



Latin American Journal of Energy Research – Lajer (2024) v. 11, n. 2, p. 223–230
<https://doi.org/10.21712/lajer.2024.v11.n2.p223-230>

Avaliação do impacto na redução de poluentes através da implantação de um corredor de GNV no Maranhão

Assessment of the impact on pollutant reduction through the implementation of a CNG corridor in Maranhão

Luciana Pereira Barbosa

Professora do Curso de Tecnologia em Gestão Ambiental, Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – Uemasul, campus Açailândia, MA, Brasil
E-mail: luciana.pb@discente.ufma.br

Received: 30 June 2024 | Accepted: 18 December 2024 | Published online: 26 December 2024

Resumo: Este estudo investiga o impacto da substituição do diesel pelo Gás Natural Veicular (GNV) na redução de poluentes no estado do Maranhão. A pesquisa destaca a significativa diminuição nas emissões de gases de efeito estufa (GEE) e poluentes locais, como monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂) e hidrocarbonetos não metano (NMHC). Com base na análise de dados do Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG), foi possível quantificar a redução de aproximadamente 3g/km de CO₂ ao substituir o diesel pelo GNV. Além disso, uma infraestrutura de postos de abastecimento de GNV é proposta, com base na previsão de fornecimento para o segundo semestre de 2024, é mapeada e analisada. Este estudo reforça a importância de políticas de incentivo ao uso de GNV para promover um transporte mais sustentável e menos poluente no Maranhão.
Palavras-chave: GNV; diesel; redução de poluentes; emissões; sustentabilidade.

Abstract: This study investigates the impact of replacing diesel with Compressed Natural Gas (CNG) on pollutant reduction in the state of Maranhão. The research highlights a significant decrease in emissions of greenhouse gases (GHG) and local pollutants, such as carbon monoxide (CO), carbon dioxide (CO₂), and non-methane hydrocarbons (NMHC). Based on the analysis of data from the Greenhouse Gas Emissions and Removals Estimation System (SEEG), it was possible to quantify a reduction of approximately 3g/km of CO₂ when replacing diesel with CNG. Additionally, a CNG refueling infrastructure is proposed, based on the supply forecast for the second half of 2024, which is mapped and analyzed. This study reinforces the importance of policies to encourage the use of CNG to promote more sustainable and less polluting transportation in Maranhão.

Keywords: CNG; diesel; pollutant reduction; emissions; sustainability.

1 Introdução

A crescente preocupação com as mudanças climáticas e a degradação ambiental tem impulsionado a busca por alternativas sustentáveis aos combustíveis fósseis tradicionais. Nesse contexto, o uso de Gás Natural Veicular (GNV) surge como uma alternativa promissora ao diesel, especialmente no setor de transporte. Este artigo analisa a viabilidade e os benefícios da substituição do diesel pelo GNV no estado do Maranhão, Brasil, um estado que possui um significativo potencial de redução de emissões e melhorias ambientais.

O Maranhão, com sua extensa malha rodoviária e dependência do transporte terrestre, enfrenta desafios significativos em termos de poluição do ar e emissões de gases de efeito estufa (GEE). A utilização do diesel como principal combustível para veículos pesados contribui substancialmente para esses problemas, afetando tanto a qualidade do ar quanto a saúde pública. Nesse cenário, a transição para o GNV representa uma oportunidade para mitigar os impactos ambientais negativos e promover um transporte mais limpo e eficiente.

Este estudo utiliza dados do Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG) para quantificar as reduções de emissões que poderiam ser alcançadas com a substituição do diesel pelo GNV. A análise abrange não apenas as emissões de dióxido de carbono (CO₂), mas também outros poluentes críticos, como monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos não metano (NMHC) e material particulado (PM). Além disso, o artigo discute a infraestrutura necessária para suportar a transição para o GNV, incluindo a expansão da rede de postos de abastecimento prevista para o segundo semestre de 2024.

A pesquisa apresentada neste artigo visa fornecer uma base sólida para a tomada de decisões políticas e empresariais, destacando os benefícios ambientais e econômicos da adoção do GNV. Ao promover um transporte mais sustentável, o Maranhão pode alinhar-se com as metas globais de redução de emissões e contribuir para a melhoria da qualidade de vida de sua população. Portanto, este estudo não só aborda uma questão ambiental crucial, mas também oferece uma visão estratégica para a sustentabilidade a longo prazo.

1.1 Embasamento teórico

A melhoria da infraestrutura de abastecimento foi impulsionada pela presença de reservas nacionais de gás natural, enquanto os estímulos governamentais desempenharam um papel crucial na promoção do uso global de gás natural no setor de transportes (Galbieri et al., 2018). Recentemente houve um aumento significativo na adoção de veículos a gás natural em várias aplicações de frotas pesadas dedicadas, destacando-se principalmente pelos benefícios ambientais potenciais em termos de redução de gases de efeito estufa e emissões de poluentes locais (Thiruvengadam et al., 2018; Moutete et al.2019).

Ambientalmente, o gás natural é apontado por gerar entre 70% e 85% menos poluentes tóxicos em comparação com veículos a gasolina e diesel, respectivamente. Além disso, apresenta uma diminuição de 10% nas emissões de gases com efeito estufa (GEE) quando comparado aos caminhões movidos a diesel (Arteconi e Polonara, 2013). O mesmo resultado foi mostrado por Hassan e Kalam. (2013), que testaram motores bicomustíveis e encontraram uma redução de 90% com o uso do gás natural em comparação à gasolina.

Em comparação com a gasolina, revisões de Arrais e Taco (2020) em estudos experimentais demonstram consistentemente reduções nas emissões de CO₂ em motores bicomustíveis alimentados por gás natural.

A condução desses estudos no Brasil enfrenta uma limitação significativa devido à escassez de medições, caracterizada por um número reduzido de estações, séries temporais limitadas e desigual disponibilidade de dados, incluindo a ausência de informações sobre poluentes em diversas estações de medição. O monitoramento da qualidade do ar encontra-se em estágio inicial no Brasil, sendo ainda restrito e insatisfatório em relação à cobertura territorial e temporal, com as primeiras medições iniciadas apenas em 2000 na cidade de São Paulo (Andraão et al., 2018).

Entretanto, não se limitando a tais questões e considerando o potencial produtor de gás natural no Maranhão, sua região portuária e potencial agrícola, o GNV se apresenta como um recurso promissor para a transformação da matriz de transporte do Estado.

2 Metodologia

Os métodos desta pesquisa analisam os benefícios econômicos e ambientais da criação de corredores de GNV ou Corredores azuis no estado do Maranhão através substituição do diesel por gás natural Veicular (GNV) no transporte de carga pesada.

2.1 Delineamento da área de estudo

As principais fontes de dados utilizados foram obtidas no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019), do Departamento Nacional De Infraestrutura De Transportes-DNIT foi extraído o volume de veículos que circulam na principais BR's que cortam o estado Maranhão; da Empresa de Pesquisa Energética (EPE,2021) foi feito o levantamento da infraestrutura de dutos; do Sistema de Estimativa de Emissões de Gases-SEEG.

Diferente de outras regiões do país, o Maranhão não possui malha de gasodutos ou postos de GNV. Desta forma a determinação das origens e destino foram feitas através de modelagem em sistemas GIS, estabelecendo cenários possíveis para o avanço da implantação progressiva dos corredores azuis no estado, oferecendo um arranjo inicial da rede de postos.

Na Tabela 1 é apresentado alguns dos pressupostos desta pesquisa.

Tabela 1. Pressuposições metodológicas.

| Pressuposto para localização e colocação de posto de abastecimento | |
|--|---|
| Suposição | Descrição |
| 1 | As estações devem estar localizadas nas estradas principais (BR's) para minimizar os riscos de demanda. |
| 2 | O raio entre um posto e outro deve obedecer a um raio médio de 300 km |
| 3 | A disposição dos postos deve permitir o escoamento da produção do sul do Estado (regiões mais distantes da Capital) para o centro e para o litoral, onde está localizado o Porto do Itaqui, respeitadas as hipóteses 1. |
| 4 | A capital deve ter pelo menos um posto de abastecimento para permitir o retorno aos extremos. |
| 5 | Regiões com mais de 50000 habitantes |

Foi realizada uma avaliação da infraestrutura necessária para a adoção em larga escala do GNV, considerando a previsão de implantação de uma rede de postos de abastecimento no Maranhão, como mencionado. Esta avaliação incluiu a análise de dados sobre a capacidade atual de demanda e futura dos postos de abastecimento e a logística envolvida na distribuição do GNV.

Para calcular as emissões, foram utilizados fatores de emissão específicos para diesel e GNV, conforme fornecido pelo SEEG. Os fatores de emissão representam a quantidade de poluentes emitidos por unidade de combustível consumido. Os cálculos foram realizados seguindo a fórmula na Eq. (1):

$$E = C_{\text{comb.}} \times F_{\text{emissão}} \quad (1)$$

sendo E o consumo de combustível, $C_{\text{comb.}}$ O consumo de combustível e $F_{\text{emissão}}$ o fator de emissão relacionado ao combustível.

2.2 Coleta de dados

Os dados de emissões foram coletados utilizando a plataforma SEEG, que oferece estimativas detalhadas de emissões de gases de efeito estufa e outros poluentes atmosféricos. Foram considerados os seguintes poluentes:

- Dióxido de Carbono (CO₂);
- Monóxido de Carbono (CO);
- Hidrocarbonetos Não Metano (NMHC);
- Material Particulado (PM).

3 Resultados e discussões

3.1 Infraestrutura de postos

Apesar de ser um dos poucos estados do Brasil com produção de gás natural ativa *onshore*, até o momento o estado do Maranhão não possui infraestrutura de postos de GNV que possibilitem o abastecimento de veículos, mas conforme iniciativa do governo do estado, a disponibilidade de GNV é para o segundo semestre de 2024. Nessa oportunidade, o gás natural poderá ser levado aos postos de distribuição de duas formas:

- GNC-Gás Natural Comprimido;
- GNL-Gás Natural Liquefeito.

Um esquema de distribuição pode ser visto no arranjo da Figura 1, onde podemos entender o potencial de do Maranhão tanto na produção, como na importação de gás natural considerando a capital São Luís como uma porta de entrada e saída de insumos.

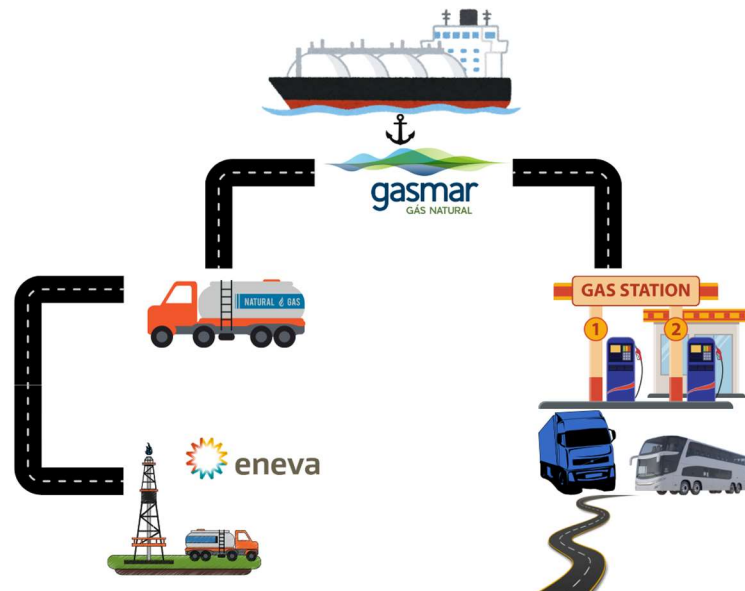


Figura 1. Esquema de distribuição de gás natural no Maranhão.

Partindo daí, buscou-se mapear postos dentro das principais BR's que poderia se adaptar a essa nova demanda. Esta informação pode ser vista na Figura 2, onde foi considerado inicialmente 9 postos dentro dos limites do Estado.

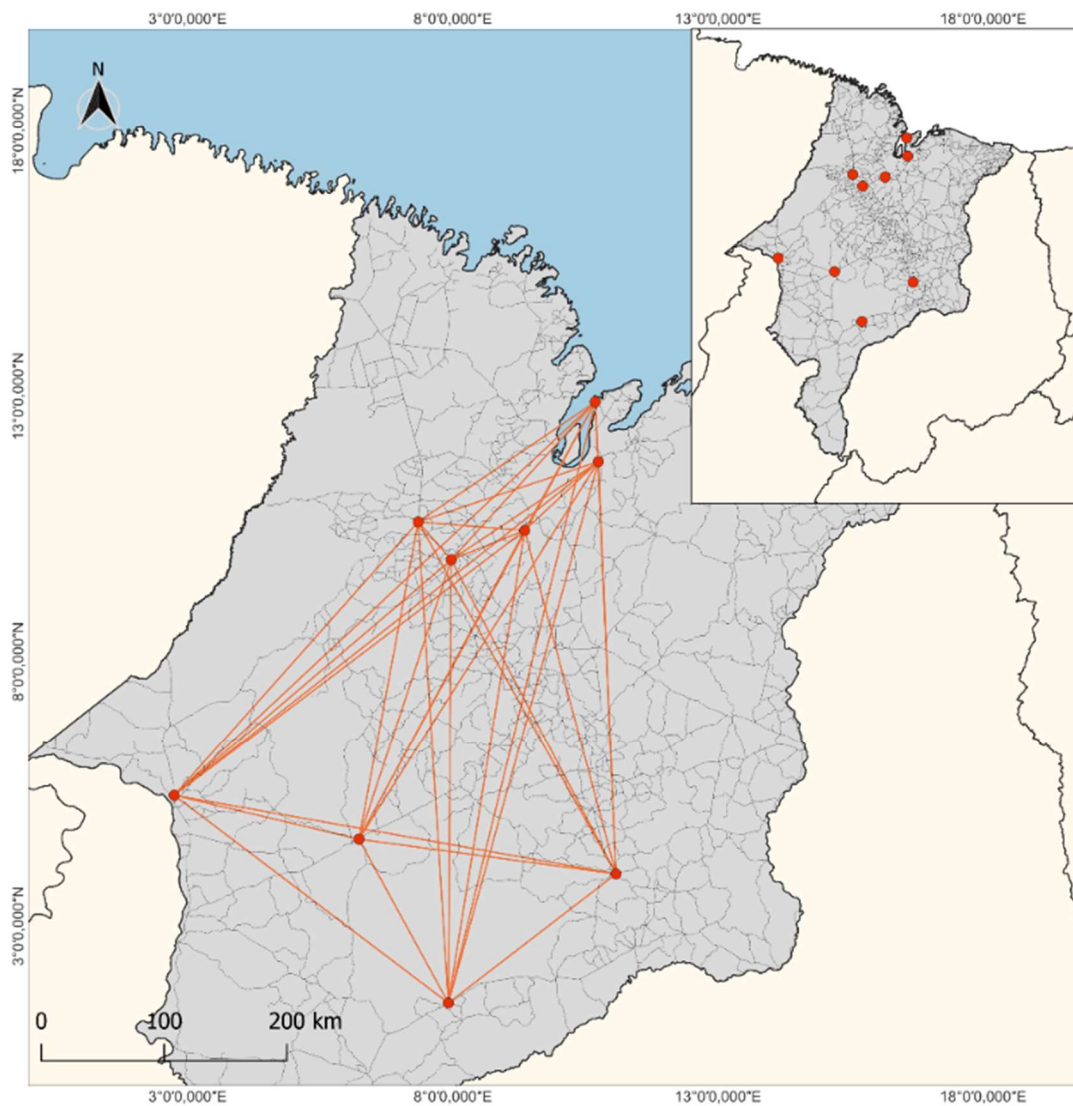


Figura 2. Postos mapeados.

Com esse arranjo pode se ter um fornecimento em todo o estado, considerando que estes postos estão nos municípios mais populosos do Estado.

3.2 Análise ambiental da inserção do GNV no Maranhão

Apesar dos benefícios oferecidos pela eficiência dos hidrocarbonetos, a sua queima ainda é a principal fonte de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE). Segundo o Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa-SEEG, em 2023 o Maranhão ocupou a 8ª posição no ranking de emissões por estado, sendo que o valor de emissão bruta foi 98360 Mil tCO₂e, e de emissão líquida 70539 Mil tCO₂e.

As emissões referentes ao setor de energia do Estado poder vistas na Figura 3.

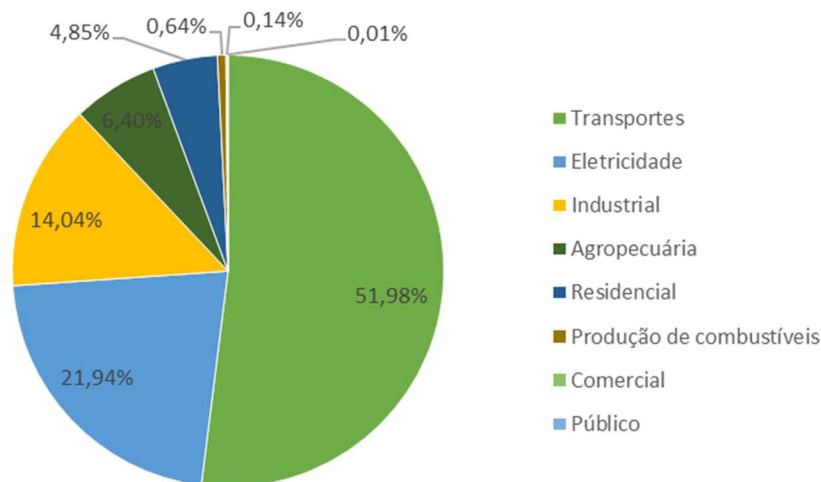


Figura 3. Emissões de GEE por setor no Maranhão. Fonte: SEEG (2023).

A substituição do diesel por GNV, contribuiria em muito para a redução destas emissões na matriz de transporte no estado do Maranhão. O cálculo dos poluentes e das emissões de GEE baseia-se na estimativa do consumo de combustível e dos fatores de emissão. O consumo de combustível foi estimado e usado para obtenção dos dados dos resultados mostrados na Tabela 3, conforme Eq. (2).

$$E_{px} = EF * CV * Q_{BRi} \quad (2)$$

onde, E_{px} é a quantidade total do poluente x emitida (em gramas ou quilogramas); EF é o fator de emissão do poluente x (em gramas ou quilogramas por unidade de combustível); CV é consumo de combustível (em unidades adequadas, como litros ou galões); Q_{BRi} quantidade de caminhões que passam no ponto i .

Com base no banco de dados referentes a emissão de poluentes, os caminhões e os ônibus rodoviários foram estimados a quantidade total de poluentes para o diesel e GNV em g/km.

Quando se tem dados limitados a quantidades totais de veículos, Cancelli e Dias (2014) calcularam valores para os poluentes para cada categoria usando uma abordagem por tempo. Entretanto os fatores de emissão de CO₂ para veículos a GNV e a diesel usados nesse estudo são aqueles obtidos de acordo com a metodologia do INEA (Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários – INEA), sendo 445,0 g de CO₂/km para diesel e 286,0 g de CO₂/km para o GNV, e para os demais aquele na base de dados do Ministério de Minas Ambiente (MMA, 2011).

Os valores usados para o diesel se referem a uma média de poluentes das categorias veículos pesados e ônibus rodoviário. O GNV como pode ser visto na Tabela 2 possui um fator menor que o do diesel.

Tabela 2: Valores de referência para os poluentes. Fonte: MMA (2011); INEA (2014).

| Categorias/Combustível/Poluentes | | CO (g.km ⁻¹) | NO _x (g.km ⁻¹) | RCHO (g.km ⁻¹) | NMHC (g.km ⁻¹) | CH ₄ (g.km ⁻¹) | MP (g.km ⁻¹) | CO ₂ (g.km ⁻¹) |
|----------------------------------|--------|-----------------------------|--|-------------------------------|-------------------------------|--|-----------------------------|--|
| Veículos Pesados | Diesel | 1,085 | 0,205 | - | 2,35 | - | 0,175 | 445,0 |
| | GNV | 0,56 | 0,29 | 0,0038 | 0,026 | 0,22 | - | 286,0 |

**CO: monóxido de carbono; Nox: óxidos de nitrogênio; RCHO: aldeídos; NMHC: hidrocarbonetos não metano; MP: material particulado; CH₄: metano.

Na Tabela 3, através da Eq. (1) considerando o consumo de diesel/km foi obtido a quantidade de poluentes gerados de acordo com a contagem de veículos obtidos nos pontos de contagem.

Tabela 3: Consumo de combustível e geração de poluentes para o diesel.

| BR | Média Ônib/Cam | Consumo de diesel km/L | CO (g/km) | NO _x (g/km) | NMHC (g/km) | MP (g/km) | CO ₂ (g/km) | CH ₄ (g/km) | RCHO (g/km) |
|-----|----------------|------------------------|-----------|------------------------|-------------|-----------|------------------------|------------------------|-------------|
| | | | 1,085 | 0,205 | 2,35 | 0,0235 | | | |
| 10 | 1293 | 6,0 | 8.416,89 | 1.590,29 | 18.230,13 | 182,30 | 3.452.087,50 | 0,00 | 0,00 |
| 135 | 1317 | 6,0 | 8.570,42 | 1.619,30 | 18.562,65 | 185,63 | 3.515.055,00 | 0,00 | 0,00 |
| 135 | 307 | 6,0 | 1.998,03 | 377,51 | 4.327,53 | 43,28 | 819.467,50 | 0,00 | 0,00 |
| 222 | 403 | 6,0 | 2.624,34 | 495,84 | 5.684,06 | 56,84 | 1.076.343,75 | 0,00 | 0,00 |
| 222 | 233 | 6,0 | 1.516,83 | 286,59 | 3.285,30 | 32,85 | 622.110,00 | 0,00 | 0,00 |
| 226 | 635 | 6,0 | 4.135,25 | 781,31 | 8.956,52 | 89,57 | 1.696.022,14 | 0,00 | 0,00 |
| 230 | 284 | 6,0 | 1.848,03 | 349,17 | 4.002,64 | 40,03 | 757.946,25 | 0,00 | 0,00 |
| 316 | 401 | 6,0 | 2.612,95 | 493,69 | 5.659,39 | 56,59 | 1.071.671,25 | 0,00 | 0,00 |

Conforme visto, o consumo do diesel produz CO, NO_x, NMHC, MP e CO₂ em quantidades expressivas por km rodado. E se consideramos um fluxo evolutivo do tráfego, esses números seriam ainda maiores. Sendo que apenas o monóxido de carbono (CO) emite um total de 31,72 g/km e hidrocarbonetos não metano (NMHC) um total de 68,71 g/km. No entanto, para o dióxido de carbono (CO₂) tem-se um total de 13,01 g/km. E 0,69 g/km de Material Particulado.

Em comparação, foi estimado também as emissões de poluentes para o GNV, e os resultados podem ser vistos na Tabela 4.

Tabela 3: Consumo de combustível e geração de poluentes para o GNV.

| BR | Média Ônib/Cam | Consumo de GNV km/L | CO (g/km) | NO _x (g/km) | NMHC (g/km) | MP (g/km) | CO ₂ (g/km) | RCHO (g/km) | CH ₄ (g/km) |
|-----|----------------|---------------------|-----------|------------------------|-------------|-----------|------------------------|-------------|------------------------|
| | | | 0,56 | 0,29 | 0,026 | 0 | | 286,000 | 0,0038 |
| 10 | 1293 | 7,0 | 5.068,23 | 2.624,62 | 235,31 | 0,00 | 2.588.419,17 | 34,39 | 1.991,09 |
| 135 | 1317 | 7,0 | 5.160,68 | 2.672,50 | 239,60 | 0,00 | 2.635.633,00 | 35,02 | 2.027,41 |
| 135 | 307 | 7,0 | 1.203,11 | 623,04 | 55,86 | 0,00 | 614.447,17 | 8,16 | 472,65 |
| 222 | 403 | 7,0 | 1.580,25 | 818,34 | 73,37 | 0,00 | 807.056,25 | 10,72 | 620,81 |
| 222 | 233 | 7,0 | 913,36 | 472,99 | 42,41 | 0,00 | 466.466,00 | 6,20 | 358,82 |
| 226 | 635 | 7,0 | 2.490,04 | 1.289,49 | 115,61 | 0,00 | 1.271.699,00 | 16,90 | 978,23 |
| 230 | 284 | 7,0 | 1.112,79 | 576,27 | 51,67 | 0,00 | 568.317,75 | 7,55 | 437,17 |
| 316 | 401 | 7,0 | 1.573,39 | 814,79 | 73,05 | 0,00 | 803.552,75 | 10,68 | 618,12 |

Como tem sido apontado pela literatura, assim foi confirmado que as emissões de poluentes pelo GNV em relação ao diesel são menores, sendo que o monóxido de carbono (CO) do GNV foi de 19,10 g/km, sendo aproximadamente 10 g menor que a emissão do diesel. E quanto aos hidrocarbonetos não metano (NMHC) esse valor foi praticamente zerado, sendo uma emissão de 0,89 g/km, Conforme Figura 4 a e Figura 4 b.

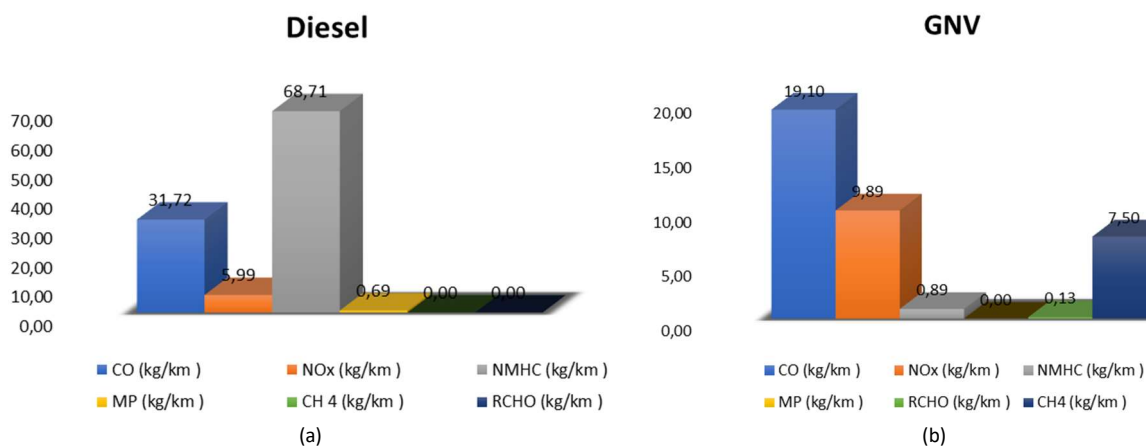


Figura 4. Comparação da geração entre os diesel e GNV.

Outro ponto que se deve observar, é a emissão de metano, de acordo com a metodologia o diesel não emite quantidades de metano significativa, entretanto com o uso de GNV, foi possível observar uma emissão de 7,50 g/km. Sendo que este gás também tem potencial de intensificar o efeito de estufa.

Já em relação ao dióxido de carbono (CO₂) foi observado uma redução de aproximadamente 3g/km entre GNV e o diesel.

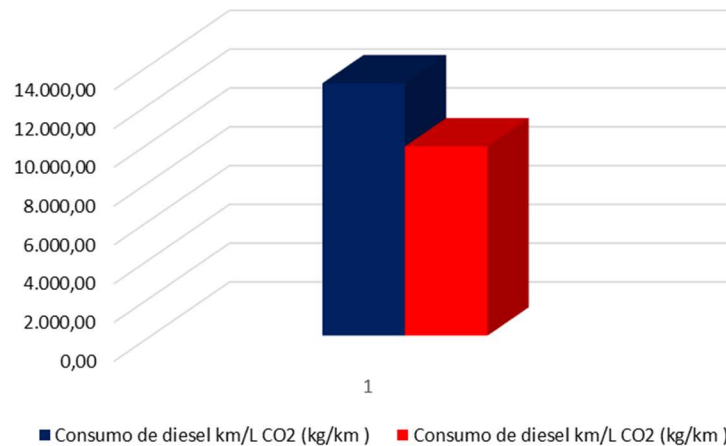


Figura 5. Comparação da geração de CO₂ entre os diesel e GNV.

O uso do GNV em substituição ao diesel apresenta significativos ganhos ambientais em termos de redução de emissões de CO₂, material particulado, NO_x, CO e hidrocarbonetos não queimados. Esses benefícios contribuem para a melhoria da qualidade do ar, redução de problemas de saúde pública relacionados à poluição atmosférica e mitigação das mudanças climáticas. A transição para o GNV é, portanto, uma medida eficaz para alcançar um transporte mais sustentável e menos poluente.

4 Conclusões

A substituição do diesel pelo Gás Natural Veicular (GNV) no estado do Maranhão apresenta um potencial significativo para a redução das emissões de poluentes e gases de efeito estufa. Este estudo demonstrou que o uso do GNV pode resultar em uma redução substancial nas emissões de CO₂, CO, NMHC, e material particulado, contribuindo para a melhoria da qualidade do ar e a saúde pública. A análise dos dados do SEEG mostrou que a implementação de uma infraestrutura adequada de postos de abastecimento de GNV é viável e pode ser realizada com um planejamento estratégico eficaz.

Além dos benefícios ambientais, a transição para o GNV também apresenta vantagens econômicas ao reduzir os custos operacionais para frotas de veículos pesados. Este estudo reforça a necessidade de políticas públicas que incentivem o uso do GNV e investimentos na infraestrutura necessária para sua ampla adoção. O Maranhão, ao adotar medidas para promover o uso do GNV, não apenas alinhar-se-á com as metas globais de sustentabilidade, mas também estabelecerá um exemplo para outras regiões do Brasil.

As reduções significativas nas emissões de CO₂, material particulado, NO_x, CO e hidrocarbonetos não queimados contribuem para a melhoria da qualidade do ar e a mitigação das mudanças climáticas. Este estudo destaca que:

- 1). Redução de Emissões: Houve uma diminuição notável de aproximadamente 3g/km de CO₂, juntamente com a redução de outros poluentes nocivos;
- 2). Melhoria na Saúde Pública: A diminuição dos poluentes atmosféricos pode resultar em menos problemas de saúde relacionados à poluição do ar;
- 3). Sustentabilidade: A adoção do GNV promove um transporte mais sustentável, alinhando-se com políticas climáticas globais.

A implementação de um corredor de GNV no Maranhão, com a infraestrutura de postos planejada, é uma medida crucial para alcançar esses benefícios. Políticas de incentivo e investimento em tecnologias de baixo carbono são essenciais para garantir a transição para um sistema de transporte mais limpo e eficiente. Portanto, este trabalho contribui para o entendimento e promoção de soluções mais sustentáveis no setor de transporte, ressaltando a importância de ações concretas para a mitigação dos impactos ambientais negativos associados ao uso de combustíveis fósseis.

Referências bibliográficas

- Andreão, W. L., Albuquerque, T. T. A., and Kumar, P. (2018). Excess deaths associated with fine particulate matter in Brazilian cities. *Atmospheric Environment*, 194, 71-81. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2018.09.034>
- Arrais, C., and Taco, P. (2020). ‘Estimativa das Emissões de Gases de Efeito de Estufa no Campus da Universidade de Brasília em Cenários Futuros com veículos Autônomos’. In: *34º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte da ANPET*, 1-12. [online] https://www.anpet.org.br/anais34/documentos/2020/Aspectos%20Econ%C3%B4micos%20Sociais%20Pol%C3%ADticos%20e%20Ambientais%20do%20Transporte/Transporte%20e%20Meio%20Ambiente/5_478_AC.pdf
- Arteconi, A., and Polonara, F. (2013). ‘LNG as vehicle fuel and the problem of supply: The Italian case study’. *Energy Policy*, 62, 503-512. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.08.016>
- Cancelli, D. M. and Dias, N. L. (2014) ‘BRevê: uma metodologia objetiva de cálculo de emissões para a frota brasileira de veículos’, *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 19, pp. 13-20. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522014019010000284>
- Dhinesh, B. and Annamalai, M. (2018) ‘A study on performance, combustion and emission behaviour of diesel engine powered by novel nano nerium oleander biofuel’, *Journal of cleaner production*, 196, pp. 74-83. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.002>
- Galbieri, R., Soares, S. R., Aguiar, M. L., Teixeira, E. C., and Maia, P. B. (2018). ‘Bus fleet emissions: new strategies for mitigation by adopting natural gas’. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 23, 1039-1062. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11027-017-9771-y>
- Hassan, M. H., and Kalam, M. A. (2013). ‘An overview of biofuel as a renewable energy source: development and challenges’. *Procedia Engineering*, 56, 39-53. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.03.087>
- Mouette, D. et al. (2019) ‘Costs and emissions assessment of a Blue Corridor in a Brazilian reality: The use of liquefied natural gas in the transport sector’, *Science of the total environment*, 668, pp. 1104-1116. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.255>
- Osorio-Tejada, J. L., Llera-Sastresa, E. and Scarpellini, S. (2017) ‘Liquefied natural gas: Could it be a reliable option for road freight transport in the UE’, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 71, pp. 785-795. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.12.104>
- Pronin, E., Samsonov, R. and Malenkina, I. (2009) ‘Prospects for expansion of international transport corridors Russia-Europe with the use of natural gas as motor fuel’, in *Proceedings of the 24th International Gas Union World Gas Conference (WGC'09)*. <http://members.igu.org/html/wgc2009/papers/docs/wgcFinal00248.pdf>
- Rocon, M. M. and Ribeiro, F. V. ‘Viabilidade economica da implementação do combustivel GNV em frota de caminhões’. [online] https://icongresso.ibp.itarget.com.br/arquivos/trabalhos_completos/ibp/3/final.IBP0773_20_26112020_203710.pdf
- Stefana, E., Marciano, F. and Alberti, M. (2016) ‘Qualitative risk assessment of a Dual Fuel (LNG-Diesel) system for heavy-duty trucks’, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 39, pp. 39-58. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2015.11.007>
- Thiruvengadam, A., Durbin, T. D., and Goodell, J. A. (2018). ‘Natural gas vehicles in heavy-duty transportation - A review’. *Energy Policy*, 122, 253-259. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.07.052>