



Análise preliminar do custo-benefício no adiantamento da implantação do diesel B-20 na Cidade do Rio de Janeiro.

Sessão Temática: Energia, indústria e meio ambiente

Autores:

Gabriel Pabst. Secretaria Municipal de Transportes do Rio de Janeiro e Mestrando do Programa de Políticas Públicas, Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro (PPED-IE/UFRJ). E-mail: gabrielpabst@yahoo.com.br

Carlos Augusto Arentz Pereira. Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual do Rio de Janeiro (FEN/UERJ). E-mail: caarentz@gmail.com

Carlos Eduardo Frickmann Young. Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro (IE/UFRJ). E-mail: young@ie.ufrj.br

Resumo

O presente trabalho busca identificar os impactos econômicos associados à utilização de 20% de biodiesel no atual combustível utilizado pelos ônibus urbanos públicos do município do Rio de Janeiro conforme estabelecido pelo Decreto Municipal nº 44.210/2018. Para tanto, levantou-se dados relacionados ao setor e identificou-se o custo adicional referente aos fatores logísticos, de produção e depreciação inerentes a essa conversão. Adicionalmente, comparou-se este custo com a aquisição de créditos de carbono suficientes para neutralizar as emissões de dióxido de carbono afim de identificar a economicidade inerente a adoção ou não da conversão em análise. Os resultados mostram que benefícios de redução de emissões de gases de efeito estufa, medido pelos preços atuais de mercado, respondem por cerca de três quartos dos custos adicionais de implementação do programa, que também traz outros benefícios sociais, como redução de emissão de gases tóxicos e poluição local, e diminuição de custos hospitalares devido a menor

incidência de doenças respiratórias, alérgicas, cardiovasculares, neurológicas e câncer de pulmão.

Palavras-chave: Biocombustíveis; Biodiesel; Transporte Público; Valoração Ambiental; Economia dos Transportes.

Abstract

The present study seeks to identify the economic impacts associated to the adoption of a 20% biodiesel utilization model in the current fuel used by public urban buses in the city of Rio de Janeiro, as established by Municipal Decree No. 44.210 / 2018. To do so, data related to the sector was raised and the additional cost related to the logistics, production and depreciation factors inherent to this conversion was identified. In addition, this cost was compared with that related to the acquisition of carbon credits sufficient to neutralize carbon dioxide emissions in the order of magnitude found in a scenario in which the conversion to the concentration studied is implemented in order to identify the inherent economicity whether or not the conversion is being considered. The results show that benefits of reducing greenhouse gas emissions, measured by current market prices, account for about three-quarters of the additional costs of implementing the program, which also brings other social benefits such as reduction of toxic gas emissions and local pollution, and lower hospital costs due to lower incidence of respiratory, allergic, cardiovascular, neurological, and lung cancer diseases.

Key words: *Biofuels; Biodiesel; Public transportation; Environmental valuation; Transport Economics.*

Introdução

Atualmente observa-se na literatura uma produção crescente de estudos relativos à identificação e análise de fenômenos ambientais provocados pela ação antrópica no meio ambiente. Uma parcela significativa desses estudos se concentra na identificação e análise dos impactos trazidos pela ação humana na atmosfera de grandes centros urbanos – regiões nas quais os resíduos das atividades industriais e transporte incidem de modo mais intenso na qualidade do ar. Como resultado da correlação entre o aumento da poluição atmosférica e os danos à saúde humana (LANDRIGAN et al., 2017), a comunidade científica continua a empreender esforços no sentido de mitigar os efeitos nocivos causados pela crescente poluição

atmosférica no interior dos grandes centros urbanos, como métricas, sistemas e tecnologias de “sequestro de carbono” (BARRETO; FREITAS; PAIVA, 2009), controle de emissões domésticas de poluentes (denominadas fontes fixas) e mesmo o controle de emissões de fontes móveis (DRUMM et al., 2014), como modais do transporte público urbano.

As principais políticas públicas no setor de transportes urbanos relativas ao controle de poluição por fontes móveis incluem a expansão da oferta do sistema viário público, diminuindo, portanto, modais particulares individuais (BRASIL, 2012) e sua conversão para utilização de fontes de energia menos poluentes (MACKNIGHT & YOUNG, 2006; RIO DE JANEIRO, 2011b). Entre essas tecnologias, destaca-se a utilização de biocombustíveis, que entre outras vantagens apresenta níveis de emissões de poluentes locais como materiais particulados, sensivelmente menores (D’AGOSTO et al., 2017), e como não provém de materiais de origem fóssil, reduzem emissões de poluentes globais como gases de efeito estufa. É importante ressaltar que os biocombustíveis podem ser utilizados exclusivamente como fontes de energia dos modais urbanos (B100) ou serem escalonados em misturas nas quais sua presença nos combustíveis é definida em porcentagens, como 10% (B10), 20% (B20), 50% (B50) e assim sucessivamente.

A motivação para este artigo advém da publicação do Decreto Municipal nº 44.210 de 8 de janeiro de 2018 instituído na cidade do Rio de Janeiro, cujo principal efeito desejado consta em seu artigo primeiro: “Ficam as empresas concessionárias do Sistema de Transporte Público por Ônibus obrigadas a utilizar 20% de Biodiesel (B20) em adição ao combustível fóssil (diesel) utilizado em sua frota, visando reduzir suas emissões em 70% de Dióxido de Carbono (CO₂)”. (RIO DE JANEIRO, 2018).

Observe-se que o decreto obriga as empresas vencedoras da licitação para operação de transportes urbanos por ônibus na cidade do Rio de Janeiro a implementar a utilização de 20% de biodiesel nos combustíveis utilizados por suas frotas em um prazo de sessenta dias, previamente ao que a legislação estabeleceu¹ e aos limites e cronograma determinados atualmente pela Resolução nº 16, de 29 de Outubro de 2018 do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE)². Para justificar e embasar a implementação desta política pública na forma da edição de um decreto, o executivo municipal forneceu as seguintes razões quando de sua publicação (RIO DE JANEIRO, 2018):

¹ <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2016/lei-13263-23-marco-2016-782625-publicacaooriginal-149818-pl.html>

² http://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/56125885

- a) Existência de estudos publicados por centros de pesquisa nos quais se demonstra que a adição de B20 nos combustíveis reduz a emissão de gases tóxicos em 14%, reduzindo assim a incidência de doenças respiratórias, alérgicas, cardiovasculares, neurológicas e o câncer de pulmão, bem como seus custos hospitalares associados (BRASIL, 2005. p. 20).
- b) A inclusão de biocombustíveis na grade energética urbana para a reduzir o aumento crescente da temperatura atmosférica, bem como demais alterações climáticas e proliferações de mosquitos vetores de doenças como dengue e febre amarela, cuja população mais atingida constitui a de menor renda.
- c) O potencial econômico da inclusão do B20 na produção do município, uma vez que pode atuar como fator atrativo de empregos, reduzir a capacidade ociosa de produção de biodiesel e diminuição da importação de diesel fóssil na ordem de 12 bilhões de litros/ano, representando uma evasão de U\$ 7 bilhões anuais em divisas.
- d) A existência de testes realizados pela Federação das Empresas de Transportes de Passageiros do Estado do Rio de Janeiro em modais urbanos das concessionárias atuantes no município do Rio de Janeiro, cujos resultados concluem que a adição de B20 não alterou o rendimento dos motores em relação ao combustível fóssil tradicionalmente utilizado (FETRANSPOR, 2011).
- e) A fixação dos preços do biodiesel e do diesel fóssil ser determinada por fatores exógenos, tendo a variabilidade no período 2014-2017 se mostrado compensatória.
- f) A existência de legislações e normatizações federais que facultam a adição de B20 na matriz energética de modais urbanos regulados pelo poder público.

É importante observar que o decreto não traz em si considerações econômicas que embasem tal decisão, principalmente no que diz respeito a relação de custo-benefício socioambiental ao se promover uma alteração de concentração obrigatória do biocombustível em todos os ônibus urbanos operantes no município. Ao buscar a identificação do custo financeiro associado a esta alteração, se intenciona contribuir para a discussão referente à construção de soluções eficientes do ponto de vista social, econômico e ambiental para problemas relacionados à poluição do ar no âmbito municipal, identificando no processo as dificuldades e horizontes para a implantação de uma porcentagem de biocombustível mais elevada nos ônibus urbanos desta cidade.

Identificação do Custo Financeiro de Implementação do B20

Em primeiro lugar, é necessário identificar os custos financeiros inerentes à conversão das frotas de ônibus urbanos para a pronta utilização do B20. A formalização desta etapa se

justifica pelo fato de que, ainda que os biocombustíveis sejam considerados fontes de energia “*drop in*” (BOMTEMPO e ALVES, 2014), existem custos inerentes à sua plena utilização em escala municipal, associados aos fatores produção, logística e depreciação. Para o cálculo do Custo Financeiro de Implementação do B20 são avaliados esses fatores, comparativamente a dois cenários: no primeiro é realizada a conversão do B10 para o B20, ao passo que no segundo mantém-se os custos praticados com a utilização do B10.

Cenário A: B10 → B20 = Custo A (Ca)

Cenário B: Mantém B10 = Custo B (Cb)

Custo Financeiro de Implementação do B20 = Δ (Ca – Cb)

Deste modo, se objetiva identificar a diferença de custo associada à conversão de um cenário para o outro. Como se identifica o custo associado ao cenário B como zero (dado que se trata apenas da manutenção dos custos que se aplicam atualmente), o resultado da fórmula corresponderá ao custo da conversão de biocombustíveis B10 para o B20 na frota de ônibus urbanos no município do Rio de Janeiro.

Retomando a ideia dos custos associados a esta conversão, categorizamos os custos que compõem esta diferença em três fatores, sendo eles o de produção, logística e o de depreciação. O custo de produção no caso se refere à alteração da proporção de diesel mineral e B100, sendo que o B100 é adquirido por meio de leilões realizados pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). A elaboração do B20 implica na substituição de 10% de volume de diesel mineral por B100, em relação ao B10, havendo um custo diferencial na matéria-prima necessária à elaboração do B20. O custo destes componentes foi levantado dos dados disponíveis no portal ANP, sendo calculada a variação de custo de formulação do B10 para o B20.

O segundo fator a ser considerado na fórmula apresentada acima é o custo logístico. A relevância da adoção deste fator na avaliação dos custos financeiros relacionados à conversão do B10 para o B20 nas frotas municipais se justifica pela magnitude dos investimentos a serem realizados devido à imposição de questões de ordem prática, como sua estocagem, transporte e armazenagem (sintetizadas em nosso modelo como “custo logístico”). Segundo D’Agosto et al. (2018, p. 24), os custos operacionais relacionados a esta etapa compreendem a limpeza e drenagem dos tanques de estocagem nas bases de distribuição e nas garagens, bem como das tubulações, filtros e bombas de abastecimento do combustível, de modo a se evitar a contaminação do produto e o entupimento do sistema de abastecimento devido a deposição de

borra diluída pelo novo combustível. Também é necessário considerar o custo associado à vedação dos reservatórios para se evitar a exposição à luz, devido a maior instabilidade do produto relacionada à oxidação – cuidados estes que também devem ser observados nas etapas de transporte, armazenamento e abastecimento. Adicionalmente aos custos operacionais, D'Agosto et al. (2018, p. 27) apontam que o custo de alteração da tancagem é pouco relevante, uma vez que o volume adicional de biodiesel a ser fornecido pelas distribuidoras (principalmente Ipiranga, Raízen e Petrobras Distribuidora no estado do Rio de Janeiro) para as empresas de ônibus do município constitui grandeza desprezível para fins de cálculo. Contudo o custo de transporte do volume adicional de biodiesel deve ser explicitado, uma vez que na maior parte do País atualmente o transporte do B100 é rodoviário, a partir da usina produtora até a base de mistura e distribuição. O volume adicional de B100 transportado, impactará o custo logístico do B20.

Finalmente, o terceiro fator a ser considerado na identificação dos custos de conversão do B10 para o B20 nas frotas municipais se relaciona ao custo de depreciação dos veículos. Estudos realizados por OCTEL (2005) e Fazal et al. (2012, 2010) indicam o potencial de corrosão e abrasividade do B20 sobre os motores presentes nos veículos que utilizam este tipo de combustível. Adicionalmente, Kumar et al. (2012) apontam o desgaste produzido na cabeça do cilindro do motor causado pelo acúmulo de borra contendo altos níveis de sódio, possivelmente causados pelo acúmulo de sedimentos dissolvidos no óleo do motor. Deste modo, o modelo prevê que o desgaste físico associado à utilização do B20 pela frota de ônibus ocasionará um efeito inflacionário sobre os novos veículos a serem adquiridos, devido à redução da vida útil do bem – o que implica na indispensabilidade da consideração deste custo para a construção de um modelo que vise identificar o impacto financeiro no processo de conversão da frota em análise.

Retomando o raciocínio relacionado à formulação quantitativa do modelo, temos que o custo financeiro de conversão da frota pode ser expresso pela seguinte proposição:

$$\Delta (C_a - C_b) = C_p + C_l + C_d$$

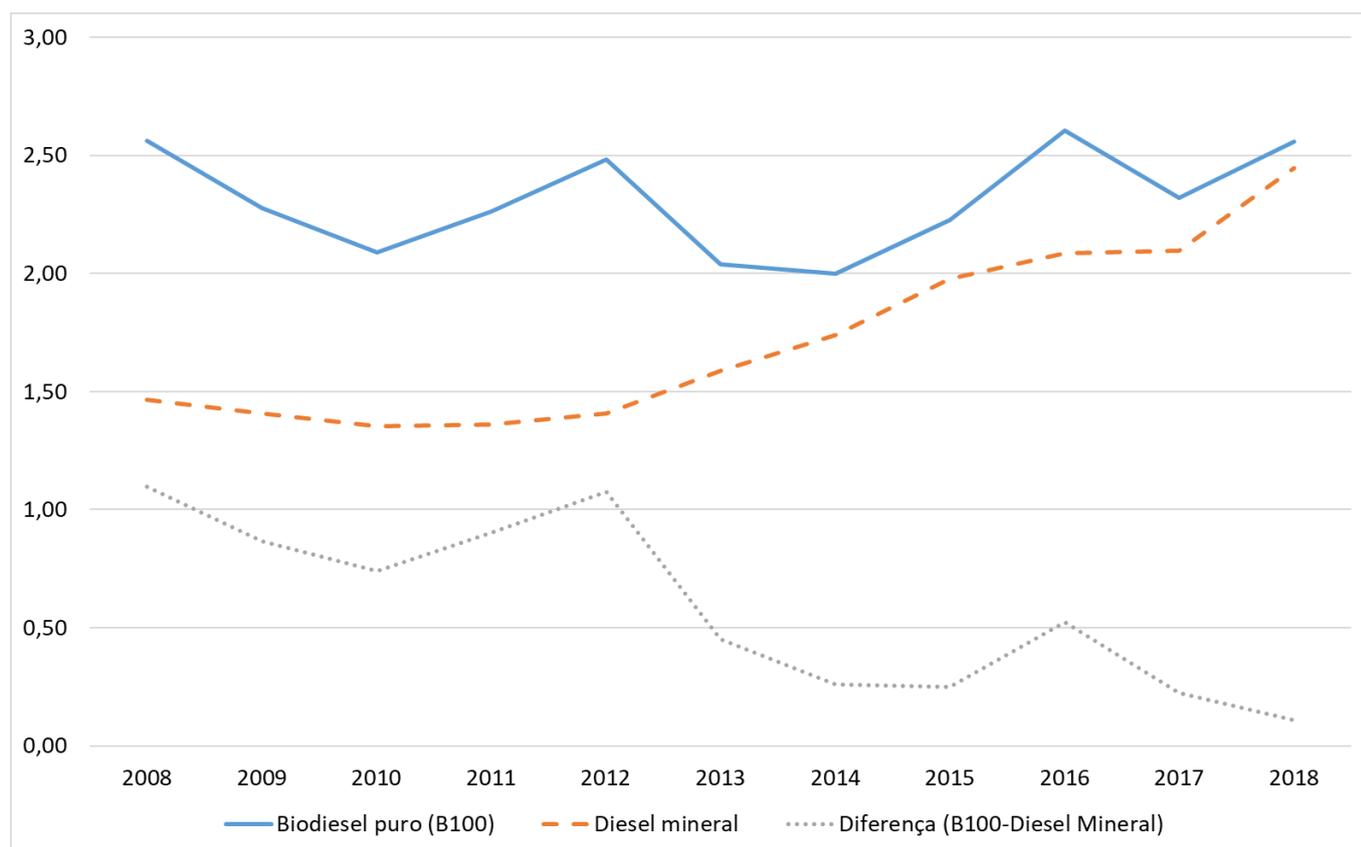
Considerando as premissas citadas, o custo financeiro de conversão do B10 para o B20 ($\Delta [C_a - C_b]$) corresponde à soma da variação de custo de matéria-prima para atender a concentração desejada (C_p) mais o custo logístico (C_l) associado ao transporte do volume

adicional de B100 mais o custo relacionado à cobertura da depreciação provocada do biodiesel sobre os veículos que o utilizarão (C_d), que se traduz em inflação de custo sobre este bem.

Cálculo do custo de Produção

Para desenvolver o cálculo do custo adicional de produção do B20, é necessário comparar os preços dos dois componentes envolvidos na sua elaboração, diesel mineral e B100. Para tanto, foram utilizados dados de preços disponíveis no portal da ANP, comparando-se os preços praticados antes de margens e impostos, do diesel mineral pelos produtores e importadores de derivados de petróleo e os preços médios de aquisição de B100 nos leilões dos últimos 10 anos. Com estes valores médios anuais para o Brasil foi elaborado o gráfico da Figura 1.

Figura 1 - Preços comparados Biodiesel (B100) adquirido nos Leilões ANP X Diesel Mineral (R\$/L)



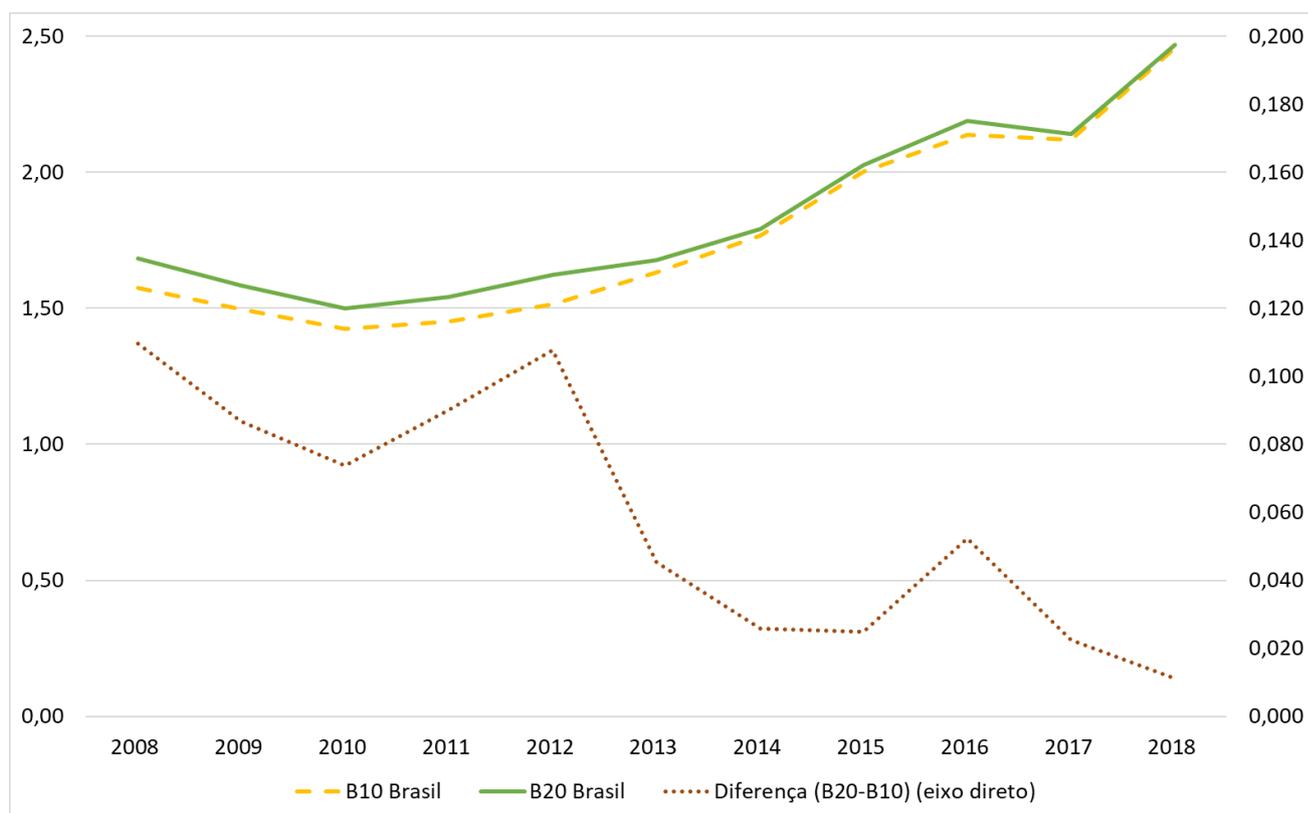
Fonte: Elaboração própria a partir de dados da ANP.

Como se pode observar, o custo dos volumes de B100 adquiridos nos leilões têm se mantido acima do custo do diesel mineral nos últimos 10 anos, apesar desta diferença mostrar uma tendência declinante, que nos últimos 5 anos tem se situado em torno de 27 centavos por

litro. Independentemente do valor diferencial, podemos concluir que a adoção de quaisquer teores mais elevados de B100 na mistura do diesel produto final comercial, implicaria em acréscimo do custo da mistura.

De posse destes dados, calculamos os custos de produção dos volumes de B10 e B20 que seriam alcançados a partir destes preços de seus componentes, mais uma vez, antes de margens e impostos, sendo os resultados apresentados na Figura 2.

Figura 2 - Custos comparados de Produção Biodiesel (B10 e B20) (R\$/L)



Fonte: Elaboração própria a partir de dados da ANP.

Conforme deduzido pela análise do gráfico da Figura 1, efetivamente o diferencial de preços entre o B100 e o diesel mineral, impactam os custos de produção de diesel produto comercial, fazendo com maiores teores de B100, levem a custos mais elevados. Contudo, nos últimos 10 anos, seguindo a já observada tendência declinante de diferencial de preços entre os componentes, a diferença de custo de produção de entre B20 e B10, também é decrescente e nos últimos 5 anos, tem girado em torno de 2,7 centavos por litro.

Estes diferenciais são dependentes de fatores de mercado diversos entre si. Os preços de B100 dependerão da quantidade de ofertantes, preços dos seus insumos como óleos vegetais

e matérias primas necessárias à sua produção e os custos da energia. Os preços do diesel mineral, variarão fundamentalmente com os preços de petróleo no mercado global.

Para efeito do cálculo de custo de produção, adotaremos então este diferencial médio dos últimos 5 anos. Assim, estimamos o custo adicional relativo ao fator produção (C_p) da passagem da concentração B10 para B20 como sendo de um acréscimo de R\$ 0,027/L.

Cálculo do custo logístico

Considerando a questão de logística de obtenção do B20, conforme as conclusões de D'Agosto et al. (2018), consideramos que os potenciais custos de investimentos de adaptação das unidades de distribuição a uma maior movimentação de biocombustível não poderiam ser atribuídos especificamente ao acréscimo de volume de B100 movimentado pela exigência do decreto. Contudo, este aumento de movimentação obviamente implicará em maiores custos operacionais de transporte desde o ponto de produção de B100 até as bases de mistura e distribuição do B20.

Deste modo, a metodologia adotada para o cálculo do custo logístico adicional relativo à adoção do B20 consiste em quatro etapas: Inicialmente se identificou as usinas de produção de combustível no estado do Rio de Janeiro e sua distância do centro distribuidor do município do Rio de Janeiro, localizado em Duque de Caxias; em segundo lugar se levantou a quantidade de combustível utilizado para realizar o frete do B100 até este centro de distribuição; em seguida se identificou o volume de B100 passível de ser transportado em uma viagem Usina/ Centro de Distribuição; finalmente, se calculou o custo unitário por litro de B100 transportado.

A identificação das usinas produtoras de biodiesel no estado do Rio de Janeiro foi obtida por meio da base de dados mantida pela ANP (2019), a qual resultou em duas instalações, uma localizada em Volta Redonda (141 km de Duque de Caxias) e Porto Real (168 km de Duque de Caxias).

Em seguida se identificou a quantidade de combustível utilizado para realizar o percurso acima descrito. Para tanto se utilizaram dados de GESTRAN (2018), NOVO (2016) e CONTRAN (2018), que apontam como sendo de cinquenta mil litros a capacidade máxima deste veículo e seu rendimento de 3,4 quilômetros percorridos por litro. Deste modo, temos que o volume de combustível necessário para se transportar 50 mil litros de B100 de Volta Redonda e Porto Real para Duque de Caxias são respectivamente 41,47 litros ($141 / 3,4$) e 49,43 litros ($168 / 3,4$), que por sua vez correspondem a um custo de R\$ 149,87 ($41,47 \times 3,614$) e R\$ 178,57 ($49,43 \times 3,614$). No caso do B100 ser originado destas usinas, calcula-se um custo de transporte de cada volume em cerca de R\$ 0,003 a 0,0036/L. No entanto, este custo seria um caso de custo

mínimo, o que não pode ser garantido. Para ser mais conservador nesta estimativa, foi considerada a possibilidade de suprimento de B100 a partir de outras usinas localizadas na região Sudeste e suas respectivas distâncias rodoviárias de Duque de Caxias, a saber, Montes Claros, MG (834 km); Lins, SP (851 km); Charqueadas, SP (602 km) e Araruama, SP (694 km). Utilizando os s parâmetros de cálculo, chega-se a custos de transporte que variam entre R\$ 0,013 a 0,018/L de B100. Assim, para contemplar uma estimativa de custo de transporte mais representativa em termos da potencial origem média preferencial de suprimento do B100 foi estimado o custo do transporte do B100 como de um acréscimo de R\$ 0,01/L. No entanto, como este volume adicional de B100 será diluído para no B10 para se obter B20, este custo também se dilui à um décimo, ficando o custo logístico (C_i) adicional do transporte sobre o volume de B20, na ordem de R\$ 0,001/L

Cálculo do custo de depreciação adicional

O custo de depreciação adicional é entendido neste trabalho como o custo adicional incidente sobre os veículos que realizarão a passagem do diesel de concentração B10 para o B20. O cálculo deste valor para fins do presente estudo se justifica na medida em que, de acordo com D'Agosto et al. (2018), a passagem destas concentrações acarreta a incidência de fatores de ordem física e química (descritos mais pormenorizadamente abaixo) cuja ação exerce um impacto deletério sobre os componentes dos veículos nos quais atuam.

Conforme apontado na primeira seção deste trabalho, Kumar et al. (2012) identificam que o primeiro fator de depreciação sobre as peças do veículo causados pela passagem do B10 para o B20 é a concentração de borra na cabeça do cilindro do motor, na qual se identifica grande concentração de sódio – efeitos estes não encontrados em motores que utilizam óleo diesel mineral. Deste modo, se indicou a necessidade da troca do bico injetor de combustível a cada 10 mil quilômetros rodados com a concentração B20.

O segundo fator de depreciação sobre os veículos que utilizam a concentração B20 são as propriedades de solvência desta mistura, conforme descrito por Barbosa (2012). Deste modo, recomenda-se a limpeza dos tanques de armazenamento de combustível dos veículos de modo

a evitar que sedimentos dissolvidos possam entupir seu filtro de combustível, sendo então conduzidos ao sistema de injeção.

De posse destas informações, foram examinados os componentes utilizados pela metodologia do Grupo de Estudos para a Integração da Política de Transportes (GEIPOT) (BRASIL, 1995) para cálculo dos custos das tarifas de transportes urbanos municipais. Esta metodologia contempla uma série de parcelas de custos identificáveis, como combustível, lubrificantes, rodagem, peças e acessórios, despesas e remuneração de capital, depreciação da frota, despesas com pessoal e administrativas. Coerentemente com as conclusões dos autores citados, utilizaremos a metodologia do GEIPOT somente quanto aos efeitos do uso do B20 sobre os custos de peças e acessórios. Para tanto, foi considerada um desgaste adicional que aumentaria a taxa de reposição esperada de peças e acessórios em 25%. Ou seja, a metodologia do GEIPOT considera uma certa taxa de necessidade de substituição de peças, dependente da idade do veículo, por exemplo, no caso de veículos com até três anos, é prevista uma taxa de reposição de até 4%. Estimamos que com a adoção do B20 esta taxa passaria para 5% para a frota que o utilizasse.

Deste modo, utilizando a planilha do GEIPOT e dados da Associação Nacional Dos Transportes Públicos (ANTP, 2017) foi possível estimar o custo da depreciação adicional por quilômetro rodado, quando da mudança do B10 para o B20, que ficou em torno de R\$ 0,0197/km. Recorrendo ao mesmo parâmetro de rendimento de 3,4 km/L para motores diesel, utilizando no cálculo do custo de transporte, obtém-se para o custo de depreciação ou desgaste (C_d) o valor de R\$ 0,007/L de B20 consumido.

Cálculo da quantidade de biodiesel adicional

A metodologia utilizada para o cálculo da quantidade adicional de biodiesel puro (B100) necessária para a transferência do atual modelo B10 para o B20 na frota de ônibus urbanos do município do Rio de Janeiro foi realizada em quatro etapas consecutivas. Na primeira etapa se identificou a diferenciação dos diversos tipos de modais rodoviários utilizados no Serviço de Passageiros por Ônibus (SPPO) e a quantidade de veículos pertencentes a cada categoria, conforme dados brutos disponibilizados pela Secretaria Municipal de Transportes do Rio de Janeiro (SMTR). Na segunda etapa se verificou o volume de consumo médio de combustível relativo a cada tipo de modal pertencente ao SPPO em termos de quilômetro percorrido por litro de diesel B10. Na terceira etapa se identificou, junto à SMTR, a distância média percorrida

por cada modal analisado ao mês (medida em quilômetros). Finalmente, multiplicou-se o resultado da primeira etapa (quantidade de cada modal em relação às categorias de consumo de combustível) pela terceira etapa (quilometragem média de cada modal pertencente ao SPPO), para em seguida multiplicar este resultado pelo resultado da segunda etapa (volume de diesel consumido por cada categoria ao percorrer um quilômetro).

Cabe salientar que os dados disponibilizados se encontravam em forma desagregada para cada um dos consórcios operantes na cidade (Santa Cruz; Internorte, Intersul, Transcarioca e adicionalmente o *Bus Rapid Transit and System* – BRT). Deste modo realizaram-se cálculos individuais para cada consórcio e o sistema BRT, para em seguida agregar as informações e se chegar ao resultado desejado, conforme se demonstra nas tabelas abaixo:

Tabela 3 – Categorias de modais pertencentes ao SPPO de acordo com seu consumo de combustível (Em litros por quilômetro percorrido)

Consumo de Combustível (L/Km)	
Urbano com Ar	0,538
Urbano sem Ar	0,402
Micro com Ar	0,3835
Micro sem Ar	0,295
Rodoviario	0,469
BRT	0,784

Fonte: Elaboração própria a partir de dados fornecidos pela SMTR (2019)

Tabela 4 – Quantidade de cada categoria de modal e seu respectivo consumo de diesel total (Consórcio Santa Cruz)

Santa Cruz	Quantidade Modal	Consumo Diesel B10/mês (Em litros)
Urbano com Ar	446	2.255.511
Urbano sem Ar	439	1.658.893
Micro com Ar	264	951.694
Micro sem Ar	25	69.325
Rodoviario	333	1.468.064
Total	1507	6.403.487

Fonte: Elaboração própria a partir de dados fornecidos pela SMTR (2019)

Tabela 5 – Quantidade de cada categoria de modal e seu respectivo consumo de diesel total (Consórcio Internorte)

Internorte	Quantidade Modal	Consumo Diesel B10/mês (Em litros)
Urbano com Ar	1057	5.345.460
Urbano sem Ar	860	3.249.768
Micro com Ar	0	0
Micro sem Ar	15	41.595
Rodoviario	92	405.591
Total	2024	9.042.414

Fonte: Elaboração própria a partir de dados fornecidos pela SMTR (2019)

Tabela 6 – Quantidade de cada categoria de modal e seu respectivo consumo de diesel total (Consórcio Intersul)

Intersul	Quantidade Modal	Consumo Diesel B10/mês (Em litros)
Urbano com Ar	726	3.671.527
Urbano sem Ar	511	1.930.967
Micro com Ar	69	248.738
Micro sem Ar	16	44368
Rodoviario	48	211.613
Total	1370	6.107.213

Fonte: Elaboração própria a partir de dados fornecidos pela SMTR (2019)

Tabela 7 – Quantidade de cada categoria de modal e seu respectivo consumo de diesel total (Consórcio Transcarioca)

Transcarioca	Quantidade Modal	Consumo Diesel B10/mês (Em litros)
Urbano com Ar	733	3.706.928
Urbano sem Ar	676	2.554.469
Micro com Ar	0	0
Micro sem Ar	11	30.503
Rodoviario	181	797.957
Total	1601	7.089.857

Fonte: Elaboração própria a partir de dados fornecidos pela SMTR (2019)

Tabela 8 – Quantidade de cada categoria de modal e seu respectivo consumo de diesel total (BRT)

BRT	Quantidade Modal	Consumo Diesel B10/mês (Em litros)
Ônibus BRT	346	2.549.882
Total	346	2.549.882

Fonte: Elaboração própria a partir de dados fornecidos pela SMTR (2019)

De posse da quantidade de litros de combustível utilizado por cada um dos consórcios ao longo de um mês, foi possível se identificar a quantidade de combustível utilizado por todo o SPPO no mesmo período, conforme demonstra tabela abaixo:

Tabela 9 – Total de diesel B10 consumido no município do Rio de Janeiro por mês

Consórcio	Volume de B10 consumido por mês
BRT	2.549.882
Santa Cruz	6.403.487
Internorte	9.042.415
Intersul	6.107.213
Transcarioca	7.089.856
Total SPPO	31.192.852

Fonte: Elaboração própria

Deste modo, tem-se que em um mês todos os modais do SPPO pertencentes ao município do Rio de Janeiro consomem 31.192.852 litros de diesel B10, o que corresponde a afirmar que em um mês 3.119.285,2 litros de biodiesel puro (B100) são consumidos por este sistema, uma vez que este valor corresponde a 10% do volume total de diesel utilizado mensalmente pela cidade.

Assim, temos que a passagem da concentração B10 para B20 aplicada ao município do Rio de Janeiro corresponderia a um acréscimo de 3.119.285,2 litros de biodiesel puro (uma vez que se dobraria a concentração), totalizando assim 6.238.570,4 litros de B100 mensais.

Custo da Neutralização de Carbono Associada ao B20

Além dos potenciais benefícios locais ligados à melhoria das condições do ambiente urbano e saúde, advindas da adoção do B20, esta iniciativa proporciona ainda ganhos na redução de emissões de gases de efeito estufa (GHG). O adiantamento da implantação do diesel B20 na frota de ônibus da Cidade do Rio de Janeiro previamente ao cronograma do Programa Brasileiro de Biodiesel implica num aumento na quantidade de emissões evitadas de GHG. Considere-se que a utilização do B20 reduz as emissões destes gases em 7,2% adicionais ao B10 (MAPA, 2015). Esta redução equivale a menos 228,78 g de CO₂ equivalente pelo consumo de B20 no lugar do B10.

De acordo com os cálculos, podemos estimar que seriam evitadas emissões adicionais da ordem de 7.136 toneladas de CO₂ equivalente por mês ou cerca de 1 milhão de toneladas de CO₂ equivalente no período até 2030, data de adoção do B20 ao nível nacional. Caso o município precisasse, por demanda legal ou acordo internacional, compensar tal quantidade de emissões sem acelerar a adoção do B20, deveria procurar esta mesma quantidade em projetos que

propiciassem a mesma redução. Esta compensação poderia ser obtida pela aquisição de créditos de carbono no exterior, em mercados líquidos como na Europa ou Estados Unidos. O comportamento destes mercados é ainda volátil e com poucos participantes³, contudo podemos observar cotações que variam de 15 a 25 euro por tonelada de CO₂ nos últimos 12 meses.

Desta forma podemos estimar que este 1 milhão de toneladas de CO₂ equivalente de emissões adicionais evitadas no período até 2030, estariam propiciando uma redução de custo de € 15 a 26 milhões ou R\$ 68 a 114 milhões, à taxa de cambio de maio de 2019. Podemos, por conseguinte, calcular um ganho ou redução de custo da ordem de 1,5 a 2,5 centavos de Real por volume de B20 oriundo desta medida.

Correlação dos impactos tarifários ocasionados pela adoção do B20 e créditos de carbono

Conforme se buscou identificar ao longo do presente trabalho, os custos de transição da concentração de B10 para o B20 corresponde a uma soma entre os custos de produção (aumento de R\$ 0,027/L), logística (aumento de R\$ 0,001/L) e depreciação (aumento de R\$ 0,007/L). Deste modo, calcula-se que ao se adotar a transição para o B20 haveria um aumento de custo do diesel de cerca de R\$ 0,035/L.

Em contrapartida o custo relacionado à compra de créditos de carbono necessários para neutralizar a poluição do ar causada pela atual concentração de B10 (em comparação com a de B20) corresponde a um impacto no custo do combustível de R\$ 0,015 a 0,025/L. Deste modo, é possível concluir que o custo de neutralização do carbono via aquisição de créditos de carbono é menos custoso do que a passagem do B10 para o B20. Entretanto, deve-se enfatizar que os preços atualmente praticados nos mercados de créditos de carbono subestimam fortemente os custos sociais das emissões de gases de efeito estufa (RICKE ET AL., 2018).

³ <https://www.eex.com/en/market-data/environmental-markets/auction-market/european-emission-allowances-auction#!/2019/05/08>

Conclusão

Ao longo do trabalho buscou-se desenvolver uma metodologia para o cálculo do custo de elevar o conteúdo de biodiesel, dos atuais 10% para 20% do diesel total consumido pelas frotas de ônibus urbanos, conforme estabelecido por decreto municipal do Rio de Janeiro em 2018. Para tanto, se identificou a alteração dos custos de produção, logísticos e de depreciação desta conversão, bem como o seu impacto na atual tarifa de transportes. Adicionalmente, realizou-se uma estimativa dos custos relacionados a uma solução que provocasse os mesmos benefícios sobre o meio ambiente (neutralização de gases de efeito estufa), bem como o seu impacto tarifário sobre as passagens de ônibus do município. Ao se comparar ambos os custos, foi possível identificar que a adoção do modelo B20 poderia implicar em um aumento dos custos de combustível em aproximadamente R\$ 0,035/L, ao passo que a compra dos créditos de carbono correspondentes implicaria em um custo de R\$ 0,015 a 0,025/L.

Deste modo, argumenta-se que a adoção da transferência de concentrações de biodiesel, apesar de seu custo adicional não ser compensado pela redução de emissões de gases de efeito estufa nos preços atuais de mercado, tem grande parte de seu custo de adoção (74%) coberto por estes créditos.

Porém o cálculo realizado neste trabalho, não contempla diversas das vantagens adicionais que podem ser obtidas pela adoção adiantada do B20 e preconizadas nas justificativas do decreto, das quais destacamos a redução de emissão de gases tóxicos e poluição local, concorrendo para diminuição de custos hospitalares devidos a menor incidência de doenças respiratórias, alérgicas, cardiovasculares, neurológicas e câncer de pulmão. A investigação dos valores destes ganhos adicionais, já discutidos especificamente na literatura científica (VORMITTAG et. Al., 2018) pode revelar que a medida seja desejável não somente pela compensação de seus custos financeiros imediatos, mas também pela sua potencial capacidade de estimular o mercado de trabalho local e potencial desdobramento em termos de outros parâmetros de desenvolvimento humano.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Petróleo, G. N. e B. (2019). **Sistema de Consultas Públicas**. Disponível em: <<http://app.anp.gov.br/anp-cpl-web/public/biodiesel/consulta-produtores/consulta.xhtml>>. Acesso em: 09 de mai, 2019. Disponível em: <<http://app.anp.gov.br/anp-cpl-web/public/biodiesel/consulta-produtores/consulta.xhtml>>.

Agência Nacional do Petróleo, G. N. e B. (2019). **Sistema de Levantamento de Preços**. Disponível em: <<https://preco.anp.gov.br/>>. Acesso em 01 mai 2019.

ANDRADE, CARLOS EDUARDO SANCHES DE; LUAL, ILTON CURTY JR.; D'AGOSTO, M. **Avaliação e mitigação das emissões de dióxido de carbono nos modos de transportes de passageiros rodoviário e metroviário: Aplicação na cidade do Rio de Janeiro**. XVII SEMEAD. Seminários em Administração. **Anais**. São Paulo: 2014. Disponível em: <<http://sistema.semead.com.br/17semead/resultado/trabalhosPDF/177.pdf>>. Acesso em: 27 dez 2018.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES PÚBLICOS (ANTP). Custos dos serviços de transporte público por ônibus: método de cálculo. São Paulo: ANTP, 2017. Disponível em: <http://files.antp.org.br/2017/8/21/1.-metodo-de-calculo--final-impreso.pdf> Acesso em: 9 maio 2019.

BARBOSA, F. C.. **Biodiesel Use in Transit Fleets - A Summary of Brazilian Experiences**. SAE Technical Paper 2012-36-0149, 2012.

BARRETO, L. V.; FREITAS, A. C. S.; PAIVA, L. C. (2009). **Sequestro de carbono**. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Brasil. 10p.

BARROS, GERALDO S. C; ALVES, Rogerio A. e OSAKI, Mauro. **ANÁLISE DOS CUSTOS ECONÔMICOS DO PROGRAMA DO BIODIESEL NO BRASIL**. In: Porto Alegre: [s.n.], 2009. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/documentos/texto/analise-dos-custos-economicos-do-programa-do-biodiesel-no-brasil-a-artigo-publicado-no-xxvii-congresso-da-sober-2009.aspx>>. Acesso em: 9 maio 2019.

BOMTEMPO, J. V.; ALVES, F. C. **Innovation dynamics in the biobased industry**. Chemical and Biological Technologies in Agriculture, v. 1, n. 1, p. 4–9, 2014.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução CONAMA nº 403 de 11 de novembro de 2008**. Dispõe sobre nova fase (PROCONVE P7) de exigências do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Pesados e dá outras providências. Publicada no D.O.U, 220, de 12 de novembro de 2008, Seção 1, pag. 92. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=591> >. Acesso em 27 de maio de 2018.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução CONAMA nº 415 de 24 de setembro 2009**. Dispõe sobre nova fase (PROCONVE L6) de exigências do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Leves e dá outras providências. Publicada no D.O.U, nº 184, de 25 set 2009, págs. 53-54. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=615> >. Acesso em 27 de maio de 2018.

BRASIL. **Lei nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012**. Diário Oficial da União. Pag. 1 - Seção 1. 04 de jan de 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Usos de biodiesel no Brasil e no mundo**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Gabinete da Ministra. Mapa/ACE. Brasília, jun de 2015.

BRASIL, Ministério dos Transportes, Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes. **Transportes no Rio de Janeiro**. Grupo de Estudos para a Integração da Política de Transportes. Rio de Janeiro, mai de 1995. Disponível em: <<http://www.geipot.gov.br/cadernos/1999/riodejaneiro/rj-99.htm#rodo> >. Acesso em: 05 de abr de 2019.

BRASIL. Ministério da Infraestrutura – CONTRAN. **Resolução CONAMA nº 734 de 05 de junho de 2018**. Institui a Autorização Específica – AE para os veículos e/ou combinações de veículos equipados com tanques que apresentem excesso de até 5% (cinco por cento) nos limites de peso bruto total ou peso bruto total combinado, devido à incorporação da tolerância, com base em Resolução do CONTRAN. . Publicada no D.O.U, 107, de 06 de junho de 2018, Seção 1, pag. 63. Disponível em: <http://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/17527552/do1-2018-06-06-resolucao-n-734-de-5-de-junho-de-2018-17527452 >. Acesso em 05 de maio de 2019.

D’AGOSTO, M. et al. **Comparative study of emissions from stationary engines using biodiesel made from soybean oil, palm oil and waste frying oil**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 70, p. 1376–1392, 01 abr. 2017.

D’AGOSTO, M. DE A. et al. **Análise da viabilidade da introdução do uso de combustível B20 na frota de ônibus do Município do Rio de Janeiro**. Laboratório de Transporte de Carga da COPPE/UFRJ. 05 de mar de 2018.

DRUMM, F. C. et al. **Poluição atmosférica proveniente da queima de combustíveis derivados do petróleo em veículos automotores**. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, - v. 18, nº 1 p. 66-78. 01 Abr 2014.

EBI, KRISTIE; LENDRUM, DIARMID E WYNS, Arthur. **The 1.5 Health Report**. Paris: [s.n.], 2015. Disponível em:

<https://www.who.int/globalchange/181008_the_1_5_healthreport.pdf>. Acesso em: 9 maio 2019.

EVA REHFUESS, World Health Organization. Household Energy and Health WHO Library Cataloguing-in-Publication Data. **Energy**, p.42, 2006. Disponível em: <<https://www.who.int/airpollution/publications/fuelforlife.pdf>>. Acesso em: 9 maio 2019.

FAZAL, M. A., Haseeb, A. S. M. A., & Masjuki, H. H. (2010). **Comparative corrosive characteristics of petroleum diesel and palm biodiesel for automotive materials. Fuel Processing Technology**, 91(10), 1308–1315. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/J.FUPROC.2010.04.016>> Acesso em 02 mar 2019.

FERNANDES, Manoel Reginaldo. Tese de Doutorado. FORMULAÇÃO DE NOVOS COMBUSTÍVEIS BASE DIESEL: AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO E EMISSÕES. 2011. Disponível em: <http://www.nupeg.ufrn.br/documentos_finais/teses_de_doutorado/teses/manoelreginaldo.pdf>. Acesso em: 9 maio 2019.

FETRANSPOR - Federação das Empresas de Transportes de Passageiros do Estado do Rio de Janeiro. **Biodiesel B20 - O Rio de Janeiro anda na frente**. Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2011.

GESTRAN. (2018). Caminhão-tanque: entenda a legislação e as características. Acesso em: 09 de mai de 2019. Disponível em: <<https://www.gestran.com.br/blog/o-que-e-caminhao-tanque-e-como-e-sua-legislacao>>.

KUMAR, S., Chaube, A., & Jain, S. K. (2012). **Sustainability issues for promotion of Jatropha biodiesel in Indian scenario: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 16(2), 1089–1098. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/J.RSER.2011.11.014>>. Acesso em 02 mar 2019.

LANDRIGAN ET AL. **The Lancet Commission on pollution and health. The Lancet**, v. 6736, nº 17, p. 1–51. 19 out 2017.

MAC-KNIGHT, Vivian, Young, Carlos Eduardo Frickmann. Custo da poluição gerada pelos ônibus urbanos na RMSP. **Encontro Nacional de Economia**, v. 34, 2006.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Usos de biodiesel no Brasil e no mundo**. 1ª ed. Brasília, jun de 2015.

NOVO, Ana Luiza Andrade. Perspectivas para o Consumo de Combustível no Transporte de Carga no Brasil: uma Comparação entre os Efeitos Estrutura e Intensidade no Uso Final de Energia do Setor. Dissertação (mestrado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Planejamento Energético, 2016.

OCTEL. (2005). **Impact of Biodiesel on Fuel System Component Durability** FTC Technical Report CRC nº AVFL-2a. NREL/TP-540-39130. Disponível em: <https://www.nrel.gov/docs/fy06osti/39130.pdf>. Acesso em: 02 jan. 2019.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Health in the Green Economy**. Suíça: [s.n.], 2011. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/70913/9789241502917_eng.pdf;jsessionid=6F5D3517D1180D8E1E6ED7710FB18AA7?sequence=1>. Acesso em: 9 maio 2019.

PETROBRAS. (2019). **Composição de Preços do Diesel**. Disponível em: <http://www.petrobras.com.br/pt/produtos-e-servicos/composicao-de-precos-de-venda-ao-consumidor/diesel/>. Acesso em 01 mai 2019.

RICKE, Katharine, DROUET, Laurent, CALDEIRA, Ken & TAVONI, Massimo. Country-level social cost of carbon. **Nature Climate Change**, v. 8, p. 895–900, 2018.

RIO DE JANEIRO. **Decreto Rio Nº 44.210**. Rio de Janeiro, 2018. Diário Oficial do Município. nº 198, p. 20, 09 jan 2018.

RIO DE JANEIRO. **Lei Municipal nº 5.248**. Rio de Janeiro, 2011b. Disponível em: <<http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/148105/DLFE-260353.pdf/LEIMUN5.2.4.8.2.0.1.1.GEE.pdf>>. Acesso em: 27 dez 2018.

UNIÃO BRASILEIRA DO BIODIESEL E BIOQUEROSENE. **Biodiesel no Brasil**. Brasília: [s.n.], 2017. Disponível em: <<https://www.ubrabilio.com.br/sites/1800/1891/PDFs/Apresentacoes/20170412BiodieselebioquerosenecompletaAb.pdf>>. Acesso em: 9 maio 2019.

VORMITTAG, Evangelina M.P.A.; Rodrigues, Cristina Guimarães; André, Paulo Afonso de; Saldiva, Paulo Hilário Nascimento. Assessment and Valuation of Public Health Impacts from Gradual Biodiesel Implementation in the Transport Energy Matrix in Brazil. **Aerosol and Air Quality Research**, 18: 2375–2382, Taiwan, 2018. Disponível em: <<https://aprobio.com.br/novosite/wp-content/uploads/2018/08/InstitutoSa%C3%BAdeeSustentabilidade.pdf>>. Acesso em: 9 maio 2019.