



Avaliação da disponibilidade de dados DALY relacionados à danos na saúde por poluição do ar no Brasil

Evaluation of the availability of DALY data related to health damages caused by air pollution in Brazil

Rebeca Cortelete Alves de Oliveira¹, Gabriela Giusti², Ana Carolina Godoy Albino², Diogo Aparecido Lopes Silva², Yara de Souza Tadano³

RESUMO

Este estudo teve como objetivo revisar a literatura sobre o cálculo de DALY (*Disability Adjusted Life Years*) para o contexto brasileiro. A pesquisa foi conduzida por meio de uma Revisão Bibliográfica Sistemática, utilizando as bases de dados *Science Direct* e *Scopus*, sem aplicação de restrições iniciais. Após uma leitura dinâmica, foram excluídos estudos sem informações de DALY para o Brasil, resultando em uma amostra final de 77 artigos, que foram classificados utilizando a metodologia *Methodi Ordinatio*. Pode-se constatar que a grande maioria das pesquisas realizadas nesta área envolvia resultados exclusivamente para Ásia e Europa, fazendo uso de outras regiões apenas para fins de comparação. No caso do Brasil, a inclusão de dados de DALY ocorreu, em sua maioria, dentro da região da América Latina, neste caso foram calculados o DALY médio para o continente. Especificamente para o país, apenas valores para o estado de São Paulo foram encontrados. Além disso, muitos trabalhos tinham como objetivo avaliar um efeito na saúde específico, considerando os diversos fatores de risco, incluindo a poluição atmosférica, porém não especificando quais poluentes foram considerados. Com isso, foi possível concluir que há uma baixa disponibilidade desta variável para o contexto brasileiro em artigos científicos.

PALAVRAS-CHAVE: DALY, Global Burden of Disease, Revisão Sistemática.

ABSTRACT

This study aimed to review the literature on the calculation of DALY (*Disability Adjusted Life Years*) for the Brazilian context. The research was conducted through a Systematic Literature Review using the Science Direct and Scopus databases, with no initial restrictions applied. After dynamic screening, studies lacking DALY information for Brazil were excluded, resulting in a final sample of 77 articles, classified using the *Methodi Ordinatio* methodology. It was observed that most of the research in this field predominantly reported findings for Asia and Europe, using other regions primarily for comparative purposes. In the case of Brazil, data inclusion mainly pertained to the Latin American region, where an average DALY was calculated for the continent. Specifically for Brazil, only values for the state of São Paulo were found. Additionally, many studies aimed to evaluate specific health effects, considering various risk factors, including air pollution, without specifying which pollutants were considered. Consequently, it can be concluded that there is limited availability of this variable for the Brazilian context in scientific articles.

KEYWORDS: DALY, Global Burden of Disease, Systematic Review.

INTRODUÇÃO

No contexto da alta industrialização, principalmente devido a políticas insustentáveis, a taxa de poluição do ar tem tido um crescimento elevado. Junto a isso, os efeitos na saúde humana associados à poluição atmosférica também têm crescido, especialmente em

¹ Bolsista do CNPq. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil. E-mail: rebecacortelete@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: 8789624540972403.

² Grupo de Pesquisa em Engenharia da Sustentabilidade (Grupo EngS), Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, São Paulo, Brasil. E-mail: gabriela.giusti@hotmail.com.br; carolinagodoyalbino@gmail.com; diogo.apls@ufscar.br.

³ Docente no DAMAT. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil. E-mail: yarataadano@utfpr.edu.br. ID Lattes: 1411041491592598.



populações com maior exposição aos poluentes (VIEIRA, 2020). Dentre os diversos poluentes atmosféricos emitidos pelas atividades antrópicas, destaque-se o material particulado (MP). O MP consiste em partículas que ficam retidas no trato respiratório, sendo que quanto menores forem, maiores os seus impactos na saúde do indivíduo, pois podem chegar até os alvéolos, causando problemas respiratórios, cardiovasculares, no sistema nervoso, dentre outros (VIEIRA, 2020).

A partir disso, foi possível compreender que o MP é um fator de risco associado à mortalidade e morbidade referentes, principalmente, a doenças respiratórias e cardiovasculares, além de gerar um custo elevado à saúde dos países, causando preocupação em nível mundial e nacional sobre como reverter tais impactos (MIRAGLIA; GOUVEIA, 2014).

Uma importante ferramenta que visa medir o impacto de diversas doenças e fatores de risco à saúde populacional é o DALY (do inglês, *Disability Adjusted Life Years*). Esta ferramenta faz parte do projeto internacional *Global Burden of Disease* (GBD), que objetiva analisar o que diferentes fatores de risco causam à saúde e ao bem-estar populacional ao redor do mundo. O DALY é uma medida que indica os anos de vida perdidos e vividos com incapacidade, calculado pela soma dos anos de vida perdidos (YLL, do inglês *Years of Life Lost*) e dos anos vividos com incapacidades (YLD, do inglês *Years of Life Lived with Disability*) (MIRAGLIA; GOUVEIA, 2014).

Frente a isso, esta pesquisa de revisão teve como objetivo avaliar estudos sobre o DALY associado à poluição do ar no contexto brasileiro, buscando artigos científicos revisados por pares com informações sobre morbidade e mortalidade, tendo como fator de risco a poluição do ar.

MATERIAIS E MÉTODOS

Em outubro de 2022, foi realizada uma Revisão Bibliográfica Sistemática, utilizando as bases de dados Science Direct e Scopus, para a elaboração deste estudo. A *string* de pesquisa utilizada foi a seguinte: (“*air pollution*”) AND (“DALY” OR “*years of life lost*” OR “YLL” OR “*years of life lived with disease*” OR “YLD”). Não foram aplicadas restrições referentes à localização, idioma e ano de publicação.

A combinação foi definida considerando que “*and*” exige que ambos os termos devem aparecer, e “*or*” indica que o resultado pode conter apenas um dos termos. Como resultado, foram obtidos artigos que continham o termo “*Air pollution*”, além de qualquer outro termo utilizado na *string*, como: “DALY”, “*Years of life lost*”, “YLL”, “*Years of life lived with disease*”, “YLD”, escritos exatamente conforme indicado. A partir dessa busca, as bases de dados retornaram um total de 420 artigos contidos entre 1997 e 2022, conforme Figura 1, já considerando a exclusão de duplicatas. Os artigos foram então submetidos ao *Methodi Ordinatio*, método que visa qualificar e classificar os artigos com base no ano de publicação, fator de impacto da revista e número de citações (PAGANI; KOVALESKI; RESENDE, 2018). Estes parâmetros dos artigos são aplicados para calcular o *InOrdinatio*



(Equação 1), que organiza os títulos em ordem de prioridade, conforme sua relevância para o pesquisador (PAGANI; KOVALESKI; RESENDE, 2018).

$$InOrdinatio = (IF/1000) + \alpha * [10 - (\text{Ano de pesquisa} - \text{Ano de publicação})] + (\sum Ci) \quad (1)$$

O ano de pesquisa e de publicação presentes na Equação 1 representam, respectivamente, o ano de realização da pesquisa (2022) e o ano em que o artigo foi publicado, e $\sum Ci$ remete ao número total de citações do artigo, atribuído de acordo com valores encontrados no *Scholar Google*. O valor de α indica a relevância dada pelo pesquisador no ano de publicação do artigo, essa variável pode variar de 0 a 10 (CAMPOS et al., 2018). Sendo que nesta pesquisa, α foi considerado como 0. O fator de impacto (IF) é publicado pela *Journal Citation Report*(JCR), *Cite Score*, *SCI-mago Journal Rank* (SJR), ou SNIP (CAMPOS et al., 2018). Nesta revisão, a pontuação foi utilizada de acordo com a SNIP 2020, pois abrangia a maioria das revistas em que os artigos encontrados foram publicados.

Ao avaliar a pontuação de cada artigo, a prioridade foi estabelecida seguindo a ordem decrescente dos valores resultantes, sendo então o de maior pontuação com a maior prioridade. Em seguida, foi realizada uma seleção na amostra inicial por meio da leitura dinâmica dos artigos, excluindo os que não continham valores de DALY, YLL ou YLD específicos para o contexto brasileiro, resultando então em uma amostra final de 77 artigos.

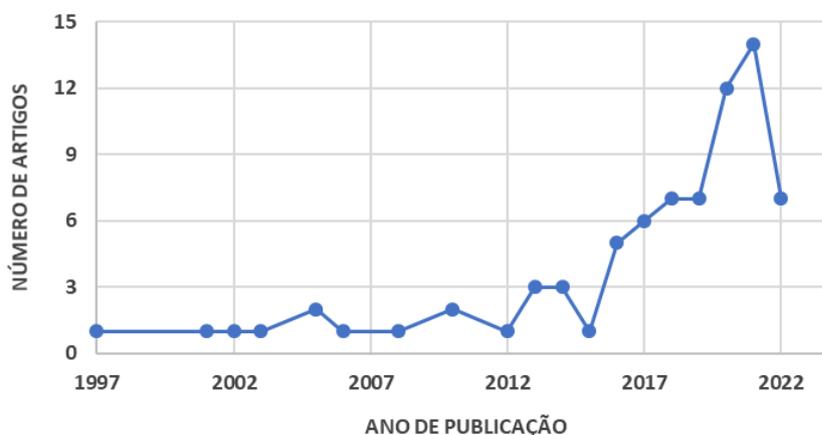
A seleção destes foi realizada com o auxílio de uma planilha de gerenciamento no Excel, elaborada inicialmente a partir do *software* de gerenciamento de referências *JabRef*, para que então dados sobre a região brasileira pudessem ser avaliados, além de informações de DALY, YLL ou YLD neste mesmo contexto. Em seguida, procedeu-se à leitura dos 77 artigos, extraindo informações sobre DALY e o impacto da poluição do ar, incluindo também a influência do material particulado e comparações globais e regionais para doenças específicas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

As regiões da Ásia e Europa foram as principais encontradas nos 420 artigos iniciais, não incluindo informações para a região brasileira de nenhuma forma. No caso de valores de DALY tendo apenas poluição do ar como fator de risco, poucos estudos apresentaram informações, além de que a maioria era baseado em estudos levantados pelo *Global Burden of Disease*, e estes atribuíam valores de YLL e YLD para doenças específicas, e não para os fatores de risco. Outra classificação encontrada foi exclusivamente para dados de YLL, que apesar de não serem descartados da amostra final, não possuíam informações suficientes para o cálculo do DALY.

Na Figura 1 é possível observar que o assunto pesquisado vem sendo estudado desde 1997. Um aumento de publicações ao longo dos anos, com um avanço nesta área de pesquisa a partir do ano de 2016 foi observado, destacando-se o ano de 2021, com 14 publicações.

Figura 1 - Relação entre número de publicações por ano com dados para o contexto brasileiro, de 1997 a outubro de 2022



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

A justificativa deste crescimento pode ser associada ao interesse da comunidade científica em relação à sustentabilidade na última década e das fortes evidências da relação entre a poluição e os efeitos na saúde. Enquanto entre 1970 e 1980 este fator era considerado relativamente insignificante em termos de riscos, a estimativa atual é de que a poluição do ar é a causa de 7,6% das mortes e 4,2% dos DALYs mundiais (PAOLO; FECHT, 2018).

Em escala mundial, foram avaliados os impactos causados por poluentes como material particulado com diâmetro aerodinâmico menor que 2,5 micrometros ($MP_{2,5}$), ozônio, óxidos de enxofre (SO_x) etc., pelos valores de DALY calculados e atribuídos. Nesse contexto, a avaliação se baseia em diversos fatores de risco, como por exemplo doenças pré-existentes, idade, localização geográfica, exposição ocupacional, condições climáticas, etc. No contexto deste trabalho foram analisados somente artigos que abordaram dados sobre a poluição do ar, interna ou externa, como um fator de risco, resultando que a maioria das informações encontradas foram fornecidas pelo GBD. A partir disso foi possível avaliar que os estudos eram focados, em sua maioria dentro dos 77 resultantes, em comparar os efeitos dos fatores de risco ao longo dos anos, buscando assim a compreensão da influência deste em diferentes grupos etários e patologias. Cabe salientar que nestes trabalhos, existem informações referentes ao Brasil, porém não são estudos exclusivos para o país.

Mais uma vez, tendo o GBD como referência, grande parte dos artigos incluíram os dados do Brasil dentro a região da América Latina Tropical, que também inclui o Paraguai, a partir da divisão do mundo em 21 regiões e 7 super regiões estabelecidas por este mesmo órgão. Considerando que o Brasil possui maior população, extensão e industrialização em relação ao Paraguai (Nações Unidas, 2019), foi compreendido que o Brasil gera maior influência no valor de DALY da região. De acordo com Bowe *et al.* (2018), esta região possui um valor de DALY de 91,6 (56,2–129,4) por população de 100.000 habitantes, sendo que este valor se refere ao DALY de diabetes associada à exposição ao $MP_{2,5}$. Além desta



divisão, também foram encontrados artigos em que a classificação foi realizada de acordo com a economia dos países, sendo estabelecida como países de alta, média e baixa renda, calculada em função da distribuição de renda per capita, escolaridade média da população com mais de 15 anos e taxa de fecundidade total. Para dados encontrados exclusivamente para a região brasileira, estes se referiam apenas sobre o estado de São Paulo, mas já se tratava de uma situação prevista devido à região conter o maior polo industrial e populacional do Brasil. Sendo assim, é a região com maior número de dados de mortalidade, morbidade e poluição do ar, viabilizando o cálculo de YLL e YLD, e como consequência o cálculo do DALY.

De acordo com Krewitt *et al.* (2001), nesta região os valores de YLL resultantes da emissão por quilotonelada dos respectivos poluentes é de 1,2 para a exposição à SO₂, de 38,5 para aerossóis de sulfato, de 52,5 para a exposição a aerossóis de nitrato e de 39,9 para MP₁₀. Além de que, somente no estado de São Paulo, foram realizadas em torno de 250 mil internações por conta do aparelho circulatório (VIEIRA, 2020).

CONCLUSÕES

A partir desta pesquisa, pode-se perceber que há um grande déficit de estudos que possibilitem os cálculos de YLL, YLD e DALY dentro do contexto brasileiro especificamente, pois não são fornecidos dados suficientes sobre a influência da poluição do ar na saúde humana para esta região. Além disso, nos estudos que consideravam dados brasileiros, houve dificuldade na análise dos valores de DALY para o fator de risco estudado, pois havia um maior interesse no cálculo do DALY para uma doença específica e não para um fator de risco individualizado. Obter dados específicos individualmente para o Brasil foi outra dificuldade, já que a maioria dos estudos utiliza a região da América Latina Tropical, que inclui também dados referentes ao Paraguai. Isso influenciou a interpretação dos valores fornecidos, ainda que a porcentagem de influência do Brasil sobre os resultados seja maior.

Agradecimentos

Esta pesquisa foi realizada com apoio do CNPq em forma de bolsa de Iniciação Científica e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 88887.703365/2022-00 e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) processo 2021/06685–1.

Conflito de interesse

Não há conflito de interesse.

REFERÊNCIAS

BOWE, B., XIE, Y., LI, T., YAN, Y., XIAN, H., AL-ALY, Z. (2018). The 2016 global and national burden of diabetes mellitus attributable to PM_{2.5} air pollution. **The Lancet**



Planetary Health, vol. 2, p. 301-312, jul. 2018. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(18\)30140-2](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(18)30140-2).

CAMPOS, E., PAGANI, R., RESENDE, L., PONTES, J. Construction and qualitative assessment of a bibliographic portfolio using the methodology MethodiOrdinatio. **Scientometrics**, vol. 116, p. 815-842, 2018. <https://doi.org/10.1007/s11192-018-2798-3>.

GIUSTI, G., VIEIRA, J., TADANO, Y., SILVA, D., FANTKE, P. Health effects of particulate matter formation in Life Cycle Impact Assessment: critical review and recommendation of models for Brazil. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, vol. 27, p. 868-884, 2022. <https://doi.org/10.1007/s11367-022-02068-3>.

KREWITT, W., TRUKENMULLER, A., BACHMANN, T., HECK, T. Country-specific Damage Factors for Air Pollutants. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, vol. 6(4), p. 199 – 210. 2001. <https://doi.org/10.1007/BF02979375>.

MIRAGLIA, S., GOUVEIA, N. Custos da poluição atmosférica nas regiões metropolitanas brasileiras. *Ciência & Saúde Coletiva*, 19(10), pp.4141-4147, 2014. <https://doi.org/10.1590/1413-812320141910.09232014>.

Nações Unidas: ONU News Perspectiva Global Reportagens Humanas. (2019) Indústria: Brasil é o segundo país mais competitivo da América Latina.

PAGANI, R., KOVALESKI, J., RESENDE, L. Avanços na composição da MethodiOrdinatio para revisão sistemática de literatura. **Ciência da Informação**, vol. 46(2), p. 161-187, 2017. <https://doi.org/10.18225/ci.inf.v46i2.1886>.

PAOLO, V., FECHT, D. (2018). Environment, cancer and inequalities: The urgent need for prevention. *European Journal of Cancer*, 103, pp.317-326. Vieira, L. (2020). O custo das mortes prematuras associadas à exposição ao material particulado: o caso de São José dos Campos, SP. Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá.