

Transporte e Qualidade do ar: Um panorama nos últimos 10 anos da América Latina

Palavras-Chave: [Meios de Transporte], [Qualidade do ar], [América Latina]

Autores/as:

Ana Carolina Piva Secchi – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Tecnologia
Prof. Dr. Felipe Benavente Canteras – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Tecnologia

INTRODUÇÃO:

A Política Nacional de Mobilidade Urbana classificou os transportes urbanos entre motorizados e não motorizados, sendo os motorizados aqueles que necessitam de um motor (seja por combustão ou elétrico), e os não motorizados aqueles que se deslocam sem a necessidade de um motor (enquadra-se nesse grupo transporte com tração animal). O setor de transportes é composto por diversos modais - rodoviário, ferroviário, aéreo, hidroviário etc. – abrangendo transporte de cargas e de pessoas, contendo meios de transporte públicos, que em geral são considerados mais sustentáveis, principalmente quando comparados com meios de transportes rodoviários particulares (Ma et al., 2021). Estima-se que 90% das emissões de gases poluentes e de dióxidos de carbono sejam provenientes da queima de combustível de transporte do modal rodoviário (Corrêa, 2010).

A América Latina destaca-se como a segunda região mais urbanizada do mundo (Nações Unidas, 2018), sendo que Brasil, México e Argentina apresentam as maiores áreas urbanas da América Latina (FAO e ITPS, 2015). Como consequência dessa intensa urbanização, houve também um aumento nas demandas de transporte, culminando na elevação dos níveis de poluição, principalmente pelo aumento do uso de veículos particulares de uso rodoviário (Riojas Rodriguez et al., 2016; Tume et al., 2018b).

Com o aumento do número de automóveis, o setor de transporte passou a ser diretamente um dos maiores consumidores de recursos, tornando-se um agente indispensável nas discussões sobre sustentabilidade (De Vasconcellos et al., 2011). Embora os veículos venham obedecendo os limites estabelecidos pelas agências ambientais e das emissões de

poluentes, ainda assim são considerados as principais fontes de poluição atmosférica em áreas urbanas (IAP, 2020).

Os principais poluentes atmosféricos que se associam com os modais de transporte são o monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NOx), hidrocarbonetos (HC), óxidos de enxofre (SOx), material particulado (MP) (CETESB, 2021). De acordo com o relatório publicado pela Organização Pan-Americana da Saúde, a poluição do ar é responsável por mais de 51 mil mortes anuais em todo o Brasil (OPAS, 2018b). A Organização Mundial de Saúde (OMS) tem desenvolvido estudos para apoiar gestores públicos interessados em melhorar, entender e controlar os níveis de poluição do ar em suas regiões (WHO, 2017) e também sugere padrões mais restritivos de qualidade do ar (WHO, 2006a), visando a manutenção da saúde da população exposta. Ainda segundo um estudo da OMS (2016) mais de 90% da população mundial não respira um ar de qualidade aceitável.

Considerando o cenário descrito e a relação entre transportes e poluição, este estudo tem como objetivo realizar o levantamento dos estudos desenvolvidos na América Latina sobre os impactos do setor de transportes na qualidade do ar. Nesse sentido, o desenvolvimento deste estudo é imprescindível para que possamos estabelecer o atual estado da arte, que é imprescindível para a elaboração, acompanhamento e controle de ações e políticas públicas, incentivando investimentos futuros em mobilidade urbana sustentável.

METODOLOGIA:

Nesta revisão sistemática de literatura, utilizamos três bases de literatura. Foram elas: Web of Science, Scopus e Scielo, utilizando os termos de busca em inglês: train OR "rail ridership"

OR Traffic OR vehicular OR Subway OR Ship OR Boat OR Bus OR Car OR Motorcycle OR Bicycle OR Airplane OR Ferry OR trucks OR Helicopter OR Autos **AND** "air quality" OR "atmospheric pollutant" OR "pollutant emissions" OR "air pollution" **AND** Argentina OR Belize OR Bolivia OR Brazil OR Chile OR Colombia OR "Costa Rica" OR Cuba OR "Dominican Republic" OR Ecuador OR "El Salvador" OR "French Guiana" OR Guatemala OR Guyana OR Haiti OR Honduras OR Jamaica OR Mexico OR Nicaragua OR Panama OR Paraguay OR Peru OR "Puerto Rico" OR Suriname OR "The Bahamas" OR Uruguay OR Venezuela OR "Latin America". Na pesquisa foram incluídas exclusivamente publicações de artigos científicos, no qual os estudos foram desenvolvidos nos países da América Latina com publicações entre janeiro de 2011 a dezembro de 2020, nos idiomas português, inglês e espanhol.

Para a seleção final dos artigos foram realizadas as etapas de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão. Foi utilizado o gerenciador de referências Mendeley © como forma de auxiliar o processo. A figura 1 ilustra o fluxograma com as etapas do processo de seleção dos estudos.

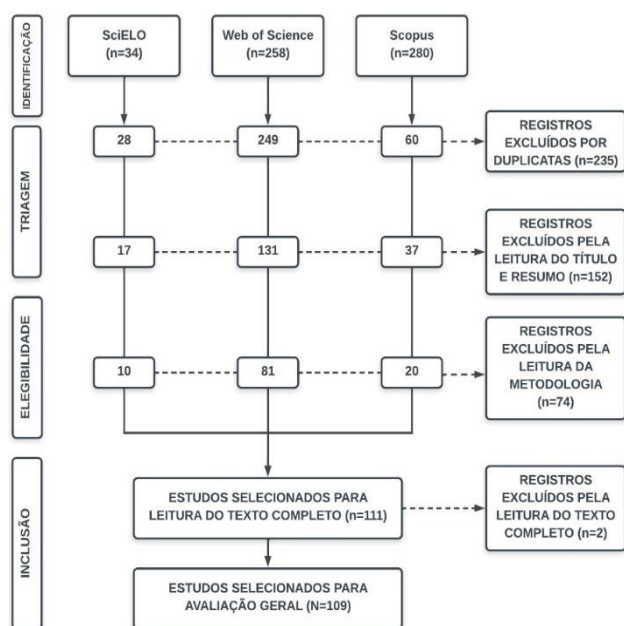


Fig. 1. Fluxograma da revisão sistemática
Fonte: Elaborada pelos autores.

Na etapa de identificação foram definidas as strings de buscas (já citados anteriormente) e realizada a busca nas bases de dados científicas. As strings foram feitas nas buscas avançadas, e apenas com palavras no resumo. Primeiramente começamos as buscas restringindo o período de estudo de 2011 à 2020; depois colocamos os nomes dos países da América Latina e com o próprio nome "América Latina" afim de restringir os artigos geograficamente; o terceiro passo foi definir todos os meios de transportes e termos nos quais

se enquadravam; o quarto passo foi utilizar termos referentes a meio-ambiente e qualidade do ar; e por fim restringir a pesquisa a apenas artigos científicos. Identificando assim amplamente as publicações relacionadas do setor de transportes e meio-ambiente. Na etapa de identificação, foram identificados 572 estudos no total.

Já na etapa de triagem, foram utilizados alguns critérios de seleção baseados na leitura dos títulos e resumos. Sendo o primeiro passo desta etapa a exclusão de artigos duplicados e artigos que não se encaixavam no recorte geográfico e temporal definidos para este estudo através da leitura do título ou resumo, ou seja, os artigos científicos deveriam atender totalmente ao objetivo do trabalho, possuindo uma relação direta no seu título ou resumo juntamente com o setor de transportes e meio-ambiente. Na etapa de exclusão de artigos duplicados foram excluídos 235 artigos, já na etapa de exclusão por leitura de título e resumo foram excluídos mais 152 artigos, restando 185 artigos.

A etapa de elegibilidade foi baseada na leitura dos materiais e métodos, garantindo que só fossem incluídos estudos que refletem no impacto direto dos transportes ao meio-ambiente e na qualidade do ar e do aumento da poluição. Na etapa de elegibilidade foram excluídos 74 artigos, restando 111 artigos.

A etapa de inclusão consistiu na leitura de todos os artigos em texto completo. Os artigos considerados nesta etapa abordavam características gerais dos estudos relacionados a algum modal de transporte com foco na poluição do ar, bem como iniciativa de políticas públicas aplicadas a melhoria da qualidade do ar. Ao final foram 109 artigos para a realização da revisão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Revisão Sistemática

A revisão sistemática resultou em 109 artigos publicados entre os anos de 2011 à 2020, sendo 2018, 2017 e 2020 com maior número de publicações.

Distribuição geográfica das publicações

Os artigos selecionados abrangeram 12 países diferentes. O país com o maior número de citações foi o Brasil, avaliado em 57 artigos, seguido pelo México com 21 citações e Colômbia com 9.

Modais de transportes

Dos 109 artigos selecionados 103 artigos são de estudos de transporte rodoviário, enquanto apenas 3 são relacionados às emissões de navios, 2 de estudos sobre trem e 1 estudo está relacionado ao metrô. Nota-se claramente uma predominância em estudos sobre o modal

rodoviário e uma lacuna em estudos sobre outros modais e qualidade do ar na América Latina.

Tipos de combustíveis e Emissões de Poluentes

Considerando os 109 artigos avaliados, foi possível entender quais são os tipos de combustíveis mais comuns encontrado no cenário latino-americano, quando abordamos um estudo voltado aos meios de transportes. O combustível com maior número de citações foi o diesel com 61, seguido da gasolina com 50, o terceiro foi o etanol com 24 e por último o biocombustível com 10. Baseado nos 109 artigos estudados, identificamos os poluentes mais citados nos artigos da América Latina. Sendo os mais citados: CO, PM₁₀, NO_x, PM_{2,5}, HC e CO₂.

Não podemos deixar de fazer uma relação entre cada tipo de combustível estudado com as emissões dos poluentes. É necessário ressaltar que a quantidade de emissões de poluentes dos meios de transportes não depende apenas do fator da origem do combustível, mas sim de uma relação com a qualidade do motor (E. Gramsch et al., 2018). E com o ano da frota, quanto mais antiga for a idade do veículo maior será suas emissões (R. Morales Betancourt et al., 2019). Sendo válido ressaltar que também é importante controlar o volume do tráfego e do tempo de espera no congestionamento para controlar as emissões de poluentes na qualidade do ar. (Fernandez e Das, 2011).

O NO_x e PM₁₀ estão atrelados diretamente ao diesel e suas fontes de poluição do ar, mas vale ressaltar que o diesel segundo estudos não é o principal contribuinte para o CO (R. Morales Betancourt et al., 2019). E emissões de HC, CO e CO₂ dos veículos brasileiros e americanos diminuiram à medida que a quantidade de etanol na gasolina aumentou (E. Gramsch et al., 2018).

Apesar de acreditarem que os veículos a base de etanol geram uma menor emissão de poluição do que os veículos a base de gasolina, alguns estudos vem sugerindo benefícios para a saúde ao fazer a mistura de gasolina pura com etanol, onde tiveram como resultado reduções nas concentrações de ozônio (O₃) em São Paulo, provando que combinações de combustíveis reduzem as emissões de NO_x nos tubos de escape que levam a diminuição da concentração de O₃ mas o estudo ressalta a necessidade de se aprofundar mais ainda sobre composição química do ar (Salvo e Geiger, 2014).

Um estudo estimando emissões dos gases emitidos de veículos pesados (veículos dos transportes coletivos) no Rio de Janeiro, a partir do método Bottom up empregado pela CETESB, selecionou alguns poluentes atmosféricos como: Monóxido de Carbono (CO), Óxido de nitrogênio (NO_x), Hidrocarboneto não metano (NMHC) e

Material Particulado (PM) no qual pode se notar que as emissões de NO_x são consideravelmente maiores em veículos pesados a diesel, do que em veículos leves a gasolina. Enquanto o CO é o segundo com percentual de maior poluente, em terceiro compreende os hidrocarbonetos não metano geradas no processo da combustão e por último o material particulado que equivale apenas a 1% das emissões (Almeida, et al. 2016).

É importante aos cidadãos cobrar os órgãos regulamentadores para estarem atentos a qualidade dos combustíveis, e se os combustíveis estão dentro do padrão. Um exemplo é a qualidade da gasolina, onde é importante considerar que quanto maior a quantidade de benzeno presente nela, maior uma concentração desse composto e por tanto maior será suas emissões, já que a maior parte das contribuições de emissões desse composto ocorrem no processo de partida do escapamento do motor (Alcantar Gonzalez, Fabiola Selene et al., 2020)

Políticas Públicas

Considerando os 109 artigos do nosso estudo, 70 artigos (64%) abordam as políticas públicas, enquanto apenas 39 não abordam o tema.

Desta forma, reforça a importância de políticas públicas ativas e de uma boa governança para orientá-las, sendo fundamentais para uma melhoria da qualidade do ar. Podendo as políticas públicas atuar através de previsões de concentrações de poluentes, através de estudos de impacto do uso de diferentes tipos de combustíveis, ou diferentes modais de transportes, bem como implementações de programas de regulação de emissões (Andrade, et al., 2015).

O controle de qualidade do ar nas cidades é uma política pública imprescindível, um programa que melhorou significativamente a qualidade do ar foi o 'Pico y Placa' da cidade de Quito, no Equador que reduziu o congestionamento do tráfego e a poluição do ar restringindo o número de veículos circulando em dias úteis, onde houve uma redução significativa de monóxido de carbono (CO) em 9 a 11%. (Carrilo, et al., 2013)

Mas é necessário que as políticas públicas antes de implementadas sejam estudadas minuciosamente. No caso do México foi criado o programa de restrição de caminhões (acima de 3,5 toneladas) no horário de pico da manhã, nos principais corredores da Cidade do México. Mas nesse caso vale ressaltar que apesar de haver uma redução de emissões de CO e NO_x produzidas por caminhões, houve um aumento das emissões totais de CO porque os espaços deixados por caminhões acabaram sendo ocupados pelo tráfego geral, incluindo vários caminhões pequenos adicionais (Lyons, et al., 2017).

Baseado neste estudo, algumas prioridades em relação a qualidade do ar são destacadas para o avanço das políticas públicas na América Latina, sendo elas:

- Renovação da frota dos transportes públicos (R. Morales Betancourt et al., 2019)
- Controle de tráfego e espera no congestionamento (Fernandez e Das, 2011).
- Sistema de transporte integrado que substitua a necessidade de usar um automóvel particular (Martinez, et al. 2016).
- Implantação de uma frota de carros elétricos (Ramos, Denis Fernando et al., 2012).
- Inclusão de padrões mais rigorosos nas emissões de poluição (Verán-Leigh, Daniel et al., 2019).

CONCLUSÕES:

O presente trabalho permitiu analisar estudos que relacionam os meios de transportes com as emissões de poluentes em países da América Latina. Foi possível relacionar os meios de transportes e a poluição do ar com iniciativas de políticas públicas e os tipos de combustíveis utilizados sendo possível analisar que as iniciativas relacionadas à governança e social também são de extrema importância para a sustentabilidade nos meios de transportes.

A poluição derivada dos meios de transportes é um grave problema de extrema relevância que afeta a população em todo o mundo pois é responsável por danos a saúde e ao meio ambiente. Os principais poluentes encontrados foram CO, PM₁₀, NO_x, PM_{2,5}, HC e CO₂, que estão associados principalmente as emissões de tráfego de veículos rodoviários.

O transporte mais estudado quanto as emissões de poluentes na América Latina é o transporte rodoviário tais como seus poluentes. Sendo evidenciado uma grande lacuna entre estudos de outros meios de transportes relacionado com a poluição do ar como metrô, trem, barco, navio, avião e helicóptero. Por tanto essa abordagem deve ser mais explorada para o desenvolvimento de estratégias relacionadas a identificação dos poluentes causados por outros meios de transporte bem como a sua remediação, afim de garantir menores danos a saúde pública e também ao meio ambiente.

Nota-se também que a maior parte dos estudos correlaciona a qualidade do ar apenas com a operação dos veículos, evidenciando ainda a outra lacuna, contendo poucos estudos referentes aos impactos de qualidade do ar relacionados aos terminais e a importância do sistemas de controle e no traçado das vias na diminuição das emissões atmosféricas.

Verificamos que há uma falta de uniformidade quanto às metodologias empregadas para identificar a concentrações de emissões que o transporte emite. Porém destacamos que apesar da falta de uniformidade das metodologias, os estudos apresentaram resultados muito semelhantes.

BIBLIOGRAFIA:

Alcantar Gonzalez, Fabiola Selene Et Al . Análisis Del Contenido De Benceno En Las Gasolinas Y Estimación De Emisiones De Este Compuesto Al Ambiente. Rev. Int. Contam. Ambient, Ciudad de México,2020, p. 321-331, 2020 . Disponível em <<http://www.scielo.org.mx/scielo.php?>>. Último acesso em: 25 julho,2022.

Almeida,L 1; Amorim, D 1; Pereira, F; Andrade Maria de Fatima, Ynoue Rita Y., Freitas Edmilson Dias, Todesco Enzo, Vara Vela Angel, Ibarra Sergio, Martins Leila Droprinchinski, Martins Jorge Alberto, Carvalho Vanessa Silveira Barreto. Air quality forecasting system for Southeastern Brazil

CETESB, 2021. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Emissão Veicular [WWW Document]. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/veicular/> (accessed 5.15.21)>. Último acesso em: 24 julho,2022.

Corrêa, C; 2010. Setor de Transporte é o que causa mais impactos na qualidade do ar. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em <<https://www.mma.gov.br/informma/item/6191-setor-de-transporte-e-o-que-causa-mais-impactosna-qualidade-do->>. Último acesso em: 25 julho,2022.

De Vasconcellos, E.A., De Carvalho, C.H.R., Pereira, R.H.M., 2011. Transporte e mobilidade urbana. FAO, ITPS, 2015. Situação dos recursos mundiais do solo (SWSR) - relatório principal. Roma, Italia. IAP (Instituto Ambiental do Paraná). 2020. Fontes de Poluição Atmosférica. Disponível em: <<http://www.iap.pr.gov.br/pagina-1415.html>>. Último acesso em: 25 julho,2022.

E. Gramsch, V. Papapostolou, F. Reyes, Y. Vasquez, M. Castillo, P. Oyola, G. Lopez, A. Cadiz, S. Ferguson, M. Wolfson, J. Lawrence & P. Koutrakis; 2018. Variabilidade nas emissões primárias e gás secundário e formação de partículas de veículos usando misturas de bioetanol, Journal of the Air & Waste Management Association, p .329-346. Garbin,G;Cruz,T; 1; Rocha,W;2016 .Inventory of pollutants emissions by public transport in a Municipality of the State of Mato Grosso, Brazil. Disponível em: <<https://www.revistaespacios.com/a17v38n21/>

17382103.html>. Último acesso em: 27 julho,2022. Último acesso em: 27 julho,2022.

JOURNAL=Frontiers in Environmental Science;2015. Disponível em:<URL=https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2015.00009>. Último acesso em: 25 julho,2022.

Liliana Lyons, Angélica Lozano, Francisco Granados, Alejandro Guzmán;2017. Impacts of time restriction on heavy truck corridors: The case study of Mexico City,Transportation Research Part A: Policy and Practice.p 119-129. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.tra.2017.03.012. Último acesso em: 25 julho,2022.

Linda Fernandez, Monica Das, Trade transport and environment linkages at the U.S. –Mexico border: Which policies matter?, Journal of Environmental Management; 2011, p.508-521. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.09.012>. Último acesso em: 25 julho,2022.

Ma, L., Graham, D.J., Stettler, M.E.J., 2021. Air quality impacts of new public transport provision: A causal analysis of the Jubilee Line Extension in London. Atmos. Environ. 245, 118025. Disponível em : <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.118025>. Último acesso em: 25 julho,2022.

Marco Martínez-Cinco; Jesús Santos-Guzmán ;Gerardo Mejía-Velázquez;2016. Source apportionment of PM2.5 for supporting control strategies in the Monterrey Metropolitan Area, Mexico. Disponível em : Source apportionment of PM2.5 for supporting control strategies in the Monterrey Metropolitan Area, Mexico - PubMed (nih.gov). Último acesso em: 25 julho,2022.

Nações Unidas, 2018. Perspectivas de urbanização mundial, Pesquisa Demográfica. OMS (Organização Mundial da Saúde), 2018. Air pollution and child health: prescribing clean air. Summary. Geneva; (WHO/CED/PHE/18.01). Licence: CC BY-NC-SA 3.0. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/275545/WHO-CED-PHE-18.01-eng.pdf?sequence=2&isAllowed=y>. Último acesso em: 25 julho,2022.

OPAS (Organização Pan-Americana da Saúde). 2018a. Nove em cada dez pessoas em todo o mundo respira ar poluído. Disponível em: <https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=5654:nove-em-cada-dez-pessoas-em-todo-o-mundo-

respiram-arpoluido&Itemid=839>. Último acesso em: 25 julho,2022.

Paul E. Carrillo; Arun S. Malik; Yiseon Yoo. Driving Restrictions That Work? Quito's Pico y Placa Program, 2015. Disponível em: <https://www2.gwu.edu/~iiep/assets/docs/papers/Carrillo_Malik_Yoo_IIEP2013-01.pdf>. Último acesso em: 27 julho,2022. Último acesso em: 25 julho,2022.

Planalto.Presidência da República Secretaria Geral. Disponível em:<L12587 (planalto.gov.br)>. Último acesso em: 25 julho,2022.

R. Morales Betancourt, B. Galvis, J.M. Rincón-Riveros, M.A. Rincón-Caro, A. Rodriguez-Valencia, O.L. Sarmient. Personal exposure to air pollutants in a Bus Rapid Transit System: Impact of fleet age and emission standard, Atmospheric Environment, Volume 202; 2019, p. 117-127. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2019.01.026>. Último acesso em: 25 julho,2022.

Ramos, Denis Fernando et al. Estado da arte da obtenção de crédito de carbono via adoção de veículo elétrico;2012. p. 342-356. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/73732>. Último acesso em: 25 julho,2022.

Riojas-Rodríguez, H., Soares Da Silva, A., Luis Texcalac-Sangrador, J., Litai Moreno-Banda, G., 2016. Air pollution management and control in Latin America and the Caribbean: implications for climate change Special report, Rev Panam Salud Publica.

Salvo, A., Geiger, F. Redução dos níveis locais de ozônio na área urbana de São Paulo devido à mudança do uso de etanol para gasolina. Natureza Geosci 7; 2014. Disponível em :<https://doi.org/10.1038/ngeo2144>. Último acesso em: 25 julho,2022.

Verán-Leigh, D., Larrea-Gallegos, G;Vázquez-Rowe, I. Environmental impacts of a highly congested section of the Pan-American highway in Peru using life cycle assessment;2019.Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11367-018-1574-1> Último acesso em: 25 julho,2022.

WHO (World Health Organization). 2006a. Air quality guidelines: Global Update 2005. Disponível em : <https://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/outdoorair_aqg/en/>. Último acesso em: 25 julho,2022.