

**AVALIAÇÃO DA FREQUÊNCIA CARDÍACA, DA PRESSÃO
ARTERIAL E DO VOLUME EXPIRATÓRIO FORÇADO NO
PRIMEIRO SEGUNDO (VEF₁), PRÉ E PÓS ATIVIDADE
FÍSICA AERÓBIA, NUM GRUPO DE INDIVÍDUOS
EXPOSTOS À POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA NO PARQUE DO
IBIRAPUERA EM SÃO PAULO, SP**

IBSEN WILDE DALLA DÉA JUNIOR

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APRESENTADA AO
DEPARTAMENTO DE SAÚDE AMBIENTAL DA FACULDADE DE SAÚDE
PÚBLICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO PARA A OBTENÇÃO DO
GRAU DE MESTRE.**

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: SAÚDE AMBIENTAL

ORIENTADORA: PROF^ª DRA. WANDA MARIA RISSO GÜNTHER

SÃO PAULO

2003

DEDICATÓRIA

À uma senhora que dedicou a sua vida a criar seus cinco filhos.

À uma jovem que sacrificou sua juventude em favor de seu único tesouro.

À uma senhora que, sozinha, foi pai e mãe.

À uma avó que foi mãe... ..e pai ...e avô.

Diante de sua obra este trabalho nada significa. E, se não fosse pela sua obra, este trabalho jamais existiria.

À esta senhora que tanto sofreu e tanto sacrificou por mim e por meus irmãos, e abdicou de tantas coisas em favor de seu único e possível sonho, faço desta obra um presente.

Este trabalho é uma moedinha se comparado ao valor do tempo dedicado a nós e da juventude que se foi.

Dedico este trabalho à minha mãe.

À minha mãe, que durante anos deu-me o exemplo de que precisava para encarar a vida, o exemplo de que não existem obstáculos que não se possa enfrentar, de que não há fim para a energia que nos faz seguir em frente quando nosso combustível é o amor.

Obrigado.

AGRADECIMENTOS

Agradecer a todas as pessoas que, direta ou indiretamente, fizeram parte de minha jornada até aqui, é tarefa impossível, pois mesmo aqueles que não tiveram participação na elaboração deste estudo podem ter contribuído com seu apoio, palavras e gestos, que significaram mais do que eles pudessem perceber.

Aos que tiveram sua participação, direta ou indireta, na elaboração deste estudo, dirijo meu coração, minhas palavras e meu pensamento no sentido da paz, alegria, prosperidade e gratidão, principalmente à minha futura esposa Vanina que segurou uma barra muito mais pesada do que ela imaginava; ao Alfésio que me auxiliou num dos momentos mais críticos; ao Luis que “entrava em campo quando o Alfésio não podia ‘jogar’”; à Joya que pegou uma “carona” num dos momentos mais difíceis e “suavizou a estrada”; à minha orientadora Wanda que acreditou em mim, às vezes, até mais do que eu mesmo; ao Nelson Gouveia sempre solícito e atencioso; ao Pepino que contagiava a todos com o entusiasmo; ao pessoal do INCOR: professor Negrão, professora Ana Paula e seu marido professor Newton, Chris, Élcio, Luciana e Eduardo; ao Rui Abrantes pela atenção na CETESB; à Sônia Cendon pelo incentivo através do entusiasmo com que exerce sua profissão; aos corredores que fizeram parte deste trabalho e à CAPES que proporcionou suporte na forma de bolsa. Finalmente, ao Paulinho, que foi impressionante na hora mais difícil.

RESUMO

Este estudo se propôs a analisar os efeitos da poluição do ar sobre a função pulmonar, a frequência cardíaca e a pressão arterial de indivíduos adultos jovens, que realizam atividade física moderada no Parque do Ibirapuera em São Paulo, capital, local reconhecidamente poluído. A função pulmonar, a frequência cardíaca e a pressão arterial foram medidas, antes e depois de uma sessão de 30 minutos, em média, de atividade física aeróbia (corrida) em percurso fixo no parque, no período da manhã, durante os meses de outubro, novembro e dezembro de 2002.

Os dados sobre poluição foram obtidos junto à Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) que mantém uma estação telemétrica no local.

Os resultados demonstraram que ocorreram alterações estatisticamente significantes na pressão arterial sistólica e diastólica, na frequência cardíaca e no volume expiratório forçado, no primeiro segundo (VEF_1). Estas alterações estão associadas ao óxido de nitrogênio e seus derivados e foram nocivas aos participantes, entretanto, a fragilidade do banco de dados não nos permite fazer inferências mais concretas sobre os malefícios de se praticar atividade física em ambientes poluídos.

SUMMARY

The aim of the study was to analyze the effects of air pollution on pulmonary function, heart rate and blood pressure of young adults who practice physical activities in Parque do Ibirapuera (public park) in São Paulo city, a known polluted place. The pulmonary function, heart rate and blood pressure were measured before and after a 30 minutes section of aerobic exercises (run) in a fixed route across the park, in the morning, over a period of three months: October, November and December, 2002.

The data about pollution were provided by Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) (local environmental protection agency) of State of São Paulo that maintains a monitoring station in the park.

The results showed that occurred alterations in systolic and diastolic blood pressure, heart rate and in FEV₁ (forced expiratory volume in first second) that were statistically significant. Those changes were associated to nitrogen oxides and its derived products and were harmful to the participants, the fragility of the data don't allow us to infer more concrete conclusions about the consequences to perform aerobic activities in polluted areas.

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1.** Variação da temperatura, em graus Celsius, durante as 24 horas do dia 5 de outubro de 2002, na estação Ibirapuera da Cetesb.. 40
- Gráfico 2.** Variação da umidade do ar, em percentagem, durante as 24 horas do dia 5 de outubro de 2002 na estação Ibirapuera da Cetesb..... 40
- Gráfico 3.** Variação da concentração do PM₁₀, em $\mu\text{g}/\text{m}^3$, durante as 24 horas do dia 5 de outubro de 2002 na estação Ibirapuera da Cetesb..... 41
- Gráfico 4.** Variação da concentração do CO, em ppm, durante as 24 horas do dia 5 de outubro de 2002 na estação Ibirapuera da Cetesb. .. 41
- Gráfico 5.** Variação da concentração do SO₂, em $\mu\text{g}/\text{m}^3$, durante as 24 horas do dia 14 de novembro de 2002 na estação Ibirapuera da Cetesb..... 42
- Gráfico 6.** Variação das concentrações do NO₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), NO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), NOx (ppb) e O₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) durante as 24 horas do dia 5 de outubro de 2002 na estação Ibirapuera da Cetesb. 42
- Gráfico 7.** Representação gráfica da variação percentual das médias do VEF₁ para a concentração média do mesmo dia de cada poluente... .. 49
- Gráfico 8.** Representação gráfica da variação percentual das médias da frequência cardíaca para a concentração média do mesmo dia de cada poluente. 50
- Gráfico 9.** Representação gráfica da variação percentual das médias da pressão arterial sistólica para a concentração média do mesmo dia de cada poluente..... 51
- Gráfico 10.** Representação gráfica da variação percentual das médias da pressão arterial diastólica para a concentração média do mesmo dia de cada poluente..... 52

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Evolução das concentrações anuais e número de ultrapassagens de SO ₂ no parque do Ibirapuera, no período de 1997 a 2001.....	23
Quadro 2. Evolução das concentrações anuais e número de ultrapassagens de NO ₂ no parque do Ibirapuera, no período de 1997 a 2001.....	23
Quadro 3. Evolução das concentrações anuais e número de ultrapassagens de CO no parque do Ibirapuera, no período de 1997 a 2001.....	24
Quadro 4. Evolução das concentrações anuais de NO no parque do Ibirapuera, no período de 1997 a 2001.....	24
Quadro 5. Evolução das concentrações anuais de NOx no parque do Ibirapuera, no período de 1997 a 2001.....	24
Quadro 6. Evolução das concentrações anuais e número de ultrapassagens de O ₃ no parque do Ibirapuera, no período de 1997 a 2001.....	25
Quadro 7. Evolução das concentrações anuais e número de ultrapassagens de PTS no parque do Ibirapuera, no período de 1997 a 2001.....	25
Quadro 8. Evolução das concentrações anuais e número de ultrapassagens de PM ₁₀ no parque do Ibirapuera, no período de 1997 a 2001.....	25
Quadro 9. Valores antropométricos individuais dos participantes.....	37
Quadro 10. Média dos participantes para cada variável estudada.....	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Estimativa da emissão das fontes de poluição do ar na RMSP, em 2001.....	5
Tabela 2. Padrões Nacionais de Qualidade do Ar de acordo com a Resolução CONAMA nº 3, de 28.06.90	9
Tabela 3. Distribuição das médias das variáveis dos participantes.	37
Tabela 4. Médias de 24 horas, no período estudado, dos poluentes, temperatura e umidade relativa do ar na estação Ibirapuera e Parque Dom Pedro II da Cetesb.	38
Tabela 5. Valores horários mínimos e máximos, no período estudado, dos poluentes na estação Ibirapuera da Cetesb.....	39
Tabela 6. Correlação entre os poluentes, temperatura e umidade relativa do ar no período de estudo, estação Ibirapuera da Cetesb.	43
Tabela 7. Correlação entre VEF ₁ , Frequência Cardíaca, Pressão Arterial Sistólica e Pressão Arterial Diastólica, antes e depois da prática de atividade física	43
Tabela 8. Correlação entre os poluentes, temperatura e umidade do ar e VEF ₁ , Frequência Cardíaca, Pressão Arterial Sistólica, Pressão Arterial Diastólica, antes e depois da prática de atividade física..	44
Tabela 9. Coeficiente da regressão e erro padrão (EP) do VEF ₁ antes e após atividade física para a concentração média dos poluentes no mesmo dia e lags de 1 a 4 dias.	45
Tabela 10. Coeficientes da regressão e erro padrão (EP) da frequência cardíaca antes e após atividade física para a concentração média dos poluentes no mesmo dia e lags de 1 a 4 dias.	46
Tabela 11. Coeficientes da regressão e erro padrão (EP) da pressão arterial sistólica antes e após atividade física para a concentração média dos poluentes no mesmo dia e lags de 1 a 4 dias.	47
Tabela 12. Coeficientes da regressão e erro padrão (EP) da pressão arterial diastólica antes e após atividade física para a concentração média dos poluentes no mesmo dia e lags de 1 a 4 dias.....	48

ÍNDICE

1. Introdução	1
1.1 Poluição do ar	2
1.2 A poluição na Região Metropolitana de São Paulo	4
1.3 Poluentes regulamentados	8
1.3.1 Chumbo	9
1.3.2 Dióxido de Enxofre (SO ₂)	10
1.3.3 Material Particulado (PM ₁₀)	10
1.3.4 Monóxido de Carbono (CO)	12
1.3.5 Óxidos de Nitrogênio (NO _x)	13
1.3.6 Ozônio (O ₃)	14
1.4 O comportamento dos poluentes	16
1.5 Efeitos dos poluentes atmosféricos sobre a saúde	16
1.5.1 Estudos de poluição atmosférica e saúde	18
1.5.2 Estudos de poluição atmosférica e atividade física	20
1.6 O Parque do Ibirapuera	22
2. Objetivos	28
2.1 Objetivo Geral	28
2.2 Objetivos Específicos	28

3. Metodologia	29
3.1 Amostra.....	29
3.2 Local	31
3.3 Protocolo de estudo.....	31
3.4 Variáveis analisadas.....	32
3.5 Análise estatística.....	34
4. Resultados	36
4.1 Características dos participantes.....	36
4.2 Características dos poluentes.....	38
5. Discussão	53
6. Conclusões	60
7. Considerações finais	62
8. Referências bibliográficas	65
9. Bibliografia complementar	72
10. Anexos	A-1

1. INTRODUÇÃO

Atualmente existe uma grande preocupação com a qualidade de vida nos centros urbanos, neste sentido a sociedade civil e os governos municipais, estaduais e federais, têm se mobilizado com o intuito de elevar o nível da saúde do cidadão comum.

Uma das formas de prevenir moléstias provenientes das doenças crônicas não transmissíveis (DCNT) e minimizar os custos do estado com o tratamento destas doenças é o estímulo à atividade física. A cada ano, mais de 2 milhões de mortes são atribuídas à inatividade em todo o mundo. Essas mortes são parte do incremento de enfermidades, incapacidades e mortes causadas pelas DCNT's, como doenças cardiovasculares, cânceres e diabetes (MATSUDO et al., 2002).

A poluição também representa um dos obstáculos a serem vencidos, não só pelos impactos à saúde (CIOCCO e THOMPSON, 1961) e ao meio ambiente (RODRIGUES, 1996), mas também pelo ônus econômico que representa, tanto na solução como na prevenção dos problemas a ela creditados (CIFUENTES et al. 2001).

As práticas esportivas e a atividade física, em geral, são valorizadas no sentido de serem benéficas à saúde (GONÇALVES et al.,1997b) e contribuir para a melhoria da qualidade de vida dos indivíduos (NIEMAN, 1999), tendo como local de prática, preferencialmente, as áreas arborizadas com o objetivo de tornar as atividades mais agradáveis e aprazíveis. No entanto, os locais para estas práticas, embora apresentando tais aspectos, podem não ser os mais indicados do ponto de vista da saúde. Este é o caso do Parque do Ibirapuera, em São Paulo, onde a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb) tem registrado concentrações acima das desejáveis para alguns poluentes atmosféricos (CETESB, 2002).

Diante destes fatos, pode-se constatar uma contradição entre o estímulo à prática de atividade física e as condições ideais para que esta prática ocorra, tais como piso adequado, condições atmosféricas favoráveis, ausência de poluentes, acompanhamento por profissionais capacitados etc., conseqüentemente, torna-se urgente o controle da poluição do ar e da saúde da população.

1.1. A poluição do ar

A poluição do ar pode ser definida como o resultado da alteração das características físicas, químicas ou biológicas da atmosfera, de forma a

causar danos ao ser humano, à fauna, à flora, aos materiais, restringir o pleno uso e gozo da propriedade ou afetar negativamente o bem estar da população (ASSUNÇÃO, 1999).

As fontes de poluição são entendidas como qualquer processo natural ou artificial que possa liberar ou emitir substâncias para a atmosfera de forma a torná-la poluída. As fontes naturais são caracterizadas pelas erupções vulcânicas que lançam partículas e gases para a atmosfera, como os compostos de enxofre (gás sulfídrico e dióxido de enxofre); pela decomposição de vegetais e animais; pela ressuspensão de poeira do solo e areia pelos ventos; pela ação biológica de microorganismos no solo; pela formação de metano principalmente nos pântanos (gás grisú); pelos aerossóis marinhos; pelas descargas elétricas na atmosfera dando origem ao ozônio; pelos incêndios florestais naturais; e por outros processos naturais como as reações na atmosfera entre substâncias de origem natural (ASSUNÇÃO, 1999).

Entre as fontes antropogênicas estão os diversos processos e operações industriais; a queima de combustível para fins de transporte nos veículos a gasolina, álcool, diesel ou qualquer outro tipo de combustível; as queimadas; a queima de lixo ao ar livre; a incineração de lixo; a limpeza de roupas a seco; a poeira fugitiva em geral provocada pela movimentação de veículos, principalmente em vias sem pavimentação; as poeiras provenientes de demolições na construção civil e movimentações de terra em geral; a comercialização e o armazenamento de produtos voláteis como

gasolina e solventes; os equipamentos de refrigeração e ar condicionado, e os sprays (ASSUNÇÃO, 1999).

1.2. A poluição na Região Metropolitana de São Paulo

A região metropolitana de São Paulo (RMSP) possui uma extensão de aproximadamente 8.000 km² com altitudes que variam de 650m a 1200m. Caracterizada como um dos maiores conglomerados humanos do mundo, com uma população de, aproximadamente, 18 milhões de pessoas, a RMSP possui um grande parque industrial, além de uma frota em torno de 6 milhões de veículos leves (CETESB, 2002).

As principais fontes de poluição do ar na RMSP são os veículos automotores, seguidos por processos industriais, a queima de resíduos, a movimentação e a estocagem de combustíveis, entre outros (CETESB, 2002).

A Cetesb, anualmente, publica o "Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo", que representa um resumo dos dados de 29 estações de monitoramento automáticas localizadas na Região Metropolitana de São Paulo. Neste relatório, são publicadas as médias mensais e anuais das concentrações dos poluentes regulamentados medidos regularmente: partículas inaláveis, dióxido de enxofre, óxidos de nitrogênio, ozônio,

monóxido de carbono, fumaça, partículas totais em suspensão, hidrocarbonetos totais menos metano, aldeídos e as partículas inaláveis finas (PM_{2,5}).

A estimativa de emissão por tipo de fonte, que é um resumo do inventário de fontes para a RMSP, é mostrada na tabela 1. Este inventário de emissão para a RMSP é baseado nas informações disponíveis no ano-referência de 2001. Alguns dos fatores de emissão foram extraídos do Compilation of Emission Factors da EPA – Environmental Protection Agency (Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos da América) enquanto os demais foram obtidos de ensaios das próprias fontes (CETESB, 2002).

Tabela 1. Estimativa da emissão das fontes de poluição do ar na RMSP, em 2001.

Fontes de emissão		Emissão (1000 T por ano)						
		CO	HC	NO _x	SO _x	PM ₁₀ ¹		
M Ó V E I S F I X A	Tubo de escapamento	Gasolina C [gasolina+22% álcool+800ppm de enxofre (massa)]	780,8	82,5	44,4	10,2	5,1	
		Álcool	207,5	23,1	12,7	--	--	
		Diesel [1100ppm de enxofre (massa)]	433,3	70,6	316,5	10,9	19,7	
		Taxi	3,5	0,7	0,7	0,4	0,2	
	Carter e evaporativa	Motocicleta e similares	Gasolina C	--	131,6	--	--	--
			Álcool	--	17,3	--	--	--
			Motocicleta e similares	--	15,5	--	--	--
		Pneus ²	Todos os tipos	--	--	--	--	8,1
		Operações de transferência de combustível	Gasolina C	--	12,6	--	--	--
			Álcool	--	0,4	--	--	--
Operação de processo industrial (número de indústrias inventariadas)		38,6 ³ (750)	12,0 ³ (800)	14,0 ³ (389,4)	17,1 ⁴ (245) ⁵	31,6 ⁴ (308) ⁵		
TOTAL		1681,2	395,0	389,4	39,4	65,2		

(1) PM refere-se ao total do material particulado, sendo que as partículas inaláveis são uma fração deste total

(2) Emissão composta para o ar (partículas) e para o solo (impregnação)

(3) Ano de consolidação do inventário: 1990

(4) Ano de consolidação do inventário: 1998

(5) Estas indústrias representam mais de 90% das emissões totais.

Fonte: CETESB 2002.

Os efeitos da poluição atmosférica podem ser agudos ou crônicos, com respostas imediatas ou tardias, variando de acordo com a exposição (DOCKERY e BRUNEKREEF, 1996). Os efeitos podem ser observados na forma de extremos de morbi-mortalidade, o que é facilmente demonstrado pelos registros de internações em determinados períodos; pela variação da frequência e distribuição das doenças por causa, sendo isolados os fatores que provocam variações nos registros de morbidade; pela aplicação de inquéritos domiciliares e, finalmente, por provas de função pulmonar (BASCOM et al., 1996).

Até hoje, a Epidemiologia foi capaz de fornecer somente indicações da existência de associações entre os poluentes e a saúde, sendo necessárias novas investigações para a obtenção de resultados mais conclusivos e aprofundados (CIFUENTES et al., 2001). Alterações agudas na função pulmonar podem ocorrer sucessivamente durante longos períodos de tempo, por exemplo, durante décadas, e representam perdas crônicas da função pulmonar. A Sociedade Torácica Americana definiu tais mudanças crônicas como marcadores explícitos dos efeitos adversos da poluição do ar, indicadas por “aumento da taxa de declínio da função pulmonar com a idade” em adultos e “dificuldade de manter a função pulmonar prevista para curva de crescimento” em crianças (DOCKERY e BRUNEKREEF, 1996).

De outro modo, alterações temporárias na função pulmonar podem perdurar por curtos períodos de tempo, por exemplo, algumas horas e de

maneira aguda, alterações estas possivelmente reversíveis. Grande partes das mudanças reversíveis na função pulmonar, diante da exposição aguda, não foram definidas pela Sociedade Torácica Americana como adversas à saúde, desde que “a percentagem de mudança que indica um efeito adverso possa variar de grupo para grupo e de situação para situação”. Por outro lado, a Agência de Proteção Ambiental norte-americana (USEPA, 2000) e a Organização Mundial de Saúde (WHO, 1999) têm aceitado as mudanças agudas na função pulmonar como indicadores do efeito adverso da exposição à poluição por ozônio exclusivamente.

Enquanto os estudos longitudinais trazem a idéia de estudos de longo termo de mudanças na função pulmonar, uma substancial porção da literatura sobre poluição do ar é baseada em estudos de alteração da função pulmonar durante escalas de tempo muito curtas, por exemplo, minutos, horas e dias (DOCKERY e BRUNEKREEF, 1996).

Neste sentido, o estudo dos efeitos da poluição atmosférica sobre a saúde de indivíduos não sedentários, vem contribuir para o aprofundamento dos conhecimentos, visto que vários estudos comprovam que o exercício em ambientes em que o ar é poluído, podem provocar um decréscimo da capacidade aeróbia, prejuízos à função pulmonar, desconforto respiratório, comprometimento da mucosa nasal, declínio da atenção, prejuízos na função cognitiva, queda no desempenho em atividades físicas com duração acima de 30 minutos, e diminuição do tempo de reação (FOLINSBEE &

RAVEN, 1984; HAYNES & WELLS, 1986; CARLISLE & SHARP, 2001; OLIVEIRA, 2001).

1.3. Os poluentes regulamentados

Os padrões de qualidade do ar no Brasil foram estabelecidos na Resolução CONAMA n.º 03/90. Estes padrões definem o limite máximo para a concentração de um componente atmosférico que garanta a proteção da saúde e do bem estar das pessoas. Nesta resolução, são especificados dois tipos de padrões: os primários - concentrações de poluentes que, se ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população - e os secundários - concentrações de poluentes atmosféricos abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem estar da população, assim como o mínimo dano à fauna e à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral (CETESB, 2002).

Os parâmetros regulamentados (partículas totais em suspensão, fumaça, partículas inaláveis, dióxido de enxofre, monóxido de carbono, ozônio e dióxido de nitrogênio) são apresentados na tabela 2.

Tabela 2. Padrões Nacionais de Qualidade do Ar de acordo com a resolução CONAMA nº 3 de 28.06.90.

Poluente	Tempo de amostragem	Padrão primário $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Padrão secundário $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Método de medição
Partículas totais em suspensão	24 horas	240	150	Amostrador de grandes volumes
	MGA ¹	80	60	
Partículas inaláveis (PM10)	24 horas	150	150	Separação Inércia/filtração
	MAA ²	50	50	
Fumaça	24 horas	150	100	Refletância
	MAA ²	60	40	
Dióxido de enxofre	24 horas	365	100	Pararosanilina
	MAA ²	80	40	
Dióxido de nitrogênio	1 hora	320	180	Quimiluminescência
	MAA ²	100	100	
Monóxido de carbono	1 hora	40.000	40.000	Infravermelho não dispersivo
		35 ppm	35 ppm	
	8 horas	10.000	10.000	
		9 ppm	9 ppm	
Ozônio	1 hora	160	160	Quimiluminescência

(1) média geométrica anual

(2) média aritmética anual

Fonte: CETESB, 2002.

1.3.1. Chumbo

Chumbo é um metal pesado de ocorrência natural, encontrado em pequenas quantidades na superfície da Terra. É utilizado na produção de baterias, de munição, de produtos metálicos (soldas e chaminés), em coletes e paredes para a proteção à exposição aos raios-X. Seu uso na gasolina, tintas e produtos de cerâmica diminuiu muito devido a preocupações com seus efeitos na saúde. Estes efeitos são mais evidentes no sistema nervoso

central, principalmente de crianças, no sistema renal, no sangue e no sistema osteo-metabólico (ATSDR, 1999).

Apesar de ter deixado de fazer parte da composição dos combustíveis na década de 1980, continua presente na atmosfera na forma de emissões anteriores sedimentadas em ruas, praças, prédios etc., de partículas de tinta usada em construções e nas emissões das fábricas de lingotes e baterias (CORREIA, 2001).

1.3.2. Dióxido de Enxofre (SO₂)

O Dióxido de Enxofre é um gás inodoro produto da queima de combustíveis fósseis em fontes estacionárias e móveis, tais como refinarias de óleo, veículos a diesel, geração de calor a partir do querosene, indústria de polpa e papel, fundições, além da produção de compostos químicos à base de ácidos sulfúricos e do próprio ácido sulfúrico (CORREIA, 2001).

1.3.3. Material particulado (PM₁₀)

O ar atmosférico apresenta partículas em suspensão que têm origens diversas, como incêndios, sal marinho, pólen, esporos de fungos, cera de

folhas, fragmentos de plantas, queima de combustíveis fósseis, poeira etc. Algumas partículas são líquidas, outras sólidas e outras contêm núcleo sólido circundado por líquido. Podem conter íons orgânicos, água, carbono, compostos orgânicos e componentes da crosta terrestre. A fração orgânica é especialmente complexa, contendo centenas de compostos orgânicos. Com isto possuem uma série de propriedades morfológicas, químicas, físicas e termodinâmicas, reagindo quimicamente na atmosfera, formando partículas secundárias (CORREIA, 2001).

O tamanho é um dos parâmetros mais importantes na determinação das propriedades, efeitos e destino das partículas no meio ambiente e também para deposição nas vias aéreas. O tamanho das partículas pode variar de $0,001\mu\text{m}$ até $100\mu\text{m}$ de diâmetro e sua classificação baseia-se em processos de amostragem seletiva. As partículas totais em suspensão (PTS) são as de diâmetro aerodinâmico de até $50\mu\text{m}$, coletadas em amostradores de grande volume (ASSUNÇÃO, 1999).

O PM_{10} é a fração das PTS com diâmetro aerodinâmico de até $10\mu\text{m}$ e, por ter diâmetro passível de inalação, o controle desta fração representa melhor proteção à saúde. Em 1979, pesquisadores da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos da América (US-EPA) recomendaram que o PM_{10} fosse dividido em fração fina e grossa, sendo a fração fina, a parte com diâmetro aerodinâmico inferior a $2,5\mu\text{m}$ e, por isso mesmo, capaz de penetrar nas vias mais profundas (US-EPA, 1997).

As partículas grossas sedimentam-se mais rapidamente, em questão de horas, e por isto tendem a percorrer distâncias curtas. As partículas finas podem sofrer acumulação e aumentar seu diâmetro mas não chegam a se transformar em partículas grossas (CORREIA, 2001).

1.3.4. Monóxido de carbono (CO)

Gás inodoro, incolor e insípido produzido por combustão incompleta de combustíveis à base de carbono como gasolina, gás natural, petróleo, carvão, madeira e outros materiais como o fumo.

Suas propriedades tóxicas são atribuídas à sua alta afinidade pela hemoglobina e mioglobina, cuja associação forma a carboxihemoglobina (CO-Hb) e a carboximioglobina (CO-Mg), respectivamente. Estes compostos são estáveis e por esta razão são responsáveis pela diminuição de oferta de oxigênio aos tecidos e aos processos contráteis intracelulares (BASCOM et al., 1996).

1.3.5. Óxidos de Nitrogênio (NO_x)

Os Óxidos de Nitrogênio são produtos da queima de combustíveis pelos motores dos veículos, pelos processos industriais, pelas usinas térmicas, pelos incineradores e também são emitidos pelos rinques de patinação no gelo. Dentre os óxidos de nitrogênio, o dióxido de nitrogênio e o óxido nítrico são os mais prevalentes na poluição do ar.

As reações entre o oxigênio e o nitrogênio, principalmente durante a combustão em altas temperaturas, geram óxido nítrico, dióxido de nitrogênio (NO₂) e outros compostos conhecidos como NO_x. O Óxido de Nitrogênio (NO) também forma NO₂, através de reações oxidantes, envolvendo ozônio e compostos orgânicos. O NO₂ na presença de luz solar sofre fotólise e, ao reagir com hidrocarbonetos e oxigênio, forma ozônio (CORREIA, 2001).

As concentrações de NO₂ em centros urbanos costumam se caracterizar por dois picos diários distintos: durante a manhã e no final da tarde, quando o trânsito é mais intenso. Em contraste com os outros poluentes padronizados, o NO₂ é gerado tanto dentro de recintos fechados como em ambientes externos, sendo sua concentração, muitas vezes, maior dentro do que fora de uma residência, principalmente em horários em que se está utilizando fornos e fogões a gás (BASCUM et al., 1996).

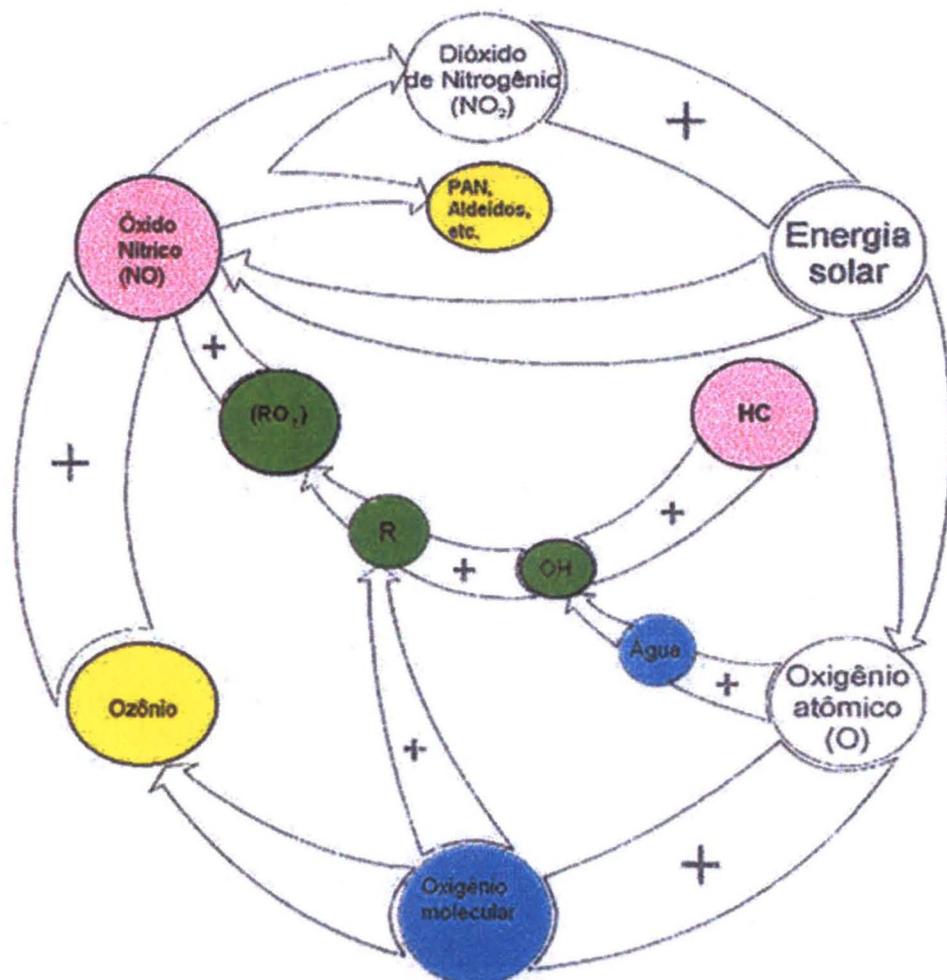
1.3.6. Ozônio (O₃)

O ozônio é um gás encontrado na estratosfera, camada situada entre 10 e 12 km de distância do nível do mar, aproximadamente. Nesta camada, o ozônio protege a Terra da incidência de raios ultravioleta que provocariam diversos males aos seres humanos, entre eles o câncer de pele (ASSUNÇÃO, 1999). No entanto, nas camadas mais baixas (troposfera) este gás torna-se nocivo à saúde. Sua origem resulta da combinação dos óxidos de nitrogênio e hidrocarbonetos provenientes da combustão completa e incompleta, respectivamente, dos motores automotivos com os raios ultravioleta provenientes da luz solar e o oxigênio do ar, caracterizando-se como um poluente secundário. Esta “síntese artificial” do ozônio, figura 1, dá origem a um poluente extremamente tóxico e irritante das vias aéreas (ABRANTES, 2002).

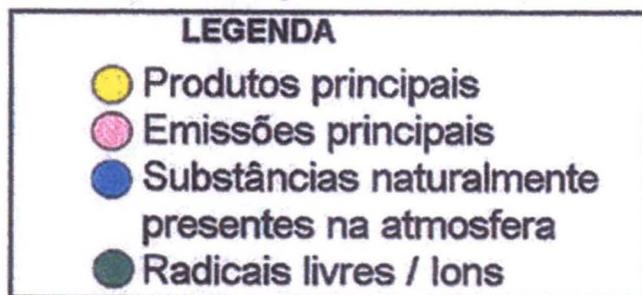
Atualmente, em vários centros urbanos de países desenvolvidos o problema de poluição atmosférica mais difundido e persistente é o do ozônio. As causas disto são o melhor controle da emissão de outras substâncias, como material particulado e monóxido de carbono e, conseqüentemente, a diminuição dos seus níveis na atmosfera, além do fato de não se ter controle na taxa de formação do ozônio devido à diversidade do número de fontes que emitem seus precursores, como os óxidos de nitrogênio emitidos por veículos automotores e indústrias e os hidrocarbonetos, provenientes dos motores automotivos, refinarias de petróleo, fábricas de produtos químicos, lavagens à seco, postos de

gasolina, pintura de edificações, serviços de impressão em geral etc (CORREIA, 2001).

Figura 1. Ciclo fotoquímico esquemático de síntese do ozônio.



Ciclo externo: produção/destruição de ozônio troposférico



1.4 Comportamento dos poluentes

O comportamento dos poluentes obedece a uma dinâmica uniforme, principalmente durante o inverno, quando as condições de dispersão dos poluentes são desfavoráveis. Os poluentes do final do dia anterior terminam por permanecer sem dispersão e vêm se juntar aos poluentes da manhã, agravando a poluição do dia seguinte (CETESB, 2002). Um aumento significativo das concentrações de ozônio é observado na primavera e no verão quando há uma elevação da insolação e as concentrações atingem os maiores índices registrados em toda a cidade de São Paulo (CETESB, 2002).

1.5. Efeitos dos poluentes atmosféricos sobre a saúde

Atualmente não há dúvidas sobre o fato de ser a poluição atmosférica uma das causas de diversos danos à saúde. O Comitê de Saúde Ocupacional e Ambiental da Assembléia da Sociedade Torácica Americana relatou os seguintes efeitos para os poluentes atmosféricos regulamentados (BASCOM et al., 1996):

Monóxido de carbono: redução da capacidade de transporte de oxigênio, redução da capacidade de discriminar intervalos de tempo, início de dor por “angina pectoris” em pacientes sob exercício físico, aumento do tempo de reação para estímulos visuais, dor de cabeça, fadiga, tontura, perda de coordenação motora, perda de consciência e morte, se a exposição for continuada; isquemia miocárdica, desenvolvimento de aterosclerose (BASCAM et al. 1996, ATS 2000).

Dióxido de Enxofre: irritação das vias respiratórias, produção de bronco constrição com conseqüente aumento da resistência ao fluxo de ar nos pulmões, agravamento de doenças respiratórias em crianças e adultos, aumento da resistência à passagem do ar nas vias respiratórias de asmáticos e de indivíduos sadios em exercício, bronco espasmo, diminuição da atividade muco ciliar, edema pulmonar e inflamação dos brônquios;

Dióxido de Nitrogênio: aumento da resistência à passagem do ar nas vias respiratórias, danos ao transporte normal de gases entre o sangue e os pulmões, bronquiolite, diminuição do sistema de defesa contra infecções pulmonares, aumentando a incidência de infecções virais, pneumonia, bronquite e desenvolvimento de enfisema;

Compostos Orgânicos Voláteis e Hidrocarbonetos: redução do número de células vermelhas do sangue, irritação nos olhos, vias respiratórias e mucosas em geral, edema pulmonar, inflamação e pneumonia;

Ozônio: aumento da resistência à passagem do ar, aumento da frequência respiratória, diminuição da capacidade vital, envelhecimento precoce, diminuição da capacidade de resistir às infecções respiratórias, aumento da incidência e severidade dos ataques de asma, agravamento de doenças cardíacas crônicas, bronquite, enfisema e irritação nos olhos;

Material Particulado: aumento da admissão hospitalar por problemas respiratórios, aumento da frequência e severidade das doenças respiratórias, aumento dos problemas respiratórios de pacientes portadores de bronquite e aumento da taxa de mortalidade normal.

1.5.1 Estudos de poluição atmosférica e saúde na cidade de São Paulo

Em São Paulo, os estudos de poluição atmosférica e saúde têm demonstrado a existência, na sociedade, de grupos mais susceptíveis aos efeitos nocivos da poluição; é o caso das crianças, idosos e dos portadores de doenças pulmonares obstrutivas crônicas.

Um estudo realizado por Braga e colaboradores (1999), utilizando dados de crianças com idade inferior a 13 anos, em 112 hospitais da rede pública de São Paulo, entre outubro de 1992 e outubro de 1993, acusou um

aumento de 12% nas internações por problemas respiratórios associados à média do PM_{10} durante o período de estudo.

Um estudo de Lin e colaboradores (1999) investigou a associação entre poluição e emergências pediátricas por problemas respiratórios, em menores de 13 anos, de maio de 1991 a abril de 1993, e encontrou um risco relativo de 1,045 para atendimentos emergenciais por todas as causas respiratórias; de 1,073 para doenças respiratórias de vias inferiores; de 1,046 para doenças respiratórias de vias aéreas superiores e de 1,027 para chiado a cada aumento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na concentração de 24 horas do PM_{10} . Para o ozônio os resultados foram de 1,015; 1,013; 1,015 e 1,004, respectivamente.

Outro estudo conduzido por Gouveia e Fletcher (2000) com o intuito de estudar a associação entre poluição do ar e mortalidade em São Paulo, utilizando dados de 1991 a 1993, encontrou, para cada aumento de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na concentração de 24 horas do PM_{10} , um aumento de 1,10% no total de mortes por todas as causas; 17% de aumento para mortes por doenças respiratórias em idosos; 3,30% de aumento de mortes em idosos para todas as causas e 6% de aumento para doenças cardiovasculares.

Saldiva et al (1994) realizaram estudo de série temporal para avaliar o efeito da poluição atmosférica sobre a mortalidade de crianças com idade inferior a 5 anos. Houve associação significativa com os óxidos de nitrogênio, com um risco de 1,30. Conceição et al. (2001) também,

estudando o impacto da poluição na mortalidade infantil por doenças respiratórias, encontraram um risco de 1,15 para o CO; de 1,13 para o SO₂ e de 1,07 para o PM₁₀.

Os estudos de poluição atmosférica e efeitos na saúde, realizados em São Paulo, estão de acordo com a literatura internacional. Eles mostram uma associação entre a poluição atmosférica e aumento da mortalidade, aumento do número de internações e aumento dos atendimentos de emergência por problemas respiratórios.

1.5.2 Estudos de poluição e atividade física

Vários estudos têm demonstrado prejuízos ao desempenho na atividade física das mais variadas ordens associados à exposição a diversos poluentes. Gibbons & Adams (1984), em estudo experimental realizado com 10 mulheres, treinadas em bicicleta ergométrica, que inalaram ar filtrado, depois ar com 0.15 ppm de O₃ e, finalmente, ar com 0.30 ppm de O₃, encontraram prejuízos significantes à capacidade vital forçada (CVF), ao volume expiratório forçado em 1 segundo (VEF₁) e para outras funções pulmonares para a inalação de ar com 0.30 ppm. Houve uma intensificação dos efeitos respiratórios com o aumento da temperatura ambiente para a inalação de ar com 0.30 ppm de O₃.

Um dos raros estudos feitos no Brasil (Oliveira, 2001), comparou o desempenho de bombeiros, em testes de esteira ergométrica, em duas cidades de São Paulo (Cubatão e Bertioga). Os bombeiros, moradores em Guarujá (SP), apresentaram reduções significantes no limiar anaeróbio, na frequência cardíaca e na porcentagem do limiar anaeróbio em relação ao consumo máximo de O_2 quando a avaliação foi realizada em Cubatão, SP.

Schelegle & Adams (1986) e Brunekreef et al. (1994) fizeram estudos simulando competições e constataram que, mesmo em níveis mais baixos de poluentes, como o ozônio e outros oxidantes fotoquímicos, a realização de exercícios, em níveis máximos, leva a uma diminuição estatisticamente significativa na duração do exercício.

O agravamento da poluição pelas condições desfavoráveis de dispersão de poluentes no inverno tem “perdido força” para os avanços tecnológicos obtidos principalmente pela indústria automobilística, com a redução significativa das emissões de poluentes por unidade de veículo automotor (ABRANTES, 2002). No entanto, o aumento da frota de veículos tem compensado estes avanços (CETESB, 2002) e um novo problema passa a ser alvo dos pesquisadores, o aumento da concentração de ozônio no ar atmosférico.

Considerando-se que, durante a respiração tranquila em repouso, a frequência respiratória pode ser, em média, de 12 incursões por minuto, enquanto o volume corrente alcança uma média de aproximadamente 0,5 a

1,0 litro de ar por incursão respiratória, nessas condições, o volume de ar respirado a cada minuto, ou "ventilação-minuto" (V_E) encontra-se no intervalo de 6 a 12 litros/minuto (McARDLE, 1992).

Aumentos significativos na ventilação-minuto resultam de um aumento quer na profundidade, quer na frequência da respiração ou em ambas. Durante o exercício extenuante, a frequência respiratória de adultos-jovens sadiós costuma aumentar para 35 a 45 incursões por minuto, porém são observadas, em atletas de elite, frequências respiratórias de até 60 a 70 incursões por minuto durante o exercício máximo.

Volumes correntes de 2 litros de ar por incursão, e até maiores, são comuns durante o exercício. Conseqüentemente, com aumentos na frequência respiratória e no volume corrente, a ventilação-minuto pode alcançar facilmente os 100 litros ou aproximadamente 17 vezes o valor em repouso (McARDLE, 1992).

1.6 O Parque do Ibirapuera

O Parque do Ibirapuera (Ybi-ra-ouêra), palavra tupi que significa pau podre, árvore velha ou apodrecida, possui uma área de 1,6 milhão de metros quadrados e tem uma frequência mensal estimada em 1,2 milhão de pessoas, aos fins de semana calcula-se que o parque receba cerca de 200

mil pessoas (SVMA, 2003). Localizado na cidade de São Paulo e tido como uma das principais áreas de lazer do município, tem apresentado índices de poluição atmosférica comparáveis aos do centro da cidade, para partículas inaláveis, partículas totais em suspensão, dióxidos, monóxidos e óxidos de nitrogênio e principalmente ozônio, poluente para o qual o parque registra as maiores concentrações da cidade (CETESB, 2002), conforme pode-se observar nos quadros 1 a 8, a seguir, que apresentam os níveis dos diversos poluentes, nos anos de 1997 a 2001:

Quadro 1. Evolução das concentrações anuais e número de ultrapassagens de SO₂ no parque do Ibirapuera, no período de 1997 a 2001.

Ano	N	Média Geométrica ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Máximas de 24 horas		Nº de ultrapassagens	
			1ª ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2ª ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PQAR	AT
1997	355	9	30	28	0	0
1998	352	8	31	29	0	0
1999	236	10	77	54	0	0
2000	349	9	33	32	0	0
2001	280	8	21	20	0	0

N – número de dias válidos

PQAR – Padrão Nacional de Qualidade do Ar

AT – Nível de Atenção

Quadro 2. Evolução das concentrações anuais e número de ultrapassagens de NO₂ no parque do Ibirapuera, no período de 1997 a 2001.

Ano	N	Média Aritmética ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Máximas de 1 hora		Nº de ultrapassagens	
			1ª ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2ª ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PQAR	AT
1997	362	50	487	477	2	0
1998	338	46	258	257	0	0
1999	256	45*	397*	333*	3	0
2000	339	41	295	261	0	0
2001	352	41	221	218	0	0

N – número de dias válidos

PQAR – Padrão Nacional de Qualidade do Ar

AT – Nível de Atenção

Quadro 3. Evolução das concentrações anuais e número de ultrapassagens de CO no parque do Ibirapuera, no período de 1997 a 2001.

Ano	N	Máximas de 8 horas		Nº de ultrapassagens	
		1ª (ppm)	2ª (ppm)	PQAR	AT
1997	360	13,2	12,1	6	0
1998	349	7,3	7,2	0	0
1999	340	9,6	7,7	1	0
2000	349	6,9	6	0	0
2001	362	9,7	9,4	2	0

N – número de dias válidos

PQAR – Padrão Nacional de Qualidade do Ar

AT – Nível de Atenção

Quadro 4. Evolução das concentrações anuais de NO no parque do Ibirapuera, no período de 1997 a 2001.

Ano	N	Média Aritmética ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Máximas de 1 hora	
			1ª ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2ª ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1997	362	29	909	896
1998	338	22	575	541
1999	259	25*	922*	772*
2000	339	21	595	564
2001	352	20	863	830

N – número de dias válidos

Quadro 5. Evolução das concentrações anuais de NOx no parque do Ibirapuera, no período de 1997 a 2001.

Ano	N	Média Aritmética (ppb)	Máximas de 1 hora	
			1ª (ppb)	2ª (ppb)
1997	362	50	838	831
1998	338	42	554	504
1999	259	45*	860*	727*
2000	339	39	539	503
2001	352	38	763	729

N – número de dias válidos

Quadro 6. Evolução das concentrações anuais e número de ultrapassagens do O₃ no parque do Ibirapuera, no período de 1997 a 2001.

Ano	N	Máximas de 1 hora		Nº de ultrapassagens	
		1ª (µg/m³)	2ª (µg/m³)	PQAR	AT
1997	362	403	330	54	22
1998	353	346	287	32	9
1999	335	322	318	51	18
2000	352	298	285	42	15
2001	361	350	337	50	19

N – número de dias válidos

PQAR – Padrão Nacional de Qualidade do Ar

AT – Nível de Atenção

Quadro 7. Evolução das concentrações anuais e número de ultrapassagens de PTS no parque do Ibirapuera, no período de 1997 a 2001.

Ano	N	Média Geométrica (µg/m³)	Máximas de 24 horas		Nº de ultrapassagens	
			1ª (µg/m³)	2ª (µg/m³)	PQAR	AT
1997	55	77	308	301	2	0
1998	55	65	171	150	0	0
1999	59	76	416	315	3	1
2000	56	67	211	184	0	0
2001	59	65	181	175	0	0

N – número de dias válidos

PQAR – Padrão Nacional de Qualidade do Ar

AT – Nível de Atenção

Quadro 8. Evolução das concentrações anuais e número de ultrapassagens de PM₁₀ no parque do Ibirapuera, no período de 1997 a 2001.

Ano	N	Média Aritmética (µg/m³)	Máximas de 24 horas		Nº de ultrapassagens	
			1ª (µg/m³)	2ª (µg/m³)	PQAR	AT
1997	363	60	260	211	8	1
1998	359	44	124	121	0	0
1999	292	43	128	124	0	0
2000	361	47	126	119	0	0
2001	351	41	141	108	0	0

N – número de dias válidos

PQAR – Padrão Nacional de Qualidade do Ar

AT – Nível de Atenção

Pode-se verificar, de acordo com os dados dos quadros 1 a 8, que houve uma diminuição na concentração da maioria dos poluentes com exceção do monóxido de carbono e do ozônio, que se mantêm altos. Este último, apresenta concentrações de quase duas vezes o seu limite ($160 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Os valores dos poluentes apresentados pela estação Ibirapuera, torna o Parque do Ibirapuera alvo de preocupação das autoridades de saúde pública, já que o local chega a receber um elevado número de pessoas por semana e uma boa parte desta população vai em busca de um espaço saudável para a prática de atividades físicas (SVMA, 2003).

Diante disso, pode-se suspeitar que a hiperventilação dos indivíduos não sedentários, durante a realização de atividades físicas moderadas, na faixa de exercício sub-máximo, em ambientes onde a poluição acusa índices elevados, principalmente com relação ao ozônio, cuja concentração no parque destoa dos outros poluentes (CETESB, 2001), pode estar causando algum prejuízo não só à função pulmonar (CORREIA, 2001) como nos benefícios advindos do exercício (OLIVEIRA, 2001), já que estes indivíduos estão inalando muito mais poluentes do que os indivíduos em repouso. E, além de tudo, considerando-se os efeitos sinérgicos, que aumentam a toxicidade dos poluentes individualmente, e os efeitos cumulativos dos

poluentes pode-se ter, a longo prazo, graves conseqüências (BASCUM et al., 1996).

Embora os estudos indiquem um prejuízo, ainda não se pode afirmar que, aos níveis de poluição registrados pela CETESB no parque do Ibirapuera, seria saudável ou não a prática de atividades físicas neste local.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Avaliar o(s) efeito(s) da poluição do ar sobre a frequência cardíaca, sobre a pressão arterial e sobre a função pulmonar de indivíduos adultos após a realização de atividade física aeróbia, no Parque do Ibirapuera, SP.

2.2. Objetivos Específicos

Os objetivos específicos são:

a) Verificar o(s) efeito(s) dos poluentes sobre a resposta do volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF_1), em uma sessão de exercício aeróbio moderado.

b) Correlacionar a resposta da frequência cardíaca e da pressão arterial sistólica e diastólica, em uma sessão de exercício aeróbio moderado com os diferentes poluentes, presentes no local, no momento da execução.

3. METODOLOGIA

O estudo proposto é observacional do tipo painel (coorte de curta duração).

3.1. Amostra

A população estudada constituiu-se de indivíduos saudáveis, adultos-jovens, não sedentários e não atletas, que fazem parte do programa "Saúde no Parque" promovido pelo Instituto do Coração (InCor) em parceria com a Prefeitura de São Paulo e a Fundação E. J. Zerbini. Este programa orienta os usuários nas suas práticas de atividade física. O protocolo de pesquisa foi aprovado pela Comissão CAPEPESQ do InCor-HCFMUSP e pela Comissão de Ética da FSP-USP. Para este estudo foram convidados a participar os indivíduos que compareciam regularmente para o treinamento no Parque do Ibirapuera, durante os meses de outubro a dezembro de 2002.

Foram convidados inicialmente 20 indivíduos. Todos receberam orientação sobre o estudo a ser realizado e, se de acordo, assinaram os dois termos de consentimento (anexos 1 e 2). Sua inclusão no estudo estava condicionada à aprovação do perfil determinada pelo questionário.

Como critérios de inclusão, encontram-se: indivíduos, com idade entre 20 e 45 anos, que realizavam atividade física de intensidade moderada e ininterrupta, acima de 30 minutos, de 2 a 3 vezes por semana, há pelo menos 3 meses, que aceitassem executar o exercício em percurso fixo (6000m) determinado pelo pesquisador, no horário da manhã, entre 6:30h e 11:30h, durante 3 meses, aproximadamente.

Neste estudo, seriam excluídos os indivíduos com problemas respiratórios obstrutivos e restritivos diagnosticados de acordo com o questionário ISAAC (anexo 3). Embora não fosse considerada como critério de exclusão, a exposição, ativa ou passiva, dos sujeitos à fumaça proveniente de cigarro no trabalho e em sua residência, que pudessem ser relevantes ao estudo, foi investigada. Os participantes foram submetidos a um questionário complementar (anexo 4) com o objetivo de situar os indivíduos no contexto da pesquisa e detectar possíveis variáveis de confusão ocupacionais e de exposição exagerada no local de moradia ou trabalho, além de conhecer possíveis predisposições hereditárias ou hipersensibilidades aos poluentes.

Foi elaborado um relatório diário onde foram anotados os dados dos participantes para controlar possíveis variáveis de confusão (anexo 5).

3.2. Local

O local escolhido para o estudo foi o Parque do Ibirapuera, onde pelo menos um dos poluentes medidos na estação local (estação número 5) excede os padrões estabelecidos pela Cetesb e onde um grande número de pessoas vai em busca de espaço para as suas atividades físicas e de lazer.

3.3. Protocolo de estudo

Durante um período de três meses, os sujeitos da pesquisa realizaram, de duas a três vezes na semana, uma sessão de exercícios, no horário entre às 6:30h e 11:30h, no Parque do Ibirapuera. Estas sessões constituíram-se de execução de corrida durante trinta minutos, em percurso fixo (medido em metros), previamente definido pelo pesquisador. Durante a corrida os participantes foram orientados para que a frequência cardíaca fosse mantida entre 60% e 80% da frequência cardíaca máxima prevista para a idade.

Em cada sessão, antes e após a realização do exercício, os sujeitos foram submetidos a uma prova de função pulmonar na qual se mediu o Volume Expiratório Forçado em 1 segundo que, a partir de agora será referido simplesmente como "VEF1", de cada participante. Também foram anotados os dados referentes ao tempo despendido no percurso daquela

sessão, pressão sistólica e diastólica, pré e pós exercício, e frequência cardíaca, também pré e pós exercício.

Além disso, foram obtidos junto ao Setor de Controle da Poluição Atmosférica da Cetesb, os dados diários referentes às concentrações dos poluentes, umidade do ar, temperatura, velocidade do vento e pressão atmosférica no local da estação Ibirapuera. Os poluentes medidos nesta estação são o dióxido de enxofre (SO_2), dióxido de nitrogênio (NO_2), monóxido de carbono (CO), monóxido de nitrogênio (NO), óxidos de nitrogênio (NO_x) ozônio O_3 e partículas inaláveis (PM_{10}).

3.4. Variáveis Analisadas

A pressão arterial de cada participante foi medida com esfigmomanômetro de coluna de mercúrio convencional, antes e após a atividade física.

Na avaliação do VEF_1 as medidas foram obtidas com um espirômetro portátil Vitatrace, antes e após uma sessão de atividade física aeróbia (corrida). Os procedimentos para esta avaliação foram os seguintes: o sujeito realizou uma inspiração profunda, seguida de uma expiração forçada no aparelho. Foram realizadas, no mínimo, três manobras e, no máximo,

cinco, sendo que o dado considerado para a análise foi a medida que apresentou a função pulmonar mais elevada (CORREIA, 2001; SBPT, 1996).

Cada participante informou sua altura e teve o seu peso medido para o cálculo do Índice de Massa Corpórea (IMC) – peso/altura^2 – com o objetivo de viabilizar o tratamento estatístico.

Na avaliação da distância percorrida, tornou-se necessário anotar o tempo de trabalho, pois os sujeitos percorrem a mesma distância todos os dias mas podem despende tempos diferentes. Os participantes, então, foram instruídos a relatarem o total em minutos do percurso realizado no dia da sessão em questão.

A medida da frequência cardíaca foi obtida pela palpação do pulso radial. Durante a realização da atividade física, cada participante foi instruído a controlar sua frequência cardíaca aos 15 (quinze) minutos pela palpação do pulso radial. Caso a frequência cardíaca estivesse abaixo da faixa preconizada, os sujeitos foram orientados a aumentar a velocidade da corrida e, caso ela estivesse acima, a diminuir a velocidade. Os valores da frequência cardíaca observados aos quinze minutos foram relatados pelos participantes.

3.5. Análise estatística

A resposta do VEF₁, da frequência cardíaca e da pressão arterial (sistólica e diastólica) em cada sessão de exercício foram avaliadas pelos valores registrados antes e após o exercício propriamente dito. Esta resposta foi comparada entre os dias “mais” e “menos poluídos”, sendo que serão considerados dias poluídos, os dias que apresentarem os índices de poluentes mais elevados no período, independentemente de atenderem ou não aos padrões definidos pela legislação do Estado (CETESB, 2001).

Foram realizadas análises descritivas ANOVA para medidas repetidas para avaliação das diferenças de medidas entre as variáveis no período estudado e correlação de Pearson para avaliar correlação linear entre poluentes e indicadores meteorológicos.

As variáveis estudadas, empregando dados de cada um dos indivíduos, foram submetidas a análise de regressão, separadamente para cada um dos poluentes pesquisados, controlando-se para idade, IMC, temperatura média e umidade relativa do ar média. A identificação dos poluentes em cada variável dependente foi realizada utilizando o modelo de equações estimadas generalizadas (GEE), por ser um método consistente para análises de medidas repetidas, com variáveis dependentes discretas ou contínuas, levando-se em consideração a não independência das respostas entre os indivíduos e que permite uma análise robusta, envolvendo diferentes variáveis com e sem distribuição não normal.

As análises de regressão foram realizadas com valores dos poluentes e dos indicadores meteorológicos do mesmo dia do exame, do dia anterior e das médias móveis de dois dias (média dos valores do dia com o dia anterior), três dias (média dos valores do dia e dos dois dias anteriores) e quatro dias (média dos valores do dia e dos três dias anteriores).

A média móvel de dois dias considera a média dos valores do dia da medida e do dia anterior à mesma; a média móvel de três dias considera a média da concentração do dia da medida e dos dois dias anteriores e assim sucessivamente.

A fórmula empregada para cada variável analisada foi:

$$\text{VEV} = \text{intercepto} + \beta_0 P + \beta_1 I + \beta_2 \text{IMC} + \beta_3 T + \beta_4 \text{UR}$$

Onde: VEV – valor estimado da variável, P – Poluente, I – idade, IMC – índice de massa corpórea, T – temperatura, UR – umidade relativa do ar

Foram utilizados os programas “SAS versão 8.02” e “Splus 2000 professional release 3”. O código do GEE utilizado para as análises no Splus foi: GEE versão 4.13 (1998).

4. RESULTADOS

4.1. Características dos participantes.

Somente foram excluídos do estudo os dados de indivíduos que não realizaram pelo menos 4 sessões de exercício nas quais se pudesse obter todos os dados.

O número final de participantes que completaram pelo menos 4 sessões de atividade física foi de 10, todos do sexo masculino. A idade variou de 22 a 49 anos com média de 36,60 anos e desvio padrão (DP) de 9,913; a altura variou de 1,70m a 1,90m com média de 1,79m (DP de 0,061), o peso variou de 67kg a 94,7kg com média de 80,47kg (DP de 9,264) . O índice de massa corpórea (IMC) variou de 21,14 a 28,40 com média de 25,03 (DP de 1,956). Estes resultados estão apresentados na tabela 3, bem como os resultados do volume expiratório forçado no 1º segundo (VEF_1) antes e após atividade física, da frequência cardíaca (FC) e das pressões arteriais sistólica (PAS) e diastólica (PAD) também antes e após exercício. Nos quadros 9 e 10 encontram-se os valores individuais dos participantes e as médias das variáveis estudadas.

Quadro 9: Valores antropométricos individuais dos participantes.

Participante	Idade (anos)	Peso (kg)	Altura (m)	IMC
1	45	83,0	1,83	24,78
2	29	84,1	1,85	24,57
3	31	87,2	1,82	26,33
4	35	89,0	1,77	28,41
5	22	67,0	1,78	21,15
6	43	75,0	1,73	25,06
7	49	69,0	1,70	23,88
8	46	94,7	1,90	26,23
9	23	71,7	1,74	23,68
10	43	84,0	1,79	26,22

Quadro 10: Médias individuais dos participantes para cada variável estudada.

Participante	VEF1		Freq. Cardíaca		PA Sistólica		PA Diastólica	
	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
1	4,34	4,47	65,56	137,13	129,50	151,75	79,75	71,25
2	4,28	4,33	64,00	157,60	113,00	149,00	78,00	60,00
3	4,48	4,53	81,33	160,83	135,60	164,00	85,20	73,20
4	4,35	4,47	60,00	158,40	124,50	158,00	78,50	68,40
5	4,03	4,13	64,44	159,56	117,78	146,29	78,22	75,57
6	4,67	4,75	88,00	166,67	114,67	124,00	83,33	71,33
7	2,77	2,90	65,33	153,33	126,67	150,00	83,00	76,67
8	4,92	4,98	50,00	134,00	130,00	155,00	89,00	85,00
9	3,85	3,83	52,00	168,00	115,00	130,00	75,00	60,00
10	4,40	4,40	74,00	144,00	133,00	164,00	83,00	90,00

Tabela 3. Distribuição das médias das variáveis dos participantes.

	N	Média	D. Padrão	Valor Mínimo	Valor Máximo
Idade	10	36,60	9,913	22,00	49,00
IMC	10	25,03	1,956	21,14	28,40
Altura	10	1,79	0,061	1,70	1,90
Peso	10	80,47	9,264	67,00	94,70
VEF 1 .A	48	4,23	0,464	2,75	4,95
VEF 1 D	48	4,32	0,464	2,85	5,10
FC A	46	67,17	12,503	48,00	102,00
FC D	44	153,68	14,997	120,00	180,00
PAS A	43	123,65	10,323	105,00	150,00
PAS D	40	150,47	17,506	110,00	190,00
PAD A	43	80,58	6,115	64,00	94,00
PAD D	40	74,02	11,66	40,00	100,00

A - antes do exercício

D - após exercício

4.2. Características dos Poluentes

As médias de 24 horas dos poluentes medidos na estação Ibirapuera durante o período de estudo, encontram-se na tabela 4. Nesta mesma tabela, encontram-se as médias de 24 horas da temperatura e umidade relativa do ar, no mesmo período, da estação Dom Pedro II da Cetesb. Utilizou-se os dados meteorológicos de outra estação, porque na estação Ibirapuera não houve medição destes parâmetros em um terço dos dias de estudo.

Tabela 4. Médias de 24 horas, no período estudado, dos poluentes, temperatura e umidade relativa do ar na estação Ibirapuera e Parque Dom Pedro II da Cetesb.

Poluente	N	Média	D. Padrão	Valor Mínimo	Valor Máximo
O ₃ (µg/m ³)	48	29,15	20,986	2,00	95,00
SO ₂ (µg/m ³)	47	9,21	7,163	1,00	30,00
NO ₂ (µg/m ³)	14	45,21	26,819	20,00	106,00
NO (µg/m ³)	14	27,86	25,872	2,00	80,00
NO _x (ppb)	14	46,79	34,508	12,00	122,00
PM ₁₀ (µg/m ³)	37	25,70	12,983	4,00	58,00
CO (ppm)	48	0,83	0,349	0,30	1,70
Temperatura (°C)*	47	20,88	3,394	13,00	25,80
Umidade (%)*	47	84,26	12,171	61,90	100,00

N - Número de dias válidos

* - Dados da estação Parque Dom Pedro II nos meses de outubro e novembro

As médias de 24 horas dos poluentes estiveram abaixo dos padrões estabelecidos pela resolução CONAMA, com exceção do PM₁₀ que

ultrapassou a média diária de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Para ilustrar melhor a variação diária dos poluentes, apresentam-se seus valores horários mínimos e máximos no período de estudo na tabela 5.

Tabela 5. Valores horários mínimos e máximos, no período estudado, dos poluentes na estação Ibirapuera da Cetesb.

Poluente	Valor horário mínimo	Valor horário máximo	Padrão Primário
O ₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0,0	334,0	160
SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0,0	72,0	365
NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0,0	159,0	320
NO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0,0	310,0	–
NO _x (ppb)	0,0	316,0	–
PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1,0	189,0	150
CO (ppm)	0,1	4,5	35

O comportamento dos poluentes, da temperatura e da umidade do ar, durante as 24 horas de um dia, podem ser observados nos gráficos 1 a 6. Nota-se que as concentrações de NO, NO₂ e NO_x elevam-se no horário em que o estudo foi desenvolvido (entre 6:30h e 11:30h). Para estes gráficos foi escolhido o dia 5 de outubro, com exceção do poluente SO₂, cujo dia utilizado foi 14 de novembro, já que não houve medição nos primeiros 21 dias de outubro. Como se pode observar no gráfico 6, os derivados de NO desenham uma curva contrária à do O₃.

Gráfico 1. Variação da temperatura, em graus Celsius, durante as 24 horas do dia 5 de outubro de 2002, na estação Ibirapuera da Cetesb.

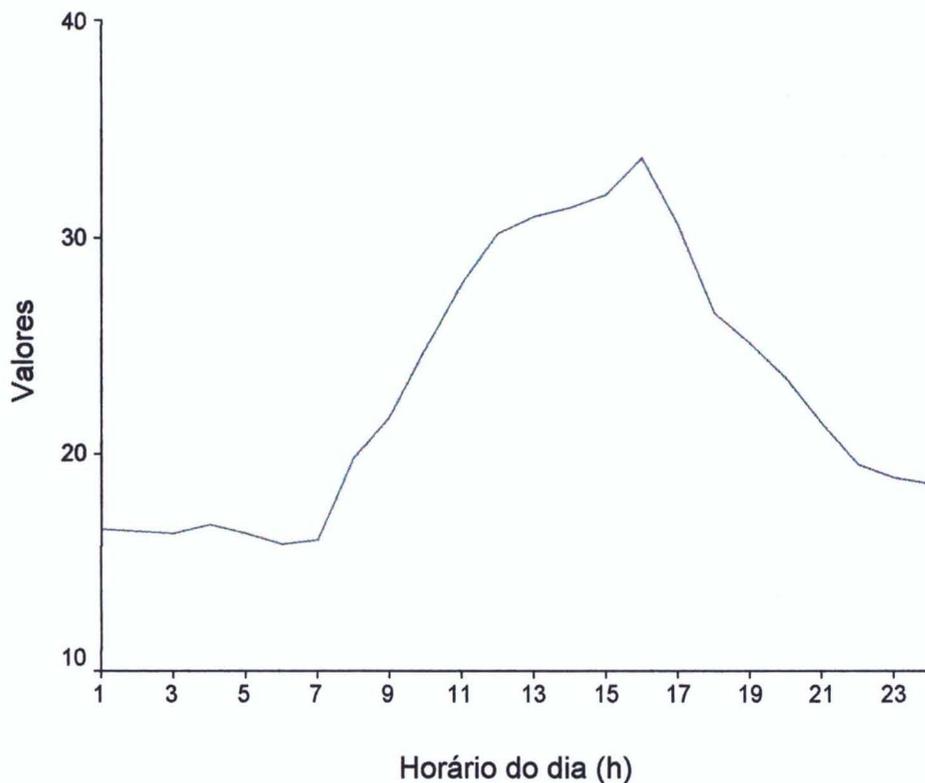


Gráfico 2. Variação da umidade do ar, em porcentagem, durante as 24 horas do dia 5 de outubro de 2002, na estação Ibirapuera da Cetesb.

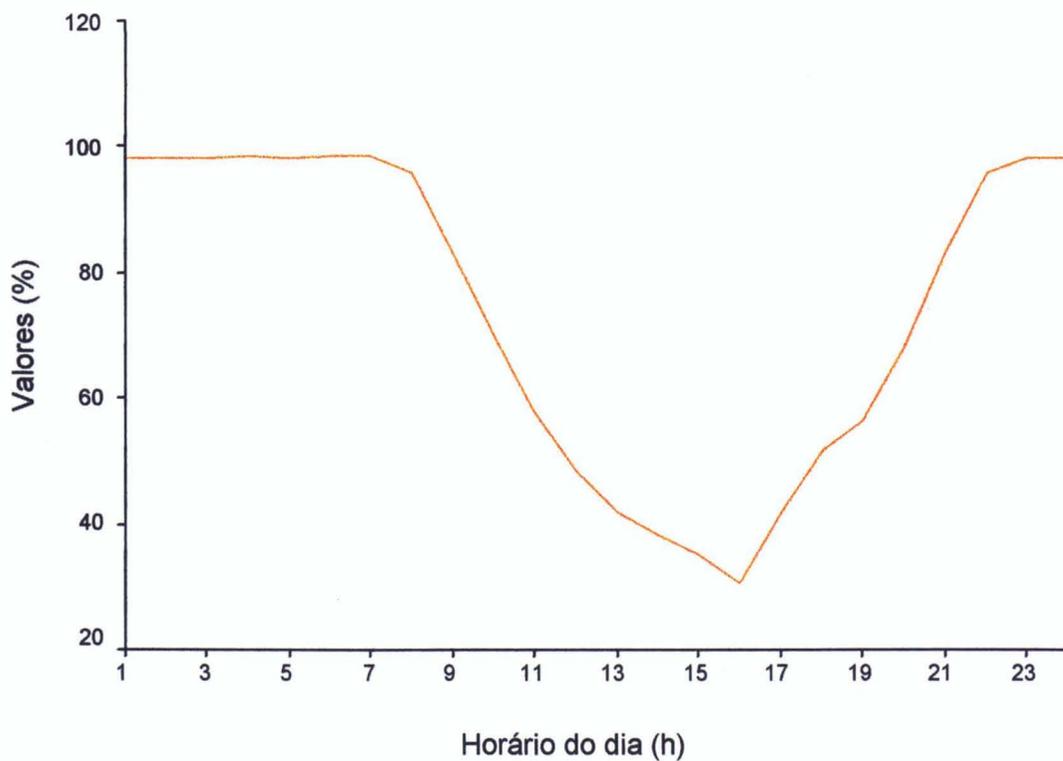
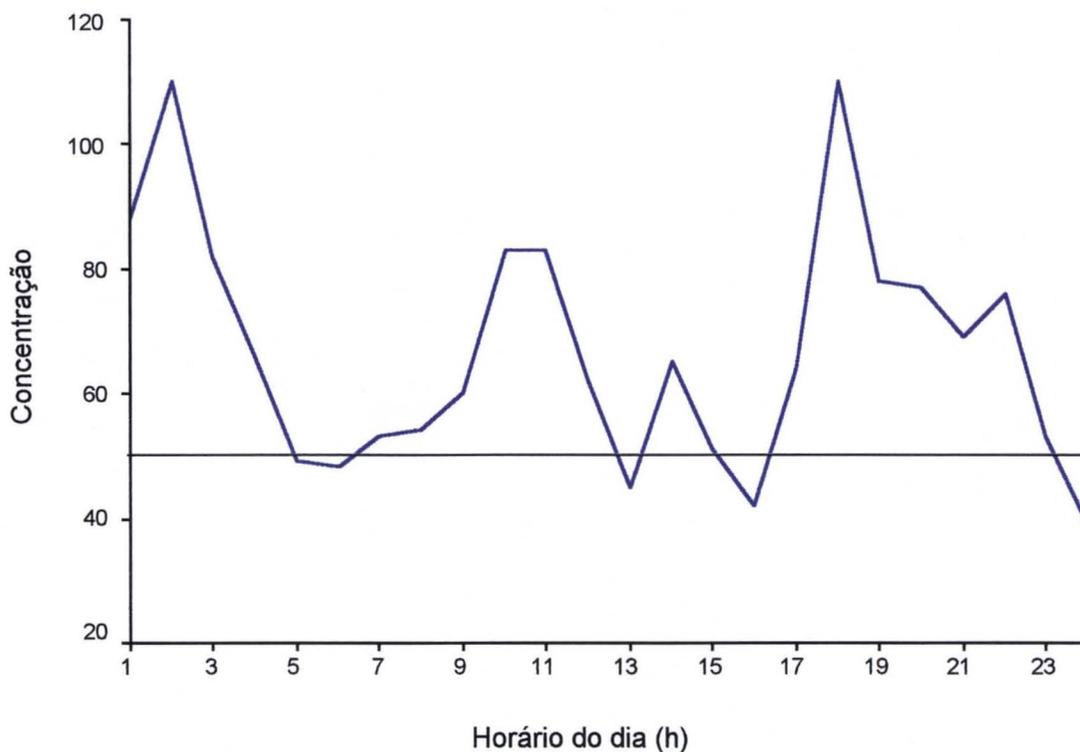


Gráfico 3. Variação da concentração do PM_{10} , em $\mu g/m^3$, durante as 24 horas do dia 5 de outubro de 2002 na estação Ibirapuera da Cetesb.



Obs.: Linha horizontal - padrão para a média aritmética anual do PM_{10} ($50 \mu g/m^3$).

Gráfico 4. Variação da concentração do CO, em ppm, durante as 24 horas do dia 5 de outubro de 2002 na estação Ibirapuera da Cetesb.

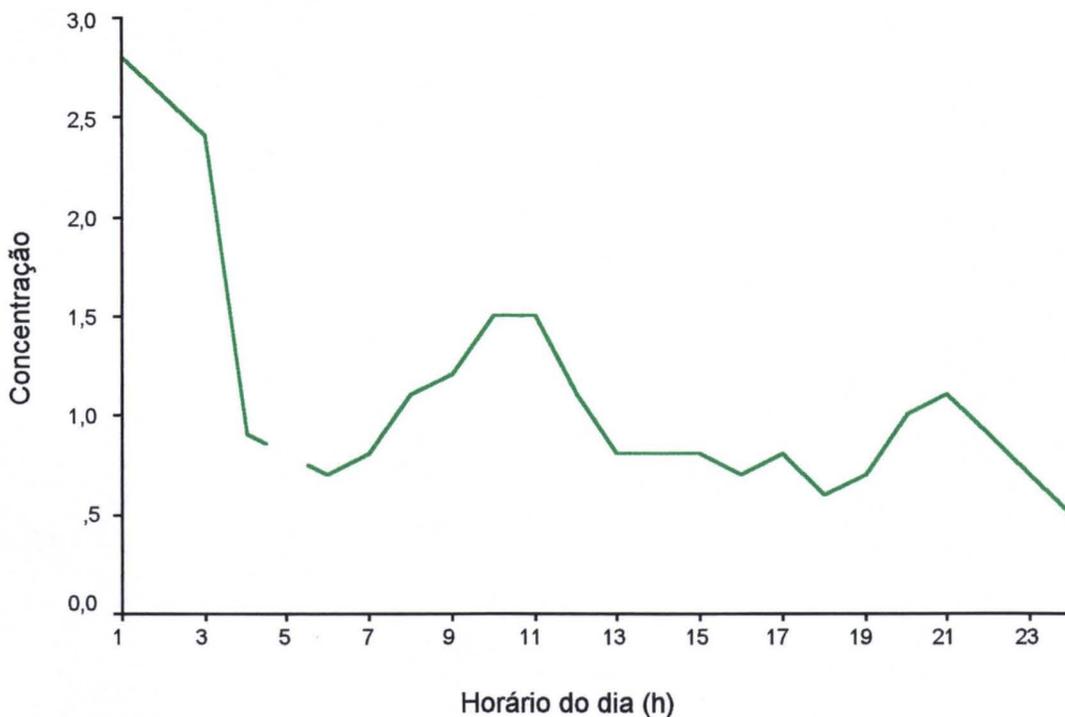


Gráfico 5. Variação da concentração do SO_2 , em $\mu\text{g}/\text{m}^3$, durante as 24 horas do dia 14 de novembro de 2002 na estação Ibirapuera da Cetesb.

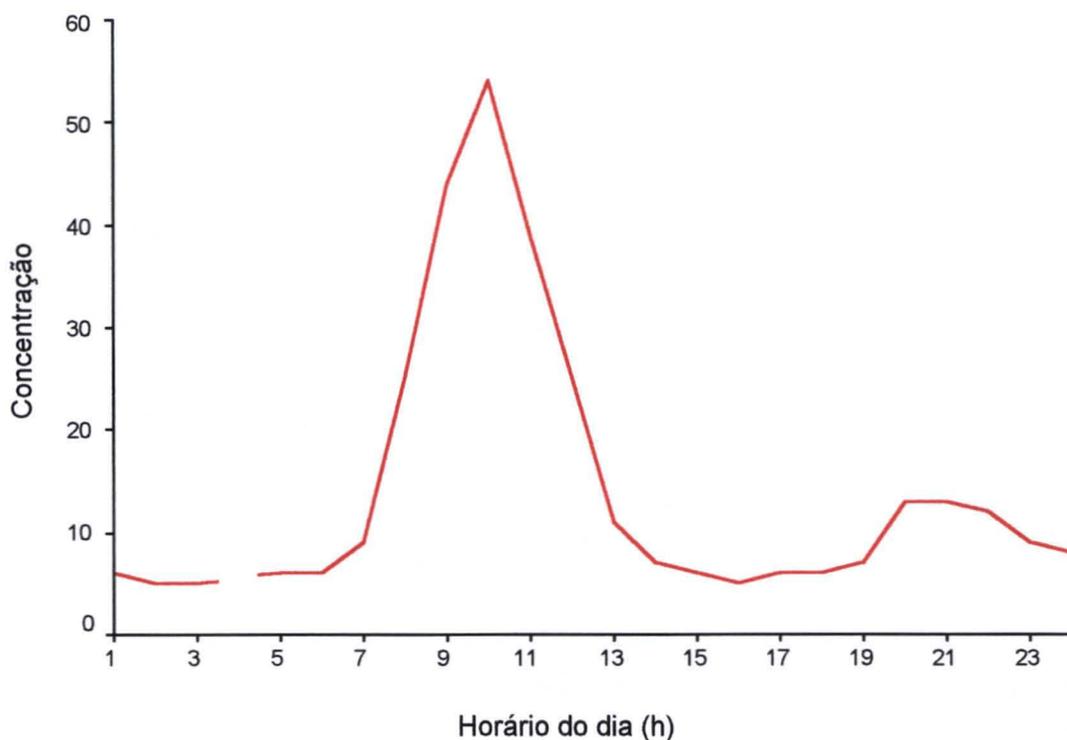
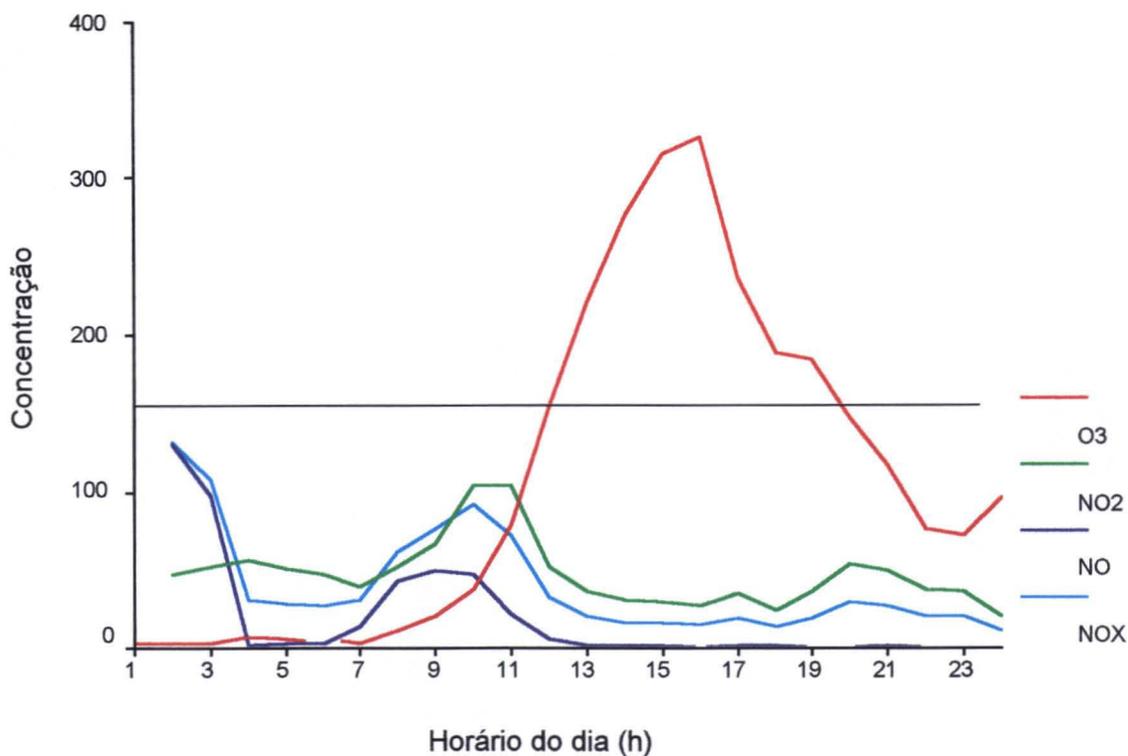


Gráfico 6. Variação das concentrações do NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), NO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), NO_x (ppb) e O_3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) durante as 24 horas do dia 5 de outubro de 2002 na estação Ibirapuera da Cetesb.



Obs.: Linha horizontal - padrão para a média de 1 hora do O_3 ($160 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Nas tabelas 6 a 8, encontram-se os resultados da correlação de Pearson entre os poluentes e as variáveis meteorológicas, entre as variáveis estudadas e entre estas variáveis e os poluentes. Observa-se uma forte correlação entre o monóxido de carbono e o NO, NO₂ e NO_x. Nota-se também uma forte correlação entre os óxidos de nitrogênio. É importante notar ainda que existe uma correlação negativa entre o NO, NO₂, NO_x e o O₃ motivada pela dependência dos derivados de NO para a síntese do O₃.

Tabela 6. Correlação entre os poluentes, temperatura e umidade relativa do ar no período de estudo, estação Ibirapuera da Cetesb.

	CO	O ₃	SO ₂	NO ₂	NO	NO _x	PM ₁₀	Temp.
O ₃	-0.12							
SO ₂	0.38	0.04						
NO ₂	0.91	-0.40	0.33					
NO	0.88	-0.69	0.09	0.88				
Nox	0.92	-0.60	0.19	0.95	0.98			
PM ₁₀	0.52	-0.20	0.49	0.04	-0.05	-0.01		
Temp.	0.67	0.27	0.34	0.67	0.44	0.55	0.46	
Umidade	-0.27	-0.54	-0.40	-0.20	0.25	0.08	-0.14	-0.46

Vermelho: correlação significativa (0,05)

Tabela 7. Correlação entre VEF1, Frequência Cardíaca, Pressão Arterial Sistólica e Pressão Arterial Diastólica, antes e depois da prática de atividade física

Variável	VEF1		Freq. Cardíaca		PA Sistólica		PA Diastólica	
	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
VEF1 D	0,97							
FC A	0,19	0,20						
FC D	-0,10	-0,07	0,33					
PA S A	0,13	0,11	0,06	-0,31				
PA S D	-0,01	0,00	-0,17	-0,07	0,25			
PA D A	0,12	0,11	0,12	-0,06	0,44	0,12		
PA D D	-0,02	-0,02	0,02	-0,23	0,34	-0,19	0,43	

Vermelho: correlação significativa (0,05)

Tabela 8. Correlação entre os poluentes, temperatura e umidade do ar e VEF1, Frequência Cardíaca, Pressão Arterial Sistólica, Pressão Arterial Diastólica, antes e depois da prática de atividade física.

Poluente	VEF1		Freq. Cardíaca		PA Sistólica		PA Diastólica	
	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
O ₃	0,03	0,09	-0,08	-0,03	-0,06	-0,01	-0,39	-0,18
SO ₂	-0,09	-0,10	0,01	-0,24	0,19	-0,09	-0,14	-0,13
NO ₂	0,08	-0,13	0,25	-0,09	0,09	-0,21	0,05	0,15
NO	0,21	-0,01	0,51	0,09	0,05	-0,24	0,31	0,19
Nox	0,16	-0,06	0,42	0,02	0,06	-0,23	0,22	0,18
PM ₁₀	0,06	0,05	0,21	-0,16	0,27	-0,06	0,04	0,00
CO	0,05	0,08	0,18	-0,04	0,01	-0,18	0,11	0,09
Temper.	0,25	0,30	0,16	-0,05	0,07	-0,04	-0,11	0,01
Umidade	-0,03	-0,06	-0,02	0,11	0,04	0,08	0,32	0,31

Vermelho: correlação significativa (0,05)

Os resultados das regressões (GEE) entre os poluentes e as variáveis estudadas encontram-se nas tabelas 9 a 12. Para cada variável, apresentam-se os resultados considerando a média do poluente no mesmo dia e as médias defasadas (*lag*) de 1 a 4 dias. Para uma melhor visualização, apresentam-se a seguir os gráficos 7 a 10 referentes a variação percentual das médias das variáveis estudadas para a exposição no mesmo dia. Optou-se por apresentar os dados em variação percentual da média de cada variável no lugar do coeficiente obtido (que indicaria uma variação para cada aumento de 1 unidade no poluente) para facilitar a interpretação. A variação percentual foi calculada para um aumento de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ em cada poluente, com exceção do CO para o qual o aumento considerado foi de 1 ppm.

Tabela 9. Coeficiente da regressão e erro padrão (EP) do VEF₁ antes e após atividade física para a concentração média dos poluentes no mesmo dia e lags de 1 a 4 dias.

POLUENTE		VEF1 ANTES		VEF 1 APÓS	
		Coefficiente	EP	Coefficiente	EP
CO	Lag 0	-0,07456	0,0648	-0,08911	0,0804
	Lag 1	-0,04142	0,0677	-0,04873	0,0837
	Lag 2	-0,06681	0,0684	-0,02478	0,0868
	Lag 3	-0,14200	0,0605	-0,13862	0,0754
	Lag 4	0,01713	0,0621	-0,07802	0,0732
NO ₂	Lag 0	0,00835	0,0033	0,00181	0,0047
	Lag 1	0,00214	0,0028	-0,00262	0,0020
	Lag 2	-0,00334	0,0021	-0,00120	0,0006
	Lag 3	0,00279	0,0018	0,00298	0,0023
	Lag 4	0,00544	0,0019	0,00665	0,0010
Nox	Lag 0	0,00283	0,0021	-0,00030	0,0028
	Lag 1	0,00120	0,0021	-0,00310	0,0010
	Lag 2	-0,00250	0,0015	-0,00090	0,0004
	Lag 3	0,00225	0,0013	0,00243	0,0017
	Lag 4	0,00425	0,0015	0,00517	0,0009
NO	Lag 0	0,00254	0,0023	-0,00832	0,0009
	Lag 1	0,00124	0,0027	-0,00390	0,0007
	Lag 2	-0,00337	0,0021	-0,00131	0,0005
	Lag 3	0,00324	0,0018	0,00353	0,0023
	Lag 4	0,00574	0,0023	0,00758	0,0025
O ₃	Lag 0	0,00302	0,0011	0,00293	0,0014
	Lag 1	0,00158	0,0009	-0,00030	0,0011
	Lag 2	0,00267	0,0007	0,00247	0,0010
	Lag 3	0,00194	0,0011	0,00013	0,0014
	Lag 4	0,00134	0,0009	0,00025	0,0012
PM ₁₀	Lag 0	0,00023	0,0013	-0,00292	0,0024
	Lag 1	-0,00082	0,0011	0,00110	0,0021
	Lag 2	-0,00076	0,0012	-0,00151	0,0022
	Lag 3	-0,00092	0,0012	-0,00277	0,0022
	Lag 4	0,00124	0,0011	-0,00133	0,0026
SO ₂	Lag 0	0,00519	0,0025	0,00072	0,0033
	Lag 1	0,00466	0,0026	0,00242	0,0034
	Lag 2	0,00236	0,0027	-0,00130	0,0033
	Lag 3	0,00337	0,0024	0,00028	0,0031
	Lag 4	0,00132	0,0027	-0,00160	0,0032

Tabela 10. Coeficiente da regressão e erro padrão (EP) da frequência cardíaca antes e após atividade física para a concentração média dos poluentes no mesmo dia e lags de 1 a 4 dias.

POLUENTE		FC ANTES		FC APÓS	
		Coeficiente	EP	Coeficiente	EP
CO	Lag 0	-0,91624	5,1389	1,33742	7,5287
	Lag 1	-5,93318	5,0021	-4,24144	7,2664
	Lag 2	7,63597	4,8524	-11,82330	8,6250
	Lag 3	7,93033	4,7918	11,31130	8,6292
	Lag 4	0,75894	4,7281	-6,06732	7,5294
NO ₂	Lag 0	0,20394	0,4360	0,68216	0,4765
	Lag 1	-0,18449	0,2426	-0,14119	0,1582
	Lag 2	0,19748	0,1829	-0,58483	8,3963
	Lag 3	0,33719	0,1016	0,46180	0,0642
	Lag 4	0,50575	0,1968	0,59562	0,0887
Nox	Lag 0	0,25949	0,1848	0,36748	0,1595
	Lag 1	-0,02870	0,1890	-0,11920	0,0948
	Lag 2	0,17896	0,1296	-0,35640	0,3101
	Lag 3	0,26319	0,0744	0,35433	0,0384
	Lag 4	0,42291	0,0765	0,46171	0,0809
NO	Lag 0	0,32133	0,1845	0,40157	0,1567
	Lag 1	0,03795	0,2467	-0,17479	0,1030
	Lag 2	0,26324	0,1698	-0,10899	0,4639
	Lag 3	0,35142	0,1106	0,49493	0,0438
	Lag 4	0,58972	0,0301	0,62687	0,1869
O ₃	Lag 0	-0,00740	0,0918	0,01310	0,1323
	Lag 1	0,01896	0,0731	0,05579	0,1128
	Lag 2	0,02522	0,0663	-0,15710	0,1007
	Lag 3	-0,02880	0,0837	-0,05700	0,1268
	Lag 4	0,05098	0,0731	0,08072	0,1140
PM ₁₀	Lag 0	-0,02223	0,1555	-0,31554	0,2394
	Lag 1	0,17016	0,1392	-0,15571	0,2636
	Lag 2	0,17016	0,1543	0,16455	0,2664
	Lag 3	0,14039	0,1526	-0,05128	0,2804
	Lag 4	0,25109	0,1926	-0,18845	0,3139
SO ₂	Lag 0	-0,13520	0,2085	-0,33790	0,3039
	Lag 1	-0,05070	0,2030	0,11653	0,3177
	Lag 2	0,09639	0,2052	-0,14450	0,3300
	Lag 3	0,34363	0,1844	0,02087	0,3112
	Lag 4	-0,00630	0,2125	0,39581	0,3298

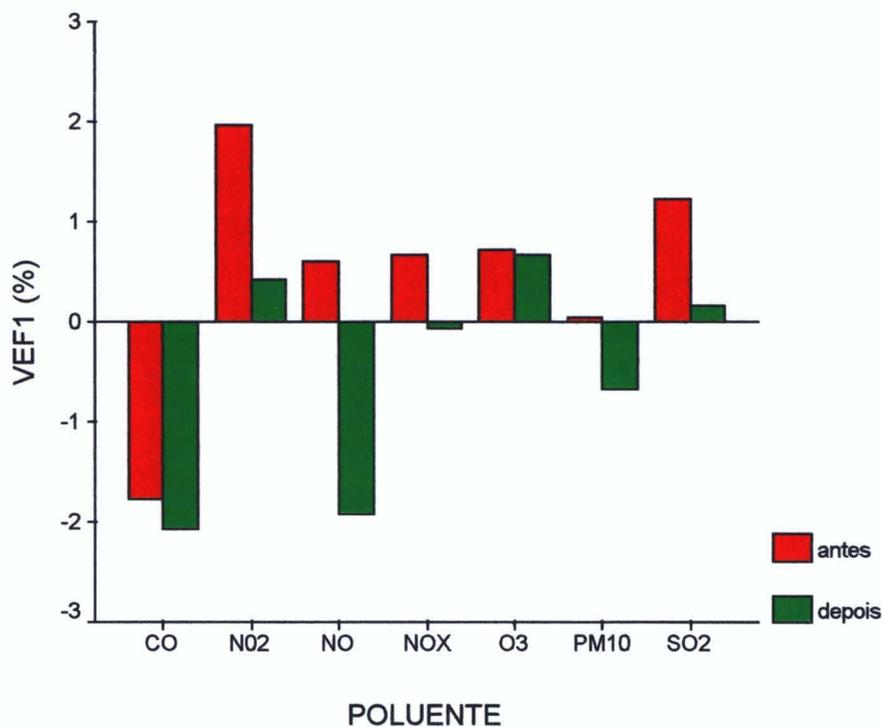
Tabela 11. Coeficiente da regressão e erro padrão (EP) da pressão arterial sistólica antes e após atividade física para a concentração média dos poluentes no mesmo dia e lags de 1 a 4 dias.

POLUENTE		PA S ANTES		PA S APÓS	
		Coeficiente	EP	Coeficiente	EP
CO	Lag 0	-2,81863	4,7008	-4,12503	10,0245
	Lag 1	-1,57215	4,7744	-9,65775	9,2673
	Lag 2	-9,41578	4,8466	-8,26947	11,7880
	Lag 3	-2,03503	4,7121	-10,09950	10,9168
	Lag 4	2,68244	4,3794	-13,53130	9,1010
NO ₂	Lag 0	0,86827	0,0007	-0,63314	0,0017
	Lag 1	4,90093	0,2793	-0,54449	0,0716
	Lag 2	-0,30744	0,0869	-0,23053	0,3246
	Lag 3	-0,27738	0,0925	-0,37715	0,0916
	Lag 4	0,23820	0,1874	-0,36057	0,2610
Nox	Lag 0	0,03420	0,3455	-0,46600	0,0006
	Lag 1	-0,10640	0,2107	-0,40880	0,0410
	Lag 2	-0,25970	0,0762	-0,23700	0,1945
	Lag 3	-0,22140	0,0707	-0,28270	0,0785
	Lag 4	-0,15400	0,1867	-0,30330	0,1879
NO	Lag 0	-0,10466	0,3615	-0,62135	0,0004
	Lag 1	-0,17204	0,2774	-0,55494	0,0469
	Lag 2	-0,40319	0,1011	-0,34463	0,2136
	Lag 3	-0,31594	0,0983	-0,38757	0,1192
	Lag 4	-0,18401	0,2874	-0,42438	0,2591
O ₃	Lag 0	-0,02650	0,0901	-0,01290	0,1745
	Lag 1	0,11583	0,0765	0,22546	0,1743
	Lag 2	0,13680	0,0620	0,02306	0,1532
	Lag 3	0,17915	0,0830	0,07151	0,1540
	Lag 4	-0,01900	0,0753	0,20807	0,1353
PM ₁₀	Lag 0	0,32486	0,1167	-0,17468	0,2625
	Lag 1	0,12902	0,1152	-0,35698	0,2773
	Lag 2	-0,00496	0,1269	-0,12339	0,2745
	Lag 3	0,20037	0,1228	0,35500	0,2798
	Lag 4	0,22923	0,1422	-0,37010	0,3472
SO ₂	Lag 0	0,27417	0,1976	-0,19200	0,3991
	Lag 1	0,38911	0,1900	-0,18130	0,4173
	Lag 2	0,09014	0,1992	-0,00310	0,4213
	Lag 3	0,27550	0,1738	-0,18030	0,3892
	Lag 4	0,21287	0,1889	-0,19780	0,4375

Tabela 12. Coeficiente da regressão e erro padrão (EP) da pressão arterial diastólica antes e após atividade física para a concentração média dos poluentes no mesmo dia e lags de 1 a 4 dias.

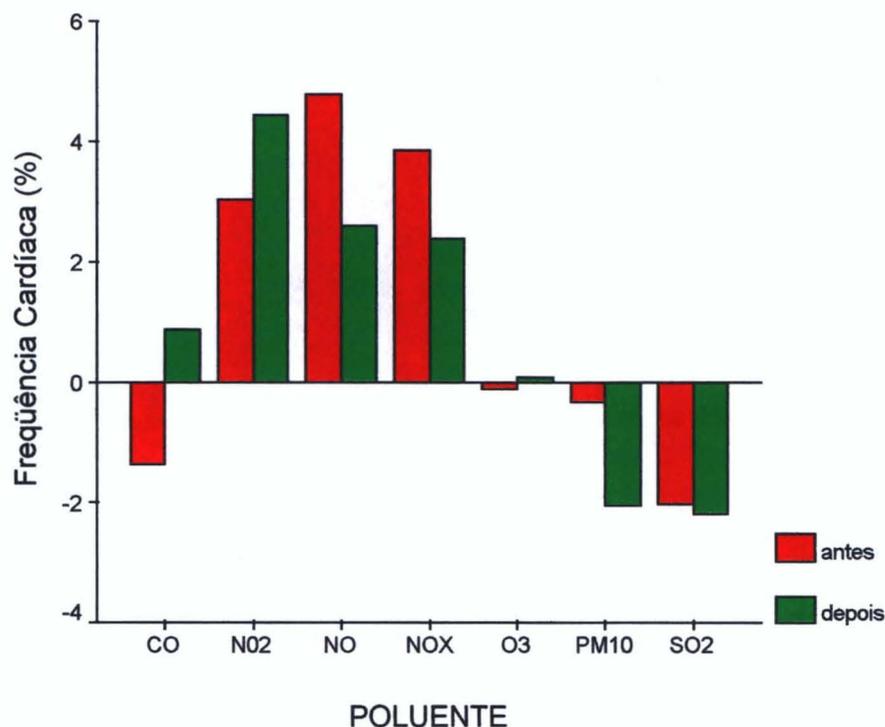
POLUENTE		PA D ANTES		PA D APÓS	
		Coeficiente	EP	Coeficiente	EP
CO	Lag 0	3,93482	3,1096	7,62627	8,8463
	Lag 1	3,74972	2,9366	8,80626	7,5324
	Lag 2	-2,38496	3,3841	8,78746	10,1341
	Lag 3	2,82234	3,2011	0,25593	9,6276
	Lag 4	1,54128	3,0410	4,95984	4,8701
NO ₂	Lag 0	-0,79596	0,0014	0,90391	0,7025
	Lag 1	0,11189	0,1977	0,26508	0,0756
	Lag 2	0,00364	0,1628	0,03199	0,4058
	Lag 3	-0,26377	0,1177	0,15856	0,5051
	Lag 4	-6,95544	0,0856	-0,26940	0,1890
Nox	Lag 0	1,50352	0,1546	0,40264	0,3428
	Lag 1	0,10774	0,1407	0,19321	0,0604
	Lag 2	-0,00650	0,1212	-0,03270	0,2777
	Lag 3	-0,20840	0,0939	0,09452	0,3883
	Lag 4	-4,15760	0,0719	-0,19840	0,1559
NO	Lag 0	0,19096	0,1491	0,35923	0,3691
	Lag 1	0,16299	0,1832	0,25064	0,0955
	Lag 2	-0,01842	0,1606	-0,07890	0,3416
	Lag 3	-0,29534	0,1342	0,10251	0,5435
	Lag 4	-0,04898	0,1024	-0,25351	0,2300
O ₃	Lag 0	-0,13570	0,0545	0,14628	0,1420
	Lag 1	0,03186	0,0552	0,10729	0,1570
	Lag 2	0,03189	0,0448	0,05983	0,1332
	Lag 3	0,00082	0,0575	0,23661	0,1305
	Lag 4	0,02743	0,0521	0,01283	0,0751
PM ₁₀	Lag 0	0,03032	0,0770	0,05627	0,1717
	Lag 1	0,05612	0,0745	0,32637	0,1723
	Lag 2	0,06487	0,0743	0,06825	0,1867
	Lag 3	0,01579	0,0773	0,27692	0,1946
	Lag 4	0,01728	0,0953	0,41909	0,2002
SO ₂	Lag 0	-0,14700	0,1370	-0,35300	0,3568
	Lag 1	-0,01060	0,1376	0,24081	0,3746
	Lag 2	-0,22800	0,1297	0,05334	0,3711
	Lag 3	-0,05840	0,1271	-0,11560	0,2072
	Lag 4	0,06229	0,1352	0,29068	0,2343

Gráfico 7. Representação gráfica da variação percentual das médias do VEF₁ para a concentração média do mesmo dia de cada poluente.



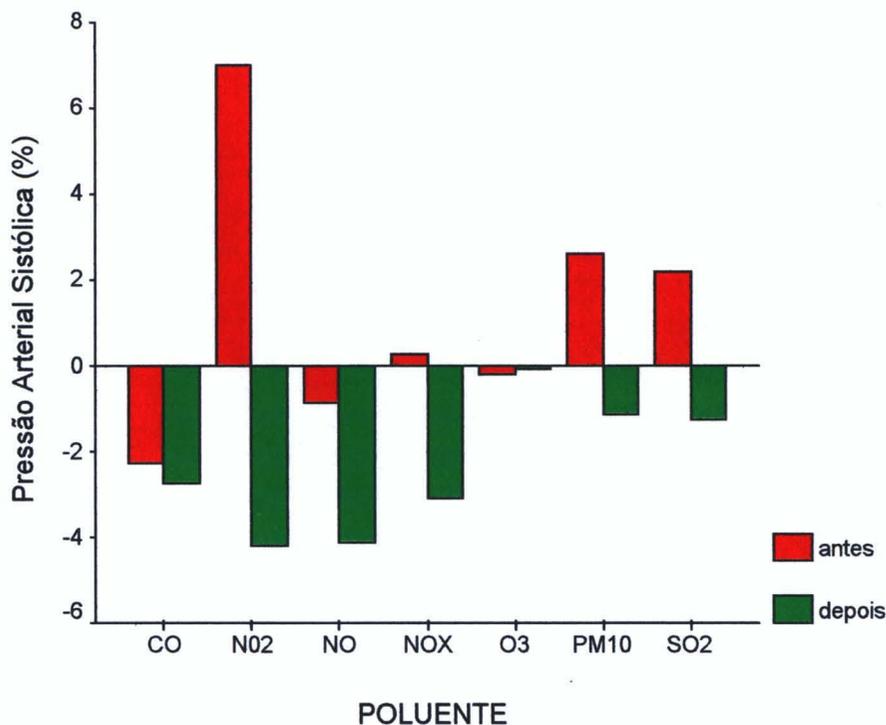
Constata-se, no gráfico 7, que o VEF₁ apresenta uma queda após exercício associada à todos os poluentes. Para o CO, a queda já ocorreu no repouso e foi acentuada após o exercício em 0,3%, sendo que no total a queda foi de 2,06%. Para os outros poluentes não houve queda inicial, mas a amplitude da queda entre os valores pré e pós exercício foi de 1,55% para o NO₂, de 2,53% para o NO, de 0,74% para o NO_x, de 0,73% para o PM₁₀, de 1,06% para o SO₂ e de 0,03% para o O₃.

Gráfico 8. Representação gráfica da variação percentual das médias da frequência cardíaca para a concentração média do mesmo dia de cada poluente.



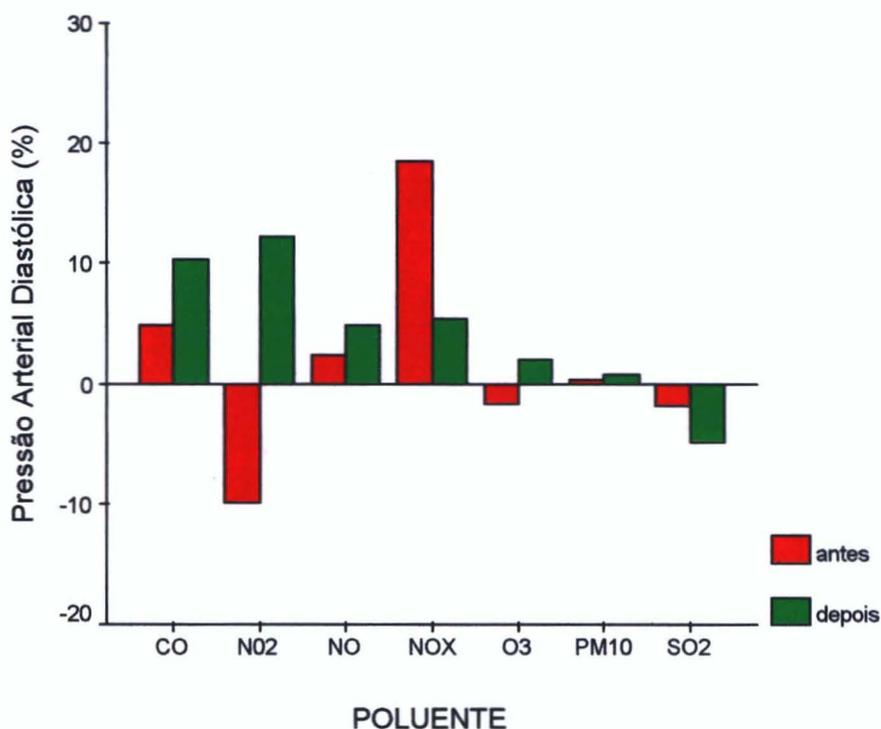
No gráfico 8, nota-se que a frequência cardíaca não respondeu da mesma maneira para todos os poluentes. A diferença entre a FC inicial e a FC após exercício ocorreu de maneira mais acentuada para o CO (2,24%), seguida do NO₂ (1,39%), sendo que para este último, ela já se apresentava aumentada no início do exercício. O NO₂ também foi o poluente responsável pela maior amplitude na elevação da FC, contribuindo com 4,8%. A contribuição do O₃ para a elevação da FC foi pequena (0,2%). Os poluentes NO e NO_x apresentaram um efeito pós exercício menor do que seu efeito na FC em repouso. A amplitude da FC foi semelhante para o PM₁₀ e o SO₂ após exercício, 2,05% e 2,02% respectivamente e a diferença entre os efeitos pré e pós exercício foi de 1,72% e 0,17%.

Gráfico 9. Representação gráfica da variação percentual das médias da pressão arterial sistólica para a concentração média do mesmo dia de cada poluente.



No gráfico 9, observa-se que há uma queda da pressão arterial sistólica após exercício para todos os poluentes. Contudo, para o CO, o NO e o O₃, já ocorre a queda antes do exercício (2,27%, 0,84% e 0,21% respectivamente). Os outros poluentes exercem efeito oposto, ou seja, aumento da PAS antes do exercício. Os percentuais de 11,19%, 3,37%, 3,78% e 3,48% referem-se à diferença entre a média da PAS antes e após exercício para os poluentes NO₂, NO_X, PM₁₀ e SO₂ respectivamente. A amplitude para os mesmos poluentes após exercício foi de 4,19%, 3,09%, 1,16% e 1,27%.

Gráfico 10. Representação gráfica da variação percentual das médias da pressão arterial diastólica para a concentração média do mesmo dia de cada poluente.



Verifica-se, no gráfico 10, que houve um aumento na média da pressão arterial diastólica após exercício associada à maioria dos poluentes com exceção do SO₂, que esteve associado a uma queda de 4,77%. A PAD antes do exercício apresentou queda associada ao NO₂ (9,83%), O₃ (1,68%) e SO₂ (1,81%). A diferença entre as médias da PAD antes e após exercício comportaram-se de 2 maneiras: os poluentes CO, NO₂, NO, O₃ e PM₁₀ apresentaram um aumento das médias após o exercício em relação as médias pré exercício, esta diferença foi de 5,45%, 22,05%, 2,49%, 3,66% e 0,39% respectivamente; já o poluente NO_x apresentou uma ligeira queda (5,44%) nos valores pós exercício mas ainda assim se mantiveram elevados.

5. DISCUSSÃO

O objetivo deste estudo foi determinar o(s) efeito(s) agudo(s) da poluição atmosférica sobre o sistema respiratório e cardiovascular de indivíduos não sedentários e não atletas, que realizavam atividade física aeróbia no Parque do Ibirapuera.

A hipótese era de que a exposição aos poluentes registrados no Parque do Ibirapuera pudesse acarretar prejuízos tanto à função pulmonar, quanto ao trabalho cardiovascular dos indivíduos que realizassem exercícios aeróbios no local.

Os resultados demonstraram haver alterações estatisticamente significativas na função pulmonar, na pressão arterial diastólica, na pressão arterial sistólica e na frequência cardíaca associadas aos dióxidos de nitrogênio (NO_2), monóxidos de nitrogênio (NO) e óxidos de nitrogênio em geral (NO_x) e o monóxido de carbono (CO). Em geral, os efeitos foram nocivos aos participantes. Observa-se que os efeitos deletérios devem-se muito mais aos derivados do NO , do que ao O_3 . Isto acontece porque os derivados do NO são precursores do O_3 , como pode ser observado na figura 1 do ciclo do O_3 em relação aos derivados do NO .

O grupo de participantes constituiu-se de adultos jovens do sexo masculino; as poucas mulheres que participaram do estudo não acumularam participações em número suficiente para que fossem incluídas nas análises. Com exceção de um, todos os outros participantes eram residentes e/ou trabalhavam nas proximidades ou em bairros vizinhos ao parque. Inicialmente, o grupo constituiu-se de 20 pessoas, mas as desistências e a falta de constância dos sujeitos acabou reduzindo o grupo a apenas dez pessoas com dados passíveis de serem utilizados.

Neste estudo, foram aplicadas provas de função pulmonar antes e depois da atividade física, bem como monitoradas a frequência cardíaca e a pressão arterial, antes e depois da atividade. Como a variação do tempo gasto para percorrer a distância pré estabelecida foi muito pequena, não foi possível caracterizar uma queda no desempenho pela elevação do tempo de percurso.

Neste estudo não se considerou relevante fazer uma análise de dispnéia, uma vez que todos os participantes já apresentavam um condicionamento físico médio e atuavam em uma faixa de exercício sub-máximo, sendo que, no decorrer do estudo, nenhum dos participantes realizou exercício intenso.

A análise de dispnéia é muito mais recomendada para indivíduos em estágio sedentário ou em nível de atleta (indivíduo que realiza atividade física intensa todos os dias, com fins competitivos), onde uma percepção de

esforço realizado faz-se mais premente, com a utilização da Escala de Borg, por exemplo. A utilização de uma amostra composta de qualquer um dos indivíduos acima citados (atleta ou sedentário), descaracterizaria os objetivos deste estudo que era de trabalhar com o cidadão comum não sedentário e não atleta.

A utilização da análise de dispnéia seria ainda desejável no caso dos poluentes no parque apresentarem concentrações muito elevadas a ponto de provocar uma falta de ar, o que raramente tem ocorrido (CETESB, 2002).

O número reduzido de participantes e de dados acumulados pelos sujeitos da pesquisa constituiu-se num obstáculo para precisar com maior eficiência os efeitos da poluição atmosférica sobre os sistemas respiratório e cardiovascular.

O equipamento utilizado para medir a VEF_1 era de tecnologia relativamente ultrapassada. No primeiro dia de utilização do aparelho, com o passar das horas e o aumento da temperatura ambiente, houve a dilatação dos componentes metálicos internos, o que provocou a paralisação do instrumento. Os dados deste dia foram perdidos, pois os participantes não podiam esperar até que o aparelho funcionasse. A partir de então, ele era mantido ao abrigo do sol na maior parte do tempo. Mesmo assim, temperaturas muito elevadas dificultavam o trabalho de medição, mas não chegaram a comprometer o trabalho.

A medição da frequência cardíaca foi realizada sempre pela mesma pessoa (o pesquisador) enquanto que a medida da pressão arterial era realizada pelos monitores do programa Saúde no Parque, coordenado pelo InCor, treinados para a função. Estes cuidados garantiram menor variação das medidas que pudesse ser induzida por erros de medição.

Os efeitos do Ritmo Circadiano tiveram as suas variações reduzidas pela realização das medidas no mesmo período do dia (GIBBONS & ADAMS, 1984).

A população ideal para este estudo seria um grupo de indivíduos sedentários que iniciasse um programa de condicionamento, isto evitaria que pudessem estar adaptados à poluição do parque e respondessem menos aos efeitos dos poluentes. Contudo, a possibilidade de desistência do programa seria mais alta, já que se trata de uma alteração significativa no comportamento e no cotidiano de cada sujeito. Outro obstáculo à obtenção de dados mais confiáveis é o local de moradia dos participantes. Se o local fosse muito próximo do parque o participante estaria constantemente exposto à poluição, o que com certeza se constituiria em viés de confusão e provavelmente só seria percebido diante de uma variação muito acentuada nos níveis de poluição. Por outro lado, seria muito difícil constituir uma população de estudo que residisse muito longe do parque, pois distâncias maiores do que 10 a 15 minutos de caminhada tendem a desestimular a ida do usuário aos equipamentos públicos de lazer (Di Fidio, 1985).

A localização da estação telemétrica pode se constituir em um problema pois nem sempre o local ideal está disponível e, apesar da abrangência das estações ser ampla (Chan, 1996), a proximidade ou distância das fontes altera significativamente a concentração dos poluentes medidos, além disso há também uma crítica à altura da captação dos poluentes que se faz acima da altura das vias respiratórias do brasileiro médio.

Um obstáculo que pode frustrar todo um trabalho, no Parque do Ibirapuera, é a dependência de uma só estação telemétrica. Caso esta estação venha a apresentar problemas, o pesquisador ficará sem uma parcela ou a totalidade dos dados necessários para o seu estudo, como ocorreu neste experimento, onde os dados de temperatura e umidade foram coletados junto à estação do Parque D. Pedro II, pois a estação do Parque do Ibirapuera não forneceu as citadas medidas. A utilização de medidas de outra região da cidade não constitui um entrave considerável uma vez que as variações da temperatura e da umidade, no centro de São Paulo, não são tão elevadas (CETESB, 2002).

Quanto à possibilidade do calor interferir como uma variável de confusão em relação aos efeitos do ozônio, pode-se levar em consideração três pontos: o primeiro é que esta interação não é estatisticamente significativa, embora o calor aparentemente intensifique os sintomas induzidos pelo ozônio (GIBBONS & ADAMS, 1984), o segundo é que o modelo estatístico utilizado na análise já leva em consideração esta

associação e o terceiro é que, pelo horário em que o experimento foi desenvolvido (manhã), não seria possível observar um efeito considerável do ozônio porque a incidência de luz solar ainda não teria sido suficiente para sintetizar o poluente em elevadas quantidades (ABRANTES, 2002), apesar de, em geral, os níveis de ozônio não caírem a zero durante a noite (CETESB, 2002). Os dados obtidos nas medições da pressão arterial e frequência cardíaca estiveram dentro da faixa da normalidade, 120x80 mmHg e 80 bpm respectivamente (McARDLE, 1992). Os dados calculados do IMC estiveram próximos de 25, valor acima do qual considera-se o indivíduo obeso (ROCHE et al., 1996) porém, o valor 25,03 esteve próximo do limite máximo na faixa do normal, caracterizando a amostra como a população mais próxima do ideal pelo critério da composição corporal. Os dados obtidos do VEF₁ estiveram dentro dos valores de referência (SBPT, 1996).

A metodologia de análise empregada neste estudo está de acordo com o que de mais moderno se usa para a análise de estudos de painel com medidas repetidas (SANTOS, 2003).

Os prejuízos à saúde causados pela poluição aos indivíduos não sedentários foram observados em vários estudos (HORVATH et al., 1975; FOLINSBEE & RAVEN, 1984; GIBBONS & ADAMS, 1984; HAYNES & WELLS, 1986; SCHELEGLE & ADAMS, 1986; BRUNEKREEF et al., 1994; CASTILLEJOS et al., 1995; DOCKERY & BRUNEKREEF, 1996; CARLISLE & SHARP, 2001). No Brasil este tipo de estudo ainda é raro. Oliveira (2001)

observou uma redução no limiar anaeróbio, na frequência cardíaca do limiar anaeróbio e na porcentagem do limiar anaeróbio em relação ao consumo máximo de O_2 em um estudo realizado nas cidades de Cubatão (cidade poluída) e Bertioga (cidade não poluída), no Estado de São Paulo, com bombeiros da corporação da Polícia Militar do Estado. O efeito deletério foi maior na cidade de Cubatão, levando a uma redução da performance em níveis sub-máximos de exercícios físicos.

6. CONCLUSÃO

Os resultados demonstraram haver alterações estatisticamente significantes na pressão arterial sistólica, na pressão arterial diastólica, no volume expiratório forçado e na frequência cardíaca associadas aos monóxidos de nitrogênio (NO) e de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO_x) e dióxidos de nitrogênio (NO₂). Estas alterações foram de ordem prejudicial, entretanto, a fragilidade do banco de dados não permite inferências mais concretas a respeito dos resultados encontrados.

Os óxidos de nitrogênio, poluentes para os quais foram encontradas alterações, são precursores do ozônio, poluente com registro de altas concentrações nos períodos de maior insolação; como o estudo foi realizado no período da manhã era de se esperar que os efeitos dos precursores fossem mais evidentes.

O estudo indicou que é urgente a investigação dos efeitos da poluição e, em especial, da poluição do ar sobre o sistemas respiratório e cardiovascular e sobre a saúde em geral, no Parque do Ibirapuera e em áreas onde haja um grande fluxo de pessoas em busca de equipamentos e espaço para atividades físicas.

Esta urgência é necessária para evitar a transformação do que seria uma atitude preventiva em um agravamento das doenças crônicas não transmissíveis e em um surgimento de novas formas de moléstias relacionadas à inalação prolongada de poluentes atmosféricos, o que faria cair ainda mais a qualidade de vida da população dos grandes centros urbanos.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante deste quadro pode-se inferir que prejuízos no desempenho físico também podem ser observados em uma cidade como São Paulo, reconhecidamente uma cidade onde a poluição do ar se tornou, há mais de uma década, um sério problema de saúde pública (BRAGA, 1998).

Estudos desenvolvidos por Saldiva e colaboradores (1992,1994,1995), Braga e colaboradores (1999), Correia (2001) e Santos (2002) reforçam que os atuais padrões de emissão dos poluentes não servem à população paulistana e muito menos à população brasileira, visto que idosos e crianças têm sofrido mais os efeitos da poluição que os adultos. Isto vem de encontro a um questionamento dos índices de qualidade do ar que são utilizados pela CETESB, desde 1981. Tais índices foram baseados no PSI (Pollutant Standards Index) a partir de uma série de estudos norte-americanos e canadenses (OLIVEIRA, 2001). Além do perfil da população paulistana ser diferente dos europeus e norte-americanos, Martins (2002) afirma em seu estudo que as populações socioeconomicamente mais carentes sofrem mais os efeitos da poluição atmosférica.

Um estudo desenvolvido à tarde seria o ideal para se avaliar os efeitos do O_3 , que é predominante no parque neste período, mas a infraestrutura de trabalho seria mais complicada, pois o quiosque do programa “Saúde no Parque” tem seu funcionamento restrito ao período da manhã.

O aumento do número de variáveis analisadas tais como o consumo máximo de oxigênio (VO_2 máx), limiar anaeróbio, frequência cardíaca no limiar anaeróbio, frequência cardíaca máxima, velocidade no limiar anaeróbio e percentual do limiar anaeróbio em relação ao consumo máximo de O_2 , também seria desejável.

O recrutamento de um número maior de sujeitos para a pesquisa também seria desejável, uma vez que as desistências e a falta de assiduidade dos participantes podem comprometer o estudo.

O período de desenvolvimento do estudo também deve ser pensado com cuidado, pois num período chuvoso, a ausência dos participantes pode ser crucial para a obtenção de um número significativo de dados.

A utilização de equipamento mais moderno garantiria a obtenção de dados de melhor qualidade, rapidez, facilidade de trabalho e a eficiência do estudo. A constituição de uma equipe de trabalho também seria desejável para evitar interferir demais no cotidiano dos estagiários do programa “Saúde no Parque”.

Embora o banco de dados tenha sido comprometido, ainda assim foi possível detectar um efeito deletério o que faz refletir sobre algumas providências que poderiam ser tomadas e que são simples de implementar, como a restrição de trânsito dentro do parque e em volta dele com a finalidade de reduzir as concentrações de poluentes no local.

A longo prazo seria desejável que se investisse em transporte coletivo e substituíssem as matrizes energéticas atuais por fontes de energia limpa e renovável como a energia solar, por exemplo.

Seria também desejável que se realizassem estudos sobre o desempenho físico em competições oficiais, já que existe uma pista de atletismo nas proximidades do parque, com o aumento do número de variáveis analisadas, tais como o consumo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_2$ máx), limiar anaeróbio, frequência cardíaca no limiar anaeróbio, frequência cardíaca máxima, velocidade no limiar anaeróbio e percentual do limiar anaeróbio em relação ao consumo máximo de O_2 , no horário da tarde, quando o ozônio atinge seu pico de concentração.

Finalmente, proponho que a Cetesb realize medições nos locais onde há grande afluxo de pessoas em busca de exercício – corrida – (por exemplo: avenidas de fundo de vale), com o objetivo de conhecer as concentrações médias dos poluentes para viabilizar, ou não, a prática de exercícios.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. Abrantes R. **Caracterização preliminar das emissões de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos e aldeídos de veículos do ciclo diesel.** São Paulo; 2002. [Dissertação de Mestrado — Faculdade de Saúde Pública — USP].
2. American Thoracic Society. What constitutes an adverse health effect of air pollution? **Am J Respir Crit Care Med** 2000; 161: 665-73.
3. Assunção JV. **Equipamentos de controle da poluição do ar.** São Paulo; 1999. [Apostila da disciplina de Equipamentos de Controle da Poluição do Ar — Faculdade de Saúde Pública — USP].
4. ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry), 1999. **Toxicological Profile for Lead.** Available from: <URL: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp13.html> [2003 jul 21].
5. Bascom R, Bromberg PA, Costa DL, Devlin R, Dockery DW, Frampton MW et al. Health effects of outdoor air pollution. **Am J Respir Crit Care Med** 1996; 153: 3-50 (part I) e 153: 477-498 (part II).

6. Braga ALF. **Qualificação dos efeitos da poluição do ar sobre a saúde da população pediátrica da cidade de São Paulo e proposta de monitorização.** São Paulo; 1998. [tese de Doutorado – Faculdade de Medicina – USP].
7. Braga ALF, Conceição GMS, Pereira LAA, Kishi HS, Pereira JCR, Andrade MF et al. Air pollution and pediatric respiratory hospital admissions in São Paulo, Brasil. **J Environ Med** 1999; 1:95-102.
8. Brunekreef B, Hoek G, Breugelmans O, Leentvaar M. Respiratory effects of low-level photochemical air pollution in amateur cyclists. **Am J Respir Crit Care Med** 1994; 150:962-66.
9. Carlisle AJ, Sharp NCC. Exercise and outdoor ambient air pollution. **Br J Sports Med** 2001; 35:214-22.
10. Castillejos M, Gold DR, Damokosh AI, Serrano P, Allen G, McDonnel WF, et al. Acute effects of ozone on the pulmonary function of exercising schoolchildren from Mexico City. **Am J Respir Crit Care Med** 1995; 152: 1501-7.
11. CETESB. **Relatório de qualidade do ar no Estado de São Paulo 2000.** São Paulo: Cetesb; 2001 (CETESB – Série Relatórios/SMA).
12. CETESB. **Relatório de qualidade do ar no Estado de São Paulo 2001.** São Paulo: Cetesb; 2002 (CETESB – Série Relatórios/SMA).

13. Chan CC, Hwang JS. Site representativeness of urban air monitoring stations. **J Air & Waste Manage Assoc** 1996; 46: 755-60.
14. Cifuentes L, Borja-Aburto VH, Gouveia N, Thurston G, Davis DL. Assessing the health benefits of urban air pollution reductions associated with climate change mitigation (2000-2020): Santiago, São Paulo, México City and New York City. **Environ Health Perspec** 2001; 109(Suppl 3): 419-25.
15. Conceição GM, Miraglia SG, Kishi HS, Saldiva PH, Singer JM. Air pollution and child mortality: a time-series study in São Paulo, Brazil. **Environ Health Perspect** 2001; 109(Suppl 3): 347-50.
16. Correia JEM. **Poluição atmosférica urbana e fluxo expiratório de pico (*peak flow*) em crianças de 7 a 9 anos na cidade de São Paulo, SP.** 2001. [Dissertação de Mestrado – Faculdade de Saúde Pública – USP].
17. Di Fidio M. Verde urbano, in: **Architettura del paesaggio-criteri di pianificazione e costruzione con numerosi schemi e illustrazioni.** Milano: Ed. Pirola, 1985.
18. Dockery DW, Brunekreef B. Longitudinal studies of air pollution effects on lung function. **Am J Respir Crit Care Med** 1996; 154: S250-6.
19. Folinsbee LJ, Raven PB. Exercise and air pollution. **J Sports Sci** 1984; 2(1): 57-75.

20. Gibbons SI, Adams WC. Combined effects of ozone exposure and ambient heat on exercising females. **J Appl Physiol** 1984; 57(2): 450-6.
21. Gonçalves A (org). **Saúde Coletiva e Urgência em Educação Física e Esportes**. Campinas: Papyrus, 1997a.
22. Gonçalves A, Matiello Júnior E. Corrida para a saúde: poluição ambiental no coração do problema. **Rev Bras Ciência Esporte** 1997b; 18(2): 111-18.
23. Gouveia N, Fletcher T. Time series analysis of air pollution and mortality: effects by cause, age and socioeconomic status. **J Epidemiol Community Health** 2000; 54(10):750-5.
24. Haynes EM, Wells CL. **Environment and human performance**. Champaign (IL, USA): Human Kinetics Publishers, Inc,1986.
25. Horvath SM, Raven PB, Dahms TE, Gray DJ. Maximal aerobic capacity at different levels of carboxihemoglobin. **J Appl Physiol** 1975; 38(2): 300-3.
26. Lin CA, Martins MA, Farhat SCL, Pope CAIII, Conceição GMS, Anastácio VM et al. Air pollution and respiratory illness of children in São Paulo, Brasil. **Paediatric and Perinatal Epidemiology** 1999; 13: 475-88.

27. **Martins MCH. Avaliação entre poluição atmosférica e variáveis socioeconômicas como agravante das condições de saúde no município de São Paulo – um estudo de ecologia urbana.** São Paulo; 2002. [Tese de doutorado - Faculdade de Medicina - USP]
28. **Matsudo VKR, Matsudo SMM, Andrade D, Araújo T, Andrade E, Oliveira LC et al. Promoção de saúde mediante o aumento do nível de atividade física: a proposta do Programa Agita São Paulo. Public Health Nutr** 2002; 5(1A): 253-61.
29. **McArdle WD, Katch VL, Katch FI. Fisiologia do exercício – Energia, nutrição e desempenho humano.** 3ª ed. RJ: Guanabara Koogan, 1992.
30. **Nieman DC. Exercício e saúde: como se prevenir de doenças usando o exercício como seu medicamento.** São Paulo: Manole, 1999. [trad. Marcos Ikeda].
31. **Okuma SS. O significado da atividade física para o idoso: um estudo fenomenológico.** São Paulo; 1997. [Tese de doutorado – Escola de Educação Física e Esporte – USP].
32. **Oliveira RS. O impacto da exposição aguda à poluição do ar atmosférico na aptidão física cardiorrespiratória de bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo.** São Paulo; 2001. [Dissertação de Mestrado — Universidade Federal de São Paulo].
33. **Rodrigues D. Máquina mortífera: carros, transporte urbano e poluição do ar.** São Paulo: Greenpeace, 1996.

34. Saldiva PHN, King M, Delmonte VLC, Macchione M, Parada MAC, Daliberto ML et al. Respiratory alterations due to urban air pollution: an experimental study in rats. **Environ Res** 1992; 57: 19-33.
35. Saldiva PHN, Lichtenfels AJFC, Paiva PSO, Barone IA, Martins MA, Massad E et al. Association between air pollution and mortality due to respiratory diseases in children in São Paulo, Brasil: a preliminary report. **Environ Res** 1994; 65:218-25.
36. Saldiva PHN, Pope CAIII, Schwartz J, Dockery WD, Lichtenfels AJ, Salge JM et al. Air pollution and mortality in elderly people: a time series study in São Paulo, Brasil. **Arch Environ Health** 1995; 50(2): 19-33.
37. Santos UP. **Estudo de alterações cardiovasculares e respiratórias em indivíduos expostos à poluição do ar na cidade de São Paulo**. São Paulo, 2002. [Tese de doutorado – Faculdade de Medicina – USP].
38. SBPT (Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia). I Consenso Brasileiro de Espirometria. **J Pneumol** 1996; 22(3): 105-64.
39. Schelegle ES, Adams WC. Reduced exercise time in competitive simulations consequent to low level ozone exposure. **Med Sci Sports Exerc** 1986; 18(4): 408-14.
40. SVMA (Secretaria do verde e do Meio Ambiente. **Parque Ibirapuera**. Disponível em: <URL: www.portal.prefeitura.sp.gov.br/secretarias/meio_ambiente/parques/ibirapuera/0001 [2003 Jul 21].

41. US-EPA (United States – Environmental Protection Agency). **National air quality: status and trends: six principal pollutants: Particulate Matter (PM)**. 1997. Available from: <URL: <http://www.epa.gov/oar/aqtrnd97/brochure/pm10.html> [2003 Jul 21].
42. US-EPA (United States – Environmental Protection Agency). **How ground-level ozone affects the way we live and breath**. 2003. Available from: <URL: <http://www.epa.gov/air/urbanair/ozone/index.html> [2003 Jul 21].
43. WHO (World Health Organization). **Air Quality Guidelines**. 1999. Available from: >URL: <http://www.who.int/peh/air/airqualitygd.htm> [2003 Jul 21].

Bibliografia complementar

1. ATS (AMERICAN THORACIC SOCIETY). Guidelines as to what constitutes an adverse respiratory health effect, with especial reference to epidemiologic studies of air pollution. **Am Rev Resp Dis** 1985; 131(4):666-8.
2. CETESB. **Relatório de qualidade do ar no Estado de São Paulo 1996**. São Paulo: Cetesb; 1997 (CETESB – Série Relatórios/SMA).
3. CETESB. **Relatório de qualidade do ar no Estado de São Paulo 1997**. São Paulo: Cetesb; 1998 (CETESB – Série Relatórios/SMA).
4. CETESB. **Relatório de qualidade do ar no Estado de São Paulo 1998**. São Paulo: Cetesb; 1999 (CETESB – Série Relatórios/SMA).
5. CETESB. **Relatório de qualidade do ar no Estado de São Paulo 1999**. São Paulo: Cetesb; 2000 (CETESB – Série Relatórios/SMA).
6. Ciocco A, Thompson DJ. A follow-up on Donora ten years after: methodology and findings. **Am J Public Health** 1961; 51: 155-64.
7. Marins JCB, Giannichi RS. **Avaliação e prescrição de atividade física: guia prático**. 1998.
8. Schwartz J. Air pollution and hospital admissions for respiratory diseases. **Epidemiology** 1996; 7:20-8.
9. Sobral HR. Air pollution and respiratory diseases in children in São Paulo, Brasil. **Soc Sci Med** 1989; 29(8): 959-64.

III - REGISTRO DAS EXPLICAÇÕES DO PESQUISADOR AO PACIENTE OU SEU REPRESENTANTE LEGAL SOBRE A PESQUISA, CONSIGNANDO:

1. Justificativa e os objetivos da pesquisa ;
2. Procedimentos que serão utilizados e propósitos, incluindo a identificação dos procedimentos que são experimentais;
3. Desconfortos e riscos esperados;
4. Benefícios que poderão ser obtidos;
5. Procedimentos alternativos que possam ser vantajosos para o indivíduo.

Resumo.

O objetivo da pesquisa é avaliar se a poluição do ar, no Parque do Ibirapuera, exerce alguma influência na função respiratória das pessoas que fazem exercícios aeróbios no local. O senhor/senhora deverá assoprar com força o bocal de um aparelho chamado espirômetro (que mede a velocidade de saída do ar dos pulmões) em 2 momentos: imediatamente antes da atividade física e imediatamente após a atividade física. Esclareço que não há nenhum desconforto ou risco e que este estudo contribuirá para avaliar se o Parque do Ibirapuera é um bom local para fazer exercícios aeróbios.

IV - ESCLARECIMENTOS DADOS PELO PESQUISADOR SOBRE GARANTIAS DO SUJEITO DA PESQUISA:

1. Acesso, a qualquer tempo, às informações sobre procedimentos, riscos e benefícios relacionados à pesquisa, inclusive para dirimir eventuais dúvidas.
 2. Liberdade de retirar seu consentimento a qualquer momento e de deixar de participar do estudo, sem que isto traga prejuízo à continuidade da assistência.
 3. Salvaguarda da confidencialidade, sigilo e privacidade.
 4. Disponibilidade de assistência no HCFMUSP, por eventuais danos à saúde, decorrentes da pesquisa.
 5. Viabilidade de indenização por eventuais danos à saúde decorrentes da pesquisa.
-

V. INFORMAÇÕES DE NOMES, ENDEREÇOS E TELEFONES DOS RESPONSÁVEIS PELO ACOMPANHAMENTO DA PESQUISA, PARA CONTATO EM CASO DE INTERCORRÊNCIAS CLÍNICAS E REAÇÕES ADVERSAS.

Ibsen W. Dalla Dea Jr. CRUSP Bloco C Ap. 505 F. 30913331 Cel. 96132997

Carlos Eduardo Negrão INCOR - 3069-5099

VI. OBSERVAÇÕES COMPLEMENTARES:

(Nada mais a declarar.)

VII - CONSENTIMENTO PÓS ESCLARECIDO

Declaro que, após convenientemente esclarecido pelo pesquisador e ter entendido o que me foi explicado, consinto em participar do presente Protocolo de Pesquisa

São Paulo, de de 2002.

(assinatura do sujeito da pesquisa)

(assinatura do pesquisador)

ANEXO 2

Termo de consentimento livre e esclarecido

Eu, _____ participante do programa "Saúde no Parque", residente na cidade de São Paulo, no bairro _____, na rua _____, n° ____, telefone: _____; e-mail: _____ aceito participar voluntariamente da pesquisa referente à avaliação do(s) efeito(s) da poluição sobre o sistema respiratório. Estou ciente de que a justificativa da pesquisa é determinar se há algum prejuízo em se fazer atividade física aeróbia no parque do Ibirapuera. Tenho claro, que o objetivo da pesquisa é avaliar o efeito dos poluentes, predominantes no parque do Ibirapuera, sobre o sistema respiratório de indivíduos não sedentários. Estou ciente, também, de que posso me recusar a participar ou retirar meu consentimento em qualquer fase do experimento, sem prejuízo ou penalização alguma, e de que haverá sigilo quanto às informações prestadas por mim, preservando minha privacidade.

São Paulo, ____ de _____ de 2002.

Assinatura do entrevistado

Assinatura do entrevistador

Informações com o pesquisador Ibsen Wilde Jr. pelo celular (011) 962132997 ou ibsenwjr@usp.br.

ANEXO 3

Questionário ISAAC.

1) Alguma vez no passado ou na infância, você teve sibilos (chiado no peito) ou bronquite? sim () não ()

2) Nos últimos 12 meses, você teve sibilos (chiado no peito)?
sim () não ()

Se você respondeu "NÃO", passe para a questão número 6.

3) Nos últimos 12 meses, quantas crises de sibilos (chiado no peito) você teve?

4 a 12 crises () 1 a 3 crises () mais de 12 crises ()

4) Nos últimos 12 meses, com que frequência você teve seu sono prejudicado por chiado no peito?

nunca acordou com chiado () menos de uma noite por semana ()
uma ou mais noites por semana ()

5) Nos últimos 12 meses, seu chiado foi tão forte a ponto de impedir que você conseguisse dizer mais de 2 palavras entre cada respiração?

Sim () Não ()

6) Alguma vez na vida você teve asma?

Sim () Não ()

7) Nos últimos 12 meses, você teve chiado no peito após exercícios físicos?

Sim () Não ()

8) Nos últimos 12 meses, você teve tosse seca à noite, sem estar gripado ou com infecção respiratória?

Sim () Não ()

Anexo 4

Questionário Complementar:

a) Dados pessoais.

Local: _____ Data: ___/___/___ Horário: _____

Nome: _____

Idade: _____ Sexo: _____ Altura: _____ Peso: _____

Profissão: _____ Endereço residencial: _____

Bairro do local de trabalho: _____

Telefone (res./com.):(_____) _____ Celular: (_____) _____

E-mail: _____ Observações: _____

b) Dados sobre saúde.

1) Está sob algum tratamento? Sim () Não ()

Qual? _____

2) Está ingerindo algum medicamento? Sim () Não ()

Qual e por quê? _____

3) Possui algum problema respiratório? Sim () Não ()

Qual? _____

4) Tem algum problema circulatório ou de pressão? Sim () Não ()

Qual? _____

5) Está sob dieta/alimentação especial? Sim () Não ()

Qual? _____

6) É fumante? Sim () Não ()

7) É ex-fumante? Sim () Não () Desde quando? _____

Se sim, por quê parou de fumar? _____

Utilizou algum recurso especial para deixar de fumar (pastilhas, adesivos, tratamento específico etc)?

Quantos cigarros fumou (em média) durante quantos anos (maços por dia)?

8) Faz uso de álcool? Sim () Não () Com que frequência? _____

9) Tem algum problema cardíaco? Sim () Não () Se sim, qual? _____

10) Faz uso de suplementos vitamínicos, energéticos ou alimentares?

Sim () Não () Se sim, qual e por quê? _____

11) É diabético? Sim () Não ()

12) Tem alguém na família que é asmático, alérgico ou sensível à poeira em geral? Sim () Não () Qual o grau de parentesco? _____

c) Dados sobre o treino.

1) Dias de treino semanais? 1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 ()

Seg. () Ter. () Quar. () Qui. () Sex. () Sáb. () Dom. ()

Em que horários? _____

2) Quando chove deixa de correr? Sim () Não ()

3) Quando está frio deixa de correr? Sim () Não ()

4) Por quais motivos deixa de treinar? _____

5) Que tipo de treino é o seu? Descreva-o. _____

6) Quanto tempo costuma durar o seu treino? _____

7) Costuma acelerar o ritmo no final da corrida? Sim () Não ()

Por quê? _____

8) A quanto tempo faz atividade física? Semanas () Meses () Anos ()

9) A quanto tempo está sem interromper o atual treinamento? _____

d) Dados sobre a exposição aos poluentes.

1) Costuma viajar nos finais de semana? Sim () Não ()

Para onde? _____ Interior () Litoral ()

2) Quando viaja, costuma deixar a cidade na: Sexta () Sábado ()

3) Quando viaja costuma fazer atividade física? Sim () Não ()
Descreva-a: _____

4) Costuma ir a pé ao local de trabalho? Sim () Não ()

5) Quanto tempo demora? _____ Relacione as ruas percorridas: _____

6) Qual é o horário de saída? _____

7) Como chega ao parque? carro () ônibus () a pé ()

8) Quanto tempo demora? _____ Relacione as ruas percorridas: _____

9) No trabalho convive com fumantes? Sim () Não () Quantas horas em média? _____

Anexo 5**Relatório diário**

Nome: _____

Data: ____/____/____ Horário: _____ Temperatura ambiente: _____

Umidade do ar: _____ Direção do vento: _____

Velocidade do vento: _____ Pressão atmosférica: _____

Duração do treino: _____

Observações: _____

Bebeu (álcool) no dia anterior? Sim () Não () Quanto(copos)? _____

Dormiu regularmente? Sim () Não ()

Quantas horas deixou de dormir? _____ Por quê? _____

Fumou no dia/noite anterior? Sim () Não () Quantos cigarros? _____

Alimentou-se normalmente? Sim () Não () Por quê? _____

Está gripado ou resfriado? Sim () Não ()

Medida do VEF₁: pré exercício: _____ pós exercício: _____

Pressão sangüínea: _____

F.C. pré trabalho: _____

F.C. média de trabalho: _____

F.C. pós trabalho: _____

F.C. durante trabalho (15 min.): _____

Tomou alguma medicação recentemente, ou nos últimos dois dias?

Sim () Não () Qual e por quê? _____

Realizou atividade física ontem? Sim () Não ()

O quê? _____

Foi ou voltou a pé do local de trabalho? Sim () Não ()

Por quê? _____

Descreva seu trajeto nomeando as ruas e anotando os horários de saída de sua residência e de chegada no trabalho: _____

Ausentou-se no final de semana? Sim () Não ()

Qual o destino? Litoral () Interior ()

Tem alguma coisa a declarar que considere pertinente ao estudo? _____