



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA E DAS CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS NA SAÚDE EM SÃO JOSÉ DOS CAMPOS

**RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA
(PIBIC/CNPq/INPE)**

Daniela Cristina Rezende Damilano (UNITAU, Bolsista PIBIC/CNPq)
E-mail: dani_damilano@yahoo.com.br

Dra. Maria Paulete Pereira Martins Jorge (CPTEC/INPE, Orientadora)
E-mail: paulete@cptec.inpe.br

COLABORADORES

Dra. Rauda Lucia Mariani (CPTEC/INPE-UFF)
E-mail: rauda@cptec.inpe.br

Julho de 2006

FOLHA DE APROVAÇÃO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todas as pessoas que me ajudaram a vencer mais esta etapa da vida.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pelo auxílio financeiro de dois anos de bolsa de iniciação científica. Também gostaria de agradecer à Fundação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CNPq, pelo auxílio financeiro pelas viagens a congressos nacionais.

Ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE pela oportunidade de estudos e utilização de suas instalações.

Aos professores do INPE pelo conhecimento compartilhado.

A meus pais que se sacrificaram pela minha educação.

A Dra Rauda Lucia Mariani pelas orientações.

À Dra. Maria Paulete Pereira Martins Jorge pelas orientações, incentivo e discussões que tanto enriqueceram meus conhecimentos.

RESUMO

São José dos Campos é a maior cidade do Vale do Paraíba, uma das regiões mais urbanizadas e produtivas do Brasil, com uma série de problemas ambientais e sociais decorrentes deste fato: poluição dos rios e do ar, destruição da cobertura natural de florestas, deterioração da qualidade de vida nas áreas urbanas, descontrole da migração humana, maior demanda de energia, entre outros. Além do complexo industrial, a cidade é cortada pela rodovia Presidente Dutra, que possui um intenso fluxo veicular. As condições meteorológicas são influenciadas por uma topografia que inclui a proximidade do litoral e duas cadeias de montanhas que circundam o Vale, apresentando situações atípicas como chuvas fortes, granizo, nevoeiros e inversões térmicas que em muitos momentos dificultam a dispersão dos poluentes atmosféricos. Os principais efeitos decorrentes da poluição atmosférica estão vinculados aos problemas nos aparelhos respiratórios, sendo as crianças e os idosos os mais suscetíveis. Em relação à saúde e correlatos, os efeitos vão desde o desconforto até a morte.

O monitoramento da qualidade do ar é um mecanismo decisivo nas políticas de controle ambiental por permitir determinar o nível de concentração dos poluentes no ar e, conseqüentemente, viabilizar o acompanhamento sistemático da qualidade do ar de determinada região, fornecendo subsídios para a avaliação e implantação de estratégias de controle.

Nesse trabalho foram avaliadas as correlações existentes entre o número de internações por doenças respiratórias e ocorrência de casos de sibilância, no Hospital Municipal da Vila Industrial de São José dos Campos, de setembro de 2002 até agosto de 2003; A não correlação entre as variáveis analisadas sugere que possa haver uma defasagem entre a data de internação e os dias com altas concentrações de ozônio, uma vez que já é comprovada a interação entre problemas respiratórios e elevados níveis de poluição do ar.

STUDY OF THE INFLUNCE OF THE ATMOSPHERIC POLLUTION AND METEOROLOGICAL CONDITIONS IN THE INFANTILE HEALTH IN SÃO JOSÉ DOS CAMPOS.

ABSTRACT

São José dos Campos is one of the largest cities in the Vale do Paraíba , one of the most urbanized and productive in Brazil, with many environmental and social problems due to this fact:: pollution of the rivers and air, destruction of the natural cover of forests, deterioration in the quality of living in the urban areas, uncontrol of human migration, greater demand for energy, and so on.

Besides the industrial pool, through the city passes the motorway called Presidente Dutra, which has an immense flow of traffic. The meteorological conditions are influenced by a topography that includes the proximity to the seaside and two chains of mountains which surround the valley, demonstrating unusual situations such as, hailstone, fog and thermal inversion, which in most of the times make it difficult the dispersion of the atmospheric pollutants. The main atmospheric effects of pollution are tied with the problems in the respiratory system, being the elderly people and children the most susceptible ones.

As regards health and related issues, the effects go from discomfort until death. The watch of the quality of air is a decisive mechanism in the politics of environmental control, because it allows determining the level of concentration of the pollutants in air and, consequently, to make possible the systematic accompaniment of the quality of the air of certain regions, supplying subsidies the evaluation and implantation of control strategies.

In this work the existing correlations between the number of internments for respiratory illnesses and occurrence of sibilance cases had been evaluated, in the Municipal Hospital of Vila Industrial de São José Campos, from September of 2002 until August of 2003; The no-correlation between the analyzed variables does not suggest that it can have an imbalance between the date of internment and the days with high ozone concentrations, since the interaction between respiratory problems and raised levels of pollution of air is already proven.

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
LISTA DE FIGURAS	
LISTA DE TABELAS I	
CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	9
CAPÍTULO 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
2.1 – Poluição Atmosférica.....	12
2.2 – Monitoramento da Qualidade do ar	19
2.3 – Efeitos dos Poluentes Atmosféricos.....	22
2.4 – Efeitos dos Poluentes Atmosféricos na Saúde.....	25
CAPÍTULO 3 –MATERIAL E MÉTODOS	27
CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E ANÁLISES.....	28
CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS.....	35
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36
APÊNDICE: PLANILHAS DE DADOS.....	37
1. - Banco de Dados Meteorológicos.....	37
2. - Banco de dados de Poluentes Atmosféricos.....	37
3. -Dados referentes às Internações por Doenças Respiratórias e Sibilância	40

LISTA DE FIGURAS

1 - Dados meteorológicos da temperatura do Ar média, período de setembro de 2002 a agosto de.. 2003.....	30
2 - Dados meteorológicos da temperatura do Ar máxima, período de setembro de 2002 a agosto de 2003.....	30
3 - Dados meteorológicos da radiação solar refletida, período de Setembro de 2002 a Agosto de 2003.....	31
4 - Dados de material particulado, período de janeiro a agosto de 2003.....	32
5 - Dados de dióxido de enxofre, período de janeiro a Agosto de 2003.....	32
6 - Dados de concentração máxima de ozônio, período de setembro de 2002 até agosto de 2003.....	
7 - Dados das correlações de ozônio versus doenças respiratórias, período de setembro de 2002 a agosto de 2003.....	33
8 – Dados das correlações de ozônio versus sibilância, período de setembro de 2002 a agosto de 2003.....	34

LISTA DE TABELAS

- 1** - Principais poluentes atmosféricos, fontes, processos e efeitos.....14
- 2** - Dados referentes ao número médio mensal de internações por
doenças respiratórias e Sibilância.....33

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento industrial e urbano tem originado em todo o mundo um aumento crescente da emissão de poluentes atmosféricos. O acréscimo das concentrações destas substâncias na atmosfera, a sua deposição no solo, nos vegetais e nos materiais é responsável por danos na saúde e bem-estar da população, na vegetação e na fauna, na produção agrícola, nas florestas, nos materiais, assim como sobre as propriedades da atmosfera passando pela redução da visibilidade, alteração da acidez das águas da chuva (chuva ácida), aumento do efeito estufa, redução da camada de ozônio, etc.

Os efeitos da poluição do ar se caracterizam tanto pela alteração de condições consideradas normais como pelo aumento de problemas já existentes. Os efeitos podem ocorrer em nível local, regional e global, pois de uma forma geral origina desequilíbrios em todos os ecossistemas. As condições meteorológicas têm influência decisiva na qualidade do ar. Sendo importante ter informações sobre a velocidade e a direção do vento no local monitorado.

Em relação à saúde e correlatos, os efeitos vão desde o desconforto até a morte, passando pelo aumento da procura pelo sistema de saúde (centros de saúde, hospitais, pronto socorros), aumento da taxa de morbidade (doenças), e mortalidade associada ao agravamento das doenças. A poluição atmosférica afeta o sistema respiratório podendo agravar ou mesmo provocar diversas doenças crônicas; danos ao sistema nervoso central; alterações genéticas e câncer e tem influência sobre a determinação do sexo dos bebês (Francisco et al 2004)

A Saúde Ambiental tem como um de seus objetivos, a prevenção dos danos à saúde causados por contaminantes químicos presentes no meio ambiente, fazendo com que os níveis desta exposição sejam mantidos em valores que não constituam um risco inaceitável. Para isso, tornam-se necessárias à identificação e quantificação deste risco.

São José dos Campos é a maior cidade do Vale do Paraíba, região na qual está situado um dos mais importantes pólos industriais e uma das mais movimentadas rodovias do Brasil (Rodovia Presidente Dutra), sendo, portanto altamente industrializada e com elevado fluxo veicular.

Dentre os principais problemas ambientais da cidade destacam-se a poluição atmosférica. Atualmente a principal preocupação no que se refere aos contaminantes atmosféricos em São José dos Campos, são as elevadas concentrações de ozônio, que ao longo desses últimos anos vêm ultrapassando os padrões de qualidade do ar. (Cetesb 2004)

Para o monitoramento da qualidade do ar a cidade conta com uma estação incompleta, que mede ozônio, dióxido de enxofre e material particulado. Neste sentido justifica-se a importância e necessidade de executar o biomonitoramento, sendo este um sistema de monitoramento qualitativo, de baixo custo operacional e que por isso pode atingir grandes áreas, determinando assim os pontos mais vulneráveis (de maior concentração).

Há também uma grande preocupação da população quanto à falta de dados da saúde relacionados com poluição do ar na cidade. Sendo o ar o mais crítico e importante elemento para a vida humana, temos que garantir a qualidade deste. Assim, um estudo que qualifica o ar e forma um banco de dados correlacionando a concentração dos poluentes atmosféricos, com as condições meteorológicas e os efeitos na saúde, mostra-se ingente no tocante de contribuir com trabalhos futuros e o bem estar da população, apresenta uma contribuição técnica, que poderá auxiliar órgãos competentes sobre a importância de investir na utilização de redes de monitoramento da qualidade do ar e conscientizar a população de São José dos Campos sobre a necessidade de reduzir as emissões de poluentes, incentivando a utilização de redes de monitoramento da qualidade do ar; a florestação; o estabelecimento de Planos de Emergência para situações de poluição atmosférica grave; a criação de serviços de informação e de auxílio às populações sujeitas ou afetadas pela poluição atmosférica.

Esse projeto que tem como objetivo estudar e compreender o problema da poluição atmosférica e sua influência na dispersão/concentração de poluentes em suas escalas local, regional e global, conhecendo os poluentes, suas fontes, impactos na saúde da população, no clima e no ambiente. Para atingir esses objetivos, utilizaremos levantamento bibliográfico sobre o assunto; análise dos

dados meteorológicos das estações existentes em São José dos Campos, dados de consultas por doenças respiratórias, no Hospital Municipal da Vila Industrial de São José dos Campos, no período de setembro de 2002 até agosto de 2003 e dados de concentração de ozônio, dióxido de enxofre e material particulado, medidos em São José dos Campos, pela estação telemétrica da CETESB, no mesmo período.

CAPÍTULO 2

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Poluição Atmosférica

A poluição atmosférica é proveniente de diversas atividades. As fontes de emissão de poluição que realizam estas atividades são chamadas de fontes poluidoras e podem ser classificadas como fontes móveis (transportes, por exemplo) ou fontes fixas (produção industrial, extração mineral e produção agrícola). Nas cidades, pode-se destacar algumas fontes principais de poluição atmosférica como: as indústrias; os incineradores que são altamente poluidores, mas que estão atualmente proibidos e foram substituídos por compactadores; e o tráfego de veículos.

As fontes poluidoras, como o próprio nome revela, emitem substâncias indesejáveis chamadas de contaminantes atmosféricos (poluentes). Considera-se poluente qualquer substância presente no ar, que pela sua concentração possa torná-lo impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, inconveniente ao bem estar público, danoso aos materiais, à fauna, à flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.

Os poluentes atmosféricos são classificados pelo seu estado físico em: particulados e gasosos e estes em orgânicos e inorgânicos. Entre os principais contribuintes para as emissões de particulados estão os processos e operações industriais vinculados a atividades da construção civil, mineração e queimadas. Já os transportes e a indústria em geral são as principais fontes de poluentes gasosos. Os poluentes também podem ser classificados como primários ou secundários. Os primários, considerados como principais, são emitidos diretamente na atmosfera. Monóxido de carbono (CO), material particulado (MP), dióxido de enxofre (SO₂), óxidos de nitrogênio (NO e NO₂) e hidrocarbonetos (HC) são exemplos de poluentes primários. Existem mais de 60 hidrocarbonetos identificados na atmosfera, com tendência a aumentar à medida que os limites de detecção das técnicas analíticas vão diminuindo. Os hidrocarbonetos, ou compostos orgânicos voláteis (COV's) têm como principais fontes os combustíveis parcialmente queimados ou não queimados emitidos pelos veículos automotores, depósitos e evaporação de derivados de petróleo.

Os poluentes secundários, igualmente poluidores, são formados por reações fotoquímicas envolvendo alguns dos poluentes primários e os constituintes naturais da atmosfera, na presença de radiação solar. Sua permanência no ar se dá num período de tempo mais prolongado. O ozônio (O₃) é representativo desse tipo de poluente, vindo a ser um subproduto de reações entre os óxidos de nitrogênio (NO_x) e os compostos orgânicos voláteis (VOC's). Não é sempre possível classificar os poluentes como sendo primários ou secundários, alguns poluentes podem ser primários se emitidos de determinada forma e tornar-se secundários, devido a reações que venham a ocorrer posteriormente à emissão.

Na tabela 1 encontram-se os principais poluentes atmosféricos, assim como suas fontes, processos e efeitos.

Diante de todos os efeitos nocivos que os poluentes causam no meio ambiente, prejudicando, principalmente a saúde e o bem-estar do homem, é necessário estabelecer limites máximos de emissão e de concentração dos poluentes.

Entende-se por concentração atmosférica a fração que determinado poluente representa do volume total de ar analisado. O nível de concentração do ar é medido pela quantificação das substâncias poluidoras presentes no ar que por sua vez é indicada em função do número de partículas por milhão de partes de mistura (ppm) ou do peso das partículas por unidade de volume de ar, por exemplo, em miligramas por metro cúbico (mg/m³). Quando o nível de concentração é determinado, obtém-se o grau de exposição dos receptores (ser humano, outros animais, plantas e materiais) como resultado final do processo de lançamento de poluentes na atmosfera. O princípio básico desse fenômeno é que a concentração é proporcional às emissões e inversamente proporcional à dispersão.

TABELA 1: Principais poluentes atmosféricos, fontes, processos e efeitos.

Poluentes	Fontes	Processos	Efeitos
-----------	--------	-----------	---------

Óxidos de Enxofre (SOx)	Antropo-gênicas	Combustão (refinarias, centrais termoelétricas, veículos a diesel) Processos Industriais	Irritação nas vias respiratórias, nos olhos e danos à pele e às plantas Chuvas ácidas
	Naturais	Vulcanismo Processos biológicos	
Óxidos de Nitrogênio (NOx)	Antropo-gênicas	Combustão (veículos e indústrias)	Aumentam a suscetibilidade à contaminação por vírus e bactérias, contribui na formação do “smog” fotoquímico, afeta o sistema respiratório e podem provocar alterações celulares. Chuvas ácidas
	Naturais	Emissões da vegetação	
Compostos Orgânicos Voláteis (COV)	Antropo-gênicas	Refinarias Petroquímicas Veículos Evaporação de Combustíveis e solventes	Poluição fotoquímica Incluem compostos tóxicos e carcinogênicos
Monóxido de Carbono (CO)	Antropo-gênicas	Combustão (veículos)	Interferência na capacidade do sangue de oxigenar os tecidos. Danos à percepção, à acuidade visual, à atividade mental e aos reflexos.
	Naturais	Emissões da vegetação	
Dióxido de Carbono (CO2)	Antropo-gênicas	Combustão	Efeito estufa
	Naturais	Queimadas florestais	
Chumbo (Pb)	Antropo-gênicas	Gasolina com chumbo Incineração de resíduos	Tóxico acumulativo Anemia e destruição de tecido cerebral
Partículas	Antropo-gênicas	Combustão Processos industriais Condensação de outros poluentes Extração de minerais	As partículas totais em suspensão ficam retidas no nariz e na garganta, causando irritação nas vias respiratórias e facilitando a propagação de infecções virais e bacterianas. Poeiras inaláveis chegam aos pulmões, agravando casos de doenças respiratória ou do coração. Vetor de outros poluentes (metais pesados, compostos orgânicos carcinogênicos)
	Naturais	Erosão eólica Vulcanismo	
Hidrocarbonetos	Antropo-gênicas	Queima incompleta e evaporação dos combustíveis e outros produtos voláteis.	Efeitos narcóticos, mal-estar, dor de cabeça e sonolências. Responsáveis pelo aumento de incidência de câncer no pulmão. Provocam irritação nos olhos, nariz, pele e aparelho respiratório.
Ozônio	Naturais e Antropo-gênicas	Ação da luz solar sobre os hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio, resultantes do processo de queima de combustíveis, principalmente por veículos.	Envelhecimento precoce, diminuição da capacidade do organismo de resistir a infecções respiratórias
CFC's e Halons	Antropo-gênicas	Aerossóis Sistemas de refrigeração Espumas, sistemas de combate a incêndios	Deficiência no transporte de oxigênio pela hemoglobina, irritação dos olhos, nariz e garganta Destruição da camada de ozônio Contribuição para o efeito de estufa

Em consequência da dispersão, os poluentes tendem a atingir um determinado nível de concentração na atmosfera. A poluição atmosférica pode ser caracterizada pelos seguintes fatores: intensidade, continuidade e efetividade. A intensidade é o fator quantitativo da poluição; a

continuidade, a permanência de sua ação nociva por dificuldades de eliminação; e a efetividade, a ação real sobre os seres vivos existentes no meio ambiente. Para combater a poluição atmosférica se faz necessário conhecer e compreender todo o seu processo.

O processo de poluição atmosférica se inicia com a emissão dos poluentes pelas fontes, sendo transportados pelas massas de ar até que atinjam um receptor. Cada poluente apresenta características próprias de dispersão na atmosfera. E quanto maior a distância entre a fonte de emissão e o receptor, menor será a concentração de poluentes encontrada nas proximidades deste receptor.

Essas massas de ar são influenciadas por variáveis que interferem no fenômeno de dispersão, resultando numa maior ou menor concentração. Quando liberados para a atmosfera, ou seja, após a emissão, os poluentes são dispersos pelos processos de transporte e difusão, que são, por sua vez, influenciados por:

- tipos de construção e obstáculos que margeiam as vias;
- condições topográficas;
- condições meteorológicas;
- processos de remoção/deposição de poluentes;

As edificações alteram a topografia original, contribuindo para modificar a velocidade, direção ou intensidade do vento. Desta forma, prédios altos e alinhados podem modificar o fluxo de ar, provocar seu encanamento ou criar espaços sem aeração suficiente, causando acúmulo de poluentes. Com um mesmo volume de tráfego e mesmas condições meteorológicas, mas com vias de ocupação bastante diferentes, têm-se concentrações de poluentes com muita variação.

A topografia de uma região pode modificar a velocidade e direção do fluxo de ar, que quanto mais intenso maior será o volume de ar disponível para a diluição dos poluentes. Regiões elevadas favorecem as condições de ventilação, enquanto que regiões situadas em vales tendem a acumular mais poluentes. Regiões com vegetação, corpos d'água, cidades, ou outro tipo de

cobertura do solo influenciam diretamente nas condições da atmosfera e conseqüentemente na dispersão dos poluentes.

Situações meteorológicas distintas, mas com idênticas produções de poluentes, poderão apresentar concentrações atmosféricas completamente diferentes, devido à influência das condições da atmosfera. O regime dos ventos, a umidade do ar, a radiação solar, a temperatura ambiente, a opacidade, a estabilidade atmosférica, a altura da camada de mistura e a ocorrência de chuvas são alguns fatores climáticos locais, que podem interferir no tempo de permanência dos poluentes na atmosfera. A circulação geral da atmosfera também interfere na dispersão, uma vez que a movimentação das grandes massas de ar afeta a circulação local.

O vento é uma grandeza vetorial e como tal apresenta 3 componentes (x, y, z) sendo que a sua resultante determina a direção do vento em cada instante. A componente vertical do vento (z) é responsável pela turbulência enquanto que as outras componentes determinam essencialmente o transporte e a diluição das plumas de poluição. A velocidade do vento aumenta em altura afetando de uma maneira mais direta a massa de poluentes emitidos pelas chaminés de grande altura principalmente no momento inicial da mistura dos gases de saída com a camada atmosférica. Em situações de calmaria, ocorre estagnação do ar, proporcionando, um aumento nas concentrações dos poluentes.

As brisas são um fenômeno de grande importância para a caracterização das condições de dispersão dos poluentes devido aos efeitos de recirculação que estão associados. No verão, as massas de ar oceânico que são transportadas para terra, durante a tarde, pela brisa marítima podem conter poluentes envelhecidos (principalmente hidrocarbonetos e NO_x) de dias anteriores. A mistura desses poluentes primários com outros já existentes na atmosfera local favorece a produção de oxidantes fotoquímicos que associadas às condições de forte radiação solar leva à produção de elevados teores de ozônio.

A umidade relativa do ar é um parâmetro meteorológico que caracteriza o tipo de massa de ar que está atuando sobre a região. A ocorrência de baixa umidade relativa pode agravar doenças e quadros clínicos da população, além de causar desconforto nas pessoas saudáveis, um quadro que

possui semelhança com os sintomas da poluição do ar e que muitas vezes leva o leigo a confundir os dois fenômenos.

As implicações diretas da radiação solar na qualidade do ar dizem respeito à indução desta na formação de oxidantes atmosféricos como poluentes secundários. O ozônio, que é formado na atmosfera por reações fotoquímicas que dependem da intensidade da radiação solar apresenta uma distribuição de episódios ao longo dos meses totalmente distinta dos poluentes primários. A menor frequência de episódios na Região Metropolitana de São Paulo ocorre nos meses de maio a julho, época de menores temperaturas e radiação solar. A partir de agosto, com o aumento da temperatura e da radiação, a frequência de episódios de ozônio aumenta. De janeiro a abril, embora as temperaturas sejam elevadas, não se observa um número tão grande de ultrapassagens de padrão da qualidade do ar quanto no período de agosto a dezembro, o que pode ser justificado pelo aumento da nebulosidade no decorrer do dia, que reduz a radiação incidente nos baixos níveis da atmosfera, e pelo aumento da precipitação que “limpa” a atmosfera.

Indiretamente, um maior período de insolação pode induzir a um maior aquecimento da superfície, do que pode resultar o surgimento de movimentos verticais localizados, transferindo energia para a atmosfera, além do que criando turbulência e mistura dos poluentes nos baixos níveis.

A temperatura do ar constitui um parâmetro de interesse para o estudo da dispersão de poluentes. Temperaturas mais elevadas conduzem à formação de movimentos verticais ascendentes mais pronunciados (convecção), gerando um eficiente arrastamento dos poluentes localizados dos níveis mais baixos para os níveis mais elevados. Por outro lado, temperaturas mais baixas não induzem aos movimentos verticais termicamente induzidos, o que permite a manutenção de poluentes atmosféricos em níveis mais baixos.

A estabilidade atmosférica é que determina a capacidade do poluente de se expandir verticalmente. Em situações estáveis na atmosfera, cria-se uma barreira ao deslocamento vertical dos poluentes. Quando ocorre o fenômeno da inversão térmica, a capacidade de dispersão fica bem limitada. A inversão térmica acontece quando uma camada de ar quente se instala acima de camadas mais frias próximas da terra. Em geral, a atmosfera esfria a medida em que aumenta a

altitude, porém devido ao movimento das massas de ar ou pelo tipo de incidência dos raios solares sobre a Terra, o fenômeno da inversão térmica ocorre; e com ele, todos os poluentes que estão presentes no ar e mais próximos do solo ficam ali confinados. As inversões térmicas são as que mais contribuem para o aumento da concentração de poluentes, mais próximo à superfície.

Os processos atmosféricos e a circulação associada aos grandes centros de pressão determinam e afetam o estado do tempo sobre os continentes e grandes oceanos do globo. Aos centros de altas pressões denominados de anticiclones estão associadas condições de tempo caracterizadas por grande estabilidade com pouca mistura vertical e, portanto fraca dispersão dos poluentes. Ao aproximar-se de um sistema de baixa pressão ocorrem condições de instabilidade e de grande turbulência favorecendo a dispersão dos poluentes. Estas situações que influenciam as condições de turbulência e de estabilidade da atmosfera têm por vezes durações mais ou menos prolongadas podendo, nas condições desfavoráveis à dispersão, levar a episódios de altas concentrações de poluentes.

Os ventos em superfície, que antecedem os sistemas frontais (frentes frias) são predominantes do quadrante norte e têm sua trajetória continental, enquanto que os ventos na retaguarda das frentes frias são do quadrante sul-sudeste. A mudança de direção do vento pode ser interpretada como decorrente da penetração da frente e conseqüentemente com reflexos nas concentrações dos poluentes, caracterizando-se o transporte de longas distâncias ou não. A pressão atmosférica também pode ser indicativa da proximidade dos sistemas frontais. O comportamento da pressão atmosférica no momento que antecede a chegada de uma frente fria diminui gradativamente, elevando-se à medida que a frente fria passa por uma determinada região.

Os resultados obtidos em estudos realizados na Região Metropolitana de São Paulo mostram que os episódios mais intensos de poluição do ar, exceção feita aos episódios por ozônio, ocorrem na presença de um sistema de alta pressão (anticiclone) semi-estacionário sobre a região, que provoca condição meteorológica desfavorável à dispersão dos poluentes, com a atuação de ventos fracos e a formação de inversões térmicas próximas à superfície, entre outros fenômenos observados. A mudança desta situação de estagnação ocorre normalmente quando um sistema frontal atinge a região, instabilizando a atmosfera e aumentando a ventilação, o que favorece a dispersão dos poluentes. A mudança de uma situação desfavorável para favorável à dispersão de

poluentes ocorre normalmente quando um sistema frontal atinge a região, uma vez que torna instável a atmosfera e aumenta a ventilação.

2.2. Monitoramento da qualidade do ar

Para uma avaliação inicial da poluição do ar, é necessário monitorar a concentração dos poluentes em diferentes pontos da região de estudo e comparar os valores registrados com padrões internacionais (OMS) ou nacionais (CONAMA), a partir de estudos de impacto da poluição sobre a saúde e o ecossistema. Adicionalmente, é importante levantar as informações relativas às emissões regionais para a realização de simulações para o estudo da redução dos níveis de poluição quando da aplicação de determinada política de redução de emissões.

Uma rede de monitoramento ambiental pode variar desde uma pequena escala, com uma rede de observação meteorológica e um monitor de poluentes, até uma complexa rede de observação, passando por radares, satélites, e por equipamentos ultramodernos como o Lidar e Ecossondas.

A definição do número e localização de pontos para um monitoramento adequado deve partir de um estudo preliminar envolvendo a caracterização da circulação atmosférica e medições simultâneas de um parâmetro caracterizador da qualidade do ar. Além disso, seria importante que fossem realizadas algumas radiossondagens para se obter os perfis atmosféricos locais. Radiossonda é um equipamento que fornece os perfis de temperatura, pressão, umidade e direção e velocidade do vento em função da altura na atmosfera. Os perfis verticais das grandezas meteorológicas são mais adequados, pois fornecem a altura da camada limite atmosférica, parâmetro de importância na dispersão atmosférica e na melhoria das simulações e previsões do modelo.

Além de informar à população sobre os eventuais níveis de poluição e degradação ambiental a que está sujeita, os resultados oriundos do monitoramento são elementos-chaves para a elaboração de estratégias de controle ambiental. Através de análises estatísticas sobre frequência dos dias mais poluídos, de análises laboratoriais sobre a origem das emissões, bem como de outras

informações acerca do nível de atividade econômica, é possível determinar com maior precisão quais as principais fontes de emissão de poluentes e, a partir disso, pode-se elaborar táticas de controle da poluição. Desta forma, o monitoramento dos impactos permite que os danos causados possam ser corrigidos desde o início.

O monitoramento ambiental é limitado a um número restrito de poluentes, definidos em função de sua importância e dos recursos materiais e humanos disponíveis. De uma forma geral, a escolha dos poluentes recai sempre sobre um grupo de poluentes que serve como indicadores de qualidade do ar, consagrados universalmente: dióxido de enxofre, poeira em suspensão (material particulado), monóxido de carbono, oxidantes fotoquímicos expressos como ozônio, hidrocarbonetos totais e óxidos de nitrogênio. A razão da escolha destes parâmetros como indicadores da qualidade do ar está ligada à sua maior frequência de ocorrência e aos efeitos adversos que causam ao meio ambiente.

O sistema de monitoramento nas áreas urbanas pode ser realizado de três maneiras diferentes:

- em locais onde há um grande número de pessoas (locais mais populosos);
- em locais onde há uma grande concentração de poluentes (locais mais poluídos);
- em uma região qualquer.

A operação em quaisquer destes locais é idêntica, porém os resultados obtidos podem ser completamente diferentes. O monitoramento em uma região qualquer seria o mais fácil, pois não exige uma análise precisa dos locais onde posicionar os equipamentos (sensores) de medição; porém tem como desvantagem a utilização de uma maior quantidade de equipamentos, já que para cobrir toda a região de estudo seria necessária uma grande quantidade de sensores.

O monitoramento em locais de máxima concentração de poluentes (normalmente a região central e áreas industriais) é interessante, pois sempre que o grau de poluentes nestes locais estiver abaixo do estipulado pelo padrão de qualidade do ar, provavelmente não haverá problemas de poluição em qualquer outro lugar. Neste tipo de monitoramento, escolhem-se alguns locais que não tenham a interferência de fontes antropogênicas, ou seja, que mostram a poluição natural da

região (background) e a partir deles determina-se a concentração média de poluentes presentes na área em estudo, através da comparação com o padrão da região “virgem”.

O monitoramento em áreas populosas pode não englobar todas as áreas que apresentam alta concentração de poluentes, porém mede o nível de poluentes em que a população está exposta, permitindo um maior controle de incidência de doenças.

A CETESB tem 29 estações medidoras espalhadas pela Grande São Paulo, Cubatão, Campinas, São José dos Campos, Sorocaba e Paulínia. Esta rede, ligada a uma central de computadores por via telefônica, registra ininterruptamente as concentrações dos poluentes na atmosfera. Estes dados são processados com base nas médias estabelecidas por padrões legais e nas previsões meteorológicas, que indicam as condições para a dispersão dos poluentes. Eles são disponibilizados em forma de boletim, que apresentam a média registrada nas últimas vinte e quatro horas, e divulgados diariamente através da Internet e da Imprensa. Com base nessas informações é possível determinar as ações previstas na Legislação Ambiental, quando os padrões de qualidade do ar forem ultrapassados e apresentarem níveis que prejudiquem a saúde pública.

Nesse contexto a necessidade de monitorar a qualidade do ar das grandes cidades, através de estudos realizados com efeitos diretos em seres vivos, tornou-se imprescindível a técnica do biomonitoramento, já estabelecida há pouco mais de um século. Essa técnica utiliza as alterações presentes em alguns seres vivos mais sensíveis, com a finalidade de analisar qualitativamente a presença de poluentes na atmosfera. O biomonitoramento é a avaliação em longo prazo da qualidade ambiental de uma determinada área, utilizando sistemas vivos (seres vivos) que podem ser chamados de bioindicadores ou biomonitores, espécies resistentes ou tolerantes, sensíveis aos poluentes.

As vantagens do uso de espécies bioindicadoras para análises da qualidade do ar do ambiente estão, entre outras, no baixo custo e na reação dos seres vivos frente à presença da mistura dos vários poluentes ao mesmo tempo e associados a características ambientais. Nenhum aparelho consegue medir a concentração de todos os poluentes ao mesmo tempo, muito menos o efeito do poluente no ser vivo. Um biomonitor consegue fazer isso.

2.3. Efeitos dos poluentes atmosféricos

Os efeitos da poluição do ar se caracterizam tanto pela alteração de condições consideradas normais como pelo aumento de problemas já existentes. Os efeitos podem ocorrer em nível local, regional e global.

Estes efeitos podem se manifestar na saúde, no bem-estar da população, na vegetação e na fauna, sobre os materiais, sobre as propriedades da atmosfera passando pela redução da visibilidade, alteração da acidez das águas da chuva (chuva ácida), aumento da temperatura da Terra (efeito estufa) e modificação da intensidade da radiação solar (aumento da incidência de radiação ultravioleta sobre a Terra, causado pela redução da camada de ozônio), etc.

Os efeitos da poluição do ar sobre os materiais são visíveis e de reconhecimento popular, através da deposição de partículas, principalmente poeira e fumaça, nas edificações e monumentos, sujando-os, exigindo, portanto, uma maior frequência de limpeza. A corrosão de partes metálicas é causada, principalmente, pelos gases ácidos, em especial o dióxido de enxofre (SO₂). A corrosão é também influenciada pela umidade e temperatura. Dentre os metais, os ferrosos (ferro e aço), são mais susceptíveis à corrosão por poluentes atmosféricos.

O ataque aos materiais de construção não metálicos ocorre principalmente pela ação do SO₂, que reage com os carbonatos na presença de umidade, formando sulfatos, mais solúveis, causando deterioração do material. O gás carbônico (CO₂), na presença de umidade forma o ácido carbônico que converte a pedra calcária em bicarbonato, que é solúvel em água e pode ser lixiviado pela chuva. O mármore de monumentos e estátuas sofre efeitos idênticos aos dos materiais de construção, afetando a memória cultural local.

A borracha também é afetada pela poluição do ar, em especial pelo ozônio (O₃), que ataca a borracha natural e a borracha sintética de butadieno-estireno. Os efeitos são a perda de elasticidade e enfraquecimento. Alguns tipos de borracha, como a de silicone, são mais resistentes ao ozônio.

Os tecidos e corantes são também afetados pela poluição do ar não só pela deposição de partículas ("sujeira"), mas também pela redução da sua resistência, desbotando e reduzindo a sua vida útil, pela maior frequência de lavagem que se faz necessária nas atmosferas poluídas. Nos grandes centros, é típico o escurecimento do colarinho das camisas claras com pouco tempo de uso. Agem sobre tecidos e os corantes, além da poeira e fumaça, os gases ácidos, SO₂ principalmente, e os oxidantes (ozônio, peroxiacetilnitrato e óxidos de nitrogênio).

O ataque ao couro e ao papel também se verifica, com a desintegração da superfície e enfraquecimento do material. Os agentes são o dióxido de enxofre e o ácido sulfúrico.

Nas tintas, a poluição do ar causa escurecimento, descoloração e sujeira, que resultam em aumento na frequência de pintura. As partículas e o gás sulfídrico (H₂S) são os principais agentes sobre as tintas.

Na atmosfera, os poluentes aumentam a temperatura da troposfera que é pouco afetada pela radiação solar direta, como resultado da absorção das radiações de grande comprimento de onda emitidas pela superfície terrestre. A absorção da radiação terrestre é efetuada por diversos compostos de que se salienta o CO₂, mas também o CH₄, Ozônio, N₂O e os CFC. Estes gases funcionam como os vidros de uma estufa, deixando passar a radiação solar que aquece o solo e retendo a radiação terrestre. O aumento da temperatura do globo terá como conseqüências prováveis o aumento das áreas desérticas bem como o degelo das calotas polares com a conseqüente subida do nível das águas dos oceanos.

Os registros nos últimos anos mostram aumentos da concentração atmosférica de CO₂, numa amplitude que ultrapassa as oscilações do último milhar de anos e que as principais causas são o aumento no uso de combustíveis fósseis e a deflorestação.

O reconhecimento por parte da Comunidade Internacional, da grande importância da estabilização dos gases de efeito de estufa a níveis que não afetem o sistema climático global, levou à adoção da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre as alterações climáticas, que entrou em vigor a 21 de Março de 1994.

A presença do ozônio na estratosfera (entre 20 e 40 km de altitude) funciona como uma barreira para a radiação ultravioleta, tornando-se assim essencial para a manutenção da vida na superfície terrestre. Desde os anos 70 que se tem medido a redução da concentração de ozônio em locais específicos da atmosfera ("buracos do ozônio" nas regiões Antártica e Ártica) e de uma forma geral em todo o planeta.

É reconhecido que as emissões, em escala mundial de certas substâncias, entre as quais se contam os hidrocarbonetos clorofluorados (CFC's) e os Halons, podem deteriorar a camada de ozônio, de modo a existir risco de efeitos nocivos para a saúde do homem e para o ambiente em geral. Atentos a esta problemática mais de cem países já ratificaram a Convenção de Viena para a proteção da camada de ozônio e o Protocolo de Montreal sobre as substâncias que deterioram a camada de ozônio. Este Protocolo estabelece o controle da produção e consumo de cerca de 90 substâncias regulamentadas (Hesketh, 1972)

A chuva ácida é uma das principais conseqüências da poluição do ar. Sendo um dos principais problemas ambientais nos países industrializados. Ela é formada a partir de uma grande concentração de poluentes químicos, que são despejados na atmosfera diariamente. Estes poluentes, originados principalmente da queima de combustíveis fósseis, formam nuvens, neblinas e até mesmo, neve. A chuva ácida é formada pela reação entre a água e os óxidos de nitrogênio e os dióxidos de enxofre, que são resultantes da queima de combustíveis fósseis (carvão, óleo diesel, gasolina entre outros). Quando caem em forma de chuva ou neve, estes ácidos provocam danos no solo, plantas, construções históricas, animais marinhos e terrestres etc. Este tipo de chuva pode até mesmo provocar o descontrole de ecossistemas, ao exterminar determinados tipos de animais e vegetais. Poluindo os rios e fontes de água, a chuva pode também prejudicar diretamente a saúde do ser humano, causando diversos tipos de doenças.

2.4. Efeitos dos poluentes atmosféricos na saúde

Em relação à saúde e correlatos, os efeitos vão desde o desconforto até a morte, passando pelo aumento da taxa de morbidade (doenças); aumento da procura do sistema de saúde (centros de saúde, hospitais, pronto socorros); aumento do absenteísmo ao trabalho; irritação dos olhos e das vias respiratórias; redução da capacidade pulmonar; diminuição da "performance" física; redução da atenção; dor de cabeça; alterações motoras; alterações enzimáticas; doenças do aparelho respiratório (asma, bronquite, enfizema, edema pulmonar, pneumoconioses); danos ao sistema nervoso central; efeitos teratogênicos; alterações genéticas e câncer e mais recentemente tem sido estudada sua associação com mortalidade intrauterina. Os efeitos da poluição do ar são sentidos principalmente por crianças e idosos. É importante ressaltar que tipo e extensão do dano depende, além das características de toxicidade das substâncias, da dose de poluição recebida pela pessoa e não somente da concentração.

Em dias mais poluídos uma pessoa tem 33% a mais de chance de sofrer um infarto. Levantamento feito na cidade de São Paulo revela que pelo menos 12% das mortes envolvendo idosos acontecem em decorrência dos altos níveis de poluentes emitidos principalmente pelos veículos existentes na cidade.(Nascimento et al 2004).

Além de causar doenças cardiovasculares (infarto e arritmia) e respiratórias (asma e pneumonia), a poluição ainda é vista como um verdadeiro veneno para gestantes e bebês. Já está comprovado que altos níveis de poluentes podem contribuir para a prematuridade da criança e seu baixo peso ao nascer. (Saldiva et al 2001)

Uma pesquisa concluiu que a poluição tem influência sobre a determinação do sexo dos bebês: devido a má qualidade do ar, estão nascendo mais meninas do que meninos na cidade de São Paulo. "O gameta que leva o cromossomo Y é mais frágil. Em outras palavras, uma pessoa exposta à poluição vai ter uma porcentagem menor de cromossomos que geram um homem", segundo o Prof. Paulo Saldiva, diretor do Laboratório de Poluição da Faculdade de Medicina da Usp. "Isso ocorre devido a alterações no DNA daquele cromossomo: ele morre dentro do testículo, antes de ser liberado para ejaculação". Ainda não se sabe por que o cromossomo Y, que

determina o sexo masculino, é mais sensível à poluição. A única certeza é que essa característica é comum a todos os homens.

O estudo foi realizado entre 2001 e 2003 a partir dos dados coletados por nove estações de medição de poluentes na cidade de São Paulo. Os pesquisadores cruzaram essas informações com os registros de nascimentos em cada área analisada e depois confirmaram os resultados com experiências em ratos.

"Nesse período analisado de dois anos percebeu-se que existe uma diferença de 1% de nascimentos masculinos a menos na região mais poluída, quando comparamos com as regiões menos poluídas. Esse 1% representa em torno de 1180 nascimentos masculinos a menos nas regiões com maior poluição", segundo a bióloga Ana Julia Lichtenfels, do Laboratório de Poluição. (Saldiva et al 2001)

CAPÍTULO 3

MATERIAIS E MÉTODOS

Para efetivação desse trabalho foram utilizados 3 bancos de dados diferentes: os dados meteorológicos, dados relativos à poluição do ar e dados da saúde.

Os dados meteorológicos utilizados são: direção e velocidade de vento, temperatura, umidade do ar, radiação solar, referentes à estação localizada nas dependências do Inpe em São José dos Campos (S 23° 12'486" e W 45° 51'691") disponibilizados pelo CPTEC-INPE. Os dados originais referem-se a valores de médias horárias. O período analisado foi de setembro de 2002 a agosto de 2003

O banco de dados relativos à poluição do ar foi montado a partir dos resultados disponibilizados pela estação da Cetesb em São José dos Campos. Essa estação está instalada à Rua Ana G. da Cunha, 40 no Jardim Jussara, onde são medidas as concentrações médias de material particulado, dióxido de enxofre e ozônio a cada 60 minutos. O ozônio é sempre reportado como valor máximo atingido durante o período analítico (60 minutos). Os valores médios, máximos e mínimos diários foram calculados utilizando-se o programa Excel 2000.

O levantamento do número de internações infantis por doenças respiratórias, foi realizado no pronto Socorro da Vila Industrial, no período de setembro de 2002 a agosto de 2003. O método usado para o levantamento dos dados de saúde foi contagem manual dos casos reportados nos relatórios médicos efetuados entre as datas: 01/09/2002 a 31/08/2003, levantando-se o total de consultas, o número de doenças respiratórias e casos de sibilância, perfazendo um total de 365 dias analisados.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nos Apêndice 1, 2 e 3 encontra-se o banco de dados completo com as parâmetros meteorológicos; com os valores de concentração dos poluentes avaliados e os dados referentes ao número de interações ocorridas no período entre 01/09/2002 até 31/08/2003 .

A Figura 1 mostra o os dados meteorológicos da temperatura do Ar média, para o período de setembro de 2002 a agosto de 2003. A temperatura do ar média mostra-se normal durante este período, apresentando valores máximos no mês de fevereiro e mínimos nos meses de junho e agosto.

A Figura 2 mostra o os dados meteorológicos da velocidade do vento máxima, para o período de setembro de 2002 a agosto de 2003. A velocidade máxima manteve-se numa faixa entre 5,8 e 4,4m/s, com valor máximo de 6,7m/s no mês de novembro, caracterizando-se como um mês de maior possibilade de dispersão.

A Figura 3 mostra os dados meteorológicos da radiação solar refletida, no período de setembro de 2002 a agosto de 2003. Os meses de dezembro e fevereiro apresentaram valores máximos da radiação solar incidente.

A Figura 4 mostra dados de material particulado, no período de janeiro a agosto de 2003. Apresenta concentrações crescentes, com flutuações sistematizadas e médias constantes nos meses de junho e julho. Não foram observados ulltrapassagens dos padrões de qualidade do ar, como estipulado pela Resolução CONAMA n° 3, de 28/06/1990, que estabelece o valor de $150 \mu\text{g.m}^{-3}$ para um período de coleta de 24 horas.

A Figura 5 mostra as concentrações de dióxido de enxofre, no período de janeiro a agosto de 2003. Apresenta valores ascendentes ao longo do ano, com valores mínimos em fevereiro e máximos em julho. Esses dados estão coerentes com as características típicas de maior dispersão atmosférica no período correspondente aos meses de verão, e maiores concentrações nos meses de inverno.

Na Figura 6 podemos observar os dados diários de concentrações máximas de ozônio, no período de setembro de 2002 a agosto de 2003. Foi observado que as concentrações de ozônio estiveram altas durante o ano todo e teve vários dias de ultrapassagem de padrão distribuídos ao longo do ano, mas com maior frequência no início da primavera com valores de 80-100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, o que pode acarretar efeitos crônicos na saúde. Apresentou 17 ultrapassagens do padrão de qualidade do ar, sendo 10 vezes em outubro, 2 em novembro, 3 em fevereiro, 1 em abril e 1 em agosto. A Resolução CONAMA nº 3, de 28/06/1990 estabelece que a concentração de ozônio não deve ultrapassar $160 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ mais de uma vez ao ano.

Os dados referentes ao número médio mensal de consultas por doenças respiratórias e sibilância levantados no pronto Socorro da Vila Industrial, durante o período de setembro de 2002 a agosto de 2003 podem ser observados na Tabela 2. O maior número de consultas ocorre no mês de junho, para os dois casos.

Comparando-se a concentração de ozônio máxima diária e o número correspondente de consultas por doenças respiratórias, e aplicando a correlação linear simples, a linha de tendência é dada por $y = -0,0323x + 54,881$ com valor de $R^2 = 0,0167$, não caracterizando a existência de correlação linear entre essas duas variáveis. O maior número de dias com ultrapassagem do padrão de ozônio ocorreu em outubro, enquanto os meses de maior ocorrência de doenças respiratórias foram junho e julho de 2003. Os efeitos do ozônio nas doenças respiratórias, talvez não sejam diretos e imediatos, ocorrendo talvez após alguns dias. Isso justifica a não correlação entre os dados de ozônio e os casos de internação por doenças respiratórias.

Os dados da Figura 8 são referentes à concentração de ozônio máxima diária e o número correspondente de consultas sibilância, e aplicando a correlação linear simples, a linha de tendência é dada por $y = -0,0217x + 7,8158$ com valor de $R^2 = 0,2336$; não caracterizando a existência de correlação entre essas duas variáveis. O maior número de dias com ultrapassagem do padrão de ozônio ocorreu em outubro, enquanto os meses de maior ocorrência de sibilância foram em junho e julho de 2003.

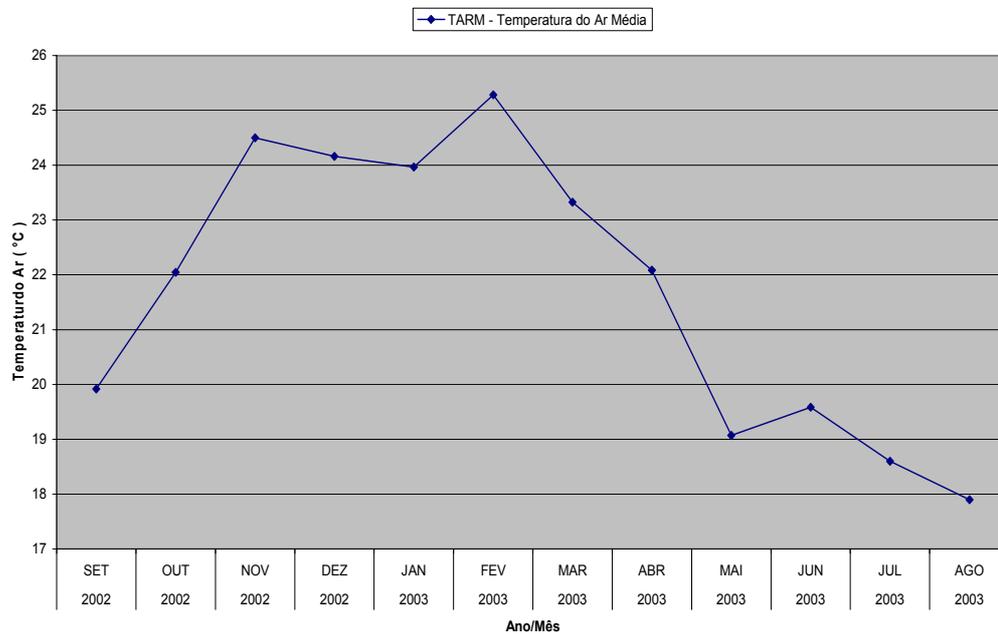


FIGURA 1 - Dados meteorológicos da temperatura do ar média, no período de setembro de 2002 a agosto de 2003.

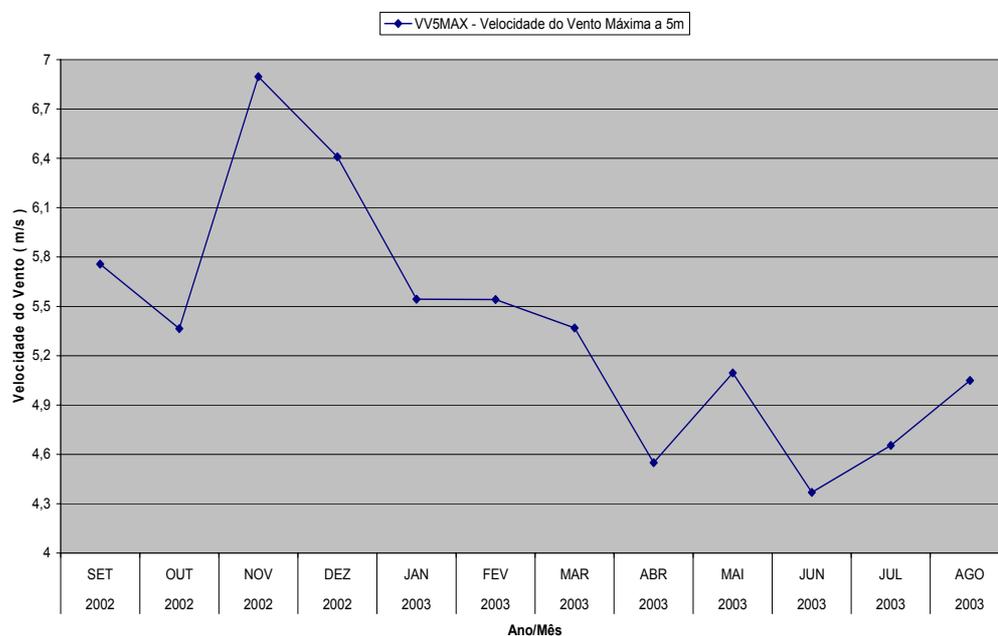


FIGURA 2 - Dados meteorológicos da velocidade do vento máxima, no período de setembro de 2002 a agosto de 2003.

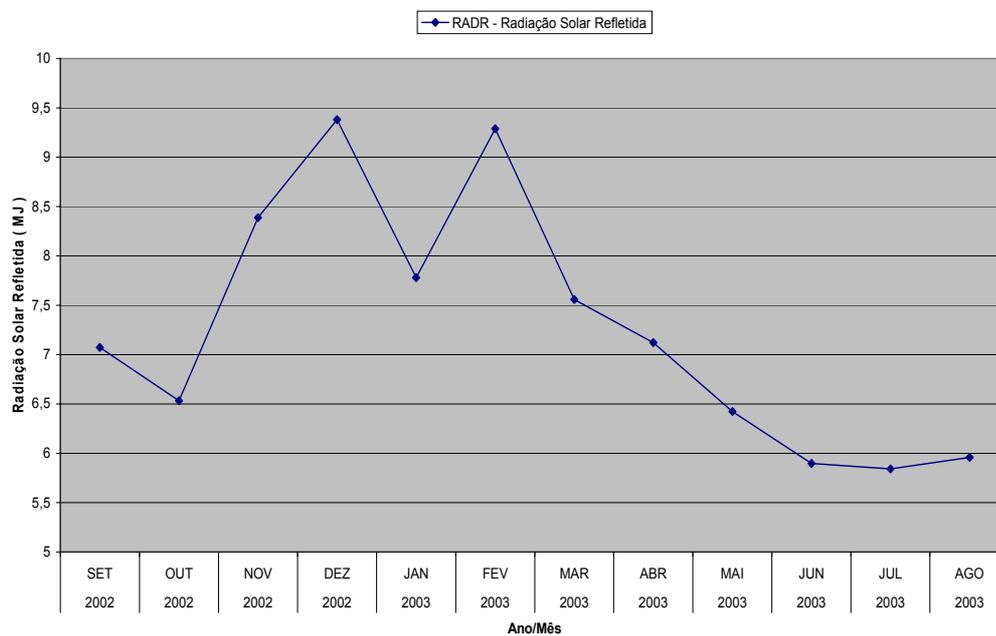


FIGURA 3 - Dados meteorológicos da radiação solar refletida, no período de setembro de 2002 a agosto de 2003.

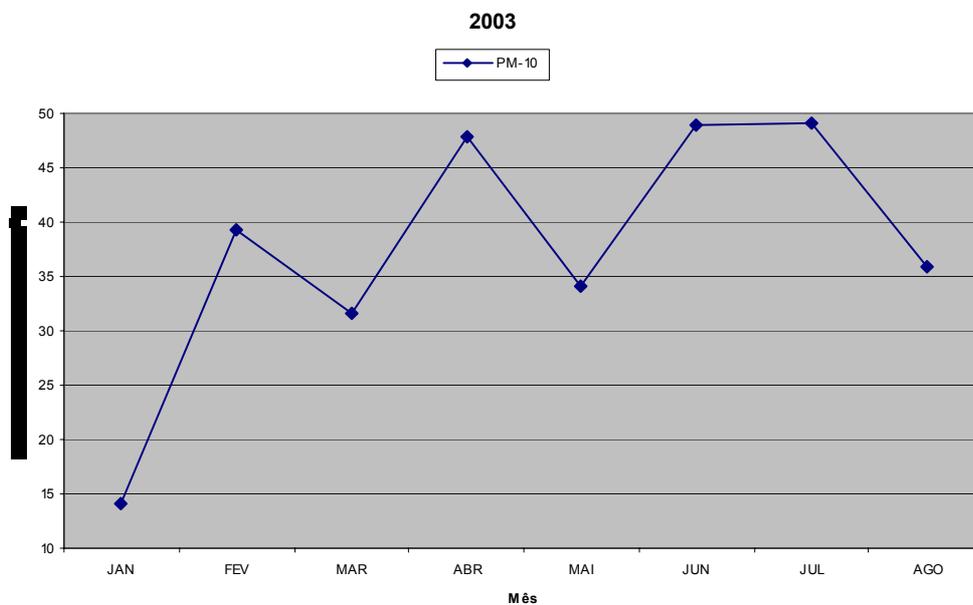


FIGURA 4 - Dados de material particulado, no período de janeiro a agosto de 2003.

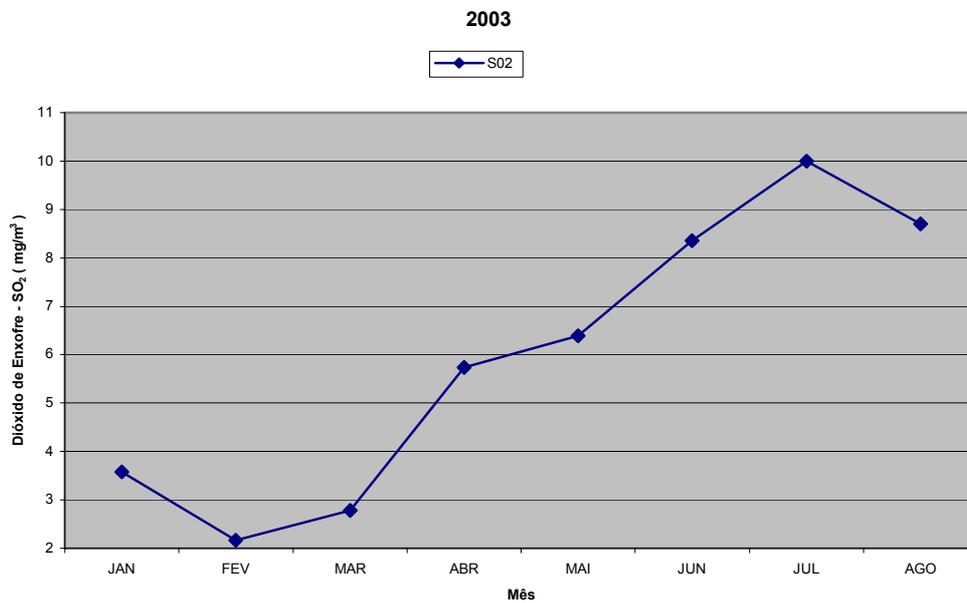


FIGURA 5 - Dados de dióxido de enxofre, no período de janeiro a agosto de 2003.

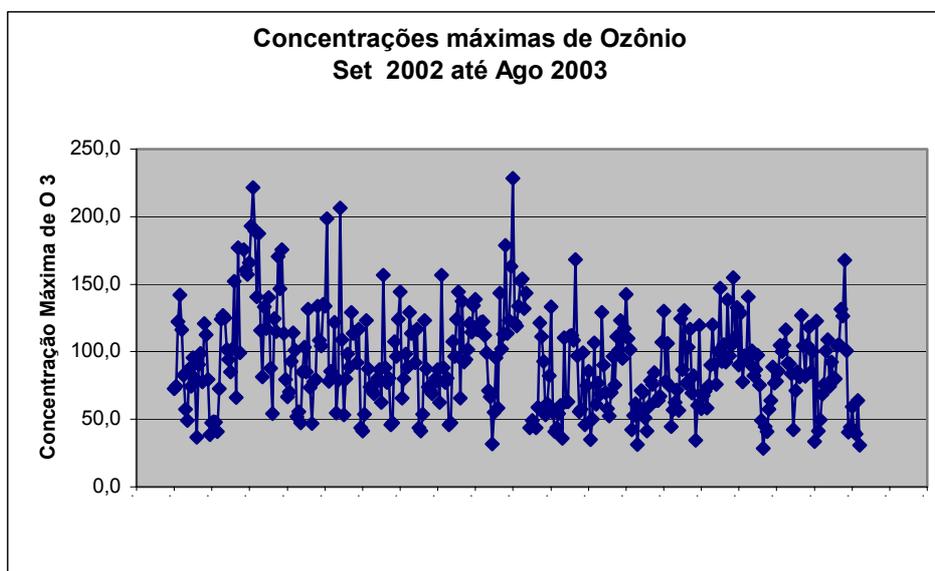


FIGURA 6 – Gráfico do valor de concentração máxima diária de ozônio em São José dos Campos.- Período de setembro 2002 até agosto de 2003.

TABELA 2 - Dados referentes ao número médio mensal de internações por doenças respiratórias e sibilância.

MÊS	DOENÇAS RESPIRATÓRIAS		SIBILÂNCIA	
	MÉDIA	MÁXIMO	MÉDIA	MÁXIMO
set/02	113	162	18	26
out/02	95,88	128	19,09	37
nov/02	85,35	109	16,39	27
dez/02	82,53	104	16,97	25
jan/03	61,75	106	14,69	30
fev/03	63,03	100	14,52	23
mar/03	89,72	170	19,72	43
abr/03	139,13	196	38,84	45
mai/03	148,81	212	47,23	75
jun/03	203,29	263	50,03	84
jul/03	142,22	231	27,81	54
ago/03	87,84	117	24,22	44

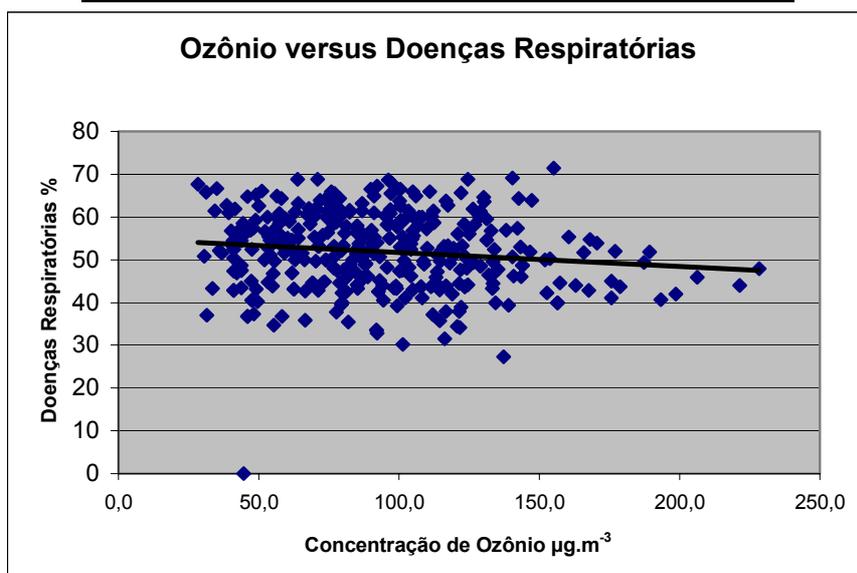


FIGURA 7 – Correlação entre o percentual de doenças respiratórias e concentração de ozônio, no período de setembro de 2002 a agosto de 2003.

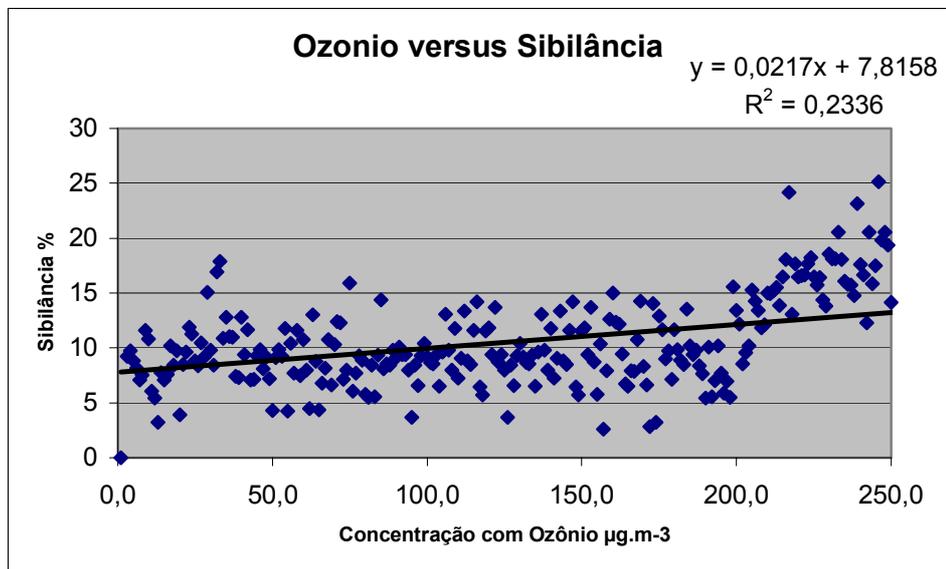


FIGURA 8 – Dados das correlações de Ozônio versus Sibilância, Período de Setembro de 2002 a Agosto de 2003.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Já é sabido que as condições meteorológicas são mais favoráveis para dispersão durante o verão e piores nos meses de inverno, a temperatura diminui, diminuindo os movimentos convectivos, a velocidade do vento também é menor, dificultando a dispersão dos poluentes. Essas condições da atmosfera também foram observadas durante o período desse estudo, de setembro de 2002 a agosto de 2003.

Os poluentes dióxido de enxofre e material particulado pioraram durante os meses de inverno, o que justifica o aumento no número de internações e casos de sibilância. A correlação é visível. Já o ozônio apresenta um comportamento diferente, com uma concentração elevada durante todo o ano e vários dias de ultrapassagem de padrão distribuídos ao longo do ano, mas com maior frequência no início da primavera.

No caso do ozônio, as ultrapassagens de padrão de qualidade ($> 160 \text{ ug/m}^3$), aconteceram várias vezes por ano, 17 vezes no ano. Mas no ano todo as concentrações de ozônio estiveram altas atingindo valores entre 80-100 ug/m^3 , o que pode acarretar efeitos crônicos na saúde. Os efeitos do ozônio nas doenças respiratórias, talvez não sejam diretos e imediatos, ocorrendo talvez após alguns dias. Isso provavelmente justifica a não correlação entre os dados de ozônio e os casos de internação por doenças respiratórias.

Assim se conclui que foi possível verificar a influência das condições meteorológicas na dispersão dos poluentes e como conseqüências os impactos da poluição do ar na saúde, porém são necessárias informações mais específicas sobre a saúde da população de São José dos Campos. Este trabalho é um início que pode contribuir para trabalhos futuros sobre poluição do ar e seus impactos na saúde, utilizando técnicas de biomonitoramento

..

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRAGA, Alfésio Luiz F ; SALDIVA, P. H. N. . **Poluição e Saúde** . Jornal de Pneumologia, Soc. Brasil. Pneumol. e Tisiol, p. S10-S16, 2001.
- CETESB. Relatório de qualidade do ar no Estado de São Paulo 2002. São Paulo, 2003.
- Francisco, P. M. S. B., Donalísio, M. R., Lattorre, M. R. D. O., **“Internações por doenças respiratórias em idosos e a intervenção vacinal contra influenza no Estado de São Paulo”**. Ver. Brs. Epidemiol., São Paulo, 7(2), 220-227, 2004
- Hesketh, H. E. **“ Understanding and Controlling Air Pollution”**, Ann Arbor Science Publishers, Inc., 1972.
- Nascimento, L. F. C., Módolo, M. C. C., Carvalho Jr., J. A., **“Atmospheric Pollution Effects on Childhood Health: An Environmental Study in the Paraíba Valley”**, Rev. Bras.
- Natal, D., Paganelli, C. H., Ueno, H. M., **“Estudo epidemiológico na área de influência da Refinaria Henrique Lage – REVAP, São José dos Campos, SP**. Estudo de Impacto Ambiental – EIA, Mineral Engenharia e Meio Ambiente. São José dos Campos, vol.4, Apêndice 4, 2004.
- .

APÊNDICE: PLANILHAS DE DADOS

APÊNDICE 1: Banco de Dados Meteorológicos

ANO	MÊS	TARM - Temperatura do Ar Média	TARMAX - Temperatura do Ar Máxima	TARMIN - Temperatura do Ar Mínima	VV2MAX - Velocidade do Vento Máxima a 2m	VV5MAX - Velocidade do Vento Máxima a 5m	RADI - Radiação Solar Incidente	RADR - Radiação Solar Refletida	FLUXP - Fluxo de Calor no Solo "Diurno"	FLUXN - Fluxo de Calor no Solo "Noturno"
2002	SET	19,92	28,83	14,34	4,81	5,76	0,00	7,07	8,80	-6,84
2002	OUT	22,05	31,56	18,58	4,42	5,36	0,00	6,53	4,57	-9,09
2002	NOV	24,50	32,97	19,69	0,18	6,90	0,00	8,39	6,77	-6,96
2002	DEZ	24,16	33,17	18,57	0,20	6,41	0,00	9,38	6,28	-6,63
2003	JAN	23,97	31,84	19,22	0,12	5,54	0,00	7,78	4,06	-5,50
2003	FEV	25,28	34,83	18,90	0,09	5,54	0,00	9,29	5,89	-5,77
2003	MAR	23,32	31,56	18,12	0,18	5,37	0,00	7,56	4,22	-5,11
2003	ABR	22,08	30,92	16,20	0,00	4,55	0,00	7,12	6,05	-6,31
2003	MAI	19,07	28,14	12,74	0,03	5,10	0,00	6,42	4,54	-6,77
2003	JUN	19,58	29,70	13,29	0,00	4,37	0,00	5,90	5,70	-5,44
2003	JUL	18,60	28,35	11,91	0,00	4,65	0,00	5,84	6,28	-6,00
2003	AGO	17,90	26,70	11,80	0,00	5,05	0,00	5,96	6,52	-6,53

APÊNDICE 2: Banco de dados de Poluentes Atmosféricos

Ano	Mês	S0 ₂	PM-10
2003	JAN	3,58	14,19
2003	FEV	2,17	39,35
2003	MAR	2,78	31,69
2003	ABR	5,74	47,87
2003	MAI	6,39	34,07
2003	JUN	8,36	48,86
2003	JUL	10,00	49,11
2003	AGO	8,70	35,91

Banco de dados do Ozônio

1/3/2003	121,53	1/4/2003	108,32	1/5/2003	101,74	1/6/2003	103,3	1/7/2003	97,09	1/8/2003	104,23
2/3/2003	119,02	2/4/2003	168,06	2/5/2003	42,42	2/6/2003	116,84	2/7/2003	96,15	2/8/2003	81,63
3/3/2003	133,88	3/4/2003	96,84	3/5/2003	53,07	3/6/2003	69,19	3/7/2003	140,5	3/8/2003	104,86
4/3/2003	152,71	4/4/2003	55,56	4/5/2003	61,73	4/6/2003	82,35	4/7/2003	91,04	4/8/2003	118,17
5/3/2003	153,73	5/4/2003	57,31	5/5/2003	31,27	5/6/2003	34,32	5/7/2003	100,5	5/8/2003	85,19
6/3/2003	131,96	6/4/2003	99,42	6/5/2003	57,35	6/6/2003	60,36	6/7/2003	82,46	6/8/2003	100,29
7/3/2003	143,26	7/4/2003	46,03	7/5/2003	71,06	7/6/2003	119,53	7/7/2003	86,82	7/8/2003	33,49
8/3/2003		8/4/2003	74,71	8/5/2003	70,02	8/6/2003	58,05	8/7/2003	97,55	8/8/2003	122,62
9/3/2003	43,67	9/4/2003	85,57	9/5/2003	51,07	9/6/2003	67,75	9/7/2003	75,56	9/8/2003	41,18
10/3/2003	49,04	10/4/2003	35,11	10/5/2003	41,42	10/6/2003	70,69	10/7/2003	49,16	10/8/2003	49,6
11/3/2003		11/4/2003	49,99	11/5/2003	59,3	11/6/2003	58,33	11/7/2003	28,32	11/8/2003	68,41
12/3/2003	43,85	12/4/2003	106,74	12/5/2003	78,79	12/6/2003	74,74	12/7/2003	44,47	12/8/2003	75,78
13/3/2003	59,05	13/4/2003	61,01	13/5/2003	75,77	13/6/2003	90,13	13/7/2003	40,92	13/8/2003	100,63
14/3/2003	121,51	14/4/2003	76,93	14/5/2003	84,71	14/6/2003	119,9	14/7/2003	57,4	14/8/2003	109,01
15/3/2003	111,37	15/4/2003	68,47	15/5/2003	63,99	15/6/2003	91,03	15/7/2003	63,91	15/8/2003	74,65
16/3/2003	93,01	16/4/2003	129,1	16/5/2003	64,01	16/6/2003	75,96	16/7/2003	88,56	16/8/2003	92,22
17/3/2003	53,26	17/4/2003	90,1	17/5/2003	67,29	17/6/2003	100,35	17/7/2003	76,53	17/8/2003	80,22
18/3/2003	61,77	18/4/2003	69,83	18/5/2003	107,21	18/6/2003	147,22	18/7/2003	78,23	18/8/2003	79,99
19/3/2003	82,43	19/4/2003	57,97	19/5/2003	130,06	19/6/2003	92,99	19/7/2003	85,6	19/8/2003	104,29
20/3/2003	133,43	20/4/2003	52,31	20/5/2003	78,02	20/6/2003	105,14	20/7/2003	104,7	20/8/2003	105,1
21/3/2003	55,14	21/4/2003	69,9	21/5/2003	105,93	21/6/2003	92,22	21/7/2003	100,2	21/8/2003	131,26
22/3/2003	40,98	22/4/2003	96,69	22/5/2003	75,12	22/6/2003	138,18	22/7/2003	104,9	22/8/2003	126,34
23/3/2003	43,77	23/4/2003	75,44	23/5/2003	44,64	23/6/2003	96,87	23/7/2003	116,2	23/8/2003	167,58
24/3/2003	54,05	24/4/2003	111,01	24/5/2003	56,81	24/6/2003	104,81	24/7/2003	91,39	24/8/2003	100,43
25/3/2003	60,17	25/4/2003	101,23	25/5/2003	62,57	25/6/2003	155,04	25/7/2003	90,97	25/8/2003	40,22
26/3/2003	35,93	26/4/2003	123,2	26/5/2003	71,78	26/6/2003	110,92	26/7/2003	83,46	26/8/2003	44,1
27/3/2003	110,14	27/4/2003	95,13	27/5/2003	56,56	27/6/2003	132,91	27/7/2003	42,19	27/8/2003	59,36
28/3/2003	62,92	28/4/2003	117,38	28/5/2003	124,46	28/6/2003	89,99	28/7/2003	71,26	28/8/2003	40,91
29/3/2003	62,94	29/4/2003	142,54	29/5/2003	86,79	29/6/2003	128,67	29/7/2003	84,80	29/8/2003	39,24
30/3/2003	111,63	30/4/2003	109,75	30/5/2003	130,42	30/6/2003	77,56	30/7/2003	81,36	30/8/2003	64,09
31/3/2003	112,35			31/5/2003	76,77			31/7/2003	126,6	31/8/2003	30,59

APÊNDICE 3: Dados referentes às Internações por Doenças Respiratórias e Sibilância.

Set/02	Dia da semana	Total de consultas	Doenças respiratórias	Sibilância	Out/02	Dia da semana	Total de consultas	Doenças respiratórias	Sibilância
Dia					Dia				
1	Dom	172	96	?	1	3ª	195	113	33
2	2ª	271	162	25	2	4ª	207	123	37
3	3ª	236	155	23	3	5ª	202	101	22
4	4ª	260	149	23	4	6ª	180	90	23
5	5ª	258	137	21	5	Sab	154	80	17
6	6ª	227	111	16	6	Dom	164	71	18
7	Sab	173	93	13	7	2ª	229	128	17
8	Dom	172	102	20	8	3ª	191	86	14
9	2ª	241	134	26	9	4ª	188	104	24
10	3ª	215	137	13	10	5ª	202	90	19
11	4ª	239	139	13	11	6ª	180	93	21
12	5ª	217	122	7	12	Sab	170	69	12
13	6ª	219	113	17	13	Dom	182	80	13
14	Sab	184	99	13	14	2ª	237	123	22
15	Dom	171	75	13	15	3ª	234	108	23
16	2ª	255	150	26	16	4ª	247	122	20
17	3ª	225	126	19	17	5ª	229	121	21
18	4ª	247	145	24	18	6ª	181	77	13
19	5ª	205	107	8	19	Sab	162	70	7
20	6ª	153	96	13	20	Dom	154	82	14
21	Sab	166	87	16	21	2ª	233	118	23
22	Dom	177	66	21	22	3ª	217	106	20
23	2ª	204	117	23	23	4ª	170	87	20
24	3ª	147	74	13	24	5ª	211	93	9
25	4ª	155	69	13	25	6ª	163	81	17
26	5ª	191	96	20	26	Sab	156	84	12
27	6ª	153	89	14	27	Dom	164	85	19
28	Sab	166	93	25	28	2ª	214	88	16
29	Dom	163	85	16	29	3ª	214	101	23
30	2ª	273	120	23	30	4ª	213	90	17
					31	5ª	178	76	8

Nov/02 Dia	Dia da semana	Total de consultas	Doenças respiratórias	Sibilância	Dez/02 Dia	Dia da semana	Total de consultas	Doenças respiratórias	Sibilância
1	6ª	177	88	23	1	Dom	170	68	16
2	Sab	148	63	13	2	2ª	175	76	14
3	Dom	160	70	7	3	3ª	189	87	7
4	2ª	221	105	15	4	4ª	202	98	17
5	3ª	172	86	14	5	5ª	182	93	12
6	4ª	167	83	18	6	6ª	172	74	16
7	5ª	151	68	10	7	Sab	173	58	18
8	6ª	194	91	20	8	Dom	153	67	14
9	Sab	137	66	17	9	2ª	219	104	19
10	Dom	163	72	20	10	3ª	175	75	15
11	2ª	196	107	14	11	4ª	182	101	17
11	3ª	176	79	14	12	5ª	199	87	13
12	4ª	151	86	24	13	6ª	197	90	19
14	5ª	199	75	12	14	Sab	168	84	22
15	6ª	182	72	14	15	Dom	143	76	14
16	Sab	162	76	15	16	2ª	175	78	14
17	Dom	158	65	14	17	3ª	187	90	22
18	2ª	208	109	12	18	4ª	166	79	12
19	3ª	218	104	12	19	5ª	188	95	17
20	4ª	214	106	18	20	6ª	195	84	26
21	5ª	217	91	12	21	Sab	170	68	15
22	6ª	204	97	19	22	Dom	165	81	14
23	Sab	188	101	27	23	2ª	181	92	21
24	Dom	161	57	13	24	3ª	141	64	20
25	2ª	187	89	16	25	4ª	139	51	9
26	3ª	178	78	15	26	5ª	227	92	13
27	4ª	184	82	18	27	6ª	199	87	23
28	5ª	220	101	20	28	Sab	169	93	20
29	6ª	179	89	18	29	Dom	160	77	15
30	Sab	181	81	17	30	2ª	212	103	29
		31	3ª	126	65	11			

Jan/03 Dia	Dia da semana	Total de consultas	Doenças respiratórias	Sibilância	Fev/03 Dia	Dia da semana	Total de consultas	Doenças respiratórias	Sibilância
1	4ª	159	68	11	1	Sab	121	33	7
2	5ª	162	88	8	2	Dom	116	38	12
3	6ª	169	90	30	3	2ª	116	47	3
4	Sab	182	82	12	4	3ª	139	42	11
5	Dom	156	63	14	5	4ª	119	41	15
6	2ª	210	106	20	6	5ª	140	50	21
7	3ª	171	76	14	7	6ª	138	55	17
8	4ª	180	79	16	8	Sab	140	55	17
9	5ª	179	63	15	9	Dom	127	40	12
10	6ª	152	54	15	10	2ª	148	56	10
11	Sab	167	69	17	11	3ª	185	63	12
12	Dom	126	38	13	12	4ª	177	69	14
13	2ª	184	78	15	13	5ª	191	71	15
14	3ª	161	60	25	14	6ª	158	62	17
15	4ª	153	68	9	15	Sab	133	57	19
16	5ª	145	50	12	16	Dom	120	43	10
17	6ª	115	46	10	17	2ª	151	56	10
18	Sab	125	43	12	18	3ª	176	61	5
19	Dom	127	43	7	19	4ª	164	79	23
20	2ª	163	55	20	20	5ª	185	68	6
21	3ª	124	49	11	21	6ª	163	75	21
22	4ª	132	52	11	22	Sab	163	67	19
23	5ª	148	53	9	23	Dom	144	66	13
24	6ª	141	56	16	24	2ª	206	90	20
25	Sab	140	56	18	25	3ª	196	87	14
26	Dom	115	42	10	26	4ª	197	100	23
27	2ª	137	53	12	27	5ª	173	76	17
28	3ª	117	55	24	28	6ª	169	81	15
29	4ª	93	46	14					
30	5ª	136	39	10					
31	6ª	135	50	10					

Mai/03 Dia	Dia da semana	Total de consultas	Doenças respiratórias	Sibilância	Jun/03 Dia	Dia da semana	Total de consultas	Doenças respiratórias	Sibilância
1	5ª	227	113	36	1	Dom	272	167	47
2	6ª	200	113	35	2	2ª	336	214	46
3	Sab	215	129	54	3	3ª	357	218	71
4	Dom	207	113	41	4	4ª	317	195	49
5	2ª	219	144	45	5	5ª	308	189	68
6	3ª	217	127	42	6	6ª	271	144	43
7	4ª	205	141	29	7	Sab	275	145	44
8	5ª	189	114	34	8	Dom	283	152	43
9	6ª	177	117	39	9	2ª	403	250	44
10	Sab	212	131	44	10	3ª	348	215	56
11	Dom	156	85	32	11	4ª	358	213	53
12	2ª	311	200	50	12	5ª	341	208	48
13	3ª	245	160	33	13	6ª	291	152	37
14	4ª	220	124	41	14	Sab	316	162	47
15	5ª	266	168	57	15	Dom	315	192	42
16	6ª	247	141	51	16	2ª	399	263	36
17	Sab	251	152	46	17	3ª	341	227	55
18	Dom	235	141	53	18	4ª	346	221	50
19	2ª	328	212	75	19	5ª	345	175	26
20	3ª	292	182	38	20	6ª	365	203	84
21	4ª	273	177	59	21	Sab	320	215	70
22	5ª	296	183	68	22	Dom	339	193	42
23	6ª	232			23	2ª	385	234	34
24	Sab	230	137	48	24	3ª	343	226	57
25	Dom	194	100	33	25	4ª	350	250	65
26	2ª	258	165	42	26	5ª	344	227	54
27	3ª	273	177	35	27	6ª	301	171	40
28	4ª	272	187	57	28	Sab	301	200	53
29	5ª	298	188	60	29	Dom	282	169	29
30	6ª	242	154	66	30	2ª	386	249	34
		31	Sab	237	126	46			

Jul/03 Dia	Dia da semana	Total de consultas	Doenças respiratórias	Sibilância	Ago/03 Dia	Dia da semana	Total de consultas	Doenças respiratórias	Sibilância
1	3ª	319	209	33	1	6ª	158	73	24
2	4ª	319	219	45	2	Sab	158	73	27
3	5ª	334	231	34	3	Dom	135	58	11
4	6ª	288	187	40	4	2ª	201	99	23
5	Sab	270	169	49	5	3ª	164	71	16
6	Dom	321	196	18	6	4ª	148	70	11
7	2ª	332	204	35	7	5ª	157	68	16
8	3ª	333	226	54	8	6ª	135	72	14
9	4ª	298	189	51	9	Sab	128	67	26
10	5ª	285	186	42	10	Dom	112	45	16
11	6ª	220	149	31	11	2ª	190	111	33
12	Sab	207	121	33	12	3ª	169	101	37
13	Dom	213	116	27	13	4ª	169	100	27
14	2ª	263	160	19	14	5ª	198	97	28
15	3ª	212	146	15	15	6ª	133	75	24
16	4ª	214	111	19	16	Sab	163	88	24
17	5ª	202	118	32	17	Dom	154	82	24
18	6ª	161	96	21	18	2ª	193	117	44
19	Sab	161	85	14	19	3ª	190	102	19
20	Dom	202	111	15	20	4ª	187	112	28
21	2ª	232	148	28	21	5ª	188	112	16
22	3ª	192	109	15	22	6ª	186	115	24
23	4ª	199	104	15	23	Sab	196	84	35
24	5ª	194	107	22	24	Dom	185	98	29
25	6ª	206	106	25	25	2ª	192	109	19
26	Sab	172	86	20	26	3ª	173	96	24
27	Dom	128	60	22	27	4ª	156	93	31
28	2ª	188	100	17	28	5ª	156	83	19
29	3ª	171	88	11	29	6ª	141	86	19
30	4ª	173	100	25	30	Sab	129	71	22
31	5ª	168	83	9	31	Dom	130	66	21