



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS



ESTUDO DE ÍONS MAIORES NO EXTRATO AQUOSO DE PARTICULADO ATMOSFÉRICO EM SÃO JOSÉ DOS CAMPOS

RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

(PIBIC/CNPq/INPE)

Welison Michael Guimarães Andrade (Universidade Paulista - UNIP, Bolsista
PIBIC/CNPq)
E-mail: welison_mga@yahoo.com.br

Dra. Maria Cristina Forti (CST/ INEP, Orientador)
E-mail: cristina.forti@inpe.br

COLABORADORA

Roberta Lee Maciviero Alcaide (Bolsista PCI/DTI/CST)

Julho de 2013

RESUMO

Para deprender os processos de emissão, transformação e contaminação da atmosfera urbana por poluentes é de suma relevância observar diferentes parâmetros de qualidade para identificar e quantificar espécies químicas, principalmente em áreas com forte influência antropogênicas, pois a atividade industrial e a frota de veículos automotores são os principais responsáveis pela emissão de gases e particulados na atmosfera. Em meio a outros poluentes atmosféricos, o material particulado inalável em suspensão (com diâmetro aerodinâmico menor que $10 \mu\text{m}$) tem grande importância devido à sua composição química complexa, suas propriedades físicas e os impactos nocivos na saúde humana. Neste estudo de caso, a composição química do material particulado inalável (MP_{10}) foi determinada dosando-se os ânions (cloreto, nitrato e sulfato) e os cátions (sódio, amônio, potássio, cálcio e magnésio) maiores no extrato aquoso. O MP_{10} foi obtido em períodos de 24 horas no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) de São José dos Campos-SP entre Março de 2010 a Fevereiro de 2011 abrangendo os períodos seco e chuvoso. As coletas foram realizadas com o auxílio de um amostrador dicotômico instalado a cerca de 20 m acima do solo no edifício CEA, tendo como substrato de coleta filtros de policarbonato. Através de análise gravimétrica estabeleceu-se a massa das frações do MP_{10} e para a análise dos íons no extrato aquoso utilizou-se da técnica de cromatografia a líquido de íons. A comparação entre o período chuvoso e seco para a fração grossa ($\text{MP}_{2,5-10}$) aponta uma relação inversa entre a precipitação anual (P) e a concentração média anual de $\text{MP}_{2,5-10}$, pois para o período seco temos: $P= 114,2 \text{ mm}$; $\text{MP}_{2,5-10}= 8,42 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ e para o período chuvoso $P=1104,6 \text{ mm}$; $\text{MP}_{2,5-10}=5,44 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, já para a fração fina ($\text{MP}_{2,5}$) a concentração média anual não apresentou alterações significativas entre o período seco: $P=114,2 \text{ mm}$; $\text{MP}_{2,5}= 3,95 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ e chuvoso: $P= 1104,6 \text{ mm}$; $\text{MP}_{2,5}= 3,63\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Quanto à concentração média dos íons maiores verificou-se que para o $\text{MP}_{2,5-10}$ a ordem decrescente dos íons é: nitrato, cálcio, sulfato, sódio, cloreto, potássio, amônio e magnésio e para o $\text{MP}_{2,5}$ a ordem de predominância é: sulfato, sódio, nitrato, cálcio, potássio, cloreto, magnésio e amônio.

Lista de Figuras

Figura 1 Localização da amostragem- INPE SJCampos	9
Figura 2 Medidor de volume e bomba de vácuo isenta de óleo.....	9
Figura 3 Porta filtro desmontado e Porta filtro montado.....	10
Figura 4 Cromatógrafo líquido de troca iônica.....	11

Lista de tabelas

Tabela 1 : Estatística para as concentrações em massa para a fração fina (FF) e grossa (FG), em $\mu\text{g.m}^{-3}$ do material particulado.	12
Tabela 2 Estatística para as concentrações das espécies catiônicas do material particulado fino (FF) e grosso (FG), em ng.m^{-3} , no período total (Tot), seco (SE) e chuvoso (CH).....	14
Tabela 3 Estatística para as concentrações das espécies aniônicas do material particulado fino (FF) e grosso (FG), em ng.m^{-3} , no período total (Tot), seco (SE) e chuvoso (CH).....	15

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	6
2. MATERIAIS E MÉTODO.....	8
2.1 Local de Estudo.....	8
2.2 Amostragem.....	8
2.3 Análises Gravimétricas.....	10
2.4 Preparação do Extrato Aquoso.....	10
2.5 Análises Químicas.....	11
2.5 Análises Estatística.....	12
3. RESULTADOS.....	12
3.1 Resultados Estatísticos.....	12
3.2 Disposição das concentrações das diferentes espécies iônicas em porcentagem.....	16
4. CONCLUSÃO	19
5. REFERÊNCIAS.....	20

1. INTRODUÇÃO

Para depreender os processos de emissão, transformação e contaminação da atmosfera urbana por poluentes é de suma relevância observar diferentes parâmetros de qualidade para identificar e quantificar espécies químicas, principalmente em áreas com forte influência antropogênicas, pois a atividade industrial e a frota de veículos automotores são os principais responsáveis pela emissão de gases e particulados na atmosfera. Em meio a outros poluentes atmosféricos, o material particulado inalável em suspensão (com diâmetro aerodinâmico menor que $10\ \mu\text{m}$) tem grande importância devido à sua composição química complexa e suas propriedades físicas. Tratamos a expressão Material Particulado para um composto de partículas sólidas e gotas de líquidos que se mantém suspenso na atmosfera devido suas dimensões pequenas. Conforme a origem as partículas em suspensão podem ser provenientes por fontes naturais como pólen, aerossol marinho e solo e por fontes antropogênicas, que são resultados principalmente da combustão da frota de veículos automotores e dos processos industriais. Algumas, por sua vez, podem ser visíveis, como a fumaça ou a fuligem, enquanto outras são apenas visíveis com o auxílio do microscópio.

A composição química do material particulado inalável (MP_{10}) tem sido o foco de muitos estudos sobre seus impactos nocivos na saúde humana, pois são responsáveis por insuficiências respiratórias devido sua deposição nos pulmões, resultando num aumento de atendimentos hospitalares e até mesmo mortes prematuras. Causam também impactos ao meio ambiente, como danos a vegetação, contaminação do solo e redução da visibilidade.

Apesar da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) ter ampliado nos últimos anos a rede de fiscalização e monitoramento do MP_{10} , é usado como parâmetro principalmente a concentração do MP_{10} nos grandes centros urbanos. Dessa forma, torna-se suma importância expandir essas avaliações para outras cidades, como as de médio porte, visto que pouco se conhece das características físico-químicas e dos efeitos da poluição nessas cidades. A partir desse argumento, foi optado o município de São José dos Campos como alvo do estudo, pelo seu porte e pela concentração de grandes indústrias, uma vez que a cidade conta apenas com uma rede

de monitoramento automática para MP₁₀, analisando apenas a concentração em massa do material particulado. Dessa forma o presente trabalho visa evidenciar quimicamente o aerossol local, aferindo algumas espécies em sua fração solúvel, estimando as diferenças entre o período chuvoso e seco.

2. MATERIAIS E MÉTODO

2.1 Local de Estudo

O estudo foi realizado no município de São José dos Campos, localizado no Estado de São Paulo, nas coordenadas geográficas 23°10'47" latitude Sul e 45°53'14" latitude Oeste, com altitude média de 600 m. A evolução da industrialização do município assumiu impulso desde a instalação, em 1950, do então Centro Técnico Aeroespacial (CTA) - hoje Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA) . Nas décadas seguintes, com a economia industrial se estabilizando, a cidade relatou crescimento demográfico relevante, que por consequência agilizou o processo de urbanização. Hoje São José dos Campos tem uma área de 1.099,409 Km², sendo 361,95 Km² de área urbana, 734,39 Km² de área rural e tendo o distrito de São Francisco Xavier com 3,26 Km². A população total é calculada em 629.921 habitantes (IBGE-2013). O clima do município é tropical sub-quento com período de seca no outono-inverno e chuvoso na primavera-verão.

2.2 Amostragem

As amostras foram obtidas em períodos de 24 horas no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) de São José dos Campos-SP (Figura 1) entre Março de 2010 a Fevereiro de 2011 abrangendo os períodos seco e chuvoso. As coletas foram realizadas com o auxílio de um coletor dicotômico (Figura 2) instalado a cerca de 20 m acima do solo no edifício CEA. Esse tipo de amostrador proporcionou coletar amostras com diâmetro aerodinâmico inferior a 10 µm (particulado inalável) divididas em MP_{2,5-10} e MP_{>2,5} para a dosagem dos ânions (cloreto, nitrato e sulfato) e os cátions (sódio, amônio, potássio, cálcio e magnésio) maiores no extrato aquoso. Tendo como substrato de coleta membranas de policarbonato (Millipore), com diâmetro de 47 mm e 0,4 µm de porosidade para a moda fina e 8,0 µm de porosidade para a moda grossa, montadas em um porta filtro (figura 3) que foi conectado ao amostrador. (Ferreira et al, 2011).



Figura 1: Localização da amostragem- INPE SJCampos, Google Earth (2010), UTM 23K 412063 L, 7433263 S, 617 M



Figura 2: Foto do medidor de volume e bomba de vácuo isenta de óleo a esquerda. Foto do amostrador dicotômico a direita; Autora: Mariana de A. Souza (04/11/2011)



Figura 3: Porta filtro desmontado e Porta filtro montado; Autora: Mariana de A. Souza (16/07/2012)

2.3 Análises Gravimétricas

Empregou-se uma balança de precisão com cinco casas decimais da marca Shimadzu modelo AUW220D na pesagem dos filtros antes e após as coletas. Anteriormente às pesagens, os filtros foram equilibrados em um dessecador por 24 horas. As cargas eletrostáticas foram retiradas com o auxílio de um equipamento da marca Shimadzu modelo Stablo-EX. E quanto à concentração volumétrica do particulado tanto na moda fina como na grossa foi calculada efetuando a diferença entre o peso final e o inicial do filtro dividida pelo volume amostrado. (Ferreira et al, 2011).

2.4 Preparação do Extrato Aquoso

A partir do material particulado apanhado nos filtros de policarbonato, fez-se o extrato aquoso. Removeu-se os filtros do porta-filtro e transportou-os para frascos de polietileno de alta densidade. Posteriormente, adicionou-se gravimetricamente cerca de 30 mL de água deionizada tipo II (condutividade 18 M Ω) nos frascos receptores, utilizando uma balança Marte com duas casas decimais, modelo AS-F1. As amostras foram expostas, por 30 minutos, ao aparelho de ultrassom da marca Unique, agilizando seu processo de solubilização. Em seguida realizou-se a filtragem final, com água

deionizada do tipo II, enxaguou-se os porta-filtro e a seringa por cinco vezes. O filtro (membrana de acetato de celulose) foi mais uma vez inserido no porta-filtro, enxaguando-o com uma vez o volume da seringa (30mL). Em seguida, a seringa, o filtro e o porta-filtro foram enxaguados com uma alíquota retirada do extrato aquoso (5mL), nesta etapa foram utilizados filtros de membrana com poros de 0,22 μm e a solução foi armazenada em frascos de polietileno de alta densidade para análise dos ânions e cátions de interesse (Ferreira et al, 2011). As amostras foram armazenadas à 4°C. (Ferreira et al, 2011).

2.5 Análises químicas

Para a análise dos íons no extrato aquoso utilizou-se da técnica de cromatografia a líquido de íons, com um equipamento 850 Professional IC Metrohm (Figura 4) com detector de condutividade elétrica, no laboratório de Aerossóis, Soluções Aquosas e Tecnologia (LAQUATEC) no INPE. A mistura das espécies é separada pela técnica de cromatografia, através de análises físico-químicas. A separação ocorre em duas fases, sendo a primeira fase estacionária e a segunda móvel, fluindo em uma determinada direção. (Forti e Alcaide, 2011a, 2011b).



Figura 4: Foto Cromatógrafo líquido de troca iônica; Autor (a): Roberta Lee M. Alcaide (2011) INPE – SJC

2.6 Análise Estatística

Os dados foram estudados através de estatísticas descritivas das concentrações em massa do material particulado fino (MP_{2,5}) e grosso (MP_{2,5-10}) e das diferentes espécies químicas (catiônicas e aniônicas) levando em consideração os períodos chuvoso e seco utilizando o programa “Statgraphics®CenturionXV (USER MANUAL,2005)”.

3. RESULTADOS

3.1 Resultados estatísticos

Tabela 1: Estatística para as concentrações em massa para a fração fina (FF) e grossa (FG), em $\mu\text{g.m}^{-3}$ do material particulado.

PERÍODO	TOTAL		CHUVOSO		SECO	
Prec (mm)	1218,8		1104,6		114,2	
MP	FF	FG	FF	FG	FF	FG
N	258	262	171	171	87	91
MA $\mu\text{g.m}^{-3}$	4,43	7,93	4,21	6,56	4,88	10,5
MD $\mu\text{g.m}^{-3}$	4,04	6,66	3,84	5,7	4,66	9,35
MG $\mu\text{g.m}^{-3}$	3,74^a	6,33^a	3,63^{bd}	5,44^{be}	3,95^{cd}	8,42^{ce}
DP $\mu\text{g.m}^{-3}$	2,45	5,15	2,24	3,73	2,77	6,35
Mín $\mu\text{g.m}^{-3}$	0,228	0,084	0,517	0,084	0,228	1,4
Máx $\mu\text{g.m}^{-3}$	13,3	29,7	13,3	18,8	12,6	29,7
Obliq	5,94	7,93	5,77	5,71	2,22	2,37
Ach	2,47	4,48	3,91	2,69	-0,1	-0,449

Onde: Prec: precipitação (mm);

N: número de amostras;

MG: média geométrica;

MA: média aritmética;

MD: mediana;

DP: desvio padrão;

Mín: mínimo;

Max: máximo;

Obliq: Obliquidade;

Ach.: Achatamento.

Valores com a mesma letra apresentam diferenças estatisticamente significativas.

Realizou-se um confronto entre o período chuvoso e seco para o particulado fino e a mesma para o grosso. Esta comparação foi feita para determinar a influência da precipitação sobre a massa do particulado. Através do teste t-Student com 95% de confiança notou-se que há diferenças estatisticamente expressivas para os valores médios das concentrações do material particulado fino e grosso entre os períodos chuvoso e seco. A comparação entre o período chuvoso e seco para a fração grossa ($MP_{2,5-10}$) aponta uma relação inversa entre a precipitação anual (P) e a concentração média anual de $MP_{2,5-10}$, pois para o período seco temos: $P=114,2$ mm ; $MP_{2,5-10}=8,42$ $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ e para o período chuvoso $P=1104,6$ mm; $MP_{2,5-10}=5,44$ $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, já para a fração fina ($MP_{2,5}$) a concentração média anual não apresentou alterações significativas entre o período seco: $P=114,2$ mm; $MP_{2,5}=3,95$ $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ e chuvoso: $P=1104,6$ mm; $MP_{2,5}=3,63$ $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Logo, a quantidade de chuva tem influência significativa nas concentrações do particulado tanto para a fração grossa como para a fina.

Freitas & Solci (2009) mostraram que a precipitação é um processo eficiente na remoção do particulado presente na atmosfera, já que uma parcela significativa dessas partículas, inclusive os poluentes, é incorporada à água da chuva, e o solo úmido evita que haja resuspensão das partículas para a atmosfera. Este comportamento também foi observado por Ferreira, et al. (2011), confirmando que a variabilidade do MP_{10} estudado está associado às condições meteorológicas do local, para cada período estudado, principalmente à precipitação, admitindo que no período chuvoso há uma menor concentração do particulado em sua fração grossa.

Para comparar a influência do tipo de fonte sobre o particulado, comparou-se a moda fina com a grossa para cada período sazonal, através do teste t-student com 95% de confiança. O teste revelou que existem diferenças estatisticamente significativas entre as concentrações para o mesmo período do ano. Com isso, conclui-se que as fontes do material particulado fino são diferentes daquelas do material particulado grosso.

Os resultados médios adquiridos no presente trabalho são inferiores aos determinados pela legislação brasileira, CONAMA/nº 03/90 de 28/06/1990, que é de 50 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, valor máximo permitido no intervalo de um ano, e também não excedem o valor de 20 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ estabelecido pela Organização Mundial da Saúde (OMS).

Tabela 2: Estatística para as concentrações das espécies catiônicas do material particulado fino (FF) e grosso (FG), em ng.m⁻³, correspondente ao período total (Tot), seco (SE) e chuvoso (CH) onde N: número de amostras; MA: média aritmética; DP: desvio padrão; Min: mínimo; Max: máximo. Valores com a mesma letra e para a mesma espécie, não apresentam diferença estatisticamente significativa.

	N	MA	DP	Mín	Max
ng.m ⁻³					
Na ⁺					
Tot-FF	258	3,63	2,86	0,000	14,8
Tot-FG	262	4,84	4,08	0,000	25,4
CH-FF	171	4,44 ^a	3,07	0,000	14,8
CH-FG	171	4,96 ^{ab}	4,42	0,000	25,4
SE-FF	87	2,03	1,36	0,020	6,16
SE-FG	91	4,62 ^b	3,36	0,032	20,07
NH ₄ ⁺					
Tot-FF	258	0,022	0,029	0,000	0,199
Tot-FG	262	1,67	3,27	0,000	27,3
CH-FF	171	0,028	0,033	0,000	0,199
CH-FG	171	1,32 ^b	2,34	0,000	20,2
SE-FF	87	0,011	0,015	0,000	0,867
SE-FG	91	2,18 ^b	4,49	0,000	27,3
K ⁺					
Tot-FF	258	26,6	27,9	0,000	157
Tot-FG	261	34,5	37,9	0,000	287
CH-FF	171	19,0	18,4	0,000	100
CH-FG	171	31,2 ^b	37,0	0,000	287
SE-FF	87	41,4	36,7	0,000	157
SE-FG	90	40,7 ^b	39,1	0,000	223
Mg ²⁺					
Tot-FF	258	5,51	8,88	0,000	53,8
Tot-FG	262	26,9	18,6	0,000	101
CH-FF	171	4,29	7,10	0,000	53,8
CH-FG	171	22,9	16,8	0,000	101
SE-FF	87	7,89	11,3	0,000	51,4
SE-FG	91	34,5	19,6	0,000	78,9
Ca ²⁺					
Tot-FF	258	36,5	70,1	0,000	544
Tot-FG	261	160	130	0,000	815
CH-FF	171	28,4	61,7	0,000	544
CH-FG	170	127	103	0,000	558
SE-FF	87	52,5	82,3	0,000	394
SE-FG	91	221	153	0,000	815

Tabela 3 - Estatística para as concentrações das espécies aniônicas do material particulado fino (FF) e grosso (FG), em ng.m^{-3} , correspondente ao período total (Tot), seco (SE) e chuvoso (CH) onde N: número de amostras; MA: média aritmética; DP: desvio padrão; Min: mínimo; Max: máximo. Valores para uma mesma espécie marcados com a mesma letra não apresentam diferença estatisticamente significativa.

	N	MA	DP	Mín	Max
	ng.m^{-3}				
Cl^-					
Tot-FF	258	9,25	31,2	0,000	188
Tot-FG	262	79,1	139	0,000	1073
CH-FF	171	13,3	37,5	0,000	188
CH-FG	171	85,6 ^b	160	0,000	1073
SE-FF	87	1,27	6,24	0,000	43,5
SE-FG	91	67,0 ^b	85,2	0,000	450
NO_3^-					
Tot-FF	258	76,6	102	0,000	599
Tot-FG	262	262	221	0,000	1072
CH-FF	171	87,3	105	0,000	599
CH-FG	171	224	204	0,000	1072
SE-FF	87	55,5	94,5	0,000	551
SE-FG	91	333	235	0,000	1034
SO_4^{2-}					
Tot-FF	257	432	356	0,000	1835
Tot-FG	262	139	145	0,000	1093
CH-FF	170	437 ^b	363	0,000	1835
CH-FG	171	112	124	0,000	728
SE-FF	87	422 ^b	345	0,000	1733
SE-FG	91	191	166	0,000	1093

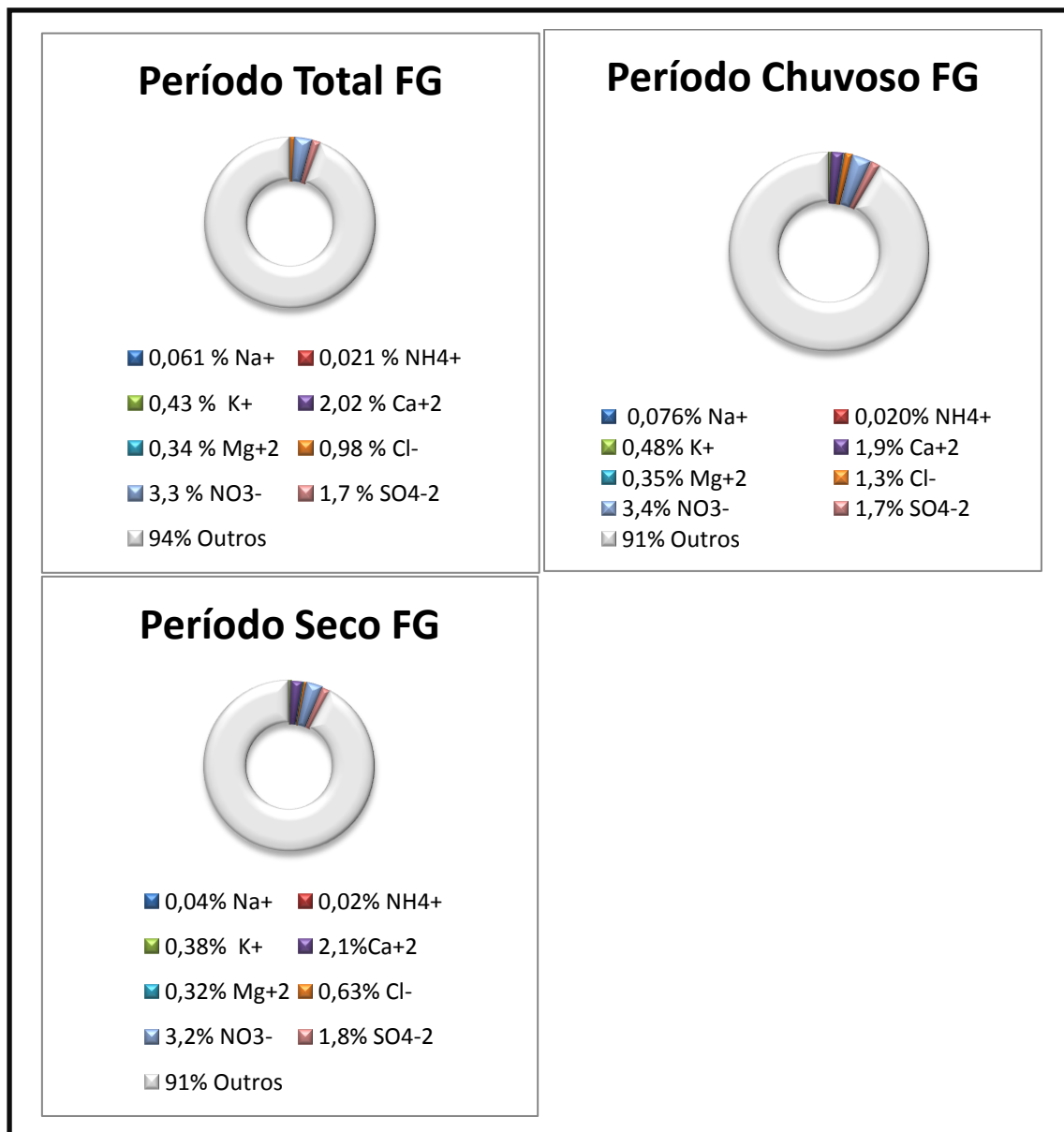
O cloreto (Cl^-) em sua fração grossa em ambos os períodos não revelou diferença estatisticamente significativa, isso indica que sua principal fonte deve ser marítima como apontado por Ferreira, et al. (2011). Entretanto, de acordo com Freitas & Solci (2008) o cloreto presente na fração fina pode ser resultante de processos recentes de transformação como emissões oriundas da combustão (lixo, biomassa). Para o íon potássio (K^+) também não houve diferença estatisticamente significativa para a fração grossa quando comparada em ambos os períodos. O K^+ presente na fração fina é formado essencialmente pela queima de biomassa, já o presente na fração grossa é preponderante da vegetação. Em relação ao sulfato (SO_4^{2-}) não houve diferença estatisticamente expressiva quando comparado os valores da fração fina em ambos os períodos, sugerindo que esta espécie tem uma fonte contínua ao longo do ano e que, durante períodos de chuva, este íon não é removido de forma eficiente.

Para todos os outros valores de concentração dos íons, observam-se diferenças estatisticamente significativa tanto quando são comparadas as diferenças relacionadas à estação do ano quanto quando são comparadas as frações. É o que ocorre com os valores dos íons magnésio (Mg^{2+}), cálcio (Ca^{2+}) e nitrato (NO_3^-).

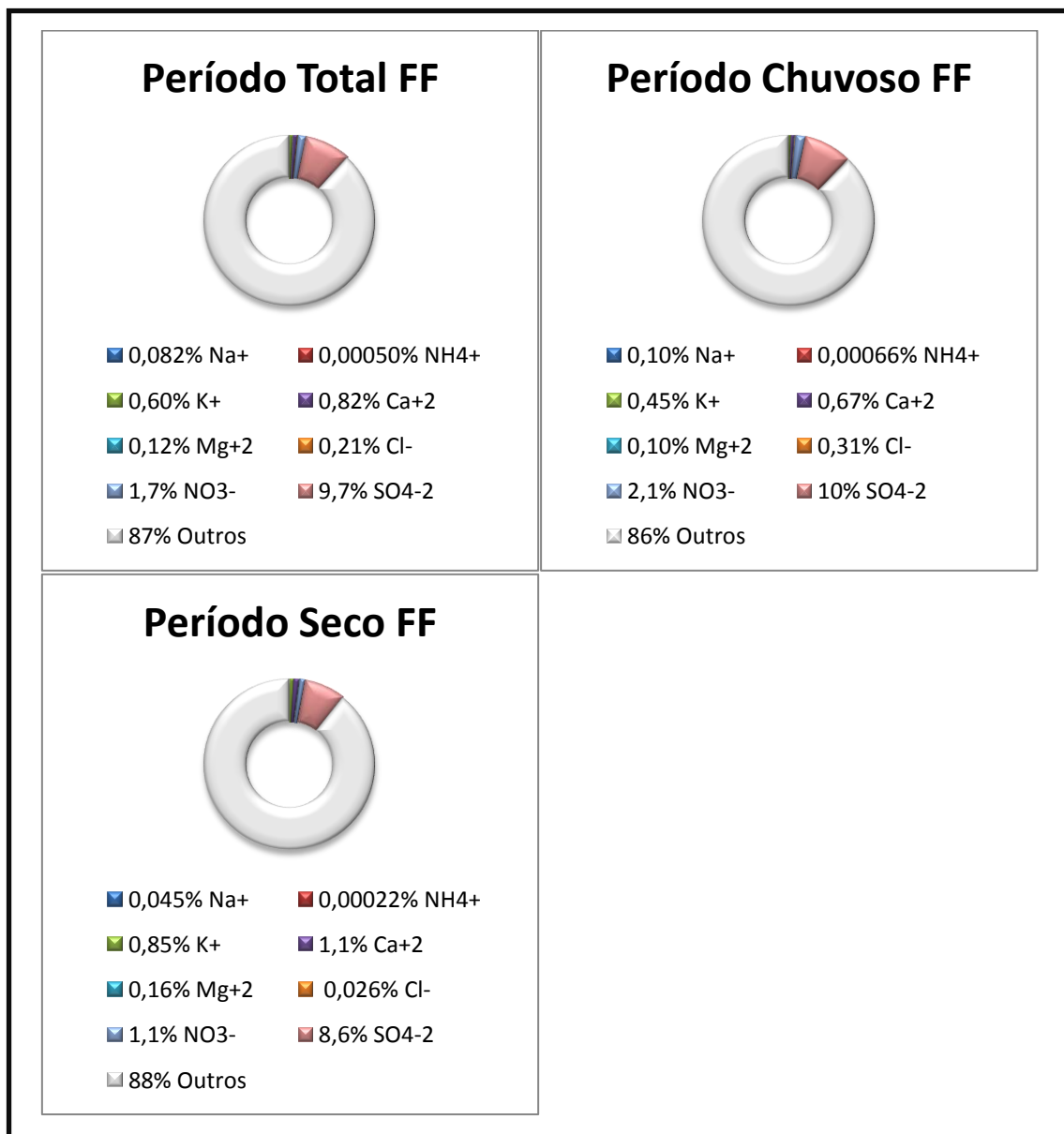
3.2 Disposição das concentrações das diferentes espécies iônicas em porcentagem

Nos gráficos exibem-se as contribuições de cada espécie química tanto no $MP_{2,5-10}$ (FG) como no $MP_{2,5}$ (FF) em porcentagem relativa a um grama da massa total do particulado nos períodos seco e chuvoso.

Distribuição percentual das concentrações das diferentes espécies iônicas, em relação ao total de particulado para a fração grossa; período total (8,9%); período seco (8,5%) e período chuvoso (9,2%).



Distribuição percentual das concentrações das diferentes espécies iônicas, em relação ao total de particulado para a fração fina; período total (13%); período seco (12%) e período chuvoso (14%).



A ordem dos percentuais observada para a fração grossa é: nitrato, cálcio, sulfato, cloreto, potássio, magnésio, sódio e amônio, e para o fino: sulfato, nitrato, cálcio, potássio, cloreto, magnésio, sódio e amônio.

4. CONCLUSÃO

Com base nos resultados concluímos que ao se referir em material particulado inalável, a qualidade do município de São José dos Campos é considerada boa, segundo a legislação nacional de qualidade do ar que define uma concentração média anual de 50 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (CONAMA).

O estudo realizado permitiu caracterizar quimicamente o material particulado, em sua moda fina e grossa, auxiliando para estudos relacionados ao monitoramento da qualidade do ar. Este trabalho permitiu também, examinar o conteúdo de íons maiores (cloreto, nitrato, sulfato, sódio, amônio, potássio, cálcio e magnésio) no extrato aquoso do particulado em suas frações fina e grossa.

5. REFERÊNCIAS

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). Qualidade do ar. **Relatório de qualidade do ar no estado de São Paulo 2008**, Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/ar/qualidade-do-ar/31-publicacoes-e-relatorios>.

Acesso em: 18/09/2011.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução/conama/N.º 003 de 28 de junho de 1990. Publicada no D.O.U, de 22/08/90, Seção I, Págs. 15.937 a 15.939. Disponível em: <http://www.ibram.df.gov.br>
Acesso em: 14/08/2009.

COZ, E., et al. Individual particle characteristics of North African dust under different long-range transport scenarios. **Atmospheric Environment**, v. 43, p. 1850–1863, 2009.

FERREIRA, T. M., et al. **Caracterização morfológica e química do particulado atmosférico em uma região urbana: São José dos Campos**. São José dos Campos: INPE, 2011. V. 1, 66p. (sid.inpe.br/mtc-m19/2011/05.26.18.34).

Disponível em: <http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/39PAU6H>

FINKELSTEIN, M. M. et al. Environmental inequality and circulatory disease mortality gradients. **J Epidemiol Community Health**, v. 59, p. 481-487, 2005.

FORTI, M. C., et al. **Validação de métodos analíticos do laboratório de aerossóis, soluções aquosas e tecnologias - LAQUATEC**. São José dos Campos: INPE, 2011(a). v. 1, p. 52 (sid.inpe.br/mtc-m19/2011/06.03.13.48-NTC).

Disponível em: <http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/39QJ7P2>.

FORTI, M. C., et al. **Manual de procedimentos de cromatografia iônica do laboratório de aerossóis, soluções aquosas e tecnologias - LAQUATEC**. São José dos Campos: INPE, 2011(b). v. 1, 52 p. (sid.inpe.br/mtc-m19/2011/06.03.13.41-MAN).
Disponível em: <http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/39QJ77E>.

FREITAS, A. M.; SOLCI, M. C. **Caracterização do MP10 e MP2,5 e distribuição por tamanho de cloreto, nitrato e sulfato em atmosfera urbana e rural de Londrina.** Universidade Estadual de Londrina.

Disponível em: <http://quimicanova.s bq.org.br/qn/qnol/2009/vol32n7/12-AR08369.pdf>

KLUMPP, A., et al. Effects of complex air pollution on tree species of the atlantic rain forest near cubatão, Brazil. **Chemosphere**, v. 36, No. 4-5, p. 989-994, 1998.

PRENNI, A. J., et al. Relative roles of biogenic emissions and Saharan dust as ice nuclei in the Amazon basin. **Nature Geoscience**, v. 2, p. 402 - 405, 2009.

NASCIMENTO, L. F. C., et al. Efeitos da poluição atmosférica na saúde infantil em São José dos Campos, SP. **Revista Saúde Pública**, v.40, p. 77-82, 2006.