

RAFAELA CAMPOS CUISSI

**EFEITOS DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA NO SISTEMA RESPIRATÓRIO DE
INDIVÍDUOS PRATICANTES DE EXERCÍCIO FÍSICO AERÓBIO EM AMBIENTE
ABERTO E FECHADO**



Presidente Prudente

2014



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Presidente Prudente

RAFAELA CAMPOS CUISSI

**EFEITOS DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA NO SISTEMA RESPIRATÓRIO DE
INDIVÍDUOS PRATICANTES DE EXERCÍCIO FÍSICO AERÓBIO EM AMBIENTE
ABERTO E FECHADO**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências e Tecnologia - FCT/UNESP, Campus de Presidente Prudente, para obtenção do título de Mestre no programa de Pós-graduação em Fisioterapia.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Dionei Ramos

Presidente Prudente

2014

Faculdade de Ciências e Tecnologia
Seção de Pós-Graduação
Rua Roberto Simonsen, 305 CEP 19060-900
Presidente Prudente SP
Tel 18 3229-5352 fax 18 3223-4519 posgrad@prudente.unesp.br

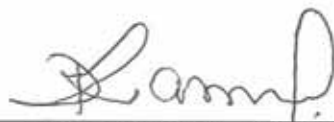
FICHA CATALOGRÁFICA

C973e Cuissi, Rafaela Campos.
Efeitos da poluição atmosférica no sistema respiratório de indivíduos praticantes de exercício físico aeróbio em ambiente aberto e fechado / Rafaela Campos Cuissi. - Presidente Prudente : [s.n], 2014
75 f.


Orientador: Dionei Ramos
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia
Inclui bibliografia

1. Exercício físico. 2. Poluição atmosférica. 3. Transporte mucociliar. I. Ramos, Dionei. II. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências e Tecnologia. III. Título.

BANCA EXAMINADORA



PROFA. DRA. DIONEI RAMOS
(ORIENTADOR)



PROFA. DRA. ERCY MARA CIPULO RAMOS
(FCT/UNESP)



PROFA. DRA. RENATA CALCIOLARI ROSSI E SILVA
(UNOESTE)



RAFAELA CAMPOS CUISSI

PRESIDENTE PRUDENTE (SP), 28 DE FEVEREIRO DE 2014.

RESULTADO: Aprovada

DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho aos meus pais, Luis Cláudio e Célia, em
agradecimento a todo apoio em todas as etapas da minha vida.*

AGRADECIMENTOS

À Deus pela minha vida, pelas oportunidades que Ele me fez e faz sonhar, por depositar em mim a alegria de viver e pelos dons que me deste que possibilitam o meu crescimento a cada dia. Obrigado Senhor por ter me trazido até aqui amparada pelas tuas bênçãos, por ter tornado possível todas as coisas.

À minha orientadora, Profa. Dra. Dionei Ramos, pela confiança depositada em mim e pela orientação durante esses anos. Agradeço a oportunidade de ter sido acompanhada desde a graduação pela senhora, por toda a oportunidade de crescimento e amadurecimento científico dentro do laboratório e do seu grupo de pesquisa. Muito obrigado!

À Profa. Dra. Ercy, por contribuir com minha formação acadêmica, por inspirar e motivar não só a mim, mas a muitos alunos da fisioterapia a se encantarem com a nossa profissão e por sempre nos instigar a buscar respostas por meio de pesquisas científicas. Muito obrigado por toda disponibilidade em ajudar no que fosse necessário.

À Profa. Dra. Alessandra Choqueta pela orientação no início deste trabalho, pela dedicação na elaboração do mesmo, pelos ensinamentos científicos durante o período que estive aqui e mesmo depois por emails. É exemplo para mim de amor à

pesquisa; ficava nítida essa paixão quando as reuniões não tinham hora para acabar; e como aprendi em todas elas.

Ao Prof. Dr. Luiz Carlos Marques Vanderlei por todo auxílio e prontidão a ajudar a entender questões essenciais para o desenvolvimento deste trabalho. Meu carinho e admiração ao senhor que é exemplo do que é ser mestre, ser professor.

Ao Prof. Dr. Carlos Marcelo Pastre pelo auxílio intelectual na elaboração do projeto de pesquisa que me fez acreditar na viabilidade do mesmo. Meu agradecimento pela sua ajuda que foi fundamental.

Ao Prof. Dr. Paulo Hilário Saldiva por ser um pesquisador admirável, por todas as possibilidades de discussão deste projeto sempre inspiradoras. Embora o pouco contato, me sinto como sua aluna pelas inúmeras vezes que assisti à palestras e li artigos seus: a forma como escreve ou fala é contagiante e há sempre o que aprender!

À Profa. Dra. Renata Calciolari pelo aceite em compor a banca da minha dissertação. É um prazer tê-la novamente em um momento como este sempre enriquecedor com discussões valiosas e contribuições importantíssimas. Obrigado pelo

envolvimento com minha pesquisa e por sua prontidão em ajudar e solucionar diversas questões deste trabalho.

À amiga Profa. Aline Ceccatto por sua empolgação contagiante em fazer pesquisa, por sempre se fazer presente nas discussões deste trabalho, por sempre perguntar à quanto andava o projeto, por todas sugestões dadas, por achar soluções, pelas vezes que partilhou comigo os momentos difíceis deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Marcos Teixeira e Prof. Dr. Homero Gomes do departamento de química da FCT-UNESP, Prof. Dr. Silvio Teixeira do departamento de física da FCT-UNESP e ao Prof. Paulo Pereira, pela contribuição intelectual, pela disponibilidade em me receber e possibilitar discussões sobre poluição atmosférica de extrema importância para o entendimento da minha pesquisa.

À CETESB por ter disponibilizado os dados de poluição atmosférica da estação automática de Presidente Prudente-SP. Sem estes dados não poderia ter concluído este trabalho.

Aos amigos do LEAMS: Marceli Leite, Juliana Nicolino, Juliana Tiyaki, Fernanda Machado Rodrigues, Luiz Carlos de Carvalho Júnior, Renata David, Bruna Spolador, Ana Paula Freire, Giovana Arevalo, Iara Trevisan, Juliana Uzeloto, Fabiano de Lima e Paula Pestana, obrigado pelo

companheirismo, amizade construída pela convivência diária tão intensa tanto nos momentos alegres, tristes e mesmo os mais tensos. Sem vocês os dias de laboratório não teriam sido tão produtivos e os momentos de descontração não teriam sido tão divertidos.

Aos que já se tornaram mestres, mas que continuam mantendo contato com o LEAMS: Giovana Navarro e Rafaella Xavier, obrigado por sempre nos incentivarem.

Aos alunos de iniciação científica, Gabriel Faustino, Amanda Andrino e Murilo Ito, muito obrigado por vocês terem feito parte desta fase do mestrado tão de perto; vocês foram muito especiais. Foi um grande prazer ter convivido e aprendido com vocês.

A todos os voluntários desta pesquisa que foram essenciais e especiais. Obrigado pelo carinho com que atendiam às minhas solicitações. Conforme prometido, devo agradecê-los em japonês também; vale à tentativa: “ARIGATŌ”!

Aos professores do Programa de Pós Graduação da FCT/UNESP por compartilharem seus conhecimentos. Agradeço em especial o Prof. Rômulo Fernandes e Prof. Diego Christofaro.

Ao departamento de fisioterapia por todo suporte técnico e mesmo o financeiro oferecido à todos os alunos da graduação e pós-graduação. Agradeço especialmente a Danielli Baeta e Marcos de Souza que sempre me atenderam e resolveram qualquer empecilho que houvesse.

Aos funcionários da pós-graduação que sempre nos atenderam com muita gentileza e paciência, em especial ao André Meira e Cinthia Onishi, responsáveis pela área da Fisioterapia.

Aos funcionários do CEAFiR, Maura, Elaine, Ivone, Fernando, Ivo, Nice e Cida, obrigada pela paciência com que nos atendiam e pela tolerância como nas vezes que atrasávamos para deixar a clínica ou mesmo quando pedíamos para que ela fosse aberta em dias extras; obrigado pela convivência agradável e respeitosa.

Às agências financiadoras CNPq e FAPESP pelo apoio financeiro, com o qual foi possível muitas conquistas.

Aos meus pais, Luis Cláudio e Célia, por me permitirem sonhar sonhos de qualquer tamanho, por colaborarem para que eles se tornassem possíveis à mim, por todo apoio e torcida. Meu eterno e grande agradecimento e amor à vocês que significam tudo na minha vida. Também agradeço aos meus irmãos, Luis

Henrique e Amanda por terem aceitado minha ausência mesmo quando estava presente.

Ao meu noivo, Haroldo Gomes, pela sua compreensão, paciência e pelo seu amor e cuidado comigo, por suas orações, pela cumplicidade que nos une sempre mais, por nossa grande amizade, por me incentivar e apoiar cada passo que sonho em dar e por me fazer feliz sempre. Te amo!

À família do meu noivo, Lúcia, Haroldo, Mara e Carlos, pela acolhida e amor principalmente durante esta fase em que minha família esteve distante. Vocês, com certeza, são a minha segunda família.

A todos meus amigos que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito obrigada!

EPÍGRAFE

“Precisamos dar um sentido humano às nossas construções. E, quando o amor ao dinheiro, ao sucesso nos estiver deixando cegos, saibamos fazer pausas para olhar os lírios do campo e as aves do céu.”

Érico Veríssimo

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

RESUMO

ABSTRACT

1. INTRODUÇÃO.....	28
2. OBJETIVOS.....	34
2.1. Objetivo Geral.....	34
2.2. Objetivos Específicos.....	34
3. CASUÍSTICA E MÉTODOS.....	36
3.1. Casuística.....	36
3.2. Protocolo Experimental.....	37
3.2.1. Protocolo de treinamento aeróbico.....	39
3.2.1.1. Treinamento aeróbico em ambiente aberto.....	40
3.2.1.2. Treinamento aeróbico em ambiente fechado.....	40
3.2.2. Determinação dos poluentes atmosféricos.....	41
3.3. Métodos.....	42
3.3.1. Avaliação Inicial.....	42
3.3.2. Determinação das avaliações funcionais e respiratórias.....	42
3.3.2.1. Avaliação da função pulmonar.....	42
3.3.2.2. Avaliação da capacidade funcional.....	42
3.3.2.3. Avaliação do monóxido de carbono no ar expirado.....	43
3.3.2.4. Avaliação do transporte mucociliar.....	43
3.4. Análise estatística.....	44
4. RESULTADOS.....	46
4.1. Caracterização da população.....	46
4.2. Função pulmonar.....	46
4.3. Capacidade funcional.....	47
4.4. Monóxido de carbono.....	48
4.5. Transporte mucociliar.....	49
4.6. Determinação e quantificação dos poluentes atmosféricos.....	51
4.7. Correlação de Pearson.....	52
5. DISCUSSÃO.....	56
6. CONCLUSÕES.....	63
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64

ANEXOS

ANEXO I: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

ANEXO II: Avaliação Inicial

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Locais onde o protocolo de exercício aeróbico foram realizados (A – CEAFiR e B – Parque).....36
- Figura 2** - Vista por satélite dos locais onde ocorreram o protocolo experimental. Distância de 1,1Km entre os locais.....37
- Figura 3** – Concentração de monóxido de carbono no ar expirado (ppm e % correspondente) do grupo controle, Exe-AA e Exe-AF.....48
- Figura 4** – Tempo de trânsito da sacarina (TTS) em minutos do grupo controle, Exe-AA e Exe-AF.....49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Caracterização dos indivíduos expressos em média e desvio padrão.....	45
Tabela 2. Valores espirométricos de VEF ₁ , CVF, relação VEF ₁ /CVF e porcentagens dos valores preditos expressos em média e desvio padrão.....	46
Tabela 3. Descrição do TC6 e porcentagem do valor predito expressos em média±desvio padrão.....	47
Tabela 4. Valores do COex dos grupos Exe-AA, Exe-AF e GC expressos em média±desvio padrão e mediana[intervalo interquartílico 25-75%].....	48
Tabela 5. Valores do TTS em minutos dos grupos Exe-AA, Exe-AF e GC expressos em média±desvio padrão e mediana[intervalo interquartílico 25-75%].....	49
Tabela 6. Concentrações dos poluentes MP ₁₀ , NO ₂ e O ₃ . Os dados estão expressos em µg/m ³	50
Tabela 7. Coeficiente de correlação de Pearson entre poluição atmosférica e os valores de TTS.....	51
Tabela 8. Coeficiente de correlação de Pearson entre poluição atmosférica e os valores espirométricos.....	52
Tabela 9. Coeficiente de correlação de Pearson entre o nível de COex com os valores de TTS.....	53

Tabela 10. Coeficiente de correlação de Pearson entre o nível de COex com os valores espirométricos.....	53
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

% - Porcentagem

µg – Micrograma

µg/m³ – Micrograma por metro cúbico

CEAFiR - Centro de Estudos e de Atendimentos em Fisioterapia e Reabilitação

CETESB

cm – centímetros

CO - Monóxido de Carbono

CO_{ex} - Monóxido de Carbono no ar expirado

CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente

CVF – Capacidade Vital Forçada

DPOC - Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica

EFA - Exercício físico em ambiente aberto

EFF - Exercício físico em ambiente fechado

F - Feminino

FC - Frequência Cardíaca

FC_{máxima} - Frequência Cardíaca Máxima

FC_{repouso} - Frequência Cardíaca de Repouso

FC_{reserva} - Frequência Cardíaca de Reserva

FEF_{25-75%} - Fluxo Expiratório Forçado entre 25% e 75%

GC – Grupo controle

IBAMA - Instituto Brasileiro de Meio Ambiente

IMC – Índice de Massa Corpórea

Kg – quilograma

Kg/m² – quilograma por metro quadrado

L – litros

M – Masculino

m – metros

MP - Material Particulado

MP₁₀ - Material Particulado menor que 10µm

NO₂ – Dióxido de Nitrogênio

O₃ - Ozônio

PFE – Pico de Fluxo Expiratório

ppm - Partes Por Milhão

SO₂ - Dióxido de Enxofre

TC6 - Teste de Caminhada de Seis Minutos

TTS - Tempo de trânsito da sacarina

UGRHI - Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos

VEF₁ – Volume Expiratório Forçado no Primeiro Segundo

VEF₁/CVF - Volume Expiratório Forçado no Primeiro Segundo pela Capacidade Vital Forçada

RESUMO

A poluição atmosférica pode afetar negativamente a saúde de quem se exercita ao ar livre, pois durante o exercício físico aeróbico a deposição de partículas nos pulmões é maior em relação ao repouso. A investigação dos efeitos da poluição durante a prática de exercício físico sugeriu que estes indivíduos apresentam maior risco de morbidade respiratória e cardiovascular devido a uma amplificação na absorção respiratória, deposição nos pulmões e toxicidade dos poluentes inalados. **Objetivo:** Avaliar os efeitos da exposição à poluição atmosférica na cidade de Presidente Prudente - SP sobre a função pulmonar, capacidade funcional, níveis de monóxido de carbono e transportabilidade mucociliar de indivíduos saudáveis praticantes de exercício físico aeróbico em ambiente aberto e fechado. **Métodos:** Participaram do estudo 24 indivíduos não-tabagistas, entre 40-60 anos, sedentários, randomizados em três grupos: exercício físico em ambiente aberto (Exe-AA), exercício físico em ambiente fechado (Exe-AF) e grupo controle sedentário (GC). Avaliou-se a função pulmonar, a capacidade funcional, o nível de concentração do monóxido de carbono expirado (COex) e o teste do tempo de trânsito da sacarina (TTS). Os poluentes MP₁₀, NO₂ e O₃ foram quantificados diariamente pela estação automática da CETESB. O treinamento aeróbico foi realizado no período da tarde durante oito semanas em sessões de 60 minutos, três vezes por semana, com intensidade moderada controlada por um cardiofrequencímetro. Para a análise estatística foi utilizado o programa SPSS versão 15.0. A análise descritiva e a distribuição dos dados foram avaliadas pelo teste de Shapiro-Wilk. A comparação entre os grupos foi realizada pela análise de variância para medidas não-repetidas seguida do pós teste de Tukey; a comparação inicial e após oito semanas foi realizada pelo teste t pareado; e para análise de correlação utilizou-se o teste de Pearson. O nível de significância utilizado foi de $p < 0.05$. **Resultados:** Participaram deste protocolo 10 indivíduos no Exe-AA (51,6±3,9 anos; e 27,8±3,8kg/m²); 7 indivíduos no Exe-AF (52,4±6,5 anos; e 30±4,9kg/m²) e 7 indivíduos no GC (47,3±3,9 anos; e 23,7±2,7kg/m²). A exposição à poluição atmosférica e o COex aceleraram o transporte mucociliar nasal, o FEF_{25-75%} melhorou com a diminuição da poluição atmosférica e do COex de indivíduos que realizaram exercício aeróbico em ambiente fechado; para os que se exercitaram em ambiente aberto a transportabilidade mucociliar nasal também acelerou devido à atividade física, uma vez que não foi verificada sua relação com a poluição. **Conclusão:** O exercício físico aeróbico em ambiente aberto aumentou a transportabilidade mucociliar nasal e a poluição atmosférica correlacionou-se com a transportabilidade mucociliar nasal e função pulmonar de vias aéreas de menor calibre de indivíduos que praticaram exercício físico em ambiente fechado.

Palavras-chave: exercício físico, poluição atmosférica, transporte mucociliar.

ABSTRACT

ABSTRACT

Air pollution can negatively affect the health of those who exercise outdoors because during aerobic exercise particle deposition in the lungs is higher than rest. The investigation of the effects of pollution during physical exercise suggested that these individuals have a greater risk of respiratory and cardiovascular morbidity due to an amplification in respiratory uptake, lung deposition and toxicity of inhaled pollutants. **Objective:** To evaluate the effects of exposure to air pollution in the city of Presidente Prudente - SP on pulmonary function, functional capacity, levels of carbon monoxide and mucociliary transportability of healthy individuals who practice aerobic exercise indoor and outdoor environments. **Methods:** Participated of this study 24 nonsmokers between 40-60 years, sedentary; randomized into three groups: outdoor exercise - (Exe+O), indoor exercise (Exe+In) and sedentary control group (CG). We evaluated pulmonary function, functional capacity, concentration of exhaled carbon monoxide exhaled (exCO) and saccharin transit time test (STT). The PM₁₀, NO₂ and O₃ were quantified daily by automatic station of CETESB. Aerobic exercise of moderate intensity was performed, controlled by a heart rate monitor, for eight weeks in 60- minute sessions three times a week. For statistical analysis SPSS version 15.0 was used. Descriptive analysis and distribution of data was assessed by the Shapiro-Wilk test. The comparison between groups was performed by analysis of variance for non-repeated measures followed by the Tukey post test; initial and after eight weeks comparison was performed by paired t test, and correlation analysis used the Pearson correlation coefficient. The level of significance was $p < 0.05$. **Results:** Were involved in this protocol 10 individuals in the Exe+O (51,6±3,9 years; and 27,8±3,8kg/m²); 7 individuals in the Exe+In (52,4±6,5 years; and 30±4,9kg/m²) and 7 individuals in the CG (47,3±3,9 years; and 23,7±2,7kg/m²). Exposure to air pollution and exCO accelerated nasal mucociliary transportability, improved the FEF_{25-75%} with decreasing air pollution and exCO of individuals who performed aerobic exercise indoors; for group Exe-O the nasal mucociliary transportability also accelerated due to physical activity, since it was not verified its relationship with pollution. **Conclusion:** Aerobic exercise in the outdoor environment increased nasal mucociliary transportability and air pollution correlated with nasal mucociliary transportability lung function of airway smaller caliber of individuals who performed exercise indoors.

Key Words: physical exercise, air pollution, mucociliary transport.

1. INTRODUÇÃO

Poluição do ar é a presença de gases, vapores e material particulado que não estão presentes normalmente em sua composição ou, quando constituintes do mesmo, estão em elevada concentração.^{1,2}

Para controle da emissão dos poluentes, foram criados padrões de qualidade do ar, com base em suas concentrações. Os padrões de qualidade do ar nacionais foram estabelecidos pelo IBAMA - Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e aprovados pelo CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente, por meio da Resolução CONAMA nº 03/90. Esta resolução define legalmente o limite máximo para a concentração de um determinado poluente que garanta a proteção da saúde.³

No entanto, mesmo concentrações abaixo do limite máximo aceitável podem ser prejudiciais à saúde⁴, por isso as agências de controle ambiental estabeleceram metas de redução da emissão de poluição visando à melhoria gradativa da qualidade do ar e os novos padrões serão determinados baseados em conhecimento científico para que a saúde da população seja preservada ao máximo em relação aos danos causados pela poluição atmosférica.³

A qualidade do ar também é influenciada pelas condições meteorológicas que determinam uma maior ou menor concentração dos poluentes, como por exemplo, períodos com baixa umidade do ar e pouco vento, que é o caso do inverno no Estado de São Paulo, dificultam a dispersão e levam a um aumento da concentração de alguns poluentes, como o monóxido de carbono (CO), material particulado (MP) e dióxido de enxofre

(SO₂). Nos períodos mais ensolarados, como primavera e verão, há tendência clara no aumento da concentração do ozônio (O₃), por ser um poluente secundário que depende da intensidade de luz solar para ser formado.^{5,6}

As principais fontes emissoras destes poluentes em ambiente externo são os veículos automotivos (considerado fonte móvel de poluição) e as indústrias, usinas e incineradores de resíduos (considerados fontes fixas de poluição). Em diversas regiões do mundo e do Brasil a queima de biomassa (cana-de-açúcar, florestas e pastagens) contribui para esta poluição e muitas vezes constitui a principal fonte de poluição do ar.⁷

O Estado de São Paulo é o maior produtor de cana-de-açúcar e etanol do Brasil, com uma produção de cerca de 60% da produção nacional.^{8,9} Em vista dessa intensa atividade no Estado, muitas regiões sofrem influências de poluentes gerados pela queima da cana-de-açúcar durante o período de safra, que ocorre anualmente de maio à dezembro, com a finalidade de aumentar a produtividade da cultura.^{10,11} Assim, essas regiões apresentam níveis de poluentes aumentados em associação à poluição veicular.¹²

Ainda que a poluição do ar ambiente represente um fator de risco bem menor do que o consumo do tabaco – 800 mil x 5,4 milhões óbitos/ano (estimativas para 2005)¹³ –, seu impacto não é desprezível e principalmente pode ser evitado com medidas coletivas, como demonstra a redução da poluição que vem ocorrendo em diversas cidades do mundo. No Brasil, apesar das limitações dos dados ambientais e de estudos que incorporem a variedade geográfica, estima-se em 13 mil o número de óbitos por ano associados ao material particulado.¹⁴

A poluição atmosférica está relacionada à mortalidade e também aumento da morbidade por doenças respiratórias, cardiovasculares, infecciosas, câncer de pulmão, bem como à exacerbação em indivíduos com doenças crônicas, como diabetes^{1,15-17}; e também contribui para uma variedade de efeitos adversos à saúde tanto agudamente como cronicamente.¹⁸

Estudos que avaliaram a exposição crônica a esses poluentes mostraram danos em todos os sistemas do organismo e especialmente ao sistema respiratório devido à resposta inflamatória e aumento do estresse oxidativo causada por essa exposição. Esses fatores levam a uma disfunção do mecanismo de defesa mucociliar^{10,19-21} causando desde irritação da mucosa nasal e infecções do trato respiratório até o aumento da incidência de câncer de pulmão elevando a mortalidade.^{8,10,22,23}

Tanto indivíduos com patologias prévias como indivíduos saudáveis são afetados pelos efeitos deletérios da poluição; no entanto, estes efeitos no sistema respiratório podem ser influenciados pela prática de atividade física.²⁴ Daigle et al determinaram que o total de partículas depositadas nos pulmões durante o exercício moderado foi aproximadamente cinco vezes maior do que em repouso²⁵ isto porque durante o exercício físico, a quantidade total de material particulado depositado está diretamente relacionado ao aumento da ventilação pulmonar.^{26,27}

Enquanto o exercício físico regular tem importante e positivo papel na saúde, a piora da qualidade do ar pode ser uma barreira e afetar negativamente a saúde de quem se exercita ao ar livre²⁸, como visto por Martin et al em que o exercício extenuante em tráfego pesado por 30 minutos

aumentou os níveis de monóxido de carbono ligado a hemoglobina, a qual é equivalente ao fumo de 10 cigarros.²⁹

O exercício aeróbico regular é responsável por múltiplos benefícios à saúde, incluindo a melhora cardiorrespiratória e qualidade de vida, redução da obesidade e pressão sanguínea, e aumento da longevidade.³⁰ Estudos que investigaram os efeitos da poluição do ar durante a prática de exercício físico sugeriram que estes indivíduos apresentam maior risco de morbidade respiratória e cardiovascular devido a uma amplificação na absorção respiratória, deposição nos pulmões e toxicidade dos poluentes inalados induzida pelo exercício.^{26,31-35}

Algumas das formas mais acessíveis de exercício físico são caminhadas, pedaladas e corridas que frequentemente ocorrem em ambientes externos. Considerando o crescimento da população mundial em 72% até 2050 nas áreas urbanas e que em países desenvolvidos este número se aproximará de 78%³⁶; isto significa que a prática de exercícios físicos será comum em ambientes de maior exposição à poluição atmosférica urbana.³⁷

Em ambientes abertos os efeitos adversos são mais difíceis de serem avaliados, no entanto, existem evidências de que não apenas os indivíduos com patologias prévias são afetados pelos efeitos deletérios da poluição, mas também indivíduos saudáveis. Um estudo realizado com adultos jovens cortadores de cana-de-açúcar, sem doenças prévias, expostos aos poluentes das queimadas no período da colheita mostrou uma ativação significativa dos mecanismos de defesa pulmonar destes trabalhadores.³⁸

Já os efeitos da poluição em ambientes fechados tem sido associados à infecções respiratórias agudas em crianças, desenvolvimento de doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) em adultos, além de bronquiectasias e fibrose pulmonar, provavelmente devido à disfunção mucociliar, e à redução do poder de fagocitose dos macrófagos pulmonares.⁸

A exposição à poluição do ar ocorre diariamente e não se conhece os limites seguros à exposição, bem como se ambientes fechados são mais seguros que ambientes abertos; também sabe-se que a prática de atividade física é importante à saúde, no entanto, a necessidade de uma maior ventilação aumenta a dose de poluentes inalados que atingem profundamente os pulmões.

Apesar de haver muitos estudos sobre os efeitos da poluição atmosférica sobre a saúde, não há muitos estudos investigando os efeitos da poluição atmosférica durante a prática de exercícios físicos em ambientes poluídos.³⁹

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Avaliar os efeitos da exposição à poluição atmosférica na cidade de Presidente Prudente - SP sobre a função pulmonar, capacidade funcional, níveis de monóxido de carbono e transportabilidade mucociliar de indivíduos saudáveis praticantes de exercício físico aeróbico em ambiente aberto e fechado.

2.2. Objetivos Específicos

Comparar o exercício físico aeróbico realizado em ambiente aberto com o ambiente fechado em diferentes níveis de exposição à poluição atmosférica.

Determinar qual ambiente é mais seguro para a prática de exercício físico aeróbico.

3. CASUÍSTICA E MÉTODOS

3.1. Casuística

Quarenta e quatro indivíduos foram avaliados no Centro de Estudos e de Atendimento em Fisioterapia e Reabilitação (CEAFiR), na Faculdade de Ciências e Tecnologia – UNESP, Campus de Presidente Prudente-SP, no entanto, concluíram o protocolo de exercício aeróbico 24 indivíduos.

Foram incluídos no estudo indivíduos não-tabagistas, entre 40-60 anos, sedentários e que aceitaram praticar exercício físico aeróbico .

Quinze indivíduos que concluíram esta pesquisa são funcionários de uma mesma instituição, e exercem suas funções de trabalho em local fechado climatizado; e nove indivíduos moram na mesma região do local de trabalho dos demais.

Consideraram-se como critérios de exclusão os indivíduos com teste de função pulmonar cuja relação VEF_1/CVF fosse menor que 70%, indicativo de doença pulmonar obstrutiva; fossem alérgicos, co-morbidades cardíacas ou osteomusculares que impedissem a execução do protocolo experimental; diabetes; artrite reumatóide e presença de outras doenças inflamatórias sistêmicas.

Os indivíduos que atenderam aos critérios de inclusão foram alocados ao acaso, de acordo com a ordem de chegada, em três grupos: grupo exercício físico em ambiente aberto – (Exe-AA), grupo exercício físico em ambiente fechado (Exe-AF) e grupo controle sedentário (GC).

Todos os voluntários foram devidamente informados sobre os objetivos e procedimentos deste estudo e a partir de leitura, compreensão e assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido, passaram a integrar o estudo (Anexo I). Todos os procedimentos deste estudo foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências e Tecnologia – UNESP, Campus de Presidente Prudente-SP (CAAE: 03007313.0.0000.5402).

3.2. Métodos

3.2.1. Protocolo Experimental

O estudo foi realizado em ambiente aberto e fechado em região de intenso fluxo veicular (automóveis e ônibus) e de pessoas praticantes de exercícios físicos. O ambiente aberto tratou-se de um parque (Fig.1 – 1A) e o ambiente fechado do CEAFiR (Fig.1 – 1B), ambos na mesma região na cidade de Presidente Prudente – SP (Figura 2).



1A



1B

Figura 1 – Locais onde foram realizados o protocolo de exercício aeróbico (1A – Parque do Povo e 1B – CEAFiR)

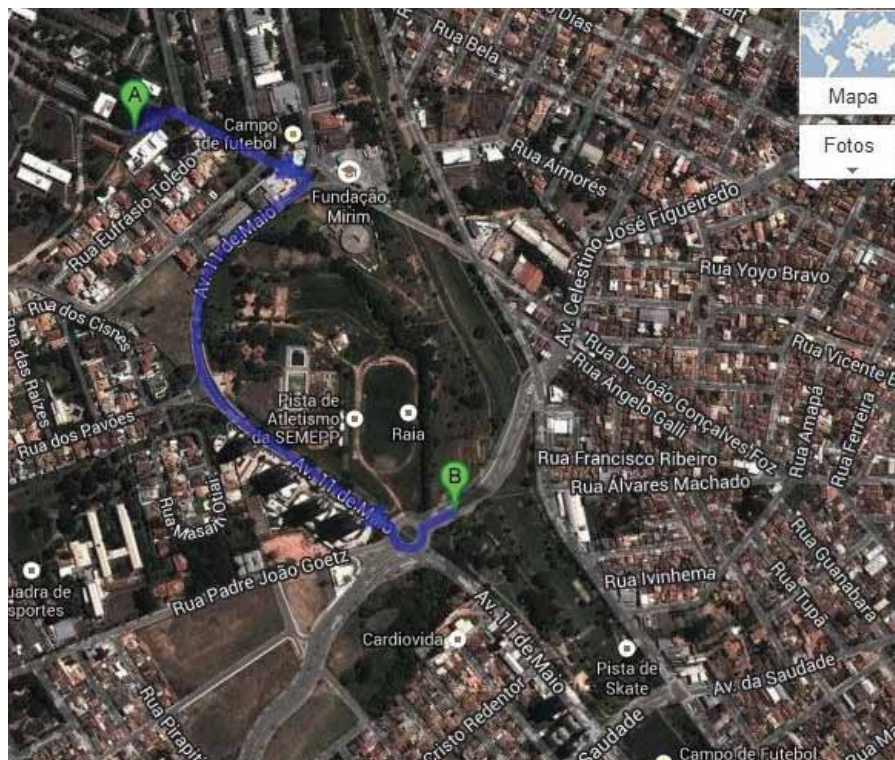


Figura 2 – Vista por satélite dos locais onde ocorreram o protocolo experimental. Distância de 1,1Km entre os locais.

Todos os participantes do estudo foram submetidos à avaliação inicial (Anexo II) para a identificação dos indivíduos e obtenção dos dados sobre história clínica e informação sobre prática de exercício físico.

Foram realizadas ainda avaliação da função pulmonar, capacidade funcional, nível de concentração do monóxido de carbono no ar expirado e teste do tempo de trânsito da sacarina (TTS).

Ocorreram dois momentos de avaliação, um inicial e outro após oito semanas do início do protocolo. Todas as avaliações ocorreram em ambiente fechado controlado.

A poluição atmosférica foi determinada e quantificada por amostragem ativa diária realizada pela estação automática da CETESB que está localizada

na Faculdade de Ciências e Tecnologia – UNESP, Campus de Presidente Prudente-SP.

3.2.2. Protocolo de treinamento aeróbico

O treinamento aeróbico de intensidade moderada foi realizado no período da tarde durante um período de oito semanas consecutivas, em sessões de 60 minutos e frequência de três vezes semanais.

A intensidade do exercício físico aeróbico foi controlada pela frequência cardíaca (FC) de cada indivíduo em ambos os grupos de treinamento e foi estabelecido um valor percentual de 60% da frequência cardíaca de reserva (FC_{reserva}), a qual foi prescrita com base no cálculo: $FC_{\text{reserva}} \times 0,6 + FC_{\text{repouso}}$.⁴⁰

A frequência cardíaca de reserva é obtida pela subtração da frequência cardíaca de repouso da frequência cardíaca máxima.

O American College of Sports Medicine indica a fórmula de Karvonen ($220 - \text{idade}$) para o cálculo da $FC_{\text{máxima}}$ e assim para a prescrição do exercício aeróbico, pois ela apresenta uma correlação direta com o consumo máximo de oxigênio para indivíduos entre 12 e 69 anos.⁴¹

A intensidade do exercício físico era controlada com o auxílio de um cardiofrequencímetro colocado nos indivíduos em todas as sessões. Uma vez prescrita a frequência cardíaca alvo individual, cada um deveria caminhar de forma que visualizasse no relógio a frequência cardíaca estabelecida.

3.2.1.1. Treinamento aeróbico em ambiente aberto

As sessões foram constituídas de um aquecimento progressivo, para o qual era dada a orientação de uma caminhada leve com duração de quatro minutos, após este aquecimento cada um deveria caminhar de forma a atingir a frequência cardíaca de treinamento estabelecida e permanecer nesta intensidade durante 40 minutos; antes de encerrar a sessão era realizado o desaquecimento com alongamentos globais de membros inferiores e superiores.

Embora tenha sido realizado o teste de caminhada de seis minutos com este grupo, não foi calculada a velocidade média como para o grupo que realizou a caminhada em esteiras ergométricas, portanto o controle da intensidade foi feito por controle visual dos indivíduos que caminhavam mais rápido ou mais lento de acordo com a frequência cardíaca apresentada no relógio do cardiofrequencímetro.

3.2.1.2. Treinamento aeróbico em ambiente fechado

As sessões foram realizadas em esteiras ergométricas e, assim como as sessões do ambiente aberto, foram constituídas de um aquecimento progressivo com duração de quatro minutos e permaneciam nesta intensidade durante 40 minutos e antes de encerrar a sessão também era realizado um desaquecimento.

A velocidade na esteira foi estabelecida de acordo com a velocidade média atingida no teste de caminhada de seis minutos (TC6) e o aquecimento foi realizado com 50% desta velocidade.

Embora houvesse uma velocidade pré-estabelecida para a esteira, esta era ajustada de forma que o indivíduo atingisse a frequência cardíaca prescrita ou que ele conseguisse manter-se por 40 minutos; caso essa velocidade não o fizesse atingir a frequência cardíaca de treino, eram feitos incrementos na velocidade para adaptação e incentivo ao indivíduo para atingir a frequência cardíaca alvo.

3.2.2. Determinação dos poluentes atmosféricos

A determinação dos poluentes atmosféricos foi realizada através da rede de monitoramento automática da CETESB denominada UGRHI: 22 (Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos) – Pontal do Paranapanema; localizada na cidade de Presidente Prudente – SP na Rua Roberto Simonsen, 464, UNESP – Laboratório de Climatologia.

Esta rede, ligada a uma central de computadores através do sistema de telemetria, registra ininterruptamente as concentrações, em ambiente externo, dos poluentes na atmosfera. Estes dados são processados com base nas médias estabelecidas por padrões legais e nas previsões meteorológicas, que indicam as condições para a dispersão dos poluentes.

Os poluentes controlados por esta estação foram o material particulado menor que $10\mu\text{m}$ (MP_{10}), o dióxido de nitrogênio (NO_2) e o ozônio (O_3). Também os dados climáticos como temperatura e umidade relativa foram monitorados.

3.3. Métodos

3.3.1. Avaliação Inicial

Os voluntários foram identificados coletando-se os dados: nome, endereço, telefone para contato, data de nascimento, idade e sexo. Foram ainda coletadas informações obtidas em avaliação clínica, prática de exercícios físicos, co-morbidades cardiovasculares e osteomusculares. Também foram obtidas medidas antropométricas.

3.3.2. Determinação das avaliações funcionais e respiratórias

Os participantes do estudo receberam a orientação de não fazer uso de medicação anestésica, analgésicos barbitúricos, calmantes e antidepressivos por um período de 24 horas e a não consumir bebidas alcoólicas e/ou estimulantes seis horas antes das avaliações.

3.3.2.1. Avaliação da função pulmonar

Para avaliar a função pulmonar foi realizada espirometria, por meio de um espirômetro da marca MIR–Spirobank versão 2.8 portátil, de acordo com as normas da American Thoracic Society e European Respiratory Society⁴² Os valores de normalidade foram os valores relativos à população brasileira.⁴³

3.3.2.2. Avaliação da capacidade funcional

Para avaliação da capacidade funcional foi utilizado o teste de caminhada de seis minutos (TC6) que é um instrumento seguro de avaliação do sistema cardiorrespiratório, realizado no CEAFiR. Uma vez que estes

indivíduos eram sedentários, este teste foi importante para demonstrar o comportamento hemodinâmico durante um teste de esforço submáximo.

O teste foi executado segundo as diretrizes da American Thoracic Society, com dois terapeutas acompanhando o indivíduo, no entanto sem caminhar junto com o mesmo.⁴⁴

3.3.2.3. Avaliação do monóxido de carbono no ar expirado

A mensuração de monóxido de carbono no ar expirado (COex) foi realizada sempre antecedendo a avaliação do transporte mucociliar.

A aplicação da técnica foi padronizada da seguinte forma: o indivíduo era orientado a inspirar profundamente e permanecer em apnéia por 20 segundos. Em seguida acoplava-se o aparelho (Micro Medical Ltd., Rochester, Kent, Reino Unido) na boca do indivíduo por meio de um bocal e realizava-se uma expiração completa de maneira lenta e suave. Os valores acima de seis partes por milhão (ppm) de COex foram considerados como indicativos de tabagismo detectável.⁴⁵

3.3.2.4. Avaliação do transporte mucociliar

O transporte mucociliar foi avaliado por meio do teste de tempo de trânsito da sacarina (TTS).

Neste teste os indivíduos eram posicionados sentados com a cabeça levemente estendida e uma quantidade de aproximadamente 250µg de sacarina sódica granulada era introduzida com o auxílio de um canudo plástico, sob controle visual, a aproximadamente dois centímetros para dentro da narina

direita.

A partir deste momento o cronômetro era acionado e os indivíduos era orientados a não andar, falar, tossir, espirrar, coçar ou assoar o nariz, além de serem instruídos a engolir poucas vezes por minuto até que sentissem um gosto na boca e imediatamente o examinador era avisado e o tempo registrado. Não era informado ao indivíduos qual a característica do gosto que ele deveria sentir.

Se não ocorresse a percepção de algum gosto dentro de 30 minutos o teste era interrompido, era avaliada a capacidade do indivíduo em perceber o gosto da sacarina colocando-a na língua do indivíduo para que ele identificasse o gosto característico da mesma e o teste era repetido em outro dia.⁴⁶ A temperatura ambiente e a umidade relativa do ar eram controladas.

3.4. Análise estatística

A análise estatística descritiva foi utilizada para a caracterização dos indivíduos estudados e a distribuição dos dados foi avaliada por meio do teste de Shapiro-Wilk.

As comparações entre os grupos para todas as variáveis avaliadas foram realizadas pela análise de variância para medidas não-repetidas seguida do teste de Tukey. O teste t pareado foi utilizado para a avaliação inicial e após oito semanas. Para as análises de correlações utilizou-se o teste de Pearson.

A análise dos dados foi realizada utilizando-se o programa estatístico SPSS (software versão 15.0) e todos os procedimentos estatísticos foram analisados considerando valores de significância (p) inferiores a 5%.

RESULTADOS

4. RESULTADOS

Concluíram este protocolo 24 indivíduos, destes, 10 indivíduos estavam no grupo que exercitou-se em ambiente aberto (Exe-AA), sete indivíduos estavam no grupo que exercitou-se em ambiente fechado (Exe-AF) e sete indivíduos estavam no grupo controle (GC).

4.1. Caracterização da População

A caracterização dos 24 indivíduos divididos em cada grupo está descrita na Tabela 1 abaixo.

Tabela 1. Caracterização dos indivíduos expressos em média e desvio padrão.

Variáveis	Exe-AA	Exe-AF	GC
Idade (Anos)	51,60±3,92	52,43±6,5	47,29±3,9
Gênero (M/F)	2/8	1/6	1/6
IMC (kg/m²)	27,81±3,8	30,03±4,9	23,67±2,7
Peso (Kg)	73,76±16,6	77,78±14,8	60,41±15,9
Altura (cm)	161,9±7,9	160,7±6,6	158,4±10,9

p>0.05

Legenda: Exe-AA = exercício físico em ambiente aberto; Exe-AF = exercício físico em ambiente fechado; GC = grupo controle; M = masculino; F = feminino; IMC = índice de massa corpórea; Kg = quilograma; m = metro; cm = centímetro.

Não foi verificada diferença estatística significativa entre os grupos para as variáveis idade, IMC, peso e altura.

4.2. Função Pulmonar

A função pulmonar foi avaliada por meio da espirometria e mensurou os volumes pulmonares VEF₁ (%), CVF (%), a relação VEF₁/CVF e os fluxos

expiratórios 25% e 75% ($FEF_{25-75\%}$) e pico (PFE). A análise descritiva e comparativa dos valores obtidos está na Tabela 2.

Os resultados mostram que os grupos apresentaram valores similares de CVF, VEF_1 e de suas porcentagens do valor predito. No entanto a variável PFE% do grupo Exe-AF no momento basal foi inferior ao momento basal do grupo Exe-AA, como mostra a tabela abaixo, com um valor de $p = 0.029$.

Tabela 2. Valores espirométricos de VEF_1 , CVF, relação VEF_1/CVF e porcentagens dos valores preditos expressos em média e desvio padrão.

Variáveis	Exe-AA		Exe-AF		GC	
	Basal	8 Sem.	Basal	8 Sem.	Basal	8 Sem.
VEF_1 (l)	2,61±0,51	2,67±0,4	2,56±0,5	2,36±0,5	2,79±0,9	2,85±0,97
VEF_1 (%)	97,2±11,9	99,4±9,6	93,7±16,7	92,8±14,7	102,2±14	103±7,6
CVF (l)	3,13±0,6	3,19±0,39	3,29±0,88	2,9±0,66	3,36±1,15	3,47±1,29
CVF (%)	96,6±14,7	97,3±11,7	96,7±20	93,6±16,4	102,3±11	103,4±7,4
VEF_1/CVF	83,2±4,1	83,6±4,6	79,2±6,5	81,5±4,6	83,1±4,6	82,6±5,2
$FEF_{25-75\%}$ (l)	3,2±1,02	3,31±1,15	2,51±0,4	2,56±0,53	3,27±1,09	3,2±1,05
$FEF_{25-75\%}$ (%)	110±25,7	124,7±36	94,9±19,7	100,2±16	111,7±29	116,2±38
PFE (l)	7,38±1,8	7,08±1,17	5,83±1,39	5,9±1,36	6,77±0,7	7,02±1,86
PFE (%)	112±14,6	99,6±17	82,9±24,9*	92,8±29,9	104,3±16	100,4±9,9

* $p < 0.05$ comparado com o momento basal do grupo Exe-AA.

Legenda: Exe-AA = exercício físico em ambiente aberto; Exe-AF = exercício físico em ambiente fechado; GC = grupo controle; VEF_1 = volume expiratório forçado no primeiro segundo; CVF = capacidade vital forçada; FEF = fluxo expiratório forçado; PFE = pico de fluxo expiratório; L = litros.

4.3. Capacidade Funcional

A capacidade funcional foi avaliada pelo teste de caminhada de seis minutos (TC6). A análise descritiva e comparativa dos valores obtidos está na Tabela 3.

Foi verificada diferença estatística significativa para a variável TC6% no momento basal do grupo Exe-AA e grupo Exe-AF em relação ao GC ($p=0.036$ e $p=0.046$ respectivamente), e a mesma diferença também ocorre após oito semanas ($p=0.021$ e $p=0.034$ respectivamente).

Tabela 3. Descrição do TC6 e porcentagem do valor predito expressos em média±desvio padrão.

Variáveis	EXE-AA		Exe-AF		GC	
	TC6	TC6 (%)	TC6	TC6 (%)	TC6	TC6 (%)
Basal	554±43,4	118,3±28,6*	547,4±97,3	119,3±17,1*	520,7±56	89,9±9,9
8 Sem.	581,4±57	123,3±25,1*	564,9±87,6	123,4±16,5*	553±72,8	95,3±9,9

* $p<0.05$ comparado com o grupo controle.

Legenda: Exe-AA = exercício físico em ambiente aberto; Exe-AF = exercício físico em ambiente fechado; GC = grupo controle; TC6 = teste de caminhada de seis minutos.

4.4. Monóxido de Carbono

Os valores obtidos na mensuração do monóxido de carbono no ar expirado (COex) estão apresentados na Tabela 4 e Figura 3.

Embora não tenha ocorrido diferença estatisticamente significativa entre os períodos ou entre os grupos, os valores do COex são um pouco maiores no grupo Exe-AA e Exe-AF em relação ao GC.

Tabela 4. Valores do COex dos grupos Exe-AA, Exe-AF e GC expressos em média±desvio padrão e mediana[intervalo interquartilico 25-75%].

Variáveis	Exe-AA	Exe-AF	GC
Basal (ppm)	5,1±3,9	5,1±4,7	3,6±1,9
	4[2-8]	5[1-10]	3[2-5]
Basal (%)	0,82±0,6	0,82±0,7	0,57±0,3
	0,64[0,32-1,28]	0,8[0,16-1,6]	0,48[0,32-0,8]
8 sem. (ppm)	5,8±5,2	4,6±4,2	3,8±2,1
	3,5[2,7-7,5]	3[2-6]	4[2-6]
8 sem. (%)	0,93±0,8	0,73±0,6	0,62±0,3
	0,56[0,44-1,2]	0,48[0,32-0,96]	0,64[0,32-0,96]

p>0.05.

Legenda: Exe-AA = exercício físico em ambiente aberto; Exe-AF = exercício físico em ambiente fechado; GC = grupo controle; CO = monóxido de carbono no ar expirado; CO (%) = porcentagem de monóxido de carbono no ar expirado.

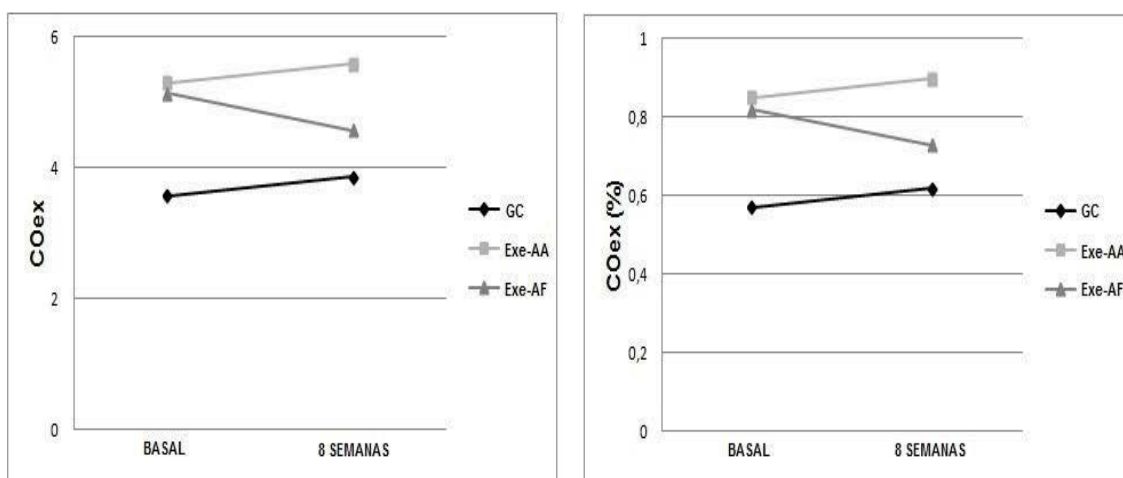


Figura 3 – Concentração de monóxido de carbono no ar expirado (ppm e % correspondente) dos grupos Exe-AA, Exe-AF e GC.

4.5. Transporte Mucociliar

Os valores obtidos na mensuração do teste do Tempo de Trânsito da Sacarina (TTS) dos grupos Exe-AA, Exe-AF e GC estão apresentados na Tabela 5 e Figura 4.

Embora não tenha ocorrido diferença estatisticamente significativa entre os períodos ou entre os grupos, o TTS diminuiu em todos os grupos após oito semanas.

Tabela 5. Valores do TTS em minutos dos grupos Exe-AA, Exe-AF e GC expressos em média±desvio padrão e mediana[intervalo interquartilício 25-75%].

Variável	Exe-AA	Exe-AF	GC
Basal	9,1±8	8,6±5	9,2±5,4
	6,2[1,5-13,1]	6,7[5-10,3]	6,9[6,3-10,2]
8 Semanas	7,9±3	7,4±3,5	7,1±3
	6,8[6,4-8,6]*	6,5[6,1-10,3]	6,8[3,8-10,2]

*p<0.05 comparado com o basal do mesmo grupo (Exe-AA).

Legenda: Exe-AA = exercício físico em ambiente aberto; Exe-AF = exercício físico em ambiente fechado; GC = grupo controle; TTS = tempo de trânsito da sacarina.

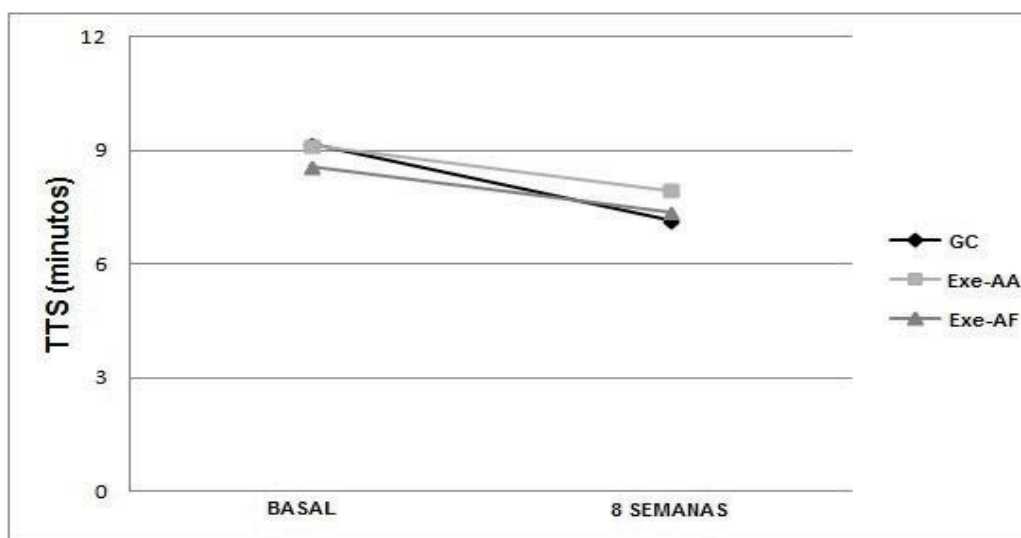


Figura 4 – Tempo de trânsito da sacarina (TTS) em minutos dos grupos Exe-AA, Exe-AF e GC.

4.6. Determinação e quantificação dos poluentes atmosféricos

As concentrações dos poluentes, material particulado menor que 10 micrometros de diâmetro (MP_{10}), dióxido de nitrogênio (NO_2) e ozônio (O_3) coletados na estação automática de monitoramento de poluição nos períodos correspondentes as avaliações realizadas com os indivíduos estão representados na Tabela 6.

A média de poluentes correspondente à avaliação inicial é referente a um período de 24 horas anteriores ao dia da mesma; e a média de poluentes após oito semanas corresponde à concentração diária do período após a avaliação inicial até o dia da avaliação final.

As médias da concentração dos poluentes não são as mesmas para cada grupo, pois o período de oito semanas do protocolo não foi coincidente para todos os indivíduos.

Tabela 6. Concentrações dos poluentes MP_{10} , NO_2 e O_3 . Os dados estão expressos em $\mu g/m^3$.

Poluentes	Exe-AA		Exe-AF		GC	
	Aval. Inicial	Após 8 semanas	Aval. Inicial	Após 8 semanas	Aval. Inicial	Após 8 semanas
MP_{10}	19,9±10,7	17,2±6,8	16,5±14,1	24,9±7,4	16,2±4,6	18,5±5,3
NO_2	13,7±7,4	12,9±3,8	8,1±2,1	17,5±2,6*	14,4±5,7	15,2±4,1
O_3	41,8±15,8	40,7±13,7	33,3±17,5	45,3±10,6*	38,2±7,7	38,9±3,9

* $p < 0.05$ comparado com a avaliação inicial do mesmo grupo (Exe-AF).

Legenda: Exe-AA = exercício físico em ambiente aberto; Exe-AF = exercício físico em ambiente fechado; GC = grupo controle.

4.7. Correlação de Pearson

Foi calculado o coeficiente de correlação de Pearson entre as variáveis de poluição atmosférica e o TTS e as variáveis espirométricas conforme mostrado nas Tabelas 7 e 8.

Tabela 7. Coeficiente de correlação de Pearson entre poluição atmosférica e os valores de TTS.

Variáveis	MP ₁₀	NO ₂	O ₃
TTS_Exe-AA	r = - 0,287 p = 0,421	r = - 0,373 p = 0,288	r = - 0,092 p = 0,801
TTS_Exe-AF	r = 0,751 p = 0,052	r = 0,81 p = 0,028*	r = 0,436 p = 0,328
TTS_GC	r = - 0,159 p = 0,733	r = - 0,266 p = 0,564	r = 0,223 p = 0,63

Há uma correlação significativa e positiva entre o TTS do grupo Exe-AF e o poluente NO₂.

Também houve correlação significativa e negativa entre a relação VEF₁/CVF do GC e os poluentes MP₁₀ e NO₂. E a variável FEF_{25-75%} do grupo Exe-AF correlacionou-se também negativamente com os poluentes MP₁₀ e O₃ Tabela 8.

Tabela 8. Coeficiente de correlação de Pearson entre poluição atmosférica e os valores espirométricos.

Variáveis	MP₁₀	NO₂	O₃
CVF_ Exe-AA	r = - 0,219 p = 0,572	r = - 0,227 p = 0,557	r = - 0,331 p = 0,384
CVF_ Exe-AF	r = - 0,249 p = 0,686	r = - 0,334 p = 0,583	r = - 0,085 p = 0,892
CVF_ GC	r = 0,319 p = 0,601	r = 0,455 p = 0,441	r = 0,229 p = 0,712
VEF₁_ Exe-AA	r = - 0,306 p = 0,423	r = - 0,296 p = 0,440	r = - 0,436 p = 0,241
VEF₁_ Exe-AF	r = - 0,440 p = 0,459	r = - 0,481 p = 0,412	r = - 0,299 p = 0,625
VEF₁_ GC	r = 0,173 p = 0,781	r = 0,318 p = 0,603	r = 0,129 p = 0,836
VEF₁/CVF_ Exe-AA	r = - 0,345 p = 0,363	r = - 0,316 p = 0,408	r = - 0,425 p = 0,254
VEF₁/CVF_ Exe-AF	r = - 0,556 p = 0,331	r = - 0,338 p = 0,578	r = - 0,719 p = 0,171
VEF₁/CVF_ GC	r = - 0,999 p = 0,001**	r = - 0,984 p = 0,002**	r = - 0,689 p = 0,198
FEF_{25-75%}_ Exe-AA	r = - 0,392 p = 0,297	r = - 0,336 p = 0,376	r = - 0,540 p = 0,134
FEF_{25-75%}_ Exe-AF	r = - 0,884 p = 0,047*	r = - 0,758 p = 0,137	r = - 0,921 p = 0,026*
FEF_{25-75%}_ GC	r = - 0,561 p = 0,325	r = - 0,446 p = 0,452	r = - 0,262 p = 0,670

Foi calculado o coeficiente de correlação de Pearson entre o COex com o TTS e as variáveis espirométricas conforme mostrado nas Tabelas 9 e 10.

Tabela 9. Coeficiente de correlação de Pearson entre o nível de COex com os valores de TTS.

Variáveis	COex	
TTS_ Exe-AA	correlação	$r = 0,143$
	p	0,694
TTS_ Exe-AF	correlação	$r = - 0,843$
	p	0,017*
TTS_GC	correlação	$r = 0,036$
	p	0,939

Houve correlação significativa e negativa entre o TTS do grupo Exe-AF e o nível de COex.

Tabela 10. Coeficiente de correlação de Pearson entre o nível de COex com os valores espirométricos.

Variáveis	CO_ Exe-AA	CO_ Exe-AF	CO_GC
CVF	$r = 0,036$	$r = 0,389$	$r = 0,480$
	$p = 0,926$	$p = 0,517$	$p = 0,413$
VEF₁	$r = 0,204$	$r = 0,533$	$r = 0,404$
	$p = 0,599$	$p = 0,355$	$p = 0,500$
VEF₁/CVF	$r = 0,481$	$r = 0,313$	$r = - 0,611$
	$p = 0,190$	$p = 0,608$	$p = 0,274$
FEF_{25-75%}	$r = 0,377$	$r = 0,753$	$r = - 0,024$
	$p = 0,318$	$p = 0,142$	$p = 0,969$
PFE	$r = 0,234$	$r = 0,934$	$r = 0,699$
	$p = 0,545$	$p = 0,02^*$	$p = 0,189$

Houve correlação significativa e positiva entre o PFE do grupo Exe-AF e o nível de COex.

5. DISCUSSÃO

No presente estudo sugere-se que a exposição à poluição atmosférica e o nível de monóxido de carbono exalado aceleraram o transporte mucociliar nasal de indivíduos que realizaram exercício aeróbico em ambiente fechado; além disso, variáveis de fluxos expiratórios melhoraram com a diminuição da poluição atmosférica e do monóxido de carbono exalado.

O aumento da transportabilidade mucociliar nasal relatado correlacionou-se tanto com a exposição ao NO₂ quanto com os níveis menores de COex. Esta resposta sugere que este mecanismo de defesa pulmonar foi ativado para manter a integridade do epitélio das vias aéreas de indivíduos saudáveis expostos a estes agentes tóxicos. Este achado corrobora com o estudo de Ferreira-Ceccato et al.³⁸ que encontrou um aumento da transportabilidade mucociliar nasal de cortadores de cana após a exposição a queima de biomassa e com menores níveis de COex. Embora neste estudo não tenha sido medido o NO₂, sabe-se que uma das fontes emissoras deste poluente é a queima de biomassa.

O transporte de moléculas gasosas inaladas dependem da difusão, da frequência respiratória, dos volumes pulmonares e difusibilidade da molécula o que durante o exercício é facilitado com o aumento da capacidade de difusão.²⁷ Esta difusão causa irritação da mucosa e por isso um aumento do batimento ciliar.^{47,48}

Também a melhora do transporte mucociliar nasal em decorrência da diminuição do COex esta relacionado com a diminuição do estresse oxidativo;

uma vez que CO é produzido pelo metabolismo oxidativo de hidrocarbonetos exógeno ou mesmo é sintetizado em tecidos do corpo como um produto da heme degradação pela enzima oxigenase heme (OH);⁴⁹ esta enzima é regulada, além de outros fatores, pelo estresse oxidativo;⁵⁰ no qual quanto menor este estresse, menor a presença desta enzima e menor a produção endógena de CO.^{51,52}

Nossos resultados mostram que em indivíduos saudáveis este sistema de defesa encontra-se integro desempenhando sua função de eliminar os agentes nocivos NO₂ e o CO.

A exposição ao O₃ e ao MP₁₀ correlacionou-se com um aumento do FEF_{25-75%} no grupo Exe-AF. Neste período de avaliação os níveis de ozônio diminuíram, enquanto os níveis de MP₁₀ aumentaram neste mesmo período.

O O₃ deve receber maior atenção por ser muito irritativo para os pulmões, além de promover inflamação dos brônquios.⁵³⁻⁵⁵ O impacto deste poluente na estrutura pulmonar está ao nível dos bronquíolos respiratórios, e o FEF_{25-75%} é uma variável que reflete a função destas vias aéreas pequenas.⁵⁶

Alguns estudos conseguiram estabelecer que a exposição crônica ao O₃⁵⁷⁻⁵⁹ interfere no remodelamento das vias aéreas no nível do bronquíolo respiratório. No período em que ocorreu nosso estudo houve uma redução dos níveis de O₃, e melhora do fluxo expiratório de vias aéreas de menor calibre, ou seja, estas estruturas aumentaram seu diâmetro aumentando assim o fluxo expiratório.

Pierson et al.⁶⁰ avaliaram a exposição aguda imediata em indivíduos fisicamente ativos que se exercitaram em intensidades submáximas por uma hora, estes indivíduos apresentaram diminuição significativa da capacidade vital (CV) e do volume expiratório forçado em um segundo (VEF₁) demonstrando que de forma aguda a exposição ao O₃ reduz a função pulmonar,⁶⁰ no entanto, de forma crônica estes sintomas agudos desaparecem sob exposição repetida sugerindo que estas agudizações podem significar um subconjunto de um conjunto maior nos processos de lesão pulmonar⁶¹ e posteriormente será observar essas alterações em vias aéreas mais distas.

Já com relação ao MP₁₀, estima-se que o aumento da ventilação durante o exercício físico moderado é capaz de elevar em aproximadamente cinco vezes o depósito de MP no sistema respiratório em comparação ao repouso. Por sua vez, o MP é capaz de danificar temporariamente o sistema de defesa mucociliar, gerando um processo inflamatório agudo, provocando broncoconstrição e conseqüentemente um aumento na resistência do fluxo do ar durante o ciclo respiratório.⁶² Embora seja essa uma explicação do mecanismo deste poluente no sistema respiratório, neste estudo não houve uma resposta negativa do fluxo expiratório.

O monóxido de carbono, assim como o óxido nítrico (NO), ativa o sistema enzimático que estimula a síntese de guanosina-3',5'-monofosfato que implica em ação vasodilatadora⁶³ sugerindo que o CO_{ex} possa ter estimulado esta vasodilatação, permitiria maior fluxo expiratório e isto explicaria um maior PFE encontrado no grupo Exe-AF

Para os que se exercitaram em ambiente aberto a mudança ocorrida na transportabilidade mucociliar nasal, ou seja, ter ficado mais rápida foi devido à atividade física, uma vez que não foi verificada sua relação com a poluição.

Houve algumas dificuldades na avaliação dos poluentes atmosféricos, pois a cidade de Presidente Prudente - SP possui apenas uma unidade de controle que realiza a medição de alguns poluentes, diferentemente da região metropolitana de São Paulo, onde a CETESB faz medições de vários poluentes em vários pontos da cidade. Mesmo assim, foi possível identificar o aumento significativo dos níveis de NO_2 e O_3 para o grupo Exe-AF.

No ambiente interno, uma série de poluentes como monóxido e dióxido de carbono, amônia e óxidos de enxofre e nitrogênio, são produzidos por materiais de construção à base de solventes orgânicos, materiais de limpeza e também por máquinas dentro destes locais, como por exemplo, máquinas copiadoras ou mesmo esteiras ergométricas;⁶⁴ também a poluição interna sofre influência do ambiente externo, ou seja, esta também é responsável por compor a poluição interna.⁶⁵

Embora os níveis de poluição atmosférica medido no período do estudo tenham sido baixos, ambientes fechados com pouca ventilação oferecem maior risco à saúde por impossibilitar a dispersão da poluição.²⁷

Nossos resultados mostraram que o grupo que exercitou-se em ambiente fechado precisou ativar mais mecanismos de defesa pulmonar do que os que se exercitaram em ambiente aberto sugerindo que o local ofereceu maior risco à saúde devido à pouca ventilação que é comum na maioria das

academias da cidade ou devido à pouca/falta de manutenção de climatizadores instalados devido à necessidade frente as altas temperaturas registradas, como por exemplo, ar condicionados..

O grupo controle apresentou mudanças na relação VEF_1/CVF que sofreu influência negativa do MP_{10} . Esta redução da relação VEF_1/CVF , embora significativa, não foi preocupante já que o valor reduzido encontrado não tenha sido inferior à 70% do previsto, que é indicativo de doença pulmonar.

Uma redução de VEF_1 de 30ml/ano em indivíduos adultos não tabagistas é normal e até mesmo esperada⁴²; neste estudo porém, em oito semanas foi observado um aumento do VEF_1 e da CVF , porém a relação VEF_1/CVF demonstrou discreta redução como citado anteriormente.

Este achado sugere que VEF_1 e CVF normais na presença de uma pequena redução da relação VEF_1/CVF , podem ser utilizados para sugerir, mas não para diagnosticar - a presença de uma anormalidade obstrutiva.⁶⁶ Como o $FEF_{25-75\%}$ deste grupo também mostrou-se dentro na normalidade, deve-se entender que embora haja relação significativa com a poluição atmosférica, clinicamente, este curto período de exposição não foi suficiente para alterar a função pulmonar, mas tal fato não deve ser ignorado, pois mudanças na função pulmonar são atenuadas com a exposição repetitiva.⁶⁷

Outra descoberta no estudo de Kan et al⁶⁶ foi uma associação da redução da função pulmonar de mulheres com exposição à poluição atmosférica, consistente com alguns estudos que mostram que as mulheres expostas a poluição advinda da fumaça do tabaco apresentam um maior

declínio na função pulmonar do que os homens.^{68,69} Nessa comparação observou que mulheres têm uma maior reatividade das vias aéreas para que as relações dose-resposta podem ser detectados mais facilmente.⁶⁶ Nosso estudo foi composto na sua maioria por mulheres, portanto embora clinicamente não se justifique a redução da relação VEF_1/CVF pelo mecanismo de maior reatividade este achado torna-se aceitável.

Não há dúvidas sobre os benefícios que a prática de atividade física acarreta à saúde, no entanto, sabe-se que a prática quando realizada em algumas condições climáticas e níveis de poluição atmosférica ruim acarreta em prejuízos frente à todo ganho que o indivíduo pode obter quando a realiza sob circunstâncias apropriadas em ambientes adequados.

Poucos estudos mensuraram ou controlam estes fatores: condição climática e poluição atmosférica, portanto estudos não só com indivíduos saudáveis mas também com população de risco são necessários para que a prescrição do local para a prática de atividade física seja adequada. De acordo com os resultados do nosso estudo, as pessoas que fazem esta prática em locais abertos, mesmo sendo estes mais ventilados, deve-se evitar fazê-lo ao lado de intenso tráfego de veículos, e a escolha por ambientes fechados também deve considerar a ventilação do local ou a presença de climatizadores.

6. Conclusões

Pode-se concluir com este estudo que o exercício físico em ambiente aberto aumentou a transportabilidade mucociliar nasal.

A poluição atmosférica neste estudo correlacionou-se com a transportabilidade mucociliar nasal e função pulmonar de vias aéreas de menor calibre de indivíduos que praticaram exercício físico em ambiente fechado, no entanto a escolha do ambiente deve considerar circunstâncias apropriadas como a ventilação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

7. Referências Bibliográficas

1. WHO. Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Global update 2005. Copenhagen: World Health Organization Regional Office for Europe, 2006.
2. http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0005/78638/E90038.pdf (Acessado 12 de janeiro 2014).
3. CETESB. Relatório de qualidade do ar no Estado de São Paulo 2010. São Paulo: CETESB, 2010;1-237.
4. Becker S, Soukup JM, Gilmour MI, Devlin RB. Stimulation of human and rat alveolar macrophages by urbana ir particulates: effects on oxidant radical generation and cytokine production. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 1996; 141:637-648
5. RUMEL D, et al. Infarto do miocárdio e acidente vascular cerebral associado à alta temperatura e monóxido de carbono em área metropolitana do sudeste do Brasil. *Revista de Saúde Pública*, 1993;27(1):15-22.
6. Milena P. Duchiate. Poluição do Ar e Doenças Respiratórias: Uma Revisão. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, 1992;8(3):311-330.
7. Torres-Duque C, Maldonado D, Perez- Padilla R, Ezzati M, Vieg G. Biomass fuels and respiratory diseases: a review of the evidence. *Proc Am Thorac Soc*, 2008;5:577–590.
8. Arbex M. A, Cançado J. E. D., Pereira L. A. A., Braga A., Saldiva P. H. N. Queima de biomassa e efeitos sobre a saúde. *J Bras Pneumol* 2004; 30(2) 158-175.
9. Bernardo Friedrich Theodor Rudorff, Daniel Alves de Aguiar, Wagner Fernando da Silva, Luciana Miura Sugawara, Marcos Adami and Mauricio

Alves Moreira. Studies on the Rapid Expansion of Sugarcane for Ethanol Production in São Paulo State (Brazil) Using Landsat Data. *Remote Sens* 2010; 2:1057-76.

10. Cançado J. E. D.; Braga A.; Pereira L. A. A.; Arbex M. A; Saldiva P. H. N; Santos U. P. Repercussões clínicas da exposição à poluição atmosférica. *J. Bras. Pneumol.*, 2006;32(Supl 1):S5-S11.

11. Lopes, F.S., Ribeiro, H. Mapping of hospitalizations due to respiratory problems and possible associations to human exposure to burnt sugar-cane straw products in the state of São Paulo. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, 2006; 9 (2):215-25.

12. Ribeiro H. Sugar cane burning in Brazil: respiratory health effects *Rev Saude Publica* 2008

13. WHO. World Report on the Global Tobacco Epidemic, 2008: The POWER package. Geneva World Health Organization, 2008.

14. Pruss-Ustun A, Bonjour S, Corvalan C. The impact of the environment on health by country: a meta-synthesis. *Environ Health* 2008; 7: 7.

15. Martins LC, Latorre MRDO, Saldiva PHN, Braga ALF. Air pollution and emergency room visits due to chronic lower respiratory disease in elderly: an ecological time-series Study in São Paulo, Brazil. *J Occup Environm Med* 2002;44(7): 622–627.

16. Pope CA 3rd, Burnett RT, Thun MJ, Calle EE, Krewski D, Ito K, Thurston GD. Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *Jama* 2002;287(9): 1132–1141.

17. Samet JM, Dominici F, Curriero FC, Coursac I, Zeger SL. Fine particulate air pollution and mortality in 20 U.S. cities, 1987–1994. *N Engl J Med* 2000;43(24): 1742–1749.
18. Andersen ZJ, Kristiansen LC, Andersen KK, Olsen TS, Hvidberg M, Jensen SS, et al. Stroke and long-term exposure to outdoor air pollution from nitrogen dioxide: a cohort study. *Stroke* 2012;43(2):320–5
19. Saldiva PH, King M, Delmonte VL, Macchione M, Parada MA, Daliberto ML, et al. Respiratory alterations due to urban air pollution: an experimental study in rats. *Environ Res* 1992; 57: 19-33.
20. Braga AL, Saldiva PH, Pereira LA, Menezes JJ, Conceição GM, Lin CA, et al. Health effects of air pollution exposure on children and adolescents in São Paulo, Brazil. *Pediatr Pulmonol* 2001; 31: 106-113.
21. Peters A, Liu E, Verrier RL, Schwartz J, Gold DR, Mittleman M, et al. Air pollution and incidence of cardiac arrhythmia. *Epidemiology* 2000; 11: 11-17.
22. Uriarte, M.; Yackulic,C.B.; Cooper, T.; Flynn, D.; Cortes, M.; Crk, T.; Cullman, G.; McGinty, M.; Sircely, J. Expansion of sugarcane production in São Paulo, Brazil: Implications for fire occurrence and respiratory health. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 2009; 132: 48–56.
23. Segura-Muñoz, S.I.; Oliveira, A.S.; M. Nikaido, M.; Trevilato, T.M.B.; Bocio, A.; Takayanagui, A.M.M.; J.L. Domingo, J.L. Metal levels in sugar cane (*Saccharum spp.*) samples from an area under the influence of a municipal landfill and a medical waste treatment system in Brazil. *Environment International*, 2006; 32: 52– 57.
24. Vieira RP, Toledo AC, Silva LB, Almeida FM, Damaceno-Rodrigues NR, Caldini EG, Santos AB, Rivero DH, Hizume DC, Lopes FD, Olivo CR,

Castro-Faria-Neto HC, Martins MA, Saldiva PH, Dolhnikoff M. Anti-Inflammatory Effects of Aerobic Exercise in Mice Exposed to Air Pollution. *Med Sci Sports Exerc.* 2012 Jan 3

25. Daigle CC, Chalupa DC, Gibb FR, Morrow PE, Oberdorster G, Utell MJ, Frampton MW. Ultrafine particle deposition in humans during rest and exercise. *Inhal Toxicol* 2003; 15:539–52.

26. Sharman JE, Cockcroft JR, Coombes JS. Cardiovascular implications of exposure to traffic air pollution during exercise. *QJM.* 2004;97(10):637–43.

27. Carlisle A. J.; Sharp N. C. C. Exercise and outdoor ambient air pollution. *Br J Sports Med* 2001; 35:214-222.

28. Monica E. Campbell, Qian Li, Sarah E. Gingrich, Ronald G. Macfarlane, Shouquan Cheng. Should people be physically active outdoors on smog alert days? *Canadian Journal of Public Health.* vol 96 n^o 1 – Jan/Feb de 2005

29. Martin JC, Wade TJ. The relationship between physical exercise and distress in a national sample of Canadians. *Can J Public Health* 2000;91:302- 6.

30. Kokkinos P, Myers J. Exercise and physical activity: clinical outcomes and applications. *Circulation.* 2010;122(16):1637–48.

31. Campbell ME, Li Q, Gingrich SE, Macfarlane RG, Cheng S. Should people be physically active outdoors on smog alert days? *Can J Public Health.* 2005;96(1):24–8.

32. Jacobs L, Nawrot TS, de Geus B, et al. Subclinical responses in healthy cyclists briefly exposed to traffic-related air pollution: an intervention study. *Environ Health.* 2010;9:64.

33. Patel H, Eo S, Kwon S. Effects of diesel particulate matters on inflammatory responses in static and dynamic culture of human alveolar epithelial cells. *Toxicol Lett.* 2011;200(1–2):124–31.
34. Sharman JE. Clinicians prescribing exercise: is air pollution a hazard? *Med J Aust.* 2005;182(12):606–7.
35. Strak M, Boogaard H, Meliefste K, et al. Respiratory health effects of ultrafine and fine particle exposure in cyclists. *Occup Environ Med.* 2010;67(2):118–24.
36. United Nations. World urbanization prospectus the 2011 revision; 2012. http://esa.un.org/unup/pdf/WUP2011_Highlights.pdf
37. Giles, L V; Koehle, M S. The health effects of exercising in air pollution. *Sports Medicine*, 2014 Feb;44(2):223-49.
38. A.D. Ferreira-Ceccato; Ramos, E D; Carvalho Jr, L C S; Xavier, R F; Teixeira, M F S; Raymundo- Pereira, P A; Proença, C A; Toledo, A C; Ramos, D. Short terms effects of air pollution from biomass burning in mucociliary clearance of Brazilian sugarcane cutters. *Respiratory Medicine* 2011; 105:1766-1768
39. Aydin, S, Cingi C, San T, Ulusoy S, Orhan I. The effects of air pollutants on nasal functions of outdoor runners. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 2013 Jun28.
40. American College of Sports Medicine: American College of Sports Medicine Position Stand: the recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 30:975–991, 1998.

41. American College of Sport Medicine. ACSM's Guidelines for exercise testing and prescription. Philadelphia: Lea & Febiger; 2000.
42. Rubin, A.S.; Cavalazzi, A.C.; Viegas, C.A.A.; Pereira, C.A.C.; Nakaie, C.M.A.; Valle, E.L.T. et al. Diretrizes para testes de função pulmonar. J. Bras. Pneumol., 2002; 28(Supl.3): 2-237.
43. Neder, J.A.; Andreoni, S.; Castelo-filho, A.; Nery, I.E. Reference values for lung function tests. I. Static volumes. Braz J Med Biol Res. 1999; 32 (6): 703-17.
44. ATS statement: guidelines for the six-minutes' walk test. ATD committee on Proficiency standards for clinical Pulmonary Function Laboratories. Am J Respi Care Med 2002; 166(1): 111-7.
45. Santos UP, Gannam S, Abe JM, Esteves PB, Freitas FM, Wakassa TB et al. Emprego da determinação de monóxido de carbono no ar exalado para a detecção do consumo de tabaco. J Pneumol. 2001 Set-Out; 27(5): 231-36
46. Andersen JB, Camner P, Jensen PL, Philipson k, Proctor DF. A comparison of nasal and tracheobronchial clearance. Arch Environ Health. 1974; 29:290-3.
47. ARBEX M. A. Avaliação dos efeitos do material particulado proveniente da queima da plantação de cana-de-açúcar sobre a morbidade respiratória na população de Araraquara –SP. [dissertação]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2001.
48. Ribeiro H.; Assunção JV. Efeitos das queimadas na saúde humana. Estudos Avançados, 2002;16(44):125-148.

- 49.Otterbein L, Sylvester SL, Choi AM. Hemoglobin provides protection against lethal endotoxemia in rats: the role of heme oxygenase-1. *Am. J. Respir. Cell Mol. Biol.* 1995;13: 595–601.
- 50.Camhi SL, Alam J, Otterbein L et al. Induction of heme oxygenase-1 gene expression by lipopolysaccharide is mediated by AP-1 activation. *Am. J. Respir. Cell Mol. Biol.* 1995;13: 387–98.
- 51.Rodgers PA, Vreman HJ, Dennery PA et al. Sources of carbon monoxide (CO) in biological systems and applications of CO detection technologies. *Semin. Perinatol.* 1994;18: 2–10.
- 52.Vreman HJ, Wong RJ, Sanesi CA et al. Simultaneous production of carbon monoxide and thiobarbituric acid reactive substances in rat tissue preparations by an iron-ascorbate system. *Can. J. Physiol. Pharmacol.* 1998;76:1057–65
- 53.Lin S, Liu X, Le LH, Hwang SA. Chronic exposure to ambient ozone and asthma hospital admissions among children. *Environmental Health Perspectives*, 2008; 116(12):1725-1730.
- 54.McConnell R, Berhane K, Gilliland F, London SJ, Islam T, Gauderman WJ, Peters JM. Asthma in exercising children exposed to ozone: A cohort study. *Lancet*, 2002; 359(9304):386-391.
- 55.Uysal N; Schapira RM. Effects of ozone on lung function and lung diseases. *Curr Opin Pulm Med*, 2003;9(2):144-50.
- 56.Weinmann GG, Liu MC, Proud D, et al. Ozone exposure in humans: inflammatory, small and peripheral airway responses. *Am J Respir Crit Care Med.* 1995;152:1175–1182.

57. Fujinaka L, Hyde D, Plopper C, et al. Respiratory bronchiolitis following long-term ozone exposure in bonnet monkeys: a morphometric study. *Exp Lung Res.* 1985;8:167–190.
58. Tyler W, Tyler N, Last J, et al. Comparison of daily and seasonal exposures of young monkeys to ozone. *Toxicology.* 1988;50:131–144.
59. Schelegle ES, Miller LA, Gershwin LJ, et al. Repeated episodes of ozone inhalation amplifies the effects of allergen sensitization and inhalation on airway immune and structural development in Rhesus monkeys. *Toxicol Appl Pharmacol.* 2003;191:74–85.
60. Pierson WE, Covert DS, Koenig JQ, Namekata T, Kim YS. Implications of air pollution effects on athletic performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 1986; 18(3):322-327.
61. Mautz WJ, Kleinman MT, Bhalla DK, Phalen RF. Respiratory tract responses to repeated inhalation of an oxidant and acid gas-particle air pollutant mixture. *Toxicol Sci.* 2001;61(2):331-41.
62. Sharman JE, Cockcroft JR, Coombes JS. Cardiovascular implications of exposure to traffic air pollution during exercise. *Quarterly Journal Medical: Monthly Journal of the Association of Physicians*, 2004;97(10):637-643.
63. Dolinay T, Choi AMK, Ryter SW. Exhaled carbon monoxide: mechanisms and clinical applications. *Eur respir Mon*, 2010;49:82-95.
64. Adriano Trotta Carmo, Racine Tadeu Araujo Prado. Qualidade do ar interno. AT Carmo, RTA Prado - São Paulo, EPUSP, 1999.
65. Gomes, M J M. Ambiente e pulmão. *J Pneumol* 2002; 28(5):261-269.

66.Kan H; Heiss G; Rose KM; Whitsel E; Lurmann F; London SJ. Traffic exposure and lung function in adults: the atherosclerosis risk in communities study. *Thorax*, 2007; 62:873-879.

67.Blomberg A, Krishna MT, Helleday R, et al. Persistent airway inflammation but accommodated antioxidant and lung function responses after repeated daily exposure to nitrogen dioxide. *Am J Respir Crit Care Med* 1999; 159:536-43.

68.Downs SH, Brandli O, Zellweger JP, et al. Accelerated decline in lung function in smoking women with airway obstruction: SAPALDIA 2 cohort study. *Respir Res*, 2005;6:45.

69.Xu X, Li B, Wang L. Gender difference in smoking effects on adult pulmonary function. *Eur Respir J*, 1994;7:477–83.

ANEXO I - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título da Pesquisa: “Efeitos da poluição atmosférica no o sistema respiratório de indivíduos praticantes de atividade física em ambiente aberto e fechado”

Nome do (a) Pesquisador (a): Rafaela Campos Cuissi

Nome do (a) Orientador (a): Profa. Dra. Dionei Ramos

1. **Natureza da pesquisa:** o sra (sr.) está sendo convidada (o) a participar desta pesquisa que tem como finalidade avaliar sua capacidade funcional através de uma caminhada cronometrada; função pulmonar através de um exame denominado espirometria; o seu transporte mucociliar, cronometrando o tempo que grãos de sacarina demoram para ser transportados do seu nariz até a garganta para depois ser engolido; nível de monóxido de carbono no ar exalado; a presença de células inflamatórias nasais através de 7mL de soro que será instilado no nariz, e responder a um questionário para avaliarmos a presença de algum sintoma nasal (espirros, coriza, coceira no nariz, dentre outros).
2. **Participantes da pesquisa:** participarão desta pesquisa o (a) senhor (a) e mais 39 adultos saudáveis que pratiquem atividade física em ambiente aberto e adultos saudáveis que pratiquem atividade física em ambiente fechado que aceitem participar da pesquisa entre os meses de maio e novembro de 2013.
3. **Envolvimento na pesquisa:** ao participar deste estudo o (a) senhor (a) permitirá que a pesquisadora *Rafaela Campos Cuissi* estude o seu sistema de defesa respiratório e analise como os poluentes atmosféricos agem sobre o (a) senhor (a). O (a) senhor (a) tem liberdade de se recusar a participar e ainda se recusar a continuar participando em qualquer fase da pesquisa, sem qualquer prejuízo para o (a) senhor (a). Sempre que quiser poderá pedir mais informações sobre a pesquisa através do telefone da pesquisadora do projeto e, se necessário através do telefone do Comitê de Ética em Pesquisa.
4. **Sobre as entrevistas:** Não serão aplicados questionários.
5. **Riscos e desconforto:** a participação nesta pesquisa não infringe as normas legais e éticas, no entanto a avaliação de células inflamatórias nasais pode ser desconfortável para alguns voluntários por haver necessidade de prender a respiração por 10 segundos para que seja colocado 3,5 ml de soro fisiológico dentro do nariz sem poder engolir, embora não haja nenhum risco caso isso acontecer. Os procedimentos adotados nesta pesquisa obedecem aos Critérios da Ética em Pesquisa com Seres Humanos conforme Resolução no. 196/96 do Conselho Nacional de Saúde. Nenhum dos procedimentos usados oferece riscos à sua dignidade.
6. **Confidencialidade:** todas as informações coletadas neste estudo são estritamente confidenciais. Somente a pesquisadora e sua orientadora (e/ou equipe de pesquisa) terão conhecimento de sua identidade e nos comprometemos a mantê-la em sigilo ao publicar os resultados dessa pesquisa.

7. **Benefícios:** ao participar desta pesquisa o (a) senhor (a) não terá nenhum benefício direto. Entretanto, esperamos que este estudo traga informações importantes sobre a prática de atividade física em locais de grande fluxo de automóveis, de forma que o conhecimento que será construído a partir desta pesquisa possa tornar mais seguro a prática de atividade física com a escolha de um local ideal, onde o pesquisador se compromete a divulgar os resultados obtidos, respeitando-se o sigilo das informações coletadas, conforme previsto no item anterior.
8. **Pagamento:** o (a) senhor (a) não terá nenhum tipo de despesa para participar desta pesquisa, bem como nada será pago por sua participação.

Após estes esclarecimentos, solicitamos o seu consentimento de forma livre para participar desta pesquisa. Portanto preencha, por favor, os itens que se seguem: Confiro que recebi cópia deste termo de consentimento, e autorizo a execução do trabalho de pesquisa e a divulgação dos dados obtidos neste estudo.

Obs: Não assine esse termo se ainda tiver dúvida a respeito.

Consentimento Livre e Esclarecido

Tendo em vista os itens acima apresentados, eu, de forma livre e esclarecida, manifesto meu consentimento em participar da pesquisa.

Nome do Participante da Pesquisa: _____

Assinatura do Participante da Pesquisa: _____

Assinatura do Pesquisador: _____

Assinatura do Orientador: _____

Pesquisador: RAFAELA CAMPOS CUISSI – 9105-9569

Orientador: DIONEI RAMOS – 3229-5544

Coordenadora do Comitê de Ética em Pesquisa: Profa. Dra. Edna Maria do Carmo

Vice-Coodenadora: Profa. Dra. Renata Maria Coimbra Libório

Telefone do Comitê: 3229-5315 ou 3229-5526

E-mail cep@fct.unesp.br

ANEXO II: Ficha de Avaliação

Data: ___/___/___

Nome _____

Data de nascimento ___/___/___ Idade: _____

Profissão _____

Endereço _____

Cidade/Estado _____ Tel _____

Altura _____ cm Peso _____ Kg

Atividade que pratica: _____

Frequência com que pratica atividade física: _____

Duração da atividade física: _____

Período do dia: _____ Há quanto tempo pratica neste mesmo local: _____

Doenças associadas: _____

Fuma? () Sim () Não Fuma ___ cigarros/dia Tempo _____

Problema de tireóide (qual ?) Sim Não

Alergia (a quê ?) Sim Não

Cirurgias ou trauma nasal Sim Não

Ficou resfriado e/ou teve febre na última semana? _____

Ficou doente e/ou precisou ficar internado no último ano? No último mês?

Medicações em uso: _____

Você já foi diagnosticado com alguma patologia respiratória, nasal ou de garganta? (ex: desvio de septo, rinite, sinusite, hipertrofia de adenóides):
