

EMISSÕES ATMOSFÉRICAS NO CICLO DE VIDA DE SISTEMAS DE TRANSPORTES SOBRE TRILHOS DOS ESTADOS UNIDOS E DO JAPÃO

Data de submissão: 16/12/2024

Data de aceite: 02/12/2024

Carlos Eduardo Sanches de Andrade

Universidade Federal de Goiás -
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Docente das graduações em Engenharia
de Transportes e Engenharia Civil
Aparecida de Goiânia - Goiás
<http://lattes.cnpq.br/2536969910869609>

LIFE CYCLE ATMOSPHERIC EMISSIONS FROM RAIL TRANSPORTATION SYSTEMS IN THE UNITED STATES AND JAPAN

ABSTRACT: The study analyzes the Life Cycle Assessment (LCA) of rail systems in the United States and Japan. LCA assesses environmental impacts from the extraction of materials to the end of the system's useful life. Carbon dioxide - CO₂ - emissions occur in several phases, operational and non-operational, such as construction and maintenance. The research addresses the literature of studies already carried out that consider CO₂ emissions in the LCA of rail systems - subways, railways and maglev, showing that most emissions are the responsibility of the non-operational phase of rail systems.

KEYWORDS: Life cycle assessment, emissions and rail systems.

RESUMO: O estudo analisa a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) em sistemas sobre trilhos dos Estados Unidos e do Japão. A ACV avalia os impactos ambientais desde a extração de materiais até o final da vida útil do sistema. As emissões de dióxido de carbono - CO₂ - ocorrem em várias fases, operacionais e não operacionais, como a construção e manutenção. A pesquisa aborda sobre a literatura de estudos já realizados que consideram a emissão de CO₂ na ACV de sistemas sobre trilhos - metrô, ferrovias e maglev, mostrando que a maioria das emissões são de responsabilidade da fase não operacional dos sistemas sobre trilhos.

PALAVRAS-CHAVE: Avaliação do ciclo de vida, emissões e sistemas sobre trilhos.

1 | INTRODUÇÃO

Em 2007, a ONU (Organização das Nações Unidas) publicou o relatório “*Climate Change*” destacando o efeito dos Gases do Efeito Estufa (GEE) nas

variações climáticas e no aumento da temperatura do planeta. As nações foram, então, estimuladas a planejar ações de redução da emissão desses gases poluentes. O principal gás do efeito estufa é o dióxido de carbono (CO₂).

A emissão de CO₂ em sistemas de transportes responde por cerca de 25% do total de emissões globais, sendo o transporte privado responsável pela maior parte dessas emissões. É estimado que até 2050 a energia utilizada nos sistemas de transporte dobre, o que aumentaria ainda mais a emissão de gases, caso ações de mitigação dessas emissões não sejam implementadas (IEA, 2009). A consciência ambiental vem crescendo em todo mundo, e os governos vêm implementando políticas de estímulo à redução da emissão de GEE. Algumas cidades definiram quantitativamente objetivos de redução, como, por exemplo, na Inglaterra, na cidade de Londres, foi estabelecido um programa de redução de emissões de carbono no setor de transportes, com previsão de redução de 60% das emissões até 2025, tendo como base o ano de 1999 (London Underground, 2009).

No setor de transportes um bom sistema de transporte público pode contribuir para a solução do problema, diminuindo o uso de transporte privado. Os sistemas sobre trilhos são reconhecidos como tendo a menor emissão de CO₂ na comparação com outros meios de transportes motorizados. Contudo, considerando as emissões totais, incluindo, por exemplo, a construção da infraestrutura, é preciso investigar se esses sistemas continuam, em termos de emissão de CO₂, como a melhor alternativa de transporte.

O objetivo deste trabalho é pesquisar a ACV - Avaliação do Ciclo de Vida em sistemas sobre trilhos dos Estados Unidos e do Japão, com o objetivo de estimar a importância de cada estágio do ciclo de vida na quantidade de CO₂ emitida durante o tempo de vida útil do sistema e as condições que justifiquem, ou não, a implantação desses sistemas. A seção 1 trata-se da introdução, onde consta uma breve contextualização do estudo em questão com a definição do objetivo do trabalho. A seção 2 aborda sobre a ACV em sistemas sobre trilhos. A seção 3 analisa os resultados das emissões durante o ciclo de vida em estudos já desenvolvidos e publicados em alguns sistemas sobre trilhos dos Estados Unidos e do Japão, e as condições que justificam a implantação desses sistemas. A seção 4 apresenta as conclusões do artigo.

2 | AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA - ACV - EM SISTEMAS SOBRE TRILHOS

A ACV é uma ferramenta de gestão do ciclo de vida de um produto ou serviço. A norma ISO 14.040 aborda a ACV, relacionando essa avaliação com os aspectos ambientais e potenciais impactos ambientais através do ciclo de vida do produto/serviço, desde a extração de matéria prima, passando pela produção, uso, tratamento do fim de vida, reciclagem e disposição final. A ISO 14.040 define o ciclo de vida como sendo “estágios sucessivos e encadeados de um sistema de produto, desde a aquisição da matéria prima ou geração de recursos naturais à disposição final” e define a ACV como sendo: “compilação

e avaliação das entradas, das saídas e dos impactos ambientais potenciais de um sistema de produto ao longo do seu ciclo de vida” (ISO, 2009).

A emissão de CO₂ nos sistemas sobre trilhos ocorre nas diversas fases do seu ciclo de vida, ou seja, nas fases operacionais e não operacionais. A infraestrutura e os veículos compreendem as etapas de construção, operação, manutenção e fim de vida. Esta última etapa é geralmente desprezada por não haver propriamente um fim de vida completo, no sentido tradicional, que envolve o completo desuso e descarte. O combustível, que no sistema sobre trilhos é usualmente a eletricidade, tem apenas a etapa de construção (ou seja: a geração da energia elétrica). Portanto a abordagem do ciclo de vida nos sistemas sobre trilhos pode ser dividida em componentes operacionais (operação dos veículos e operação da infraestrutura) e não operacionais (construção da infraestrutura, construção dos veículos, manutenção da infraestrutura e manutenção dos veículos). As emissões operacionais são devidas ao consumo de energia na movimentação dos veículos e na operação da infraestrutura e as emissões não operacionais são devidas à construção e à manutenção da infraestrutura e dos veículos.

A construção da infraestrutura do sistema inclui etapas como a construção de túneis, elevados e estações; a construção das estruturas que suportam os trilhos e a alimentação energética; e a manufatura dos insumos utilizados nessas construções e nos trilhos. A construção dos veículos inclui a fabricação dos trens e veículos de apoio. A manutenção da infraestrutura e dos veículos inclui a manufatura das peças de manutenção.

3 | ANÁLISE DE RESULTADOS

Na literatura científica sobre transportes, é possível identificar estudos já realizados e publicados sobre as emissões na ACV de sistemas sobre trilhos em diversos locais do mundo. Nesse capítulo serão apresentados os resultados de alguns desses estudos já publicados considerando os países Estados Unidos e Japão, a fim de identificar a relevância das emissões nas diferentes fases que compõem o ciclo de vida de sistemas sobre trilhos.

3.1 Estudos em sistemas de metrô dos Estados Unidos

Chester (2008) avaliou alguns sistemas de transporte dos Estados Unidos com o objetivo de construir um inventário de ciclo de vida para vários meios de transporte. Os sistemas de São Francisco BART (Bay Area Rapid Transit – cobre São Francisco e cidades vizinhas, num total de 104 milhas e 44 estações, das quais 15 subterrâneas) e MUNI (San Francisco Municipal Railway – cobre São Francisco, com 33 estações, das quais 9 subterrâneas), que possuem características de metrô, quando avaliadas as emissões das fases não operacionais, tiveram um crescimento em relação às emissões operacionais de, respectivamente, 119% e 146%, por passageiro-km. Nesse estudo não foram considerados

a construção dos túneis e pontes e nem o fim de vida dos veículos. As emissões não operacionais foram normalizadas para o tempo de vida dos trens, considerado como 26-27 anos. Foi utilizado o software de avaliação do ciclo de vida SIMAPRO.

Em levantamento posterior de Chester e Hovarth (2009a) nos metrô de Nova Iorque e Chicago, quando considerada a avaliação do ciclo de vida, houve um aumento das emissões em relação à operação de 94% no Metrô de Nova Iorque e de 75% no Metrô de Chicago, também considerando a emissão por passageiro-km. Chester e Hovarth (2009b) afirmam que o consumo de energia e as emissões de gases nos sistemas sobre trilhos são mais fortemente influenciados pelos componentes não operacionais do que nos sistemas de transporte rodoviários ou aéreos.

3.2 Estudos em sistemas de ferrovias e maglev do Japão

Um estudo de ciclo de vida foi aplicado a uma ferrovia de 35 km em Tóquio. Foi especificado um tempo de 50 anos para calcular a emissão acumulada. Após 22 anos a emissão operacional acumulada passou a ser maior que a emissão não operacional. Ao final de 50 anos a emissão operacional acumulada representaria 64,6% do total, a manutenção 1,7 %, a manufatura e descarte dos veículos 2,2%, e a construção da infraestrutura 31,5%. Considerando também a redução na emissão proporcionada pelo deslocamento de usuários de outros meios de transporte, ao final de 50 anos haveria um saldo líquido positivo, ou seja, haveria uma redução na emissão. Outra comparação foi feita com um sistema imaginário de BRT no mesmo trajeto e que tivesse a mesma capacidade de transporte, de 270 mil passageiros por dia. Foi assumido que as fases não operacionais teriam a mesma emissão, pelo fato de serem construções semelhantes. Assim a fase operacional é que determinaria o valor da emissão. Ao final de 50 anos a emissão da ferrovia seria cerca de seis vezes menor que a do BRT, resultado provavelmente devido a uma matriz de geração de eletricidade de baixa emissão (MORITA et al., 2011).

Kato et al. (2005) analisaram um projeto de implantação de MAGLEV no Japão, sob a abordagem de ciclo de vida. O projeto seria para um trecho de 500 km, de Tóquio a Osaka, com nove estações. Nesse trecho 80 km seriam na superfície enquanto a parte aérea teria uma ponte elevada de 120 km e a parte subterrânea um túnel de 300 km. A taxa de lotação seria de 80% e o tempo de vida fixado em 20 anos para o veículo. O estudo foi feito para um tempo de 60 anos. Nesse tempo a operação dos trens consumiu 89% da emissão total, a construção, manutenção e fim de vida dos veículos 2% e a construção, manutenção e operação da infraestrutura 9%, resultando em 13 gCO₂/PKM.

4 | CONCLUSÕES

A emissão de carbono pelos sistemas sobre trilhos durante sua operação é devida principalmente à grande utilização de energia elétrica, ficando altamente dependente da matriz energética utilizada na geração da energia. Considerando apenas a fase operacional os sistemas sobre trilhos emitem geralmente menos, por passageiro- km, que os demais meios de transporte que utilizam combustível não renovável. Esse resultado é influenciado também pela carga de passageiros do sistema.

Para uma avaliação mais precisa da emissão de CO₂ pelos sistemas sobre trilhos é necessário considerar outros aspectos além das emissões durante a operação do sistema. A avaliação do ciclo de vida mostra uma visão mais precisa da real dimensão da emissão causada por este modo de transporte, pois pode ser analisada sob uma perspectiva de comparação com outras soluções de transporte, permitindo concluir se o sistema sobre trilhos avaliado representa a melhor solução de transporte, sob o ponto de vista de emissão de CO₂.

Algumas condições que favorecem, na fase de construção, a justificativa para a implantação de um sistema sobre trilhos, são: a) projeto que minimize a construção de túneis e pontes; e b) uso de materiais e tecnologias de menor emissão. Na fase de operação algumas condições que favorecem são: a) Matriz energética com pouca utilização de fontes térmicas; b) eficiência energética, otimizando o consumo de energia elétrica; e c) demanda adequada de passageiros migrando de transportes de maior emissão e que possibilitem uma boa carga de passageiros nos trens. Os sistemas com pouca emissão operacional, têm, teoricamente, maiores possibilidades de justificativa que os demais.

REFERÊNCIAS

Chester, M. (2008) Life-cycle environmental inventory of passenger transportation in the United States. Tese de doutorado na Universidade da Califórnia, Berkeley, 2008. Disponível em <<http://escholarship.org/uc/item/7n29n303>>.

Chester, M. e A. Horvath (2009a) Life-cycle energy and emissions inventory for motorcycles, diesel, automobiles, school buses and metropolitan rails. Disponível em <<http://escholarship.org/uc/item/6z37f2jr.pdf>>.

Chester, M. e A. Horvath (2009b) Environmental assessment of passenger transportation should include infrastructure and supply chains. *Environmental Research Letters*, 2009, v 4 no. 2, DOI: 10.1088/1748-9326/4/2/024008

IEA (2009) Transport, energy and CO₂. International Energy Agency. Disponível em <<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/transport2009.pdf>>.

ISO (2009) ISO 14040:2009 Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura.

Kato, H.; Osada, M.; Shibahara, N.; Hayashil, Y. (2005) A Life Cycle Assessment for evaluating environmental impacts of inter-regional high-speed mass transit projects. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, v.6, pp. 3211 - 3224.

London Underground (2009) London Underground carbon footprint. Disponível em <<http://www.tfl.gov.uk/assets/downloads/corporate/london-underground-carbon-footprint-2008.pdf>>.

Morita, Y.; T. Yamasaki; K. Shimizu; H. Kato e N. Shibahara (2011) A Study on Greenhouse Gas Emission of Urban Railway Projects in Tokyo Metropolitan Area. *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, v.8