

Ar limpo – um direito fundamental de todas as crianças para um futuro saudável

Mariana Matera Veras e Paulo Hilário Nascimento Saldiva

Laboratório de Poluição Atmosférica Experimental, Hospital das Clínicas, Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo

Instituto de Estudos Avançados, Universidade de São Paulo

*“Todas as pessoas grandes foram um dia crianças – mas poucas se lembram disso”
(Antoine de Saint-Exupéry).*

As crianças representam o futuro de uma nação, e garantir sua saúde e zelar pelo desenvolvimento pleno de todo seu potencial físico e intelectual deveria ser uma das preocupações primordiais de todas as sociedades. Dados de 2016 levantados pela OMS (Organização Mundial de Saúde), mostram que 5.6 milhões de crianças com menos de 5 anos morreram no mundo de doenças e condições relacionadas ao meio ambiente, incluindo poluição do ar, água não potável, precariedade no saneamento e higiene ou exposição a produtos químicos tóxicos. Destas, cerca de 1 milhão morreram devido a exposição a poluição do ar. Um estudo europeu estimou que todas as causas de mortes atribuíveis à poluição do ar externo estavam entre 1,8% e 6,4% para crianças de 0 a 4 anos de idade. Embora os números pareçam baixos, devemos lembrar que o número de indivíduos ao ar de baixa qualidade é enorme. Estima-se que 80% das pessoas que vivem em cidades onde há monitoramento da qualidade estejam expostas a níveis acima dos limites recomendados pela OMS.

Há mais de duas décadas a ciência vem alertando sobre os efeitos deletérios que a poluição do ar pode causar na saúde das pessoas. Os impactos sobre a saúde podem variar de pequenas irritações transitórias nos olhos e garganta, dificuldades para respirar até a morte por problemas cardiorrespiratórios e câncer de pulmão. O

desfecho vai depender de alguns fatores, destacamos os dois mais importantes: a idade e a dose de exposição. A literatura médica mostra que tanto as exposições pré-natais e quanto as pós-natais podem prejudicar o desenvolvimento e impactar a saúde da criança. Entre os efeitos negativos, os mais comumente associados são: o baixo peso ao nascer, prematuridade, prejuízos no desenvolvimento cognitivo, redução da capacidade respiratória e desencadeamento de asma. Não obstante, estas exposições precoces podem predispor para outros desfechos negativos mais tarde na vida adulta, tais como doenças cardiovasculares, acidentes vasculares cerebrais, doenças respiratórias crônicas, diabetes e câncer.

Desde seus estágios iniciais de desenvolvimento, ainda no útero materno, as crianças constituem um dos grupos mais sensíveis em relação aos impactos que o meio ambiente pode causar em sua saúde, com consequências imediatas e/ou futuras. Deve estar claro que crianças não são adultos em miniatura. Mesmo dentro do grupo das crianças e adolescentes temos subgrupos mais sensíveis e susceptíveis aos estímulos negativos vindos do meio ambiente devido a aspectos fisiológicos. A criança é um ser em desenvolvimento, o que significa que muitos de seus sistemas orgânicos estão imaturos. Há órgãos, como por exemplo o cérebro e os pulmões que ainda na adolescência estão com seu desenvolvimento em andamento. O seu sistema de defesa, o sistema imunológico, também não está pronto, o que torna as crianças ainda mais sensíveis. Além disto, as crianças respiram mais ar, bebem mais água e ingerem mais comida por quilo de peso corporal do que os adultos.

Em comparação com os adultos, as crianças respiram 50% mais ar por quilograma de peso corporal, aumentando significativamente a dose de exposição. Contribuem ainda para aumentar a dose de exposição o fato de passarem mais tempo ao ar livre e se envolverem em um nível maior de atividade física do que os adultos.

Não obstante, em suas atividades diárias, as crianças são mais propensas a colocar as mãos na boca e ficam mais próximas do chão onde muitos poluentes se acumulam.

Além destes aspectos, por terem uma maior expectativa de vida, elas têm mais tempo para desenvolver problemas de saúde decorrentes de exposições que ocorreram precocemente.

Mas se por um lado a degradação do meio ambiente pode causar danos irreparáveis na saúde de uma criança, por outro, um ambiente saudável traz muitos benefícios, e as crianças são os indivíduos que respondem mais rapidamente de forma positiva a intervenções que melhorem a qualidade do meio em que vivem.

Assim, urge a necessidade de garantirmos um ar de qualidade para proteger a saúde de nossas crianças. As políticas públicas devem priorizar intervenções

sustentáveis pautadas pelo padrão de qualidade do ar que almejamos, devem ainda ser formuladas de forma transversal e transdisciplinar, já que nenhuma política pública é isenta de efeitos sobre a saúde da população.

Por exemplo, qual a relação entre sobrepeso e criminalidade? Em cidades onde há uma elevada taxa de criminalidade, as pessoas tendem a ser fisicamente inativas devido ao medo de ir a parques, fazer caminhadas, e outras atividades físicas. Desta forma, uma política pública que visa diminuir a mortalidade infantil, deve incluir na discussão de sua formulação não apenas a pasta da saúde, e sim somar as discussões a pasta de transporte, segurança e meio ambiente.

Realidade Brasileira

O meio ambiente consiste em muito mais do que a casa, a escola e o local de trabalho. Devemos incluir no entendimento de meio ambiente o ar que respiramos, a água que consumimos e o solo sobre o qual estamos. Pouca atenção tem sido dada a qualidade do ar em nosso país, haja vista nosso padrão de qualidade do ar que ainda reflete o conhecimento científico da década de 70. Se compararmos o nosso padrão, aprovado pelo CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente por meio da Resolução CONAMA nº 03/90, com os padrões recomendados pela OMS fica nítido o atraso em que nossa legislação se encontra. Na figura abaixo está apresentado um quadro comparativo dos padrões nacionais, da OMS e do Estado de São Paulo para as médias anuais.

Poluente (concentração média diária)	BRASIL Resolução CONAMA 03/90	OMS	Decreto 59.113 (2013) São Paulo
PTS (ug/m ³)	80		80
PM10 (ug/m ³)	50	20	40- 35- 30- 20
PM2.5 (ug/m ³)	??	10	20- 17- 15- 10
fumaça	60		
SO ₂ (ug/m ³)	80	20	40- 30- 20
NO ₂ (ug/m ³)	100	40	60- 50- 45- 40
CO (ug/m ³)	9 ppm 8hs	9 ppm 8hs (EPA)	9ppm 8hs
O ₃ (ug/m ³)	160 (8hs)	100	140- 130- 120- 100

A atualização dos valores e inclusão de novos parâmetros no padrão de qualidade do ar é feita com base na evolução do conhecimento científico, com relação a sua segurança para a saúde humana e nos avanços tecnológicos.

Em 2005, a Organização Mundial de Saúde revisou os valores-guia, tornando-os mais restritivos; enquanto isso aqui no Brasil até o presente momento poucas discussões sobre o tema tiveram avanços. Somente o Estado de São Paulo, em 2008, começou um processo de revisão dos padrões de qualidade do ar, que resultou na publicação do Decreto Estadual nº 59113 de 23/04/2013, estabelecendo novos padrões de qualidade do ar a serem atingidos de forma gradativa e progressiva até os níveis recomendados pela OMS, porém medidas para atingirmos estes padrões são precárias ou ausentes.

Agravando este cenário, não há uma estimativa nacional de quantas crianças morrem ou adoecem prematuramente em decorrência da exposição a poluição do ar. É provável que pela ausência e precariedade das redes de monitoramento da qualidade do ar na maior parte das regiões do nosso país, raríssimos estudos tenham sido conduzidos neste sentido. Porém na literatura científica encontramos diversos estudos locais e estudos maiores realizados em outros países, que nos dão uma ideia dos riscos impostos a saúde de nossos bebês, crianças e adolescentes

Poluentes atmosféricos

O termo “Poluição do ar” refere-se a uma mistura complexa de compostos que gasosos e particulados presentes na atmosfera oriundos majoritariamente de atividades humanas. Entre os constituintes da poluição do ar apresentados no quadro, o material particulado, parece ser o mais prejudicial para a saúde segundo dados dos estudos científicos.

O material particulado (MP) é uma mistura complexa de partículas extremamente pequenas e gotículas líquidas que incluem ácidos, sulfatos, nitratos, metais, poeira, partículas do solo, bem como compostos orgânicos. As partículas são classificadas conforme o seu tamanho em fina (MP_{2,5} com diâmetro aerodinâmico inferior a 2,5 µm), grossa (MP_{2,5} - MP₁₀, com diâmetro aerodinâmico entre 2,5 µm e 10 µm) e ultrafinas, menores que 0,1 µm (100 nm) (CETESB, 2008; 2010).

O tamanho e a composição elementar do MP estão relacionados aos seus efeitos adversos sobre a saúde. A poluição particulada de origem antropogênica é em grande parte proveniente da queima de combustíveis fósseis e matéria orgânica. E nos centros urbanos a densidade de tráfego veicular é um dos principais determinantes da concentração ambiental de MP.

De uma maneira geral, as menores partículas estão associadas a maior incidência de efeitos adversos (Zhou e Ye, 1997; Ueng et al., 2004; Gu et al., 2005). A maior toxicidade é atribuída ao fato de que esta fração é capaz de atingir as regiões mais distais do sistema respiratório e evadir as barreiras de defesa de nosso organismo, chegando a corrente sanguínea (Kampa e Castanas, 2008). Além disto, soma-se o fato de conterem maiores concentrações de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (que incluem compostos carcinogênicos) e metais pesados e de transição (que são fetotóxicos, neurotóxicos e teratogênicos) (Squadrito et al., 2001; de Kok et al., 2006; Hogervorst et al., 2006).

A Agência Internacional de Pesquisa sobre o Câncer (IARC) classificou a poluição do ar, como um carcinógeno do grupo 1, com base nas evidências da associação entre a exposição e o risco para câncer de pulmão e bexiga.

Infelizmente no Brasil, ainda não existe uma legislação vigente para o MP2,5. Em 2005 a OMS definiu uma concentração anual média de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e de 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para 24 horas de exposição.

Efeitos da poluição do ar na saúde das crianças

A poluição do ar é um risco praticamente invisível e, talvez por isso a percepção do perigo da exposição a saúde pela população seja menor relação a qualidade da água. A literatura científica mostra que os riscos a saúde das crianças começam já na exposição que ocorre durante o período de vida intrauterino. Assim podemos dividir o cenário de exposição entre pré e pós-natal. A seguir destacamos os principais efeitos que a exposição a poluição do ar pode causar a saúde

Evidências científicas dos efeitos da exposição pré-natal na saúde da criança

a) Mortalidade neonatal e pós-neonatal

Evidências sugerem que a exposição a níveis elevados de MP10 e SO₂, ou mesmo a níveis aceitáveis está correlacionada a taxas de morte neonatal e pós neonatal aumentadas, particularmente devido complicações respiratórias (Penna e Duchiate, 1991; Bobak e Leon, 1992, 1999b). Estes estudos mostram que os impactos da exposição à poluição variam de acordo com a dose, ou seja, dependem do nível de poluentes presentes no ar e o tempo de exposição.

Em 2004 foi avaliado risco de morte pós-neonatal relacionado à exposição ao material particulado (MP10) em 23 áreas metropolitanas dos Estados Unidos, e os

resultados sugerem que a exposição a níveis acima de $12 \mu\text{m}^3/\text{m}^3$ MP10 contribuem para a morte pós-neonatal (Kaiser et al., 2004). Estudos conduzidos em São Paulo (Lim et al., 2004) e na Coreia (Ha et al. 2003) encontraram associação entre as concentrações de MP10 e SO₂ e mortalidade neonatal e pós neonatal.

Woodruff et al. (1997) analisou a associação entre morte pós neonatal e os níveis de PM10 em aproximadamente 4 milhões de bebês nascidos entre 1989 e 1991 nos EUA, e encontrou que em bebês com peso ao nascer normal a concentração de PM10 estava associada a mortes por problemas respiratórios (risco relativo 1,40; 95% IC (intervalo de confiança): 1,05–1,85) e a síndrome da morte súbita (risco relativo 1,26; 95% IC: 1,14–1,39).

b) Prematuridade

O nascimento prematuro é uma das principais causas de morbidade e mortalidade neonatal, e há evidências de que a exposição materna à poluição do ar durante a gestação está associada a um aumento no risco de parto prematuro.

Ritz et al. (2000) observaram que a exposição a níveis ambientais elevados de PM10 e possivelmente de CO podem contribuir para a ocorrência de parto prematuros no sudoeste da Califórnia. Xu et al. (1995) estimaram uma redução da duração da gestação em 0,075 semana (12,6h) e 0.042 semanas (7,1 h) para cada $100\text{-}\mu\text{g}/\text{m}^3$ de aumento nas concentrações médias de dióxido de enxofre e partículas totais suspensas, respectivamente, calculadas pela média móvel de sete dias. Mohorovic (2004) observou que uma exposição maior e mais longa às emissões de SO₂ durante os dois meses iniciais da gestação resulta em uma gestação mais curta.

Dois estudos conduzidos em Sidney e Brisbane, na Austrália, encontraram uma relação entre a exposição materna e concentrações relativamente baixas dos poluentes do ar com a ocorrência de partos prematuros. Em Brisbane (Hansen et al., 2006; Mannes et al., 2005) a exposição a PM10 e O₃ durante o primeiro trimestre está associada a um risco aumentado de parto prematuro e em Sidney, os níveis de ozônio durante o primeiro trimestre, e os níveis de dióxido de enxofre no mês de concepção estão associados ao maior risco.

c) Baixo peso do recém-nascido

O baixo peso do recém-nascido é o efeito mais associado à exposição à poluição do ar, indicando que o crescimento fetal e a duração da gestação estão sendo afetados. O peso ao nascer é um importante indicador do subsequente status da saúde, bebês com baixo peso são mais susceptíveis a desenvolver hipertensão,

doenças coronarianas e diabetes não dependente de insulina na vida adulta (Baker, 1995; Osmond e Baker, 2000). Diferentes estudos realizados na China (Wang et al, 1997), República Tcheca (Djemek et al, 1999) e Estados Unidos (Ritz e Yu, 1999) apontam que a alta concentração de SO₂ e de MP como os principais responsáveis pelo aumento de risco de baixo peso do recém-nascido. Além destes, outros poluentes também podem estar envolvidos como o CO e NO₂ (Ha et al, 2001; Maisonet et al., 2001; 2004).

Um estudo conduzido em São Paulo encontrou evidências que a exposição materna aos níveis ambientais de PM₁₀ e CO durante o primeiro trimestre da gestação está associado a uma redução do peso ao nascer (Gouveia et al, 2004). Wang et al. (1997) e Rogers et al. (2000) encontraram uma significativa relação entre exposição-resposta entre a exposição materna a dióxido de enxofre e material particulado total em suspensão durante o terceiro trimestre da gestação e o peso ao nascer.

Em Sidney na Austrália, Mannes et al. (2005) calcularam que para 1 µg/m³ de aumento na concentração média de material particulado uma redução de 4 g (95% CI: 3 - 6) no peso ao nascer é esperada.

Considerando todos os estudos que tratam da exposição à poluição do ar e baixo peso ao nascer, as partículas e o SO₂ parecem ser os poluentes mais frequentemente associados a este efeito. Além do baixo peso, outros fatores antropométricos foram associados à exposição. Jedrychowski et al (2004) chamou a atenção para o fato de que não somente o peso ao nascer, mas também reduções na altura e diâmetro da cabeça do neonato podem ser causadas pela exposição pré-natal a poluição do ar durante a gestação.

De modo interessante, a literatura mostra uma controvérsia nos estudos com seres humanos que investigam qual seria o período da gestação, mais susceptível ao aumento do risco de baixo peso do recém-nascido em decorrência da exposição a poluição; ao que parece a exposição em qualquer fase da gestação comporta aumento de risco, pois há evidências desta correlação para os dois primeiros meses, para o segundo e quarto mês, para a exposição ao MP₁₀, e do 3º ao 5º mês para a exposição ao SO₂ e NO₂ (Liu et al., 2003; Mohorovic et al., 2004; Wang et al 1997; Ritz e Yu, 1999; Bobak, 2000; Maisonet et al., 2001 Lee et al., 2003).

A maioria dos estudos, focaram na exposição que ocorre durante a gestação, embora a epidemiologia ocupacional tenha mostrado que a exposição parental a certos contaminantes ambientais que ocorre antes da concepção podem também afetar a gestação e o desenvolvimento fetal (Knight e Marrett, 1997; Shaw e Gold, 1988; O'Halloran e Spickett, 1992; Silbergeld e Patrick, 2005). Recentemente, uma pesquisa mostrou que a exposição materna previa a gestação também pode contribuir

para desfechos de baixo peso e prematuridade, pois esta exposição provoca uma inflamação Intrauterina, que por sua vez compromete o desenvolvimento adequado da placenta e conseqüentemente do bebê.

Evidências científicas dos efeitos da exposição pós-natal na saúde da criança e adolescente

A poluição do ar não está ligada apenas à mortalidade de crianças, mas também com uma série de resultados adversos em sua saúde, incluindo pneumonia, asma, bronquite, distúrbios no neuro-desenvolvimento, autismo e alterações metabólicas.

a) Efeitos respiratórios

Não há dúvidas com base nas evidências científicas que a exposição à poluição do ar por longos períodos na infância desempenha um papel significativo no desenvolvimento de doenças relacionadas à saúde respiratória, como asma, bronquite e alergias.

Uma revisão sistemática recente e uma metanálise de estudos de coorte examinaram os efeitos da exposição à poluição do ar relacionada ao tráfego veicular no desenvolvimento da asma. Este estudo descobriu que a exposição a níveis elevados de PM_{2,5} está associada ao aumento do risco de asma na infância [Odd ratio (OR) 1,14, Intervalo de Confiança (IC) de 95%: 1,00 -1,30 para um aumento de 2 µg/m³].

Outra metanálise avaliou as associações entre exposição de longo prazo a poluentes provenientes das emissões veiculares e sibilos e asma em crianças. Segundo este estudo, a exposição ao NO₂ (OR: 1,05; IC95%: 1,00 a 1,11) e ao CO (OR: 1,06; IC95%: 1,01-1,12) foram positivamente associadas à maior prevalência de asma infantil.

Os efeitos da exposição a longo prazo à poluição do ar também se refletiram em doenças relacionadas à saúde respiratória que não asma e alergias. Uma metanálise realizada incluindo 10 coortes conduzidas na Europa (ESCAPE) encontrou associação significativa entre poluição do ar e pneumonia na primeira infância.

Este dado é de extrema importância pois, a pneumonia é uma das principais causas de mortalidade infantil no mundo todo. De acordo com esse estudo, aumentos de 10µg/m³ nos níveis de NO₂ e PM₁₀ são responsáveis pelos efeitos.

A revisão de 50 publicações sobre os efeitos da poluição do ar na função pulmonar, que é um importante marcador da saúde respiratória de crianças, conclui que, em geral, há evidências de efeitos adversos nas medidas da função pulmonar relacionados aos níveis de exposição ao NOx e PM2,5.

Ou seja, o que estes estudos alertam é a importância que a qualidade do ar representa para a saúde das crianças e adolescentes, mostrando que as exposições a níveis acima do recomendado podem trazer consequências duradouras e predispor a condições crônicas de saúde.

b) Efeitos neuro comportamentais

Nos últimos anos as pesquisas revelam novos efeitos que podem ser atribuídos a exposição pré e pós-natal a poluição do ar. São efeitos preocupantes, pois estão relacionados ao desenvolvimento neurológico.

Há um número crescente de estudos focados no autismo, um transtorno do desenvolvimento cerebral caracterizado por prejuízos nas interações sociais, comunicação e por comportamentos restritos e repetitivos. Ainda não são bem conhecidas as causas que levam um indivíduo a desenvolver o autismo, porém há indícios de que além da predisposição genética para ele, fatores como infecções durante a gravidez e a exposição a poluição contribuem para o desenvolvimento do distúrbio.

A exposição pré-natal ao PM2.5 é um dos fatores que podem estar associados com o aumento do risco para autismo. Um estudo conduzido na Califórnia mostrou resultado que indicam que a exposição ao NO2, PM2.5 e PM10 durante a gestação e no primeiro ano de vida também estão associadas ao autismo. Outro estudo recente realizado em Taiwan, mostra associações entre a exposição a longo prazo à poluição do ar e autismo recém-diagnosticado em crianças.

De acordo com esse estudo, houve um aumento de risco de aproximadamente 59% para um aumento de 10 ppb no O3 (95% CI 1,42-1,79), 37% de aumento de risco para um aumento de 10 ppb no CO (IC 95% 1,31-1,44), aumento de risco de 340% para um aumento 10 ppb no nível de NO2 (IC de 95% 3,31-5,85) e aumento de 17% no risco para um aumento de 1 ppb no nível de SO2 (IC de 95% 1,09-1,27).

Em Quanzhou, China, um estudo foi realizado para avaliar o desempenho neurocomportamental de participantes de duas escolas primárias com diferentes níveis de poluição do ar e revelou que as crianças que vivem/estudam nas áreas mais poluídas apresentaram pior desempenho acadêmico em todos os testes.

Estes são apenas alguns estudos, existem outros importantes estudos conduzidos na cidade do México que mostram um comprometimento no desenvolvimento do cérebro que certamente irão se refletir um menor potencial cognitivo.

Estudos de autópsia em crianças que morreram por causas externas, que vivem em regiões onde há níveis elevados da poluição do ar (México), mostram que os cérebros destas crianças já apresentam alterações neuro degenerativas semelhantes às encontradas para a doença de Alzheimer e que os marcadores inflamatórios estão aumentados.

Portanto, o que podemos concluir é que a exposição nos primeiros anos de vida a poluição do ar, assim como uma nutrição inadequada e a exposição à violência, pode afetar o desenvolvimento cerebral.

c) Efeitos endócrinos

Assim como os impactos no desenvolvimento neuro-comportamental, é muito preocupante o fato dos estudos também revelarem que a exposição a poluição do ar está associada a efeitos no sistema endócrino. Evidências mostram que a poluição do ar também está associada a indicadores relacionados a distúrbios metabólicos, como a resistência à insulina e a obesidade em crianças.

Estes estudos são confirmados por estudos em animais que buscam entender como a poluição é capaz de provocar estes efeitos. Desde 2016 nosso laboratório tem trabalhado em parceria com a Unicamp para desvendar estes mecanismos, e utilizando um modelo animal conseguimos reproduzir os efeitos e entender como as partículas presentes no ar afetam o controle neuroendócrino do metabolismo e do apetite levando a um aumento no ganho de peso.

Em um grande estudo envolvendo mais de 9.000 crianças chinesas, pesquisadores mostraram que a exposição a poluentes do ar (PM10, NO2, SO2 e O3) está associada ao aumento dos riscos de obesidade infantil e hipertensão. Outro estudo com crianças de 10 anos em duas coortes alemãs prospectivas mostrou que a resistência à insulina aumenta em 17% (IC 95% 5,0, 30,3) e 18,7% (IC95% 2,9, 36,9) para aumentos nos níveis de NO2 e PM10, respectivamente.

Assim não é de se duvidar que a epidemia de obesidade, além das causas genéticas e nutricionais, esteja sendo impulsionada pela baixa qualidade do ar presente em muitas cidades do Mundo.

d) Mortalidade

Não existem muitos estudos que tenham avaliado os impactos da exposição a poluição do ar na mortalidade infantil e de adolescentes. Um estudo recente de metaanálise, que incluiu as cidades de São Paulo, Rio de Janeiro, Cidade do México e Santiago, mostrou que há uma associação significativa entre os níveis de poluição do ar e mortes por causas respiratórias em bebês e crianças, sendo os efeitos mais consistentes para o MP10 (Gouveia e Junger, 2018).

Em São Paulo, Conceição et al. (2001) mostrou que os poluentes CO, SO₂ e MP10 estavam associados à mortalidade por doenças respiratórias em crianças menores de 5 anos. Na Cidade do México, a exposição durante 3 a 5 dias antes do óbito foi associada ao aumento da mortalidade infantil (Loomis et al., 1999) e um estudo posterior confirmou esse achado especificamente para mortalidade infantil relacionada às doenças.

Mariana Matera Veras
Pesquisadora Científica do Estado de São Paulo PqC VI
Coordenadora do Lab. de Poluição Atmosférica Experimental
Hospital das Clínicas
Faculdade de Medicina
Universidade de São Paulo

Paulo Hilário Nascimento Saldiva
Professor Titular da Faculdade de Medicina
Diretor do Instituto de Estudos Avançados
Universidade de São Paulo