

Projeto B20 – “Piracicaba no caminho da sustentabilidade”

BORTOLETO, Gisele Gonçalves
GRAGNANI, Juliana Gonzalez
SILVA, Letícia Furlan da
PINTO, Renan Mercuri

Resumo

O Brasil é um dos destaques mundiais em termos de produção e uso de biocombustíveis, ocupando, atualmente, a 2ª posição no ranking mundial tanto para a produção de etanol como de biodiesel. O biodiesel é um biocombustível biodegradável obtido de óleos vegetais ou de gorduras animais, e vem sendo utilizado como uma alternativa de substituição parcial ao uso dos derivados de petróleo, contribuindo com a redução dos impactos ambientais e diminuição da emissão de gases causadores do efeito estufa. Em nosso país, a adição de biodiesel ao diesel é mandatória e, desde março deste ano, todo o diesel comercializado contém 12% de biodiesel em sua composição recebendo a nomenclatura B12, de acordo com a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Para 2023 está previsto um aumento no mandatório para que toda a frota nacional opere com o B15, fundamentando estudos com diferentes percentuais de adições de biodiesel ao diesel, com o objetivo de se obter informações necessárias às tomadas de decisão sobre os abastecimentos de frotas futuras. Nesse estudo foram avaliados, na cidade de Piracicaba, durante 6 meses, os consumos de 6 ônibus movidos com diesel convencional (B11) e de 6 ônibus movidos com B20, onde cada carro do estudo e seu veículo de controle, operaram em linhas previamente definidas. Também se estimou a redução na emissão de CO₂, por meio do volume do B20 utilizado no projeto, comparativamente ao volume do B11 utilizado para abastecer os carros controles. Os dados obtidos apontaram que houve redução considerável da emissão de CO₂, mesmo com um pequeno número de ônibus que foram abastecidos com o B20. Espera-se em estudos futuros aumentar a frota de ônibus abastecidos com B20, para que novos dados possam ser gerados, e concomitantemente, maior redução de emissão de gases de efeito estufa possa ser alcançada.

Palavras-chave: biocombustíveis, biodiesel, fontes de energia renováveis, Piracicaba, B20.

Abstract

Brazil is one of the world's biggest highlights regarding biofuels production and use, currently occupying the second position in the world ranking of ethanol and biodiesel production. Biodiesel is a biodegradable biofuel obtained from vegetable oils or animal fat, and has been used as a partial replacement alternative to the use of petroleum products, contributing to the reduction of environmental impacts and greenhouse gases emissions. In Brazil, the addition of biodiesel to diesel is mandatory and, since March this year, all diesel sold contains 12% biodiesel in its composition receiving the B12 nomenclature, according to the National Agency of Petroleum, Natural Gas and Biofuels (ANP). By 2023, an increase in the mandatory is expected for the entire national fleet to operate with the B15, supporting studies with different additions percentage in order to obtain the necessary information for decision making on future fleet supplies. In this study, the consumption of 6 buses powered by conventional diesel (B11) and 6 buses powered by B20 were evaluated in the city of Piracicaba, located in the Brazilian state of Sao Paulo, for 6 months, where each B20 car together with a B11 (control) operated on previously defined lines. The reduction in CO₂ emissions were also estimated, through the volume of B20 used in the project, compared to the volume of B11 used in control cars. Data analysis showed there was a significant reduction in CO₂ emissions, even with a small number of buses involved in the project. Thus, it is

expected in future studies to increase the fleet of buses fueled with B20, so that new data can be generated and analyzed, and concomitantly, a greater reduction in the greenhouse gas emissions can be achieved.

Key-words: biofuels, biodiesel, renewable energy sources, Piracicaba, B20.

Resumen

Brasil es uno de los países más destacados del mundo en términos de producción y uso de biocombustibles; actualmente ocupa el segundo lugar en la clasificación mundial tanto para la producción de etanol como la de biodiesel. El biodiesel es un biocombustible biodegradable obtenido de aceites vegetales o grasas animales. Y se ha utilizado como una alternativa de reemplazo parcial al uso de productos derivados del petróleo, contribuyendo a la reducción de los impactos ambientales y la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. En nuestro país, la adición de biodiesel al diesel es obligatoria y desde marzo de este año todo el diesel vendido contiene 12% de biodiesel en su composición que recibe la nomenclatura B12, según la Agencia Nacional de Petróleo, Gas Natural y Biocombustibles (ANP). Para el 2023, se prevé un aumento en la obligación para que toda la flota nacional opere con el B15, apoyando estudios con diferentes porcentajes de adiciones de biodiesel al diesel, con el objetivo de obtener la información necesaria para la toma de decisiones sobre futuros suministros de la flota. En este estudio, se evaluó durante 6 meses, el consumo de 6 autobuses que funcionan con diesel convencional (B11) y 6 autobuses que funcionan con B20 en la ciudad de Piracicaba, donde cada auto de estudio y su vehículo de control operaron en líneas previamente definidas. La reducción en las emisiones de CO₂ también se estimó, a través del volumen de B20 utilizado en el proyecto, en comparación con el volumen de B11 utilizado para suministrar los automóviles de control. Los datos obtenidos mostraron que hubo una reducción considerable en las emisiones de CO₂, incluso con una pequeña cantidad de autobuses que fueron alimentados con el B20. Se espera que en futuros estudios aumente la flota de autobuses alimentados con B20, de modo que se puedan generar nuevos datos y al mismo tiempo, se pueda lograr una mayor reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Palabras clave: biocombustibles, biodiesel, fuentes de energía renovables, Piracicaba, B20.

INTRODUÇÃO

Ano após ano, as questões ambientais ganham força em temas como a independência de produtos derivados do petróleo visando a redução da emissão dos gases de efeito estufa. Nesse contexto, os combustíveis líquidos “limpos” alcançaram espaço ímpar dentre as fontes de energia renováveis disponíveis no mundo e o Brasil merece destaque mundial quanto a produção e uso de biocombustíveis, como o etanol e o biodiesel.

O biodiesel é um biocombustível biodegradável obtido a partir da reação de transesterificação de óleos (vegetais ou residuais) ou de gorduras animais com álcoois de cadeias curtas (metanol ou etanol). A reação, além do combustível, também resulta em glicerol como coproduto, que atualmente apresenta diversas aplicações (OLIVEIRA, 2007; SUAREZ, 2007; SANTOS, 2007).

Atualmente, todo o diesel comercializado no Brasil apresenta 12% de biodiesel em sua composição, devendo chegar em 15% até 2023 de acordo com a Resolução CNPE N° 16, de 29 de outubro de 2018 e o Despacho ANP N° 621, de 06 de agosto de 2019. Em 2030 essa porcentagem pode chegar a 20%. (ANP, 2020). Este panorama se deve principalmente ao RenovaBio, atual política nacional do país, que visa organizar e incentivar a produção de biocombustíveis além de atender as metas de redução de emissão de gases de efeito estufa, propostas pelo Brasil referente ao Acordo de Paris.

O trabalho “B20 – Piracicaba no caminho da sustentabilidade” teve como objetivo avaliar comparativamente, durante seis meses de estudo, na cidade de Piracicaba, o consumo do diesel convencional à época (B11) e do biodiesel B20, através de estatísticas descritivas e testes de comparação de variâncias, possibilitando estimar a influência do uso do B20 na redução de emissão do CO₂ em comparação ao diesel comum. Os dados obtidos destacam a importância de estudos nessa área, considerando tanto os possíveis ganhos técnicos e socioambientais.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O presente item apresentará uma revisão bibliográfica da literatura de biodiesel, abordando temas como: as definições, produção no mundo e no Brasil, história e sobre o RenovaBio.

Breve História do Biodiesel

Durante a Segunda Guerra Mundial, as complicações na distribuição e produção do petróleo obrigaram muitos países a começarem a produzir seu próprio combustível através da utilização de óleos de origem vegetal. No entanto, com o fim da guerra em 1945, as pesquisas envolvendo as fontes alternativas de energia foram abandonadas devido à normalização da distribuição e produção do petróleo.

Os estudos envolvendo fontes alternativas de energia só ressurgiram com força a partir da década de 1970, devido à crise do petróleo, período em que os produtores mundiais de petróleo reduziam cada vez mais a produção e aumentavam freneticamente o preço. (BIODIESEL BR, 2009). Com isso, o biodiesel despontou durante o século XX, sendo relatado sucesso na utilização de óleos vegetais para produzir o combustível, no qual o próprio inventor do motor a diesel, Rudolf Diesel, atestou o sucesso do óleo de amendoim como combustível (KNOTHE, 2006).

No entanto, os óleos vegetais acabavam por tornar a vida das máquinas mais curtas sendo necessário realizar a manutenção dos equipamentos com mais frequência devido ao depósito de carbono que os óleos deixavam no motor. Por conta disso, foram realizados estudos até surgir à observação de que a glicerina deveria ser removida do óleo vegetal para que o mesmo se tornasse um combustível melhor para o motor a diesel (ENCARNAÇÃO, 2008).

Em 1988, quando as buscas se intensificaram, a palavra *biodiesel* foi usada pela primeira vez na história em um trabalho chinês e foi citado novamente em 1991, quando se disseminou pelo mundo (KNOTHE, 2006).

Biodiesel

De acordo com a Lei 11.097, de 13 de janeiro de 2005, biocombustível pode ser definido como um combustível derivado de biomassa para o uso em motores a combustão interna, podendo substituir parcial ou totalmente combustíveis de origem fóssil (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2005). Segundo as normas da ANP (Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis), o biodiesel pode ser utilizado sem a necessidade de realizar modificações em motores e podendo substituir o óleo diesel (AGUIAR, 2011; CONCEIÇÃO, 2011).

É caracterizado como uma mistura de ésteres de ácidos graxos, sendo produzido a partir da reação de transesterificação de óleo vegetal, óleo residual ou gordura animal junto com álcoois

de cadeia curta (metanol ou etanol), na presença de um catalisador que aumenta a velocidade da reação e do rendimento (BLUM, 2016; FRANQUITTO, 2016). Esse combustível pode ser utilizado tanto puro quanto em misturas, tendo sua nomenclatura empregada de acordo com a Blend (B), que significa mistura, e ao percentual de biodiesel presente na mistura (n). Ou seja, uma mistura que apresente 20% de biodiesel misturado ao diesel é denominada B20 e assim sucessivamente, até chegar ao B100 que é o biodiesel puro (AGUIAR, 2011; CONCEIÇÃO, 2011).

O uso do biodiesel embora ainda apresente algumas desvantagens técnicas aos motores, oferece uma série de vantagens econômicas e ambientais em relação ao petrodiesel, uma vez que reduz a emissão de gases poluentes e enxofre, minimiza gastos com saúde pública devido à redução de poluição, diminui a dependência de importações de derivados de petróleo por ser uma fonte alternativa de energia, dentre outras (AGUIAR e CONCEIÇÃO *apud* Portal do Biodiesel, 2010).

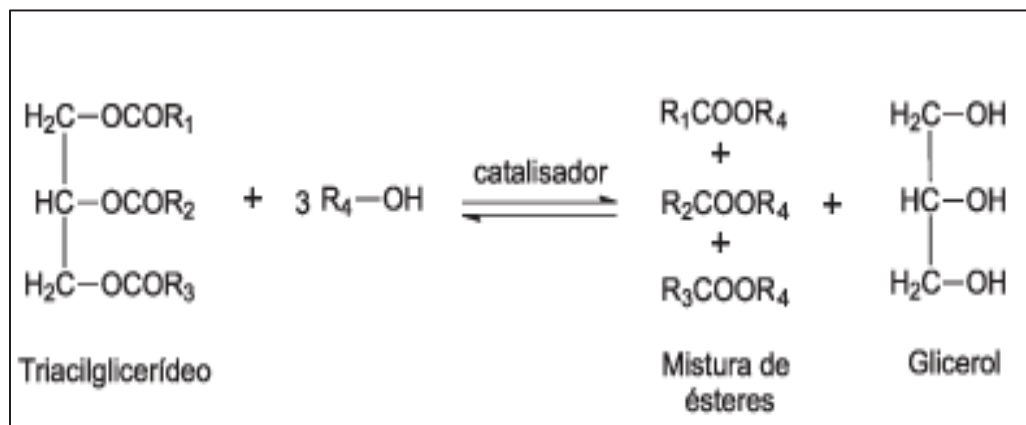
Processo de produção de biodiesel

O belga George Chavanne, da Universidade de Bruxelas, foi o responsável pela descoberta do processo de transesterificação para produção de biodiesel, patenteando a descoberta em 1937 (BIODIESEL BR, 2009). Este processo consiste na reação de óleo ou gordura com um álcool de cadeia curta na presença de um catalisador, resultando em duas fases líquidas constituídas pelo biocombustível e por glicerina como coproduto.

A produção do biodiesel pode ser influenciada pelo tipo de catalisador, pela temperatura de reação, pela fração molar e tipo de álcool utilizado. Atualmente, embora seja possível empregar catalisadores ácidos, básicos ou enzimáticos nos meios reacionais, os mais empregados são os catalisadores básicos fortes, como hidróxido de sódio (NaOH), hidróxido de potássio (KOH) e metóxido de sódio (CH₃ONa), já que promovem tempos de reação bem curtos quando comparado aos demais, além de serem pouco agressivos aos equipamentos e apresentarem baixos custos. Entretanto, a utilização de catálise básica possui limitações, uma vez que resulta na formação de sabão devido a neutralização dos ácidos graxos presentes no óleo, quando estes óleos apresentam elevados valores de AGL (ABREU, 2010; GUERRA, 2010; OLIVEIRA, 2010).

A reação de transesterificação básica está representada de acordo com a figura 1.

Figura 4: Equação geral de transesterificação.



Fonte: GERPEN et al. Manual do Biodiesel, 2006.

Biodiesel no Mundo

Diferente do etanol, que é um combustível concentrado no Brasil e nos Estados Unidos, o biodiesel é produzido em diversos países do mundo apresentando sua própria legislação e estratégia comercial definida. O Brasil é o segundo maior produtor de biodiesel do mundo, porém existem outros países que o produzem em grande escala (BIODIESELBR, 2014).

Em 2019, a indústria de biodiesel alemã apresentou aumento de 7,9% nas vendas do combustível no mercado internacional e, de acordo com dados apresentados pelo Escritório Federal de Assuntos Econômicos e Controles de Exportações (BAFA, na sigla original), a Alemanha exportou e movimentou cerca de 2,66 bilhões de litros de biodiesel (BIODIESELBR, 2020).

Segundo a Administração de Informação sobre Energia (EIA), em 2019, as usinas dos Estados Unidos produziram cerca de 6,53 bilhões de litros de biodiesel, volume 7% menor que o produzido no ano de 2018 no qual a produção passou dos 7 bilhões de litros (BIODIESELBR, 2020). Na América do Sul, além do Brasil, Argentina e Colômbia também produzem o biodiesel.

A Indonésia é o maior produtor mundial de óleo de palma, representando cerca de um quinto de todo o óleo vegetal que o mundo produziu em 2019. Em termos do biodiesel, de acordo com o USDA (Departamento de Agricultura dos Estados Unidos), a Indonésia reveza o posto com o Brasil como segundo produtor mundial do combustível. Em 2018, o país produziu cerca de 5,6 bilhões de litros de biodiesel (BIODIESELBR, 2019) e no ano de 2019, a Indonésia aderiu a mistura obrigatória de biodiesel no óleo diesel de 20% para 30%, já que o país realizou

diversos testes em motores para validar o uso do B30. Segundo o Ministério de Energia e Recursos Minerais, os veículos que utilizaram o B30 apresentaram performance “relativamente similar” em relação aos que foram abastecidos com B20, que estava em utilização no país desde o começo de 2016 (RODRIGUES, 2019).

Outro país que está começando a evoluir a porcentagem de biodiesel na mistura do diesel é a Tailândia, que deve aumentar de 7% para 10% a adição de biodiesel ao óleo diesel a partir de 2020 (BIODIESELBR, 2019).

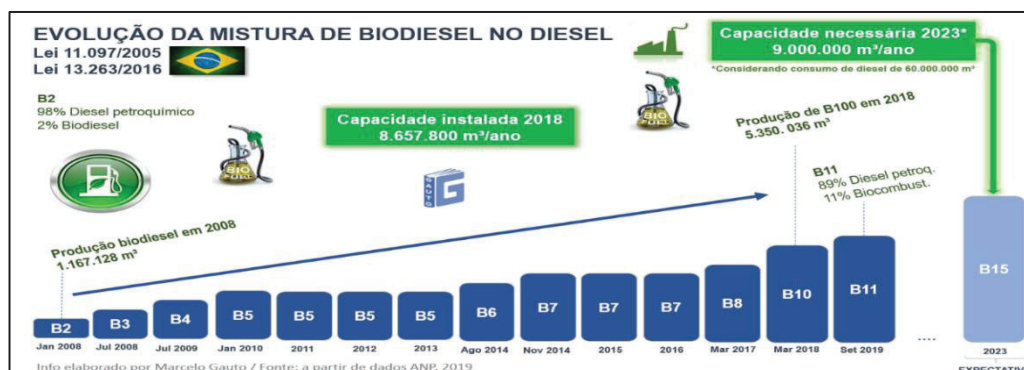
Evolução do Biodiesel no Brasil

O Brasil é um país privilegiado por possuir clima tropical, muita luminosidade, temperaturas médias anuais e muitos recursos hídricos favorecendo, assim, o crescimento das mais variadas espécies vegetais que podem ser utilizadas na produção de biodiesel. O país é líder na produção de soja, que apesar de ter baixo índice de óleo em suas sementes, tem seu cultivo voltado para a ração animal, indústria alimentícia e produção de biodiesel. Na região norte, existem as opções da palma e babaçu para produzir o biocombustível, enquanto o sul apresenta as opções de soja, girassol e amendoim. Na região sudeste e no centro-oeste a mamona é a mais cultivada, pois é a melhor opção para o clima semiárido.

Em dezembro de 2004, o governo brasileiro lançou o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), com o objetivo de introduzir o biodiesel na matriz energética brasileira, de maneira sustentável, promovendo preços competitivos e qualidade. No entanto, somente no início de 2005, por meio da Lei nº 11.097/05, aprovada pelo Congresso Nacional em 13 de janeiro de 2005, começaram a introduzir o biodiesel na matriz energética brasileira com a mistura facultativa de 2% (BRASIL, 2011).

De acordo com as especificações técnicas definidas pela ANP, que aprova determinados percentuais para o uso no território brasileiro e que monitora a inserção desse “novo” combustível no mercado, em janeiro de 2008, a mistura de 2% (B2) se tornou legalmente obrigatória em todo território nacional até que, com o amadurecimento do mercado brasileiro, esse percentual foi evoluindo pelo CNPE até alcançar 10% (B10) em 2018 (SEBRA, 2007; URABIO, 2018). Hoje, a frota nacional é abastecida com B12 (ANP ou UBRABIO, 2020). A figura 2 mostra a evolução, no Brasil, do percentual de teor do biodiesel presente no diesel fóssil.

Fig. 2: Evolução da mistura do biodiesel no Brasil



Fonte: BrasilPostos. Aumento da mistura do Biodiesel no diesel passa a 12%. Brasilpostos.com.br.

Em 2018, o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) definiu um cronograma para a evolução do B10 até o B15, com foco na redução do preço do combustível e ampliação da energia renovável na matriz energética, com a adição de 1% ao ano, chegando a B15 em 2023 (ANP 2019; URABIO, 2018). No entanto, no país, já ocorrem estudos e testes envolvendo o uso do B20, como é o caso do estudo conduzido no Rio de Janeiro, em São Paulo, em Brasília, em Curitiba e, mais recentemente, em Piracicaba.

Em Brasília o projeto ocorreu em 2017, através da Secretaria de Mobilidade do Distrito Federal e da Viação Piracicabana, que disponibilizou uma frota de nove ônibus movidos a B20 para transitarem na linha que liga a Praça dos Três Poderes ao Memorial JK que, de acordo com a empresa, transportam cerca de dez mil passageiros por dia. Segundo o diretor-geral da Piracicabana, Fausto Mansur, o projeto tem foco no desenvolvimento sustentável e apresenta a vantagem de ganho de qualidade para o meio ambiente (TECHNIBUS, 2017).

Segundo o secretário de Mobilidade do Distrito Federal, Fábio Ney Damasceno, as empresas responsáveis pela formulação da mistura do B20 foram a Ipiranga e Shell, também responsáveis pela distribuição do diesel convencional B7. Os ônibus utilizados nesse projeto apresentaram a identidade visual do Sistema de Transporte Público Coletivo do Distrito Federal, porém receberam a inscrição “Movido a Biodiesel B20” (TECHNIBUS, 2017). Ainda, segundo o secretário Damasceno (2017), a utilização do B20 em Brasília colaborou com a melhoria ambiental pois equivale à plantação de, aproximadamente, 1,2 mil árvores por ano e reduz o uso

de diesel fóssil e mitiga a emissão de gases poluentes e de hidrocarbonetos não queimados, resultando em melhoria da qualidade do ar (UBRABIO, 2017).

Segundo o ex-diretor-superintendente da Ubrabio (União Brasileira do Biodiesel e Bioquerosene), Donizete Tokarski, o uso de B20 nas frotas das cidades brasileiras representaria a substituição de 300 milhões de litros diesel fóssil (BIODIESELBR, 2018).

O B20 também foi utilizado em geradores de energia elétrica de apoio da Rio+20. A ANP foi a responsável por autorizar a utilização de B20 na mistura dos geradores que funcionaram durante todo o evento, além de estimar o consumo de mais de 2 milhões de litros de B20 nos dez dias da conferência. Além disso, a ANP autorizou o uso do combustível em diversas frotas de ônibus urbanos (AGÊNCIA ESTADO, 2012).

Durante a Conferência Rio+20, a Global Bioenergy Partnership (GBEP) promoveu um seminário, em conjunto a Ubrabio, para estimular a utilização do B20 em transportes urbanos. A iniciativa recebeu o apoio da Mercedes Benz que garantiu a utilização do biocombustível para motores da marca, destacando que a Mercedes Benz já realizou mais de dois milhões de quilômetros de testes operacionais com o biodiesel (UBRABIO, 2014).

Outro programa importante para o país denominou-se “Biodiesel B20 – O Rio de Janeiro anda na frente” que teve duração entre setembro de 2009 a agosto de 2010, por meio da parceria entre a Fetranspor e o governo do Estado do Rio, a fim de garantir ao Comitê Olímpico Internacional transporte mais eficiente para receber os atletas dos Jogos Olímpicos de 2016 (AGUIAR, 2011; CONCEIÇÃO, 2011).

Esse programa teve como objetivo realizar avaliações técnica e econômica além, de analisar o desempenho dos 14 ônibus que foram abastecidos com o B20 durante 12 meses. O projeto foi realizado com os veículos de três empresas de ônibus, além de ter o apoio das empresas: Shell, Ipiranga e Petrobrás Distribuidora S/A, como distribuidoras do combustível, e da Mercedes-Benz e Volkswagen Caminhões e Ônibus (MAN), para assistência técnica dos motores.

O programa B20 se baseou no antigo projeto “O Rio de Janeiro Sai na Frente - Biodiesel 5% na Frota de Ônibus”, que foi lançado, de forma pioneira em 2007, pela Fetranspor e pela Secretaria de Estado dos Transportes (SETRANS) no qual 3.500 ônibus do Estado do Rio de Janeiro foram abastecidos com biodiesel B5, como forma de apresentar uma alternativa energética sustentável ao transporte coletivo, que já previa a utilização deste percentual na mistura a partir de 2013 (AGUIAR, 2011; CONCEIÇÃO, 2011).

Os resultados do projeto demonstraram que o rendimento do B20, em duas empresas, foi superior ao do B5 (2,58 contra 2,52 Km/L na Matias; 3,39 Km/L contra 3,37 Km/L, considerando o B20 e o B5 respectivamente). Já na última empresa, o rendimento foi igual de 2,09, tanto para o B20 quanto para os veículos movidos com o B15 (AGUIAR, 2011; CONCEIÇÃO, 2011). Com base nos resultados obtidos através do Programa “Biodiesel B20 – O Rio de Janeiro Anda na Frente”, pode-se notar que a autonomia (km/L) dos veículos movidos a B20 foi semelhante, estatisticamente, aos movidos a B5 sem que tenha sido afetado o consumo. Além disso, o uso do biocombustível apresentou redução nos níveis de opacidade emitida (AGUIAR, 2011; CONCEIÇÃO, 2011).

RenovaBio

Além do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), o governo brasileiro lançou outro programa para incentivar a produção de biocombustíveis denominado RenovaBio.

O RenovaBio é a Política Nacional de Bicomcombustíveis, instituída pela Lei nº 13.576/2017, criada pelo Ministério de Minas e Energia (MME), que tem como finalidade: incentivar a produção de biocombustíveis garantindo seu papel estratégico na matriz energética brasileira, além de cumprir os compromissos firmados no Acordo de Paris, aprovado por 195 países visando reduzir as emissões de gases de efeito estufa para um desenvolvimento sustentável (OLIVEIRA, 2017).

Segundo o Ministério de Minas e Energia, o programa não tem a intenção de criar impostos ou subsídios sobre a adição de biocombustíveis a combustíveis, e promove ganhos de eficiência energética. O principal instrumento do RenovaBio é o estabelecimento de metas nacionais anuais para o setor de combustíveis, de forma a incentivar o aumento da produção e da participação de biocombustíveis na matriz energética de transportes do país. As metas nacionais de redução de emissões para a matriz de combustíveis foram definidas para o período de 2019 a 2029 pela Resolução CNPE nº 15, de 24 de junho de 2019. (ANP, S/A).

De acordo com a informação do diretor do Departamento de Biocombustíveis do Ministério de Minas e Energia (MME), Miguel Ivan Lacerda, sete instituições financeiras estão cadastradas junto ao Serviço Federal de Processamento de Dados (Serpro) para fazer a escrituração dos títulos de crédito de descarbonização (CBio). São elas: Santanter, Itaú, Citibank, Bradesco, Banco do Brasil, Vórtx e Planner (COURY; BOSSLE, 2020).

Esses títulos estão sendo escriturados, registrados e disponibilizados na plataforma da Bolsa de valores do Brasil desde o final de abril de 2020. No entanto, apesar de 744,47 mil créditos disponíveis nenhuma das produtoras de biocombustível chegaram a negociar esses títulos até 11 de junho de 2020 (COURY; BOSSLE, 2020). Segundo Lacerda, um dos possíveis causadores para a falta de negociações é a incerteza em relação às metas estabelecidas pelo programa RenovaBio, devido à grande queda no consumo de combustíveis no ano de 2020 (COURY; BOSSLE, 2020).

De acordo com a superintendente adjunta de biocombustíveis da ANP, Danielle Machado Conde, o programa RenovaBio conta com 200 unidades certificadas, sendo 176 usinas de etanol de cana de primeira geração, 20 produtoras de biodiesel, 2 usinas de etanol flex (milho e cana), 1 usina de etanol de milho e uma unidade de biometano, das quais 144 já firmaram contrato com o Serpro. A superintendente ainda afirma que as usinas certificadas no RenovaBio já comercializaram etanol suficiente para mais de 3 bilhões de CBios, demonstrando que as empresas têm a capacidade para gerar os CBios e atender as metas propostas pelo Comitê do RenovaBio (COURY; BOSSLE, 2020).

Com isso, é importante ressaltar que mesmo o país possa ser considerado um dos maiores produtores de biodiesel do mundo, ainda é necessário realizar muitos estudos na área, analisando porcentagens maiores que o B12, de modo a sempre procurar maior eficiência e sustentabilidade.

Relação de CO₂ com o Plantio de Árvores

A neutralização de CO₂ pelo plantio de árvores ocorre através do processo de **sequestro de carbono** da atmosfera, no qual o carbono é retirado do meio ambiente e fixado na biomassa da planta já que, durante a fotossíntese, utilizam a luz solar e o CO₂ para o seu desenvolvimento (I. B. F., 2020). As florestas sequestram o carbono apenas na fase do crescimento das árvores, de modo que, a cada 7 árvores, pode-se sequestrar 1 tonelada de carbono nos seus primeiros 20 anos de idade (I.B.F., 2020).

Com base nessa média, é possível determinar a quantidade de árvores necessárias para neutralizar as emissões dos Gases de Efeito Estufa (GEE), podendo utilizar uma calculadora online que considera os processos biológicos de crescimento das árvores (Autor desconhecido, S/A). Estudos revelam que, a cada tonelada de emissão de CO₂ é necessário o plantio de 7,14 árvores para que o planeta não sofra os danos causados pelas emissões (TJPR, S/A).

Também há estudos, realizados pelo Instituto Totum e Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), em parceria com a Fundação SOS Mata Atlântica, estimando que cada árvore da Mata Atlântica absorve cerca de 163,14 kg de gás carbônico ao longo de seus primeiros 20 anos, levando em consideração as idades e espécies de árvores diferentes, bioma, clima e diversidade da Mata Atlântica (ROSA, 2013).

METODOLOGIA

O Projeto B20 – “Piracicaba no caminho da sustentabilidade”, realizado na cidade de Piracicaba durante os meses de setembro de 2019 a fevereiro de 2020, foi resultado de parceria entre a Fatec Piracicaba, a Via Ágil e a Prefeitura Municipal de Piracicaba, por meio das Secretarias Municipais de Transportes e de Defesa do Meio Ambiente, contando também com o apoio das empresas Raízen, Aroma Bioenergia e Dorothy Participações e Agenciamentos Ltda.

O projeto utilizou 12 ônibus da marca Mercedes Benz, sendo 10 deles do modelo 1721 Euro V, ano 2012 e 2 deles, do tipo articulado, modelo OF 1721, ano 2008, disponibilizados pela Via Ágil. Metade dessa frota foi abastecida com o combustível B20 e a outra metade (denominada veículos “sombra” ou de “controle”) foram abastecidos com o diesel comum, à época B11. Seis linhas foram avaliadas, cada uma contando com um carro abastecido com o B20 e outro com o B11, de forma que fosse possível comparar a performance de ambos.

A Via Ágil foi responsável por encaminhar, semanalmente, os dados gerados referentes aos valores dos hodômetros e a quantidade de litros consumidos por cada veículo diariamente. Com os dados disponibilizados pela empresa foi possível organizá-los em planilhas do software Excel para a realização de estatísticas descritivas e testes de hipóteses para comparação de variâncias (teste F, considerando: estatísticas descritivas e testes de hipóteses para comparação de variâncias (teste F, considerando $H_0: \sigma_{B20} = \sigma_{B11}$ e $H_1: \sigma_{B20} \neq \sigma_{B11}$) e médias (teste T, considerando $H_0: \mu_{B20} = \mu_{B11}$ e $H_0: \sigma_{B20} \neq \sigma_{B11}$).

A partir do volume do B20 utilizado no abastecimento dos seis carros foi possível estimar a redução da emissão do gás carbônico durante o desenvolvimento do projeto. De acordo com a UBRABIO, a fórmula que pode ser utilizada para calcular a redução da emissão de CO₂ é: Kg de CO₂ eq evitados = 0,37 x (volume, em litros, de B20 utilizado).

Considerando as emissões evitadas de CO₂ com número de árvores plantadas, que absorveriam esse volume de gás, resultando em uma compensação futura de carbono, se emprega a relação em que 10t de CO₂ evitados equivale ao plantio de 79 árvores.

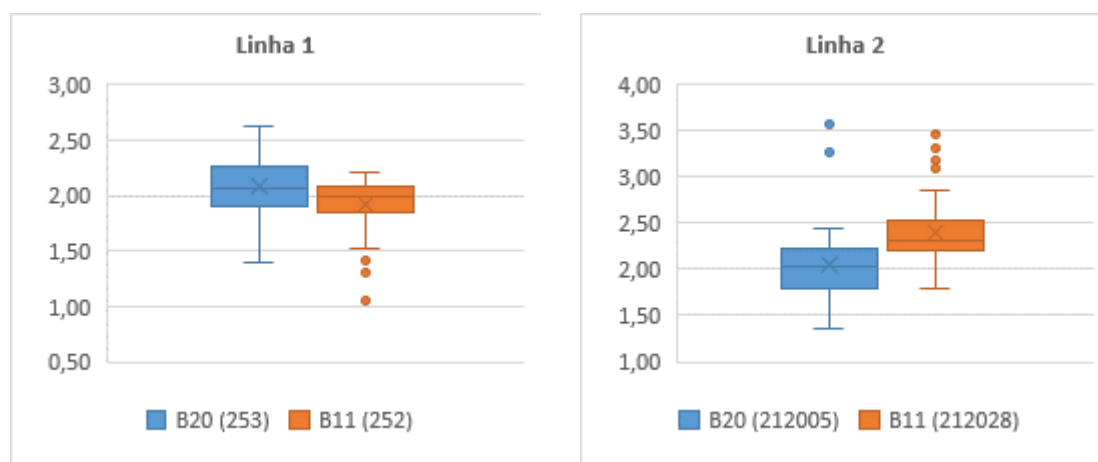
RESULTADOS E DISCUSSÕES

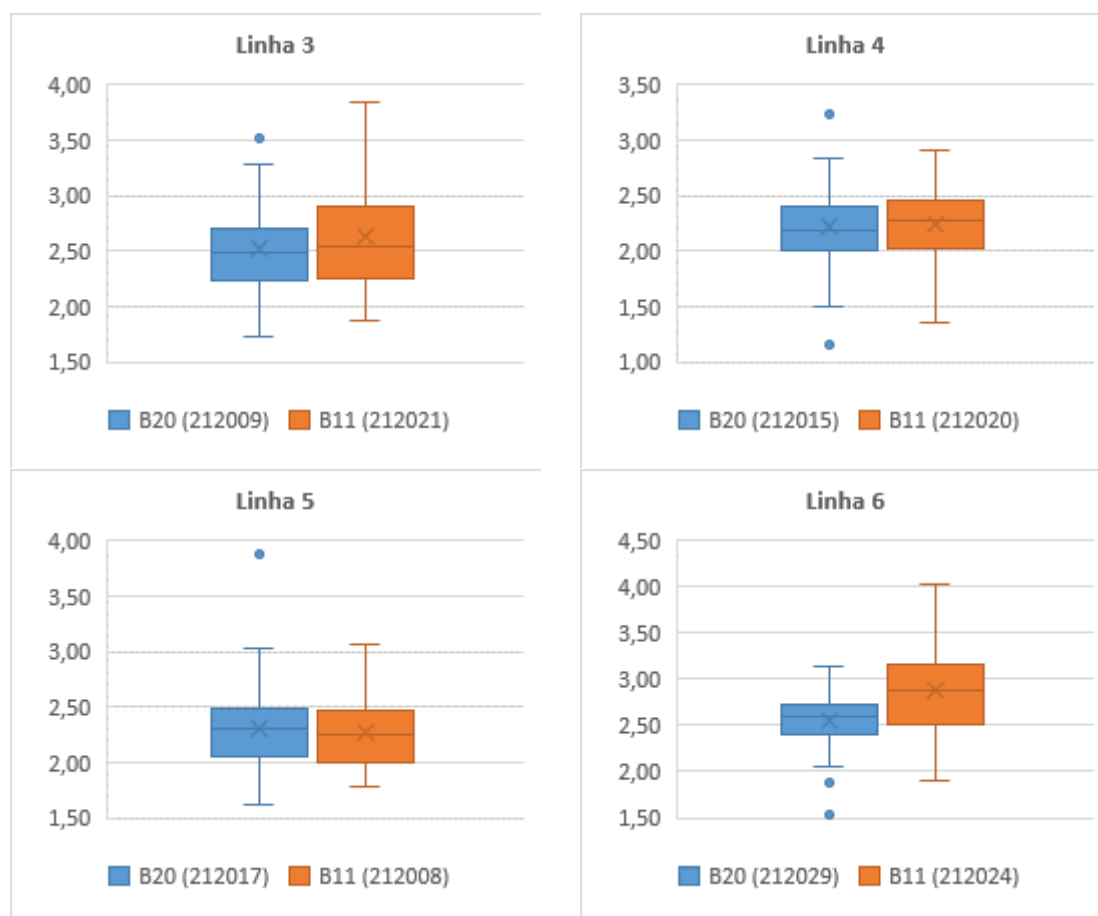
Durante o encaminhamento semanal dos dados pela Via Ágil, pode-se observar que, durante os meses de setembro e outubro, os dados apresentavam possíveis inconsistências nos valores, como consumo de combustível acima de 4 km/L, para ambos combustíveis (B11 e B20), o que é incompatível com consumos reais na rotina da empresa.

Após discutir esses valores com a empresa, esta tornou o controle de marcação dos hodômetros ainda mais rigoroso de forma que, a partir de dezembro, os dados encaminhados puderam ser utilizados para a análise. Dessa forma, foram considerados para o estudo do projeto, os dados de consumo dos ônibus que circularam entre dezembro a fevereiro, totalizando 10 semanas consecutivas, em seis linhas diferentes.

Na figura 3, a seguir, é possível comparar a dispersão dos valores referentes ao consumo dos diferentes combustíveis, em km/L, nas seis linhas estudadas.

Figura 3: Comparação dos valores correspondentes a cada combustível





Fonte: Autores.

Utilizou-se o teste de comparação de variâncias (teste F) e médias (teste T) em cada uma das linhas para verificar se houve diferença significativa em algum desses quesitos. O resultado é apresentado na tabela 1.

Tabela 1: Testes de comparação de variâncias

		Média (erro padrão)	Teste F	Teste T
Linha 1	B20 (253)	2,09 (0,04)	0,425	0,009*
	B11 (252)	1,92 (0,04)		
Linha 2	B20 (212005)	2,05 (0,06)	0,245	0,000*
	B11 (212028)	2,40 (0,05)		
Linha 3	B20 (212009)	2,51 (0,06)	0,067	0,184
	B11 (212021)	2,64 (0,07)		
Linha 4	B20 (212015)	2,22 (0,06)	0,108	0,719
	B11 (212020)	2,25 (0,04)		
Linha 5	B20 (212017)	2,31 (0,06)	0,108	0,522

	B11 (212008)	2,26 (0,05)		
Linha 6	B20 (212029)	2,56 (0,04)	0,000*	0,000*
	B11 (212024)	2,88 (0,08)		

Obs: * indica diferença significativa entre os carros.

Fonte: Autores

De acordo com a tabela 1, o teste F de variância indica diferença significativa entre os ônibus da linha 6 (prefixo 212029 e 212024), que indica que neste percurso houve diferença entre a variabilidade dos quilômetros rodados por litro nos dois carros. Fato que pode ser melhor visualizado pelas amplitudes dos box-plots dos carros da linha 6 (figura 3), o qual atesta que 25% dos valores em km/L registrados pelos carros abastecidos com B11 foram superiores ao maior registro dos que foram abastecidos com o B20.

Considerando os resultados do teste T de média (tabela 1), destacam-se os ônibus das linhas 2 e 6 (figura 3, definidos com os prefixos 212005, 212028, 212029 e 212024) uma vez que mostraram mais eficiência com a utilização do combustível convencional B11 em relação aos ônibus que foram abastecidos com combustível B20. No entanto, identificou-se diferença de média na linha 1 (figura 3, ônibus 252 e 253), na qual o carro abastecido com o B20 se mostrou melhor em comparação ao do B11. Essa diferença pode estar relacionada ao fato destes ônibus serem de modelos diferentes dos demais empregados no projeto, além de ser a única linha que apresenta trecho de rodovia durante o trajeto.

Baseado nos resultados obtidos projeto “Biodiesel B20 – O Rio de Janeiro Anda na Frente”, pode-se notar que não houve diferenças significativas entre o consumo dos dois combustíveis B5 e B20 analisados à época (Aguiar, 2011), da mesma maneira que as linhas 3, 4 e 5 do projeto “B20 – Piracicaba no caminho da sustentabilidade” também não apresentaram diferenças entre o uso do B11 e do B20.

Neste contexto é importante salientar que nem sempre o uso do B20 gera aumento de consumo de combustível, demonstrando a importância de mais estudos e projetos que envolvam a análise de consumo, entre outras, envolvendo o uso de B20 em diferentes motores e rotas, de forma a se gerar informações relevante para tomadas de decisão.

Para as considerações sobre os benefícios ambientais alcançados durante a realização deste projeto, foi realizado o cálculo da redução de emissão de CO₂ relacionada ao uso do B20 pelos 6 ônibus durante os 6 meses de estudo. Utilizou-se a fórmula disponibilizada pela Ubrabio, descrita na metodologia, e o volume total do biocombustível B20 utilizado durante o projeto, que totalizou em 63.700 L.

Assim, o projeto “B20 – Piracicaba no caminho da sustentabilidade” permitiu reduzir a emissão de 23.569 kg ou 23,56t de CO₂ para a atmosfera. Em questão de curiosidade, essa quantidade de CO₂ equivaleria ao plantio de 186 árvores, aproximadamente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados obtidos pode-se notar, a partir dos box-plots, que 25% dos valores registrados pelos ônibus abastecidos com B11 foram superiores em comparação aos abastecidos com o B20. No entanto, apesar de só uma das linhas de ônibus apresentar melhores resultados com a utilização do combustível B20 em comparação ao do B11, o “Projeto B20 – Piracicaba no caminho da sustentabilidade” merece destaque, uma vez que possibilitou, com apenas seis ônibus e durante seis meses, impedir a emissão de 23,56 toneladas de CO₂ para a atmosfera.

Baseado nos resultados, pode-se afirmar que os objetivos do trabalho, discutidos na introdução, puderam ser alcançados. Dessa forma, espera-se, em estudos posteriores, dar sequência ao projeto aumentando a frota de ônibus, delineando melhor as linhas a serem analisadas e, principalmente, realizando análises físico-químicas dos combustíveis durante a execução do estudo.

AGRADECIMENTOS

À Fatec Piracicaba, a Via Ágil e a Prefeitura Municipal de Piracicaba, por meio das Secretarias Municipais de Transportes e de Defesa do Meio Ambiente por investirem na realização do projeto.

À MsC. Fabiana Yoshinaga, Química no IQ-Unicamp, pelo apoio na busca dos parceiros.

Às empresas Raízen, Aroma Bioenergia e Dorothy Participações e Agenciamentos Ltda pela parceria e apoio.

REFERÊNCIAS

ABREU, Yolanda Vieira de; GUERRA, Sinclair Mallet Guy; OLIVEIRA, Marco Aurélio Gonçalves de. *Energia, economia, rotas tecnológicas. Textos selecionados*. Espanha: Eumed.Net, Universidad de Málaga, 2010. 330p. Disponível em:
https://books.google.com.br/books?id=B3_u8UiBcqIC&pg=PA224&lpg=PA224&dq=7.2.5+Poss%C3%ADveis+Catalisadores+para+Obten%C3%A7%C3%A3o+do+Biodiesel&source=bl&ots=ecbVSB4dLd&sig=ACfU3U1k9cKi2LQUs-ohMLyN2mQAfEaZDw&hl=pt-BR&sa=X&ved=2ahUKEwjRrs6P6bLlAhWlK7kGHaf3DMgQ6AEwAXoECAkQAQ#v=onepage&q&f=false. Acesso em: 23 out. 2019.

AGÊNCIA BRASIL. RenovaBio é incentivo aos biocombustíveis e à sustentabilidade, diz Petrobras. *Época Negócios*: Editora Globo, 2017. Disponível em: <https://epocanegocios.globo.com/Empresa/noticia/2017/11/renovabio-e-incentivo-aos-biocombustiveis-e-sustentabilidade-diz-petrobras.html>. Acesso em: 10 nov. 2019.

AGENCIA ESTADO. ANP autoriza uso de B20 em geradores da Rio+20. [S/L]: *Grupo Globo*, 2012. Disponível em: <http://g1.globo.com/brasil/noticia/2012/06/anp-autoriza-uso-de-b20-em-geradores-da-rio20.html>. Acesso em: 19 fev. 2020.

AGUIAR, Lídia Vaz; CONCEIÇÃO, Guilherme Wilson da. *Biodiesel B20 – O Rio de Janeiro anda na frente*. Fetranspor: Rio de Janeiro, 2011. 104 p.

ALEMANHA aumenta exportação e biodiesel em 28%. Curitiba: Biodieselbr, 2019. Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/noticias/inter/alemanha/alemanha-aumenta-exportacao-de-biodiesel-em-28-170919>. Acesso em: 19 fev. 2020.

ANP. *Biodiesel*. Rio de Janeiro: ANP – Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2016. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/biocombustiveis/biodiesel>. Acesso em: 10 nov. 2019.

ANP. *Óleo diesel brasileiro passa a conter mínimo de 12% de biodiesel*. Rio de Janeiro: ANP – Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2020. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/noticias/5633-oleo-diesel-brasileiro-passa-conter-minimo-12-biodiesel/>. Acesso em: 02 jun. 2020.

ANP. *RenovaBio*. Rio de Janeiro: ANP – Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, [S/A]. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/producao-de-biocombustiveis/renovabio>. Acesso em: 19 fev. 2020.

B20 - Combustível do transporte sustentável. Brasília: Ubrabio, 2017. Disponível em: <https://ubrablo.com.br/2018/03/25/%e2%80%a2agroenergia-em-revista-especial-seminario-b20-metropolitano/>. Acesso em: 21 out. 2019.

B20: Testado, aprovado e garantido. Brasília: UBRABIO, 2014. Disponível em: <https://ubrablo.com.br/2014/04/14/b20-testado-aprovado-e-garantido/>. Acesso em: 19 fev. 2020.

BIODIESEL no mundo. Curitiba: Biodieselbr, 2014. Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/biodiesel/mundo/biodiesel-no-mundo>. Acesso em: 19 fev. 2020.

BIODIESEL. SEBRAE. Brasília: SEBRAE, 2007. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/NT00035116_000gihb7tn102wx5ok05vadr1szzy3n.pdf. Acesso em: 10 nov. 2019.

BLUM, Suelen Alflen; FRANQUITTO, Keyla Regiane. *Produção de biodiesel e obtenção de dados de equilíbrio líquido-líquido a partir do óleo de crambe*. Ponta Grossa: Trabalho de Conclusão de Curso 2, 2016. Disponível em:

http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/7463/1/PG_COENQ_2016_2_10.pdf
f. Acesso em: 21 out. 2019.

BRASIL ganha cronograma para evolução do biodiesel até 2023. Brasília: UBRABIO, 2018.
Disponível em: <https://ubrablo.com.br/2018/10/29/brasil-ganha-cronograma-para-evolucao-do-biodiesel/>. Acesso em: 19 fev. 2020.

CALCULADORA de CO₂. Curitiba: TJPR - Tribunal de Justiça do Estado do Paraná, S/A.
Disponível em: <https://www.tjpr.jus.br/web/gestao-ambiental/calculadoraco2>. Acesso em: 29 de jul. 2020.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. *LEI Nº 11.097, DE 13 DE JANEIRO DE 2005*. [S/L]:
Centro de Documentação e Informação, 2005. Disponível em:
<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2005/lei-11097-13-janeiro-2005-535383-norma-actualizada-pl.html>. Acesso em: 31 out. 2019.

COMPENSAÇÃO de CO₂ com plantio de florestas. Londrina: Instituto Brasileiro de Florestas, S/A. - IBF. Disponível em:
<https://www.ibflorestas.org.br/conteudo/compensacao-de-co2-com-plantio-de-florestas>.
Acesso em: 29 jul. 2020.

CONSUMO anual de biodiesel na Alemanha foi o maior desde 2012. Curitiba: Biodieselbr, 2020. Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/noticias/inter/alemanha/consumo-anual-de-biodiesel-na-alemanha-foi-o-maior-desde-2012-060420>. Acesso em: 02 jun. 2020.

COURY, Rafaella; BOSSLE, Renata. *RenovaBio conta com sete escrituradores cadastrados [atualizado]*. Curitiba: Nova Cana, 2020. Disponível em:
<https://www.novacana.com/n/industria/usinas/renovabio-sete-escrituradores-cadastrados-nenhum-cbio-vendido-100620>. Acesso em: 18 jun. 2020.

DEPARTAMENTO DE BIOCOMBUSTÍVEIS – DBIO. *RenovaBio*. Brasília: Ministério de Minas e Energia – MME, [S/A]. Disponível em:
<http://www.mme.gov.br/web/guest/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/acoes-e-programas/programas/renovabio>. Acesso em: 19 fev. 2020.

DIESEL passa a ter 8% de biodiesel; percentual chegará a 10% em 2019. [S/L]: G1, 2017. REUTERS. Disponível em: <https://g1.globo.com/carros/noticia/diesel-passa-a-ter-8-de-biodiesel-percentual-chegara-a-10-em-2019.ghtml>. Acesso em: 31 out. 2019.

ENCARNAÇÃO, Ana Paula Gama. *Geração de biodiesel pelos processos de transesterificação e hidroesterificação – Uma avaliação econômica*. Rio de Janeiro: Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2008. Disponível em:
<http://www.tpqb.eq.ufrrj.br/download/biodiesel-via-trans-e-hidroesterificacao.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2019.

GERPEN, Jon Van; KNOTHE, Gerhard; KRAHL, Jurgen. *Manual de Biodiesel*. São Paulo: BLUTCHER, 2006, 352 p.

HISTÓRIA do Biodiesel. Curitiba: Biodieselbr, [S/A]. Disponível em:
<https://www.biodieselbr.com/biodiesel/historia/biodiesel-historia.htm>. Acesso em: 10 nov. 2019.

INDONÉSIA conclui testes e confirma B30 em 2020. Curitiba: Biodieselbr, 2019. Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/noticias/inter/out/indonesia-conclui-testes-e-confirma-b30-em-2020-291119>. Acesso em: 19 fev. 2020.

LASTROP. *Calculadora de emissões de CO₂*. Piracicaba: ESALQ, S/A. Disponível em:
http://esalqlastrop.com.br/capa.asp?pi=calculadora_emissoes. Acesso em: 29 jul. 2020.

MAIORIA dos ônibus do DF devem rodar com B20 até 2019. Curitiba: Biodieselbr, 2018. Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/noticias/meioambiente/cidade/maioria-dos-onibus-do-df-devem-rodar-com-b20-ate-2019-190318>. Acesso em: 19 fev. 2020.

OLIVEIRA, Flavia C. da C.; SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos.; SUAREZ, Paulo A. Z. *Biodiesel: Possibilidades e Desafios*. [S/L]: Química e Sociedade, 2007. Disponível em:
<http://qnint.sbq.org.br/novo/index.php?hash=tema.30>. Acesso em: 31 out. 2019.

OLIVEIRA, Nielmar de. *RenovaBio é incentivo aos biocombustíveis e a sustentabilidade, diz Petrobras*. Porto Alegre: Editora Globo S/A, 2017. Disponível em:
<https://epocanegocios.globo.com/Empresa/noticia/2017/11/renovabio-e-incentivo-aos-biocombustiveis-e-sustentabilidade-diz-petrobras.html>. Acesso em: 19 fev. 2020.

ÔNIBUS movidos a B20 começam a circular em Brasília. URABIO. Curitiba: Biodieselbr, 2017. Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/noticias/meioambiente/cidade/onibus-movidos-b20-comecao-circular-brasilia-120117>. Acesso em: 21 out. 2019.

PIRACICABANA opera ônibus movidos a B20 em Brasília. TECHNIBUS. São Paulo: OTM Editora, 2017. Disponível em:
<https://transportemodernoonline.com.br/2017/03/16/piracicabana-opera-onibus-movidos-a-b20-em-brasilia/>. Acesso em: 19 fev. 2020.

PRODUÇÃO de biodiesel dos Estados Unidos recuou 7% em 2019. Curitiba: Biodieselbr, 2020. Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/noticias/inter/eua/producao-de-biodiesel-dos-estados-unidos-recuou-7-em-2019-170320>. Acesso em: 02 jun. 2020.

PRODUÇÃO de biodiesel da Indonésia superou a do Brasil em 2018, diz USDA. Curitiba: Biodieselbr, 2019. Disponível em:
<https://www.biodieselbr.com/noticias/inter/out/producao-de-biodiesel-da-indonesia-superou-a-do-brasil-em-2018-diz-usda-210819>. Acesso em: 19 fev. 2020.

RODRIGUES, Fábio. *Indonésia está planejando adoção do B40*. Curitiba: Biodieselbr, 2019. Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/noticias/inter/out/indonesia-esta-planejando-adoacao-do-b40-181219>. Acesso em: 19 fev. 2020.

ROSA, Maya. *Cada árvore da Mata Atlântica chega a retirar 163 kg de CO₂ da atmosfera*. S/L: Ciclo Vivo, 2013. Disponível em: <https://ciclovivo.com.br/planeta/meio-ambiente/cada-arvore-da-mata-atlantica-chega-a-retirar-163-kg-de-co2-da-atmosfera/>. Acesso em: 29 jul. 2020.

SECRETARIA do Verde de Mogi das Cruzes calcula emissão de carbono e realiza neutralização com plantio de árvores. [S/L]: *Grupo Globo*, 2020. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/mogi-das-cruzes-suzano/noticia/2020/06/24/secretaria-do-verde-de-mogi-das-cruzes-calcula-emissao-de-carbono-e-realiza-neutralizacao-com-plantio-de-arvores.ghtml>. Acesso em: 29 jul. 2020.

TAILÂNDIA elevará mistura de biodiesel para 10% a partir de janeiro. Curitiba: Biodieselbr, 2019. Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/noticias/inter/out/tailandia-elevaramistura-de-biodiesel-para-10-a-partir-de-janeiro-051219>Acesso em: 19 fev. 2020.

VIDIGAL, Lucas. *Novo biodiesel vai abastecer ‘a maioria’ da frota de ônibus do DF até 2019, diz governo*. [S/L]: Grupo Globo, 2018. Disponível em: <https://g1.globo.com/df/distrito-federal/noticia/novo-biodiesel-vai-abastecer-a-maioria-da-frota-de-onibus-do-df-diz-secretario.ghtml>. Acesso em: 19 fev. 2020.

Z. O QUE é Biodiesel?. Curitiba: Biodieselbr, 2006. Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/biodiesel/definicao/o-que-e-biodiesel>. Acesso em: 21 out. 2019.

1 BORTOLETO, Gisele Gonçalves é Bacharel em Química pelo IQ- UNICAMP (2001), licenciada em Química pela Faculdade de Educação da UNICAMP (2003), mestre em Química Analítica pelo IQ-UNICAMP (2003) e doutora em Ciências pelo IQ-UNICAMP (2007), realizou pós doutoramento no Centro de Energia Nuclear na Agricultura CENA-USP (2007-2008). É professora dos cursos de Alimentos e de Biocombustíveis da FATEC Piracicaba - Centro Paula Souza desde 2008 e coordena o curso de Tecnologia em Biocombustíveis. Atualmente é membro do Conselho Técnico do Parque Tecnológico de Piracicaba, membro do Conselho Municipal de Educação e Representante de Curso do Conselho Regional de Química.

2 GRAGNANI, Juliana Gonzalez Bacharel em Gestão Ambiental pela Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ/USP - 2009) e mestranda em Ciências (Ecologia Aplicada) pelo Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP - Atual). Trabalha como Analista Ambiental da Secretaria Municipal de Defesa do Meio Ambiente (Piracicaba-SP) e tem interesse nas áreas de Ecologia Isotópica, Ecologia de Ecossistemas e Silvicultura Urbana.

3 SILVA, Letícia Furlan da é Tecnóloga em Biocombustíveis pela Fatec Piracicaba.

4 PINTO, Renan Mercuri é doutor em Estatística e Experimentação Agronômica (2018) pela Universidade de São Paulo (USP), ESALQ - Piracicaba, com período sanduíche na University of Wisconsin-Madison, WI, US. Mestre em Biometria (2014) pela Universidade Estadual Paulista (UNESP), IB - Campus de Botucatu. Licenciado em Matemática (2012) pela UNESP, IGCE - Campus de Rio Claro. Contemplado com bolsa de estudos pelo Programa Santander Universidades (2010) para período de estudos na Universidade de Coimbra (UC), Portugal, na qual cursou um ano do Mestrado em Ensino de Matemática. Atualmente, é professor efetivo de Ensino Superior do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza (Fatec-Americana e Piracicaba). Tem experiência na área de Probabilidade e Estatística, com ênfase em Análise Multivariada de Dados e Genética Quantitativa, atuando principalmente nos seguintes temas: modelos de equações estruturais e redes Bayesianas. (contato: 19 981142099; e-mail: renanmp@usp.br)