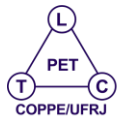


AVALIAÇÃO CRÍTICA DA PROPOSTA DE META DE REDUÇÃO DE ÍNDICE DE CARBONO (IC) DOS COMBUSTÍVEIS CONSIDERADOS NO RENOVABIO CONFORME DOCUMENTOS DISPONÍVEIS EM CONSULTA PÚBLICA



AVALIAÇÃO DA PROPOSTA DE META DE REDUÇÃO DE ÍNDICE DE CARBONO (IC) DOS COMBUSTÍVEIS CONSIDERADOS NO RENOVABIO CONFORME DOCUMENTOS DISPONÍVEIS EM CONSULTA PÚBLICA

RELATÓRIO TÉCNICO

EMITIDO EM:18/05/2018

EQUIPE TÉCNICA

COORDENAÇÃO: Márcio de Almeida D'Agosto

PESQUISADORES: Daniel Neves Schmitz Gonçalves

George Vasconcelos Goes

Beatriz Chaves

CONSULTOR: Emilio Lèbre La Rovere

Rio de Janeiro, 18 de maio de 2018.

OBJETIVOS

Este Relatório Técnico tem a finalidade de apresentar uma avaliação da proposta de meta de redução de índice de carbono (IC) do conjunto de combustíveis considerados no RenovaBio (Lei 13.576 de 26 de dezembro de 2017 – Política Nacional de Biocombustíveis).

Para atender a este objetivo, o documento foi dividido em quatro Blocos:

Bloco 1: Análise dos temas ligados a metas de emissões do Acordo de Paris, como estas metas impactam os setores, e questionamentos sobre a montagem da meta geral.

Bloco 2: Questionamentos e indicações de correções nas premissas.

Bloco 3: Análise do impacto destas metas na sociedade e mercado consumidor.

Bloco 4: Consistência da proposta a luz de outras ações do Governo.

Bloco 5: Considerações finais.

BLOCO 1: Análise dos temas ligados a metas de emissões do Acordo de Paris, como estas metas impactam os setores, e questionamentos sobre a montagem da meta geral.

B.1.1) PREMISSE E PARÂMETROS PARA AVALIAÇÃO DA REDUÇÃO DE EMISSÕES

Combustíveis considerados no RenovaBio: Gasolina A, Diesel A, QAv, GNV, Etanol Anidro, Etanol Hidratado e Biodiesel.

Índice de Carbono (IC) dos combustíveis RenovaBio para 2017: 74,25 gCO_{2eq}/MJ.

Índice de Carbono (IC) dos combustíveis RenovaBio para 2028: 66,75 gCO_{2eq}/MJ.

Meta de redução do IC: 10,1%.

Redução da emissão anual de CO_{2eq} (Tabela 1).

Tabela 1: Redução da emissão anual por combustíveis do RenovaBio.

Ano	MM tCO _{2eq}	Aumento (%)	Marco [MM tCO _{2eq}]
2018	0		
2019	16,82		
2020	28,66	70,39%	
2021	41	43,06%	
2022	49,79	21,44%	
2023	59,55	19,60%	
2024	66,93	12,39%	
2025	73,33	9,56%	336,08 (0,336 GtCO _{2eq})
2026	79,48	8,39%	
2027	85,1	7,07%	
2028	90,07	5,84%	590,73 (0,591 GtCO _{2eq})

B.1.2) DETERMINAÇÃO DA META DE REDUÇÃO DE IC

Ponto a ser aprimorado: Como o RenovaBio estabelece a melhoria da intensidade de carbono (IC) da matriz brasileira de combustíveis e como este indicador se relaciona a redução das emissões de gases causadores do efeito estufa (GEE).

B.1.2.1) Análise da proposta RenovaBio e sugestão de alteração

No que se refere ao estabelecimento da meta de redução da intensidade de carbono (IC) no conjunto específico de combustíveis escolhidos para compor o Programa RenovaBio, não fica claro o motivo e as premissas estabelecidas para especificar o valor proposto de 10,1% no período de 2018 a 2028, que levaria a redução das emissões de 336 MM tCO_{2eq} (pelo acúmulo das emissões anuais até o ano Marco) no período de 2018 a 2025 (Tabela 1).

Este valor ($0,336 \text{ GtCO}_{2\text{eq}}$) representaria individualmente 42% ($0,336/0,8$) da meta de mitigação absoluta para o conjunto da economia estabelecida em $0,8 \text{ GtCO}_{2\text{eq}}$ pela Contribuição Nacional Determinada (NDC) (caindo de $2,1 \text{ GtCO}_{2\text{eq}}$ para $1,3 \text{ GtCO}_{2\text{eq}}$) no período de 20 anos (2005 a 2025)¹.

É necessário esclarecer que no que se refere ao conteúdo da NDC os compromissos se referem a uma meta de mitigação absoluta para o conjunto da economia. Sendo: 37% abaixo dos níveis de 2005 em 2025 (meta) e 43% abaixo dos níveis de 2005 em 2030 (valor indicativo apenas para referência). Não há determinação de meta específica para os combustíveis em particular².

Adicionalmente, os compromissos estabelecidos na Contribuição Nacional Determinada deveriam incluir as emissões de CO_2 , CH_4 , N_2O , perfluorcarbonos, hidrofluorcarbonos e SF_6 .³

Neste contexto segundo a Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (MCTI, 2016)⁴ a distribuição das emissões por setor econômico no ano base de 2010, que totalizou $1,27 \text{ GtCO}_{2\text{eq}}$, foi de: Agropecuária (32%), Energia (29%), Uso da terra, mudança do uso da terra e florestas (28%), Processos industriais (7%) e Tratamento de resíduos (4%). Neste universo, o setor de transportes, que apresenta consumo energético mais próximo da seleção de combustíveis escolhida pelo RenovaBio, contribui com 13,8 % (sobre os $1,27 \text{ GtCO}_{2\text{eq}}$).

Entende-se que estabelecer uma meta de redução do IC para o conjunto dos combustíveis do RenovaBio em 10,1% leva a uma desproporcionalidade entre as contribuições dos diversos setores econômicos nacionais, impoñdo um ônus de reduzir 42% das emissões, em um período de apenas 7 anos (35% do horizonte de 20 anos estabelecido pela NDC), para um setor que contribui com apenas 13,8% das emissões totais para o conjunto da economia. Por outro lado, setores que contribuem com 60% das emissões (agropecuária e mudança do uso da terra e florestas) ficariam a margem de um maior compromisso com a redução das emissões de GEE, muito embora acelerar a produção de biocombustíveis possa potencializar as emissões de GEE nos setores de agropecuária e mudança do uso da terra e florestas se não houver um conjunto de metas específica e mecanismos de controle para estes.

Parece muito mais razoável estabelecer uma meta que seja proporcional as contribuições individuais. Neste caso, os combustíveis do RenovaBio deveriam contribuir com a redução de $110,4 \text{ MM tCO}_{2\text{eq}}$, no lugar dos $336 \text{ MM tCO}_{2\text{eq}}$, no período de 2018 a 2025, considerando uma contribuição conservadora de 13,8% do total de redução previsto para 20 anos (2005 a 2025) de $0,8 \text{ GtCO}_{2\text{eq}}$ ($2,1 \text{ GtCO}_{2\text{eq}} - 1,3 \text{ GtCO}_{2\text{eq}}$).

A partir deste racional, uma **nova meta de redução de IC deveria ser calculada** pelo modelo do RenovaBio, considerando um valor de redução acumulada para 2025 de $110,4 \text{ MM tCO}_{2\text{eq}}$ (32,8% do valor inicial de $336,08 \text{ tCO}_{2\text{eq}}$ equivalente a uma variação de IC de $73,55 \text{ gCO}_{2\text{eq}}/\text{MJ}$ (2018) para $69,49 \text{ gCO}_2/\text{MJ}$ (2025) ou 5,5% de redução de IC no período). Admitindo linearidade do

¹ República Federativa do Brasil, Pretendida Contribuição Nacional Determinada para Consecução do Objetivo da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Informação Adicional sobre a iNDC. Apenas para Fins de Esclarecimento, linhas 2 a 4 da pág. 2.

² República Federativa do Brasil, Pretendida Contribuição Nacional Determinada para Consecução do Objetivo da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Último parágrafo da pag. 1 e 5 primeiros parágrafos da pág. 2.

³ República Federativa do Brasil, Pretendida Contribuição Nacional Determinada para Consecução do Objetivo da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Parágrafo 3 da pag. 2. Ainda, não fica claro se a determinação do IC para os combustíveis do RenovaBio, por meio da Renovacalc, tem esta abrangência. Acredita-se que não, embora a Lei 13.576 de 26/12/2017 preconize a aplicação da ferramenta de avaliação de ciclo de vida para este fim.

⁴ Ministério da Ciência e Tecnologia e Inovação – MCTI (2016). 3ª Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, MCTI, Brasília, DF, Brasil.

modelo⁵, conforme se apresenta no Anexo A deste documento, sugere-se uma redução de IC de 3,72%, considerando que os cálculos de IC para os anos de 2017, 2018 e 2019 estão corretos⁶.

B.1.2.2) Comentários sobre a consistência da modelagem proposta na consulta pública a luz da Lei 13.576 de 26 de dezembro de 2017 – Política Nacional de Biocombustíveis

Em face do que foi apresentado no item **B.1.2.1** entende-se que a modelagem adotada para determinação da redução das emissões de GEE no RenovaBio parte de uma meta de redução de IC, quando, segundo o caput do Art 6º da Lei 13.576 e o caput do Art 1º do Decreto 9.308, o que deveria ter sido feito era o estabelecimento de metas compulsórias anuais de redução de emissões de gases causadores de efeito estufa. Uma vez estabelecidas tais metas, estas impactariam na introdução progressiva de biocombustíveis na marcelada da matriz de combustíveis considerada no RenovaBio e determinariam a progressiva redução do IC deste conjunto de energéticos.

A afirmação anterior se baseia também na interpretação no inciso I do Art 1º da Lei 13.576 e do inciso I do parágrafo 1º do Art 1º do Decreto 9.308 que estabelece que a Política Nacional de Biocombustíveis deve contribuir para o atendimento aos compromissos do País no âmbito do Acordo de Paris sob a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima. Até onde é de conhecimento, tais compromissos se dão na forma de propostas de redução de emissões de GEE em um horizonte de tempo e não a partir da redução de um IC que seria apenas um parâmetro para possibilitar uma eventual precificação das emissões.

Com base no apresentado nos parágrafos anteriores, fica claro que a proposta apresentada no presente documento, que parte da determinação equilibrada do percentual (13,8 %) de contribuição que os combustíveis considerados no RenovaBio deveriam participar na meta de mitigação absoluta de emissão de CO_{2eq} para o conjunto da economia. (37% abaixo dos níveis de 2005 em 2025) estabelecida na Contribuição Nacional Determinada, parece ser a que realmente atende a Lei 13.576 e o Decreto 9.308 nas passagens supracitadas. Por outro lado, não fica claro como a proposta de modelagem apresentada pelo RenovaBio atende aos referidos marcos legais.

⁵ A premissa de linearidade do modelo deve ser verificada com detalhe a partir das premissas específicas da construção do modelo e como estas impactam a evolução da relação IC e redução de emissões de CO_{2eq}. Como esta informação não está completamente acessível no momento, utilizou-se a aproximação apresentada no Anexo A.

⁶ A determinação do IC a partir dos dados apresentados pelo Renovacalc para os biocombustíveis também é ponto de verificação no Bloco 2 deste documento.

BLOCO 2: Questionamentos e indicações de correções nas premissas.

B.2.1.) PREMISSAS GERAIS DO MODELO

As premissas gerais do modelo apresentado nesta Consulta Pública são:

- Demanda de combustíveis para veículos do ciclo Otto: aumenta 24,3% (2018 a 2028).
- Taxa de crescimento da frota de veículos do ciclo Otto: aumenta 2% aa (2018 a 2028).
- Ganho de eficiência em veículos novos (ciclo Otto): 12% até 2022 e 18% até 2027.
- Curva de indiferença do consumidor para escolha de gasolina C ou etanol em veículos flexible fuel: modelo considera uma função que corresponde ao uso de etanol hidratado médio e a paridade de preços (etanol hidratado/gasolina C).
- Participação dos veículos flexible fuel na frota: 74,1% (2018) e 89,3% (2028).
- Eficiência ambiental dos combustíveis [$\text{gCO}_{2\text{eq}}/\text{MJ}$]: obtidos a partir da calculadora Renovacalc.
- Ganho de eficiência ambiental: redução esperada na IC dos biocombustíveis: - 2% aa para todos os biocombustíveis.
- Curva de adesão dos produtores de biocombustíveis ao RenovaBio (Certificação da Produção): atinge 98% em 2025 e se mantém até 2028.
- Preço do carbono: US\$ 10/t.
- Curva de apropriação do CBIO: Estimativa de comportamento, baseada na premissa de que inicialmente os produtores tenderiam a se apropriar de maior parte da receita (90%), por limitações na capacidade de produção e que posteriormente, o aumento da capacidade produtiva estimularia comportamento concorrencial e, conseqüentemente, o repasse da receita por meio dos preços (50% em 2025 e 25% em 2028).
- Capacidade de produção dos combustíveis: modelo considera o histórico de produção dos derivados de petróleo e biocombustíveis, bem como a previsão atual de investimentos para os derivados de petróleo (refino). Gasolina = 30,08 MM m³ (produção nacional verificada em 2014), Biodiesel = 8,02 MM m³ (capacidade autorizada pela ANP), Diesel = 60 MM m³ (considera novos investimentos em refino previstos), Etanol Anidro = 13,5 MM m³ (produção de 20 litros por tonelada moída), Etanol Hidratado = 18,6 MM m³ (produção verificada em 2015), QAv = 7,4 MM m³ (máximo histórico).
- Demanda de combustível para veículos do ciclo Diesel: crescimento de 2,7% aa (2018 a 2028).
- Percentual de mistura obrigatória de biodiesel: B15 em 2025 (aumento anual de 1% a partir de 2020). Considera-se a previsão legal de B15, condicionada à deliberação do CNPE após a conclusão, prevista para março/2019, e eventual aprovação dos testes em andamento.
- Oferta nacional de derivados: Diesel: aumento progressivo da produção até 2024 e Gasolina A: aumento progressivo da produção até 2021.
- Margem de refino sobre os combustíveis fósseis (valores médios do custo de produção/refino dos derivados de petróleo em função do preço do petróleo): Diesel: +8%, Gasolina A: +10%, QAv: +10% e GNV: -20%.
- Potencial de participação do Biometano: variação da demanda de GNV.
- Potencial de participação do BioQAv: variação da demanda ciclo aviação.
- Potencial de participação no mercado: BioQAv: 3,40% em 2027 e 3,77% em 2028.
- Biometano: participação atinge 10% do mercado de GNV em 2028.

- Demanda GNV: modelo considera um mercado estagnado no patamar de 2,5 MM m³ (em gasolina equivalente).
- Demanda QAv: modelo considera um crescimento da demanda de 2,8% aa no período.

B.2.2) AVALIAÇÃO DAS PREMISSAS GERAIS DO MODELO

Os valores apresentados como premissas do modelo seguem uma visão otimista de governo respaldadas parcialmente por estudos da Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Neste contexto os valores de crescimento de demanda de combustíveis para os veículos com motores do ciclo Otto e o crescimento da frota deste mesmo segmento, apresentam valores aderentes com as tendências governamentais apontada nestes estudos, que podem levar a uma estimativa exagerada para um horizonte de projeção de 10 anos.

Em particular é necessário destacar a projeção dos valores de demanda de etanol hidratado que partindo de um valor de 15,2 MM m³ atingem volume de 36,0 MM m³ em 2028 (aumento de 137%) nos documentos disponibilizados para consulta pública pelo RenovaBio. Cabe aqui uma reflexão sobre os impactos do estabelecimento de uma meta de demanda de etanol hidratado tão ousada. Mais que dobrar a produção de etanol no período de 10 anos, promovendo um aumento de eficiência produtiva dos biocombustíveis em pouco menos de 22%⁷ no período, é importante dimensionar os impactos no aumento de emissão de GEE oriundos do uso e ocupação do solo (ampliação de área plantada), que podem afetar setores econômicos (agropecuária e uso da terra, mudança do uso da terra e florestas) cujas melhores estimativas atuais indicam contribuição com 60% das emissões de CO₂eq.

Adicionalmente, há que se considerar a questão do transporte do etanol hidratado, quase que exclusivamente realizada pelo modal rodoviário. O aumento significativo na demanda deste biocombustível intensificaria a demanda de carregamentos, viagens e descarregamentos de caminhões, com importante impacto na infraestrutura logística e nas emissões de GEE pelo transporte.

Ainda deve-se destacar que o ganho de eficiência em veículos novos (ciclo Otto) para os períodos estabelecidos (2022 e 2027) parecem excessivos, tendo em vista que o PNE de 2016 (Plano Nacional de Energia) publicado pela própria EPE, considera um ganho de eficiência em veículos novos de 1% aa até 2050. O que levaria a valores de 4,1% para 2011 e 9,4% 2017 muito mais baixos que os 12% até 2022 e 18% até 2027. Recomenda-se que esta premissa seja reavaliada para que se possa ter consistência no modelo.

Quanto aos parâmetros utilizados para estabelecer a curva de indiferença para escolha entre gasolina e etanol hidratado, não há como estabelecê-la sem uma ampla pesquisa com os consumidores. Inclusive a própria EPE, em função da complexidade desta tomada de decisão, estabelece três possíveis cenários em seu estudo Cenários de Oferta de Etanol e Demanda do Ciclo Otto: Versão Estendida 2030, publicado em 2017.

No que se refere a participação dos veículos *flexblefuel* na frota, os números são aderentes ao estudo Cenários de Oferta de Etanol e Demanda do Ciclo Otto: Versão Estendida 2030, publicado em 2017 pela EPE.

⁷ Seguindo a premissa estabelecida no Renovabio de melhoria de 2% aa no período de 2018 a 2028.

Quanto a modelagem apresentada na curva de adesão dos produtores de biocombustíveis ao RenovaBio (Certificação da Produção), não há como se avaliar as premissas apresentadas tendo em vista que não foi apresentado qualquer argumento consistente que suporte as escolhas apresentadas. Com base nos dados e informações disponíveis na consulta pública e considerando que não há qualquer tipo de mecanismo de fiscalização e acompanhamento dos produtores de biocombustível quanto a certificação da sua produção, não há como estabelecer se, quando ou quanto estes produtores adeririam a esta certificação.

Quanto as premissas adotadas para o consumo de combustíveis no ciclo Diesel, os valores adotados parecem aderentes aos estabelecidos no Plano Decenal de Energia (PDE) 2026 elaborado pela EPE e publicado em 2017⁸.

Até onde se pode verificar nos documentos disponibilizados na consulta pública, as premissas adotadas para a capacidade de produção de combustíveis fósseis e biocombustíveis parecem misturar dados históricos e dados de capacidade de forma pouco clara. Recomenda-se que seja estabelecido um procedimento mais preciso onde as capacidades de produção, devidamente ajustadas com os programas de investimento em ampliação de capacidade, sejam consideradas como os limitantes do comportamento histórico da produção. Recomenda-se a adoção de um padrão para o estabelecimento desta estimativa.

Quanto ao estabelecimento de percentual de mistura obrigatória de biodiesel no Diesel de B15 em 2025 (aumento anual de 1% a partir de 2020). Deve-se destacar que um cuidado especial deve ser tomado quanto ao aumento de biodiesel na mistura com Diesel levando em consideração critérios de estabilidade da mistura, potencial ação solvente e detergente que podem comprometer o funcionamento dos motores, criação de borra e sedimentos nos sistemas de armazenamento (tanto dos veículos como dos pontos de estocagem), garantia de concessão de garantia pelos fabricantes de motores, sistemas de injeção e partes e componentes de veículos, produção de poluentes atmosféricos não regulamentados que podem comprometer a saúde da população, impacto no valor das tarifas de transporte público entre outros problemas mapeados.

Também não parece haver qualquer justificativa consistente para estabelecer as premissas de penetração de biogás e bioquerosene de aviação no mercado, tampouco a manutenção de demanda de GNV constante nos próximos 10 anos.

B.2.3) SUGESTÃO DE REALAVIAÇÃO DE PREMISSAS DE DEMANDA DE COMBUSTÍVEIS PARA 2028

A luz do que será considerado no Bloco 4 deste Relatório Técnico e considerando a metodologia apresentada no estudo de Gonçalves e D'Agosto (2017)⁹, que está alinhada com outros projetos governamentais brasileiros como: “Projeto Opções de Mitigação de Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) em Setores-Chave do Brasil” do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações – MCTIC ; “Implicações Econômicas e Sociais de Cenários de Mitigação de GEE até 2030” pelo Projeto IES Brasil do FBMC e Coppe/UFRJ , “Brasil 2040: cenários e alternativas de adaptação à mudança do clima” da Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da

⁸ Plano Decenal de Expansão de Energia 2026 / Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME/EPE, 2017.

⁹ Gonçalves, D. N. S., D'Agosto, M. A. Cenários prospectivos futuros para o uso de energia em transporte no Brasil e as emissões de GEE – Cenário Business as Usual (BAU) 2050. Relatório Final. Instituto Brasileiro de Transporte Sustentável (IBTS), Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <http://www.ltc.coppe.ufrj.br/index.php/projetos/projetos-concluidos>. Acesso em: 18 de maio de. 2018.

República – SAE/PR e dos estudos do BID/MMA para os Diálogos Estruturados sobre a Elaboração de uma Estratégia de Implementação e Financiamento da NDC do Brasil ao Acordo de Paris , sugere-se que o Renovabio reavalie as premissas gerais do modelo a partir dos dados apresentados na Tabela 2 abaixo.

Tabela 2. Evolução de demanda de combustíveis RenovaBio em MM m³.

FONTES	2018	2028
GÁS NATURAL	2,5	2,5
DIESEL A	49,0	59,6
BIODIESEL	5,4	6,6
GASOLINA A	32,0	33,6
QUEROSENE	7,2	9,7
ETANOL ANIDRO	11,8	12,4
ETANOL HIDRATADO	15,2	23,6
BioQAV	0,0	0,0
Biometano	0,0	0,0
IC	73,1	70,1
%		-4,1%

Como resultado da aplicação destas premissas no modelo RenovaBio, seriam obtidos os resultados de demanda de combustíveis em MM m³ conforme apresentados na Tabela 2, o que levaria a uma redução de IC de 4,1%, alinhada com a proposta apresentada no item B.1.2.1 deste Relatório Técnico (de 3,72%).

BLOCO 3: Análise de impacto destas metas na sociedade e mercado consumidor

A aferição do impacto econômico oriundo da implantação do programa RenovaBio, quanto a demanda de Diesel, iniciou-se a partir das seguintes macro-etapas: (1) projeção dos preços do Diesel e do biodiesel (B100) ao consumidor para o ano 2028 e (2) aferição da diferença de preços ao consumidor (2028), considerando três cenários de preços e mistura de biodiesel no diesel mineral.

Para a projeção dos preços do diesel entre o ano-base de 2017 até o ano de 2028, levou-se em consideração as projeções econômicas de longo prazo para a inflação¹⁰; o preço médio do Diesel no Brasil, fornecido pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP, 2018); o peso do preço do biodiesel sobre o valor do combustível vendido ao mercado (ANP, 2017); e as estimativas da mistura de biodiesel (B100) no Diesel.

Assim, adotou-se para a projeção do IPCA (%aa) valores de aproximadamente 4% ao ano. A proporção da mistura de 15% de biodiesel no Diesel considerou o mesmo valor estimado pelo RenovaBio para o ano de 2028. Utilizou-se uma equação paramétrica para determinar o impacto da variação do preço do combustível na tarifa (passageiros) e no frete cobrado pelos operadores logísticos (carga).

A função reflete a variação de um conjunto de indicadores da composição dos custos operacionais do sistema. Sendo estes indicadores apurados pela Fundação Getúlio Vargas (IPA-FGV) e pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (INPC-IBGE). Por exemplo, a fórmula, utilizada para o cálculo de reajuste tarifa no transporte de passageiros de Belo Horizonte, Goiânia, Rio de Janeiro e Salvador, pode ser adotada com base nos parâmetros da Equação 1.

$$P_c = P_o \cdot [1 + (0,25 \cdot \Delta O_d) + (0,05 \cdot \Delta R_o) + (0,20 \cdot \Delta V_e) + (0,45 \cdot \Delta M_o) + (0,05 \cdot \Delta M_e)] \quad (1)$$

Em que,

P_c : preço da tarifa calculada;

P_o : preço da tarifa vigente;

ΔO_d : variação do valor do combustível;

ΔR_o : variação do valor de pneus para ônibus;

ΔV_e : variação do valor do chassi com motor e carroceria dos ônibus;

ΔM_o : variação do valor da mão de obra;

ΔD_e : variação do valor de outras despesas.

A proporção do preço do Diesel (B10) vendido ao mercado é estabelecida em 30% (carga) e 25% (passageiros), mediante levantamento de estudos setoriais que levam em consideração o modo rodoviário (LIMA, 2006; Rio Ônibus, 2018; DTPBH, 2017). Salienta-se que o modo rodoviário é responsável pela maior fração da matriz de transporte, tanto de carga como passageiros, além

¹⁰ Fonte: adaptado de: <<https://www.economiaemdia.com.br/vgn-ext-templating/v/index.jsp?vgnextoid=065098037f782310VgnVCM100000882810acRCRD&vgnextfmt=default>>

disso, o Diesel foi responsável por cerca de 49% do consumo energético do modo rodoviário (EPE, 2017), evidenciando a importância desse combustível para o sistema de atividades e, portanto, a movimentação da economia nacional. Isto posto, a análise levada a efeito utilizou três cenários (Tabela 2).

Tabela 2. Cenários desenvolvidos para análise do preço do diesel no valor do frete.

Cenários	Descrição
Cenário 1 (BAU)	Não há aumento da mistura além do existente (B10); não há variação do preço do diesel e do biodiesel nas distribuidoras
Cenário 2	Aumento da mistura para 15% em 2028 (B15); variação do preço do diesel em 1,1% e do biodiesel (-2,40%) nas distribuidoras
Cenário 3	Aumento da mistura para 15% em 2028 (B15); variação do preço do diesel em 1,1% e nenhuma variação do biodiesel nas distribuidoras

O Cenário 1, *business as usual* (BAU), considera um prognóstico conservador para a mistura do biodiesel no Diesel, além dos incrementos superiores à inflação do preço do Diesel e do biodiesel nas distribuidoras. O Cenário 2 adota as premissas do estudo realizado pelo grupo de trabalho do RenovaBio, nesse caso, projeta-se a mistura vigente em 2028 para 15%. Desta forma, fez-se o incremento linear da mistura a partir de 2021 (B11), sendo acrescido biodiesel (B100) no diesel sucessivamente até o patamar de 15% (B15). O Cenário 3 leva em consideração as mesmas premissas do Cenário 2, com exceção da variação do preço do biodiesel nas distribuidoras (que não é considerada).

Em síntese, a Tabela 3 mostra a projeção dos preços finais do diesel para os três cenários estabelecidos.

Tabela 3. Cenários desenvolvidos para análise do preço do diesel no valor do frete.

Ano	Cenário 1 (BAU)					Cenário 2				Cenário 3			
	IPC A	Mistura o diesel	Variação BX	Variação biodiesel	Preço final	Mistura BX	Variação diesel	Variação biodiesel	Acréscimo em relação ao cenário base	Mistura BX	Preço diesel (variação)	Preço biodiesel (variação)	Acréscimo em relação ao cenário base
2018	3,5%	10%	-	-	R\$ 3,63	10%	-	-	0,0%	10%	-	-	0,0%
2019	4,3%	10%	-	-	R\$ 3,89	10%	-	-	0,0%	10%	-	-	0,0%
2020	4,0%	10%	-	-	R\$ 4,06	10%	-	-	0,0%	10%	-	-	0,0%
2021	4,0%	10%	-	-	R\$ 4,22	11%	0,1%	-0,3%	1,4%	11%	0,1%	-	1,4%
2022	4,0%	10%	-	-	R\$ 4,39	12%	0,3%	-0,6%	2,6%	12%	0,3%	-	2,7%
2023	4,0%	10%	-	-	R\$ 4,57	13%	0,4%	-0,9%	3,9%	13%	0,4%	-	4,0%
2024	4,0%	10%	-	-	R\$ 4,75	14%	0,6%	-1,2%	5,1%	14%	0,6%	-	5,3%
2025	4,0%	10%	-	-	R\$ 4,94	15%	0,7%	-1,5%	6,4%	15%	0,7%	-	6,7%
2026	4,0%	10%	-	-	R\$ 5,14	15%	0,8%	-1,8%	7,7%	15%	0,8%	-	8,1%
2027	4,0%	10%	-	-	R\$ 5,35	15%	1,0%	-2,1%	9,1%	15%	1,0%	-	9,6%
2028	4,0%	10%	-	-	R\$ 5,56	15%	1,1%	-2,4%	12,1%	15%	1,1%	-	12,7%

O efeito do aumento do preço do Diesel nas distribuidoras (chegando a 1,1% em 2028), previsto no RenovaBio, concomitantemente com a diminuição do preço do biodiesel (B100) de até 2,4% em 2028 (Cenário 2), mostra que o preço da mistura consumida (B(X)) aumenta em 12,1%, em relação ao Cenário BAU. O mesmo raciocínio quando aplicado ao Cenário 3, desconsiderando a variação negativa do biodiesel, mostra um aumento do preço ao consumidor final ainda maior, de 12,7%. Todos os prognósticos consideram o efeito da inflação ao longo do tempo. Além disso, os resultados de 12,1% e 12,7% estimados para o ano de 2028 são decorrentes de um aumento progressivo ao longo do tempo, ou seja, o custo para a sociedade é incremental ao longo do tempo.

Com base na Equação 1, estima-se que o aumento do preço do Diesel no mercado signifique um potencial incremento de 3,03% na tarifa do transporte público. No transporte de carga, o impacto estimado no frete cobrado pelo transportador pode ser de 3,81%. Além disso, o aumento do valor do Diesel é desdobrado no sistema de atividades, por exemplo, no custo da geração de energia de hospitais (AL-KARAGHOULI & KAZMERSKI, 2010; ROY et al., 2016), termelétricas (TEMIZER et al, 2016) e outros setores da economia.

BLOCO 4: Consistência da proposta a luz de outras ações do Governo

É preciso que se esclareça o motivo da Lei 13.576 de 26/12/2017 restringir seu enfoque a um conjunto seletivo de combustíveis na medida em que busca atender aos compromissos do País no âmbito do Acordo de Paris sob a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (inciso I do Art 1º da Lei 13.576), uma vez que o Brasil se comprometeu a dotar medidas adicionais que são consistentes com a meta de temperatura de 2°C, em particular aumentar a participação de **bioenergia** sustentável, e não apenas biocombustíveis, na matriz energética brasileira para aproximadamente 18% até 2030.

Considerando o consumo final energético por fonte, deve-se ter em mente que segundo o Balanço Energético Nacional, os biocombustíveis para transportes (etanol anidro e hidratado e biodiesel) representaram em média, no período de 1995 a 2016, 13,12% da energia consumida neste setor. Neste mesmo período, a bioenergia, neste caso incluindo lenha, bagaço de cana de açúcar e carvão vegetal, além de etanol e biodiesel, já responderam por, em média, 33% da energia consumida no país e as energias renováveis contribuíram com 47%.

Neste sentido, não fica claro em que medida a Lei 13.576 de 26/12/2017, por meio da modelagem para estabelecimento de metas de redução de IC em conjunto seletivo de combustíveis considera a eletrificação dos transportes e uso de outras fontes de energia renováveis nas premissas de evolução de uso de energia no Brasil com relação ao conteúdo de carbono. A eletrificação nos transportes tem sido um tema universalmente considerado nos modelos de projeção de uso de energia para transportes, em particular aqueles elaborados pela Empresa de Projetos Energéticos (EPE) – PDE 2026¹¹ e PNE 2050¹² – que deveriam subsidiar a política energética brasileira.

Para possibilitar maior transparência na apresentação da modelagem adotada para estabelecer o potencial de redução do índice de descarbonização (IC) na matriz energética brasileira, atendendo assim ao item 1.3 da NOTA TÉCNICA Nº 12/2018/DBIO/SPG, referente ao Processo 48380.000072/2018-93, recomenda-se que seja apresentado um melhor detalhamento de como a demanda total de combustíveis se relaciona como PIB, a elasticidade renda-PIB e o preço dos combustíveis. Em particular como a modelagem se alinha com aquelas que são internacionalmente aceitas e comprovadas e que foram utilizadas em outros trabalhos já realizados por instituições públicas brasileiras como: “Projeto Opções de Mitigação de Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) em Setores-Chave do Brasil” do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações – MCTIC¹³; “Implicações Econômicas e Sociais de Cenários de Mitigação de GEE até 2030” pelo Projeto IES Brasil do FBMC e Coppe/UFRJ¹⁴, “Brasil 2040: cenários e alternativas de adaptação à mudança do clima” da Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República – SAE/PR¹⁵ e dos estudos do BID/MMA para os Diálogos

¹¹ Plano Decenal de Expansão de Energia 2026 / Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME/EPE, 2017.

¹² Disponível em <http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Plano-Nacional-de-Energia-2050> (consulta 16/05/2018).

¹³ O Projeto Opções de Mitigação de Emissões de GEE em Setores Chave do Brasil é uma iniciativa do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) que visa fortalecer a capacidade técnica do Governo Brasileiro na implementação e na tomada de decisão sobre ações de Mitigação de GEE nos setores-chaves da economia brasileira.

¹⁴ O projeto IES Brasil do FBMC em parceria com a Coppe/UFRJ objetivou estruturar trajetórias de desenvolvimento, alinhando objetivos socioeconômicos e ambientais, elaborando cenários futuros de emissões de GEE para o período de 2020 a 2030, em um processo participativo no exercício de criação de cenários.

¹⁵ A extinta Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República (SAE/PR), foi responsável pela elaboração do estudo “Brasil 2040: cenários e alternativas de adaptação à mudança do clima”, que tem por objetivo produzir conhecimento estratégico acerca dos impactos da mudança do clima, por meio da aplicação de modelos climáticos regionalizados com base nos cenários de emissões do IPCC.

Estruturados sobre a Elaboração de uma Estratégia de Implementação e Financiamento da NDC do Brasil ao Acordo de Paris¹⁶.

Para possibilitar maior transparência na apresentação da modelagem adotada para estabelecer o potencial de redução do índice de descarbonização (IC) na matriz energética brasileira, item 1.3 da NOTA TÉCNICA Nº 12/2018/DBIO/SPG, referente ao Processo 48380.000072/2018-93, recomenda-se que seja apresentado um melhor detalhamento como a modelagem da demanda total de combustíveis se relaciona com: evolução da frota de veículos, os veículos flexible fuel na frota e paridade de preços Etanol Hidratado/Gasolina C, o ganho de eficiência dos veículos novos e o efeito rebote do ganho de eficiência dos veículos, em particular como a modelagem se equipara a outros trabalhos já realizados no Brasil, tais como:

- MMA- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. 1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários. 111p. 2011.
- MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. 2º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários 2013 Ano base 2012 – Relatório Final, Brasília, 2014.
- 3ª Comunicação Nacional do Brasil a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (MCTIC) – 2016.
- Plano Nacional de Energia (PNE) 2050.²¹

Recomenda-se um melhor detalhamento de como o estabelecimento do IC, por meio da modelagem proposta, irá ser revertido em Créditos de Descarbonização (CBIO) e como será o mecanismo de comercialização deste título em função do estabelecimento destas metas.

Recomenda-se ainda, um melhor detalhamento de como o mecanismo de comercialização do CBIO será harmonizado com as demais políticas econômicas e fiscais aplicadas aos combustíveis no Brasil. Adicionalmente, recomenda-se um melhor detalhamento de como se pretende cumprir a Lei 13.576 de 26/12/2017 quanto ao Art. 18 que especifica a ferramenta normatizada de “avaliação do ciclo de vida, em particular no que se refere aos mecanismos de comparação entre os resultados obtidos entre os combustíveis fósseis e os biocombustíveis considerados.

¹⁶ A cooperação técnica do Ministério do Meio Ambiente com o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) tem por finalidade subsidiar a elaboração de uma Estratégia Nacional de Implementação e Financiamento da NDC do Brasil ao Acordo de Paris. 6 A listagem dos estudos que subsidiaram a CT1 está na *web site* do FBMC <https://forumbrasilclima.org/documentos/>. ²¹ Disponível em <http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Plano-Nacional-de-Energia-2050> (consulta 16/05/2018).

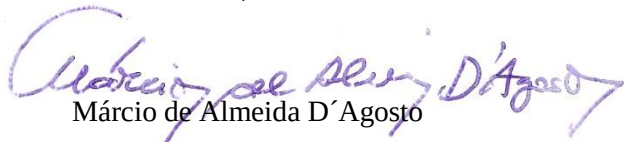
BLOCO 5: Considerações finais

Buscou-se com este Relatório Técnico contribuir para o aprimoramento das metas propostas de IC para o conjunto selecionado de combustíveis que compõe o RenovaBio, para um horizonte de 10 anos (2028).

É necessário que se destaque que a proposta apresentada no presente documento, que parte da determinação equilibrada do percentual (13,8 %) de contribuição que os combustíveis considerados no RenovaBio deveriam participar na meta de mitigação absoluta de emissão de CO_{2eq} para o conjunto da economia. (37% abaixo dos níveis de 2005 em 2025) estabelecida na Contribuição Nacional Determinada, parece ser a que realmente atende a Lei 13.576 e o Decreto 9.308 nas passagens supracitadas.

A premissa anterior é ratificada pela aplicação da metodologia apresentada no estudo de Gonçalves e D'Agosto (2017) (item B.2.4), que está alinhada com outros projetos governamentais brasileiros como: “Projeto Opções de Mitigação de Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) em Setores-Chave do Brasil” do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações – MCTIC¹⁷; “Implicações Econômicas e Sociais de Cenários de Mitigação de GEE até 2030” pelo Projeto IES Brasil do FBMC e Coppe/UFRJ¹⁸, “Brasil 2040: cenários e alternativas de adaptação à mudança do clima” da Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República – SAE/PR¹⁹ e dos estudos do BID/MMA para os Diálogos Estruturados sobre a Elaboração de uma Estratégia de Implementação e Financiamento da NDC do Brasil ao Acordo de Paris²⁰, cuja projeção dos volumes demandados de combustível para 2028 leva a uma proposta de redução de IC de 4,1%, muito mais coerente com a proposta apresentada no item B.1.2.1 deste Relatório Técnico (de 3,72%) do que dos 10,1% propostos no documento em consulta pública pelo RenovaBio.

Rio de Janeiro, 18 de maio de 2018.



Márcio de Almeida D'Agosto

Coordenador do Projeto

Programa de Engenharia de Transporte/COPPE/UFRJ

¹⁷ O Projeto Opções de Mitigação de Emissões de GEE em Setores Chave do Brasil é uma iniciativa do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) que visa fortalecer a capacidade técnica do Governo Brasileiro na implementação e na tomada de decisão sobre ações de Mitigação de GEE nos setores-chaves da economia brasileira.

¹⁸ O projeto IES Brasil do FBMC em parceria com a Coppe/UFRJ objetivou estruturar trajetórias de desenvolvimento, alinhando objetivos socioeconômicos e ambientais, elaborando cenários futuros de emissões de GEE para o período de 2020 a 2030, em um processo participativo no exercício de criação de cenários.

¹⁹ A extinta Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República (SAE/PR), foi responsável pela elaboração do estudo “Brasil 2040: cenários e alternativas de adaptação à mudança do clima”, que tem por objetivo produzir conhecimento estratégico acerca dos impactos da mudança do clima, por meio da aplicação de modelos climáticos regionalizados com base nos cenários de emissões do IPCC.

²⁰ A cooperação técnica do Ministério do Meio Ambiente com o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) tem por finalidade subsidiar a elaboração de uma Estratégia Nacional de Implementação e Financiamento da NDC do Brasil ao Acordo de Paris. 6 A listagem dos estudos que subsidiaram a CT1 está na *web site* do FBMC <https://forumbrasilclima.org/documentos/>.

ANEXO A NOVA ESTIMATIVA DO IC A PARTIR DO AJUSTE DE REDUÇÃO DE EMISSÕES DE CO₂eq

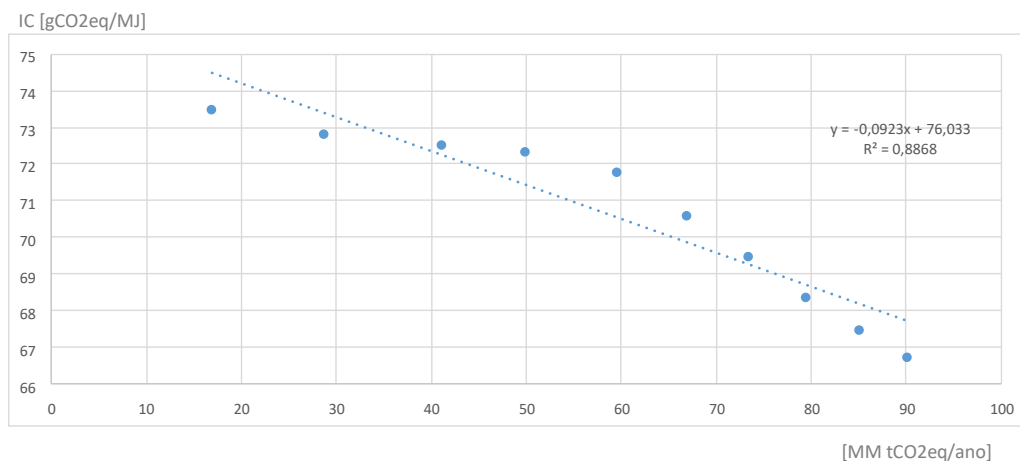
Nas colunas 2 a 4 da Tabela A1 apresenta a evolução proposta para o IC e para a esperada redução de emissão de CO₂eq pela introdução do RenovaBio. Nas colunas 5 e 6 apresentam uma proposta que se entende seria realmente aderente ao peso relativo destes combustíveis na Contribuição Nacional Determinada para Consecução do Objetivo da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, conforme apresentado no Bloco 1 deste documento.

Tabela A1. evolução proposta para o IC e para a esperada redução de emissão de CO₂eq.

Ano	Dados Renovabio			Proposta	
	IC	Red Relat CO ₂ eq [MMt]	Red Abs CO ₂ eq [MMt]	Red Relat CO ₂ eq [MMt]	Red Abs CO ₂ eq [MMt]
2017	74,25	0		0	
2018	73,55	0	0	0	
2019	73,51	16,82	16,82	5,53	5,53
2020	72,83	28,66	45,48	9,41	14,94
2021	72,55	41	86,48	13,47	28,41
2022	72,34	49,79	136,27	16,36	44,76
2023	71,81	59,55	195,82	19,56	64,33
2024	70,62	66,93	262,75	21,99	86,31
2025	69,49	73,33	336,08	24,09	110,40
2026	68,39	79,48	415,56	26,11	136,51
2027	67,49	85,1	500,66	27,95	164,46
2028	66,75	90,07	590,73	29,59	194,05

A Figura A1 apresenta a interpolação linear com os dados que correlacionam IC com a redução de emissão anual de CO₂eq em MM t CO₂eq. Observa-se que esta interpolação linear apresenta R² de 0,8868, 26% acima do limite universalmente aceito em aproximações estatísticas e igual a 0,7.

Figura A1. Interpolação linear com os dados que correlacionam IC com a redução de emissão anual de CO₂eq em MM t CO₂eq



Para encontrar o novo valor de IC para 2028, aplica-se a Equação 2 encontrada na interpolação linear ao valor de 29,59 MM tCO_{2eq}, obtido para o ano de 2028 na proposta de redução de emissões que tem melhor aderência ao peso relativo destes combustíveis na Contribuição Nacional Determinada para Consecução do Objetivo da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima.

$$IC = -0,0923 \times 29,59 + 76,033 = 73,30 \quad (2)$$

Logo o novo IC deveria ser de 73,30 gCO_{2eq}/MJ e não os 66,75 gCO_{2eq}/MJ propostos. Nesta situação a redução de IC seria de $(73,30-73,51) / 73,51 = -0,28\%$ (não chegaria a 0,5%). No entanto, esta aplicação considera que o IC no ano base (2019) é de 76,033 (equação 1), quando na verdade ele deveria ser 73,51 (valor mais aderente a tendência histórica dos anos de 2017 e 2018). A partir deste ajuste, tem-se a Equação 3.

$$IC = -0,0923 \times 29,59 + 73,51 = 70,78 \quad (3)$$

Logo, nesta nova situação ajustada e conservadora, o novo IC a ser proposto deveria ser de 70,78 gCO_{2eq}/MJ. Nesta situação a redução de IC seria de $(70,78-73,51) / 73,51 = -3,72\%$.

Referências

- Alptekin E, Canakci M, Ozsezen A, Turkcan A, Sanli H. Using waste animal fat based biodiesels– bioethanol–diesel fuel blends in a DI diesel engine. *Fuel* 2015;157:245–54.
- Al-Karaghoul, A., Kazmerski, L.L., 2010. Optimization and life-cycle cost of health clinic PV system for a rural area in southern Iraq using HOMER software. *Sol. Energy* 84, 710–714. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2010.01.024>
- ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Dados Estatísticos, 2017. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/wwwanp/distribuicao-e-revenda/leiloes-debiodiesel/leiloes-de-biodiesel-interna>. Acesso em: 16 fev. 2018.
- ANP, 2018. Sistema de levantamento de preços. Disponível em: <<http://anp.gov.br/preco/>>.
- _____. Resultados dos leilões, 2018a. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/?dw=8740>. Acesso em: 23 fev. 2018.
- _____. Boletim mensal do biodiesel, 2018b. Disponível em <http://www.anp.gov.br/wwwanp/publicacoes/boletins-anp/2386-boletim-mensal-dobiodiesel>. Acesso em: 20 fev. 2018.
- _____. Panorama do abastecimento de combustíveis, 2018c. Disponível em http://www.anp.gov.br/wwwanp/images/publicacoes/livros_e_revistas/Panorama_do_A_bastecimento2016.pdf. Acesso em: 20 fev. 2018.
- _____. Vendas de combustíveis, 2018d. Disponível em <http://www.anp.gov.br/wwwanp/dadosestatisticos/reservas-nacionais-de-petroleo-e-gas-natural/63-dados-estatisticos/793vendas-de-combustiveis>. Acesso em: 24 fev. 2018.
- Aydin H, Ilkilic C. Effect of ethanol blending with biodiesel on engine performance and exhaust emissions in a CI engine. *Applied Thermal Engineering* 2010;30:1199–204.
- Australia Government. Developing a B20 fuel quality standard Canberra Department of Sustainable Enviroment Water Population and Communities; 2012. [/http://www.environment.gov.au/atmosphere/fuelquality/publications/pubs/b20discussion-paper.pdfS](http://www.environment.gov.au/atmosphere/fuelquality/publications/pubs/b20discussion-paper.pdfS).
- BRASIL. Lei nº 13.263, de 23 de março de 2016. Altera a Lei nº 13.033, de 24 de setembro de 2014, para dispor sobre os percentuais de adição de biodiesel ao diesel mineral comercializado no território nacional. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 24 março. 2016. Disponível em: www.planalto.gov.br. Acesso em: 03 fev. 2017.
- Castellanelli, M.; Souza, S. N. M.; Silva, S. L.; Kailer, E. K. Desempenho de motor ciclo diesel em bancada dinâmométrica utilizando misturas diesel/biodiesel. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.28, n.1, p.145-153, jan./mar. 2008
- Barbosa, F. (2012). Biodiesel Use in Transit Fleets - A Summary of Brazilian Experiences. *SAE Technical Papers*. 10.4271/2012-36-0149.
- CNPE, Resolução CNPE nº 6, de 16 de setembro de 2009, do Conselho Nacional de Política Energética, Brasília. DF, Brasil, 2009.

- D'Agosto, M. de A., da Silva, M.A.V., Franca, L.S., de Oliveira, C.M., Alexandre, M.O.L., da Costa Marques, L.G., Murta, A.L.S., de Freitas, M.A.V., 2017. Comparative study of emissions from stationary engines using biodiesel made from soybean oil, palm oil and waste frying oil. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 70, 1376–1392. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.12.040>
- D'Agosto, M. de A., Gonçalves, N. S. G., Queiroz, R. C. Comparativo de consumo de combustível entre ônibus equipados com aparelhos de ar condicionado e ônibus convencionais. Relatório final, Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: http://www.ltc.coppe.ufrj.br/images/projetos/Relat%C3%B3rio_Fetranspor_2015__Novo_projeto.pdf. Acesso em: 28 fev. 2018.
- DTPBH - Diretoria de Transporte Público de Belo Horizonte. Nota Técnica DTP 01/2017: Reajuste tarifário de 03 de Janeiro de 2017 – Aplicação da fórmula paramétrica. Disponível em: [http://www.bhtrans.pbh.gov.br/portal/page/portal/portalpublicodl/Temas/Onibus/gestaotransporte-onibus-2013/Nota_Tecnica_DTP_Reajuste%20dez-2016%20-%20Anu%C3%Aancia%20Total%20ACT%20\(3\).pdf](http://www.bhtrans.pbh.gov.br/portal/page/portal/portalpublicodl/Temas/Onibus/gestaotransporte-onibus-2013/Nota_Tecnica_DTP_Reajuste%20dez-2016%20-%20Anu%C3%Aancia%20Total%20ACT%20(3).pdf). Acesso em: 16 de maio de 2018.
- EPE, 2017. Empresa de Pesquisa Energética. Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional – 2017. Ano Base 2016, Ministério de Minas e Energia, DF, Brasil, 2016.
- EPE – Empresa de Pesquisa Energética. Análise de conjuntura dos biocombustíveis. Rio de Janeiro, 2017a. Disponível em <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dadosabertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-167/An%C3%A1lise%20de%20Conjuntura%20dos%20Biocombust%C3%ADveis%20-%20Ano%202016.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2018.
- _____. Plano decenal de expansão de energia 2026. Rio de Janeiro, 2017b. Disponível em: <http://antigo.epe.gov.br/pde/Paginas/default.aspx>. Acesso em: 15 fev. 2018.
- Fattah I, Masjuki H, Kalam M, Mofijur M, Abedin M. Effect of antioxidant on the performance and emission characteristics of a diesel engine fueled with palm biodiesel blends. *Energy Convers Manag* 2014;79:265–72.
- 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. 104p.
- Gonçalves, D. N. S., D'Agosto, M. A. Cenários prospectivos futuros para o uso de energia em transporte no Brasil e as emissões de GEE – Cenário Business as Usual (BAU) 2050. Relatório Final. Instituto Brasileiro de Transporte Sustentável (IBTS), Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <http://www.ltc.coppe.ufrj.br/index.php/projetos/projetosconcluidos>. Acesso em: 20 fev. 2018.
- Granville, Alisson. (2014) Estudo Comparativo entre Combustíveis Utilizados na Frota de Ônibus Urbanos da Cidade de São Paulo. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

- Kalligeros S, Zannikos F, Stournas S, Lois E, Anastopoulos G, Teas C, Sakellariopoulos F. An investigation of using biodiesel/marine diesel blends on the performance of a stationary diesel engine. *Biomass- Bioenergy* 2003;24:141–9.
- Kenneth Proc, Barnitt R, Hayes RR, Ratcliff M, McCormick RL, Lou Ha, et al. 100,000-mile evaluation of transit buses operated on biodiesel blends (B20). SAE Technical Paper No. 2006-01-3253.
- Kumar, S., Chaube, A., Jain, S.K., 2012. Sustainability issues for promotion of Jatropha biodiesel in Indian scenario: A review. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 16, 1089–1098. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.11.014>
- LIMA, Maurício Pimenta. Custos logísticos na economia brasileira. *Revista Tecnológica*, v. 11, n. 122, p. 64-69, 2006.
- Lin Y, Lin H. Spray characteristics of emulsified castor biodiesel on engine emissions and deposit formation. *Renew Energy* 2011;36:3507–16.
- MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Usos de biodiesel no Brasil e no mundo. ed.1, Brasília, 38 p., Jun.2015.
- Monteiro, L. D. A., Pianovski Júnior, G., Velásquez, J. A., Rocha, D. S., & Bueno, A. V. (2013). Performance impact of the application of castor oil biodiesel in diesel engines. *Engenharia Agrícola*, 33(6), 1165-1171.
- Mulugetta, Y., Hertwich, E., Riahi, K., Gibon, T., Neuhoff, K., 2014. Climate Change 2014: Mitigation of climate change. IPCC Fifth Assess. Rep. 527–532. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415416>.
- National Biodiesel Board, Guidance on Blends above B20, 2007. <<https://westcoastcollaborative.org/files/BBG/fleet-appendix/NBB-B20-AboveRecommend.pdf>> (acesso em: 22/02/2018).
- OCTEL. Impact of Biodiesel on Fuel System Component Durability. Technical report CRC No. AVFL-2a. NREL/TP-540-39130. December 2005
- Rio Ônibus. Dados Técnicos do Setor de Ônibus no Município Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2018a Disponível em: <http://www.rioonibus.com/rio-onibus/transparencia/>. Acesso em: 23 fev. 2018.
- _____. Comunicação pessoal, 2018b.
- Roy, M. M., Wang, W., e Alawi, M. (2014) Performance and emissions of a diesel engine fueled by biodiesel-diesel, biodiesel-diesel-additive and kerosene-biodiesel blends. *Energy Conversion and Management*, 84, 164–173. doi:10.1016/j.enconman.2014.04.033
- ROY, Anindita; KULKARNI, Govind N. Analysis on the feasibility of a PV-diesel generator hybrid system without energy storage. *Clean Technologies and Environmental Policy*, v. 18, n. 8, p. 2541-2553, 2016.
- Serrano L, Lopes M, Pires N, Ribeiro I, Cascao P, Tarelho L, Monteiro A, Nielsen O, Gameiro da Silva M, Borrego C. Evaluation on effects of using low biodiesel blends in a EURO 5

passenger vehicle equipped with a common-rail diesel engine. Appl Energy 2015;146:230–8.

Rio Ônibus. Dados Técnicos do Setor de Ônibus no Município Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <http://www.rioonibus.com/rio-onibus/transparencia/>. Acesso em: 16 de maio de 2018.

Tan P, Hu Z, Lou D, Li Z. Exhaust emissions from a light-duty diesel engine with Jatropha biodiesel fuel. Energy 2012;39:356–62.

TEMIZER, İlker; İLKILIÇ, Cumali. The performance and analysis of the thermoelectric generator system used in diesel engines. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 63, p. 141-151, 2016.

UBRABIO - União Brasileira do Biodiesel e Bioquerosene. Revista Biodiesel e Bioquerosene em foco. Edição nº 8, 2018.

URBS. Transporte. Disponível em: <https://www.urbs.curitiba.pr.gov.br/transporte/sustentabilidade>. Acesso em fevereiro de 2018.

Yonk, R. M., Simmons, R. T., & Steed, B. C. (2013). Green vs. Green: the political, legal, and administrative pitfalls facing green energy production. Routledge.