

ATIVIDADE FÍSICA E POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

Matheus Cavalcante de Sá¹, Roberta Foster¹, Juliana de Melo Batista dos Santos²
 Lucas Guimarães Pagani¹, Catherine Machado Katekaru¹, Luiz Antonio Luna Junior³
 Marília Ramos Farrajota¹, Rosana Lobão Antunes¹, Robério Pereira Pires¹
 Karina Pantaleão Hilária da Silva¹, Francys Hellen Gentil Damian¹, André Luis Lacerda Bachi^{1,4}
 Mauro Walter Vaisberg¹

RESUMO

Nos centros urbanos, muitas doenças estão relacionadas à poluição do ar, sendo causa de aumento de morbidade e mortalidade. O desenvolvimento do Brasil, com o aumento do parque industrial, o crescimento da frota leve e pesada e a expansão da fronteira produtiva, levou a desafios para a determinação dos impactos da poluição à saúde humana. Em contraponto ao processo inflamatório sistêmico induzido pela exposição à poluição, alguns mecanismos anti-inflamatórios fisiológicos podem representar importantes moduladores da resposta à poluição, sendo um deles o treinamento físico que modula a resposta inflamatória inata e adquirida. De maneira geral, os efeitos protetores do treinamento físico aeróbico são mediados via interação dos sistemas imunológico e neuroendócrino e através de sinais moleculares na forma de hormônios, citocinas e neurotransmissores, havendo, conforme demonstrado por Sá, melhora das defesas de vias aéreas quando o exercício é praticado, mesmo em ambientes poluídos, porém havendo limitação da capacidade do exercício modular a resposta inflamatória em ambiente muito poluídos, de maneira que deve ser ressaltado que sempre devemos procurar praticar o exercício em horários e locais com o mínimo de poluição.

Palavra-chave: Exercício Físico. Poluição atmosférica. Inflamação. Via aérea.

1-Departamento de Otorrinolaringologia e Cirurgia de Cabeça e Pescoço, Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), São Paulo, Brasil.

2-Programa de pós-graduação em Ciências do Movimento Humano e Reabilitação, Departamento de Ciência do Movimento Humano, Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), São Paulo, Brasil.

3-Programa Mackenzie de Qualidade de Vida e Saúde, São Paulo, Brasil.

4-Programa de Pós graduação em Ciências da Saúde, Universidade Santo Amaro (UNISA), São Paulo, Brasil.

ABSTRACT

In urban centers, many diseases are related to air pollution, causing an increase of morbidity and mortality

Brazil's development has been through to many challenges related to the impact of pollution on human health, it happened because the industrial park increased considerably and the growth of fleet's light and heavy and expansion of the productive frontier. In contrast to the induced systemic inflammatory process by pollution exposure, some physiological anti-inflammatory mechanisms may represent important modulators of the pollution response, being one of them the physical training that modulates the innate and acquired inflammatory response. In general, the protective effects of aerobic training are mediated via interaction of the immune and neuroendocrine systems through molecular signals in the form of hormones, cytokines and neurotransmitters. As shown by Sá, there's no improvement in airway defenses when exercising even in polluted environments, but there is limited exercise capacity to modulate the inflammatory response in very polluted environments, so it should be emphasized that we should always try to practice exercise at times and places with minimal pollution.

Key words: Physical exercise. Air pollution. Inflammation. Airway.

E-mail dos autores:

robertafoster@ig.com.br

juliana-mbs@hotmail.com

lucaspaganipersonal@gmail.com

catherine.machado@uol.com.br

luna.junior1980@gmail.com

mariliarf@hotmail.com

rosana_lobao@hotmail.com

roberio@roberiopires.com

kapanta@hotmail.com

francys.damian@hotmail.com

allbachi77@gmail.com

vaisberg.mauro@gmail.com

INTRODUÇÃO

A poluição atmosférica pode ser definida como a presença de gases ou partículas em suspensão, decorrentes ou não da ação do homem, em concentrações suficientes para interferir direta ou indiretamente na saúde, segurança e bem-estar dos seres vivos (Elson, 1992).

Atualmente, é considerada um problema importante de saúde pública, (Carlisle, Sharp, 2001).

No início do século XX, a ocorrência de episódios que se seguiram a um aumento da mortalidade na Bélgica (Fircket, 1931), Estados Unidos (Shrenk e colaboradores, 1949) e Reino Unido (Logan, 1953) ligados à poluição, motivaram a realização de diversos estudos epidemiológicos e experimentais.

São plenamente conhecidos os efeitos deletérios da poluição sobre a saúde humana, provocando lesões em vários sistemas orgânicos, entre os quais o nervoso, respiratório e cardiovascular.

Estes efeitos manifestam-se por aumento do número de mortes relacionadas à indução de estado inflamatório pulmonar, agravando ou exacerbando doenças pulmonares crônicas prévias como asma e doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC); diminuindo as defesas respiratórias contra agentes infecciosos inalados, aumentando a suscetibilidade a infecções e induzindo um estado inflamatório sistêmico que predispõe os indivíduos a alterações do controle autonômico do coração (Seaton e colaboradores, 1995; Brook e colaboradores, 2003; Pope e colaboradores, 2004), alterações das vias químicas e metabólicas do sistema nervoso central, ativando uma resposta do sistema imune com papel importante na patogênese das doenças neuro-degenerativas (Campbell, 2004; Curtis e colaboradores, 2006; Mohankumar e colaboradores, 2008).

A indução de inflamação e de estresse oxidativo pela poluição, participa, efetivamente, da gênese das doenças induzidas pelos poluentes da atmosfera, entretanto, os mecanismos celulares e metabólicos envolvidos nestas respostas aos poluentes ainda não estão plenamente estabelecidos.

A poluição do ar nas grandes metrópoles decorre, em grande parte, da industrialização e do crescente aumento do número de veículos automotores que utilizam combustíveis fósseis (Saldiva, 1998).

Os principais poluentes foram identificados, bem como seus efeitos maléficos à saúde. Assim, a Environmental Protection Agency (EPA-EUA, 2012), agência americana de proteção ambiental, estabeleceu limites máximos tolerados a que seres humanos poderiam ser expostos sem danos à saúde.

Com este artigo procuramos mostrar resultados da literatura, assim como resultados que nosso grupo obteve nos últimos anos referentes à prática da atividade física em ambientes poluídos, seus benefícios e malefícios, pois as dúvidas sobre a realização do exercício físico em ambientes poluídos, especialmente se praticado ao ar livre ainda são muitas.

Entre os poluentes, os mais estudados em relação ao exercício físico, destacamos o monóxido de carbono (CO), ozônio (O₃) e partículas em suspensão ou material particulado (menores que 10 µm (PM₁₀) e menores que 2,5 µm (PM_{2,5})).

O monóxido de carbono (CO) é um gás tóxico, incolor e inodoro, que induz hipóxia através de vários mecanismos, destacando-se a formação de carboxihemoglobina (COHb), com uma afinidade 200 vezes maior que a do oxigênio, ocasionando a diminuição do fornecimento de oxigênio para os tecidos e a inibição da ação da citocromo oxidase (Carlisle e Sharp, 2001), etapa fundamental da cadeia transportadora de elétrons.

Na década de 80, Lee e colaboradores (1994) encontraram evidências que relacionavam a concentração de COHb no sangue de voluntários e suas áreas de habitação. Moradores de zonas urbanizadas tinham, aproximadamente, o dobro de COHb que habitantes de zona rural sem áreas de tráfego.

A prática de atividade física em áreas de tráfego de veículos é praticamente inevitável para populações fisicamente ativas moradoras de grandes centros urbanos. Exercícios extenuantes no tráfego pesado durante 30 min podem aumentar o nível de COHb em até 10 vezes, o que equivale a fumar 10 cigarros de tabaco (Nicholson e Case, 1983).

O risco de intoxicação por CO em corredores e ciclistas em áreas de congestionamento de tráfego é de difícil predição, pois a concentração de CO, bem como seu movimento, dependem do vento predominante e da temperatura ambiente.

No entanto, pesquisas encontraram níveis elevados de COHb entre 4-6% no

sangue de corredores e ciclistas de cidades urbanizadas, um nível comparável ao observado em fumantes crônicos (Gong e Krishnareddy, 1995) que, reconhecidamente, têm diminuição da tolerância ao exercício (Pribyl e Racca, 1996).

Os efeitos da COHb relativas ao desempenho no exercício indicam uma diminuição significativa no VO_2 max e no limiar anaeróbio, como também, uma taxa significativamente mais elevada de frequência cardíaca e de pressão arterial (Hopkins, 1990).

A Organização Mundial da Saúde (OMS) calculou a relação entre a concentração de CO e COHb e sangue, para um indivíduo praticando um exercício leve. Os valores de COHb são reduzidos pela metade para uma pessoa em repouso e dobrados para uma pessoa em exercício pesado (WHO, 2004).

O Ozônio (O_3) forma-se na atmosfera através de interações químicas complexas e equilíbrio entre centenas de hidrocarbonetos diferentes e radicais de NO e NO_2 , todas necessitando de energia fotoquímica e, devido à propriedade fotoquímica de sua formação, os níveis de O_3 tendem a ser maiores no verão do que no inverno. Em grandes cidades quentes, como Los Angeles, pode-se observar um padrão diurno de concentração de O_3 com pico em torno do meio-dia, bem depois da hora do "rush" da manhã e quando a radiação solar é mais elevada (Carlisle e Sharp, 2001).

No entanto, o O_3 é um poluente que transcende fronteiras, viaja distâncias consideráveis e é predominantemente um poluente rural.

A exposição de O_3 acima de 120 ppb é conhecida por ter efeitos prejudiciais para a saúde. Os sintomas são irritação da garganta e nariz, tosse, chiado, falta de ar e uma incapacidade de respirar fundo por causa de dores no peito ou constrição. Os dados obtidos em 1970 e 1980 confirmam a observação de que a diminuição da capacidade vital forçada (CVF) e o volume expiratório no primeiro segundo (VEF_1) são respostas consistentes à exposição ao O_3 . CVF e VEF_1 são facilmente mensuráveis e produzem resultados quantificáveis. Indivíduos que praticam exercícios físicos em ambientes com altos níveis de O_3 mostram, progressivamente, decréscimos nas medidas de função pulmonar com o aumento da intensidade do exercício (Hazucha, 1987).

Atletas são vulneráveis aos efeitos da inalação de O_3 por causa de seus padrões de exercício (Gong, 1987).

Tanto o volume expirado (VE) quanto VO_2 aumentam drasticamente com o início da atividade física, quer se trate de atividade de curto prazo de alta intensidade ou atividade prolongada e menos intensa, incluindo treino, aquecimento e competição.

Corredores de longa distância ao executarem exercícios intensos, a 90% do seu VO_2 máx, podem chegar a um VE de mais de 100 litros/min, e podem manter esta velocidade por mais de uma hora. Ciclistas de *endurance* de elite podem, igualmente, manter um VE de 80 litros/min em corridas longas por horas. O VE no descanso é, por comparação, menor 10 litros/min.

Dez atletas de *endurance*, altamente treinados, foram aleatoriamente expostos ao ar filtrado, e a 120, 180, e 240 ppb de O_3 durante a execução de um protocolo de uma hora de simulação competitiva num ciclo ergômetro (Schelegle e Adams, 1986).

Todos completaram o protocolo quando expostos ao ar filtrado, no entanto quando expostos a 120, 180 e 240 ppb de O_3 , um, cinco e sete voluntários não completaram o protocolo, respectivamente.

O material particulado (PM) compreende o material sólido (solúveis ou insolúveis) ou líquido presente no ar em partículas suficientemente pequenas para permanecer em suspensão durante algumas horas ou dias. Eles são tipicamente menores que 10 μm de diâmetro e são, portanto, muitas vezes referida como PM_{10} .

Partículas deste tamanho são capazes de entrar no trato respiratório e alcançar as partes mais profundas do pulmão. Uma proporção significativa do material particulado é menor do que 2,5 μm de diâmetro ($\text{PM}_{2,5}$) e é este o tamanho de partículas, que têm maior chance de serem depositados no trato respiratório.

Partículas de diâmetro inferior a 0,5 μm são menos suscetíveis de serem depositadas no aparelho respiratório, uma vez que são muito pequenas para qualquer impacto ou difusão eficaz nas paredes dos pulmões, sendo exalados antes de poderem ser depositados (Carlisle e Sharp, 2001).

Os picos de material particulado se concentram nas fumaças de poluição do ar, habitualmente aumentando durante períodos com menores índices pluviométricos.

A questão sobre a deposição de poluentes no trato respiratório durante o exercício permanece incerta. É certo que a velocidade do fluxo de ar aumentada (uma consequência do aumento acentuado na VE) desvia muito da filtração nasal normal e leva os poluentes mais profundamente no trato respiratório, havendo um aumento proporcional da quantidade de poluentes inalados.

Estudos experimentais mostraram que a exposição ao material particulado promove inflamação pulmonar, altera as defesas respiratórias contra agentes inalados e diminui a depuração bacteriana pulmonar (Goedy e colaboradores, 2008).

A inalação de PM₁₀ está também associada à indução ou exacerbação de diferentes doenças cardiovasculares (Cendon e colaboradores, 2006; Chen e colaboradores, 2006).

Os benefícios que o exercício aeróbio regular proporciona à saúde do homem estão bem documentados na literatura, apontando para a melhora do condicionamento cardiorrespiratório, redução da obesidade, pressão arterial e diminuição do risco do desenvolvimento de doenças crônicas, câncer e depressão, resultando na melhora da qualidade de vida (Petersen e Pedersen, 2005; Vieira e colaboradores, 2012; Nimmo e colaboradores, 2013; Fashi e colaboradores, 2015), sendo a inflamação subclínica um importante fator patogênico em todas essas condições.

O estado inflamatório é mensurado pelo aumento dos níveis de marcadores inflamatórios circulantes, como as citocinas, interleucina 6 (IL-6) e Fator de Necrose Tumoral (TNF- α), dosados em laboratórios de pesquisa e a Proteína C Reativa ultra sensível (PCR US), dosada em laboratório clínico (Gleeson e colaboradores, 2011).

O exercício físico influencia a resposta do sistema imune. Está bem demonstrado na literatura (Gleeson e colaboradores, 2011) que exercícios regulares de intensidade moderada são benéficos, modulando a resposta imune-inflamatória de maneira a diminuir a inflamação subclínica associada a doenças.

Publicações recentes sobre o efeito anti-inflamatório do exercício têm focado em três mecanismos possíveis: (a) a redução da gordura visceral, uma vez que seu acúmulo produz adipocinas e citocinas pró-inflamatórias, (b) aumento na produção e liberação de citocinas anti-inflamatórias, como

a IL-6, liberada pela contração do músculo esquelético e subsequentemente o aumento da IL-10 e do antagonista do receptor de IL-1 (IL-1ra), ambos considerados anti-inflamatórios, (c) redução na expressão do receptor Toll-like (TLRs) nos monócitos e macrófagos (Gleeson e colaboradores, 2011; Simpson e colaboradores, 2015).

A inflamação é uma reação biológica complexa do nosso organismo a diversos estímulos, uma resposta do sistema imunológico à infecção ou trauma, sendo necessária para a restituição da integridade tecidual, desde que siga seu caminho habitual, ou seja, com retorno a um estado não inflamatório.

Quando relacionada ao exercício físico regular, em conjunto com hormônios e moléculas sinalizadoras atuam na regeneração e reparo das estruturas lesadas do sistema musculoesquelético (Gleeson e colaboradores, 2011).

Durante o exercício, são produzidas tanto citocinas pró como anti-inflamatórias, tais como TNF- α , IL-1 β , IL-6, receptor antagonista de IL-1 (IL-1ra), receptores solúveis de TNF- α (sTNF-R). A IL-6, atualmente conhecida como uma miocina (citocina produzida pelo músculo), tem grande importância nesse processo, durante o exercício, ela chega a aumentar até 100 vezes seu nível sérico, tendo importante função anti-inflamatória, induzindo a liberação na circulação sanguínea de outras citocinas anti-inflamatórias como a IL-10, IL-1ra e sTNF-R (Petersen e Pedersen, 2005), além de estimular a liberação de cortisol pelas glândulas adrenal (Gleeson e colaboradores, 2011).

Para a realização de exercícios, uma série de problemas de ordem prática está presente, o que em grande número dos casos acabam por inviabilizar a realização dele.

Um dos problemas que se destacam na atualidade diz respeito à realização de exercícios físicos em ambientes poluídos. A poluição do ar está associada ao desenvolvimento de alterações respiratórias, impedindo em muitos casos a realização de exercícios ao ar livre quando em presença de ambientes muito poluídos (Bell e colaboradores, 2004; Harder e colaboradores, 2001).

Pesquisas revelam que indivíduos moradores em locais com maiores níveis de poluentes tendem a realizar menos exercícios físicos quando comparados com os que

moram em ambientes com melhor qualidade do ar (Santos e colaboradores, 2016).

Merritt e colaboradores (2019) realizaram estudo verificando a exposição a poluição ambiental relacionada ao trânsito em Estocolmo, Suécia em diferentes situações: durante a caminhada, ciclismo e viagens de ônibus ou carro por ruas da cidade. A monitorização foi realizada durante os principais horários de pico. Em conclusão, as viagens de ônibus mostraram um nível de exposição significativamente maior em relação aos outros.

Ao considerar as diferenças na velocidade de deslocamento e nas necessidades respiratórias, as doses inaladas de poluentes (carbono negro) foram mais altas no ciclismo e na caminhada. A escolha de ruas menos movimentadas para o ciclismo resultou em menores níveis de exposição em comparação pareada.

Sá e colaboradores (2016) em estudo randomizado, "crossover", avaliaram 38 corredores amadores, jovens e saudáveis, não fumantes, que correram em ambiente urbano (maior concentração de poluentes) e em reserva florestal urbana (menor concentração de poluentes) num período de 5 dias consecutivos por semana, durante 2 horas por dia.

Neste estudo foram constatadas diferenças nas respostas de vias aéreas, após a corrida, de acordo com o ambiente mais ou menos poluído. Foram significativas as alterações encontradas no transporte mucociliar e no pH do ar exalado.

O transporte muco-ciliar (MCC) é um mecanismo pelo qual material particulado é contido na via aérea superior evitando sua penetração na via aérea, sendo estas partículas eliminadas.

Seu estudo se faz pelo teste de tempo de sacarina (STT), no qual uma gota de sacarina é depositada na parte posterior do nariz, medindo-se o tempo que o voluntário informa sentir o gosto.

Resultados apresentados por Sá e colaboradores (2016), mostraram que após cinco dias de corrida consecutiva no ambiente menos poluído não alterou o número de indivíduos que apresentavam STT alterado, enquanto após cinco dias treinando no circuito urbano, levou a um aumento significativo do número de sujeitos com STT prolongado.

O pH do ar exalado está relacionado ao grau de resposta inflamatório pulmonar, de maneira que pH mais baixo indica um grau

maior de inflamação pulmonar e um pH mais elevado se associa a menor inflamação pulmonar.

É sabido que uma queda significativa do pH do ar exalado é relatado em pacientes com exacerbação aguda de asma, enquanto após um tratamento bem sucedido pH retornava a valores mais elevados, de maneira que o pH do ar exalado é uma boa medida do "status" inflamatório pulmonar.

Os autores Sá e colaboradores (2016) demonstraram que os atletas que corriam em ambientes menos poluídos apresentavam um pH mais elevado, mostrando que o pH do ar exalado tem relação com a poluição ambiental.

Por outro lado, no estudo foi constatado que durante as semanas em que a poluição era mais intensa os valores de pH do ar exalado eram menores nos voluntários que corriam no circuito de rua do que naqueles que corriam na floresta urbana.

Além do estudo concluir que quando os índices de poluição eram maiores, o pH do ar exalado era mais baixo, mas em ambos os ambientes, como resultado do exercício físico, o pH tendeu a aumentar.

Em adição o estudo também concluiu que o exercício melhora o transporte mucociliar e pode ajudar na regulação da resposta inflamatória.

REFERÊNCIAS

- 1-Bell, M. L.; Davis, D. L.; Fletcher, T. A retrospective assessment of mortality from the London smog episode of 1952: the role of influenza and pollution. *Environ Health Perspect.* Vol. 112. Núm. 1. p. 6-8. 2004. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14698923>>.
- 2-Brook, R. D.; Brook, J. R.; Rajagopalan, S. Air pollution: the "Heart" of the problem. *Current Hypertension Reports.* Vol. 5. Núm. 1. p. 32-9. 2003.
- 3-Campbell, A. Inflammation, neurodegenerative diseases, and environmental exposures. *Annals of the The New York Academy of Sciences.* Vol. 1035. p. 117-32. 2004.
- 4-Carlisle, A. J.; Sharp, N. C. Exercise and outdoor ambient air pollution. *British Journal of Sports Medicine.* Vol. 35. Núm. 4. p. 214-22. 2001.

- 5-Cendon, S.; Pereira, L. A.; Braga, A. L.; Conceicao, G. M.; Cury Junior, A.; Romaldini, H.; Lopes, A. C.; Saldiva, P. H. Air pollution effects on myocardial infarction. *Revista de Saúde Pública*. Vol. 40. Núm. 3. p.414-9. 2006.
- 6-Chen, J.; Tan, M.; Nemmar, A.; Song, W.; Dong, M.; Zhang, G.; Li, Y. Quantification of extrapulmonary translocation of intratracheal-instilled particles in vivo in rats: effect of lipopolysaccharide. *Toxicology*. Vol. 222. Núm. 3. p. 195-201. 2006.
- 7-Curtis, L.; Rea, W.; Smith-Willis, P.; Fenyves, E.; Pan, Y. Adverse health effects of outdoor air pollutants. *Environment International*. Vol. 32. Núm. 6. p. 815-30. 2006.
- 8-Elson, D. M. Atmospheric pollution: a global problem. Oxford: Blackwell. 1992.
- 9-EPA. National Ambient Air Quality Standards (NAAQS). 2012. Disponível em: <<http://www.epa.gov/air/criteria.html>>. Acesso em: 18/03/2012.
- 10-Fashi, M.; Alinejad, H. A.; Mahabadi, H. A. The Effect of Aerobic Exercise in Ambient Particulate Matter on Lung Tissue Inflammation and Lung Cancer. *Iran J Cancer Preven*. Vol. 8. Núm. 3. p. e2333. 2015.
- 11-Fircket, J. Sur les causes des accidents survenus dans la vallée de la Meuse, lors des brouillards de décembre 1930. *Bulletin et Memoires de l'Academie Royale de Medecine de Belgique*. Vol. 11. p. 683-741. 1931.
- 12-Gleeson, M.; e colaboradores. The anti-inflammatory effects of exercise: mechanisms and implications for the prevention and treatment of disease. *Nat Rev Immunol*. Vol. 11. Núm. 9. p. 607-15. 2011. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21818123>>.
- 13-Gong, H.J.R. Effects of ozone on exercise performance. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. Vol. 27. Núm. 1. p.21-9. 1987.
- 14-Gong, H.; Krishnareddy, S. How pollution and airborne allergens affect exercise. *Physician and Sports medicine*. Vol. 23. p. 35-42. 1995.
- 15-Goedy, K.; Krantz, Q. T.; Daniels, M.; Linak, W. P.; Jaspers, I.; Gilmour, M. I. Modulation of pulmonary inflammatory responses and antimicrobial defenses in mice exposed to diesel exhaust. *Toxicology and Applied Pharmacology*. Vol. 229. Núm. 3. p.310-9. 2008.
- 16-Harder, S.D.; Soukup, J.M.; Ohio, A.J. Inhalation of PM2.5 does not modulate host defense immune parameters in blood or lung of normal human subjects. *Environ Health Perspect*. Vol.109. p.599-604. 2001.
- 17-Hazucha, M. J. Relationship between ozone exposure and pulmonary function changes. *Journal of Applied Physiology*. Vol. 62. Núm. 4. p. 1671-80. 1987.
- 18-Hopkins, H. R. Passive smoking as determined by salivary cotinine and plasma carboxyhaemoglobin levels in adults and school-aged children of smoking and non-smoking parents: effects on physical fitness. *Annals of Sports and Medicine*. Vol. 5. p.96-104. 1990.
- 19-Lee, K.; Yanagisawa, Y.; Spengler, J. D.; Nakai, S. Carbon monoxide and nitrogen dioxide exposures in indoor ice skating rinks. *Journal of Sports Sciences*. Vol. 12. Núm. 3. p. 279-83. 1994.
- 20-Logan, W. P. Mortality in the London fog incident, 1952. *Lancet*. Vol. 1. p. 336-8. 1953.
- 21-Merritt, A.S.; e colaboradores. Personal exposure to black carbon in Stockholm, using different intra-urban transport modes. / *Science of the Total Environment*. Vol. 674. p.279-287. 2019.
- 22-Mohankumar, S. M.; Campbell, A.; Block, M.; Veronesi, B. Particulate matter, oxidative stress and neurotoxicity. *Neurotoxicology*. Vol. 29. Núm. 3. p. 479-88. 2008.
- 23-Nicholson, J.; Case, D. Carboxyhemoglobin levels in New York runners. *Physician and Sports medicine*. Vol. 11. p. 135-8. 1983.
- 24-Nimmo, M.A.; Leggate, M.; Viana, J.L.; King, J.A. The effect of physical activity on mediators of inflammation. *Diabetes, Obesity and Metabol*. Vol.15. (Suppl. 3). p. 51-60. 2013.

Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício

ISSN 1981-9900 versão eletrônica

Periódico do Instituto Brasileiro de Pesquisa e Ensino em Fisiologia do Exercício

www.ibpex.com.br / www.rbpfex.com.br

25-Petersen, A. M.; Pedersen, B. K. The anti-inflammatory effect of exercise. *Journal of Applied Physiology*. Vol. 98. Núm. 4. p.1154-62. 2005.

26-Pope, C. A., Burnett, R. T.; Thurston, G. D.; Thun, M. J.; Calle, E. E.; Krewski, D.; Godleski, J. J. Cardiovascular mortality and long-term exposure to particulate air pollution: epidemiological evidence of general pathophysiological pathways of disease. *Circulation*. Vol. 109. Núm. 1. p.71-7. 2004.

27-Pribyl, C. R.; Racca, J. Toxic gas exposures in ice arenas. *Clinical Journal of Sport Medicine*. Vol. 6. Núm. 4. p.232-6. 1996.

28-Sá, M.C.; e colaboradores. Aerobic exercise in polluted urban environments: effects on airway defense mechanisms in young healthy amateur runners. *J. Breath Res*. Vol. 10. Núm. 2016.

29-Saldiva, P. H. Air pollution in urban areas: the role of automotive emissions as a public health problem. *International Journal of Tuberculosis and Lung Disease*. Vol. 2. Núm. 11. p.868. 1998.

30-Santos, U.P.; e colaboradores. Exercícios Físicos, Poluição do Ar e Saúde. Sociedade Brasileira de Pneumonia e Tisiologia. 2016. Disponível em: <https://sbpt.org.br/portal/wp.../Poluicao_atividade_fisica_2016_UbiratanSantos.pdf>

31-Schelegle, E. S.; Adams, W. C. Reduced exercise time in competitive simulations consequent to low level ozone exposure. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. Vol. 18. Núm. 4. p. 408-14. 1986.

32-Seaton, A.; Macnee, W.; Donaldson, K.; Godden, D. Particulate air pollution and acute health effects. *Lancet*. Vol. 345. p.176-8. 1995.

33-Shrenk, H.; Heimann, H.; Clayton, G.; Gafafer, W.; Wexler, H. Air pollution in Donora, PA: epidemiology of the unusual smog episode of October 1948. preliminar report. US Public Health Service. Washington. p.306. 1949.

34-Simpson, R. J.; e colaboradores. Exercise and the Regulation of Immune Functions. *Prog Mol Biol Transl Sci*. Vol. 135. p.355-80. 2015. Disponível em:

<<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26477922>>.

35-Vieira, R. P.; e colaboradores. Anti-inflammatory effects of aerobic exercise in mice exposed to air pollution. *Med Sci Sports Exerc*. Vol. 44. Núm. 7. p.1227-34. 2012. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22297803>>.

36-WHO. Environmental Health Criteria 213. Carbon Monoxide (second edition). 2004. 30/11/ 2004. Disponível em: <http://www.who.int/ipcs/publications/ehc/ehc_213/en/>

Recebido para publicação 11/09/2019
Aceito em 29/04/2020