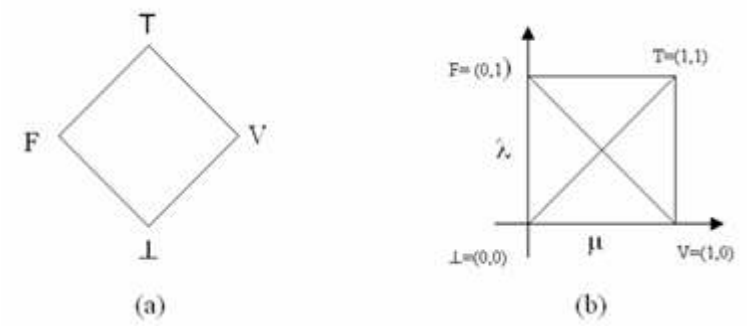
A Lógica Clássica, fundamentada nos princípios da não contradição e do terceiro excluído, mostra-se insuficiente para tratar situações em que informações contraditórias, incompletas ou incertas precisam ser representadas e processadas sem que o sistema lógico se

torne trivial. Nesse contexto, surgem as lógicas não clássicas, entre as quais se destacam as Lógicas Paraconsistentes, capazes de conviver com contradições sem que delas decorra a derivação de qualquer proposição (trivialização).

A Lógica Paraconsistente Anotada (LPA) constitui uma classe dessas lógicas, caracterizada pela associação de cada proposição a um par de valores — uma anotação — que expressa graus de evidência sobre essa proposição. Na Lógica Paraconsistente Anotada, cada sentença proposicional é acompanhada de valores que a caracterizam. Quando essa anotação é composta por exatamente dois valores reais pertencentes ao intervalo [0,1], tem-se a Lógica Paraconsistente Anotada com Anotação de Dois Valores, conhecida pela sigla LPA2v (também referida na literatura em língua inglesa como PAL2v).

Na formalização da LPA2v, cada proposição passa a ser acompanhada de um grau de evidência favorável (μ) e de um grau de evidência desfavorável (λ), ambos variando continuamente entre 0 e 1. Esse par ordenado (μ, λ) permite representar, de forma geométrica, um reticulado associado com quatro vértices, conforme a Figura 1, — correspondentes aos estados lógicos extremos de verdade (V), falsidade (F), inconsistência (⊤) e paracompletude (indeterminação) (⊥) — possibilitando descrever com maior fidelidade situações do mundo real em que a informação disponível é parcial, ambígua ou conflitante (CAMARGO et al., 2008).

Figura 1. (a) Reticulado finito e (b) Quadrado Unitário no Plano Cartesiano (CAMARGO et al., 2008).



Desenvolvida a partir dos trabalhos pioneiros de Newton C. A. da Costa sobre lógicas paraconsistentes, a LPA2v foi sistematizada e amplamente aplicada por João Inácio da Silva Filho, que a estruturou como base para algoritmos computacionais — como o Nó de Análise Paraconsistente (NAP) e a Célula Neural Artificial Paraconsistente (CNAP) — voltados ao



tratamento de sinais contraditórios em sistemas especialistas e de controle. Pertencente à família das lógicas paraconsistentes, a LPA2v permite trabalhar com informações contraditórias sem risco de trivialização, tendo sido empregada com sucesso no desenvolvimento de sistemas especialistas em áreas como automação, engenharia elétrica, robótica, diagnóstico médico, controle de processos industriais e inteligência artificial (SILVA et al., 2021).

O presente estudo tem como objetivo avaliar a influência da utilização de gasolina e etanol nos parâmetros elétricos do sistema de ignição automotiva de um Ford New Fiesta 1.5 2015 abastecido com gasolina e um Fiesta Sedan 1.0 2010 abastecido com álcool por meio de um osciloscópio.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi conduzido por meio de abordagem experimental e comparativa, utilizando veículos com motor de ignição por centelha compatível com gasolina ou etanol. Foram comparados os parâmetros elétricos do sistema de ignição durante o funcionamento do motor abastecido com os combustíveis. Os sinais elétricos do sistema de ignição foram adquiridos utilizando um osciloscópio automotivo conectado às velas de ignição e demais pontos de interesse do circuito. Foram registrados parâmetros como tensão de disparo da centelha, tempo de queima, tensão de sustentação da centelha, oscilações residuais e forma de onda da ignição.

O veículo a gasolina utilizado para leitura dos parâmetros elétricos de ignição foi um Ford New Fiesta 1.5 2015. O veículo abastecido com etanol utilizado para leitura dos parâmetros elétricos de ignição foi um Fiesta Sedan 1.0 2010. O osciloscópio utilizado nos experimentos foi Hantek 6074BE 70MHz 1GSa/s. O software utilizado para leitura dos sinais foi correspondente com o modelo. Os dados foram analisados através da Lógica Paraconsistente Anotada por Dois Valores (LPA2v). Os parâmetros utilizados para anotar os valores são encontrados na Tabela 2.

Tabela 2. Parâmetros utilizados para anotar os valores de tensão de disparo da centelha, tempo de queima, tensão de sustentação da centelha, oscilações residuais e onda da ignição.

Modelo Osciloscópio	Hantek 6074BE 70MHz 1GSa/s
Sonda de Ignição Automotiva	Hantek HT-25
Software	Hantek 6000
Tempo / DIV (Horizontal) (ms)	1 a 2
Tensão (Vertical) (kV)	1,00 x 10000
Modo Trigger	Edge / AUTO / CH4 / Negativo (-)

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros elétricos do sistema de ignição automotiva do Fiesta Sedan foram medidos e comparados com os parâmetros elétricos do sistema de ignição do veículo Ford New Fiesta. As Figuras 2 a 4 apresentam capturas de tela do software durante as medidas. Em cada réplica é possível observar o patamar inicial estável, o degrau negativo, o patamar intermediário ruidoso, uma rampa de subida, o pico agudo (spike) e a oscilação amortecida (ringing) junto com um novo patamar estável (superior ao inicial), indicando uma boa repetibilidade do ensaio.

A Tabela 2 apresenta os valores de tempo de centelha e a tensão do sistema, bem como os valores obtidos para LPA2v: o grau de evidência favorável (μ), o grau de evidência contrária (λ), o grau de certeza (Gc) e o grau de contradição (Gct).

Figura 2. Gráfico de tensão (kV) por tempo (ms). Primeira réplica.

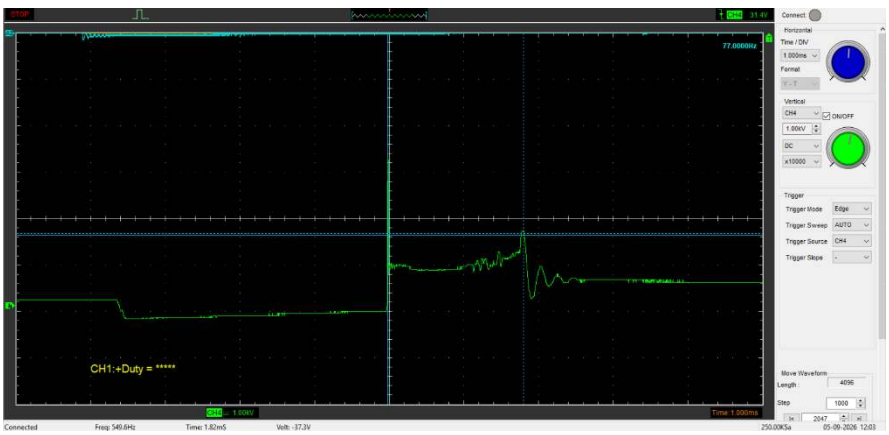


Figura 3. Gráfico de tensão (kV) por tempo (ms). Segunda réplica.

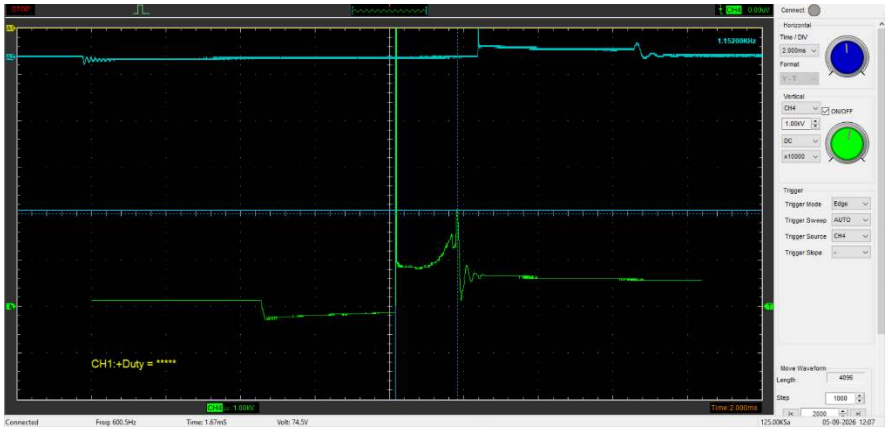


Figura 4. Gráfico de tensão (kV) por tempo (ms). Terceira réplica.

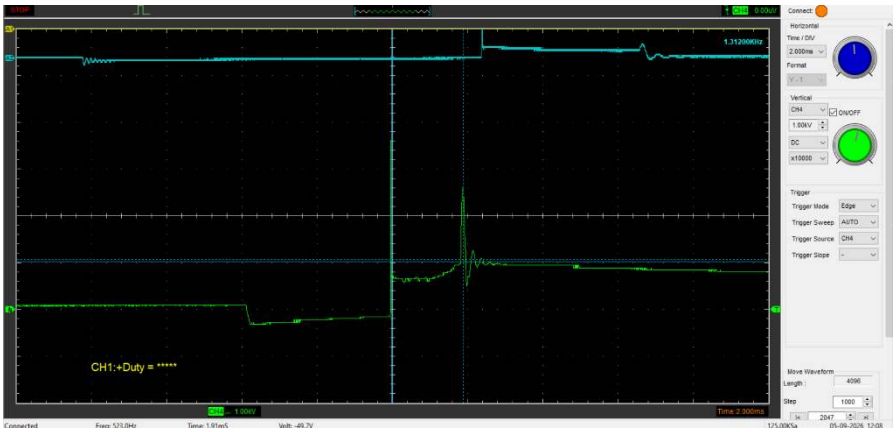
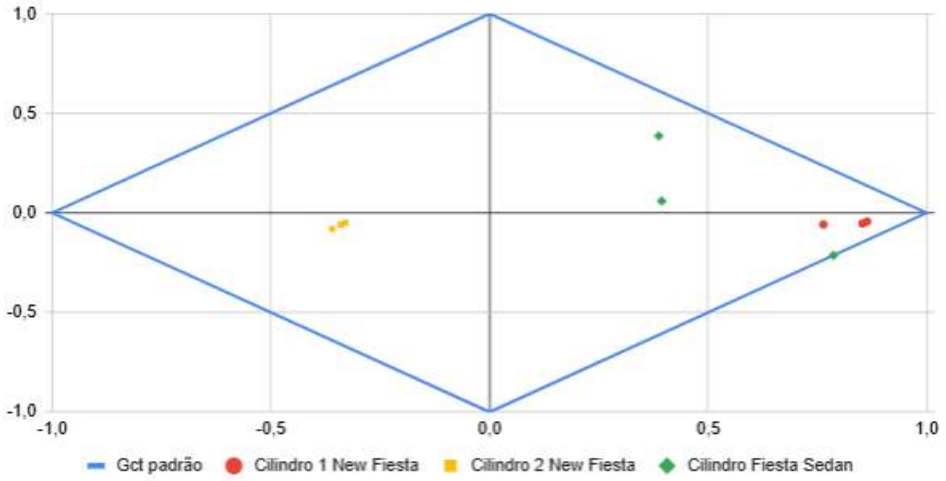


Tabela 3. Valores de tempo de centelha (ms) e tensão (V) e sua aplicação na LPA2v.

	Tempo de centelha (ms)	**Tensão (V)**	**μ**	**λ**	**Gc**	**Gct**
Réplica 1	1,82 ± 0,121	-37,3	0,7867 ± 0,0467	0 ± 0,1468	0,7867 ± 0,1320	-0,2133 ± 0,1732
Réplica 2	1,67 ± 0,121	74,5	0,8867 ± 0,0467	0,4993 ± 0,1468	0,3874 ± 0,1320	0,3860 ± 0,1732
Réplica 3	1,91 ± 0,121	-49,7	0,7267 ± 0,0467	0,3329 ± 0,1468	0,3938 ± 0,1320	0,0596 ± 0,1732

Os valores de Gc e Gct, estimados por LPA2v, foram inseridos (diamantes) em um diagrama reticulado (Figura 5) junto dos cilindros 1 (círculos) e cilindro 2 (quadrados) do veículo New Fiesta.

Figura 5. Diagrama de LPA2v para os cilindros 1 e 2 do carro New Fiesta e do cilindro Fiesta Sedan.





4 CONCLUSÃO

A LPA2v permitiu expressar as medidas elétricas da ignição, obtidas por osciloscopia, em graus de certeza e de contradição. Nas três réplicas do Fiesta Sedan abastecido com etanol, o tempo de centelha ficou entre 1,67 e 1,91 ms e as formas de onda seguiram o mesmo padrão, o que indica boa repetibilidade do ensaio. No reticulado, a réplica 1 (Gc = 0,7867) ficou próxima do agrupamento do cilindro 1 do New Fiesta a gasolina, enquanto as réplicas 2 e 3 (Gc ≈ 0,39) apresentaram grau de certeza intermediário em relação aos dois cilindros do New Fiesta. Como os veículos diferem em motor, cilindrada e ano, e foram feitas apenas três réplicas, as diferenças observadas não podem ser atribuídas exclusivamente ao combustível. Recomenda-se repetir o ensaio com um mesmo veículo abastecido com cada combustível.

5 DECLARAÇÃO DE USO DE IA

Durante a elaboração deste trabalho, utilizou-se a ferramenta ClaudeIA para correção ortográfica de texto e a ferramenta Consensus para reunião das referências bibliográficas. O conteúdo foi revisado, editado e validado pelos autores, que assumem total responsabilidade pelo texto final.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Akram et al. (2025) Fatima Akram et al. Evolution of biofuels: Unraveling diverse applications and emerging horizons. *Energy Exploration & Exploitation*. 43, 2 (Mar.-2025), 834–864. doi: 10.1177/01445987241305460.

Alalwan et al. (2019) Hayder A. Alalwan et al. Promising evolution of biofuel generations. Subject review. *Renewable Energy Focus*. 28, (Mar.-2019), 127–139. doi: 10.1016/j.ref.2018.12.006.

Bays et al. (2022) J. Timothy Bays et al. Detailed Compositional Comparison of Hydrogenated Vegetable Oil with Several Diesel Fuels and Their Effects on Engine-Out Emissions. *SAE International Journal of Fuels and Lubricants*. 16, 3 (Dec.-2022), 193–220. doi: 10.4271/04-16-03-0015.



Ben Hassen Trabelsi et al. (2018) Aïda Ben Hassen Trabelsi et al. Second generation biofuels production from waste cooking oil via pyrolysis process. *Renewable Energy*. 126, (Oct.-2018), 888–896. doi: 10.1016/j.renene.2018.04.002.

Benavides et al. (2021) Alirio Benavides et al. Chemical Composition and Low-Temperature Fluidity Properties of Jet Fuels. *Processes*. 9, 7 (July.-2021), 1184. doi: 10.3390/pr9071184.

Bhuiya et al. (2016) M. M. K. Bhuiya et al. Prospects of 2nd generation biodiesel as a sustainable fuel—Part: 1 selection of feedstocks, oil extraction techniques and conversion technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 55, (Mar.-2016), 1109–1128. doi: 10.1016/j.rser.2015.04.163.

Capocelli (2014) Mauro Capocelli. Advanced & Alternative Low-Emission Fuels. *Oil & Gas Portal*. (2014). Retrieved from https://www.oil-gasportal.com/advanced-alternative-low-emission-fuels/?print=pdf.

Jönsson e Martín (2016) Leif J. Jönsson and Carlos Martín. Pretreatment of lignocellulose: Formation of inhibitory by-products and strategies for minimizing their effects. *Bioresource Technology*. 199, (Jan.-2016), 103–112. doi: 10.1016/j.biortech.2015.10.009.

Kalghatgi (2019) Gautam Kalghatgi. Development of Fuel/Engine Systems—The Way Forward to Sustainable Transport. *Engineering*. 5, 3 (June.-2019), 510–518. doi: 10.1016/j.eng.2019.01.009.

Kaur (2024) Harpreet Kaur. A Review on Natural Gas Origin and Composition. *International Journal of Innovative Science and Research Technology (IJISRT)*. (Apr.-2024), 360–361. doi: 10.38124/ijisrt/IJISRT24APR346.

Kumar Sharma (2025) Vipin Kumar Sharma. Liquefied Petroleum Gas: A Comprehensive Review of Its Manufacturing and Refining Routes. *Progress in Petrochemical Science*. 7, 2 (May.-2025). doi: 10.31031/PPS.2025.07.000656.

Lande e Kongre (2016) B. V. Lande and Suhas Kongre. The effect of advanced ignition timing on ethanol-gasoline blended spark ignition engine. *2016 International Conference on Electrical, Electronics, and Optimization Techniques (ICEEOT)* (Chennai, India, Mar.-2016), 19–26. doi: 10.1109/ICEEOT.2016.7755071.



Lapuerta et al. (2017) Magín Lapuerta et al. Autoignition of blends of n -butanol and ethanol with diesel or biodiesel fuels in a constant-volume combustion chamber. *Energy*. 118, (Jan.-2017), 613–621. doi: 10.1016/j.energy.2016.10.090.

Leong et al. (2018) Wai-Hong Leong et al. Third generation biofuels: A nutritional perspective in enhancing microbial lipid production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 91, (Aug.-2018), 950–961. doi: 10.1016/j.rser.2018.04.066.

Lilonfe et al. (2024) Sylvanus Lilonfe et al. A review of techno-economic analyses and life cycle greenhouse gas emissions of biomass-to-hydrocarbon "drop-in" fuels. *Sustainable Production and Consumption*. 47, (June.-2024), 425–444. doi: 10.1016/j.spc.2024.04.016.

Mahmudul et al. (2017) H. M. Mahmudul et al. Production, characterization and performance of biodiesel as an alternative fuel in diesel engines – A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 72, (May.-2017), 497–509. doi: 10.1016/j.rser.2017.01.001.

Nanda et al. (2017) Sonil Nanda et al. Fermentative production of butanol: Perspectives on synthetic biology. *New Biotechnology*. 37, (July.-2017), 210–221. doi: 10.1016/j.nbt.2017.02.006.

Nigam e Singh (2011) Poonam Singh Nigam and Anoop Singh. Production of liquid biofuels from renewable resources. *Progress in Energy and Combustion Science*. 37, 1 (Feb.-2011), 52–68. doi: 10.1016/j.pecs.2010.01.003.

Norkobilov et al. (2017) Adham Norkobilov et al. Process flowsheet analysis of pervaporation-based hybrid processes in the production of ethyl tert-butyl ether. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*. 92, 6 (June.-2017), 1167–1177. doi: 10.1002/jctb.5186.

Pragya et al. (2013) Namita Pragya et al. A review on harvesting, oil extraction and biofuels production technologies from microalgae. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 24, (Aug.-2013), 159–171. doi: 10.1016/j.rser.2013.03.034.

Shah et al. (2018) Syed Hasnain Shah et al. Potential of microalgal biodiesel production and its sustainability perspectives in Pakistan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 81, (Jan.-2018), 76–92. doi: 10.1016/j.rser.2017.07.044.

Sheet (2021) Eiman Ali Eh. Sheet. New Anti-knock Additives to Improve Gasoline Octane Number. *Journal of Petroleum Research and Studies*. 2, 2 (May.-2021), 1–14. doi: 10.52716/jprs.v2i2.30.



Sobarsah et al. (2021) Gustiana Awaludin Sobarsah et al. Article review: Comparison of octane booster additive for gasoline. *Teknika: Jurnal Sains dan Teknologi*. 17, 2 (Oct.-2021), 150. doi: 10.36055/tjst.v17i2.11989.

Song (2000) Chunshan Song. Introduction to Chemistry of Diesel Fuels. *Chemistry of Diesel Fuels*. (2000).

Vassilev e Vassileva (2016) Stanislav V. Vassilev and Christina G. Vassileva. Composition, properties and challenges of algae biomass for biofuel application: An overview. *Fuel*. 181, (Oct.-2016), 1–33. doi: 10.1016/j.fuel.2016.04.106.

Velázquez et al. (2023) Heriberto Díaz Velázquez et al. Recent progress on catalyst technologies for high quality gasoline production. *Catalysis Reviews*. 65, 4 (Oct.-2023), 1079–1299. doi: 10.1080/01614940.2021.2003084.

Wu e Miao (2014) Hongqin Wu and Xiaoling Miao. Biodiesel quality and biochemical changes of microalgae Chlorella pyrenoidosa and Scenedesmus obliquus in response to nitrate levels. *Bioresource Technology*. 170, (Oct.-2014), 421–427. doi: 10.1016/j.biortech.2014.08.017.

Wyman (1996) Charles Wyman. Ethanol Production from Lignocellulosic Biomass: Overview. *Handbook on Bioethanol*. 18.