

Título: Asma associada à poluição atmosférica e seus impactos na Saúde Coletiva

Resumo: A asma consiste em uma doença crônica das vias aéreas, causada por inflamação pulmonar e broncoconstrição. Poluentes como fumaça de tabaco, partículas de ozônio, dióxido de nitrogênio, dióxido de enxofre e exaustão de diesel, juntamente com exposições ocupacionais, podem aumentar a inflamação e a responsividade das vias aéreas, podendo desencadear o agravamento da doença. Esta revisão de literatura, guiada pela problemática da associação entre a asma e a poluição atmosférica e seus impactos na Saúde Coletiva, selecionou estudos em inglês, português e espanhol, integralmente disponíveis nas bases de dados MedLine, PubMed, Google Acadêmico e Scielo, publicados entre 2014 e 2021 e que permitem a obtenção de fortes evidências, utilizando as palavras-chave "Asma", "Saúde Pública", "Educação Ambiental" e "Poluição Atmosférica". Globalmente, a poluição atmosférica é um sério problema de saúde pública, sendo um importante fator de risco para o aumento de comorbidades. Somada à poluição intradomiciliar, ela está entre os cinco relevantes fatores de risco mais relevantes para óbitos no mundo. A inalação de poluentes gera inflamação e estresse oxidativo e associa-se a mortes prematuras, à morbidade respiratória, incluindo ataques de asma, pneumonia, diminuição da função pulmonar e internações hospitalares devido a eventos respiratórios, bem como à morbidade cardiovascular, incluindo ataque cardíaco e internações hospitalares. A exposição a certos poluentes pode aumentar a resposta aos alérgenos causadores da asma, permitindo concluir que há forte relação entre asma e poluição atmosférica, desafiando a saúde pública a propor alternativas e ações de promoção de saúde, resgatando o objetivo de cuidado do indivíduo e da coletividade, fundamental para a mudança na relação saúde e ambiente e para a melhora do quadro.

Palavras-chave: Asma; Poluição Atmosférica; Saúde Coletiva; Educação Ambiental.

1. Introdução

A asma é uma doença crônica das vias aéreas, causada por inflamação pulmonar e broncoconstrição. Conseqüentemente, ocorre obstrução ao fluxo de ar, de forma com que os pacientes asmáticos apresentam ataques recorrentes de respiração ofegante, dispneia e aperto no peito, com ou sem tosse (NAING; NI, 2020).

Emergente como uma das condições médicas mais graves em todo o mundo, cerca de 1 a 18% da população oriunda de diferentes países sofre de asma (REHMAN; AMIN; SADEEQA, 2018). Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), em 2016 mais de 339 milhões de pessoas foram acometidas com a doença e 417.918 mortes em nível global tiveram

como causa a asma. Embora a maioria das mortes relacionadas à asma ocorra em países de baixa e média renda, é um problema de saúde pública que ocorre em todos eles, independentemente do nível de desenvolvimento (World Health Organization, 2020). A gravidade da doença pode ser estimada pela taxa de mortalidade de pacientes asmáticos durante e após intensas exacerbação de crises asmáticas que eram evitáveis até certo ponto, mas resultaram da falta de atendimento imediato de emergência (REHMAN; AMIN; SADEEQA, 2018).

Os episódios de exacerbação da asma integram-se não somente como uma das principais causas de morbidade da doença, mas também no aumento dos custos na saúde e, em alguns pacientes, numa maior perda progressiva da função pulmonar. As infecções virais respiratórias, exposição a alérgenos, respostas imunológicas deficientes e sensibilização alérgica são fatores desencadeantes importantes para a exacerbação da asma (CASTILLO; PETERS; BUSSE, 2017). Os alérgenos externos geralmente consistem em formas de pólen e podem ser provenientes de árvores, grama e ervas daninhas, que são detectáveis em várias épocas ao longo do ano; os alérgenos perenes incluem fontes como ácaros, ratos, baratas, fungos e pelos de animais de estimação (WU; BRIGHAM; MCCORMACK, 2019). Os poluentes como fumaça de tabaco, partículas de ozônio, dióxido de nitrogênio, dióxido de enxofre e exaustão de diesel, juntamente com exposições ocupacionais, podem aumentar a inflamação e a responsividade das vias aéreas, atuando também como desencadeantes para o agravamento da doença (CASTILLO; PETERS; BUSSE, 2017).

Dado que a exacerbação da asma pode romper com a continuidade dos procedimentos de tratamento padrão, identificar os pacientes em risco e ter um plano de gerenciamento pode melhorar o controle da doença e o bem-estar do paciente acometido (CASTILLO; PETERS; BUSSE, 2017). O autogerenciamento é um dos planos de ação para a asma, e tem como finalidade capacitar o paciente para evitar os agravantes da doença e modificar seu próprio sistema de tratamento, mediante mudanças nos sintomas ou na função pulmonar. Parte-se da premissa de que os pacientes devem ter autonomia para responder à mudança dos sintomas, o que tem demonstrado prevenção nos episódios de exacerbações, diminuição da utilização de serviços de saúde relacionados à asma e melhora na qualidade de vida (WU; BRIGHAM; MCCORMACK, 2019).

Com capacitação adequada, é possível tratar a grande maioria dos casos de asma com sucesso na atenção primária. Um manejo bem-sucedido deve abranger reavaliação contínua para otimizar o controle da doença e tratar a inflamação que continua manifesta, embora possa estar implícita. O médico deve reavaliar os sintomas, o risco de piora, adesão ao medicamento

e comorbidades. Essa prática, além de potencializar o controle da doença, também é capaz de minimizar os efeitos colaterais dos medicamentos prescritos (WU; BRIGHAM; MCCORMACK, 2019).

Diante disso, o presente trabalho tem como justificativa a alta prevalência e mortalidade da asma no mundo, além do alto índice de poluição atmosférica, a fim de evidenciar o impacto da exposição a poluentes atmosféricos no sistema respiratório, dando enfoque para a Asma, doença pulmonar crônica que possui milhões de portadores no Brasil e no mundo e tem como principal agravante as fontes poluentes do ar. Ademais, esta revisão busca associações entre a asma e o ambiente com alta poluição atmosférica, buscando evidenciar a importância da saúde do meio em que as comunidades se encontram, a fim de prevenir possíveis novos casos ou pioras, observando as possíveis ferramentas de promoção à saúde utilizadas contra a asma na população residente em áreas com alta poluição atmosférica.

2. Metodologia

Nesta revisão de literatura foram percorridas as seguintes fases: definir a questão principal (a associação entre Asma e a poluição atmosférica) e os objetivos dessa revisão de literatura; estabelecer critérios para a pesquisa, buscando selecionar as referências usadas que se encontram registradas no quadro; descrever as informações extraídas essenciais para resolução da questão principal e alcance dos objetivos; discussão acima dos resultados; e conclusão final, a fim de cumprir todas as metas estabelecidas ao início desta pesquisa.

Além da questão principal que guia esta revisão integrativa (a associação entre a Asma e a poluição atmosférica), para concluir a pesquisa, foram buscadas informações a fim de estabelecer as possíveis ferramentas de promoção à saúde utilizadas contra esta problemática. A seleção de artigos utilizados será feita através das bases de dados: MedLine (Medical Literature Analysis and Retrieval System online), PubMed, Google Acadêmico e Scielo. Para pesquisar nas bases de dados supracitadas, vão ser utilizadas as palavras-chave: "Asma", "Saúde Pública", "Educação Ambiental" e "Poluição Atmosférica". Os critérios de inclusão de artigos para esta revisão integrativa de literatura são: artigos em inglês, português e espanhol; artigos integralmente disponíveis nas bases de dados; artigos publicados no período entre 2014 e 2021; e artigos com metodologia que permite a obtenção de fortes evidências. Ademais, foram excluídos os artigos com publicação em jornais identificados como predatórios pela ferramenta "Compass to Publish", desenvolvida pela Biblioteca ULiège ("Liège université Library").

Após a seleção dos artigos, foi realizada a análise e síntese dos resultados para concluir esta revisão de forma descritiva, atingindo os objetivos desta pesquisa, sendo capaz de responder à questão principal que guia esta revisão de literatura, impactando positivamente na saúde pública, e no trabalho realizado no contexto de Saúde Pública ao asmático em locais de significativa poluição atmosférica.

3. Resultados

No Brasil, é estimado que há aproximadamente 20 milhões de asmáticos. Segundo o Ministério da Saúde do Brasil (2017), no Brasil há cerca de 350.000 internações por ano, sendo a Asma a terceira ou quarta causa de hospitalizações pelo SUS (2,3% do total). Em 2007, a Asma gerou um custo aproximado de R\$98,6 milhões para o Sistema Único de Saúde (SUS), afinal é uma patologia muito presente no Brasil, que está na oitava posição mundial em prevalência de asma segundo a OMS em 2008.

Doenças como a rinite e a asma estão associadas com a poluição atmosférica uma vez que há redução da função dos linfócitos T reguladores e aumento de IgE e da produção de linfócitos T CD4+ e CD8+, com maior estímulo à resposta Th2 aos estímulos por antígenos em ambientes com poluição. Quando a exposição é recente (horas ou dias) tem-se efeitos respiratórios agudos, enquanto os crônicos são decorrentes de exposições prolongadas, geralmente superiores a 6 meses. Este último tem sido associado ao aumento da mortalidade geral por doenças respiratórias, aumento da incidência de asma e de DPOC, aumento da incidência e mortalidade por câncer de pulmão, redução da função pulmonar e déficit no desenvolvimento pulmonar em crianças. Em crianças e adolescentes, o aumento da incidência de asma tem sido prevalente, uma vez que, no mundo, 93% das crianças vivem em ambientes nos quais as concentrações de poluentes atmosféricos são superiores aos preconizados pela OMS. A exposição a MP₁₀ e MP_{2,5} por exemplo, aparece como fator de grande impacto no aumento da prevalência de doenças respiratórias nessa faixa etária (SANTOS et al., 2021).

Estudos feitos no Brasil no período entre 1 de janeiro de 2012 e 31 de dezembro do mesmo ano, na cidade de Volta Redonda (RJ) - importante centro siderúrgico nacional - demonstraram que doenças respiratórias como pneumonia, bronquite aguda, bronquiolite e asma, foram visivelmente influenciadas pelos efeitos da exposição a poluentes atmosféricos, como partículas com menos de 10 microns de diâmetro aerodinâmico (MP₁₀), dióxido de nitrogênio (NO₂), dióxido de enxofre (SO₂), ozônio (O₃) e monóxido de carbono (CO), levando a internação de 752 casos; dados diários de concentrações de material particulado (MP_{2,5}) constatou uma concentração média desse material de 17,2 ug/m³. Além disso, mostrou

que a redução da concentração desse poluente em 5 ug/m^3 poderia reduzir em até 76 casos as internações com diminuição nos gastos de R\$84 mil/ano ao SUS (NASCIMENTO et al., 2016). Estima-se que a poluição do ar foi globalmente responsável por cerca de 5 milhões de óbitos em 2017, 70% deles decorrentes da poluição do ar ambiental externa. A poluição do ar ambiental somada à intradomiciliar ocupa o quinto lugar entre os cinco mais relevantes fatores de risco para óbitos no mundo (SANTOS et al., 2021).

Um estudo realizado em seis grandes cidades dos EUA, revelou um risco 26% maior de morte por doenças cardiorrespiratórias entre moradores das cidades mais poluídas em relação às menos poluídas. Outrossim, um dos primeiros estudos que avaliou os efeitos agudos da poluição do ar, envolvendo 3.676 crianças de 12 localidades no estado da Califórnia (EUA) evidenciou que as crianças asmáticas expostas a NO_2 , MP_{10} e $\text{MP}_{2,5}$ tiveram uma prevalência maior de sintomas respiratórios e necessidade maior de uso de medicação quando comparadas com crianças sem asma (SANTOS et al., 2021).

Outrossim, em estudo realizado para analisar o impacto da poluição do ar na saúde na região metropolitana de Belo Horizonte-MG, em que foram avaliadas as internações por doenças respiratórias e cardiovasculares em três municípios que contam com monitoramento diário da qualidade do ar, documentou-se que os efeitos do MP_{10} sobre o aparelho respiratório e cardiovascular podem estar relacionados ao surgimento, desencadeamento e a piora de sintomas particularmente em populações vulneráveis como crianças e idosos (GOUVEIA et al., 2019).

Em 2015 analisou-se um valor de 4 milhões de novos casos de asma associados à exposição ao NO_2 em crianças e jovens menores de 18 anos, dos quais 150 mil estavam presentes no Brasil e no Paraguai. Já em adultos, um estudo realizado na Austrália mostrou que indivíduos expostos a NO_2 por pelo menos 5 anos e moradores a menos de 200 m de vias de tráfego tiveram um maior risco de desenvolvimento de asma e de declínio acentuado da função pulmonar. Gestantes que vivem nesta condição podem comprometer seu feto com os poluentes inalados, o que pode gerar consequências na saúde durante a vida adulta, aumentando também o risco de desenvolver asma (SANTOS et al., 2021).

Segundo KUIPER et al. (2021), na Europa, as $\text{MP}_{2,5}$ ultrapassaram os limites impostos pela Organização Mundial de Saúde em todos centros estudados, e os limites de MP_{10} foram ultrapassados nos centros de Uppsala e Gotemburgo. De 10 a 18 anos de idade, há maior risco de ataques de asma com a exposição ao NO_2 , MP_{10} e O_3 , assim como na exposição ao longo da vida. A exposição a MP_{10} e O_3 também aumentou o risco de ataque de asma nos indivíduos de 0 a 10 anos. As exposições a NO_2 e MP_{10} (para além de O_3) desde o nascimento foram

fatores de risco particularmente importantes para a gravidade da asma em adultos, medidos através de ataques de asma nos últimos 12 meses.

Um estudo de 2013 a 2018 observou 4.454 casos de morte por asma, sendo aproximadamente dois casos de morte por asma por dia. Houve o aumento de 11% nas mortes por asma relacionadas com um aumento da concentração de NO_2 durante os 3 dias anteriores à morte. Outrossim, após o aumento nas exposições a $\text{MP}_{2,5}$ e O_3 , a mortalidade por asma aumentou em aproximadamente 9%. Concluindo portanto que há uma associação entre mortes por asma e exposição de curto prazo à poluição atmosférica (CHATKIN; CORREA; SANTOS, 2021). No sul da Califórnia (Estados Unidos da América - EUA), de 1993 a 2014, em um estudo com 4140 crianças sem antecedentes de asma, foram identificados 525 novos casos de asma, observando um risco relativo para reduzir a incidência da asma de 0,83 casos/100 pessoas/ano para cada diminuição de 4,3 ppb de NO_2 , e 1,53 casos/100 pessoas/ano para cada diminuição de 8,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de $\text{MP}_{2,5}$, levando a uma redução na incidência da asma de cerca de 20% na região durante o período estudado. Outrossim, em Atlanta (Estados Unidos da América - EUA), durante os Jogos Olímpicos de 1996 houve um esforço para redução de poluição urbana, levando a diminuição de circulação de automóveis em cerca de 22%, resultando na queda no pico diário dos níveis de O_3 em 28%, queda dos níveis de NO_2 em 7%, queda dos níveis de CO em 19%), e queda dos níveis de MP_{10} em 16%, quando comparados às 3 semanas anteriores e após estes Jogos Olímpicos. Neste período, houve uma redução de 40% nas visitas médicas entre as crianças asmáticas e uma diminuição de 11 a 19% nos cuidados com a asma em todas as idades nos serviços de emergência. Do mesmo modo, durante os Jogos Olímpicos de Pequim 2008, houve a redução das concentrações de $\text{MP}_{2,5}$, de 78,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para 46,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, e O_3 , de 65,8 para 61 ppb, bem como uma diminuição de 41,6% nos cuidados com a asma nos serviços de emergência (CHATKIN; CORREA; SANTOS, 2021).

Globalmente, a poluição atmosférica é um sério problema de saúde pública. Em 2016, aproximadamente 4 milhões de mortes foram atribuídas à poluição do ar, principalmente por doenças cardiovasculares e respiratórias. Em 2012 a Organização Mundial da Saúde estimou cerca de sete milhões de mortes no mundo decorrentes da poluição do ar a partir de fontes urbanas e rurais (BURNS et al., 2019).

4. Discussão

Poluição atmosférica consiste em uma complexa mistura de partículas e gases, cujas concentrações e composições podem variar de acordo com a localização, condições

atmosféricas e climáticas. O material particulado (MP) é um dos componentes mais amplamente monitorados e estudados da poluição atmosférica, nomeadamente MP₁₀ (partículas menores que 10 micrômetros de diâmetro aerodinâmico) e particularmente MP_{2,5} (partículas com um diâmetro aerodinâmico médio menor que 2,5 micrômetros). Globalmente, além dos 18% decorrentes de fontes naturais e 22% de fontes não especificadas, aproximadamente 15% da poluição ambiental urbana provém de fontes industriais, 20% de fontes residenciais e 25% de fontes veiculares (BURNS et al., 2019).

Os poluentes classificam-se em 2 categorias: poluentes primários e poluentes secundários. Os primários são caracterizados por serem emitidos diretamente na atmosfera como feito pelas indústrias, termelétricas e veículos automotivos movidos por combustíveis. Entre eles estão dióxido de enxofre (SO₂); óxidos de nitrogênio (NO_x: NO e NO₂); material particulado (MP); monóxido de carbono (CO); e, em alguns países, compostos orgânicos voláteis (COV) e metais. Partículas finas e ultrafinas possuem efeito mais expressivo no organismo por possuírem uma maior relação superfície/massa e poderem ser transferidas mais facilmente para a circulação sistêmica. Já os poluentes secundários são aqueles formados a partir de reações químicas induzidas pela oxidação fotoquímica de COV, catalisada por NO_x, e que, na presença de raios ultravioleta, dão origem ao ozônio. Outros poluentes secundários são formados por processo de nucleação e condensação de poluentes gasosos (NO₂ e SO₂) e névoas ácidas, como NO_x e MP secundário, formados por sulfatos e nitratos. Em alguns países, incluindo o Brasil, a queima de biomassa como cana-de-açúcar, pastos, cerrado e florestas é sua principal fonte de poluição ambiental de origem não urbana. As emissões naturais, como tempestades de areias em grandes áreas desérticas, incêndios acidentais e ação de raios elétricos que podem gerar óxidos de nitrogênio (NO_x), podem contribuir na geração de poluentes atmosféricos secundários (SANTOS et al., 2021).

A exposição a poluentes atmosféricos está associada a mortes prematuras, à morbidade respiratória, incluindo ataques de asma, pneumonia, diminuição da função pulmonar e internações hospitalares devido a eventos respiratórios, bem como à morbidade cardiovascular, incluindo ataque cardíaco e internações hospitalares devido a eventos cardiovasculares (BURNS et al., 2019). Evidências epidemiológicas consistentes têm indicado que exposições a curto e longo prazos a poluentes atmosféricos como o material particulado, ozônio e óxidos nitrogenados associam-se a aumentos na mortalidade, na incidência de doenças respiratórias crônicas, como a DPOC, e de eventos cardiovasculares agudos (GOUVEIA et al., 2019). O aumento da concentração de poluentes como o ozônio (O₃), óxido de nitrogênio (NO) e material particulado (MP) é relevante no agravamento de

doenças respiratórias e no desencadeamento de crises de asma, principalmente em dias em que a temperatura cai e/ou dias com tempestades, uma vez que o ar fica mais seco, resseca as mucosas do aparelho respiratório e conseqüentemente compromete a produção de secreções com anticorpos para a defesa do organismo, o que favorece o aparecimento de doenças respiratórias. Em sinergia com esses fatores, nos dias de temperatura mínima, há aumento nas concentrações de pólen transportados pelo ar, esses grãos de pólen sofrem ruptura por choque osmótico que ocorre durante tempestades, por exemplo, e quando inalados atingem vias aéreas inferiores aumentando a reação alérgica (CANARIO et al., 2014).

Os efeitos adversos provocados pelos poluentes particulados e gasosos dependem de fatores como a concentração inalada, as defesas do sistema respiratório e a solubilidade, no caso dos gases. Essa inalação de poluentes gera inflamação e estresse oxidativo induzido por espécies reativas de oxigênio e nitrogênio. Entretanto, existem substâncias antioxidantes que são consideradas a primeira linha de defesa contra os efeitos adversos dos poluentes - a família da GST é considerada uma das mais importantes. Elas estão presentes na camada fluida de revestimento do epitélio respiratório e tem por função neutralizar a produção de radicais livres e a indução da resposta inflamatória pelos poluentes no sistema respiratório, reduzindo, assim, a ocorrência desse estresse oxidativo. Há também genes inflamatórios (TNF) responsáveis por modificar a presença e a intensidade dos sintomas respiratórios, além de alterarem a função pulmonar e o risco de desenvolvimento de asma em resposta aos poluentes (SANTOS et al., 2021).

Em uma garagem pequena e fechada, o escape do motor de um carro de corrida pode induzir ao coma letal dentro de cinco minutos. O monóxido de carbono é um asfíxiante sistêmico que mata por ligação à hemoglobina, impedindo o transporte de oxigênio. A hemoglobina apresenta uma afinidade 200 vezes maior para o CO do que ao O₂. O composto resultante, a carboxi-hemoglobina, é incapaz de transportar oxigênio. A hipóxia leva à depressão do sistema nervoso central (SNC), que se desenvolve de forma tão insidiosa que as vítimas podem não estar cientes do risco iminente e falham ao tentar se ajudar. A hipóxia sistêmica aparece quando a hemoglobina está saturada em 20-30% com CO; a inconsciência e a morte geralmente ocorrem com 60-70% de saturação. A intoxicação crônica por monóxido de carbono ocorre porque a carboxi-hemoglobina, uma vez formada, é notavelmente estável. Mesmo em baixos níveis, mas persistentes, de exposição ao CO, a carboxi-hemoglobina pode acumular uma concentração sanguínea que ameaça a vida. A hipóxia em desenvolvimento lento pode insidiosamente evocar alterações isquêmicas cerebrais generalizadas, e essas alterações são especialmente marcadas nos gânglios basais e núcleo lenticular. Com a

interrupção da exposição ao CO, o paciente normalmente se recupera, mas pode haver sequelas neurológicas permanentes. A fumaça da lenha de madeira, que contém vários óxidos de nitrogênio e partículas de carbono, é um irritante que predispõe os indivíduos expostos a infecções pulmonares, podendo conter hidrocarbonetos policíclicos cancerígenos. Os “bioaerossóis” podem conter agentes patogênicos microbiológicos, como aqueles que podem causar doença dos legionários, pneumonia viral e resfriado comum, bem como alérgenos derivados de pelos de animais, ácaros, fungos e bolores, o que pode provocar irritação ocular, rinite e até mesmo asma (KUMAR; ABBAS; ASTER, 2018, pp. 272-273).

Ademais, inúmeros estudos observaram que a exposição à poluição do ar na infância e na idade escolar têm um impacto negativo na função pulmonar na infância e adolescência, mas os efeitos na idade adulta continuam a não ser claros. Os indivíduos expostos às MP₁₀ e O₃ mostraram um risco mais elevado para efeitos na função pulmonar - efeitos sobre os volumes pulmonares e não sobre os efeitos obstrutivos. A exposição precoce à poluição atmosférica tem impacto na função pulmonar até à idade adulta. Ou seja, a exposição à poluição do ar ao longo da vida aumenta os riscos de ataques de asma e baixa função pulmonar na idade adulta. As recentes exposições à poluição atmosférica estão associadas aos resultados da saúde pulmonar do indivíduo, e as poluições atmosféricas desde a infância e adolescência aumentam o risco de doenças pulmonares na idade adulta (KUIPER et al., 2021).

Em estudo realizado para associar o impacto econômico dos eventos de saúde com a poluição do ar nas regiões metropolitanas brasileiras, mostrou-se que seu ônus é muito alto. Essa avaliação econômica representa um embasamento eficiente para a formulação de políticas de mitigação da poluição do ar, uma vez que monetizar os efeitos à saúde é uma forma de se criar indicadores para priorização e intervenção. A análise de estimativas econômicas de perdas em saúde deve ser encarada como um ponto de partida para a análise do emprego dos recursos econômicos nas políticas públicas. O orçamento dos governos sempre é restrito com diversas alternativas e necessidades de investimentos (MIRAGLIA; GOUVEIA, 2014).

Os impactos e benefícios na saúde humana podem ser avaliados segundo duas categorias: morbidade e mortalidade. De acordo com a U.S Environmental Protection Agency, esses desfechos refletem em custos públicos e privados diretos, como a perda de produtividade (dias de trabalho perdidos), atividades restritas ou morte prematura e despesas médicas (tratamentos, exames e medicamentos) (MIRAGLIA; GOUVEIA, 2014). A valoração econômica dos danos ambientais da poluição atmosférica, traduzidos em termos de

indicadores de saúde, revela um cenário favorável à implementação de tecnologias menos poluentes, políticas públicas, alteração na matriz energética, potencializando recursos para outros investimentos que devam priorizar a saúde pública da população exposta aos poluentes atmosféricos. A análise conduzida nas principais regiões metropolitanas do país proporciona uma dimensão da atividade econômica do país e da magnitude de seus impactos em termos de poluição atmosférica, permitindo a condução de estudos adicionais orientativos. Em áreas onde a poluição do ar ambiente ainda é muito alta e onde existem poucas ou nenhuma intervenção, medidas coordenadas e abrangentes em nível nacional são provavelmente apropriadas. Assim, ao desenvolver e implementar intervenções, os tomadores de decisão precisarão consultar as evidências internacionais, para as quais os estudos incluídos nesta revisão podem servir como um recurso valioso. Além disso, eles precisarão realizar análises locais para determinar o que é mais apropriado em um determinado contexto (BURNS et al., 2019).

Muitas políticas e programas diferentes foram implementados para reduzir a poluição do ar; exemplos incluem restrições de veículos para reduzir o tráfego, padrões de combustível para carros, ônibus e outros transportes motorizados, regulamentos industriais para limitar a poluição das fábricas e a substituição de fogões de aquecimento ineficientes por fogões de queima mais eficientes e limpos. Até o momento, nenhuma revisão investigou sistematicamente se essas medidas impactaram a poluição do ar e a saúde como pretendido (BURNS et al., 2019).

As intervenções de poluição do ar, e especialmente os programas regulatórios de longo prazo, se beneficiariam de ter um componente de avaliação embutido nelas desde o início. Tal sistema de avaliação contemporânea também exigiria um sistema para rastreamento confiável de dados de qualidade do ar e resultados de saúde a longo prazo, incluindo garantia de qualidade dos dados e disponibilizá-los publicamente. Avaliações concomitantes e potencialmente mais aprofundadas também podem incluir avaliações de processo, fornecendo informações importantes sobre a fidelidade, viabilidade, qualidade da implementação e mecanismos causais relacionados às intervenções e seus efeitos para diferentes grupos populacionais (BURNS et al., 2019). Dentre os avaliadores disponíveis para observar a qualidade do ar, há o “Poluição do ar no Mundo: Mapa da qualidade do ar em tempo real” disponível online, que indica, por exemplo, que no dia 03 de Julho de 2021, às 13 horas, o bairro de Mooca na em São Paulo-SP possui um Índice de Qualidade do Ar (IQA) de 127, considerado não saudável para grupos sensíveis, sendo a $MP_{2,5}$ de 127 (não saudável para

grupos sensíveis), O₃ de 33 (considerado boa) e CO de 6 (considerado boa) (THE WORLD AIR QUALITY PROJECT, 2021).

A poluição atmosférica tem impacto não só na mortalidade mas também nas hospitalizações. A visita à sala de emergência relacionada à asma ocorre de 9 a 23 milhões de indivíduos por conta do ozônio, representando de 8 a 20% das visitas anuais globais, e de 5 a 10 milhões de indivíduos por MP_{2,5}, representando de 4 a 9% das visitas anuais globais. Portanto, a prevalência da asma tende a aumentar em nível mundial, especialmente em regiões urbanas densamente industrializadas (CHATKIN; CORREA; SANTOS, 2021).

Diante do exposto, uma situação alarmante da comprovada associação entre asma e a poluição atmosférica, se faz necessária a prevenção e controle desse problema de saúde pública mundial. Com isso, destacam-se alvos para uma ação ativa: atenção ao trânsito automobilístico, à indústria de construção (edificação), e aos ambientes fechados, aumento de pesquisas científicas na área, aumento e melhora da educação da população sobre este problema (KELLY; MUDWAY; FUSSELL, 2021). Os alvos para o combate à poluição atmosférica são as emissões de tráfego, especialmente em áreas urbanas. Sendo necessária portanto uma mudança política, orientada pela ciência, que ao se basear nas instruções de qualidade de ar desenhadas pela Organização Mundial de Saúde (OMS), crie e revise leis para a melhora da qualidade do ar. Dentre as possíveis medidas, há a redução do tráfego rodoviário. A resposta à pandemia do COVID-19 mostrou que a boa vontade política e o sentimento de emergência mundial possibilitam a tomada de rápidas ações, que poderiam resultar em mudanças de comportamento e, conseqüentemente, melhorias ambientais. No Reino Unido, o medo de se infectar pelo novo coronavírus unido à procura da melhora da qualidade de vida e saúde, resultou na diminuição do trânsito de transportes públicos e aumento do uso de bicicletas. Contudo, é importante salientar que essas mudanças devem se aliar a medidas políticas realistas e medidas eficazes para que a poluição atmosférica deixe de contribuir para o desenvolvimento ou agravamento de doenças respiratórias (KELLY; MUDWAY; FUSSELL, 2021).

Observando cenário atual de pandemia pela COVID-19, a monitorização da poluição atmosférica detectou diminuição significativa nos níveis de NO₂ em toda China se comparada antes do início da quarentena pandêmica. Outrossim, nas grandes cidades da Europa notou-se uma diminuição de NO₂ em 47% em Bergamo (Itália) e 55% em Barcelona (Espanha) em comparação com o mesmo período em 2019. Nos Estados Unidos da América (EUA) foi detectada uma diminuição acentuada dos níveis de NO₂ em aproximadamente 25,5%, e também uma redução de MP_{2,5} significativa em aproximadamente 11,3%. Contudo, a

avaliação da prevalência e mortalidade por asma neste período ainda não foi devidamente registrada e analisada (CHATKIN; CORREA; SANTOS, 2021).

Em pesquisa realizada, a questão “Como a aplicação da unidade temática sobre poluição atmosférica pode contribuir no processo de ensino e aprendizagem em Química, bem como colaborar para a formação de indivíduos mais reflexivos quanto a questões ambientais?” foi base para o desenvolvimento, aplicação e análise de um produto educacional voltado à temática ambiental. Nesse estudo, notou-se o potencial da Educação Ambiental na escola para potencializar a formação integral do sujeito, capacitando-o para o exercício da cidadania e para tomadas de decisões conscientes, responsáveis e comprometidas em relação às questões ambientais. Observou-se que tal estratégia de ensino é uma ferramenta para a transformação da sociedade atual, visando o desenvolvimento em consonância com a preservação do meio ambiente. A Educação Ambiental deve ser valorizada pelos docentes, para que os alunos possam desenvolver competências e habilidades para o respeito à vida e ao meio ambiente, uma vez que a formação de cidadãos com consciência ambiental é um dos papéis da educação básica (ROSSETTO, 2020).

De maneira semelhante, a Educação é uma das principais ferramentas para alcançar uma promoção de saúde mais efetiva. A Estratégia de Saúde da Família (ESF) foi proposta como um novo modelo de assistência à saúde, para além do modelo técnico assistencial, de forma que suas ações rompem com visões fragmentadas da produção do cuidado. A partir de um processo de descentralização do território no campo saúde, na década de 1990, é possível identificar potencialidades e dificuldades de determinada área, de modo que os profissionais inseridos no contexto da ESF podem conhecer a realidade e necessidade de cada uma, estabelecendo relações entre o ambiente, a saúde e o território. Resultados em estudo, no entanto, demonstram que ainda existe uma tendência de repetir um modelo focado apenas na doença, embora o profissional faça parte de um contexto de atenção diferente. Existe certo desconhecimento sobre a área que atuam, sem especificar como ou por quê, resultando em ausência de atividades que abranjam o ambiente fora da unidade de saúde. A visão do profissional no território, portanto, precisa ser transformada em ações de promoção de saúde, resgatando o objetivo de cuidado do indivíduo e da coletividade, fundamental para a mudança na relação saúde e ambiente (SOUZA, 2019).

5. Conclusão

Após análise da literatura, é possível concluir que há associação entre o desenvolvimento e agravamento da asma com a poluição atmosférica a qual o indivíduo está

sujeito. A inflamação que leva a asma pode ser desencadeada com um antígeno ambiental, levando a diferentes graus de danos a curto e longo prazo.

Os números da busca por atendimento por asma, da prevalência da asma e da mortalidade, unidos aos níveis de poluição atmosférica, encaminham este problema a uma discussão global sobre saúde pública. Se faz necessário então o aumento de pesquisas científicas e a tomada de medidas políticas efetivas buscando controlar ou reverter esta situação.

No contexto de Saúde Coletiva, em especial a Estratégia de Saúde de Família e Comunidade (ESF), é possível observar a necessidade da educação da população acerca dos problemas enfrentados pela comunidade, que, no caso deste estudo, é a poluição atmosférica.

Referências

BRASIL, Ministério da Saúde. Banco de dados do Sistema Único de Saúde. **DATASUS**, 2017. Disponível em: <<http://www.datasus.gov.br>>. Acesso em: 01 mar. 2021.

BURNS, J. et al. Interventions to reduce ambient particulate matter air pollution and their effect on health. **Cochrane Database of Systematic Reviews**, v. 5, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/14651858.CD010919.pub2>>. Acesso em: 01 mar. 2021.

CANARIO, Paulo et al. Environmental conditions and childhood asthma in Lisbon: An exploratory analysis for autumn thunderstorms. **Finisterra**, Lisboa, n. 98, p. 179-196, dez. 2014. Disponível em: <http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0430-50272014000200012&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 02 jul. 2021.

CASTILLO, J. R.; PETERS, S. P.; BUSSE, W. W. Asthma exacerbations: pathogenesis, prevention, and treatment. **J Allergy Clin Immunol Pract**, v. 5, n. 4, p. 918-927, 2017. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5950727/>>. Acesso em: 20 jun. 2021.

CHATKIN, J.; CORREA, L.; SANTOS, U. External Environmental Pollution as a Risk Factor for Asthma. **Clinical Reviews In Allergy & Immunology**, v. 18, n. 1, 12 jan. 2021. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s12016-020-08830-5>>. Acesso em: 03 jul. 2021.

GOUVEIA, N. et al. Poluição do ar e impactos na saúde na Região Metropolitana de Belo Horizonte - Minas Gerais, Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva** [online], v. 24, n. 10, pp. 3773-3781. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1413-812320182410.29432017>>. Acesso em: 01 mar. 2021.

KELLY, Frank J.; MUDWAY, Ian S.; FUSSELL, Julia C. Air Pollution and Asthma: critical targets for effective action. **Pulmonary Therapy**, v. 7, n. 1, p. 9-24, 8 nov. 2020. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33161530/>>. Acesso em: 03 jul. 2021.

KUIPER, Ingrid Nordeide et al. Lifelong exposure to air pollution and greenness in relation to asthma, rhinitis and lung function in adulthood. **Environment International**, v. 146, jan. 2021. Elsevier BV. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33126061/>>. Acesso em: 03 jul. 2021.

KUMAR, V.; ABBAS, A. K.; ASTER, J. C. **Robbins Patologia Básica**. ed. 9. Rio de Janeiro: Elsevier: Grupo GEN, 2013. Disponível em: <<https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595151895/>>. Acesso em: 03 mar. 2021.

MIRAGLIA, S. G. E. K. e GOUVEIA, N. Custos da poluição atmosférica nas regiões metropolitanas brasileiras. **Ciência & Saúde Coletiva** [online], v. 19, n. 10, pp. 4141-4147, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1413-812320141910.09232014>>. Acesso em: 01 mar. 2021.

NAING, C.; NI, H. Statins for asthma. **Cochrane Database Syst Rev**, v.7, n.7, 2020. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7388183/>>. Acesso em: 12 jul. 2021.

NASCIMENTO, Luiz Fernando Costa et al. Air pollution and respiratory diseases: ecological time series. **Sao Paulo Medical Journal** [online]. 2016, v. 134, n. 04, pp. 315-321. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1516-3180.2015.0237250216>>. Acesso em: 30 mar. 2021.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. Asthma. 20 de maio de 2020. Disponível em: <<https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/asthma>>. Acesso em: 25 fev. 2021.

REHMAN, A.; AMIN, F.; SADEEQA, S. Prevalence of asthma and its management: A review. **The Journal of the Pakistan Medical Association**, v. 68, n. 12, p. 1823-1827, 2018. Disponível em: <https://jpma.org.pk/article-details/8974?article_id=8974>. Acesso em: 05 jul. 2021.

ROSSETTO, G. P. **Unidade temática sobre poluição atmosférica: uma estratégia baseada em metodologias ativas para o Ensino Médio**. 2020. Dissertação (Programa Nacional de Pós-Graduação do Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/216110/001120134.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 15 jul. 2021.

SANTOS, Ubiratan de Paula et al. Environmental air pollution: respiratory effects. **Jornal Brasileiro de Pneumologia** [online]. 2021, v. 47, n. 01. Disponível em: <<https://doi.org/10.36416/1806-3756/e20200267>>. Acesso em: 13 jul. 2021.

SOUZA, Cinoélia Leal de et al. **As relações entre saúde e ambiente nas práticas de promoção da saúde**. 2019. 96 f. Tese (Doutorado) - Curso de Enfermagem, Programa de Pós-Graduação em Enfermagem e Saúde, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - Uesb, Jequié, 2019. Disponível em: <<http://www2.uesb.br/ppg/ppges/wp-content/uploads/2021/02/TESE-Doutorado-Enfermagem-Cino%C3%A9lia-Leal-de-Souza-2019.pdf>>. Acesso em: 03 jul. 2021.

THE WORLD AIR QUALITY PROJECT. Air Pollution in World: Real-time Air Quality Index Visual Map, 2021. Disponível em: <<https://aqicn.org/map/world/>>. Acesso em: 03 jul. 2021.

WU, T. D.; BRIGHAM, E. P.; MCCORMACK, M. C. Asthma in the Primary Care Setting. **Med. Clin. N. Am.**, v. 103, n. 3, p. 435-452, 2019. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6776421/>>. Acesso em: 06 jul. 2021.