**Resumo**

O objetivo deste trabalho é avaliar e quantificar o potencial de redução de CO2 no transporte rodoviário de ônibus através da introdução de medidas e tecnologias destinadas a ajudar a reduzir o consumo de combustível. Apontam-se alguns desafios estruturais e logísticos para uma mitigação sólida da emissão de gases de efeito estufa. Há uma abordagem conceitual sobre a neutralização do carbono e os eventuais benefícios que uma empresa pode obter além da própria preservação do meio ambiente. Desenvolvem-se aqui soluções tecnológicas para oferecer mais instrumentos informacionais que possibilitem a geração de créditos de carbono.

**Palavras-chave:** créditos de carbono, substituição de combustível, neutralização de carbono, logística.

**Abstract**

The objective of this paper is to evaluate and quantify the potential for CO2 reduction in road bus transportation by introducing measures and technologies designed to help reduce fuel consumption. Some structural and logistical challenges for sound mitigation of greenhouse gas emissions are pointed out. There is a conceptual approach to carbon neutralization and the possible benefits that a company can gain beyond the preservation of the environment itself. Technological solutions are developed here to provide more informational tools to enable the generation of carbon credits.

**Keywords**: carbon credits, fuel substitution, carbon neutralization, logistics.

**1.Introdução**

Existe uma dificuldade em se estimar a redução das emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE) a partir do melhoramento da gestão logística. Porém, é plenamente viável que se busque adotar iniciativas advindas de uma miríade de possibilidades que têm sido desenvolvidas ou que já se apresentam ao mercado. Importante notar que essas estratégias tendem a trazer benefícios econômicos, pois aumentam a eficiência e a produtividade do transporte, aumentam a autonomia energética e reduzem o consumo relativo de combustíveis.

Segundo Bartolomeu(2016), o sistema de transporte obterá ganhos de eficiência, com o aprimoramento dos sistemas logísticos de informação. Além de técnicas e estratégias avançadas paraaperfeiçoaro fluxo e a utilização da capacidade, o envolvimento de motoristas e operadores é essencial para reduzir o consumo de combustível. Para se ter uma idéia, 40% das viagens tanto de ônibus interestaduais quanto de caminhões, são feitos sem carga, equivalendo, dentro do período de um ano a 300 mil voltas ao mundo (RUBIO,2020), por isso se deve reduzir a ociosidade destes veículos na estrada. Quanto ao combustível, faz-se necessário mostrar que enquanto não se desenvolve em maior escala, o transporte elétrico, a substituição de combustíveis mais carbono-intensivos, para combustíveis menos carbono-intensivos, auxilia fundamentalmente na mitigação da emissão de GEE no transporte. O etanol e o biodiesel recebem destaque relevante como substitutos do diesel. Veículos a diesel emitem 2,65 toneladas de CO2 ao longo de seu ciclo de vida. (URBANCIC et al,2017)

Tem-se por intenção geral entender os desafios para a redução de emissão de GEE no transporte rodoviário e tentar apontar os impasses tanto de natureza logística, quanto de natureza econômica, ou ainda de natureza tecnológica. Em verdade, esses aspectos não são concorrentes entre si, de modo que se faz fundamental aplicá-los em conjunto se possível for. Contudo, o enfoque do projeto, é criar uma solução relacionada ao crédito de carbono e isso foi feito a partir do desenvolvimento de um programa capaz de realizar os cálculos necessários para a otimização da neutralização do carbono, assim auxiliando eventualmente empresas a cumprirem tais objetivos.

* 1. **Os créditos de carbono**

À medida que a sociedade evoluiu, muitas transformações ocorreram desde a Revolução Industrial, resultando em grandes mudanças nos cenários econômico e social. Nesse período, a expansão das fábricas e o aumento da capacidade produtiva devido ao desenvolvimento tecnológico alteraram fundamentalmente a relação da sociedade com o meio ambiente.

A intervenção humana no meio ambiente para viabilizar a produção por meio da exploração dos recursos naturais é uma preocupação mundial. O aumento da industrialização trouxe vários problemas ambientais, como desmatamento, poluição do ar e mudanças climáticas.

Como resultado, vários governos nacionais, a comunidade científica e grupos ambientalistas lançaram em suas agendas múltiplas discussões sobre a questão da interferência humana no meio ambiente, propondo leis, projetos e acordos para promover a proteção ambiental.

A presença excessiva de gases poluentes na atmosfera tem sido uma das grandes preocupações de nossa sociedade, principalmente desde o século XX, quando a industrialização e disseminação de locomotivas de combustão interna desencadearam alarmes de aquecimento global e degradação do meio ambiente.

Diante desse contexto alarmante, a comunidade internacional resolveu reagir e propor soluções que minimizem os danos ao planeta e também viabilizem um desenvolvimento sustentável.  
 O conceito de créditos de carbono surgiu a partir do Protocolo de Kyoto de 1997, que visava reduzir os gases de efeito estufa que contribuem para uma variedade de problemas ambientais relacionados às mudanças climáticas.

Esses créditos fazem parte de um mecanismo de flexibilidade para ajudar os países que estabeleceram metas de redução de emissões de gases poluentes a cumprir suas metas. A moeda do chamado mercado de carbono são os direitos de emissão para não emitir dióxido de carbono na atmosfera. Um crédito de carbono é gerado para cada tonelada não emitida.

Assim, se um país consegue reduzir essa tonelada de emissões, recebe um certificado emitido pelo Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Ganhando créditos que podem ser usados ​​para negociar com países que não atingem suas metas. De acordo com a *Sustainable Carbon* (2020), os créditos são gerados quando os países realizam projetos e ações voltadas ao desenvolvimento sustentável, evitando assim o aumento do efeito estufa. Exemplos desses projetos incluem esforços para reduzir o desmatamento, campanhas de consumo consciente e uso de fontes alternativas de energia.

A compensação de créditos de carbono se dá de modo que para cada sete árvores, é possível capturar uma tonelada de carbono nos primeiros vinte anos. Com base nessa média, determina-se o número de árvores necessárias para neutralizar os gases de efeito estufa. A quantidade de emissões de gases de efeito estufa (GEE) é obtida através do inventário de emissões.

* 1. **Neutralização de carbono**

A neutralização de carbono é um conjunto de procedimentos em que se visa à compensação da emissão de gases de efeito estufa. Basicamente ela é o processo em que se aplica o crédito de carbono. Há inúmeras formas de se realizar a neutralização, mas a forma mais extensiva é o plantio de árvores. A relação custo-benefício é positiva. Pois contribui com o enriquecimento da biodiversidade da região onde houve o plantio.

Ocorre que por meio do processo de fotossíntese, as árvores são capazes de usar parte do carbono da atmosfera para produzir os nutrientes de que precisam para viver. A neutralização de carbono significa, portanto, aproveitar esse processo natural para proteger as florestas e restaurar as áreas desmatadas.

É fundamental lembrar que a implantação de medidas que preservem as florestas existentes é a principal garantia da continuidade do trabalho natural. Nas condições atuais, não basta reduzir as emissões de carbono, é necessário retirar da atmosfera parte do que já foi lançado.

Outro benefício importante da neutralização de carbono se dá no campo publicitário. A imagem de responsabilidade socioambiental afeta positivamente uma empresa. Verificou-se em pesquisa que 87% dos consumidores preferem comprar produtos e serviços de empresas sustentáveis (FIEP,2019).

**2. Metodologia**

Com base em todos os potenciais efeitos favoráveis tanto às empresas, quanto principalmente ao meio ambiente, das estratégias de mitigação de emissão de gases do efeito estufa, decidiu-se por estudar os efeitos da substituição de combustíveis mais carbono-intensivos por combustíveis menos carbono-intensivos, comparando o diesel ao etanol, e aí desenvolver um aplicativo capaz de calcular a queima de combustíveis de uma frota de ônibus interestadual, em diesel e em etanol, aferir a diferença dos gastos e então verificar se a empresa adquire créditos de carbono ou se ela é devedora destes, devendo tomar medidas neutralizadoras de carbono, principalmente o plantio de árvore.

**2.1. Comparativos entre diesel e etanol**

O diesel também é um derivado do petróleo, por isso contém hidrocarbonetos, que são mais pesados ​​que os que compõem a gasolina e, portanto, se acumulam no meio ambiente. Os metais pesados ​​não são apenas um componente do diesel, eles também são altamente tóxicos. Eles se acumulam no corpo humano e podem até causar problemas neurológicos após alguns anos: fortes dores de cabeça, desequilíbrios hormonais, câncer de vias aéreas, etc. É um combustível extremamente poluente, mais do que gasolina. Entretanto, em termos de poder calorífico e eficiência energética, é o combustível que mais se destaca.

Ao passo que o etanol é o inverso: tem a menor eficiência energética, menor poder calorífico, mas é muito menos agressivo no tangente à poluição do meio ambiente. Por não ser derivado do petróleo e, portanto, não é e nem possui hidrocarbonetos, fazendo parte da função química dos alcoóis. Isto o torna significativamente muito menos poluente do que o diesel e a gasolina. Para se ter uma idéia, de 2003, quando os veículos de combustível flex foram introduzidos, até dezembro de 2021, cerca de 600 milhões de toneladas de dióxido de carbono foram retiradas da atmosfera com o uso do etanol. Para alcançar um efeito semelhante na natureza, precisaríamos cultivar 4 bilhões de árvores nos próximos 20 anos(UNICA,2021).

**2.2. O cálculo de créditos de carbono**

Desenvolveu-se um aplicativo enfim, com o intuito de calcular os créditos de carbono que uma empresa de viação rodoviária poderia obter tomando por prática o uso de etanol ou de diesel ou também descobrir o quanto de carbono deveria ser neutralizado por essa empresa. Assim, espera-se que com este trabalho, eventuais empresas tenham viabilidade em cumprirem suas responsabilidades ambientais diante da sociedade.

O processo é o mais simplificado possível. Um pequeno conjunto de perguntas é feito ao usuário para que as informações estejam corretas:

* Quantos ônibus movidos a diesel saíram às ruas durante o ano?
* Quantos km foram percorridos pelos ônibus movidos a diesel?
* Quantos ônibus movidos a etanol saíram às ruas durante o ano?
* Quantos km foram percorridos pelos ônibus movidos a etanol?

Considerando estas informações dadas pelo usuário e sabendo que o diesel gera 2,6kg de CO2/litro e o etanol, por sua vez, gera 1,8kg de CO2/litro e considerando que o usuário tem um limite de emissão de carbono estabelecido a cumprir, tem-se os seguintes cálculos:

Onde:

*TkgD* = total de quilos em diesel

*TkgE* = total de quilos em etanol

*KmD* = quilômetros em diesel

*KmE* = quilômetros em etanol

Sabe-se supracitadamente que existe um limite de emissão de carbono que o usuário (no caso, a empresa de viação) deve cumprir sem que haja eventuais sanções, a partir dos valores obtidos das variáveis acima, pode-se estabelecer enfim, que:

Sendo:

*VlmT* = Valor limite de emissão de CO2/litro em kg

Tomado o limite como a soma da emissão de CO2/litro em quilos do diesel e do etanol, estabelece-se agora, o valor de crédito de carbono, caso se utilize o etanol em vez do diesel:

Onde, se tem as seguintes possibilidades:

Se *Res >Vlmt,* haverá necessidade de neutralização de carbono.

Se *Res < VlmT* , houve produção de crédito de carbono.

Dessa maneira se consegue auxiliar o usuário a estabelecer parâmetros de gestão de recursos para que se chegue ao objetivo de mitigar ao máximo a emissão de carbono e a maximizar a geração de créditos.

**3. Conclusão**

Verificou-se que o etanol, em que se pese a eficiência energética menor, é o combustível que viabiliza mais facilmente a geração de crédito de carbono, em comparação com o diesel. Pode-se concluir também que, por mais dificuldades que ainda haja em se produzir insumos que não emitam tanto dióxido de carbono, é sempre possível aplicar a tecnologia de informação para melhorar a gestão logística do transporte rodoviário e a melhora nessa área tende a contribuir para o maior controle da emissão de gases de efeito estufa.

**4. Referências**

BARTOLOMEU, Daniela Bacchi; PÉRA, Thiago Guilherme; CAIXETA-FILHO, José Vicente**. Logística sustentável: avaliação de estratégias de redução das emissões de CO2 no transporte rodoviário de cargas.** Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2238-1031.jtl.v10n3a3> . Acesso em: 03 nov. 2022

COMO são gerados os créditos de carbono? Sustainable Carbon Brasil, 2020. Disponível em: <https://www.sustainablecarbon.com/como-sao-gerados/> . Acesso em 06 nov 2022

# CONSUMIDORES brasileiros preferem comprar de empresas sustentáveis. FIEP, 2020. Disponível em: <https://agenciafiep.com.br/2019/02/28/consumidores-preferem-empresas-sustentaveis/> . Acesso em: 04 nov.2022

ETANOL: Combustível do presente e da mobilidade sustentável. **ÚNICA,** 2021. Disponível em: <https://unica.com.br/setor-sucroenergetico/etanol/> . Acesso em: 05 nov. 2022

RUBIO, Alan. Transporte sustentável é uma questão de sobrevivência. **Cargo,** 2016. Disponível em: https://cargox2.wpengine.com/blog/transporte-sustentavel-e-uma-questao-de-sobrevivencia/. Acesso em: 04 nov. 2022.

URBANCIC, N. et al. Diesel: the true dirty story. *Transport and Environment,* 2017. Disponível em: <https://www.transportenvironment.org/wp-content/uploads/2021/07/2017_09_Diesel_report_final.pdf> . Acesso em: 06 nov 2022