

**UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
DEPARTAMENTO DE GEOQUÍMICA
DOUTORADO EM GEOQUÍMICA AMBIENTAL**

ANDRÉA ROCHA DA SILVA

**APORTE ATMOSFÉRICO DO NITROGÊNIO
INORGÂNICO E ORGÂNICO EM ÁREA URBANA E
AGRÍCOLA NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO**

**Niterói
2009**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

ANDRÉA ROCHA DA SILVA

**APORTE ATMOSFÉRICO DO NITROGÊNIO INORGÂNICO E ORGÂNICO
EM ÁREA URBANA E AGRÍCOLA NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Doutor. Área de Concentração: Geoquímica Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. William Zamboni de Mello

NITERÓI

2009

ANDREA ROCHA DA SILVA

**APORTE ATMOSFÉRICO DO NITROGÊNIO
INORGÂNICO E ORGÂNICO EM ÁREA URBANA E
AGRÍCOLA NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do Grau de Doutor. Área de Concentração Geoquímica Ambiental

Aprovada em maio de 2009

BANCA EXAMINADORA

PROF. DR. WILLIAM ZAMBONI DE MELLO – ORIENTADOR /UFF/ RJ

PROF. DR^a ADRIANA GIODA – PUC /RJ

PROF. DR. WEBER FRIEDERICHS LANDIM DE SOUZA – INT/ RJ

PROF. DR. BASTIAAN ADRIAAN KNOPPERS – UFF/RJ

PROF. DR. JOHN EDMUND LEWIS MADDOCK - UFF/RJ

NITEROI

2009

AGRADECIMENTOS

A Deus e aos Protetores que sempre me orientam e me guiam;

À Casa de Thiago pela força, paz, amor e caridade que sempre me deram;

Aos meus pais, Victor e Vera, e minha irmã Mônica pelo verdadeiro amor e conforto de sempre;

Ao Prof. Dr. William Zamboni de Mello pela orientação desde o mestrado e inúmeras correções dos meus trabalhos.

Aos Prof. Dr. John Edmund Lewis Maddock e Dr. Bastiaan Adriaan Knoppers pelo constante uso do laboratório, inúmeras sugestões e correções da tese.

Aos membros da banca de defesa de doutorado por terem aceitado o convite. Sugestões que sempre levarei comigo;

À coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudo concedida nos dois primeiros anos de doutorado e ao CNPq Projeto 474113/2003-5;

Ao projeto “O impacto de poluentes da monocultura da cana-de-açúcar em estuários e águas costeiras do NE – E do Brasil: Transporte, Destino e Estratégias de Gerenciamento Sustentável” – POLCAMAR. Acordo Bilateral de Ciência e Tecnologia Brasil-Alemanha CNPq-BMBF. CNPq 590002/2005-8;

À equipe do POLCAMAR-UENF: Carlos Eduardo V. de Carvalho, Marcos S. M. B. Salomão, Marcelo Maciel e toda a equipe do Laboratório de Ciências Ambientais pelo apoio nas coletas realizadas;

À Patricia Oliveira Silva que com sua determinação, alegria e carinho me incentivou a não desistir. Sua ajuda imprescindível na correção, sugestão da tese foram importantes. Os bons momentos que passamos foram marcantes em minha vida, seus conselhos e amizade jamais serão esquecidos. Tenho muito orgulho de ser sua amiga!

À Nilva Brandini pelo incentivo, dicas, formatação e inúmeras correções com minha tese. Sua amizade foi algo de importante que aconteceu em minha vida.

Pessoa inteligente e dedicada em tudo que faz. Tenho muito orgulho de ser sua amiga!

Ao Rodrigo Kerr pelos conselhos ao longo desses anos e por trazido da Inglaterra a tese de Sarah Cornell. Pessoa inteligente e talentosa e muito querida. Te adoro, meu amigo!

Ao amigo e conselheiro Dr. Jorge Luiz Fernandes de Oliveira que ganhei nestes últimos 6 meses. Boas recordações do Brams, “caldos ralos e bolachas” de Cachoeira Paulista;

Aos amigos Tiago Miranda e Sandra Fernandes de Andrade pelo ArcGIS, a Elisamara Sabatini pela carinho de sempre;

À equipe Geochemical Solutions International (GSI- Brooks), em especial ao Heitor Tozzi, pelo apoio e paciência ao me liberar para finalização da tese,

À equipe da biblioteca Rosa Albamonte Bruno, Suelen de Oliveira Dias e Laffayte Alves Jr e aos funcionários do Departamento de Geoquímica, em especial Nivaldo Camacho Telles, Meiber Santos da Silva Nunes e Suzana Maria Righetti Dias Alves;

*Paz, amor e caridade,
Só o amor constrói.
Amar a Deus sobre todas as coisas e ao próximo com a si mesmo.
Casa de Thiago*

RESUMO

A proposta deste estudo foi determinar as concentrações de N inorgânico e orgânico, bem como quantificar a ureia através da deposição total em águas de chuva em Niterói e em Campos dos Goytacazes, área urbana costeira e agrícola do Estado do Rio de Janeiro, respectivamente. As formas de N investigadas foram nitrato (NO_3^-), amônio (NH_4^+), nitrogênio orgânico dissolvido (NOD) e ureia durante a estação seca e chuvosa. O NOD e a ureia têm sido identificados na atmosfera, entretanto, informações a respeito de sua contribuição são quase ausentes na deposição atmosférica no Brasil. As amostragens na região urbana costeira foram realizadas entre abril de 2005 e fevereiro de 2006, enquanto na região agrícola, de agosto de 2006 a janeiro de 2008. A distribuição média molar das formas de N foram 36% NOD, 23% NO_3^- e 41% NH_4^+ . Em média, a uréia compreende cerca de 19% de NOD em Niterói. Na região agrícola, a distribuição média molar foi 75% NOD, 15% NO_3^- , 10% NH_4^+ e uréia cerca de 14% do NOD. Os fluxos de deposição atmosférica em Niterói foram $2,9 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para o NH_4^+ e $1,7 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, enquanto, o NOD e ureia foram $2,6 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e $1,3 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Em Campo dos Goytacazes os fluxos de deposição do N total foram $23,7 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ em área urbana e $37,6 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ em área próxima a plantações de cana-de-açúcar e pastagem. O fluxo de ureia para Niterói, RJ ($1,3 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) quando comparado a UENF ($2,3 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) e Lagoa de Cima, ambas em Campos dos Goytacazes ($5,1 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) foi duas vezes menor. Os resultados indicam influência de atividades antrópicas, principalmente da queima de biomassa em região agrícola e ureia como parte razoável do NOD. As concentrações das formas de N inorgânico e orgânico foram elevadas no período correspondente à queima das plantações de cana-de-açúcar.

Palavras-chaves: N orgânico dissolvido, ureia, área urbana e agrícola, cana-de-açúcar.

ABSTRACT

The aim of this study was to determine the concentrations of inorganic and organic N, as well as to quantify urea through bulk deposition in rain water in Niterói and Campos dos Goytacazes, a coastal urban area and an agricultural zone of Rio de Janeiro State, respectively. Dissolved organic nitrogen (DON) and urea have been identified in the atmosphere all over the world. However, there is little information about their contribution to the atmospheric deposition in Brazil. The forms investigated included nitrate (NO_3^-), ammonium (NH_4^+), DON and urea. The samples were collected between April 2005 and February 2006 in Niterói, and between August 2006 and January 2008 in Campos dos Goytacazes. The average molar distributions of the investigated N forms were 36% DON, 23% NO_3^- , and 41% NH_4^+ where urea comprises about 19% of the DON in Niterói. In contrast, the agricultural region showed an average molar distribution to 75% DON, 15% NO_3^- , and 10% NH_4^+ where urea is about 14% of the dissolved organic N. The rates of the atmospheric deposition fluxes in Niterói were 2,9 $\text{kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$, NH_4^+ and 1,7 $\text{kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$. However, DON and urea were 2,6 $\text{kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ and 1,3 $\text{kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$. In Campos dos Goytacazes, the fluxes of N atmospheric deposition were 23,7 $\text{kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ in its urban area and 37,6 $\text{kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ in the zone next to plantation of sugarcane and pasture. The fluxes of urea to Niterói, RJ (1,3 $\text{kg N ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$) when compared to UENF (2,3 $\text{kg N ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$) and Lagoa de Cima, both in Campos dos Goytacazes (5,1 $\text{kg N ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$) were two times inferior to those. To sum up, the results suggest that anthropogenic activities (mainly biomass burning in the agricultural zone) possibly represent a strong influence to the N forms found in this work, as well as urea contributed reasonable as a part of the DON. Besides that, the concentrations of the inorganic and organic N forms raised during the sugarcane burning period.

Key words: Dissolved organic N, urea, urban and agriculture areas and sugarcane

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1: Esquema representativo do perfil vertical médio de temperatura na atmosfera. Fonte: (GRIMM, 1999)..... | 24 |
| Figura 2: Esquema representativo da divisão da camada limite planetária. Fonte: (OLIVEIRA, 2004). | 26 |
| Figura 3: Mecanismo de circulação costeira, brisa marítima (a) e brisa terrestre (b) Fonte: br.geocities.com/saladefisica5/leituras/brisa.htm | 28 |
| Figura 4: O consumo mundial de fertilizantes nitrogenados (linha sólida) e consumo de ureia (barra sólidas) desde 1960. Fonte: Adaptado de (GLIBERT <i>et al.</i> , 2006). | 34 |
| Figura 5: Mapa representativo do Estado do Rio de Janeiro destacando as áreas de estudo: Niterói (RMRJ) e Campos dos Goytacazes (RNF). | 38 |
| Figura 6: Esquema representativo das principais atividades econômicas da Região Metropolitana de Rio de Janeiro. Fonte: (CODIN, 2008). | 39 |
| Figura 7: Percentual da distribuição da Frota Veicular em Niterói no ano de 2007. Fonte: (IBGE, 2008). | 40 |
| Figura 8: Percentual da distribuição da área ocupada em Niterói para o ano de 2007. Fonte: (IBGE, 2008). | 41 |
| Figura 9: Percentagem da distribuição da Frota Veicular em Campos dos Goytacazes para o ano de 2007. Fonte: (IBGE, 2008). | 43 |
| Figura 10: Imagem destacando os locais amostrados em Niterói: (A) Campus do Valonguinho e (B) Campus do Gragoatá. Fonte: Google Earth. | 46 |
| Figura 11: Foto ilustrativa dos coletores de deposição total – Valonguinho (a) e Gragoatá (b)..... | 47 |
| Figura 12: Foto ilustrativa do local de amostragem na UENF em 2006. | 49 |
| Figura 13: Foto ilustrativa do local de amostragem na Lagoa de Cima em 2006. | 50 |

| | |
|---|----|
| Figura 14: Foto ilustrativa do local e dos coletores de deposição total (a) Lagoa de Cima e (b) UENF..... | 51 |
| Figura 15: Chuvas acumulada mensal do período amostrado e sobreposição em forma de barra dos dados de chuvas coletadas neste estudo. Fonte: (INMET, 2006)..... | 59 |
| Figura 16: Rosa dos ventos de dados meteorológicos da Estação do Aeroporto Galeão, RJ para o período amostrado de abril de 2005 a fevereiro de 2006. ... | 59 |
| Figura 17: Comparação sazonal entre NH_4^+ (a) e NO_3^- (b) ($\mu\text{mol L}^{-1}$) em Niterói. | 62 |
| Figura 18: Comparação sazonal entre ureia (a) e NOD (b) ($\mu\text{mol L}^{-1}$) em Niterói. | 63 |
| Figura 19: Frequência da distribuição dos valores de pH das amostras do Campus do Valonguinho em Niterói entre abril de 2005 a fevereiro de 2006. . | 64 |
| Figura 20: Variação do pH das amostras do Campus do Valonguinho em Niterói no período de abril de 2005 a fevereiro de 2006..... | 65 |
| Figura 21: Variações das concentrações de NH_4^+ e NO_3^- ($\mu\text{mol L}^{-1}$) e precipitação (mm) coletada em Niterói entre abril de 2005 a fevereiro de 2006. | 67 |
| Figura 22: Variação da concentração de NOD ($\mu\text{mol L}^{-1}$) e precipitação (mm) coletada em Niterói entre abril de 2005 a fevereiro de 2006..... | 68 |
| Figura 23: Variação da concentração de ureia ($\mu\text{mol L}^{-1}$) e precipitação (mm) coletada em Niterói entre abril de 2005 a fevereiro de 2006..... | 69 |
| Figura 24: Distribuição das formas de N anual em Niterói entre abril de 2005 a fevereiro de 2006. Valores calculados da concentração da média ponderada por volume ($\mu\text{mol L}^{-1}$). | 69 |
| Figura 25: Distribuição anual das formas de N inorgânico, N orgânico não identificado e ureia em Niterói entre abril de 2005 a fevereiro de 2006. | 70 |
| Figura 26: Distribuição das formas de N inorgânicos, N orgânico não identificado e ureia para os períodos seco e chuvoso em Niterói entre abril de 2005 a fevereiro de 2006. | 71 |

| | |
|--|----|
| Figura 27: Diagrama de dispersão da condutividade e precipitação. Valores transformados em escala logarítmica para Niterói entre abril de 2005 a fevereiro de 2006. | 73 |
| Figura 28: Diagrama de dispersão da condutividade e NH_4^+ (a), condutividade e NO_3^- (b), NOD e NH_4^+ (c) e NOD e NO_3^- (d). Valores transformados em escala logarítmica para Niterói entre abril de 2005 a fevereiro de 2006..... | 73 |
| Figura 29: Normal climatológica para precipitação mensal em Campos dos Goytacazes e sobreposição em forma de barra dos dados de chuvas coletadas no ano de 2007 na UENF. Fonte: SIMERJ, ano de 2008..... | 75 |
| Figura 30: Rosa dos ventos de dados meteorológicos da Estação de Campos dos Goytacazes, RJ para o período amostrado de janeiro a dezembro de 2007. | 75 |
| Figura 31: Frequência da distribuição dos valores de pH em Campos dos Goytacazes – UENF entre agosto de 2006 a janeiro de 2008. | 78 |
| Figura 32: Variação do pH em Campos do Goytacazes – UENF entre agosto de 2006 a janeiro de 2008..... | 78 |
| Figura 33: Frequência da distribuição dos valores de pH em Campos dos Goytacazes – Lagoa de Cima entre agosto de 2006 a janeiro de 2008..... | 79 |
| Figura 34: Variação do pH em Campos do Goytacazes – Lagoa de Cima entre agosto de 2006 a janeiro de 2008..... | 79 |
| Figura 35: Comparação sazonal do NOD ($\mu\text{mol L}^{-1}$) para Lagoa de Cima..... | 81 |
| Figura 36: Comparação sazonal do NH_4^+ ($\mu\text{mol L}^{-1}$) para Lagoa de Cima..... | 81 |
| Figura 37: Variação da concentração de nitrato ($\mu\text{mol N L}^{-1}$) na UENF, em agosto de 2006 a fevereiro de 2008..... | 83 |
| Figura 38: Variação da concentração de nitrato ($\mu\text{mol N L}^{-1}$) na Lagoa de Cima, em agosto de 2006 a janeiro de 2008..... | 83 |
| Figura 39: Variação da concentração de amônio ($\mu\text{mol N L}^{-1}$) na UENF, em agosto de 2006 a janeiro de 2008..... | 85 |
| Figura 40: Variação da concentração de amônio ($\mu\text{mol N L}^{-1}$) na Lagoa de Cima entre agosto de 2006 a janeiro de 2008..... | 85 |

| | |
|---|----|
| Figura 41: Variação da concentração de NOD ($\mu\text{mol N L}^{-1}$) na UENF, em agosto de 2006 a janeiro de 2008..... | 86 |
| Figura 42: Variação da concentração de NOD ($\mu\text{mol N L}^{-1}$) na Lagoa de Cima entre agosto de 2006 a janeiro de 2008..... | 87 |
| Figura 43: Variação da concentração de $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ($\mu\text{mol N L}^{-1}$) na UENF, em agosto de 2006 a janeiro de 2008..... | 88 |
| Figura 44: Variação da concentração de $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ($\mu\text{mol N L}^{-1}$) na Lagoa de Cima, em agosto de 2006 a janeiro de 2008..... | 88 |
| Figura 45: Distribuição anual das formas de N inorgânico e orgânico na UENF (a) e Lagoa de Cima (b) no ano de 2006 a 2008..... | 89 |
| Figura 46: Distribuição das formas de N inorgânico e orgânico na UENF e Lagoa de Cima nos períodos seco e chuvoso no ano de 2006 a 2008..... | 90 |
| Figura 47: Distribuição anual da ureia, NH_4^+ , NO_3^- e NOD não identificado para UENF e Lagoa de Cima no período amostrado de agosto de 2006 a fevereiro de 2008. | 90 |
| Figura 48: Distribuição de ureia, NH_4^+ , NO_3^- e NOD no período chuvoso para UENF e Lagoa de Cima | 91 |
| Figura 49: Distribuição de ureia, NH_4^+ , NO_3^- e NOD no período seco para UENF e Lagoa de Cima. | 91 |
| Figura 50: Diagrama de dispersão da condutividade e precipitação (a) e NO_3^- e precipitação (b) para UENF. Valores transformados em escala logarítmica. ... | 92 |
| Figura 51: Diagrama de dispersão do NOD e precipitação (a) e condutividade e NOD (b) para UENF | 93 |
| Figura 52: Diagrama de dispersão do NOD e NH_4^+ (a) e NOD e NO_3^- para UENF. Valores transformados em escala logarítmica..... | 93 |
| Figura 53: Diagrama de dispersão da ureia e amônio (a) e ureia e NOD (b) para UENF. Valores transformados em escala logarítmica..... | 94 |
| Figura 54: Diagrama de dispersão da precipitação e H^+ (a) e NH_4^+ e H^+ (b) para Lagoa de Cima. Valores transformados em escala logarítmica. | 95 |

| | |
|--|-----|
| Figura 55: Diagrama de dispersão da ureia e H ⁺ (a) NO ₃ ⁻ e NH ₄ ⁺ (b) para Lagoa de Cima. Valores transformados em escala logarítmica. | 95 |
| Figura 56: Diagrama de dispersão do NH ₄ ⁺ e NOD (a) H ⁺ e NH ₄ ⁺ e ureia (b) para Lagoa de Cima. Valores transformados em escala logarítmica. | 96 |
| Figura 57: Comparação da taxa de deposição entre Lagoa de Cima e UENF para as formas de N inorgânica, orgânica e ureia durante agosto de 2006 a janeiro de 2008..... | 97 |
| Figura 58: Focos acumulados de queimada no Rio de Janeiro para os meses de julho e agosto de 2006 (período seco) e entre os meses de novembro de 2006 a fevereiro de 2007 (período chuvoso)..... | 99 |
| Figura 59: Focos acumulados de queimada no Rio de Janeiro entre os meses de abril a agosto de 2007 (período seco) e entre os meses de novembro de 2006 a fevereiro de 2007 (período chuvoso)..... | 100 |
| Figura 60: Focos acumulados de queimada no Rio de Janeiro para setembro de 2007 (mês do período seco) e entre os meses de outubro de 2007 a fevereiro de 2008 (período chuvoso)..... | 101 |
| Figura 61: Imagem ilustrativa do Rio de Janeiro com distribuição dos ventos entre 0 e 14h. Mecanismo de brisa terrestre..... | 105 |
| Figura 62: Imagem ilustrativa do Rio de Janeiro com distribuição dos ventos entre 14 e 23h. Mecanismo de brisa marítima..... | 105 |
| Figura 63: Imagem ilustrativa do Rio de Janeiro com distribuição dos ventos em Campos do Goytacazes entre 00 e 13h (horário local). | 109 |
| Figura 64: Imagem ilustrativa do Rio de Janeiro com distribuição dos ventos em Campos do Goytacazes entre 14 e 23h (horário local). | 110 |
| Figura 65: Monitoramento das frentes frias no litoral do Brasil em abril de 2007. O retângulo destaca Campos dos Goytacazes, RJ. 00:00 TMG (linha contínua) e 12:00 TMG (linha pontilhada). Os pontos mostram que a frente esteve posicionada na estação no dia e hora indicados. (FONTE: CPTEC, 2007). .. | 111 |

| | |
|---|-----|
| Figura 66: Monitoramento das frentes frias no litoral do Brasil em maio de 2007. O retângulo destaca Campos dos Goytacazes, RJ. 00:00 TMG (linha contínua) e 12:00 TMG (linha pontilhada). Os pontos mostram que a frente esteve posicionada na estação no dia e hora indicados. (FONTE: CPTEC, 2007). .. | 112 |
| Figura 67: Precipitação acumulada em 24h em Campos dos Goytacazes para os meses de abril (a) e maio de 2007 (b). Fonte: INMET, 2008..... | 113 |
| Figura 68: Distribuição da cobertura e uso do solo em Campos dos Goytacazes. Lagoa de Cima (a) e UENF (b) Fonte: Adaptado da Fundação CIDE, 2005..... | 116 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1: Escala espacial de fenômenos químicos atmosféricos | 27 |
| Tabela 2: Agrotóxicos utilizados na cultura de cana-de-açúcar, grupo químico e fórmula molecular | 42 |
| Tabela 3: Teste Mann-Whitney aplicado às réplicas V1 e V2 do Campus do Valonguinho ($p < 0,050$ são significativos) | 60 |
| Tabela 4: Teste Mann-Whitney aplicado à amostra do Campus do Valonguinho e Campus do Gragoatá para verificar a variabilidade espacial ($p < 0,050$ são significativos)..... | 60 |
| Tabela 5: Teste Mann-Whitney aplicado à estação seca e chuvosa em Niterói para verificar a variabilidade sazonal ($p < 0,050$ são significativos) | 61 |
| Tabela 6: Estatística descritiva para H^+ ($\mu\text{mol L}^{-1}$), formas de N inorgânico e orgânico ($\mu\text{mol N L}^{-1}$) no Campus do Valonguinho e Gragoatá em Niterói. MPV = média ponderada por volume; Desvpad = desvio-padrão | 66 |
| Tabela 7: Compostos de NOD em águas de chuva analisados em áreas costeira e continental | 70 |
| Tabela 8: Concentração MPV de H^+ ($\mu\text{mol L}^{-1}$) das espécies de N inorgânico e orgânico ($\mu\text{mol N L}^{-1}$) na estação seca e chuvosa em Niterói. ES/EC = estação seca/estação chuvosa..... | 71 |
| Tabela 9: Correlação de Spearman entre os parâmetros analisados nas águas de chuva na região costeira urbana de Niterói. Abril de 2005 a fevereiro de 2006. | 72 |
| Tabela 10: Teste Mann-Whitney aplicado à Lagoa de Cima e UENF para verificar a variabilidade espacial ($p < 0,050$ são significativos) | 76 |
| Tabela 11: Estatística descritiva para H^+ ($\mu\text{mol L}^{-1}$) e formas de N inorgânico e orgânico ($\mu\text{mol N L}^{-1}$) na UENF e na Lagoa de Cima em Campos dos Goytacazes. MPV = media ponderada por volume; Desvpad = desvio-padrão | 77 |
| Tabela 12: Teste Mann-Whitney aplicado ao período seco e chuvoso para verificar a variabilidade sazonal na UENF ($p < 0,050$ são significativos). | 80 |

| | |
|--|-----|
| Tabela 13: Teste Mann-Whitney aplicado ao período seco e chuvoso para verificar a variabilidade sazonal na Lagoa de Cima ($p < 0,050$ são significativos)..... | 80 |
| Tabela 14: Concentrações de MPV ($\mu\text{mol L}^{-1}$) para Lagoa de Cima e UENF anual e período chuvoso e seco..... | 89 |
| Tabela 15: Correlação de Spearman entre os parâmetros analisados nas águas de chuva na UENF, Campos dos Goytacazes. | 92 |
| Tabela 16: Correlação de Spearman entre os parâmetros analisados nas águas de chuva na Lagoa de Cima, Campos dos Goytacazes, RJ. | 94 |
| Tabela 17: Concentração MPV de H^+ ($\mu\text{mol L}^{-1}$) das espécies de N inorgânico e orgânico ($\mu\text{mol N L}^{-1}$) na estação seca e chuvosa na UENF. ES/EC = estação seca/estação chuvosa. | 96 |
| Tabela 18: Concentração MPV de H^+ ($\mu\text{mol L}^{-1}$) das espécies de N inorgânico e orgânico ($\mu\text{mol N L}^{-1}$) na estação seca e chuvosa na Lagoa de Cima. ES/EC = estação seca/estação chuvosa. | 97 |
| Tabela 19: Taxa de deposição do evento anual (Kg N ha^{-1}) para Lagoa de Cima e UENF durante agosto de 2006 a janeiro de 2008. | 98 |
| Tabela 20: Comparação da MPV para NO_3^- e NH_4^+ de outras áreas urbanas e agrícolas amostradas. Todos as concentrações são expressas em $\mu\text{mol L}^{-1}$ | 108 |
| Tabela 21: Concentrações da média ponderada por volume do NOD ($\mu\text{mol N L}^{-1}$) em águas de chuva de diferentes locais do mundo. | 115 |
| Tabela 22: Distribuição do total de N como NO_3^- , NH_4^+ e NOD em águas de chuva em diferentes locais amostrados em áreas urbana, costeira e agrícola. | 119 |
| Tabela 23: Distribuição da ureia em relação ao NOD em águas de chuvas comparadas a outras áreas amostradas. | 120 |
| Tabela 24: Comparação de fluxo de deposição atmosférica total do N inorgânico e orgânico ($\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$) de outras locais amostrados em áreas rurais. | 125 |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 20 |
| 2 JUSTIFICATIVA | 21 |
| 3 OBJETIVO | 22 |
| 3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 22 |
| 4 HIPÓTESE DE TRABALHO | 22 |
| 5 BASE TEÓRICA | 23 |
| 5.1 ATMOSFERA | 23 |
| 5.1.1 Estrutura da atmosfera | 23 |
| 5.1.2 Atmosfera em movimento | 25 |
| 5.1.3 Camada-limite planetária | 25 |
| 5.1.4 Circulação geral da atmosfera | 27 |
| 5.1.5 Brisas marítima e terrestre | 28 |
| 5.1.6 Perturbações atmosféricas | 28 |
| 5.2 CICLO HIDROLÓGICO | 29 |
| 5.3 DEPOSIÇÃO TOTAL | 29 |
| 5.4 NITROGÊNIO ORGÂNICO DISSOLVIDO | 32 |
| 5.5 UREIA | 33 |
| 5.6 AMÔNIO EM ÁGUAS DE CHUVA | 35 |
| 5.7 NITRATO EM ÁGUAS DE CHUVA | 36 |
| 5.8 QUEIMA DE BIOMASSA..... | 37 |
| 6 ÁREA DE ESTUDO | 38 |
| 6.1 PERÍODO DE ESTUDO | 39 |
| 6.2 NITERÓI..... | 39 |
| 6.3 CAMPOS DOS GOYTACAZES..... | 41 |

| | |
|---|-----------|
| 6.4 GEOGRAFIA..... | 43 |
| 6.5 CLIMA | 44 |
| 7 MATERIAL E MÉTODOS | 46 |
| 7.1 NITERÓI..... | 46 |
| 7.2 CAMPOS DOS GOYTACAZES..... | 49 |
| 7.3 ANÁLISES QUÍMICAS | 52 |
| 7.3.1 Condutividade e pH..... | 52 |
| 7.3.2 Amônio | 53 |
| 7.3.3 Nitrato..... | 53 |
| 7.3.4 Ureia | 54 |
| 7.3.5 Nitrogênio orgânico dissolvido..... | 54 |
| 7.4 CRITÉRIO DE VALIDAÇÃO DOS DADOS | 55 |
| 7.4.1 Limite de detecção | 55 |
| 7.4.2 Desempenho do método para ureia..... | 56 |
| 7.4.3 Análise dos dados..... | 56 |
| 7.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA | 57 |
| 7.6 DADOS METEOROLÓGICOS | 57 |
| 8 RESULTADOS..... | 58 |
| 8.1 NITERÓI..... | 58 |
| 8.1.1 Clima..... | 58 |
| 8.1.2 Valonguinho e Gragoatá..... | 60 |
| 8.1.3 Condutividade e Medidas de pH | 64 |
| 8.1.4 Nitrogênio inorgânico e orgânico | 65 |
| 8.1.4.1 Nitrogênio inorgânico..... | 66 |
| 8.1.4.2 Nitrogênio orgânico dissolvido..... | 67 |
| 8.1.5 Ureia | 68 |

| | |
|--|------------|
| 8.1.6 Distribuição das formas de N | 69 |
| 8.1.7 Correlações | 72 |
| 8.1.8 Deposição atmosférica do N | 74 |
| 8.2 CAMPOS DOS GOYTACAZES..... | 74 |
| 8.2.1 Clima | 74 |
| 8.2.2 UENF e Lagoa de Cima | 76 |
| 8.2.3 Condutividade e Medidas de pH | 77 |
| 8.2.4 N inorgânico e orgânico | 80 |
| 8.2.4.1 Nitrogênio inorgânico..... | 82 |
| 8.2.4.2 Nitrogênio orgânico dissolvido..... | 86 |
| 8.2.5 Ureia | 87 |
| 8.2.6 Distribuição das formas de N | 89 |
| 8.2.7 Correlações | 92 |
| 8.2.8 Deposição atmosférica do N | 97 |
| 8.3 FOCOS ACUMULADOS DE QUEIMADA | 98 |
| 9 DISCUSSÃO | 102 |
| 9.2 NITROGÊNIO INORGÂNICO..... | 104 |
| 9.3 NITROGÊNIO ORGÂNICO | 113 |
| 9.4 UREIA | 117 |
| 9.5 DISTRIBUIÇÃO DAS FORMAS DE N..... | 119 |
| 9.6 CORRELAÇÕES | 122 |
| 9.7 DEPOSIÇÃO ATMOSFÉRICA DO N | 125 |
| 10 CONCLUSÕES | 127 |
| 11 REFERÊNCIAS | 129 |
| 12 ANEXOS | 141 |

1 INTRODUÇÃO

O ciclo do nitrogênio (N) é caracterizado por enorme reserva de nitrogênio inerte e pequenas quantidades de N reativo (Nr) nas diferentes formas oxidadas e reduzidos (ERISMAN *et al.*, 1998). Essas formas englobam o nitrogênio estável, óxidos NO_x (NO e NO_2); NO_y (N_2O_5 , HNO_2 , HNO_3 , NO_3^-); compostos de NH_x (NH_3 e NH_4^+); compostos de N orgânicos, dissolvidos e particulados (JAFFE; WEISS-PENZIAS, 2002).

Devido à influência humana, o N transforma-se em outras formas reativas de N que circulam entre os compartimentos ambientais, atmosférico, terrestre e aquático, além de que o Nr pode ser nocivo ao ambiente (GALLOWAY *et al.*, 2003).

A demanda global pelos bens de consumo e alimentos produzidos pelo homem tem elevado a produção de Nr e conseqüentemente, alterado o ciclo biogeoquímico global do N. O nitrogênio está presente em diversas formas na biosfera. A atmosfera contém uma vasta quantidade, cerca de 78% por volume, de nitrogênio molecular (N_2) indispensável a todos os seres vivos (JARDIM, 2001).

O aumento da taxa global de emissão do Nr passou de 32 Tg ano⁻¹ em 1860 para 103 Tg ano⁻¹ em 2000 e com prognóstico de 195 Tg ano⁻¹ em 2050 (GALLOWAY, 1998). No Brasil, a entrada de Nr dobrou de 1995 a 2002 por causa da fixação biológica do N, procedente dos sistemas agrícolas (FILOSO *et al.*, 2006).

O estudo do aporte atmosférico do Nr é relevante, principalmente devido à intensificação das atividades antrópicas, de origem veicular, queima de biomassa e aumento da aplicação de fertilizantes (TREBS *et al.*, 2006). No Brasil, a queima de biomassa, principalmente ligada ao cultivo de cana-de-açúcar, libera gases poluentes e grandes quantidades de material particulado para a atmosfera afetando inclusive a composição química da águas de chuva (ALLEN *et al.*, 2004; LARA *et al.*, 2005). O material liberado da queima de biomassa acarreta problemas respiratórios (RIBEIRO, 2008).

Estudos recentes no Brasil e outras partes no mundo que comparam regiões urbanas e agrícolas mostram que a deposição atmosférica de N está aumentando devido às atividades antrópicas (DE MELLO, 2001; MATSON *et al.*, 2002; DE MELLO; ALMEIDA, 2004; MIGLIAVACCA *et al.*, 2005; HAM; TAMIYA, 2006; ZHANG *et al.*, 2008). Tais atividades relacionadas a queima de combustíveis fósseis ocasionam: a) o aumento potencial dos gases de efeito estufa; b) o aumento da acidez da chuva, dos solos e rios; c) perdas de nutrientes do solo, tais como cálcio e potássio; d) eutrofização de bacias hidrográficas e) impacto no clima, f) redução da visibilidade (VITOUSEK *et al.*, 1997; ERISMAN *et al.*, 1998).

Atualmente, nas regiões tropicais e subtropicais, dados relacionados a contribuição do nitrogênio orgânico no compartimento atmosférico é limitado, representando apenas uma fração apreciável do N total na precipitação. Compreendem cerca de 7 a 80% do N total na deposição atmosférica (SCUDLARK *et al.*, 1998; NEFF *et al.*, 2002). Entretanto, pouco se conhece a respeito da dinâmica, origem e caracterização da fração de N orgânico em eventos atmosféricos, embora acredite-se ser um percentual significativo na deposição total (NEFF *et al.*, 2002; CORNELL *et al.*, 2003). Neff *et al.* (2002) revelaram que as fontes de N orgânico reduzido não são produzidas *in situ* e que a especiação mais comum desses compostos inclui ureia, aminoácidos e outras aminas metiladas, oriundo de emissões oceânicas, agrícolas e queima de biomassa.

2 JUSTIFICATIVA

A justificativa para a execução deste estudo baseou-se na observação de que as frações orgânicas de N reduzidos encontrados na deposição total são pouco conhecidas, principalmente nas regiões tropical e subtropical do Brasil.

A Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) com elevada concentração de veículos é grande fonte de emissão de poluentes atmosféricos que compromete a qualidade do ar (FEEMA, 2007).

Outro fator importante relacionado às emissões de N para a atmosfera corresponde a queima em plantações de cana-de-açúcar na Região Norte Fluminense (RNF) do Estado do Rio de Janeiro. Assim sendo, a queima da cana-de-açúcar constitui uma forte fonte de poluição em áreas agrícolas. Por estes motivos expostos, a quantificação do nitrogênio inorgânico e orgânico é relevante para compreender a influência em qualquer compartimento ambiental de acordo com suas fontes.

3 OBJETIVO

O objetivo geral corresponde à determinação do nitrogênio inorgânico e orgânico dissolvido através da deposição total em área urbana e agrícola do Estado do Rio de Janeiro, bem como, a quantificação da ureia como uma das formas de N orgânico nas águas da chuva.

3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1.** Avaliar a distribuição de amônio (NH_4^+), nitrato (NO_3^-) e ureia [$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$] na deposição total em Niterói e Campos dos Goytacazes;
- 2.** Verificar a variabilidade sazonal das formas inorgânicas e orgânicas de N;
- 3.** Quantificar o fluxo de N da atmosfera para Niterói e Campos dos Goytacazes.

4 HIPÓTESE DE TRABALHO

Com base nos objetivos apresentados, será testada a hipótese de que o N orgânico dissolvido pode representar uma fração significativa em águas pluviais nos ambientes tropicais e que a queima de biomassa de área agrícola pelo uso de fertilizantes nitrogenados pode aumentar a concentração de N e aumentar a eutrofização no ambiente diferentemente da área urbana.

5 BASE TEÓRICA

Os fundamentos dos conhecimentos levantados para o desenvolvimento da tese de doutorado serão apresentados a partir da sequência de tópicos descritos que se relacionam com as características específicas do trabalho e dentro do possível, apresentar uma adequada atualização do assunto.

5.1 ATMOSFERA

A definição geofísica da atmosfera consiste na camada de ar que envolve a Terra (Novo Dicionário Eletrônico Aurélio versão 5.0). Apesar de sua aparência estática, a atmosfera constitui um sistema dinâmico que interage com a vegetação, os oceanos e organismos biológicos (SEINFELD; PANDIS, 1997).

A atmosfera terrestre é o compartimento de acúmulo de gases, oxigênio (O_2), dióxido de carbono (CO_2), compostos nitrogenados e vapor d'água que são responsáveis pela manutenção de toda a vida na Terra e ainda, estabelecem o controle da entrada da radiação cósmica e eletromagnética do sol no equilíbrio do balanço de calor na Terra (MOZETO, 2001).

5.1.1 Estrutura da atmosfera

A atmosfera é composta por uma complexa estrutura de vários níveis que apresentam características diferenciadas entre si (MOZETO, 2001). Divide-se em quatro camadas (troposfera, estratosfera, mesosfera e termosfera) intercaladas com três zonas de transição (tropopausa, estratopausa e mesopausa) as quais estão de acordo com a distribuição vertical média da temperatura (VAREJÃO-SILVA, 2006) (Figura 1).

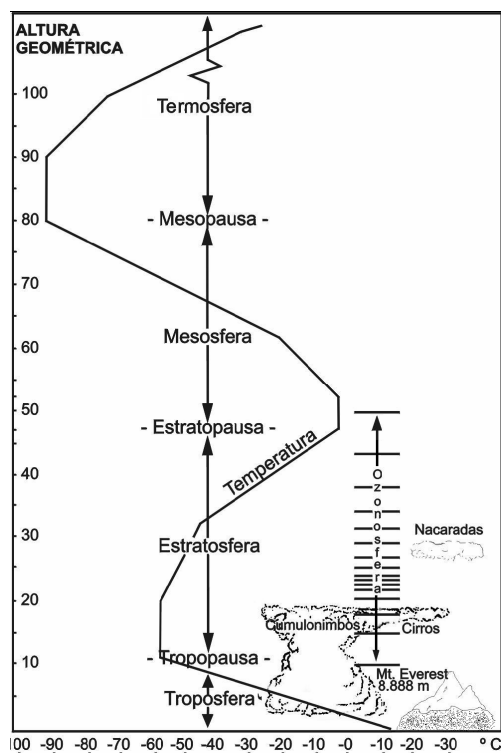


Figura 1: Esquema representativo do perfil vertical médio de temperatura na atmosfera. Fonte: (GRIMM, 1999).

A camada mais estudada pelos químicos atmosféricos e meteorologistas em geral, é a troposfera nos quais os processos físicos e fenômenos meteorológicos acontecem (FERREIRA, 2006).

A troposfera estende-se a uma altitude média de 12 km (~ 20 km no equador e cerca de 8 km nos pólos) onde temperatura do ar diminui com a altitude cerca de $6,5 \text{ }^{\circ}\text{C km}^{-1}$ em média (FERREIRA, 2006). O sol aquecendo a superfície da Terra, aquece o ar por condução e conseqüentemente, o aquecimento da base da atmosfera proporciona um aumento das correntes aéreas verticais que provocam a transferência convectiva de calor e de vapor d'água para níveis mais altos na troposfera (VAREJÃO-SILVA, 2006).

Outra particularidade observada na troposfera é o aumento da turbulência que contribui para acelerar a transferência de calor e de vapor d'água devido à rugosidade natural da superfície, além da resistência que oferece ao vento, normalmente reduzida com a altitude (VAREJÃO-SILVA, 2006).

5.1.2 Atmosfera em movimento

O movimento da atmosfera ocorre devido à presença dos ventos que são caracterizados por dois parâmetros, a direção e a velocidade. Ambas são grandezas instantâneas e pontuais que dependem das condições atmosféricas que variam no espaço e no tempo (VAREJÃO-SILVA, 2006).

A direção do vento é expressa pelo ângulo que o vetor velocidade do vento forma com o norte geográfico local (0°), medido no mesmo sentido do movimento do relógio analógico, ou seja, a direção do vento corresponde à direção de onde o vento sopra (VAREJÃO-SILVA, 2006). O aspecto fluidodinâmico da atmosfera está relacionado à trajetória e linhas de correntes caracterizadas pelo movimento dos ventos. O movimento do fluido é definido pelo campo de escoamento através da abordagem euleriana e lagrangeana (VAREJÃO-SILVA, 2006).

O método euleriano considera a velocidade de diferentes partículas e corresponde a uma visão instantânea, sinótica do escoamento. Observam-se diferentes escoamentos através das linhas de corrente, enquanto o método lagrangeano baseia-se no cálculo das sucessivas posições de uma mesma partícula ao longo do tempo. Contudo, as linhas de correntes só coincidem com a trajetória se o escoamento for uniforme (VAREJÃO-SILVA, 2006).

5.1.3 Camada-limite planetária

A atmosfera é dividida em duas regiões por causa do efeito que a superfície provoca no deslocamento do ar. Essas regiões são chamadas de camada-limite planetária (CLP) e atmosfera livre (VAREJÃO-SILVA, 2006). Esta última corresponde à parte em que o escoamento do ar não sofre a influência direta da superfície, enquanto a primeira é responsável pela dissipação de 50% da energia cinética atmosférica (OLIVEIRA, 2004).

De acordo com a intensidade da turbulência, do campo de vento, da topografia e da estabilidade, a espessura da CLP varia e pode ser subdividida

em várias partes como rugosidade da superfície, camada superficial (CLS) e camada de Ekman (OLIVEIRA, 2004) (Figura 2).

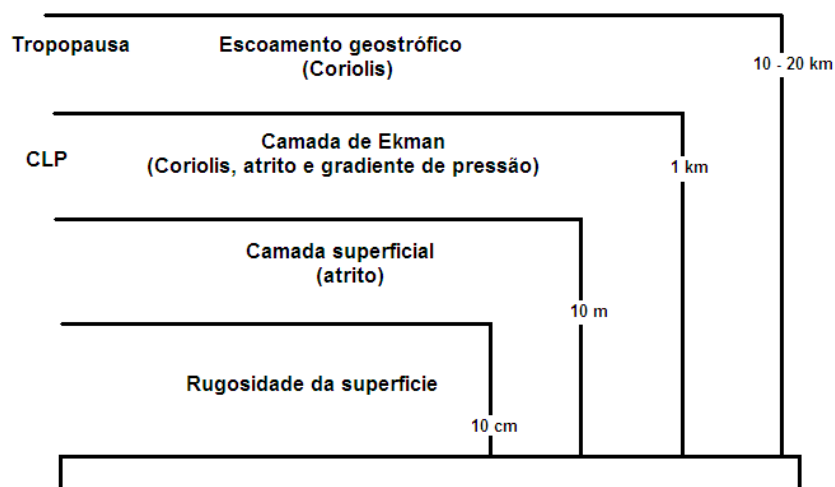


Figura 2: Esquema representativo da divisão da camada limite planetária. Fonte: (OLIVEIRA, 2004).

Na camada de Ekman, os efeitos da superfície começam a diminuir, a força de Coriolis e o efeito de rotação da Terra, bem como, a turbulência são relevantes. No topo desta camada inicia-se a atmosfera livre (OLIVEIRA, 2004).

A camada-limite superficial suporta uma instabilidade decorrente dos movimentos turbulentos e do aquecimento da superfície do solo. Mesmo na presença de ventos fortes, normalmente não excede os 150 m de altura. Apresenta flutuações temporais e espacial associada à presença de turbilhões que auxiliam na difusão do vapor d' água, calor e poluentes (VAREJÃO-SILVA, 2006), sendo também conhecida como camada de mistura (CM) (OLIVEIRA, 2004).

A altura da camada de mistura é baseada na condição de estabilidade hidrostática da mesma e representa a altura acima do solo na qual as turbulências provocadas pelas forças mecânicas e a flutuabilidade são iguais. À noite, a atmosfera torna-se mais estável e durante o dia, a atmosfera torna-se instável (OLIVEIRA, 2004).

A estabilidade atmosférica corresponde ao estado onde há inversões de temperatura, inibindo o movimento vertical do ar com pouca mistura entre as camadas. Uma atmosfera instável consiste de ascensão e subsidência do ar (FERREIRA, 2006).

A camada de mistura é importante, pois a espessura influencia a diluição de poluentes. A concentração dos poluentes eleva-se com a diminuição da CM pela manhã e a noite após grande descarga de poluentes (OLIVEIRA, 2004).

A camada rugosidade da superfície apresenta um escoamento lento e laminar sem agitação. Observa-se o escoamento em superfície lisas de vento muito fraco (VAREJÃO-SILVA, 2006).

5.1.4 Circulação geral da atmosfera

As escalas do movimento atmosférico variam de pequenos a grandes deslocamentos de ar sobre o continente. As escalas do movimento atmosférico são classificadas em micro escala (local), mesoescala (regional) e escala global. A micro escala é um fenômeno da ordem de 0 a 100 m, tal como a dispersão de uma pluma de chaminé. As brisas marítima e terrestre, frentes de alta e baixa pressão são fenômenos representados pela mesoescala, na ordem de 10 a 1000 km. Na escala global, da ordem de 1000 a 2000 km, estão enquadradas as frentes e as ondas planetárias. A tabela 1 apresenta as características dos fenômenos químicos ocorrente nas diferentes camadas.

Tabela 1: Escala espacial de fenômenos químicos atmosféricos.

| Fenômeno | Escala (km) |
|--|---------------------------------------|
| Poluição do ar urbano | 1 – 10 ² |
| Poluição do ar regional | 10 - 10 ³ |
| Deposição / chuva ácida | 100 – 2 x 10 ³ |
| Poluentes tóxicos no ar | 0,1 - 10 ² |
| Destruição da camada de ozônio | 10 ³ – 4 x 10 ⁴ |
| Efeito estufa | 10 ³ – 4 x 10 ⁴ |
| Interações do aerossol no clima | 10 ² – 4 x 10 ⁴ |
| Processos oxidantes e transporte na troposfera | 1 – 4 x 10 ⁴ |
| Troca entre a estratosfera e troposfera | 0,1 - 4 x 10 ⁴ |
| Processos oxidantes e transporte na estratosfera | 1- 4 x 10 ⁴ |

Fonte: Adaptada de (SEINFELD; PANDIS, 1997).

5.1.5 Brisas marítima e terrestre

Os ventos mudam de direção com certa periodicidade devido às inversões motivadas pela diferença de aquecimento da superfície (VAREJÃO-SILVA, 2006).

A superfície do continente aquecida durante o dia ensolarado se aquece mais rapidamente que a superfície da água dos oceanos adjacente. O ar aquecido menos denso sobe, enquanto o ar frio e denso do oceano se desloca para o continente. Este mecanismo em que o vento sopra do oceano para o continente é conhecido como brisa marítima. A brisa terrestre ocorre quando o ar frio do continente se desloca para o oceano mais aquecido durante a noite (Figura 3).

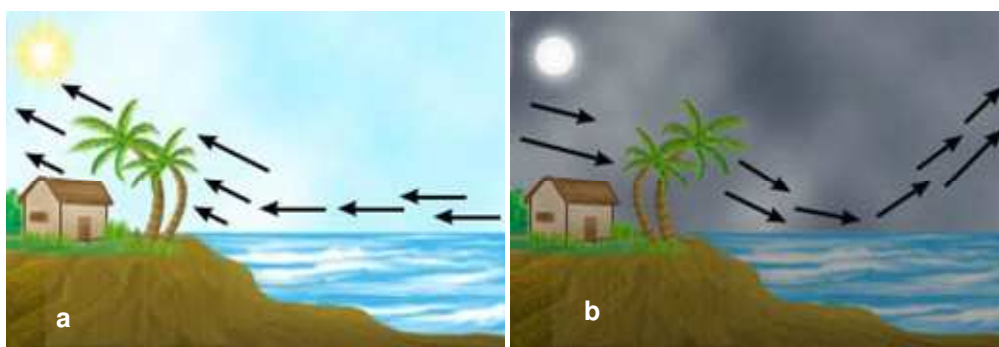


Figura 3: Mecanismo de circulação costeira, brisa marítima (a) e brisa terrestre (b) Fonte: br.geocities.com/saladefisica5/leituras/brisa.htm.

5.1.6 Perturbações atmosféricas

As perturbações atmosféricas são fenômenos meteorológicos que influenciam o tempo em nosso continente (FERREIRA, 2006) como exemplo, as massas de ar e os sistemas frontais, fenômenos de escala global.

A massa de ar constitui uma parcela extensa e espessa da atmosfera, com características próprias de pressão, temperatura e umidade, determinada pela região na qual se origina, marítima ou continental (FERREIRA, 2006; VAREJÃO-SILVA, 2006).

Devido às diferenças de pressão, as massas de ar que compõem a atmosfera estão em constante movimento e os sistemas frontais constituem as frentes, fria e quente que são fronteiras entre duas massas de ar com características distintas (FERREIRA, 2006). As massas de ar podem causar alterações nas condições do tempo nas áreas sob sua influência (VAREJÃO-SILVA, 2006).

5.2 CICLO HIDROLÓGICO

O ciclo hidrológico descreve a existência e o movimento contínuo da água através da Terra. O vapor d'água permanece na superfície no planeta com a maior parte concentrando-se nos primeiros 2 km da troposfera (FERREIRA, 2006) .

Na escala global, o ciclo hidrológico constitui um processo de reciclagem constante no transporte de solutos, nutrientes, energia, sedimentos ou contaminantes entre a superfície da Terra e a atmosfera.

O processo dinâmico de formação e transporte do vapor d'água e líquido na atmosfera é regido pela energia solar e o tempo de residência da água na atmosfera é cerca de 8 dias (BALES, 2003).

A precipitação é um dos constituintes mais comuns dos hidrometeoros da atmosfera e corresponde a deposição da água nas fases líquida ou sólida da atmosfera para a superfície da Terra (VAREJÃO-SILVA, 2006; USGS, 2007).

5.3 DEPOSIÇÃO TOTAL

A deposição total (úmida e seca) representa a transferência da massa de constituintes químicos da atmosfera para a superfície da Terra (PRYOR; BARTHELMIE, 2000). A deposição úmida pode remover as substâncias químicas da atmosfera através da incorporação dos gases e particulados no

interior das nuvens (*in-cloud*) por meio da difusão e nucleação, e também abaixo da base das nuvens e superfície (*below-cloud*) (VONG; HOLTON, 2002).

A contribuição das partículas sedimentares dos solos ou vegetação quando em suspensão pelo vento estão presentes na deposição total e a deposição do material transportado encontra-se em contato com a água, solos ou superfície do vegetal (VONG; HOLTON, 2002).

A amostragem da deposição total é desencorajado em estudos da química das chuvas, mas considera-se adequado quando avalia o transporte para o ecossistema. Além disso, a amostragem da deposição total é a menos dispendiosa para estimar a contribuição da entrada atmosférica para o fluxo de substâncias encontradas, por exemplo, nas águas de chuva (CARVALHO; LEPRUN, 1991).

A deposição de N atmosférico para os corpos hídricos envolve a deposição de compostos de N orgânicos e inorgânicos. As espécies inorgânicas encontradas na deposição úmida são o amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-), enquanto, na deposição seca as substâncias pesquisadas são amônia (NH_3), óxidos de nitrogênio (NO_x) e ácido nítrico (HNO_3) (PRYOR; BARTHELMIE, 2000).

Os estudos relacionados à deposição atmosférica referente à química da chuva aumentam o entendimento da dispersão local e regional de poluentes e seus impactos para o ecossistema. Por exemplo, (NADIM *et al.*, 2001) mostraram que não houve diferença significativa entre o fluxo atmosférico de N da deposição úmida entre as áreas rurais e urbanas costeiras. Entretanto, a deposição seca foi maior na área urbana do que na área rural devido a maior presença de atividades industriais e de emissão veicular.

Diversos estudos sobre a química atmosférica foram publicados nos últimos anos para a América do Sul. No Brasil, as concentrações de diversos componentes inorgânicos da chuva foram caracterizadas em região costeira (CAMPOS *et al.*, 1998), bem como em região com influência da agricultura e pastagem (FORTI *et al.*, 2000).

Resultados de análises da precipitação química em regiões tropicais mostraram diferenças significativas espacial nos locais amostrados, além das diferenças sazonais (FILOSO *et al.*, 1999; FORTI *et al.*, 2000; MARTINS *et al.*, 2005). Essas diferenças apontaram que as amostras coletadas foram influenciadas por atividades antrópicas, principalmente, da queima de biomassa no período seco.

Estudos relacionados à chuva ácida apontam como sendo um dos maiores problemas globais. Contudo, as regiões de maiores estudos relacionados à contaminação e sua consequência para os ecossistemas estão concentradas nos países desenvolvidos do Hemisfério Norte (KRUSCHE *et al.*, 2003). No Brasil, as regiões de maiores concentrações industriais e de veículos automotores apresentam indício de chuvas ácidas (DE MELLO; MOTTA, 1987; MIRLEAN *et al.*, 2000; DE MELLO, 2001).

As composições químicas da chuva e o aporte atmosférico na região coletada na Ilha Grande, RJ identificaram a característica insular da área de estudo, a predominância de ventos do quadrante sul e, principalmente, a ausência de fontes significativas de NH_3 nas proximidades no controle da composição química das águas da chuva, e ainda estimaram os fluxos atmosféricos dos íons majoritários sob as formas de deposição úmida e deposição seca (SOUZA *et al.*, 2006). Os autores concluíram que os íons associados à deposição úmida foram NH_4^+ (90%) e os fluxos relacionados à deposição de NO_3^- foram maiores que o NH_4^+ , possivelmente devido às baixas emissões de NH_3 do oceano, desta região em estudo.

Dados históricos de deposição úmida e relatos de química atmosférica em SP durante 20 anos foram reunidos com o objetivo de mostrar a avaliação das mudanças na deposição úmida (FORNARO; GUTZ, 2006). Os autores concluíram que a acidez e a concentração de sulfato correlacionam-se entre si e a diminuição de SO_2 contribuiu para o aumento da qualidade dos combustíveis por meio da desulfurização, substituição do chumbo tetra etil e introdução de injeção eletrônica e conversor catalítico nos carros. Os autores também verificaram que a concentração de NO_3^- não modificou desde o ano de 1995 e a concentração de NH_4^+ foi dominante em águas de chuva da Região metropolitana de São Paulo (RMSP).

Outros estudos relacionados à química atmosférica de materiais particulados foram apresentados por Mariani *et al.* (2007) que mostraram a concentração dos materiais particulados de espécies inorgânicas solúveis em águas de chuva da região urbana costeira em Niterói. A neutralização parcial das chuvas por aerossóis marinhos em área costeira na Bahia foi apresentada por Campos (2007).

5.4 NITROGÊNIO ORGÂNICO DISSOLVIDO

O estudo da fração de N orgânico na precipitação foi primeiramente apresentado no século XIX e se estende até os dias atuais (Smith (1872) *apud* Neff *et al.* (2002)). A fração de N orgânico é encontrada na deposição seca e úmida em diferentes locais do mundo: Nova Zelândia e Japão (TIMPERLEY *et al.*, 1985); Flórida, Estados Unidos da América (FU; WINCHESTER, 1994); Reino Unido, Carolina do Norte, Recife e Amazônia, ambas no Brasil (CORNELL *et al.*, 1995); Costa Rica (EKLUND *et al.*, 1997); Baía de Chesapeake, EUA (RUSSELL *et al.*, 1998); Havaí (CORNELL *et al.*, 2001); Austrália (MACE; DUCE *et al.*, 2003) e China (FANG *et al.*, 2008).

As análises das frações orgânicas de N não foram tão evidenciadas como as realizadas para as frações inorgânicas. Sabe-se claramente que o N orgânico está onipresente na deposição atmosférica e a incorporação nas águas de chuva pode ser por meio da dissolução direta de espécies gasosas ou mecanismos de incorporação *in-cloud* ou *below-cloud* de aerossóis atmosféricos (NEFF *et al.*, 2002; CORNELL *et al.*, 2003).

Conceitualmente, Neff *et al.* (2002) dividiram em três grupos o nitrogênio orgânico atmosférico: nitratos orgânicos, N orgânico reduzido (aminoácidos, aminas e ureia) e N orgânico terrestre e biológico. O N orgânico atmosférico encontra-se nas formas dissolvidas e particuladas.

Cornell *et al.* (1995) realizaram medições do isótopo de N ($\delta^{15}\text{N}$) que variou de -7,3 a + 7,3 ‰ em amostras de águas de chuva, indicando que as fontes de NOD coexistem em ambientes terrestres e marinhos. Adicionalmente,

as concentrações de NOD no continente são dominantes sobre as fontes marinhas.

A ressuspensão de poeiras dos solos constitui fontes de N para a atmosfera. A matéria orgânica (MO) do solo, especialmente as substâncias húmicas, corresponde a 95% do N total no solo associado à MO. Isso sem contar que a MO compõe cerca de 40% de proteínas, peptídeos e aminoácidos; 6% de açúcares ligados a radicais aminos e compostos de N heterocíclicos, tais como purinas e pirimidinas (SCHULTEN; SCHNITZER, 1997).

As quantificações de NOD englobam outros hidrometeoros que existem na atmosfera e podem contribuir para a deposição de N atmosférico. Zhang *et al.* (2003) estudaram a transformação do N orgânico em nevoeiros e extratos de aerossóis expostos à simulação de luz solar e ozônio (O₃). Os autores mostraram que o N orgânico é transformado em NH₃, NO₂⁻, NO₃⁻ e NO_x, mostrando que a conversão do nitrogênio orgânico influencia as propriedades físicas, químicas e toxicológicas da fase de condensação da atmosfera.

Os compostos heterocíclicos de N, considerados mutagênicos e carcinogênicos foram investigados em aerossóis urbanos. Esses compostos incorporados aos particulados podem ser inalados pelos pulmões e, apresentam grande solubilidade quando próximo ao pH < 5,6 em águas de chuva (CHEN; PRESTON, 2004).

5.5 UREIA

Cerca de 90% da ureia produzida é usada como fertilizantes. O uso industrial inclui a manufatura de adesivos, resinas, como suplemento alimentar para animais domésticos, farmacêuticos e outros de menor proporção. O uso mundial da ureia como fertilizante nitrogenado tem aumentado mais do que 100 vezes nas últimas 4 décadas. A figura 4 mostra a correlação entre o uso de fertilizantes nitrogenados e consumo de ureia (GLIBERT *et al.*, 2006). Em 2000, países da América Latina aumentaram a produção de ureia em 25%. No

Brasil durante o ano de 1998, o consumo de ureia foi 1,86 milhões de toneladas (SOH, 2001).

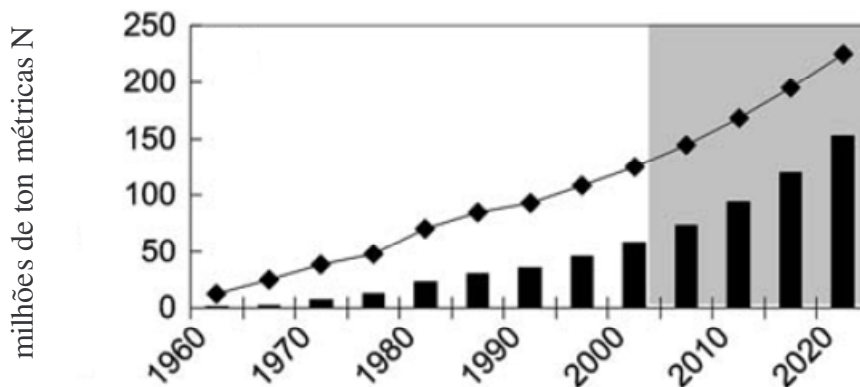


Figura 4: O consumo mundial de fertilizantes nitrogenados (linha sólida) e consumo de ureia (barra sólida) desde 1960. Fonte: Adaptado de (GLIBERT *et al.*, 2006).

Estudos ligados a ureia foram intensificados a partir dos anos 80 com o objetivo de avaliar a capacidade de assimilação da ureia como nutriente para comunidade fitoplanctônica (TIMPERLEY *et al.*, 1985; PEIERLS; PAERL, 1997; SEITZINGER, 1999). Ensaios biológicos realizados por (KRISTIANSEN, 1983) mostraram que a ureia é assimilada em preferência a NO_3^- e NH_4^+ quando esses nutrientes encontram-se em excesso no ambiente aquático.

Timperley *et al.* (1985) informaram que ureia foi um dos componentes de N na precipitação mais significativa e contribuiu com 30 a 56% do NOD nas águas de chuva da Nova Zelândia e Japão. Os autores mostraram que a ureia proveniente da deposição atmosférica poderia ser disponibilizada para o fitoplâncton.

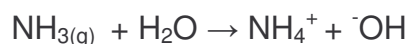
Cornell *et al.* (1998) analisaram ureia em amostras de águas de chuva e aerossóis em locais com influência marinha e rural. Os autores relataram que as fontes rurais podem influenciar no aumento da concentração de ureia na precipitação e diminuição nos aerossóis.

O N orgânico encontrado nos aerossóis está relacionado a emissões de material liberado pela queima de biomassa e foram identificados como ureia, ácido aspártico, ácido glutâmico, aminoácido tais como, serina, tionina, glicina,

alanina, cistina, arginina, histidina e tirosina, compostos orgânicos solúveis em água.

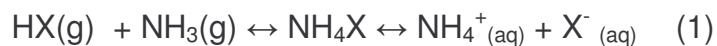
5.6 AMÔNIO EM ÁGUAS DE CHUVA

O NH_4^+ é uma dos maiores componentes em águas de chuva. Os principais meios de transporte para a superfície na terra constitui a precipitação e a deposição seca pela conversão da NH_3 a NH_4^+ (SODERLUND; SVENSSON, 1976). O NH_4^+ é resultado da reação entre o gás amônia (NH_3) com a água.



O material particulado formado pelos sais de amônio em equilíbrio químico depende das condições de temperatura e umidade na conversão do NH_4^+ em NH_3 . Em geral, a representação do NH_4^+ e NH_3 é NH_x (FELIX; CARDOSO, 2004).

A NH_3 atmosférica desempenha um importante papel como um composto capaz de tamponar a acidez das águas de chuva, gerando como produto final sais de amônio. A reação (1) descreve o processo geral de neutralização (FELIX; CARDOSO, 2004).

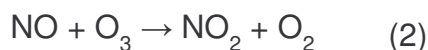


As fontes de NH_4^+ para a atmosfera pelas vias metabólica são a excreta de animais domésticos e humanos em geral; as emissões biogênicas pela decomposição da matéria orgânica em solos; as fontes agrícolas com aplicação de fertilizantes nitrogenados e a queima de biomassa (DREVER, 1982; LEAL *et al.*, 2004).

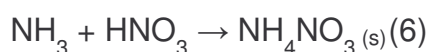
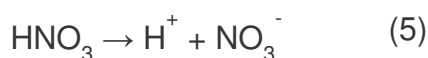
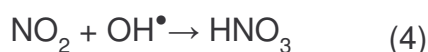
5.7 NITRATO EM ÁGUAS DE CHUVA

Os óxidos de nitrogênio ($\text{NO}_x = \text{NO} + \text{NO}_2$) são precursores do íon NO_3^- que resultam de processos naturais e de origem antrópica. Logan (1983) mostrou que a deposição de NO_3^- na precipitação sobre o Canadá e próximo ao oceano Atlântico foram influenciadas por fontes de NO_x provenientes dos Estados Unidos da América (EUA). Os processos envolvidos na formação do NO_x estão ligados diretamente ao dióxido de nitrogênio (NO_2) e indiretamente do óxido nítrico (NO) (DREVER, 1982).

O processo indireto proveniente do NO na formação do NO_3^- mostra que o NO reage com o ozônio (2) ou radicais peroxil na formação do NO_2 (3), conforme reação abaixo.



Prontamente, o NO_2 reage com radicais OH^\bullet que forma o HNO_3 que dissocia na presença de água, contribuindo para o pH baixo das águas de chuva (DREVER, 1982). As reações descrevem a formação (4) e dissociação (5) do HNO_3 . Além disso, o ácido nítrico formado reage com o NH_3 , ambos no estado gasoso, na formação do aerossol NH_4NO_3 (6).



As fontes naturais envolvem as descargas de relâmpago, oxidação fotoquímica de N_2O a NO_x , oxidação química de NH_3 a NO_x , e emissão de NO pelos solos. Enquanto, fontes antrópicas estão ligadas à oxidação de óxidos de nitrogênio emitidos pela queima de combustíveis fósseis usados na frota veicular (LEAL *et al.*, 2004).

5.8 QUEIMA DE BIOMASSA

A queima de biomassa constitui um processo de ciclagem geoquímica dos gases e partículas da biosfera para a atmosfera e ainda, representa um processo na mudança global (LEVINE *et al.*, 2003).

Os estágios relacionados a queima de biomassa envolve a fase de ignição, combustão com chama, e combustão com ausência de chama, todas responsáveis pela liberação de diferentes substâncias (FREITAS *et al.*, 2005).

O N está presente na biomassa como grupo amino e durante a decomposição pirolítica da matéria orgânica libera vários compostos de N voláteis, tais como, óxido nítrico, óxido nitroso, amônia, cianeto de hidrogênio (HCN), nitrilas e nitratos orgânicos (LEVINE *et al.*, 2003).

A estabilidade termodinâmica é um dos fatores dos processos de transporte de emissão de queimadas na altura final em que estes materiais são injetados na atmosfera. Enquanto, o ambiente também pode influenciar na injeção de material (FREITAS *et al.*, 2005). Em geral, em áreas de pastagem e agricultura, os materiais provenientes do fogo são inseridos dentro da camada limite planetária.

No Brasil, a queima da cana-de-açúcar é realizada antes do corte. A principal justificativa é a diminuição dos custos da colheita em até 50% e na eliminação de animais peçonhentos e outras pragas que podem prejudicar a saúde do trabalhador no campo (LORA, 2000).

Os impactos causados ao meio ambiente apresentam aspectos negativos e, além disso, a saúde humana é prejudicada pelas emissões de poluentes. O material particulado emitido pela combustão de biomassa é o poluente que apresenta maior toxicidade, enquanto as partículas que atingem o sistema respiratório, transpondo a barreira epitelial e o interstício pulmonar são responsáveis pelo desencadeamento do processo inflamatório (ARBEX *et al.*, 2004). Além do mais, as doenças crônicas do aparelho respiratório, principalmente bronquite crônica, enfisema e asma são agravadas no período do ano que coincide com a queima da cana (ARBEX *et al.*, 2004).

6 ÁREA DE ESTUDO

As áreas de estudo deste trabalho compreenderam dois municípios situados no Estado do Rio de Janeiro (RJ) entre as latitudes 20° 45' 56" S, 23° 22' 08" S e longitudes 40° 57' 23" W, 44° 53' 19" W, localizadas na região sudeste do Brasil, Niterói e Campos dos Goytacazes (Figura 5).

O RJ limita-se com o Estado de Minas Gerais, ao norte e noroeste; Estado de São Paulo, a oeste; Estado do Espírito Santo, a nordeste, e Oceano Atlântico, ao sul, leste, sudeste e sudoeste, e apresenta uma linha costeira de 636 km de extensão. Representa uma das maiores densidades demográficas existentes no país com uma população estimada no ano de 2007 de 15.420.375 habitantes e uma área de 43.696.054 km² (IBGE, 2008).



Figura 5: Mapa representativo do Estado do Rio de Janeiro destacando as áreas de estudo: Niterói (RMRJ) e Campos dos Goytacazes (RNF).

6.1 PERÍODO DE ESTUDO

As coletas de deposição total para Niterói foram realizadas entre os meses de abril de 2005 a fevereiro de 2006. E em Campos dos Goytacazes, as coletas foram efetuadas no período de agosto de 2006 a janeiro de 2008.

6.2 NITERÓI

O município de Niterói ($22^{\circ} 52' 58''$ S e $43^{\circ} 06' 14''$ W, 3 m de altitude) pertence a Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ), localizada em área urbana da zona costeira. Ocupa uma área de 129 km^2 e apresenta uma população estimada no ano de 2007 de 474.002 habitantes (IBGE, 2008).

As atividades econômicas de Niterói concentram-se nas indústrias metalúrgicas, siderúrgicas, químicas, alimentícias, mecânicas, editorial e gráfica, de papel e celulose, de extração mineral, de derivados de petróleo e naval (Figura 6).

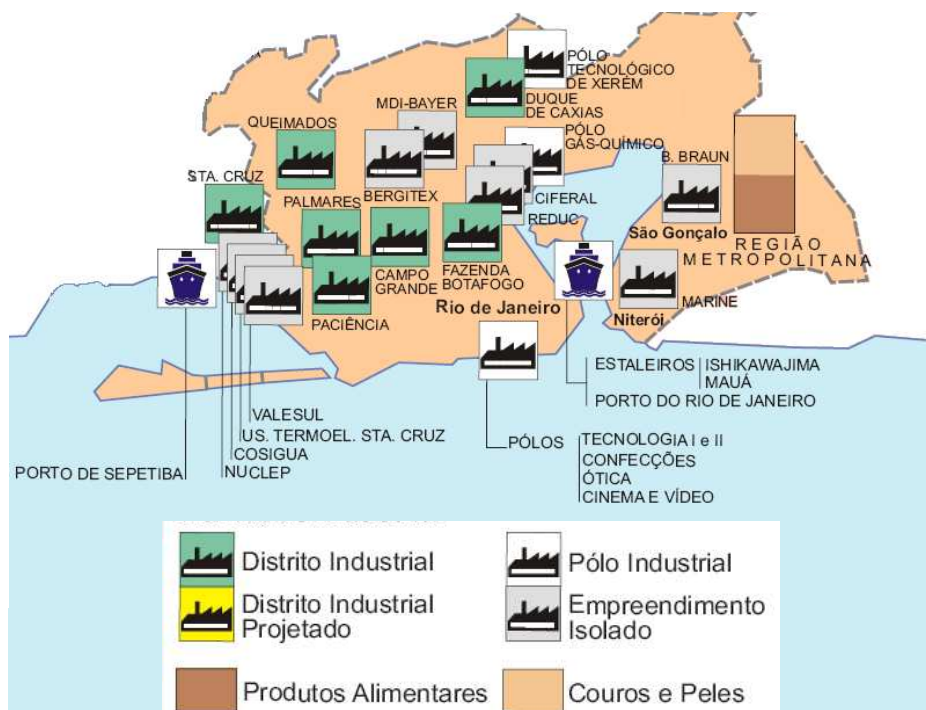


Figura 6: Esquema representativo das principais atividades econômicas da Região Metropolitana de Rio de Janeiro. Fonte: (CODIN, 2008).

Além de Niterói, outros municípios inseridos na RMRJ constituem uma área prioritária para o estudo da qualidade do ar devido a suas atividades poluidoras. Das principais atividades industriais em operação no Estado, as emissões causadas pela operação de atividades de geração de energia, e principalmente das de origem veicular são consideradas de alto ou médio potencial poluidor do ar (FEEMA, 2007).

Niterói tem uma frota veicular de aproximadamente 167 mil unidades distribuídas entre automóveis, caminhões, ônibus, motocicletas e outros transportes. A figura 7 representa a distribuição da frota veicular de dados estatísticos do IBGE (2008).

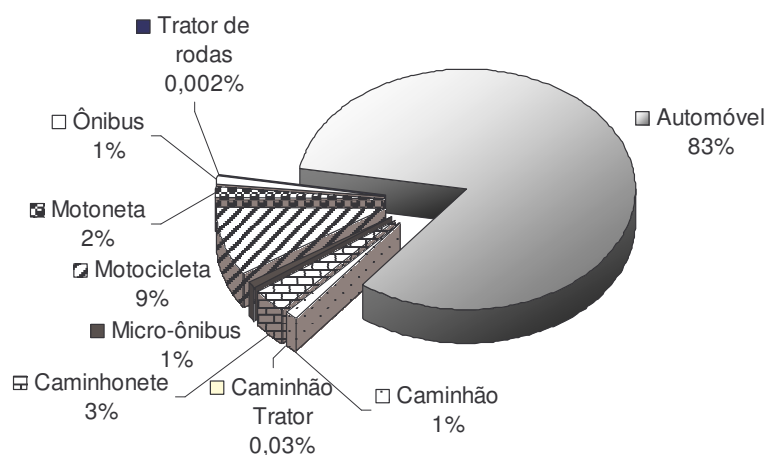


Figura 7: Percentual da distribuição da Frota Veicular em Niterói no ano de 2007. Fonte: (IBGE, 2008).

O espaço ocupado por Niterói distribui-se em áreas urbanas, matas e florestas, estabelecimentos agropecuários, lavouras e pastagens, totalizando 86 cabeças de bovinos (IBGE, 2008). A figura 8 mostra o percentual da área ocupada em toda unidade territorial.

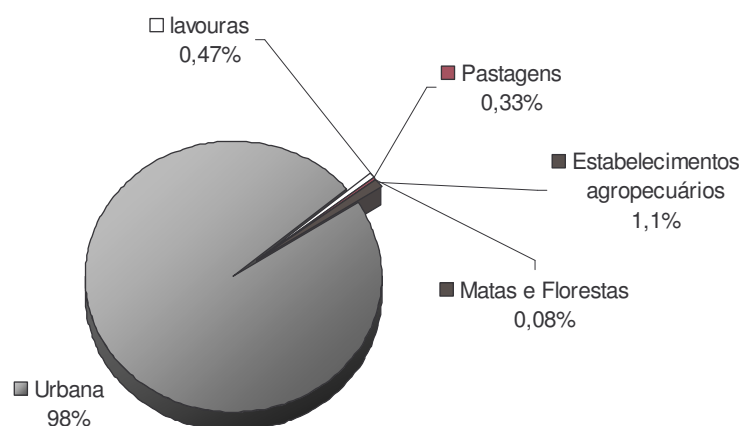


Figura 8: Percentual da distribuição da área ocupada em Niterói para o ano de 2007. Fonte: (IBGE, 2008).

6.3 CAMPOS DOS GOYTACAZES

O município de Campos dos Goytacazes ($21^{\circ} 45' 11,60''$ S e $41^{\circ} 19' 27,87''$ W, 14 m de altitude) está localizado na Região Norte Fluminense (RNF), distante de 265 km de Niterói, ocupa uma área de 4032 km² e estima-se uma população de 436 mil habitantes (IBGE, 2008), sendo considerado um município urbano em zona agrícola. Situa-se próximo à Lagoa de Cima (LC) inserida em Área de Proteção Ambiental (APA) desde 1992 e dista cerca de 30 km do centro urbano (REZENDE, 2006).

A Região Norte Fluminense destaca-se pela exploração e produção de petróleo e gás natural e a agroindústria açucareira que cresceu devido ao Plano de Racionalização da Indústria Açucareira e do Programa Nacional do Alcool (Pró-Alcool), ambos implantados na década de 70 (AZEVEDO *et al.*, 2002). Das dez usinas de açúcar e álcool existentes no Estado, oito localizam-se nessa região, sendo que cinco usinas concentram-se no município de Campos, e ainda participa de 72% da produção global (FEEMA, 2007).

Em Campos dos Goytacazes, o plantio da cana-de-açúcar é realizado em solos de tabuleiro e utiliza o método da queima da palha para a colheita (BRITO, 2005). O corte praticado após a queima da cana representa em média 70% do volume de colheita.

As medidas para atenuar as operações de queima foram implementadas através da lei nº 2049 que prevê o fim progressivo das queimadas no canavial entre 1993 e 1996 e que no ano de 1997, não haveria mais queimada (<http://www.lei.adv.br/2049-92.htm>). Entretanto, a lei não foi cumprida por parte dos produtores e usineiros, pois a implantação da colheita mecanizada, como renovação do canavial apresenta uma série de dificuldades para ser implementada na região, como por exemplo, a mão-de-obra especializada (FREITAS, 2005).

A cana-de-açúcar representa uma cultura sazonal com períodos da safra e entressafra. A entressafra, geralmente é realizada entre os meses de maio a outubro (www.usda.gov/oce/weather/pubs/Other/MWCACP/Graphs/Brazil/Brazil_Sugarcane.pdf). A área plantada de cana-de-açúcar representou 33% dos 102 hectare (ha) da lavoura temporária ocupada no ano de 2007 em Campos dos Goytacazes e somente 30% correspondeu a área colhida (IBGE, 2008).

Aquino *et al.* (2006) analisou a utilização de agrotóxicos num assentamento de reforma agrária, localizado em Campos dos Goytacazes e identificou-os como herbicida no combate a ervas daninhas na cultura de cana-de-açúcar. Os herbicidas identificados foram DMA 806 BR, Gesapax, Glifosato (Roundup), Karmex, Krovar, Padron, Tordon e Velpar. A tabela 2 compila os herbicidas por grupos químicos e fórmula molecular.

Tabela 2: Agrotóxicos utilizados na cultura de cana-de-açúcar, grupo químico e fórmula molecular.

| Produto | Grupo químico | Fórmula molecular |
|---------------------|-----------------------|--------------------------|
| DMA 806 BR | triazinas | $C_{10}H_{13}Cl_2NO_3$ |
| Gesapax | glicinas substituídas | $C_3H_3N_3$ |
| Glifosato (Roundup) | ureia substituída | $C_3H_8NO_5P$ |
| Karmex | ureia substituída | $C_9H_{10}Cl_2N_2O$ |
| Krovar | ureia substituída | $C_9H_{10}Cl_2N_2O$ |
| Padron e Tordon | ácido picolínico | $C_7H_5Cl_2FN_2O_3$ |
| Velpar | triazinas | $C_{12}H_{20}N_4O_2$ |

Fonte: (AQUINO *et al.*, 2006; LIMA, 2007).

Dados estatísticos do IBGE (2008) mostraram que a área ocupada por estabelecimentos agropecuários representou 324 ha e a área de pastagem ocupou 197 ha, apresentando um total de 235 cabeças de bovinos. Os

automóveis representam a maior distribuição da frota veicular com 68% em Campos dos Goytacazes (Figura 9).

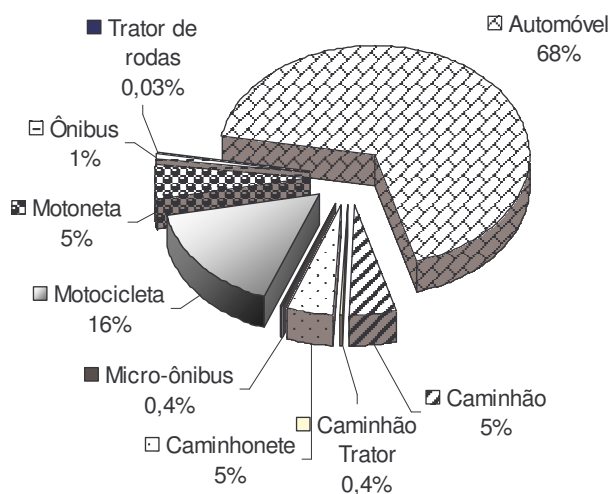


Figura 9: Percentagem da distribuição da Frota Veicular em Campos dos Goytacazes para o ano de 2007. Fonte: (IBGE, 2008).

6.4 GEOGRAFIA

A geografia do Estado do RJ apresenta um relevo diversificado que pode ser dividido em unidades geoambientais. As unidades representam diferentes tipos de rochas distribuídas em todo o RJ. Compõem-se de rochas sedimentares localizadas próximas à faixa litorânea e vales; rochas ígneas, localizadas principalmente na região do médio Paraíba e as rochas metamórficas apresentando 80% do seu território (DRM-RJ, 2008).

Apresenta duas regiões morfológicas: o cinturão orogênico do Atlântico e as bacias sedimentares cenozóica. O cinturão orogênico do Atlântico propaga-se nos maciços, superfícies aplainadas nas baixadas litorâneas, escarpas serranas, planaltos e depressões, enquanto, as bacias sedimentares cenozóicas disseminam-se nos tabuleiros nas planícies fluviomarinhas (baixadas) e nas planícies costeiras (CPRM, 2001).

Niterói apresenta planícies costeiras constituídas por sedimentos quaternários, associados a sistemas deposicionais de origem continental e transicional marinho. Enquanto, Campos dos Goytacazes é composto por

sedimentos de origem aluvionar e deltáico, argilosos e argilo-arenosos e áreas do Embasamento Cristalino.

Há uma grande variedade de solos em Campos do Goytacazes que vão dos Latossolos Vermelho-Amarelos, Cambissolos, Argissolos Vermelho-Amarelos, Argissolos Amarelos encontrados no relevo ondulado a montanhoso até os Gleissolos, Neossolos Flúvicos e os Organossolos predominantemente em relevo plano (CPRM,2001).

A vegetação remanescente (florestas, mangues e restingas) e secundária ocupa apenas 32% do território estadual e o restante é ocupado principalmente por pastagens, áreas cultivadas e urbanizadas (CIDE, 2008).

6.5 CLIMA

O clima mesotérmico predomina no Estado do RJ e segundo a classificação climática de Köppen-Geiger permite reunir várias regiões do mundo através de semelhanças de sua vegetação. Segundo a classificação climática de Köppen, o Estado do RJ apresenta um clima subtropical (Cwa) de inverno seco e verão quente.

A estação chuvosa está associada à passagem de sistemas frontais e à formação do sistema meteorológico conhecido por Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), cuja principal característica é a ocorrência de chuvas por vários dias (FERREIRA, 2006; VAREJÃO-SILVA, 2006). A estação chuvosa, geralmente tem início no período de 18 a 22 de outubro e término entre os dias 27 e 31 de março (BARBIERI, 2005), enquanto no mês de abril inicia-se a estação seca (MARENGO *et al.*, 2008).

No período seco, o principal sistema meteorológico é a frente fria e geralmente, causa chuvas generalizadas. As temperaturas mínimas a longo prazo variam entre 19,8°C e 20,7°C em Niterói e entre 20,1 °C e 20,8 °C em Campos dos Goytacazes (FIDERJ, 1978). Outro aspecto meteorológico que se observa durante o inverno, são as constantes inversões térmicas que causam nevoeiros e neblinas (CPTEC, 2007).

Na Região Metropolitana do RJ, a precipitação média anual medida na Estação meteorológica localizada na Praça XV foi 1110 mm (FIDERJ, 1978). No ano de 2005, o valor de precipitação registrado da Estação Meteorológica da Saúde, localizada no meridiano 43° 11' 39" W e paralelo 22° 53' 50" S foi de 1337 mm (<http://www.armazemdedados.rio.rj.gov.br.br/arquivos>). O vento na RMRJ apresentou uma frequência média anual de 41% de direção Sudeste (SE) e a velocidade entre 4 e 6 m s⁻¹ (FIDERJ, 1978).

Na Região Norte Fluminense, em Campos do Goytacazes, a precipitação média anual foi em torno de 1087 mm (FIDERJ, 1978). Segundo dados coletados de chuva no ano de 2004 da Estação Meteorológica do Laboratório de Ciências Ambientais da Universidade Estadual Norte-Fluminense, localizada na Lagoa de Cima (21° 45' 03,65" S e 41° 29' 17,43" W), o valor de precipitação foi 1820 mm e a temperatura média mensal registrada foi de 23 °C. A temperatura mínima e a máxima variaram entre 13 e 36 °C (REZENDE, 2006). A velocidade média anual da direção do vento encontra-se entre 4 e 6 m s⁻¹ e a frequência média de direção NE é de 37% de acordo com dados da FIDERJ (1978).

7 MATERIAL E MÉTODOS

7.1 NITERÓI

As amostras de águas de chuva foram coletadas no Campus do Valonguinho (CV) e no Campus do Gragoatá (CG) ambos na Universidade Federal Fluminense (UFF) (Figura 10).

As amostras do CV foram coletadas no telhado do prédio do Instituto de Química, UFF cerca de 50 m acima do nível do mar nas coordenadas $22^{\circ} 53' 50,58''$ S e $43^{\circ} 07' 34,34''$ W e no CG cerca de 5 m acima do nível do mar ($22^{\circ} 53' 48,38''$ S e $43^{\circ} 07' 56,86''$ W) distantes entre si 643 km. CV e CG encontram-se a 11km direção SW da entrada da Baía de Guanabara.



Figura 10: Imagem destacando os locais amostrados em Niterói: (A) Campus do Valonguinho e (B) Campus do Gragoatá. Fonte: Google Earth.

As amostras de águas de chuva foram coletadas usando dois coletores de deposição total dispostos em paralelo. O conjunto do coletor era composto de um funil de polietileno (10,5 cm de diâmetro) inserido diretamente à tampa de um frasco de polietileno de 500 mL (Nalgene).

Os coletores foram instalados cerca de 1 m acima da superfície no telhado. Cada réplica foi identificada como Valonguinho 1 (V1) e Valonguinho 2 (V2). No Campus do Gragoatá não foi usado coletor de deposição total em paralelo (Figura 11).

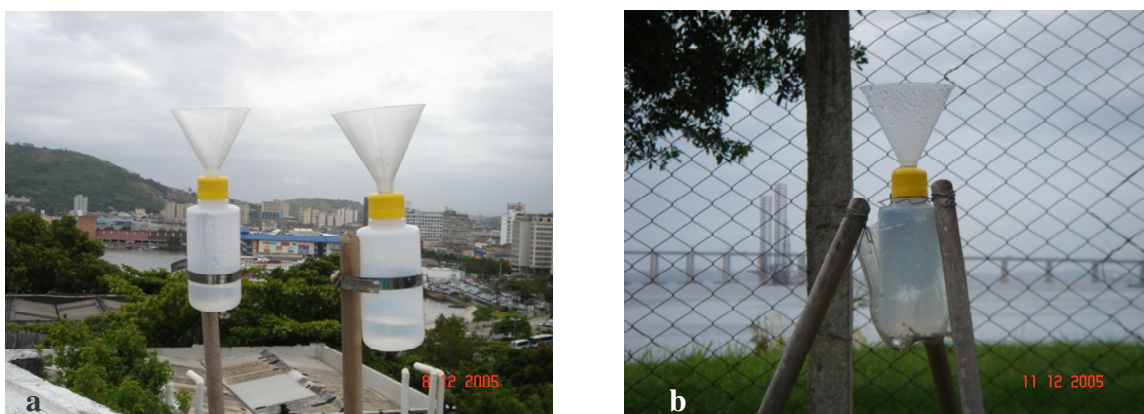


Figura 11: Foto ilustrativa dos coletores de deposição total – Valonguinho (a) e Gragoatá (b).

Em ambos os locais amostrados, a garrafa e o funil que representavam o coletor de deposição total, eram removidos após o término da precipitação com a finalidade de amenizar a influência da deposição seca. Uma tela de metal foi colocada no início da entrada do gargalo do funil a fim de evitar a entrada de insetos e folhas para dentro do frasco coletor.

A cada evento de amostragem, os materiais usados na coleta de águas de chuva foram devidamente lavados com detergente neutro, enxaguados com água corrente, água destilada e desionizada por 3 vezes. O controle da última água de enxágue era checado através da medida de condutividade (valor $< 1 \mu\text{S cm}^{-1}$ para água pura). Além disso, os frascos foram enxaguados com n-hexano a fim de remover qualquer indício de contaminantes orgânicos (SCUDLARK *et al.*, 1998).

Um branco de campo foi realizado a cada dois meses de coletas. O funil acoplado ao frasco ficou exposto antes do evento de precipitação por cerca de 30 min, visto que o tempo de exposição correspondeu à ida aos locais amostrados até sua coleta. Em seguida 250 mL de água destilada e desionizada (volume médio de chuva coletado) foram adicionados sobre toda a superfície interna do funil.

Imediatamente após a coleta, as amostras eram levadas ao laboratório do departamento de Geoquímica da UFF. O tratamento dado às amostras para preservá-las consistia em filtrá-las através da membrana de acetato de celulose de diâmetro de poro de 0,22 μm e congelar a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ até análise dos parâmetros NO_3^- e NOD.

As amostras destinadas à análise de íons NH_4^+ e ureia [$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$] foram adicionadas em frascos separados e congeladas sem filtrá-las. Segundo GRASSHOFF *et al.*(1983), alguns filtros para filtração podem conter amônio e ureia que contaminariam as amostras. Não foi adotado o uso de biocida timol ($\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{O}$) nas amostras para preservação, entretanto fez-se uso do congelamento para preservação das amostras que não puderam ser analisadas imediatamente. Além disso, a seleção e uso do biocida dependem do analito a ser medido sem interferência.

O biocida timol usado na preservação das amostras não é recomendado para análise de íons NH_4^+ usando o método espectrofotométrico azul de indofenol (UNEP, 1998). A formação de nuvens na solução foi verificada por Cape *et al.* (2004) em amostras que usaram o timol em determinação colorimétrica do íon NH_4^+ . O mesmo comportamento foi observado em uma das réplicas do Valonguinho que foi adicionado o timol.

7.2 CAMPOS DOS GOYTACAZES

Em Campos dos Goytacazes as amostras de precipitação foram coletadas na Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF) e na Lagoa de Cima (LC) distantes entre si 19 km.

O local amostrado na UENF, nas coordenadas $21^{\circ} 45' 42,89''$ S e $41^{\circ} 17' 29,16''$ W, foi o telhado do prédio do Instituto de Biologia (Figura 12) e na LC, coordenadas $21^{\circ} 45' 03,65''$ S e $41^{\circ} 29' 17,43''$ W, foi colocado próximo a estação meteorológica do Laboratório de Ciências Ambientais instalada no iate clube da Lagoa de Cima (Figura 13).



Figura 12: Foto ilustrativa do local de amostragem na UENF em 2006.



Figura 13: Foto ilustrativa do local de amostragem na Lagoa de Cima em 2006.

As coletas em Campos dos Goytacazes fazem parte do projeto “O impacto de poluentes da monocultura da cana-de-açúcar em estuários e águas costeiras do NE – E do Brasil: Transporte, Destino e Estratégias de Gerenciamento Sustentável” – POLCAMAR - Acordo Bilateral de Ciência e Tecnologia Brasil-Alemanha MCT/CNPq-BMBF, Área Ciências do Mar, Proc. No. CNPq 590002/2005-8.

Um coletor de deposição total foi instalado na UENF e Lagoa de Cima. O coletor era composto de um funil de polietileno (24 cm de diâmetro) conectado a um garrafão de 5L por meio de uma mangueira de plástico. Esse conjunto foi preso a uma haste (tubo fixo de PVC) fixa a um anteparo (Figura 14).



Figura 14: Foto ilustrativa do local e dos coletores de deposição total (a) Lagoa de Cima e (b) UENF.

O padrão das coletas de uma amostra para outra foram realizadas em intervalo de 7 dias, por estagiários do grupo de trabalho da UENF ligada ao projeto POLCAMAR. Entre uma amostra e outra, o garrafão e o funil eram enxaguados com água desionizada pelo menos 3 vezes. Tanto as amostras da UENF quanto da LC foram recolhidas no mesmo dia.

As amostras de deposição úmida eram vertidas diretamente para o frasco de coleta de 500 mL (Nalgene). Para os dois locais amostrados, Niterói e Campos dos Goytacazes, a altura de precipitação (mm) foi calculada pelo volume de precipitação coletada dividida pela área do coletor.

Os frascos expostos que não apresentaram precipitação após 7 dias eram enxaguados com água desionizada pelo menos 3 vezes. As amostras ausentes de precipitação, caracterizadas como deposição seca e as que constatarem presença de insetos e folhas não foram incluídas neste estudo.

7.3 ANÁLISES QUÍMICAS

As amostras coletadas de deposição total (úmida e seca) foram destinadas a análises para determinação das concentrações de nitrato (NO_3^-), amônio (NH_4^+), nitrogênio orgânico dissolvido (NOD), ureia [$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$] e medições dos valores de pH e condutividade.

7.3.1 Condutividade e pH

As medidas de condutividade e pH em Niterói foram efetuadas imediatamente após chegarem no laboratório com um condutivímetro WTW modelo LF 330/SET e o medidor de pH WTW 330/SET e em Campos dos Goytacazes, as amostras foram medidas logo após chegarem no laboratório com o medidor de pH Digimed modelo DM-PVA e o condutivímetro WTW modelo LF96. A leitura foi realizada a partir de uma alíquota de 50 mL. A condutividade foi medida antes do pH para evitar qualquer possibilidade de erro devido à contaminação de sais do eletrodo de pH (UNEP, 1998).

O procedimento para as medidas de condutividade consistiu em uma medida direta do eletrodo na alíquota da amostra e enxágue do eletrodo com água destilada e água desionizada entre cada amostra.

Antes de efetuar as medidas de pH, o aparelho de pH acoplado ao seu eletrodo foi calibrado com soluções padrão de tampão de valores 4,01 e 6,78. As leituras das amostras de precipitação foram feitas após enxágue do eletrodo com água destilada e água desionizada entre cada amostra. A importância de enxaguar o eletrodo a cada leitura da amostra é porque as amostras de precipitação são soluções mais diluídas que as soluções tampão e a lavagem incompleta pode resultar em erros.

7.3.2 Amônio

As amostras de águas de chuva para determinação do íon NH_4^+ não foram filtradas. A filtração não é recomendada pelo fato da maioria dos filtros conterem traços de amônio (GRASSHOFF *et al.*, 1983). O íon NH_4^+ foi determinado pelo método azul de indofenol.

O método consiste na reação do NH_4^+ com fenol ($\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$), citrato de sódio ($\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) e trione (ácido dicloroisocianúrico) para formar indofenol, composto de cor azul. A intensidade de cor da reação é proporcional à concentração de amônio.

A coloração azul é intensificada com adição de um catalisador nitroprussiato de sódio (pentacianonitrosil ferrato II) $\text{Na}_2\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO} \cdot \text{H}_2\text{O}$ (APHA, 1998). As medidas foram determinadas em um espectrofotômetro Hitachi modelo U1110 ($\lambda = 630 \text{ nm}$). O limite de detecção (LD) foi $1,4 \mu\text{mol L}^{-1}$.

7.3.3 Nitrato

A determinação do parâmetro NO_3^- consistiu em filtrar as amostras através da membrana de acetato de celulose de diâmetro de poro de $0,22 \mu\text{m}$ e passá-las através de uma coluna de vidro contendo grãos de cobre-cádmio para reduzir o NO_3^- quantitativamente a NO_2^- (GRASSHOFF *et al.*, 1983).

O NO_2^- foi determinado pelo acoplamento do nitrogênio com anel benzênico da sulfanilamida e dicloro N-(1-naftil)-etilenodiamina para formar o corante azo, mecanismo conhecido como diazotação. As medidas foram determinadas em um espectrofotômetro Hitachi modelo U1110 ($\lambda = 545 \text{ nm}$). O limite de detecção foi $0,2 \mu\text{mol L}^{-1}$.

7.3.4 Ureia

A ureia foi determinada através do método colorimétrico que envolve a reação da ureia com os reagentes diacetilmonoxima – DAMO ($C_4H_7NO_2$) e tiosemicarbazida (CH_5N_3S) em meio ácido (GRASSHOFF *et al.*, 1983) adaptado por Cornell *et al.* (1998) para amostras de precipitação e aerossol.

O procedimento consistiu na adição proporcional do reagente cromóforo em meio ácido na amostra. O reagente DAMO foi adicionado à solução de tiosemicarbazida e em seguida misturado à solução ácida em proporção 2:1. A solução ácida foi formada pela adição do ácido sulfúrico e ácido fosfórico.

Três réplicas das amostras foram lidas após 20 min em banho-maria. As medidas de absorvância foram determinadas em um espectrofotômetro Hitachi modelo U1110 ($\lambda = 525$ nm). A incerteza analítica foi em geral, dentro de $\pm 0,8\%$ e o limite de detecção foi $2,0 \mu\text{mol L}^{-1}$. A cada análise das amostras, curva de calibração era feita com padrões de solução da ureia foi adotada.

7.3.5 Nitrogênio orgânico dissolvido

A concentração de NOD foi calculada pela diferença entre o nitrogênio total dissolvido (NTD) e nitrogênio inorgânico dissolvido ($NID = NO_3^- + NH_4^+$). O NO_2^- é um dos constituintes menores em águas de chuva quando comparado a NO_3^- e NH_4^+ , não tendo sido quantificado (KEENE *et al.*, 2002; LEAL *et al.*, 2004).

O método consiste na oxidação do NTD a NO_3^- em meio alcalino pelo persulfato de sódio ($K_2S_2O_8$) (SOLÓRZANO; SHARP, 1980; GRASSHOFF *et al.*, 1983). Koroleff (1970) foi o pioneiro na determinação do N total em meio oxidante e alcalino em amostras de água e D'Elia *et al.* (1977) e Nydahl (1978) modificaram o método (EBINA *et al.*, 1983).

A utilização da técnica do persulfato é mais eficiente na oxidação das formas mais reduzidas de N a NO_3^- . Teste de recuperação pelo o uso da

técnica por ultravioleta (UV) mostrou baixa eficiência quando comparado a técnica do persulfato (CORNELL *et al.*, 1995; SCUDLARK *et al.*, 1998).

O $K_2S_2O_8$ decompõe-se em solução aquosa a partir de 60 °C de acordo com a seguinte reação: $K_2S_2O_8 + H_2O \rightarrow 2KHSO_4 + \frac{1}{2} O_2$. A digestão depende de condições críticas na diminuição progressiva do pH inicial > 12 até finalizar em pH em torno de 5 a 6. Essas condições são obtidas pela adição em conjunto do ácido bórico (H_3BO_3) e hidróxido de sódio (NaOH) na amostra (VALDERRAMA, 1981; EBINA *et al.*, 1983).

Foi adicionado 20 mL da amostra filtrada e 2 mL da solução oxidante em frasco de vidro de capacidade 25 mL (Schott Duran GL 25, Mainz, Germany). A mistura oxidante consistiu de 5 g de $K_2S_2O_8$ recristalizado duas vezes, 3 g de H_3BO_3 em 100 mL de 0,375 M de NaOH. A mistura da amostra e solução oxidante foi aquecida sob pressão por 45 min.

Após o resfriamento da amostra oxidada adicionou-se 1 mL da solução tampão de NH_4Cl para ajuste do pH em torno de 8,5 e determinou o NO_3^- através da redução a NO_2^- através da coluna com grãos de cobre-cádmio. O limite de detecção baseado no desvio padrão e inclinação da curva de calibração para o NTD e NOD foram respectivamente, 2,6 e 2,8 $\mu mol L^{-1}$. A curva de calibração para quantificar o NTD foi feita com o mesmo tratamento dado à amostra com padrões de NO_3^- .

7.4 CRITÉRIO DE VALIDAÇÃO DOS DADOS

7.4.1 Limite de detecção

O limite de detecção (LD) do método é definido como a concentração mínima de uma substância medida maior que zero dentro de um intervalo de confiança de 95% (INMETRO, 2003). O LD foi calculado pela equação 1:

$$LD = t_{(n-1, 1-\alpha)} \cdot (s) \text{ (Eq. 1)}$$

Onde: LD = Limite de detecção

$t_{(n-1,1-\alpha)}$ = valor crítico de distribuição t (Student) para $(1 - \alpha) \times 100\%$ nível de confiança e $(n-1)$ graus de liberdade

s = desvio padrão das análises em réplica

O valor de t bilateral para 99% de confiança usado neste trabalho foi de 3,250.

7.4.2 Desempenho do método para ureia

O desempenho do método para ureia foi avaliado através da Especificidade do Método Analítico que se refere à capacidade de medir o analito de interesse na presença de outros componentes ou interferentes que possam estar presentes na matriz da amostra (BRITO *et al.*, 2005).

O procedimento consistiu em adicionar os reagentes do método indofenol para amônia em diferente concentração padrão da solução de ureia.

A mesma técnica foi realizada para o analito da solução padrão da amônia com os reagentes DAMO e tiosemicarbazida. As soluções utilizadas foram preparadas e analisadas no mesmo dia. Utilizou padrões de ureia e amônia na faixa de concentrações 1, 5 e 10 $\mu\text{mol L}^{-1}$.

7.4.3 Análise dos dados

A média ponderada por volume (MPV) foi usada para expressar a média das concentrações dos parâmetros investigados na precipitação durante o período estudado. O cálculo da MPV é mostrado na equação 2 para todos os eventos, aonde C_i e V_i são respectivamente a concentração e o volume total usado de chuva amostrado no período estudado.

$$\text{MPV} = \frac{\sum_{i=1}^n [C_i]V_i}{\sum_{i=1}^n V_i} \quad (\text{Eq.2})$$

7.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A diferença dos dados sazonais e diferença dos locais amostrados foram tratadas pela análise não-paramétrica de Mann-Whitney. A correlação não-paramétrica de Spearman constituiu uma alternativa para o coeficiente de correlação de Pearson, usado quando os parâmetros analisados não apresentam distribuição normal.

A transformação dos dados em escala logarítmica foi usada com o objetivo de reduzir a influência de valores extremos bem como, em dados que não apresentam distribuição normal (QUINN; KEOUGH, 2002) para promover a linearidade em análise de correlação.

As variáveis de uma correlação são denominadas variáveis dependentes e variáveis independentes. A variável dependente (y) é explicada pela variável independente (x) (QUINN; KEOUGH, 2002; BERTOLO, 2008).

A razão entre a variação explicada e total (r^2) foram calculadas e apresentadas como coeficiente de determinação, bem como a descrição estatística dos parâmetros e análise de dados para o cálculo da frequência dos resultados. Todas as análises estatísticas foram conduzidas com Statistica 6.0 para Windows.

7.6 DADOS METEOROLÓGICOS

Para a caracterização do regime de ventos em Niterói e Campos dos Goytacazes foram utilizados dados da direção e velocidade do vento procedente do banco de dados meteorológicos CPTEC – INPE da Estação de superfície localizada no Aeroporto do Galeão no RJ, coordenadas -22.81 S e -43.25 W para o período de 2005 a 2006 e Estação de superfície localizada em Campos dos Goytacazes, coordenadas -21.75 S e -41.33 W para o período de 2006 a 2008. O programa WRPLOT View, versão 5.9 foi utilizado para gerar os gráficos Rosa dos Ventos.

8 RESULTADOS

Os resultados dos parâmetros analisados para nitrato (NO_3^-), amônio (NH_4^+), N orgânico dissolvido (NOD) e ureia [$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$], bem como as medidas de pH e condutividade das amostras coletadas em águas de chuva em Niterói e Campos dos Goytacazes serão apresentadas por área de estudo.

8.1 NITERÓI

8.1.1 Clima

A precipitação em Niterói no período estudado de abril de 2005 a fevereiro de 2006 foi aproximadamente 1135 mm, comparada a média histórica anual de 1110 mm (FIDERJ, 1978; INMET, 2006). A quantidade de precipitação total amostrada para as análises químicas foi 571 mm, correspondendo a 50% da precipitação média anual.

A figura 15 mostra a distribuição das chuvas acumuladas em 24h de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para o Rio de Janeiro e das chuvas coletadas no período amostrado. De acordo com o gráfico da normal climatológica, o período caracterizado como estação seca para o Rio de Janeiro compreende os meses de abril a setembro.

As chuvas coletadas no período amostrado ficaram abaixo da média de longo prazo. No mês de agosto, a pluviosidade foi baixa em torno de 5,2 mm de chuva acumulada nas 24h para o dia 26, consistente com a época de estiagem (INMET, 2006).

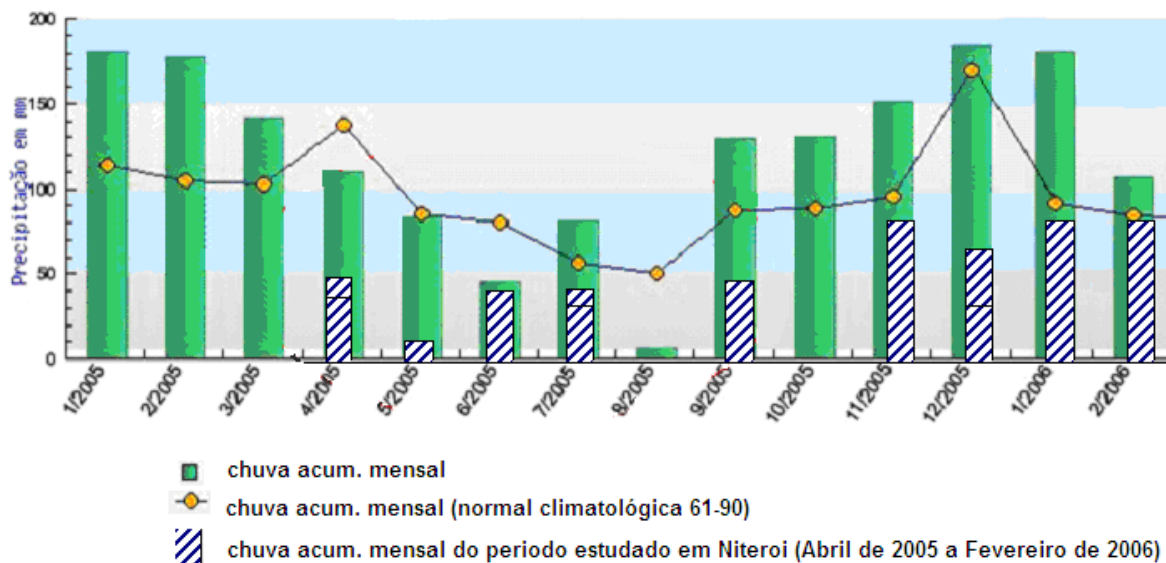


Figura 15: Chuvas acumulada mensal do período amostrado e sobreposição em forma de barra dos dados de chuvas coletadas neste estudo. Fonte: (INMET, 2006).

A rosa dos ventos é mostrado na figura 16 construída com dados meteorológicos da Estação de superfície do Aeroporto Galeão do RJ para o período de abril de 2005 a janeiro de 2006 (Anexo 1). A rosa dos ventos identificou ventos predominantes no 2º e 4º quadrante, respectivamente direção SE e WNW-NW e velocidade média de 4 m s^{-1} . Observou-se que os ventos abrangem outras direções de acordo com as condições meteorológicas de cada horário.

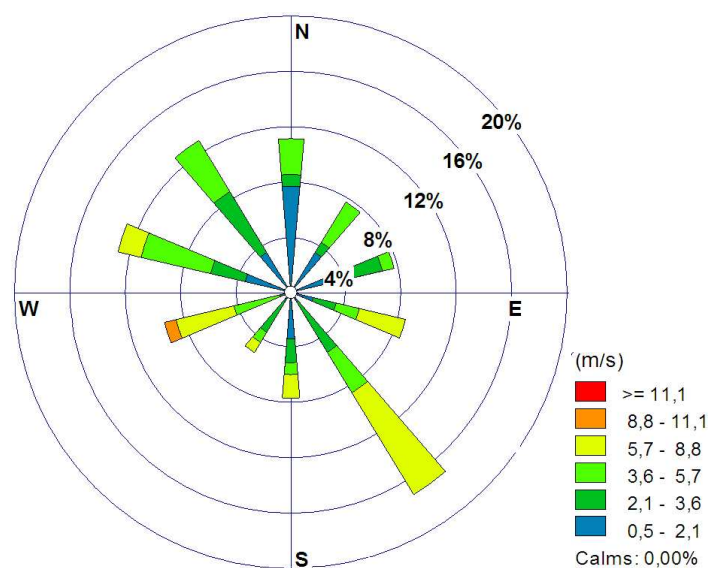


Figura 16: Rosa dos ventos de dados meteorológicos da Estação do Aeroporto Galeão, RJ para o período amostrado de abril de 2005 a fevereiro de 2006.

8.1.2 Valonguinho e Gragoatá

A comparação entre as réplicas do Campus do Valonguinho, V1 e V2, foi realizada através do teste estatístico não-paramétrico Mann-Whitney, que compara a diferença entre grupos independentes. Os resultados indicaram que a hipótese nula H_0 foi aceita, concluindo que não houve diferença estatística significativa entre as réplicas do Valonguinho (Tabela 3).

Tabela 3: Teste Mann-Whitney aplicado às réplicas V1 e V2 do Campus do Valonguinho ($p < 0,050$ são significativos).

| | Soma da posição Valonguinho 1 | Soma da posição Valonguinho 2 | U | Z | p-valor |
|-----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|------|-------|---------|
| Condutividade | 193 | 186 | 87,5 | -0,17 | 0,86 |
| H ⁺ | 206 | 173 | 81,5 | 0,46 | 0,64 |
| NH ₄ ⁺ | 177 | 202 | 71,5 | -0,94 | 0,34 |
| NO ₃ ⁻ | 182 | 196 | 77,0 | -0,67 | 0,49 |
| NOD | 213 | 166 | 74,5 | 0,80 | 0,42 |
| CO(NH ₂) ₂ | 185 | 193 | 80,0 | -0,53 | 0,59 |

A diferença espacial entre Campus do Valonguinho e Gragoatá também foi avaliada e os resultados indicaram que não houve diferença para os parâmetros analisados. O critério adotado foi o valor de $|Z| < |Z_{\text{crítico}}|$ para um α igual a 5% e um $Z_{\text{crítico}}$ igual a 1,96 (Tabela 4).

Tabela 4: Teste Mann-Whitney aplicado à amostra do Campus do Valonguinho e Campus do Gragoatá para verificar a variabilidade espacial ($p < 0,050$ são significativos).

| | Soma da posição Valonguinho | Soma da posição Gragoatá | U | Z | p-valor |
|-----------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|-----|-------|---------|
| Condutividade | 243 | 318 | 107 | -1,04 | 0,30 |
| H ⁺ | 323 | 272 | 119 | 0,88 | 0,38 |
| NH ₄ ⁺ | 270 | 325 | 117 | -0,95 | 0,34 |
| NO ₃ ⁻ | 308 | 288 | 135 | 0,34 | 0,73 |
| NOD | 300 | 262 | 109 | 0,99 | 0,32 |
| CO(NH ₂) ₂ | 199 | 208 | 94 | -0,21 | 0,84 |

Os resultados do teste estatístico indicaram que houve diferença significativa entre o período seco e chuvoso para ureia. Entretanto, os demais parâmetros não apresentaram diferença sazonal em nível de 95% de significância (Tabela 5).

Tabela 5: Teste Mann-Whitney aplicado à estação seca e chuvosa em Niterói para verificar a variabilidade sazonal ($p < 0,050$ são significativos).

| | Soma da posição Seco | Soma da posição Chuvoso | U | Z | p-valor |
|-----------------------------------|-------------------------|----------------------------|----|--------------|-------------|
| Condutividade | 61 | 75 | 20 | 1,08 | 0,28 |
| H ⁺ | 66 | 87 | 32 | 0,29 | 0,77 |
| NH ₄ ⁺ | 77 | 76 | 21 | 1,37 | 0,18 |
| NO ₃ ⁻ | 67 | 86 | 31 | 0,39 | 0,70 |
| NOD | 46 | 90 | 25 | -0,54 | 0,59 |
| CO(NH ₂) ₂ | 15 | 90 | 5 | -2,12 | 0,03 |

A comparação entre ambos os períodos, seco e chuvoso, é representada pelo gráfico Box-plot (Figuras 17 e 18). Observou-se que a amplitude foi maior para o período chuvoso e as concentrações de ureia no período seco estiveram abaixo de 4 $\mu\text{mol L}^{-1}$.

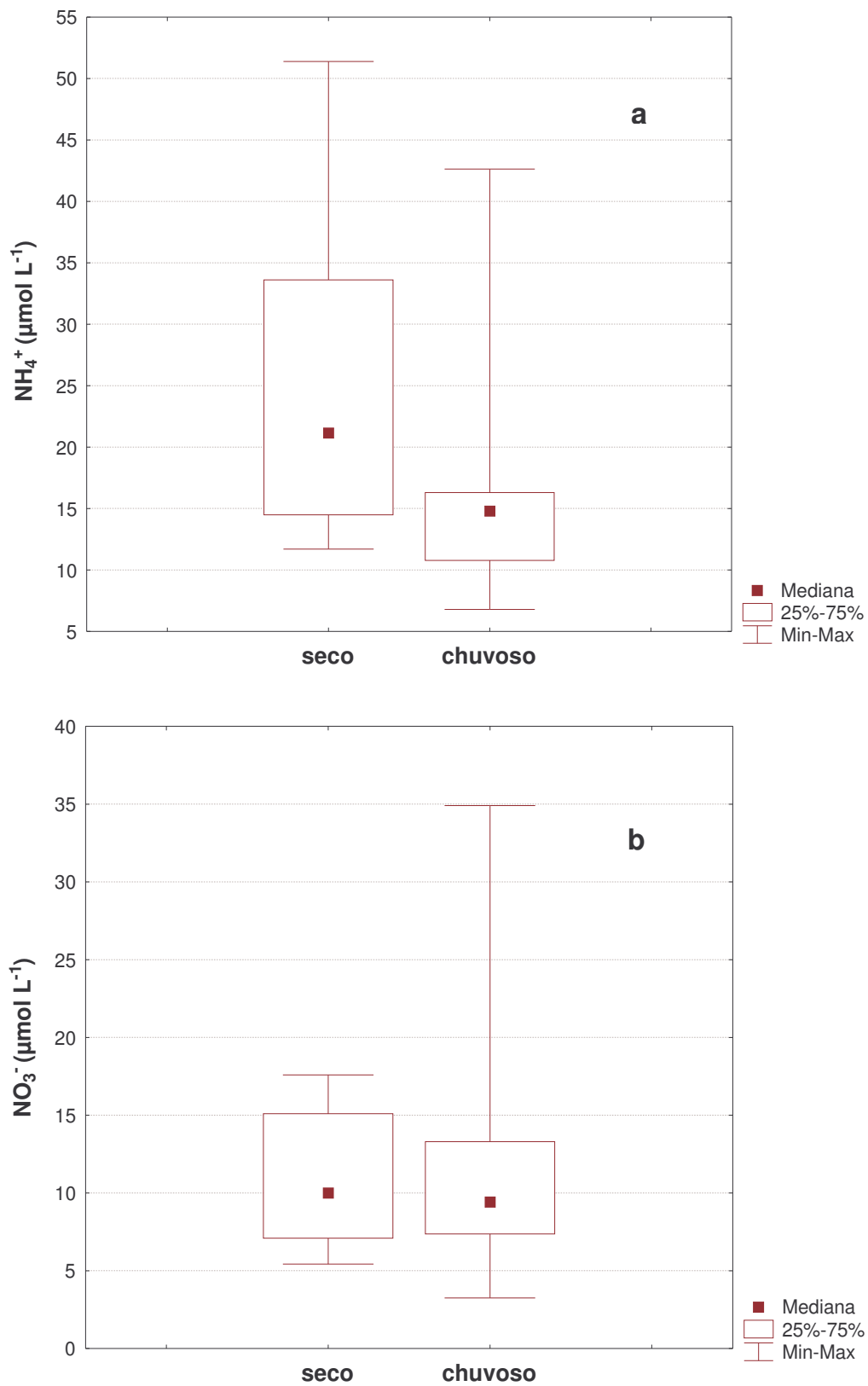


Figura 17: Comparação sazonal entre NH_4^+ (a) e NO_3^- (b) ($\mu\text{mol L}^{-1}$) em Niterói.

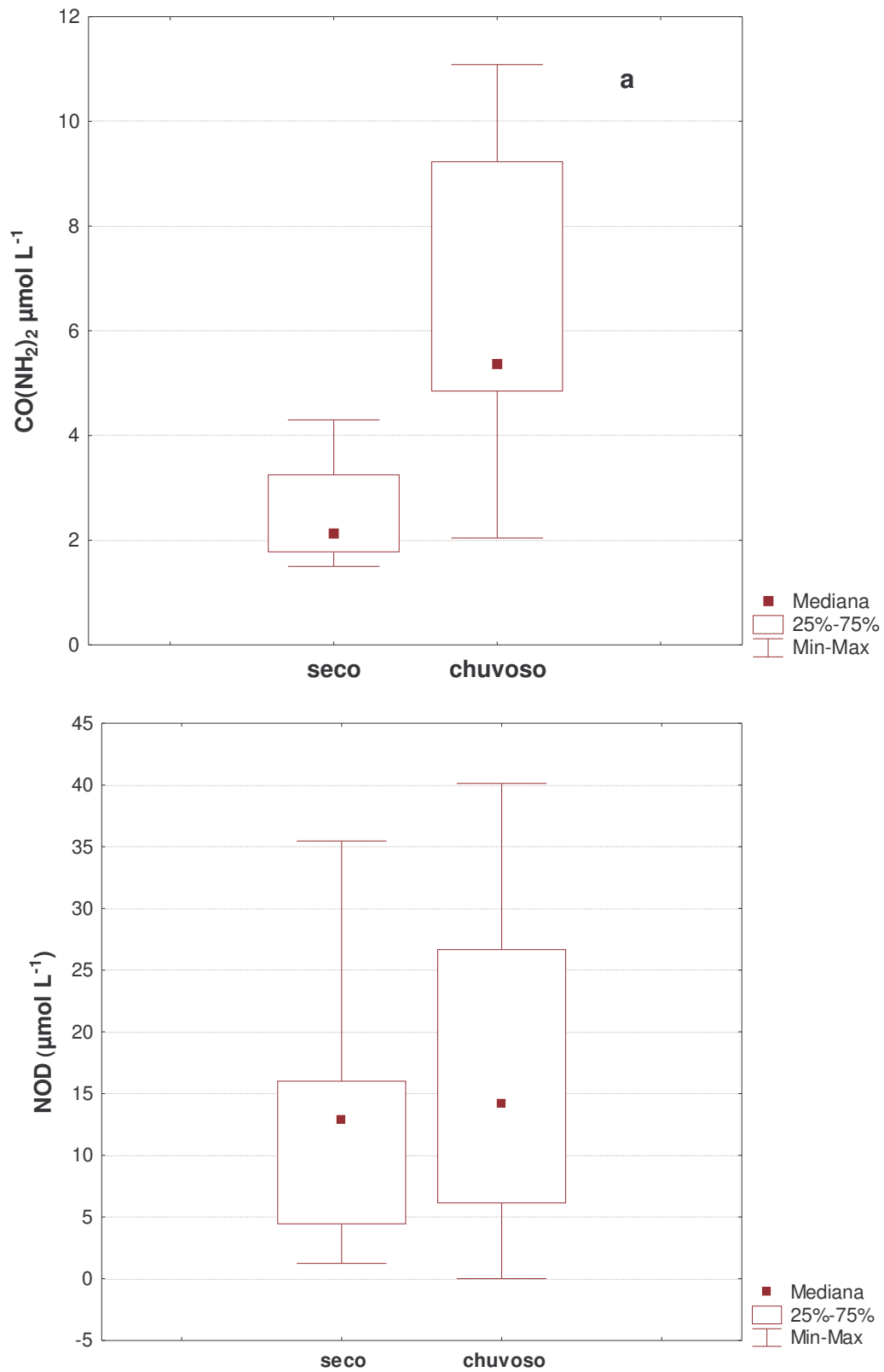


Figura 18: Comparação sazonal entre ureia (a) e NOD (b) ($\mu\text{mol L}^{-1}$) em Niterói.

8.1.3 Condutividade e Medidas de pH

A condutividade medida em Niterói variou de 3,5 a 104,0 $\mu\text{S cm}^{-1}$ e a média ponderada por volume foi 14,3 $\mu\text{S cm}^{-1}$. Os valores de pH variaram entre 4,1 a 5,8 e a média ponderada por volume (MPV) foi 5,1.

Oitenta e oito por cento da frequência acumulada dos eventos amostrados apresentaram valores de pH menores que 5,6. Enquanto, 71% dos valores observados encontraram-se na faixa de 5,1 a 5,6. A frequência dos intervalos de pH, bem como a tendência dos valores de pH durante o período amostrado para Valonguinho são mostradas nas figuras 19 e 20.

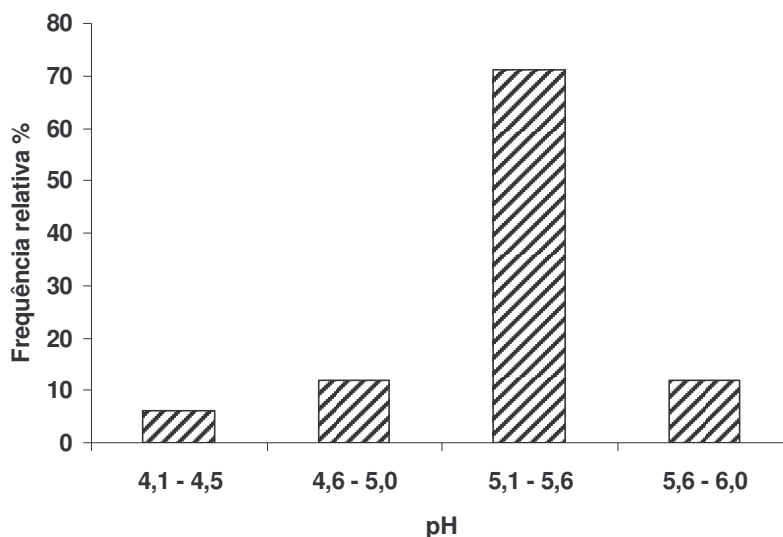


Figura 19: Frequência da distribuição dos valores de pH das amostras do Campus do Valonguinho em Niterói entre abril de 2005 a fevereiro de 2006.

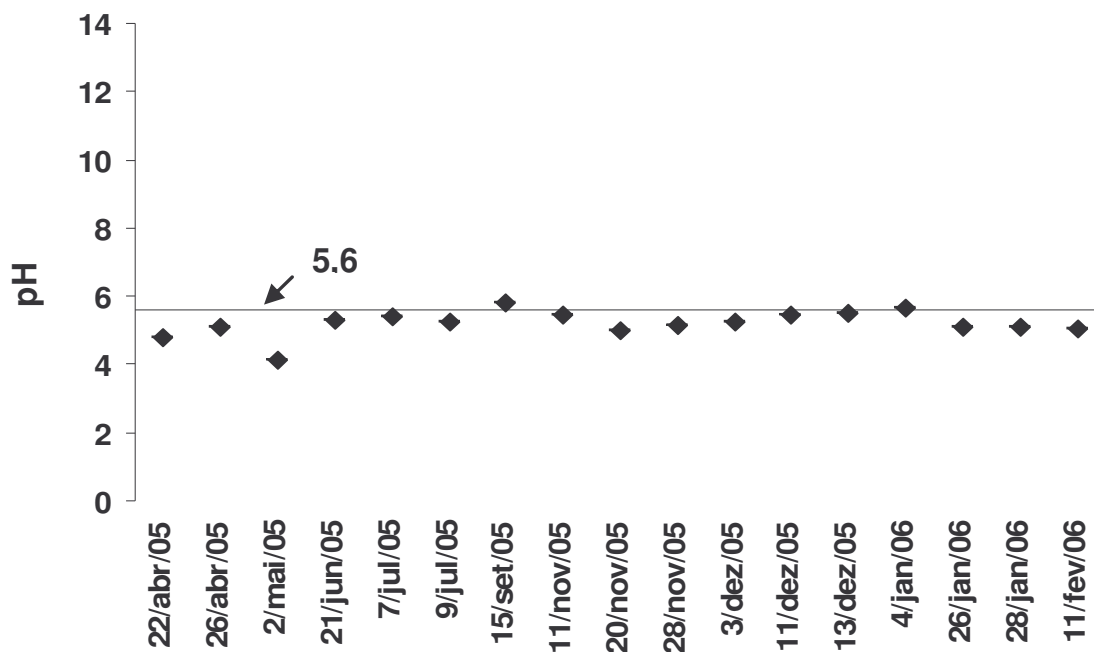


Figura 20: Variação do pH das amostras do Campus do Valonguinho em Niterói no período de abril de 2005 a fevereiro de 2006.

8.1.4 Nitrogênio inorgânico e orgânico

A estatística descritiva para os parâmetros analisados no Campus do Valonguinho e Gragoatá em Niterói é mostrada na tabela 6. As concentrações dos parâmetros podem ser visto nos anexos 2 e 3. Apesar de não haver diferença estatística significativa entre Valonguinho e Gragoatá, pôde-se observar que os valores da MPV para o NOD foram cerca de 2 vezes maiores no Valonguinho em relação ao Gragoatá. O íon NH_4^+ apresentou um ligeiro aumento no Gragoatá e ainda, a diferença entre H^+ para os dois locais amostrados foi aproximadamente 2 vezes maior no Valonguinho.

Tabela 6: Estatística descritiva para H^+ ($\mu\text{mol L}^{-1}$), formas de N inorgânico e orgânico ($\mu\text{mol N L}^{-1}$) no Campus do Valonguinho e Gragoatá em Niterói. MPV = média ponderada por volume; Desvpad = desvio-padrão.

| Local amostrado | | H^+ | NH_4^+ | NO_3^- | NOD | $CO(NH_2)_2$ |
|--------------------|---------|-------|----------|----------|------|--------------|
| <i>Valonguinho</i> | | | | | | |
| N = 17 | MPV | 7,6 | 18,4 | 10,6 | 16,6 | 8,3 |
| | Média | 10,7 | 20,6 | 11,5 | 15,8 | 10,1 |
| | Desvpad | 18,1 | 12,6 | 7,3 | 10,3 | 6,2 |
| | Mediana | 6,0 | 15,8 | 10,0 | 12,8 | 9,7 |
| <i>Gragoatá</i> | | | | | | |
| N = 17 | MPV | 4,7 | 21,7 | 10,9 | 10,7 | 8,8 |
| | Média | 6,3 | 24,6 | 11,1 | 10,2 | 9,9 |
| | Desvpad | 5,3 | 15,0 | 7,7 | 10,9 | 4,4 |
| | Mediana | 4,9 | 15,9 | 9,1 | 10,0 | 10,2 |

$$[H^+] = 10^{-pH}$$

8.1.4.1 Nitrogênio inorgânico

O íon NH_4^+ foi uma das formas de N inorgânico mais abundante nas amostras de deposição total no período estudado entre abril de 2005 a fevereiro de 2006. Sua concentração variou de 7,0 a 51,0 $\mu\text{mol N L}^{-1}$ e a concentração de NO_3^- variou de 3,0 a 35,0 $\mu\text{mol N L}^{-1}$.

As concentrações de NH_4^+ e NO_3^- mostraram tendências similares durante o curso desse estudo (Figura 21). Apesar de não apresentarem diferença significativa sazonal, a concentração de NH_4^+ foi cerca de duas vezes menor no período chuvoso, provavelmente devido a um efeito de diluição, entre os meses de novembro a fevereiro, em relação ao período seco. Observou-se que a maior quantidade de precipitação correspondeu a um menor valor da concentração de NH_4^+ e NO_3^- .

A concentração de NH_4^+ no período chuvoso variou de 6,8 a 42,6 $\mu\text{mol L}^{-1}$, enquanto no período seco a concentração mínima foi 11,7 $\mu\text{mol L}^{-1}$ e a máxima de 51,4 $\mu\text{mol L}^{-1}$.

A precipitação (mm) mostrada no gráfico de tendência do NO_3^- e NH_4^+ representa o volume de chuva coletado convertido a altura de precipitação.

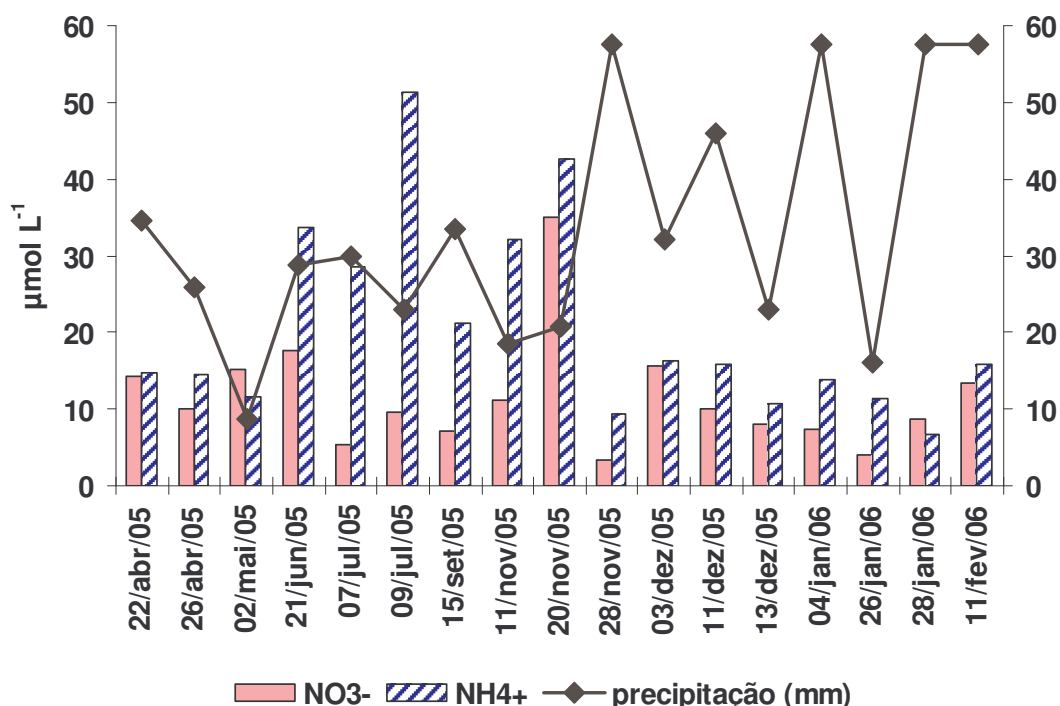


Figura 21: Variações das concentrações de NH_4^+ e NO_3^- ($\mu\text{mol L}^{-1}$) e precipitação (mm) coletada em Niterói entre abril de 2005 a fevereiro de 2006.

8.1.4.2 Nitrogênio orgânico dissolvido

As concentrações de NOD foram altas para ambos os períodos, seco e chuvoso. Foi observado que a concentração de NOD para o período seco e chuvoso não apresentou claramente um comportamento sazonal (Figura 22). Mesmo assim, pôde-se observar que no período chuvoso ocorreram os maiores valores. O valor da média e mediana foram respectivamente 15,8 e 12,8 $\mu\text{mol L}^{-1}$. Enquanto no período seco, a média e mediana foram 13,8 e 12,8 $\mu\text{mol L}^{-1}$.

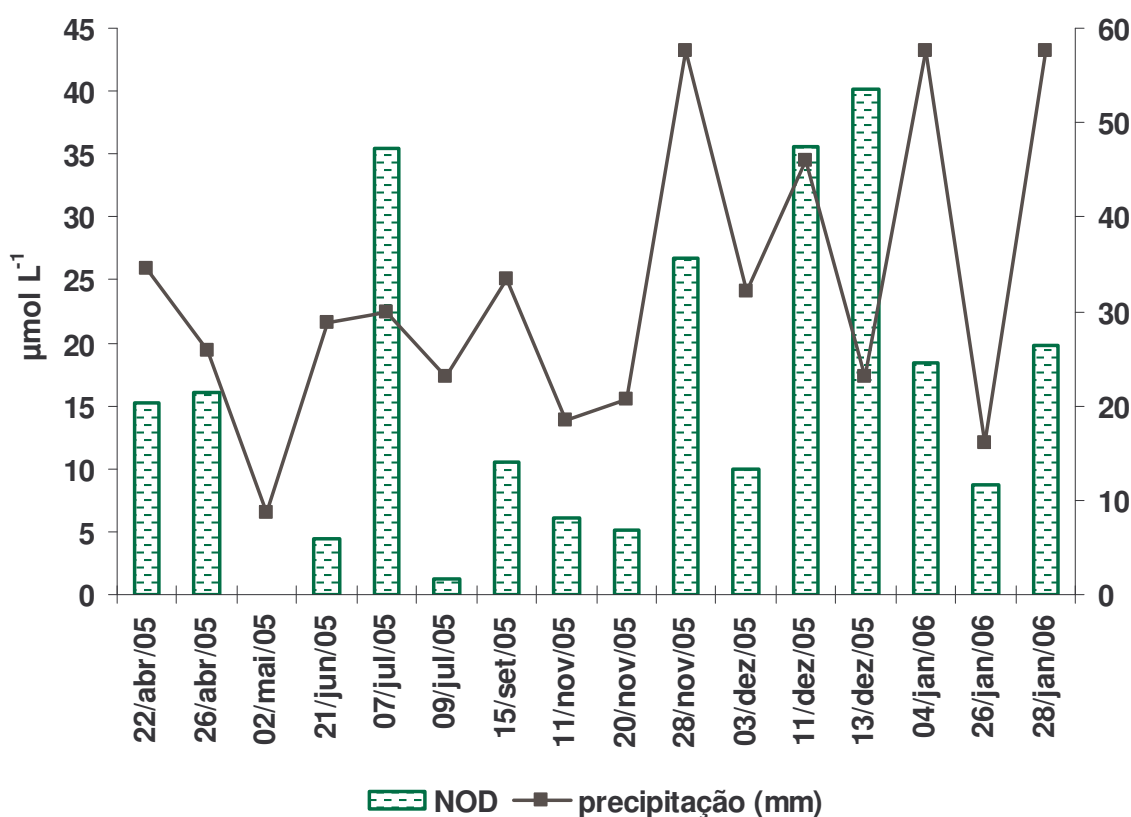


Figura 22: Variação da concentração de NOD ($\mu\text{mol L}^{-1}$) e precipitação (mm) coletada em Niterói entre abril de 2005 a fevereiro de 2006.

8.1.5 Ureia

A concentração média da ureia foi de $10,1 \mu\text{mol N L}^{-1}$. Apesar de mostrar diferença sazonal, não se observa claramente um comportamento sazonal ao longo do período estudado. Variações entre concentrações baixas e altas são verificadas no período chuvoso.

No período chuvoso, as concentrações de ureia oscilaram entre valores mínimo de $4,1 \mu\text{mol N L}^{-1}$ e máxima de $22 \mu\text{mol N L}^{-1}$. Enquanto, no período seco, variaram de $3,0$ a $8,6 \mu\text{mol N L}^{-1}$, representando somente quatro meses de coletas. A ureia não foi quantificada nos meses de abril e maio. Em geral, as concentrações de ureia no período estudado variaram de $3,0$ a $22 \mu\text{mol N L}^{-1}$ (Figura 23).

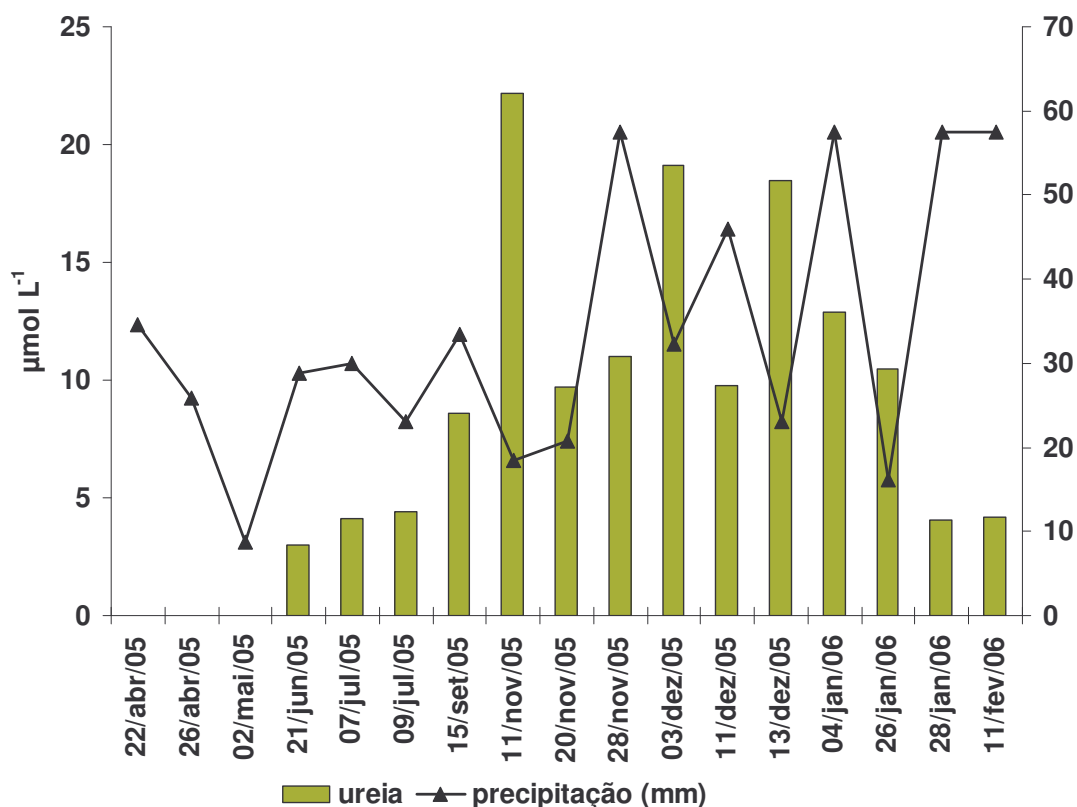


Figura 23: Variação da concentração de ureia ($\mu\text{mol L}^{-1}$) e precipitação (mm) coletada em Niterói entre abril de 2005 a fevereiro de 2006.

8.1.6 Distribuição das formas de N

A distribuição das formas de N para Niterói foi baseada nos dados da média ponderada por volume. A contribuição anual foi 36% de NOD, 24% de NO_3^- e 42% de NH_4^+ do N total (Figura 24).

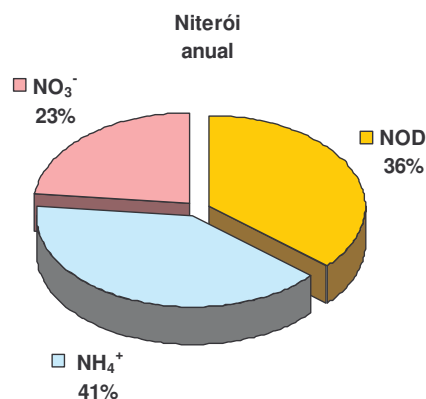


Figura 24: Distribuição das formas de N anual em Niterói entre abril de 2005 a fevereiro de 2006. Valores calculados da concentração da média ponderada por volume ($\mu\text{mol L}^{-1}$).

A distribuição anual da ureia nas águas de chuva foi 19% do NOD, enquanto a fração de NOD não identificado foi 16% do N total (Figura 25). A tabela 7 mostra algum dos prováveis compostos de NOD, que não foram identificados neste estudo.

Tabela 7: Compostos de NOD em águas de chuva analisados em áreas costeira e continental do mundo.

| <i>Grupo de compostos</i> | $\mu\text{mol N L}^{-1}$ | <i>Referência</i> |
|---------------------------|----------------------------|--|
| Aminas alifáticas | < 0,002 – 2,7 | (GORZELSKA; GALLOWAY, 1990; MCGREGOR; ANASTASIO, 2001) |
| Aminoácidos | < 0,002–6,4 | (MOPPER; ZIKA, 1987; MCGREGOR; ANASTASIO, 2001) |
| Azareno | ~23 nmol N L ⁻¹ | (CHEN; PRESTON, 2004) |

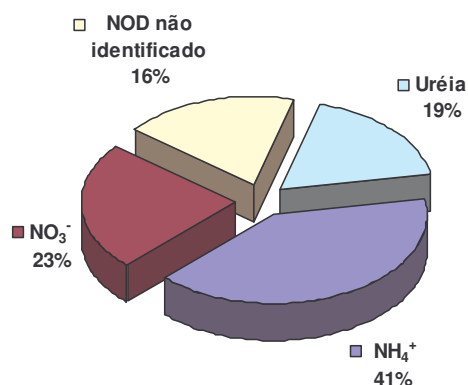


Figura 25: Distribuição anual das formas de N inorgânico, N orgânico não identificado e ureia em Niterói entre abril de 2005 a fevereiro de 2006.

A distribuição da ureia em relação ao N total dissolvido no período seco e chuvoso foi diferente. O percentual da ureia para o período seco, entre os meses de abril a setembro, representou somente 6% do NOD, enquanto que no período chuvoso, a ureia representou 25% em relação ao NOD (Figura 26).

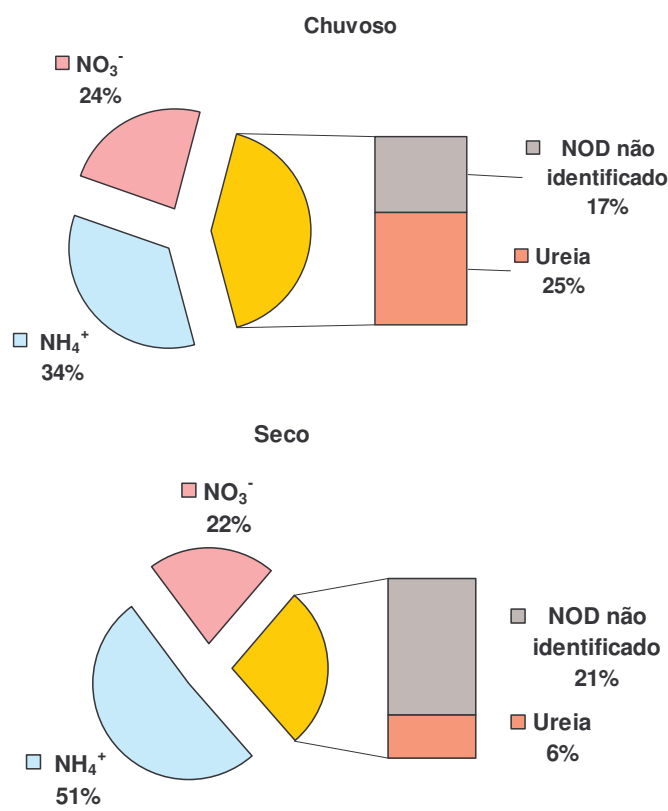


Figura 26: Distribuição das formas de N inorgânicos, N orgânico não identificado e ureia para os períodos seco e chuvoso em Niterói entre abril de 2005 a fevereiro de 2006.

A tabela 8 fornece a concentração da média ponderada por volume dos parâmetros coletados na estação seca e chuvosa. Pôde-se observar neste estudo que as espécies enriquecidas durante a estação chuvosa foram o NOD e a ureia.

Tabela 8: Concentração MPV de H^+ ($\mu\text{mol L}^{-1}$) das espécies de N inorgânico e orgânico ($\mu\text{mol N L}^{-1}$) na estação seca e chuvosa em Niterói. ES/EC = estação seca/estação chuvosa.

| | <i>Seca</i> | <i>Chuvosa</i> | <i>ES / EC</i> |
|----------------------------|-------------|----------------|----------------|
| H^+ | 10,3 | 6,4 | 1,5 |
| NH_4^+ | 25,5 | 15,0 | 1,7 |
| NO_3^- | 10,9 | 10,4 | 1,0 |
| NOD | 13,6 | 16,7 | 0,8 |
| NTD | 50,0 | 43,4 | 1,2 |
| $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ | 3,2 | 10,6 | 0,3 |
| Nº de amostras | 7 | 10 | |
| Precipitação (mm) | 184 | 386 | 0,5 |

$$[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}}$$

8.1.7 Correlações

Os resultados apresentados do coeficiente de correlação (r) calculado foram significativos para alguns parâmetros (Tabela 9). Entretanto, mesmo que alguns coeficientes não tenham apresentado correlação estatística significativa, pôde se evidenciar suficientemente, a existência de correlações lineares fracas a moderadas.

Correlações negativas em nível de 95% de significância foram observadas entre a precipitação e a condutividade. Também foram observadas correlações entre o NOD com NH_4^+ e NO_3^- . Enquanto, as correlações positivas foram observadas somente entre a condutividade e as espécies de N inorgânico (Tabela 9). As figuras 27 e 28 mostram as correlações dos parâmetros analisados. Os valores das concentrações apresentados no gráfico foram transformados em escala logarítmica.

Tabela 9: Correlação de Spearman entre os parâmetros analisados nas águas de chuva na região costeira urbana de Niterói. Abril de 2005 a fevereiro de 2006.

| | mm | Condutividade | H^+ | NH_4^+ | NO_3^- | NOD | $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ |
|----------------------------|--------------|---------------|--------------|-----------------|-----------------|------|----------------------------|
| mm | 1 | | | | | | |
| Condutividade | -0,61 | 1 | | | | | |
| H^+ | -0,15 | 0,16 | 1 | | | | |
| NH_4^+ | -0,28 | 0,51 | -0,19 | 1 | | | |
| NO_3^- | -0,24 | 0,70 | 0,42 | 0,46 | 1 | | |
| NOD | 0,31 | -0,35 | -0,35 | -0,61 | -0,51 | 1 | |
| $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ | -0,22 | -0,01 | -0,31 | -0,20 | -0,10 | 0,25 | 1 |

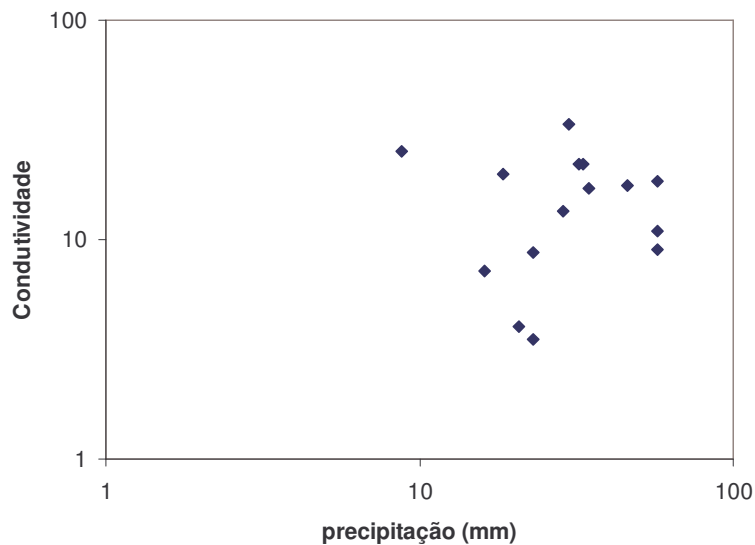


Figura 27: Diagrama de dispersão da condutividade e precipitação. Valores transformados em escala logarítmica para Niterói entre abril de 2005 a fevereiro de 2006.

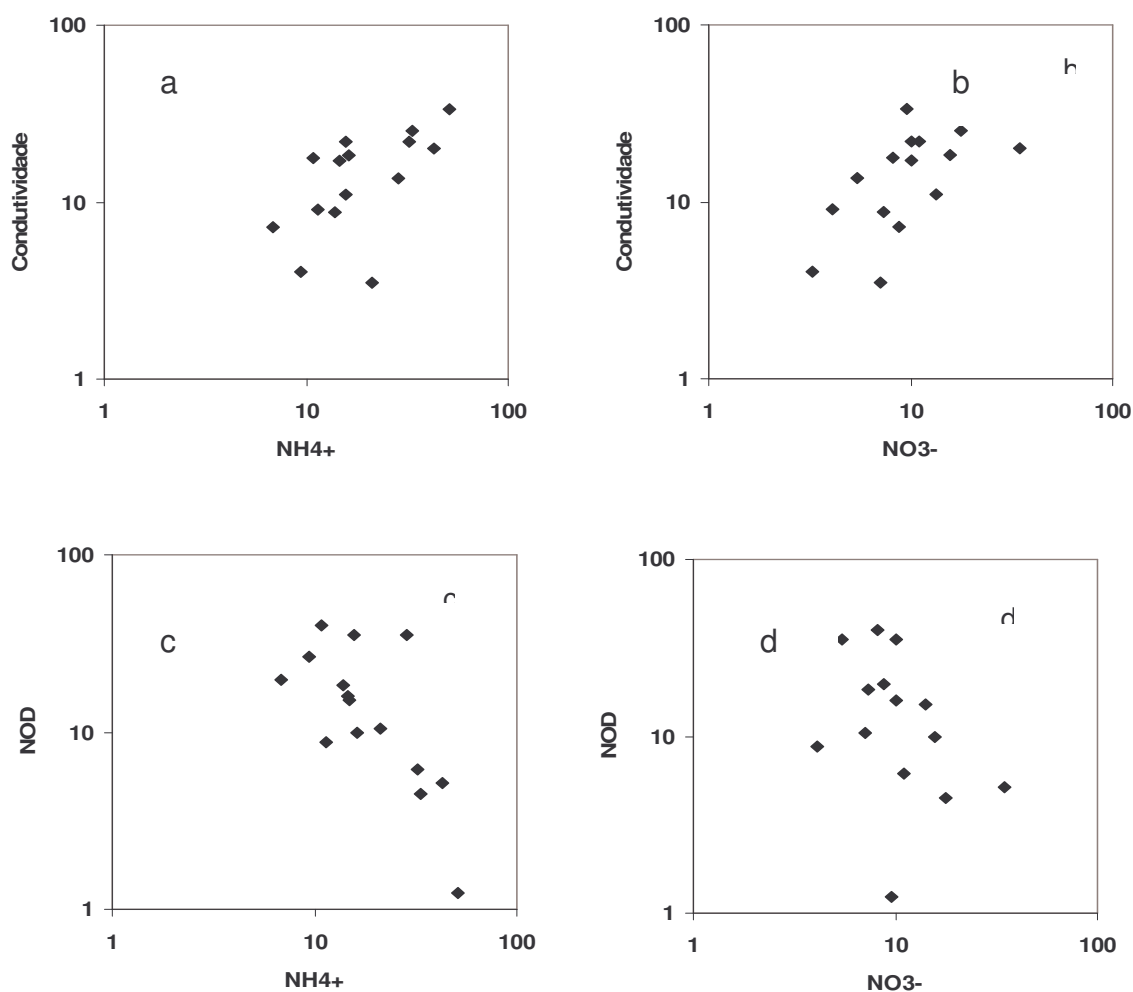


Figura 28: Diagrama de dispersão da condutividade e NH_4^+ (a), condutividade e NO_3^- (b), NOD e NH_4^+ (c) e NOD e NO_3^- (d). Valores transformados em escala logarítmica para Niterói entre abril de 2005 a fevereiro de 2006.

8.1.8 Deposição atmosférica do N

Os fluxos de deposição atmosférica dos parâmetros amostrados foram calculados com base na concentração da MPV e da precipitação anual do período coletado. A precipitação média no período amostrado em Niterói foi 1135 mm (INMET, 2008).

Os resultados do fluxo de deposição atmosférica anual em Niterói foram 2,9 kg ha⁻¹ ano⁻¹ para o NH₄⁺, 1,7 kg ha⁻¹ ano⁻¹ para NO₃⁻, 2,6 kg ha⁻¹ ano⁻¹ para NOD, 1,3 kg ha⁻¹ ano⁻¹ para CO(NH₂)₂ e 0,09 kg ha⁻¹ ano⁻¹ para o H⁺.

8.2 CAMPOS DOS GOYTACAZES

8.2.1 Clima

A média histórica anual da precipitação coletada em Campos dos Goytacazes do ano de 1931 a 1975, período máximo observado, foi de 1087 mm (FIDERJ, 1978), enquanto no período estudado, entre os anos de 2006 e 2008, a precipitação média foi 1071 mm. Os valores registrados de precipitação para o ano de 2006, 2007 e 2008 foram respectivamente 977, 925 e 1310 mm (SIMERJ, 2008).

A precipitação mensal coletada no ano de 2007 e a normal climatológica em Campos dos Goytacazes são mostradas na figura 29.

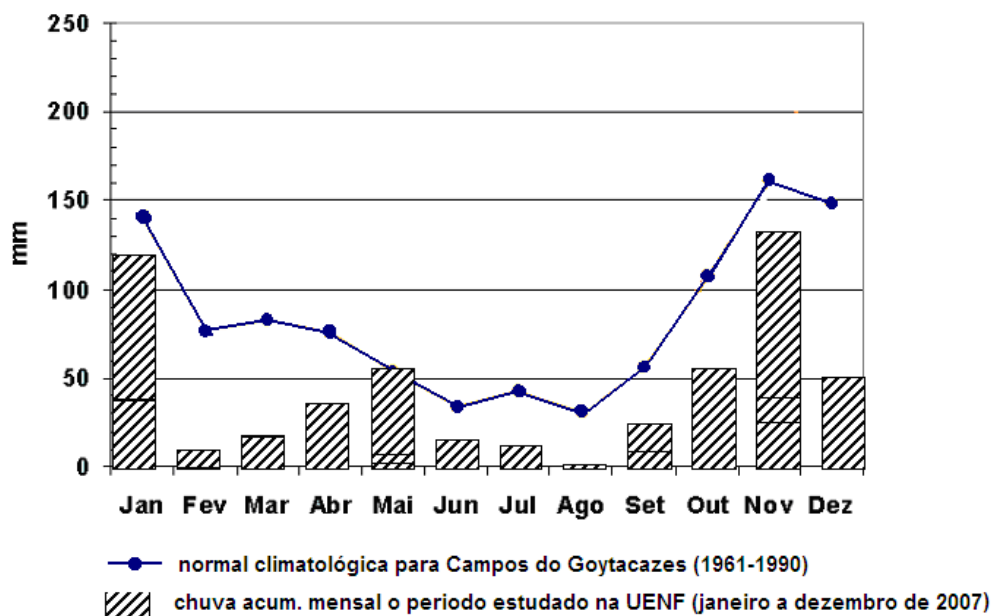


Figura 29: Normal climatológica para precipitação mensal em Campos dos Goytacazes e sobreposição em forma de barra dos dados de chuvas coletadas no ano de 2007 na UENF. Fonte: SIMERJ, ano de 2008.

Diferente do ano de 2006 que cobriu somente o mês de agosto e setembro, as coletas realizadas no ano de 2007 abrangeram os 12 meses consecutivos, enquanto no ano de 2008, somente o mês de janeiro foi coletado. A figura 30 mostra a rosa dos ventos representando os dados de direção de ventos e velocidade do ano de 2007 da Estação de Campos dos Goytacazes (Anexo 4).

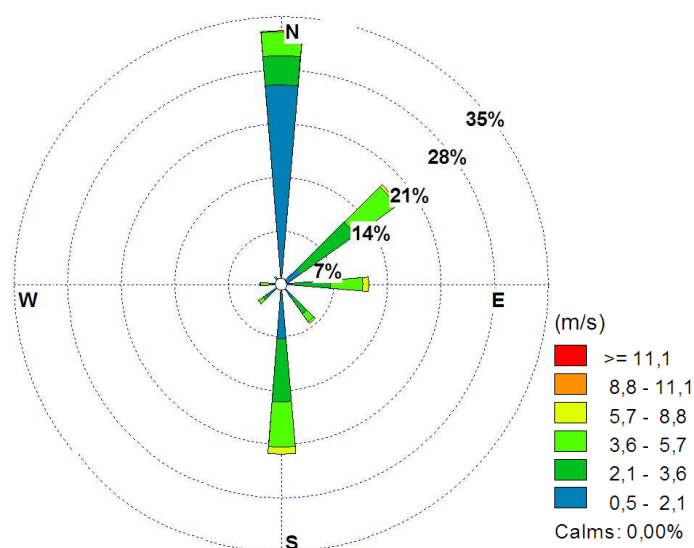


Figura 30: Rosa dos ventos de dados meteorológicos da Estação de Campos dos Goytacazes, RJ para o período amostrado de janeiro a dezembro de 2007.

A rosa dos ventos mostrou que os ventos dominantes em Campos dos Goytacazes, no período amostrado, são geralmente de Norte com variações para NE, E ou S. Isto ocorre frequentemente quando o centro do Anticiclone do Atlântico Sul (AAS) está situado em uma latitude um pouco inferior (mais ao N) à da Bacia de Campos. A situação mais comum em termos de direção do vento na Bacia de Campos é a de ventos de NE. Todavia, a predominância da direção dos ventos depende do posicionamento do AAS em latitudes menores ou maiores, em relação a localização da Bacia de Campos (PINHO, 2003).

8.2.2 UENF e Lagoa de Cima

As amostras da UENF e Lagoa de Cima em Campos dos Goytacazes foram comparadas entre si através do teste estatístico não-paramétrico Mann-Whitney para determinar se ambos apresentavam diferença espacial significativas.

Os resultados indicaram que houve diferença estatística significativa entre a UENF e a Lagoa de Cima, contudo não houve variação espacial em relação ao NO_3^- . O critério empregado foi a escolha do α igual a 5% e o $Z_{\text{crítico}}$ igual a 1,96. A tabela 10 mostra a diferença entre os locais amostrados na UENF e Lagoa de Cima.

Tabela 10: Teste Mann-Whitney aplicado à Lagoa de Cima e UENF para verificar a variabilidade espacial ($p < 0,050$ são significativos).

| | Soma da posição Lagoa de Cima | Soma da posição UENF | U | Z | p-valor |
|-----------------------------------|----------------------------------|-------------------------|------|--------------|-----------------|
| H ⁺ | 1592 | 4080 | 851 | -2,91 | 0,0036 |
| Condutividade | 2477 | 3194 | 848 | 2,92 | 0,0034 |
| NH ₄ ⁺ | 2418 | 3254 | 908 | 2,53 | 0,011 |
| NO ₃ ⁻ | 2049 | 3622 | 1276 | 0,10 | 0,92 |
| NOD | 2475 | 3196 | 850 | 2,91 | 0,0036 |
| CO(NH ₂) ₂ | 2746 | 2925 | 579 | 4,70 | 0,000003 |

A tabela 11 mostra a estatística descritiva para os parâmetros analisados na UENF e na Lagoa de Cima. As concentrações dos parâmetros analisados na UENF e Lagoa de Cima encontram-se nos anexos 5 e 6. Com exceção de todos os parâmetros analisados, a concentração do H^+ na Lagoa de Cima foi menor que na UENF. Além disso, as concentrações de NH_4^+ e $CO(NH_2)_2$ foram cerca de duas vezes maiores na Lagoa de Cima.

Tabela 11: Estatística descritiva para H^+ ($\mu\text{mol L}^{-1}$) e formas de N inorgânico e orgânico ($\mu\text{mol N L}^{-1}$) na UENF e na Lagoa de Cima em Campos dos Goytacazes. MPV = média ponderada por volume; Desvpad = desvio-padrão.

| Local amostrado | | H^+ | NH_4^+ | NO_3^- | NOD | $CO(NH_2)_2$ |
|----------------------|---------|-------|----------|----------|-------|--------------|
| UENF | | | | | | |
| | MPV | 3,5 | 19,4 | 14,6 | 108,6 | 15,0 |
| | Média | 4,9 | 21,1 | 20,8 | 146,7 | 19,5 |
| | Desvpad | 9,0 | 31,6 | 17,9 | 104,0 | 64,4 |
| | Mediana | 1,7 | 10,9 | 14,0 | 66,9 | 4,6 |
| Lagoa de Cima | | | | | | |
| | MPV | 1,8 | 35,7 | 20,0 | 160,9 | 33,7 |
| | Média | 2,9 | 35,6 | 18,9 | 174,3 | 24,9 |
| | Desvpad | 6,5 | 42,6 | 15,8 | 103,7 | 37,7 |
| | Mediana | 0,7 | 16,1 | 15,1 | 121,4 | 12,8 |

8.2.3 Condutividade e Medidas de pH

A condutividade média medida para UENF foi $27 \mu\text{S cm}^{-1}$, enquanto a Lagoa de Cima apresentou um valor médio de $73 \mu\text{S cm}^{-1}$. Os valores de pH para as amostras coletadas na UENF variaram de 4,3 a 7,6. Ao passo que, os valores de pH medidos na Lagoa de Cima variaram de 4,2 a 9,2.

Das 47 amostras observadas na UENF, 38% das amostras acumuladas apresentaram valores de $\text{pH} < 5,6$ e 36% da frequência relativa apresentaram valores entre 5,0 a 5,6 (Figura 31).

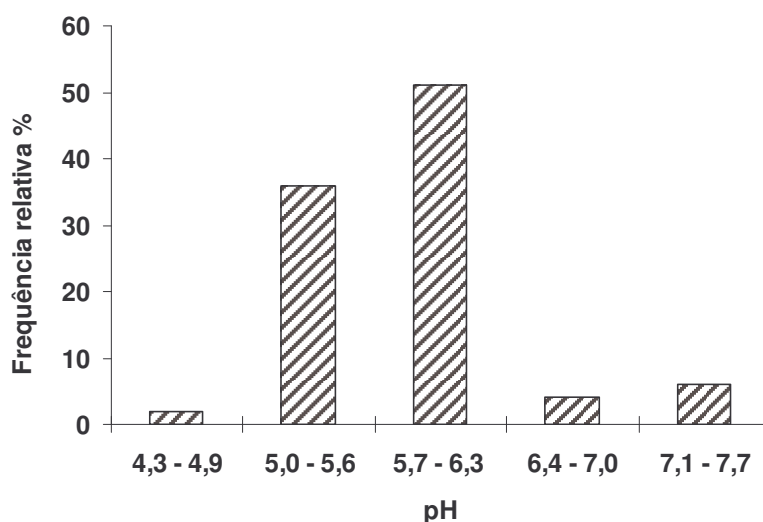


Figura 31: Frequência da distribuição dos valores de pH em Campos dos Goytacazes – UENF entre agosto de 2006 a janeiro de 2008.

Os valores de pH na UENF, distribuídos ao longo do período estudado são mostrados na Figura 32.

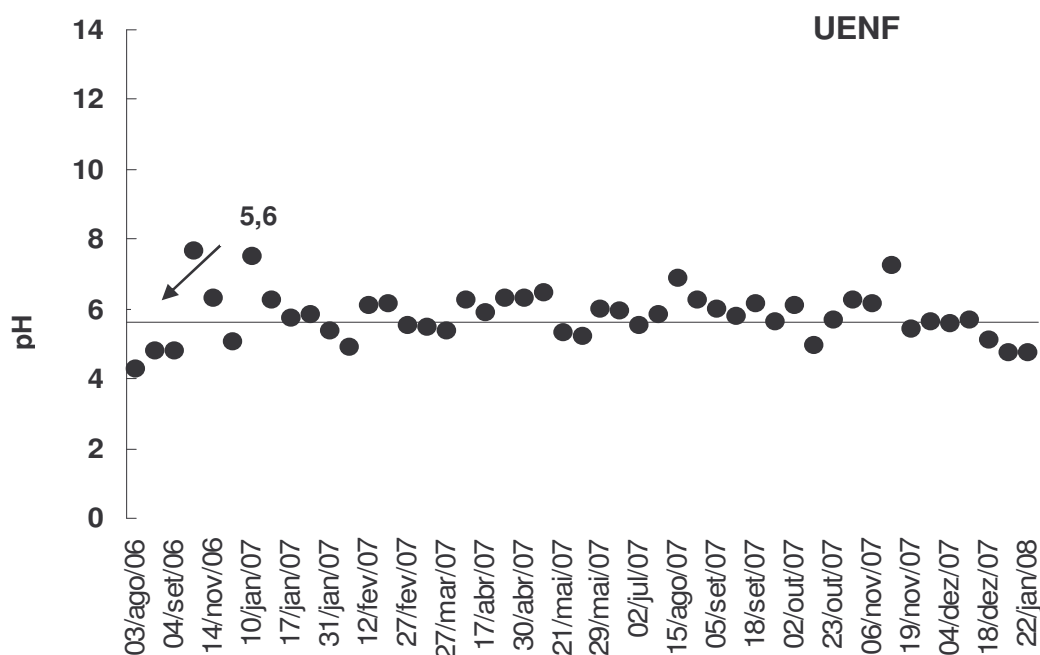


Figura 32: Variação do pH em Campos do Goytacazes – UENF entre agosto de 2006 a janeiro de 2008.

Sessenta e oito por cento das amostras acumuladas na Lagoa de Cima apresentaram valores de pH < 7,0. Enquanto, 21% das amostras coletadas apresentaram valores de pH entre 5,0 a 5,6 (Figura 33).

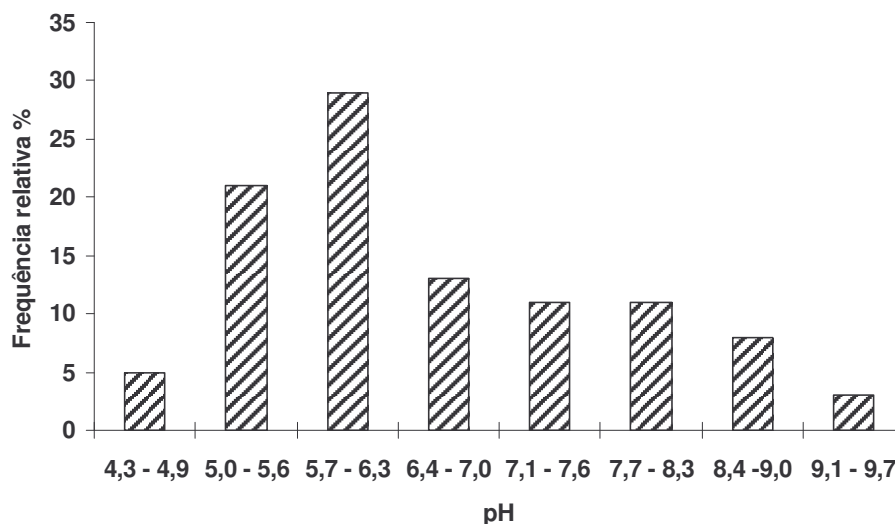


Figura 33: Frequência da distribuição dos valores de pH em Campos dos Goytacazes – Lagoa de Cima entre agosto de 2006 a janeiro de 2008.

A figura 34 mostra a variação de pH para Lagoa de Cima entre agosto de 2006 e janeiro de 2008. Observa-se que a partir de março de 2007, os valores de pH oscilaram acima de 5,6.

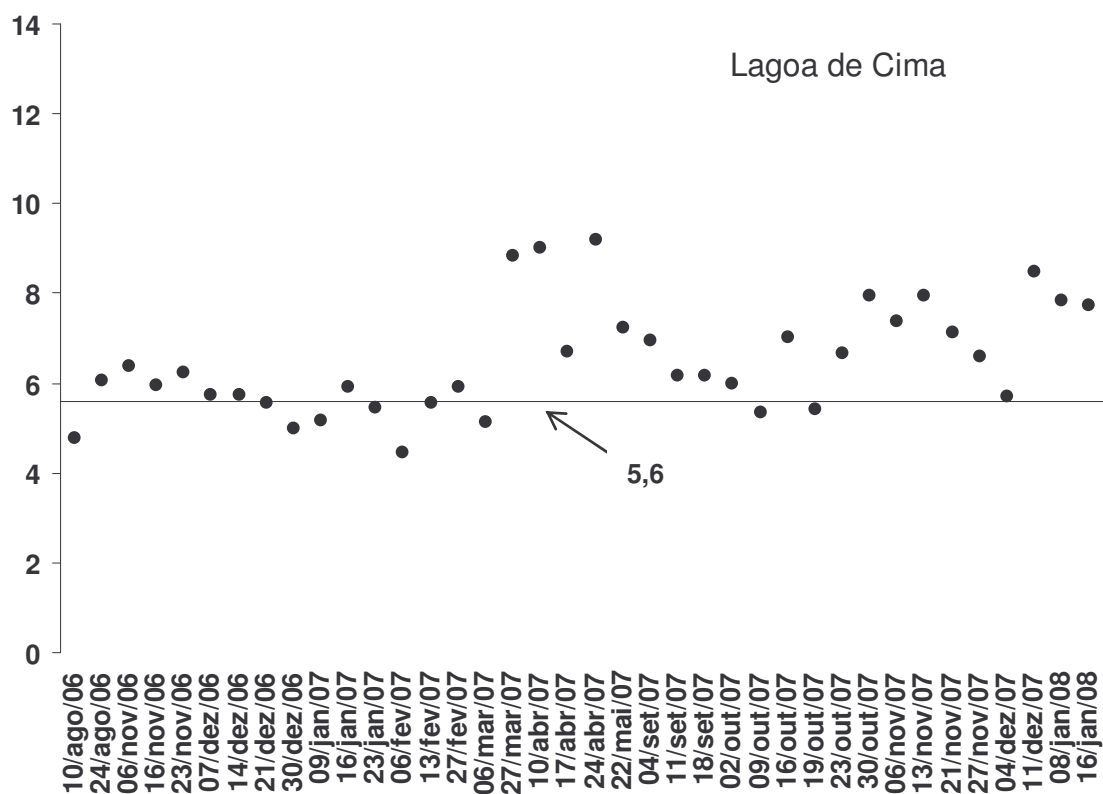


Figura 34: Variação do pH em Campos do Goytacazes – Lagoa de Cima entre agosto de 2006 a janeiro de 2008.

8.2.4 N inorgânico e orgânico

Os resultados apresentados na tabela 12 mostraram que na UENF não houve diferença estatística significativa para o período seco e chuvoso. Contudo, os parâmetros NH_4^+ e NOD na Lagoa de Cima mostraram diferença sazonal (Tabela 13).

Tabela 12: Teste Mann-Whitney aplicado ao período seco e chuvoso para verificar a variabilidade sazonal na UENF ($p < 0,050$ são significativos).

| | Soma da posição Seco | Soma da posição Chuvoso | U | Z | p-valor |
|----------------------------|-------------------------|----------------------------|-----|-------|---------|
| H^+ | 453 | 676 | 243 | -0,59 | 0,55 |
| Condutividade | 554 | 574 | 196 | 1,59 | 0,11 |
| NH_4^+ | 310 | 818 | 100 | -3,66 | 0,0001 |
| NO_3^- | 493 | 635 | 257 | 0,28 | 0,78 |
| NOD | 464 | 664 | 254 | -0,34 | 0,73 |
| $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ | 338 | 791 | 128 | -3,07 | 0,002 |

Tabela 13: Teste Mann-Whitney aplicado ao período seco e chuvoso para verificar a variabilidade sazonal na Lagoa de Cima ($p < 0,050$ são significativos).

| | Soma da posição Seco | Soma da posição Chuvoso | U | Z | p-valor |
|----------------------------|-------------------------|----------------------------|-----|-------------|--------------|
| H^+ | 154 | 587 | 99 | -1,36 | 0,174 |
| Condutividade | 221 | 521 | 115 | 0,85 | 0,40 |
| NH_4^+ | 293 | 448 | 42 | 3,25 | 0,001 |
| NO_3^- | 233 | 508 | 102 | 1,26 | 0,21 |
| NOD | 296 | 445 | 39 | 3,35 | 0,001 |
| $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ | 245 | 497 | 91 | 1,64 | 0,10 |

A diferença entre os parâmetros NH_4^+ e NOD no período seco e chuvoso para Lagoa de Cima é mostrada através das figuras 35 e 36 representadas pelo gráfico Box-plot. Não obstante da diferença sazonal significativa entre o NOD, observa-se que 25 a 75% dos valores da concentração no período seco assemelham-se ao período chuvoso, enquanto 25 a 75% dos valores da NH_4^+ no período seco apresenta maior dispersão do que no período chuvoso.

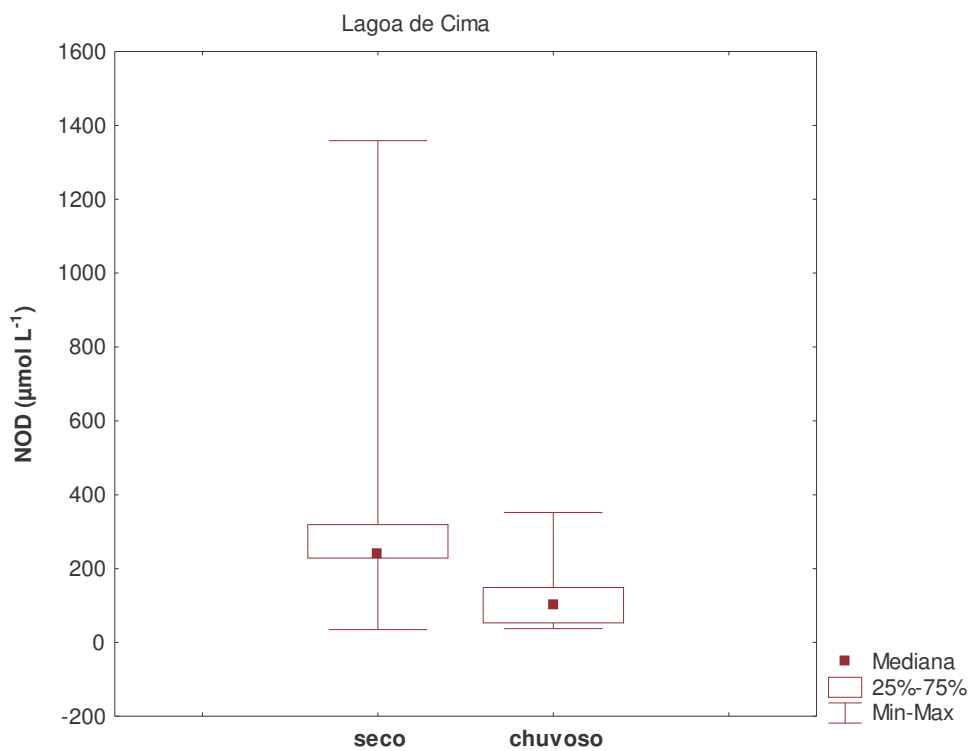


Figura 35: Comparação sazonal do NOD ($\mu\text{mol L}^{-1}$) para Lagoa de Cima.

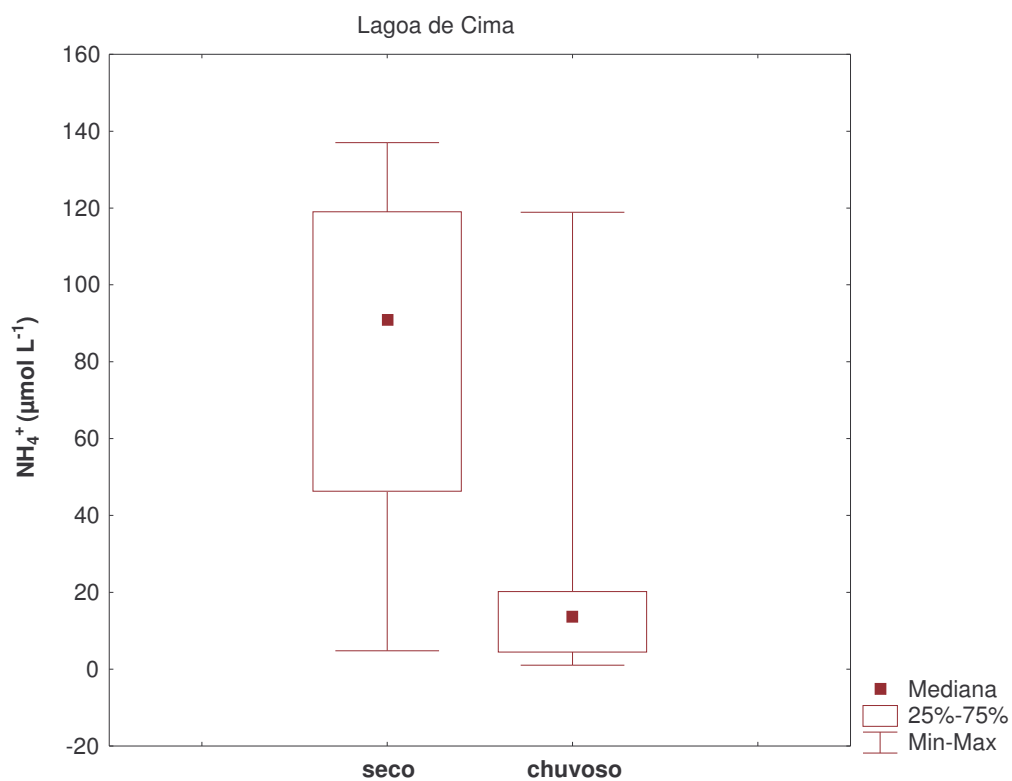


Figura 36: Comparação sazonal do NH₄⁺ ($\mu\text{mol L}^{-1}$) para Lagoa de Cima

8.2.4.1 Nitrogênio inorgânico

A distribuição das concentrações de NO_3^- no período estudado variaram de 0,7 a 67,7 $\mu\text{mol L}^{-1}$ na UENF e 1,6 a 58,3 $\mu\text{mol L}^{-1}$ na Lagoa de Cima.

Na UENF não foi observado um comportamento sazonal do NO_3^- (Figura 37). Tanto na estação seca (abril e setembro) quanto na estação chuvosa (outubro a março) foram encontradas concentrações baixas e elevadas. Os meses de maior concentração foram fevereiro, julho, agosto e outubro de 2007.

Foi observado que a concentração de NO_3^- variou em relação ao volume de precipitação. Baixos volumes de precipitações contribuíram para concentrações elevadas de NO_3^- , enquanto concentrações baixas de NO_3^- estiveram relacionadas aos maiores volumes de precipitações.

Em média a concentração de NO_3^- para o período de estiagem na UENF foi de 21,8 $\mu\text{mol L}^{-1}$ com mínimo de 1,5 $\mu\text{mol L}^{-1}$ e a máxima de 67,6 $\mu\text{mol L}^{-1}$. E ainda, no período chuvoso a concentração mínima foi de 0,7 $\mu\text{mol L}^{-1}$ e concentração máxima de 67,7 $\mu\text{mol L}^{-1}$.

A mesma tendência de distribuição das concentrações de NO_3^- observadas na UENF foram verificadas na Lagoa de Cima. A concentração de NO_3^- variou de 2,2 a 56,2 $\mu\text{mol L}^{-1}$ na estação seca, enquanto que na estação chuvosa a variação foi 1,6 a 58,3 $\mu\text{mol L}^{-1}$. As concentrações médias, respectivamente para a estação seca e chuvosa, foram 24,4 e 16,9 $\mu\text{mol L}^{-1}$. (Figura 38).

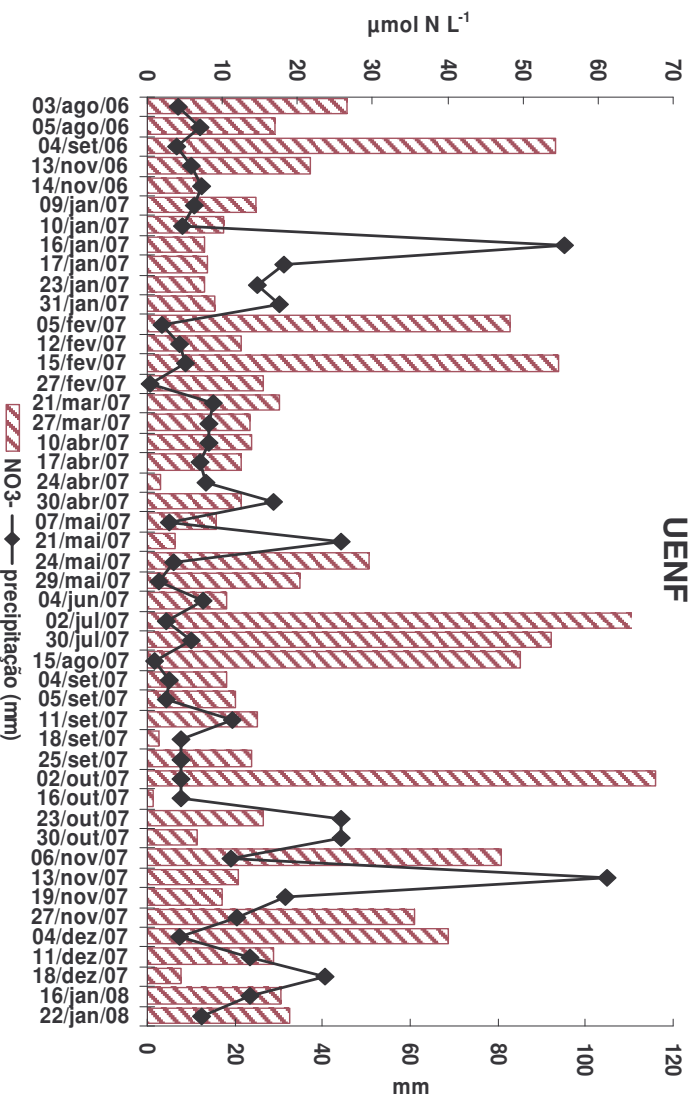


Figura 37: Variação da concentração de nitrato ($\mu\text{mol N L}^{-1}$) na UENF, em agosto de 2006 a fevereiro de 2008.

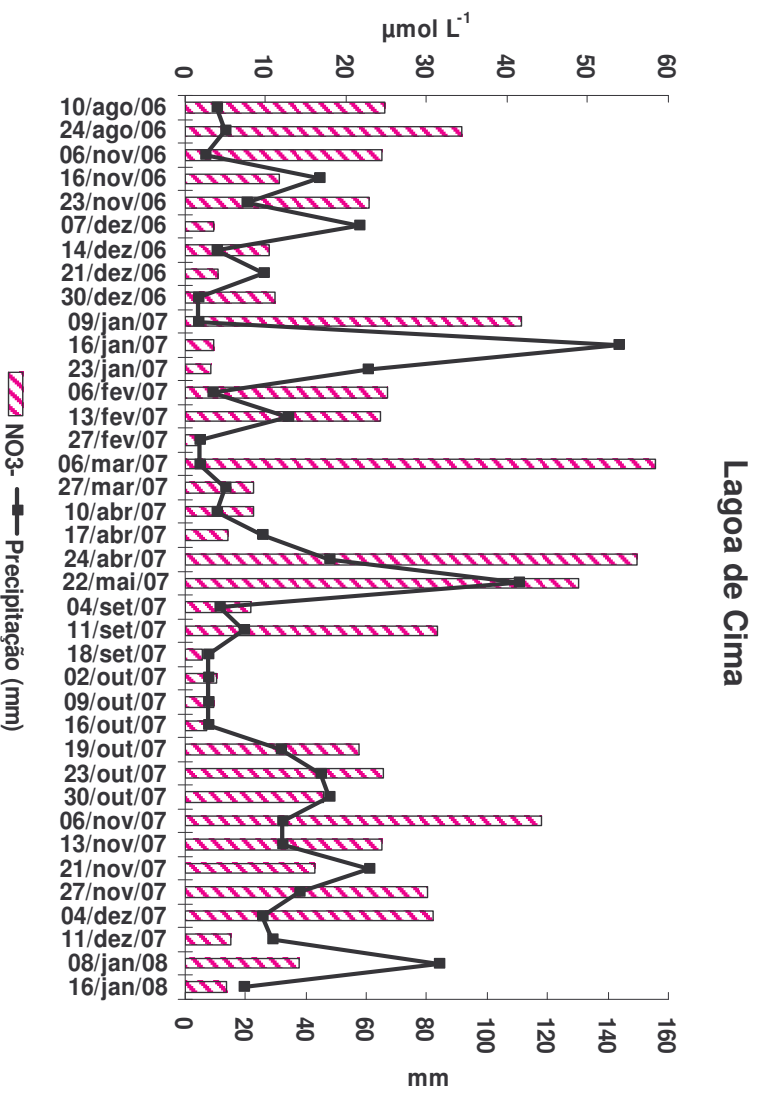


Figura 38: Variação da concentração de nitrato ($\mu\text{mol N L}^{-1}$) na Lagoa de Cima, em agosto de 2006 a janeiro de 2008.

As concentrações de NH_4^+ para as amostras coletadas na UENF não caracterizaram um padrão sazonal, apesar de se observar concentrações elevadas a partir de novembro de 2006 a janeiro de 2007. Todavia, a Lagoa de Cima apresentou um padrão sazonal. As concentrações na UENF variaram de 1,4 a 151,4 $\mu\text{mol L}^{-1}$ e na Lagoa de Cima de 1,0 a 137,0 $\mu\text{mol L}^{-1}$.

As maiores concentrações de NH_4^+ estiveram relacionadas com os baixos volumes de precipitação, nem por isso evidenciou claramente este comportamento a partir das amostras de março a setembro de 2007 (Figura 39).

As concentrações de NH_4^+ na UENF no período seco variaram de 1,4 a 24,8 $\mu\text{mol L}^{-1}$, enquanto no período chuvoso a concentração mínima foi de 2,9 $\mu\text{mol L}^{-1}$, a concentração máxima foi de 151,4 $\mu\text{mol L}^{-1}$. A média da concentração do período de estiagem (8,4 $\mu\text{mol L}^{-1}$) foi cerca de 4 vezes menor em relação ao período chuvoso.

Os maiores valores das concentrações de NH_4^+ para a Lagoa de Cima foram verificadas entre os meses de abril e setembro na estação seca (Figura 40). Além disso, observou-se que o pico de maior concentração não se relacionou com o baixo volume de precipitação. Todavia, as concentrações de NH_4^+ em outros dias amostrados relacionaram-se inversamente ao volume de precipitação.

O comportamento sazonal para o NH_4^+ foi observado no período estudado. A concentração média na estação seca foi 81,0 $\mu\text{mol L}^{-1}$ e os valores das concentrações mínima e máxima foram respectivamente, 4,8 e 137,0 $\mu\text{mol L}^{-1}$, enquanto na estação chuvosa, a concentração média foi 19,3 $\mu\text{mol L}^{-1}$ e variou entre 1,0 a 118,9 $\mu\text{mol L}^{-1}$.

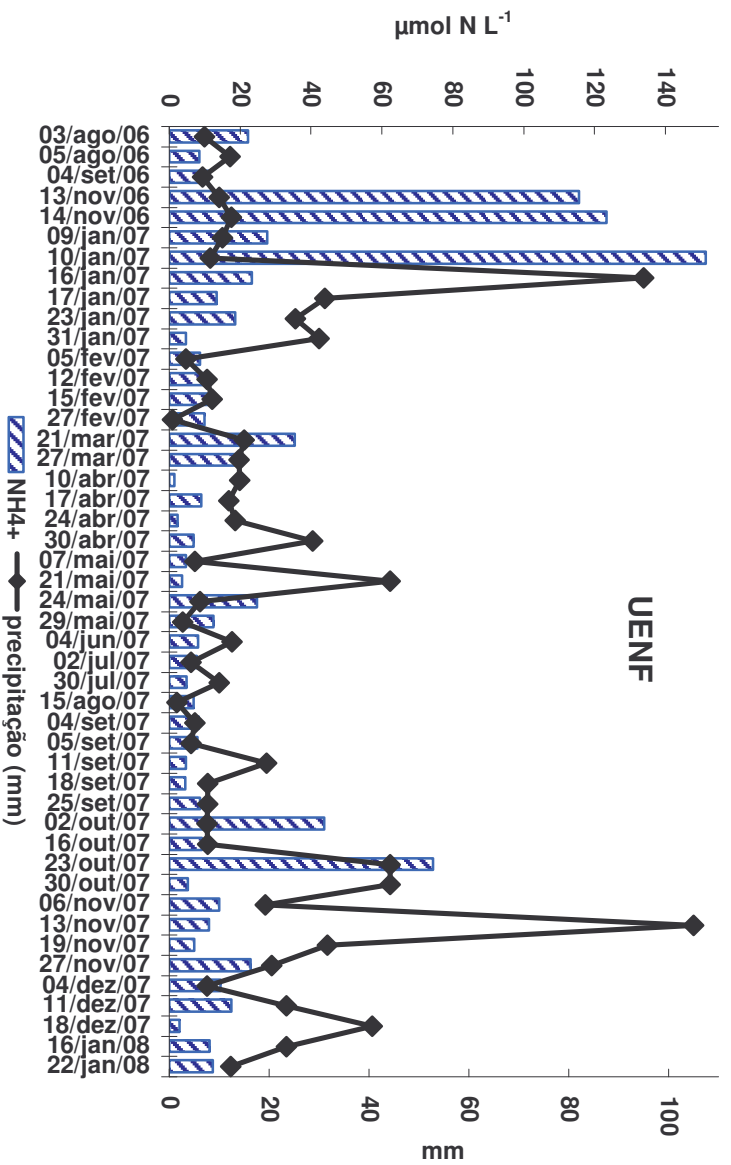


Figura 39: Variação da concentração de amônio ($\mu\text{mol N L}^{-1}$) na UENF, em agosto de 2006 a janeiro de 2008.

Lagoa de Cima

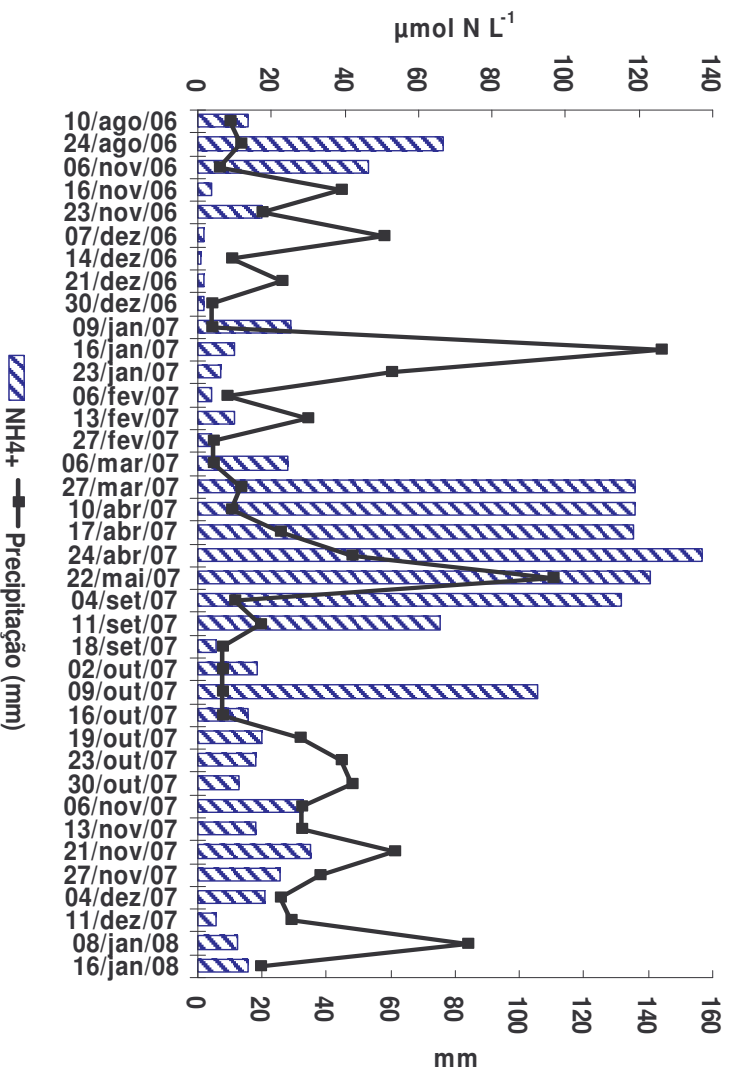


Figura 40: Variação da concentração de amônio ($\mu\text{mol N L}^{-1}$) na Lagoa de Cima entre agosto de 2006 a janeiro de 2008.

8.2.4.2 Nitrogênio orgânico dissolvido

O NOD para UENF não apresentou variação sazonal. As concentrações foram altas e baixas tanto no período seco quanto no período chuvoso. Contudo, as maiores concentrações foram encontradas durante os meses de novembro de 2006 a janeiro de 2007 no período chuvoso (Figura 41).

A concentração mínima de NOD no período seco foi $12,8 \mu\text{mol L}^{-1}$ e a concentração máxima foi $192,7 \mu\text{mol L}^{-1}$, enquanto no período chuvoso, as concentrações variaram de $0,2$ a $1255,0 \mu\text{mol L}^{-1}$.

Os resultados de NOD para Lagoa de Cima mostraram claramente um comportamento sazonal (Figura 42). As maiores concentrações ocorreram no período seco e variaram de $34,9$ a $1358,6 \mu\text{mol L}^{-1}$. Enquanto, no período chuvoso a concentração máxima verificada foi $351,9 \mu\text{mol L}^{-1}$ e a mínima $37,3 \mu\text{mol L}^{-1}$.

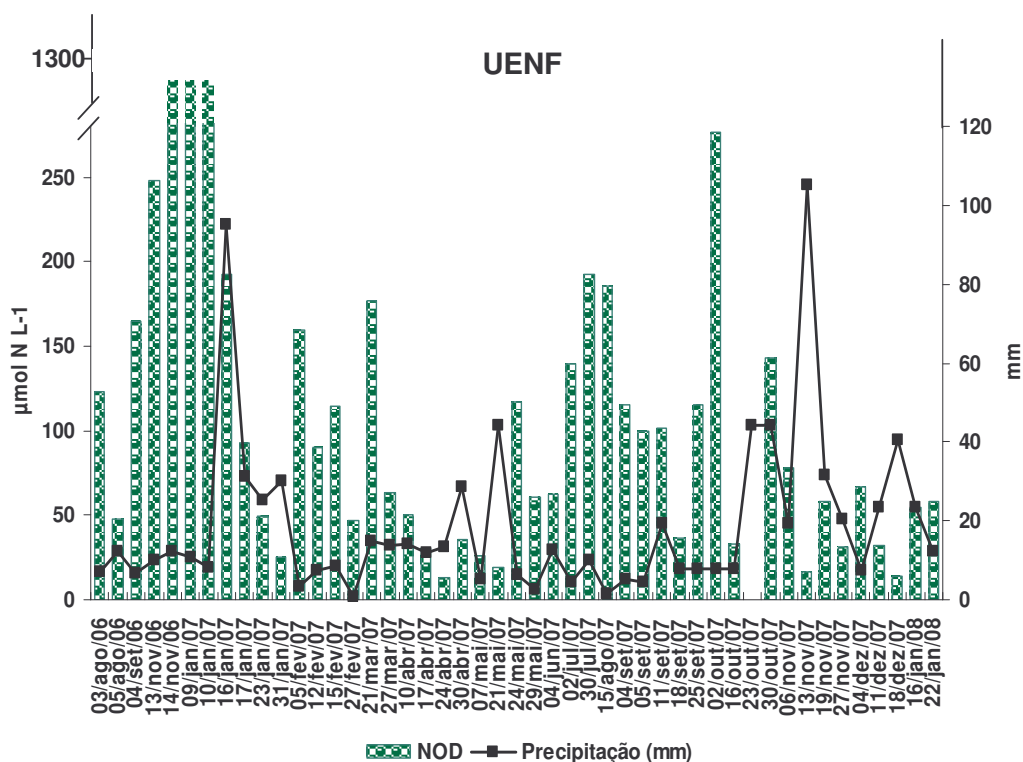


Figura 41: Variação da concentração de NOD ($\mu\text{mol N L}^{-1}$) na UENF, em agosto de 2006 a janeiro de 2008

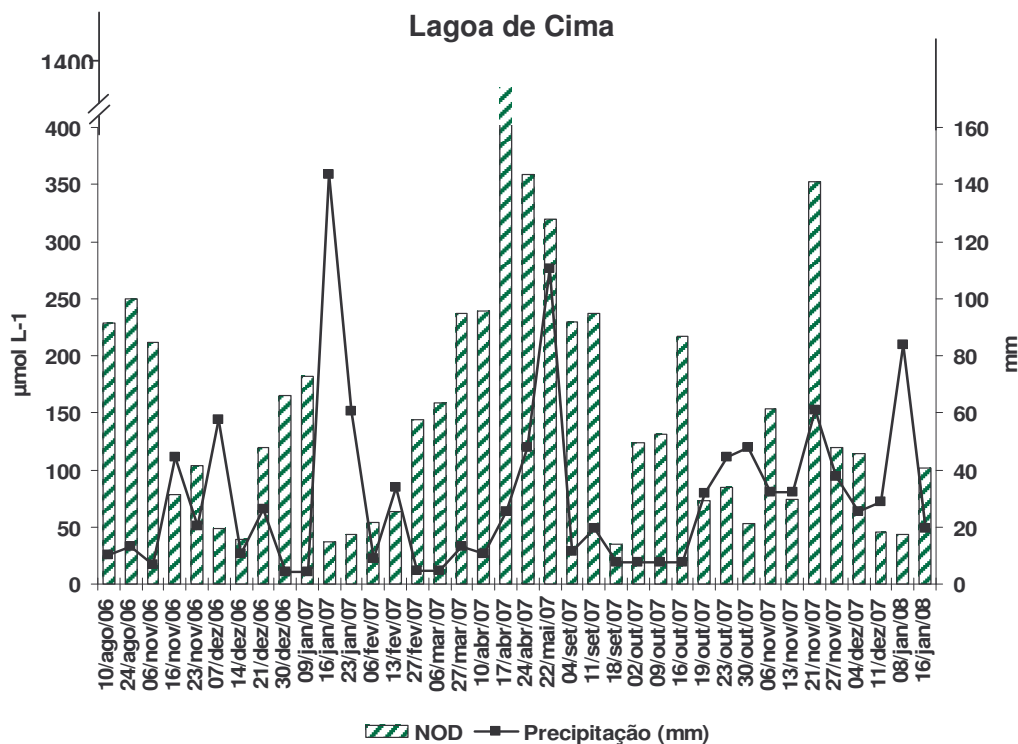


Figura 42: Variação da concentração de NOD ($\mu\text{mol N L}^{-1}$) na Lagoa de Cima entre agosto de 2006 a janeiro de 2008.

8.2.5 Ureia

As concentrações de ureia na UENF variaram de 1,4 a $165,4 \mu\text{mol L}^{-1}$. Notou-se que as concentrações variavam de acordo com o volume de precipitação. As concentrações de ureia acompanharam a tendência das chuvas ocorridas ao longo do período amostrado.

A distribuição ao longo do ano das concentrações de ureia na UENF difere da Lagoa de Cima. Os maiores picos de concentração na UENF foram encontrados entre novembro e janeiro de 2007 (Figura 43). Enquanto, as maiores concentrações de ureia na Lagoa de Cima foram observadas entre os meses de março a maio de 2007 (Figura 44). Apesar de não apresentarem diferença sazonal significativa, uma discreta tendência pôde ser observada na Lagoa de Cima.

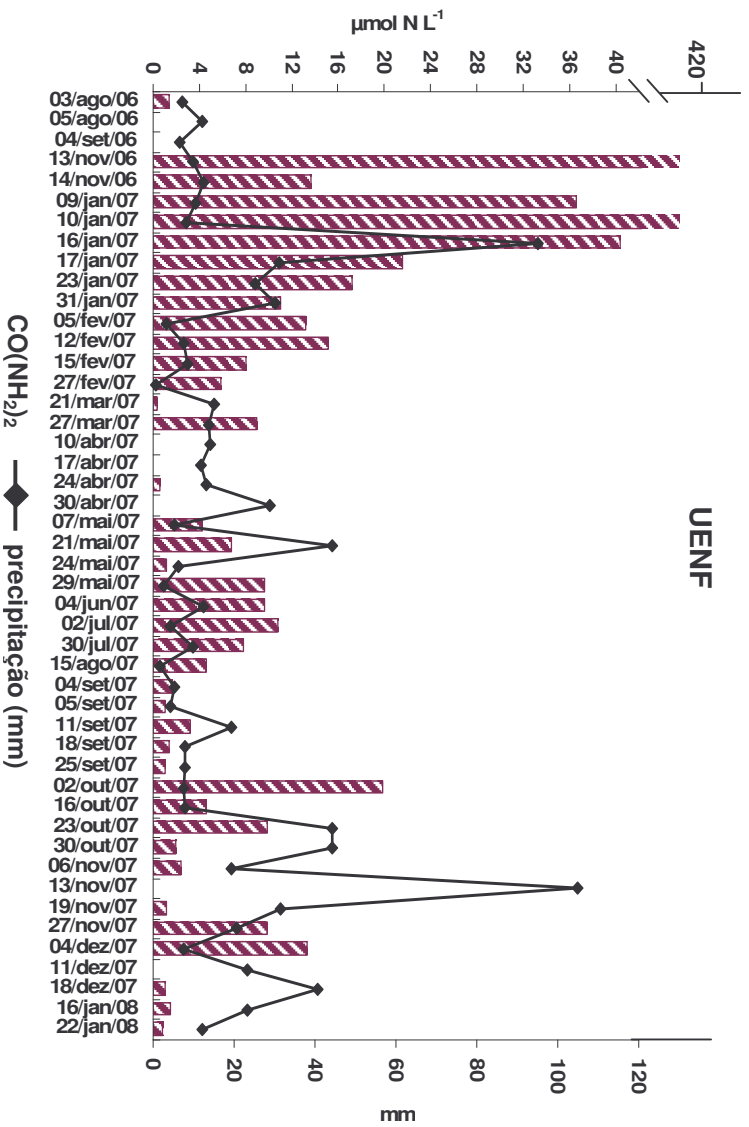


Figura 43: Variação da concentração de CO(NH₂)₂ (µmol N L⁻¹) na UENF, em agosto de 2006 a janeiro de 2008.

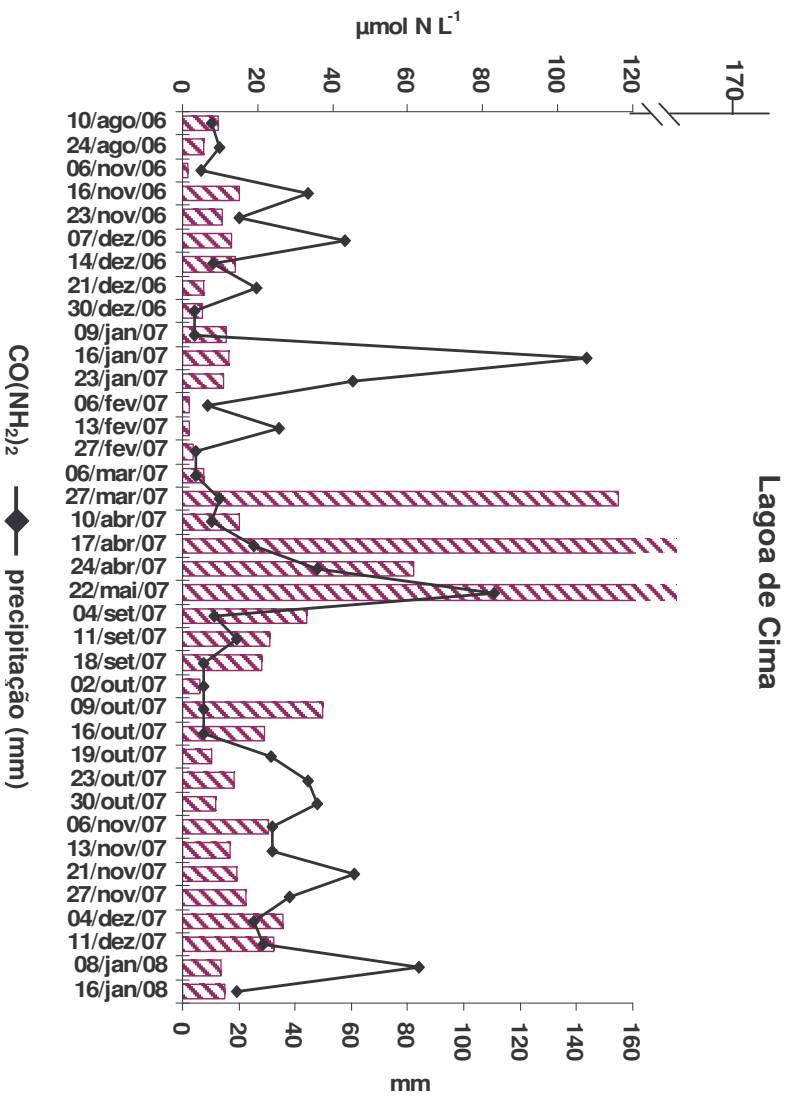


Figura 44: Variação da concentração de CO(NH₂)₂ (µmol N L⁻¹) na Lagoa de Cima, em agosto de 2006 a janeiro de 2008.

8.2.6 Distribuição das formas de N

Os valores da MPV dos parâmetros analisados para as amostras de chuva na Lagoa de Cima foram maiores que na UENF (Tabela 14).

Tabela 14: Concentrações de MPV ($\mu\text{mol L}^{-1}$) para Lagoa de Cima e UENF anual e período chuvoso e seco

| | anual | | chuvoso | | seco | |
|----------------------------|-------|-------|---------|------|------|-------|
| | UENF | LC | UENF | LC | UENF | LC |
| NH_4^+ | 19,4 | 35,7 | 23,7 | 14,7 | 6,8 | 107,9 |
| NO_3^- | 14,6 | 20,0 | 14,3 | 14,9 | 15,5 | 37,7 |
| NOD | 108,6 | 160,9 | 123,8 | 92,7 | 64,2 | 395,8 |
| $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ | 15,0 | 33,7 | 19,0 | 14,3 | 3,2 | 100,6 |

Na UENF, a distribuição anual das formas de N inorgânico e orgânico mostrou que o NOD foi o mais abundante e contribuiu com 76% do N total. Dos 24% da fração inorgânica distribuída, o NO_3^- correspondeu a menor fração, contribuindo com 10% do N total. Por outro lado, as distribuições das frações do N total para Lagoa de Cima foram 75% para o NOD, 16% para NH_4^+ e 9% para NO_3^- (Figura 45).

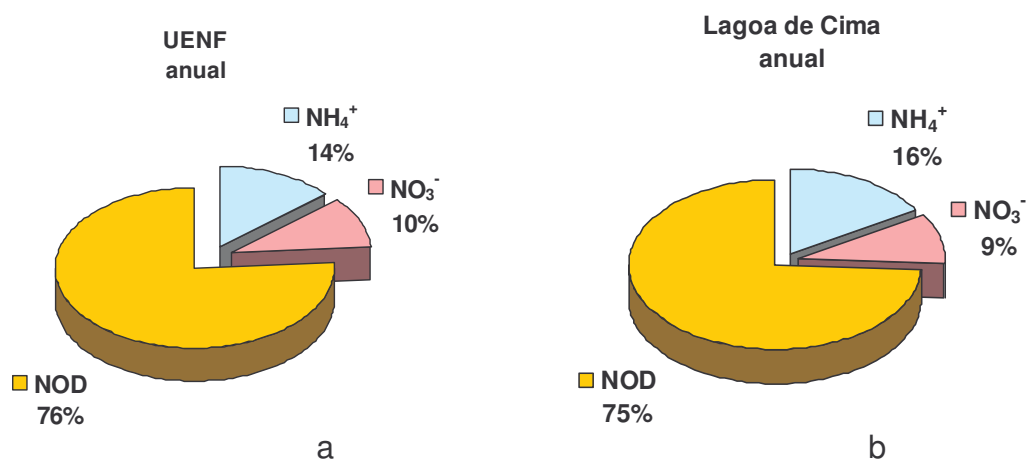


Figura 45: Distribuição anual das formas de N inorgânico e orgânico na UENF (a) e Lagoa de Cima (b) no ano de 2006 a 2008.

A distribuição das frações de N inorgânico e orgânico na Lagoa de Cima para o período chuvoso, mostrou que o $\text{NH}_4^+ = \text{NO}_3^- < \text{NOD}$ e no período seco apresentou um acréscimo em ordem crescente de $\text{NO}_3^- < \text{NH}_4^+ < \text{NOD}$ (Figura 46). A maior fração amostrada na Lagoa de Cima foi o NOD.

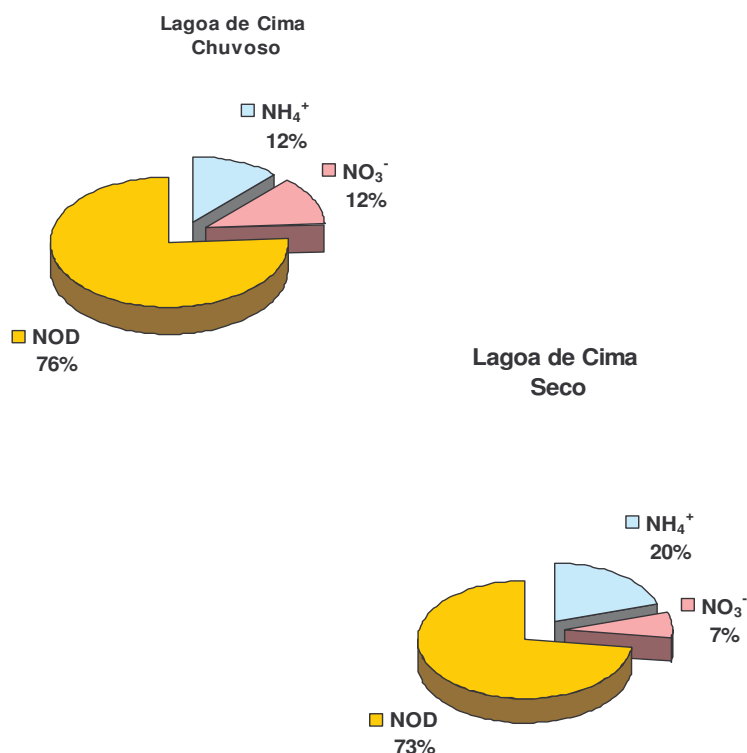


Figura 46: Distribuição das formas de N inorgânico e orgânico na UENF e Lagoa de Cima nos períodos seco e chuvoso no ano de 2006 a 2008.

A distribuição anual da ureia para Lagoa de Cima correspondeu 16% do N total, enquanto na UENF a, a fração percentual foi 11% (Figura 47).

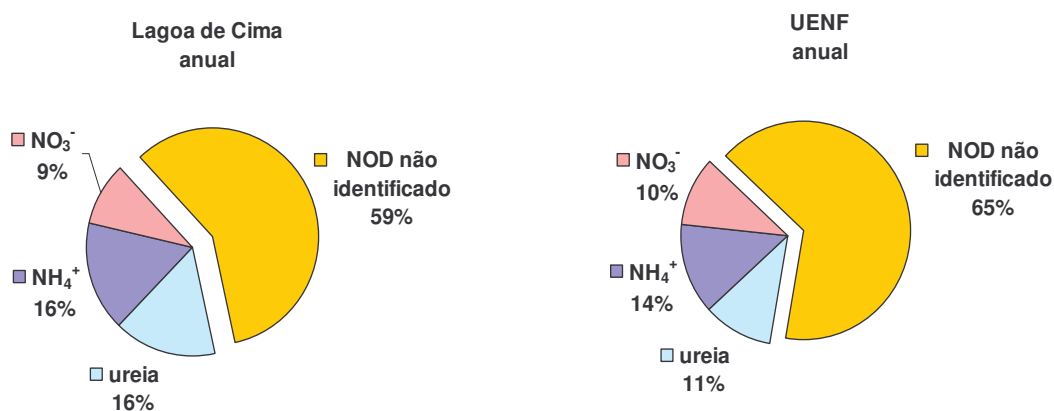


Figura 47: Distribuição anual da ureia, NH_4^+ , NO_3^- e NOD não identificado para UENF e Lagoa de Cima no período amostrado de agosto de 2006 a fevereiro de 2008.

As distribuições para a Lagoa de Cima foram similares a UENF no período chuvoso, 12% de ureia e 64% do NOD não identificado (Figura 48). A fração da ureia correspondente ao período de estiagem para Lagoa de Cima foi 19% do NOD e para UENF foi somente 4% (Figura 49).

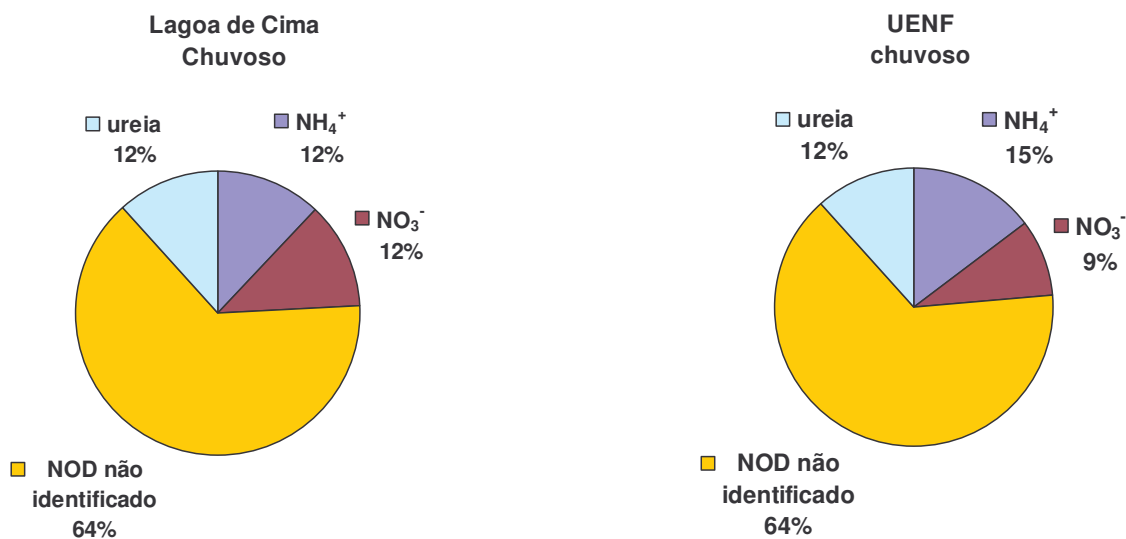


Figura 48: Distribuição de ureia, NH₄⁺, NO₃⁻ e NOD no período chuvoso para UENF e Lagoa de Cima

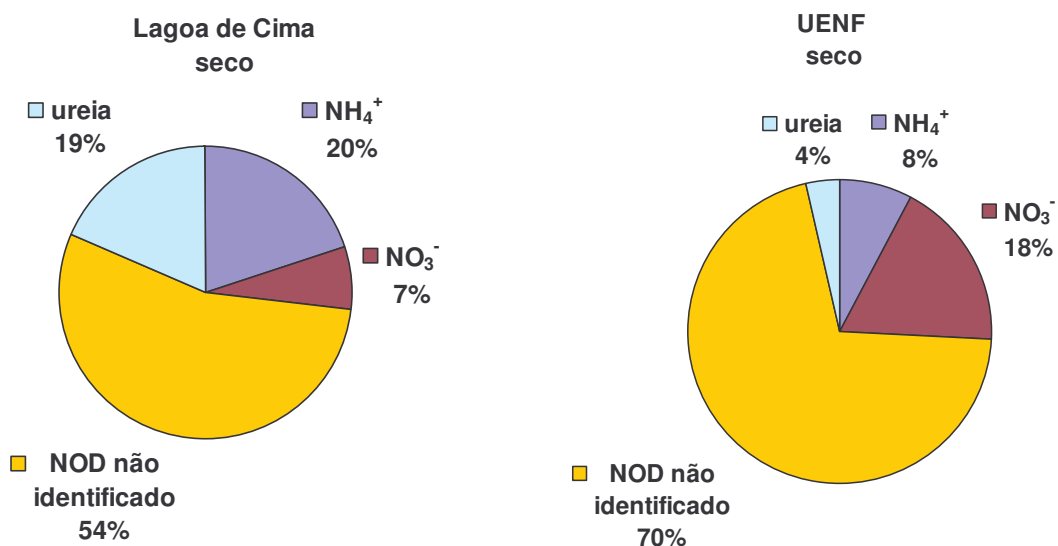


Figura 49: Distribuição de ureia, NH₄⁺, NO₃⁻ e NOD no período seco para UENF e Lagoa de Cima.

8.2.7 Correlações

A tabela 15 mostra os resultados das correlações dos parâmetros de N inorgânico e orgânico analisados nas águas de chuva da UENF em nível de 99% de significância. O NOD correlacionou positivamente com a condutividade ($r = 0,48$), o NH_4^+ ($r = 0,42$), o NO_3^- ($r = 0,39$) e o $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ($r = 0,40$). Enquanto, o NOD apresentou correlação negativa com a precipitação ($r = -0,38$). As figuras 50 a 53 mostram as correlações entre os parâmetros analisados.

Tabela 15: Correlação de Spearman entre os parâmetros analisados nas águas de chuva na UENF, Campos dos Goytacazes.

| | mm | Condutividade | H ⁺ | NH ₄ ⁺ | NO ₃ ⁻ | NOD | CO(NH ₂) ₂ |
|-----------------------------------|--------------|---------------|----------------|------------------------------|------------------------------|-------------|-----------------------------------|
| mm | 1,00 | | | | | | |
| Condutividade | -0,58 | 1,00 | | | | | |
| H ⁺ | -0,03 | -0,18 | 1,00 | | | | |
| NH ₄ ⁺ | -0,02 | 0,05 | 0,03 | 1,00 | | | |
| NO ₃ ⁻ | -0,44 | 0,28 | 0,20 | 0,32 | 1,00 | | |
| NOD | -0,38 | 0,48 | -0,12 | 0,42 | 0,39 | 1,00 | |
| CO(NH ₂) ₂ | -0,07 | 0,10 | -0,17 | 0,44 | 0,03 | 0,40 | 1,00 |

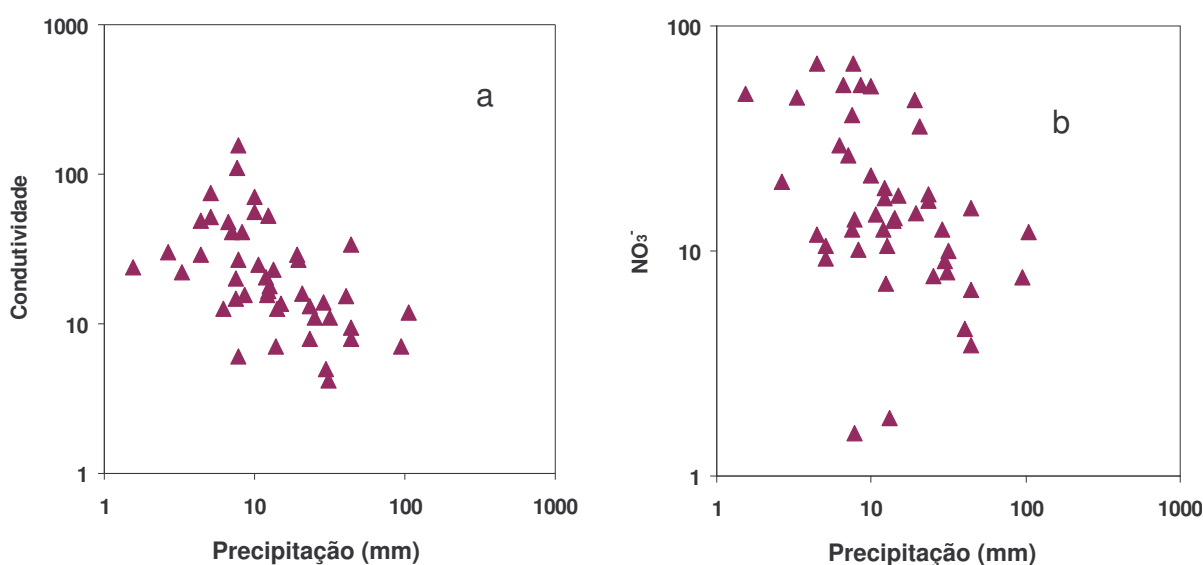


Figura 50: Diagrama de dispersão da condutividade e precipitação (a) e NO_3^- e precipitação (b) para UENF. Valores transformados em escala logarítmica.

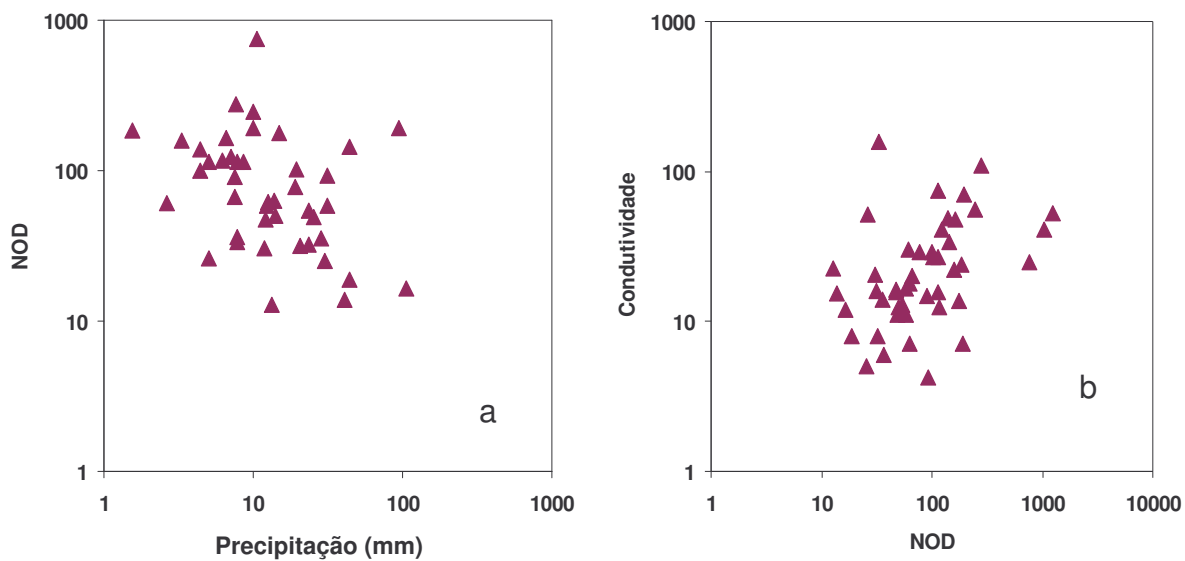


Figura 51: Diagrama de dispersão do NOD e precipitação (a) e condutividade e NOD (b) para UENF. Valores transformados em escala logarítmica.

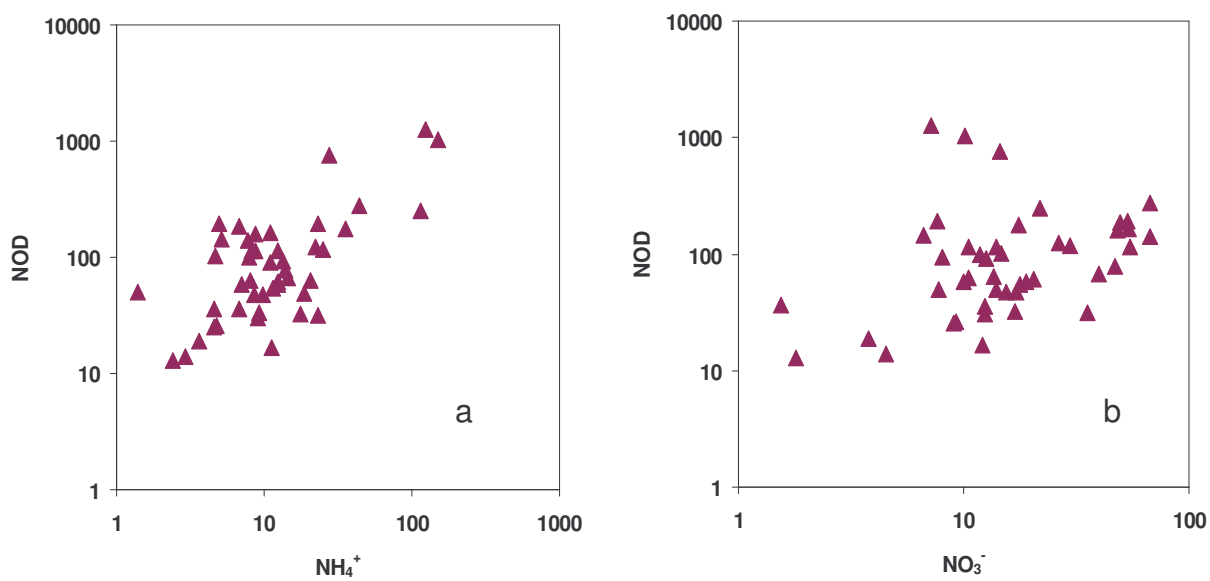


Figura 52: Diagrama de dispersão do NOD e NH_4^+ (a) e NOD e NO_3^- para UENF. Valores transformados em escala logarítmica.

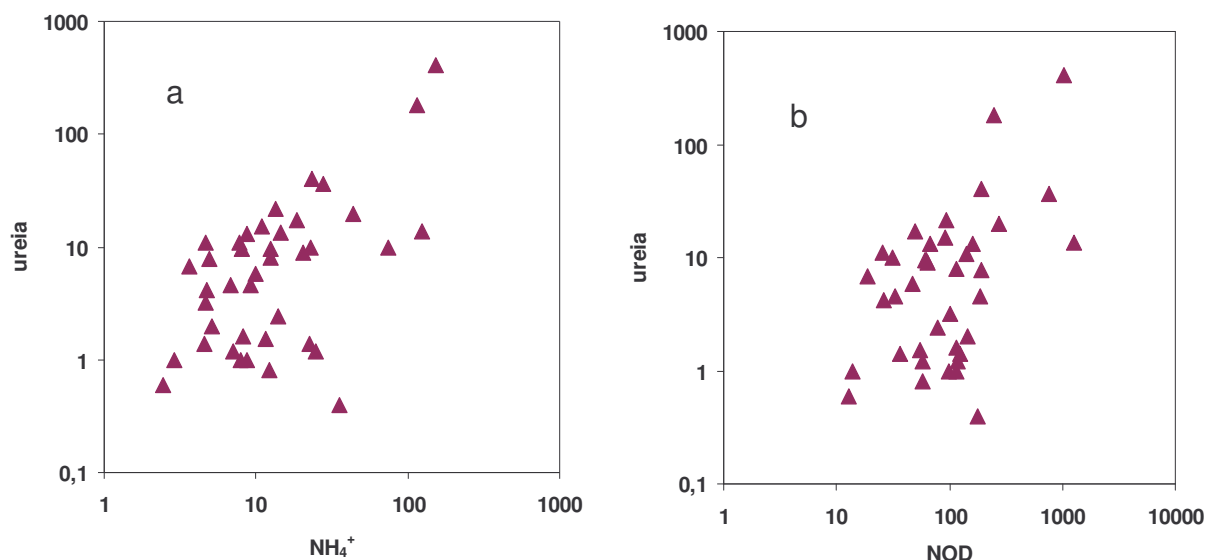


Figura 53: Diagrama de dispersão da ureia e amônio (a) e ureia e NOD (b) para UENF. Valores transformados em escala logarítmica.

As correlações dos parâmetros analisados para Lagoa de Cima são mostradas na Tabela 16. As correlações negativas significativas foram verificadas para o íon H^+ , condutividade, NH_4^+ e $CO(NH_2)_2$, enquanto as correlações positivas foram verificadas para o NH_4^+ , NO_3^- e NOD.

Tabela 16: Correlação de Spearman entre os parâmetros analisados nas águas de chuva na Lagoa de Cima, Campos dos Goytacazes, RJ.

| | mm | Condutividade | H^+ | NH_4^+ | NO_3^- | NOD | $CO(NH_2)_2$ |
|---------------|-------|---------------|--------------|-------------|----------|------|--------------|
| mm | 1,00 | | | | | | |
| Condutividade | -0,02 | 1,00 | | | | | |
| H^+ | -0,32 | -0,61 | 1,00 | | | | |
| NH_4^+ | -0,01 | 0,40 | -0,42 | 1,00 | | | |
| NO_3^- | 0,17 | 0,17 | -0,01 | 0,44 | 1,00 | | |
| NOD | -0,25 | 0,40 | -0,26 | 0,75 | 0,34 | 1,00 | |
| $CO(NH_2)_2$ | 0,26 | 0,40 | -0,46 | 0,50 | 0,01 | 0,30 | 1,00 |

As figuras 54 a 56 mostram as correlações entre os parâmetros analisados.

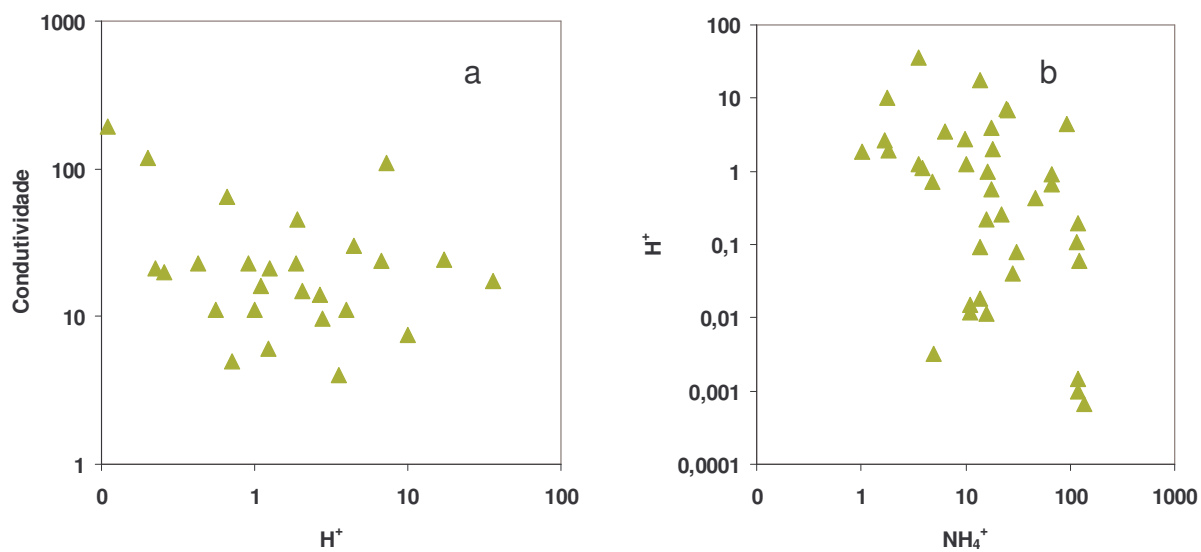


Figura 54: Diagrama de dispersão da precipitação e H^+ (a) e NH_4^+ e H^+ (b) para Lagoa de Cima. Valores transformados em escala logarítmica.

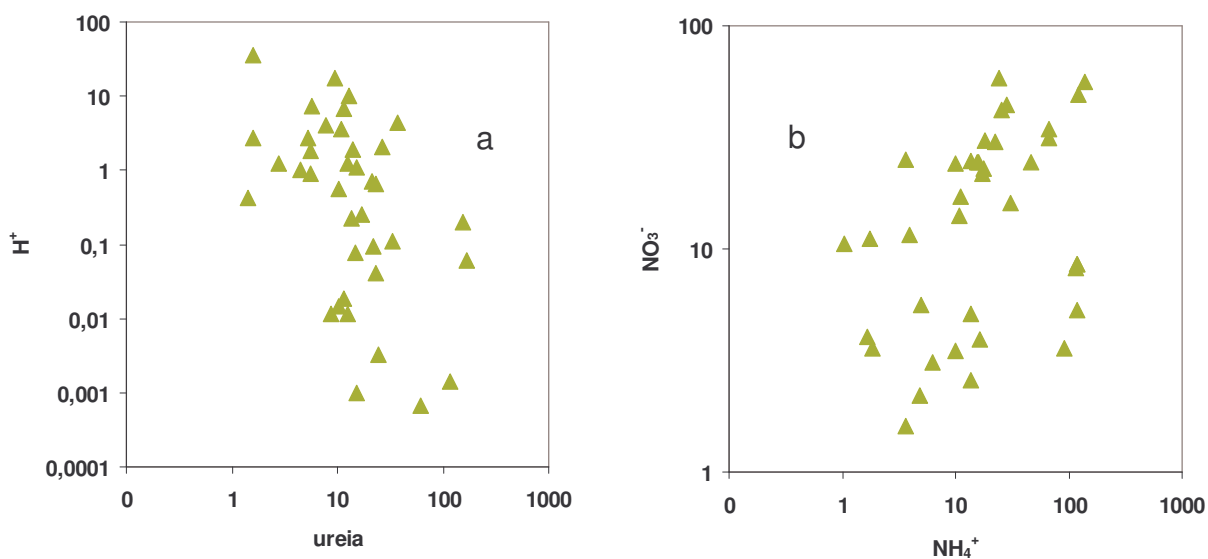


Figura 55: Diagrama de dispersão da ureia e H^+ (a) NO_3^- e NH_4^+ (b) para Lagoa de Cima. Valores transformados em escala logarítmica.

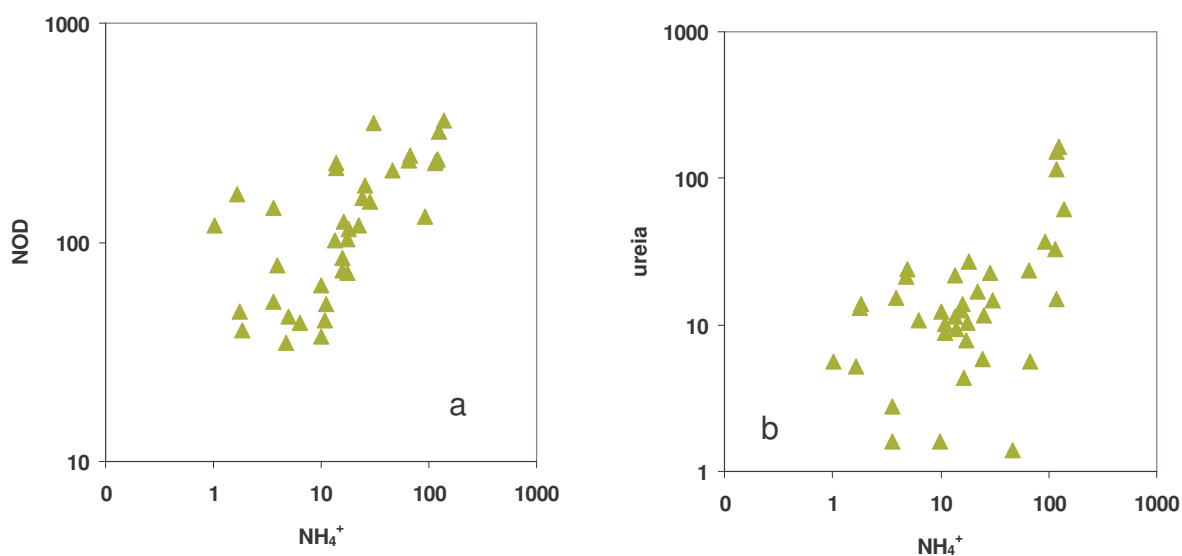


Figura 56: Diagrama de dispersão do NH_4^+ e NOD (a) H^+ e NH_4^+ e ureia (b) para Lagoa de Cima. Valores transformados em escala logarítmica.

Para os resultados da estação seca e chuvosa, pôde-se observar que de todos os parâmetros pesquisados somente H^+ e NO_3^- foram enriquecidos na estação seca (Tabela 17), enquanto na estação chuvosa a contribuição foi em ordem decrescente de concentração, $\text{NTD} > \text{NOD} > \text{NH}_4^+ > \text{CO}(\text{NH}_2)_2 > \text{NO}_3^-$.

Tabela 17: Concentração MPV de H^+ ($\mu\text{mol L}^{-1}$) das espécies de N inorgânico e orgânico ($\mu\text{mol N L}^{-1}$) na estação seca e chuvosa na UENF. ES/EC = estação seca/estação chuvosa.

| | <i>Seca</i> | <i>Chuvosa</i> | <i>ES / EC</i> |
|----------------------------|-------------|----------------|----------------|
| H^+ | 4,9 | 3,0 | 1,6 |
| NH_4^+ | 6,8 | 23,7 | 0,3 |
| NO_3^- | 15,5 | 14,3 | 1,1 |
| NOD | 64,2 | 123,8 | 0,5 |
| NTD | 86,5 | 161,8 | 0,5 |
| $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ | 2,8 | 19,0 | 0,1 |
| Nº de amostras | 20 | 27 | |
| Precipitação (mm) | 225,0 | 659,2 | 0,3 |

$$[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}}$$

O enriquecimento dos parâmetros analisados para Lagoa de Cima na estação seca foi em ordem decrescente $\text{NTD} > \text{NOD} > \text{NH}_4^+ > \text{CO}(\text{NH}_2)_2 > \text{NO}_3^-$. De todos os parâmetros pesquisados, o único que não foi enriquecido no período seco foi o H^+ (Tabela 18).

Tabela 18: Concentração MPV de H^+ ($\mu\text{mol L}^{-1}$) das espécies de N inorgânico e orgânico ($\mu\text{mol N L}^{-1}$) na estação seca e chuvosa na Lagoa de Cima. ES/EC = estação seca/estação chuvosa.

| | <i>Seca</i> | <i>Chuvosa</i> | <i>ES / EC</i> |
|-------------------|-------------|----------------|----------------|
| H^+ | 0,8 | 2,0 | 0,4 |
| NH_4^+ | 107,9 | 14,7 | 7,3 |
| NO_3^- | 37,7 | 14,9 | 2,5 |
| NOD | 395,8 | 92,7 | 4,3 |
| NTD | 541,4 | 122,3 | 4,4 |
| $CO(NH_2)_2$ | 100,6 | 14,3 | 7,0 |
| Nº de amostras | 10 | 28 | |
| Precipitação (mm) | 263 | 905 | 0,29 |

$$[H^+] = 10^{-pH}$$

8.2.8 Deposição atmosférica do N

Os fluxos de deposição atmosférica em Campos dos Goytacazes, assim como em Niterói, foram calculados com base na MPV e da precipitação média do período amostrado.

Os resultados do fluxo de deposição atmosférica anual para UENF e Lagoa de Cima mostraram que os maiores valores foram encontrados na Lagoa de Cima (Figura 57) e os resultados são apresentados na tabela 19.

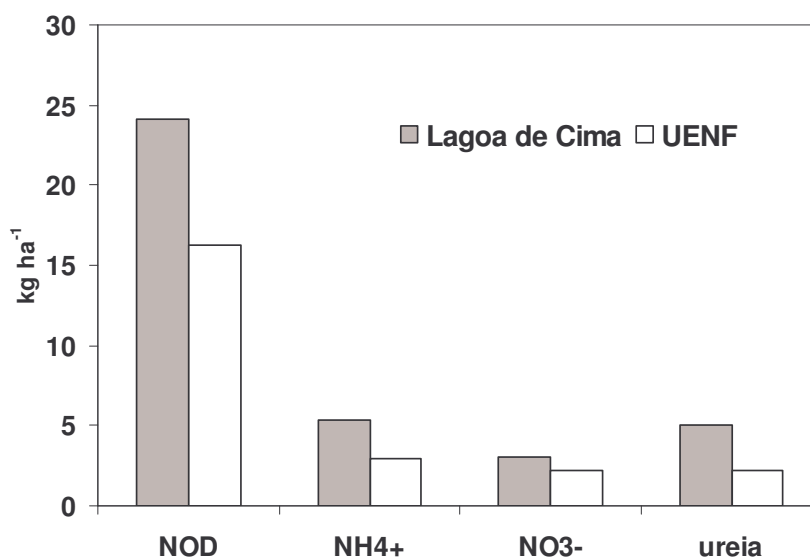


Figura 57: Comparação da taxa de deposição entre Lagoa de Cima e UENF para as formas de N inorgânica, orgânica e ureia durante agosto de 2006 a janeiro de 2008.

Tabela 19: Taxa de deposição do evento anual (Kg N ha^{-1}) para Lagoa de Cima e UENF durante agosto de 2006 a janeiro de 2008.

| | H^+ | NH_4^+ | NO_3^- | NOD | $CO(NH_2)_2$ |
|----------------------|-------------|------------|------------|-------------|--------------|
| Lagoa de Cima | 0,02 | 5,4 | 3,0 | 24,1 | 5,1 |
| UENF | 0,04 | 2,9 | 2,2 | 16,3 | 2,3 |

8.3 FOCOS ACUMULADOS DE QUEIMADA

As ocorrências de queimadas em áreas tropicais e subtropicais da América do Sul são monitoradas pelo radiômetro de alta resolução, ligados a satélites que repassam dados ao INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). Os maiores registros de focos de queimadas são os relacionados a queima em áreas canavieiras no Brasil estendendo-se em todas as regiões (FREITAS *et al.*, 2005).

Focos em várias regiões do Brasil na região noroeste ocorrem durante os meses de janeiro a abril e no nordeste a ocorrência de outubro a janeiro, enquanto que no centro-oeste do Brasil e na borda da região Amazônica ocorrem nos meses de julho a outubro (FREITAS *et al.*, 2005).

As figuras 58 a 60 ilustram focos acumulados de queimada referente ao período seco e ao período chuvoso entre o ano de 2006 e 2008 no Estado do Rio de Janeiro. As ilustrações referem-se ao fato de identificar focos de queimada, possivelmente relacionados à queima de canaviais em Campos dos Goytacazes e regiões adjacentes. Além disso, pôde-se observar que os maiores focos de queimada relacionam-se ao período de safra entre os meses de junho a outubro. As imagens foram retiradas do banco de dados do CPTEC/INPE.

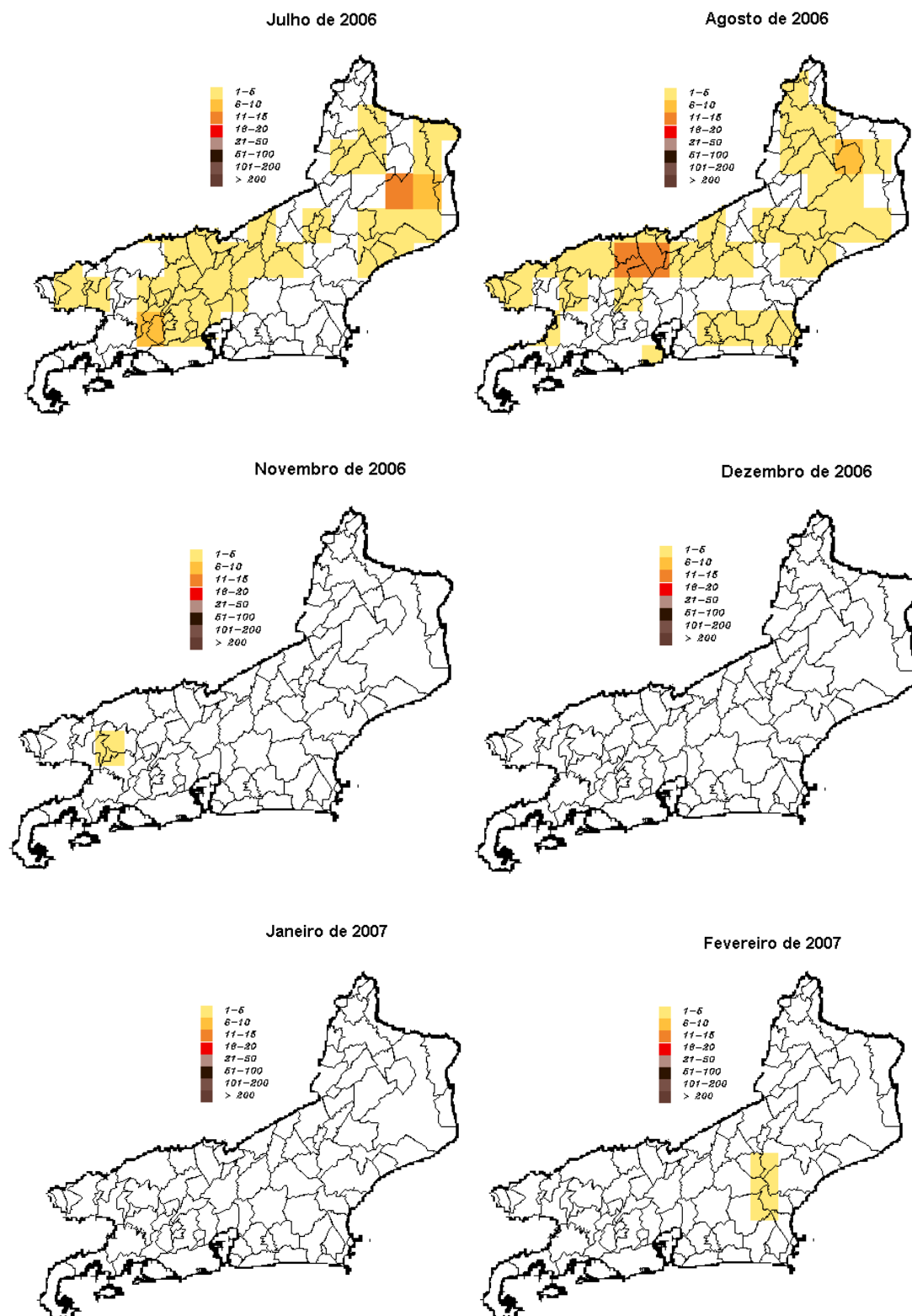


Figura 58: Focos acumulados de queimada no Rio de Janeiro para os meses de julho e agosto de 2006 (período seco) e entre os meses de novembro de 2006 a fevereiro de 2007 (período chuvoso).

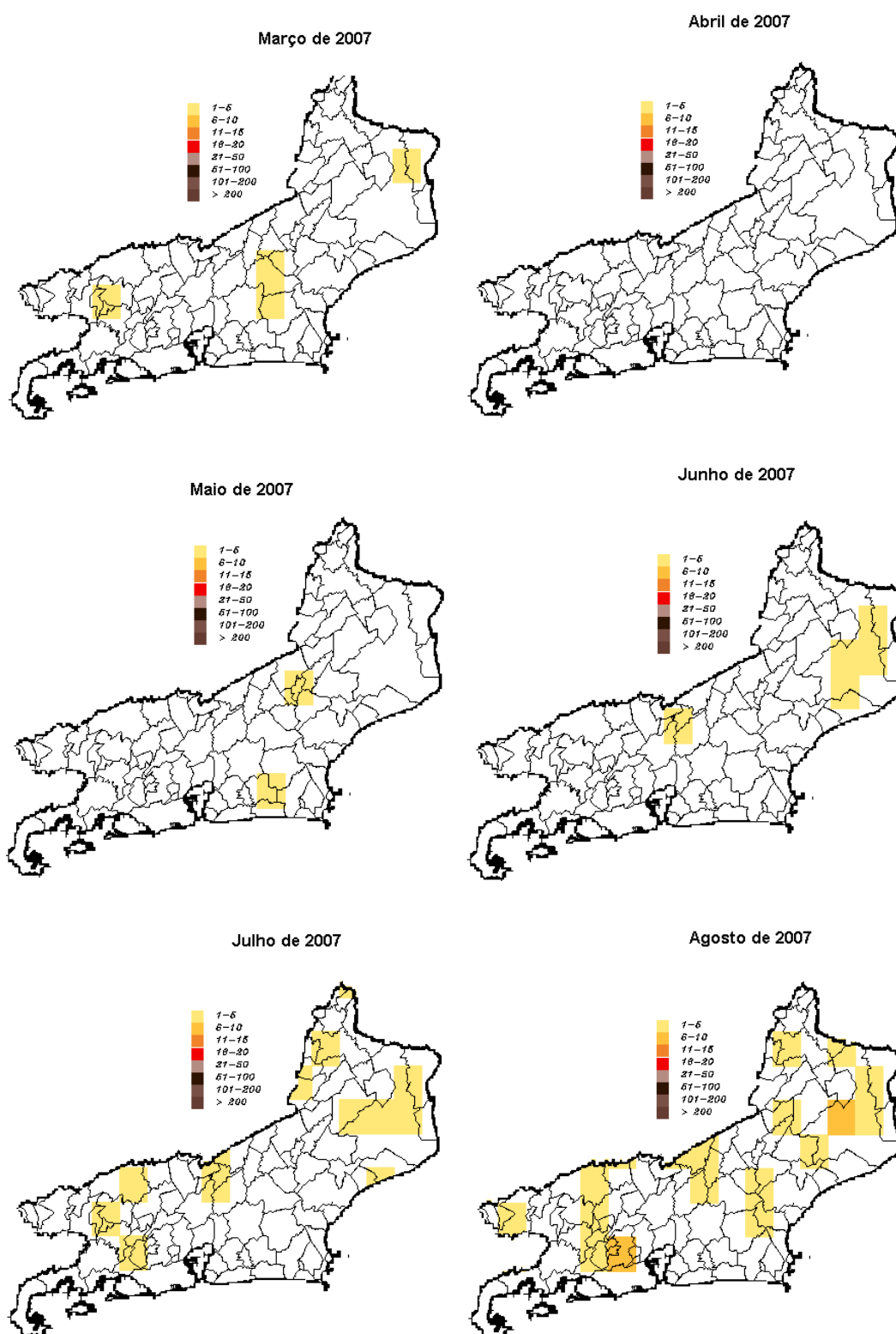


Figura 59: Focos acumulados de queimada no Rio de Janeiro entre os meses de abril a agosto de 2007 (período seco) e entre os meses de novembro de 2006 a fevereiro de 2007 (período chuvoso).

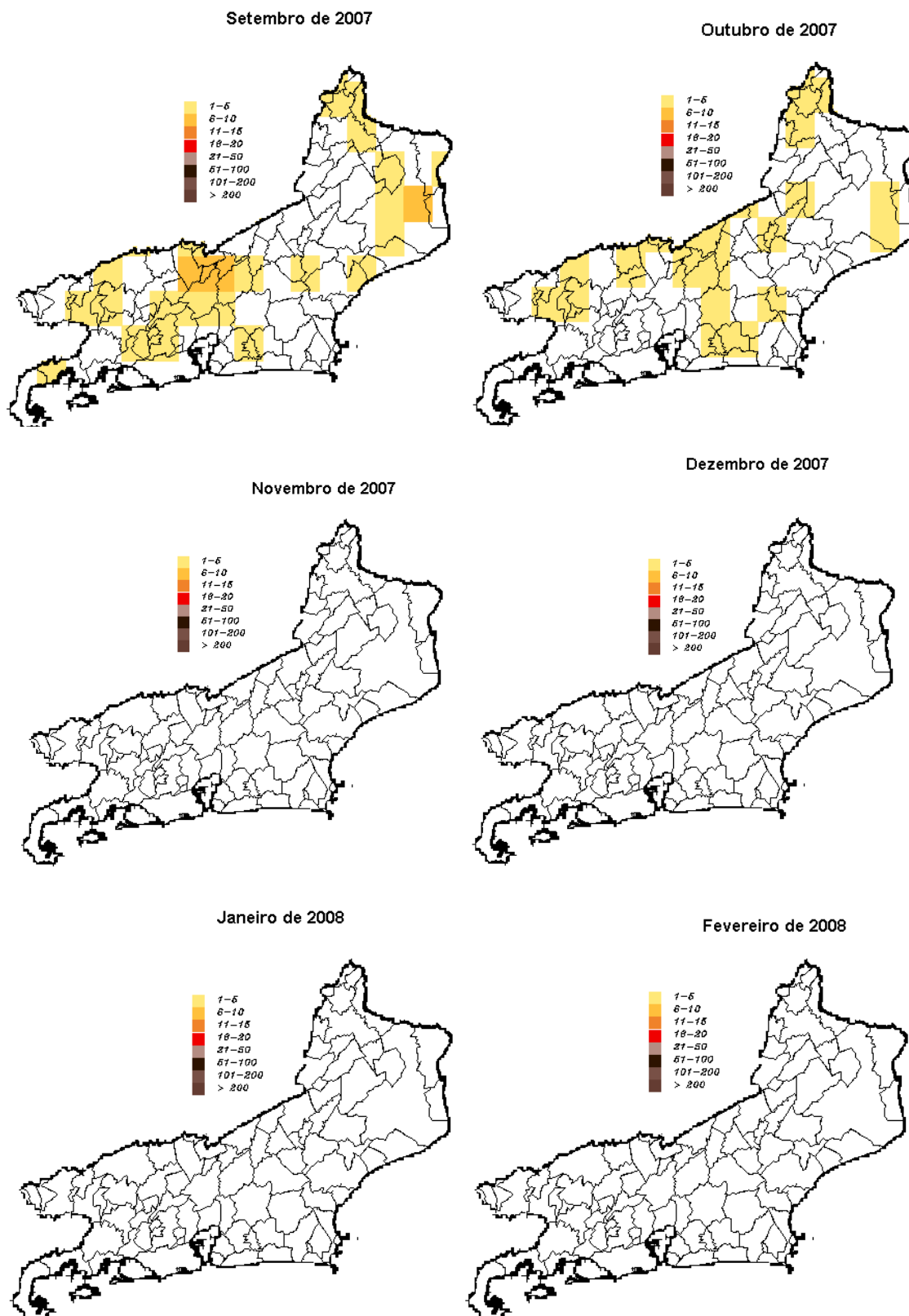


Figura 60: Focos acumulados de queimada no Rio de Janeiro para setembro de 2007 (mês do período seco) e entre os meses de outubro de 2007 a fevereiro de 2008 (período chuvoso).

9 DISCUSSÃO

Neste capítulo serão discutidos os resultados referentes às análises dos parâmetros coletados para Niterói e Campos dos Goytacazes, na Lagoa de Cima e UENF.

A justificativa para o uso do coletor de deposição total neste estudo foi avaliar principalmente o aporte de N orgânico, até então não verificados nas águas de chuva de Niterói e Campos dos Goytacazes. A utilização de coletores de deposição total tem sido empregada quando o interesse do estudo focaliza a estimativa do aporte total atmosférico. Entende-se que a composição química do coletor de deposição total não promove uma compreensão minuciosa da deposição atmosférica.

9.1 CONDUTIVIDADE E MEDIDAS DE pH

O valor médio de condutividade em Niterói ($21,1 \mu\text{S cm}^{-1}$) para as águas de chuva coletadas ficou abaixo do valor encontrado em outros trabalhos na literatura similares a área de influência costeira tropical (CAMPOS *et al.*, 1998; SOUZA *et al.*, 2006). Campos *et al.* (1998) apresentaram média de $30,7 \mu\text{S cm}^{-1}$, enquanto a condutividade média em estudo realizado por Souza (2006) foi $41,2 \mu\text{S cm}^{-1}$. No entanto, quando comparados a Região Metropolitana de SP com condutividade média de $18,7 \mu\text{S cm}^{-1}$ (LEAL *et al.*, 2004), a Itatiaia, RJ (Região Serrana) com valores de $4,5$ e $7,8 \mu\text{S cm}^{-1}$ (DE MELLO; ALMEIDA, 2004) e em Teresópolis, RJ (Região Serrana) com condutividade média de $7,2 \mu\text{S cm}^{-1}$ (RODRIGUES *et al.*, 2007), a média da condutividade neste trabalho ficou acima.

Os valores de pH (4,1 a 5,8) e MPV de 5,1 neste estudo encontraram-se entre a faixa de valores de pH (3,5 a 6,8) e MPV igual a 4,8 dos valores pretéritos encontrados em Niterói (DE MELLO, 2001). Souza *et al.* (2006) encontraram valores de pH entre 4,3 a 6,3 e MPV igual a 5,2, enquanto o estudo de Leal *et al.* (2004) indicaram que 55% das amostras de águas de

chuva foram ácidas ($\text{pH} < 5,6$), sendo que uma das amostras apresentou valor de pH inferior a 4,0 em área urbana de São Paulo.

De acordo com de Mello (2001), Niterói é influenciada pela deposição ácida. Valores maiores ou menores a 5,6 representam uma atmosfera que contém compostos, frequentemente de origem antrópica, que modificam as características naturais (MIRLEAN *et al.*, 2000).

Os maiores valores de pH provavelmente são decorrentes da emissão da NH_3 da Baía de Guanabara próximo às fontes amostradas em Niterói. A NH_3 emitida para a atmosfera atua como agente de neutralização reagindo com ácidos na mesma, e ainda, os produtos formados correspondem a sais de amônio encontrado no material particulado (SPOKES *et al.*, 2000; FELIX; CARDOSO, 2004).

O inventário global de fontes apresentado por BOUWMAN *et al.* (1997) sugere que a NH_3 dos oceanos contribua com 15% das fontes emitidas para a atmosfera. Quinn *et al.* (1998) através de medições realizadas simultaneamente na fase gasosa e águas oceânica sugeriu o oceano como umas das fontes de emissão de NH_3 para a atmosfera de até $12 \mu\text{g N m}^{-2} \text{h}^{-1}$. Contudo, a taxa de emissão de NH_3 estimada na Baía de Guanabara foi $370 \mu\text{g N m}^{-2} \text{h}^{-1}$ (GUIMARÃES; MELLO, 2006), 30 vezes maior que o valor encontrado por Quinn *et al.* (1998).

Outra possível fonte de neutralização para o pH das águas de chuva, refere-se à presença natural de aerossóis marinhos que possivelmente, depositam no coletor de deposição total aberto todo o tempo e que as reações solvolíticas dos ânions de ácidos fracos (HCO_3^- , CO_3^{2-} , $\text{B}(\text{OH})_4^-$, PO_4^{3-}) agregados aos aerossóis, geralmente formam sistemas tampão (CAMPOS *et al.*, 1998) elevando o valor do pH.

A condutividade média da UENF ($28,6 \mu\text{S cm}^{-1}$) esteve de acordo com os resultados apresentados na literatura em área semi-urbana (PELICHIO *et al.*, 2006) com valores que variaram entre 18 a $40 \mu\text{S cm}^{-1}$ durante os 4 anos de coleta, enquanto na Lagoa de Cima, a condutividade foi maior ($72,6 \mu\text{S cm}^{-1}$).

A variação dos valores de pH na UENF (4,3 a 7,6) distribuídos ao longo do período estudado oscilou em torno do pH da água da chuva em equilíbrio

com o gás carbônico atmosférico (Figura 32) e os valores de pH na Lagoa de Cima variaram entre 4,4 a 9,2 (Figura 33). A MPV para UENF e Lagoa de Cima foram respectivamente 6,5 e 6,2. Provavelmente, os valores da MPV acima de 6,0 podem estar relacionados à influência do pasto pela criação de gados que representam fonte de emissão de NH_3 .

9.2 NITROGÊNIO INORGÂNICO

A elevada concentração de NH_4^+ em Niterói no período seco não pode ser relacionado somente à influência natural dos ventos do oceano Atlântico. Niterói apresenta influência da circulação atmosférica de mesoescala, brisa marítima e terrestre. Em geral, as cidades litorâneas apresentam recirculação de ventos com o desenvolvimento das brisas. Oliveira (2004) relatou que o mecanismo de brisa terrestre e marítima é predominante tanto no verão quanto no inverno, sendo verificada maior predomínio da brisa terrestre pela manhã e para brisa marítima ao final da tarde.

A distribuição da direção dos ventos no período amostrado entre 14 e 23h, horário local (HL), caracteriza a brisa marítima (Figura 61), enquanto a distribuição dos ventos entre 00 e 13h (HL) representa o fenômeno brisa terrestre (Figura 62). Assim sendo, as possíveis fontes de N para Niterói podem ser de origem continental e oceânica.

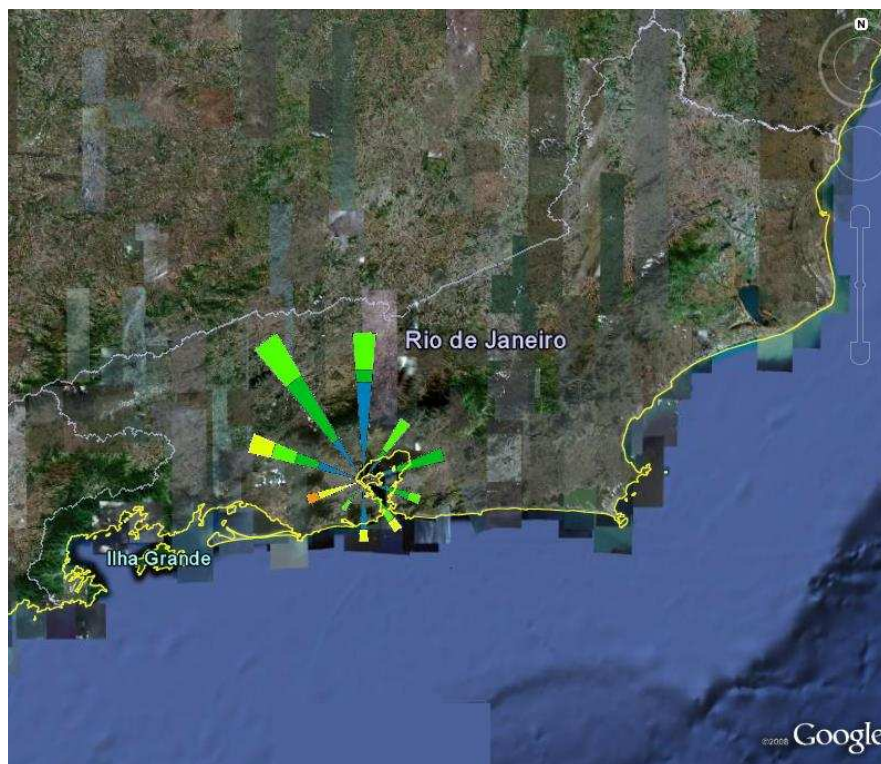


Figura 61: Imagem ilustrativa do Rio de Janeiro com distribuição dos ventos entre 0 e 14h. Mecanismo de brisa terrestre

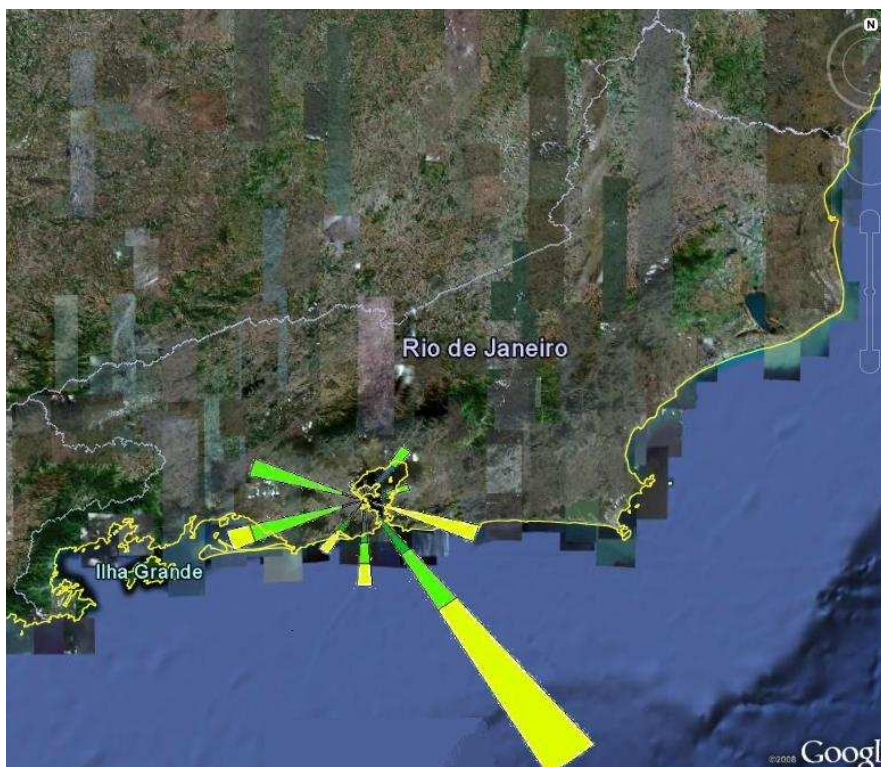


Figura 62: Imagem ilustrativa do Rio de Janeiro com distribuição dos ventos entre 14 e 23h. Mecanismo de brisa marítima.

A forte influência antrópica de fontes oriundas do continente, proveniente de outras regiões são marcantes em Niterói, contribuindo para o aumento das altas concentrações de NH_4^+ nas águas de chuva (DE MELLO, 2001).

O íon NH_4^+ apresenta maior taxa de deposição e pode ser transportada a longas distâncias acima de 1000 km. A NH_3 como uma das fontes naturais de NH_4^+ para atmosfera tem um tempo de vida entre 0,5 h a 5 dias antes de ser convertida a NH_4^+ , que uma vez formado, permanece de 5 a 10 dias antes de ser removido e depositado pela chuva ou deposição seca (FELIX; CARDOSO, 2004). A conversão de $\text{NH}_{3(g)}$ a $\text{NH}_4^+_{(s)}$, depende da concentração de ácidos fortes e vapores d'água na atmosfera (WALKER *et al.*, 2000).

Em geral, nos centros urbanos, as fontes de NH_4^+ em águas de chuva são de origem antrópica, compostas por dissoluções de partículas de sulfato de amônio $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ e nitrato de amônio (NH_4NO_3) , bem como fontes biogênicas ligadas a decomposição da matéria orgânica (lixo e esgoto) e eliminação metabólica (LEAL *et al.*, 2004). Assim, sugere-se que RMRJ tenha influência antrópica devido aos problemas relacionados ao lixo e esgoto encontrados na cidade.

A concentração do NO_3^- variou de 3,3 a 35,0 $\mu\text{mol N L}^{-1}$ (MPV = 10,6 $\mu\text{mol N L}^{-1}$) que comparado a resultados pretéritos em Niterói (DE MELLO, 2001) com variação entre 0,5 a 433,7 $\mu\text{mol N L}^{-1}$ e MPV = 15,8 $\mu\text{mol N L}^{-1}$, apresentaram um ligeiro decréscimo. Além disso, o autor relata que 85% das fontes de N inorgânico são de origem antrópica.

A diminuição da concentração do NO_3^- pode ser atribuída à implantação do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores – Proconve, estabelecido pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) no ano de 1986, que tem por objetivo a redução gradual da emissão de poluentes para veículos leves (automóveis) e para veículos pesados (ônibus e caminhões) (INEA, 2009). Desde o ano de 2003, o programa encontra-se na 4ª fase de implementação e a 5ª fase com início no ano de 2009. Essas duas últimas fases visam principalmente à redução de emissões de material particulado, óxidos de nitrogênio e hidrocarboneto. Os resultados medidos pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA) mostraram que após a implementação

do programa o valor de NO_x , em 1997 ($0,60 \text{ g km}^{-1}$) reduziu para $0,25 \text{ g km}^{-1}$, em 2003 na RMRJ.

Em Niterói, principalmente no período seco, eleva-se o índice de queima da vegetação em áreas de morro (DE MELLO, 2001) que poderiam contribuir para emissão de NO_x para atmosfera, precursor do NO_3^- em águas de chuva. Russell (1998) e Spokes (2000) relacionam a queima de biomassa e a queima de combustíveis fósseis em altas temperaturas com posterior liberação de óxidos de nitrogênio para atmosfera.

As temperaturas elevadas e a radiação solar em Niterói, principalmente no verão, são favoráveis à formação dos poluentes atmosféricos secundários, como o ozônio, produzidos fotoquimicamente. Desta forma, as variáveis de clima e a oxidação de NO pode justificar a presença de NO_3^- nas águas de chuva. Por outro lado, esperava-se que as concentrações de NO_3^- fossem altas no período chuvoso. No entanto, as concentrações muito elevadas associam-se às chuvas muito fracas e conseqüentemente, as chuvas muito intensas contribuem para as baixas concentrações devido ao efeito de diluição (LEAL *et al.*, 2004).

Ainda em relação ao NO_3^- , as altas concentrações no período seco também podem estar associadas ao transporte a longas distâncias. A queima de biomassa, principalmente ligadas a plantação de cana-de-açúcar na Região Norte Fluminense, emite grande quantidade de NO_x para atmosfera que trazidas pelas massas de ar provenientes de outras regiões que passam ou dissipam sobre Niterói, contribuem para o enriquecimento do NO_3^- nas águas de chuva. Por exemplo, a massa de ar vinda do oceano Atlântico provavelmente pode influenciar a composição localmente, enquanto a queima de biomassa pode ter apresentado influência regional e global devido ao transporte a longa distância conforme estudo apresentado por Zunckel *et al.* (2003). Além disso, os autores relataram que as fontes terrígenas (rochas, poeiras e solos) e as fontes agrícolas (fertilização e criação de animais) contribuíram para caracterizar a química da chuva.

Fang (2008) relatou que fontes ligadas à agricultura proveniente de cidades distantes à cidade amostrada podem influenciar no acréscimo da concentração do NH_4^+ . Provavelmente, o mesmo fato ocorre em Niterói, aonde

focos de queimada e atividades agrícolas são intensas em regiões distantes a ela.

A tabela 20 compila resultados de NO_3^- e NH_4^+ de Niterói, UENF e Lagoa de Cima comparadas as diferentes áreas amostradas. Os resultados de NO_3^- na UENF e Lagoa de Cima encontram-se na faixa dos resultados de outras áreas agrícola. No entanto, NH_4^+ na Lagoa de Cima apresentou resultados acima de outras áreas semelhantes (FILOSO *et al.*, 1999; LARA *et al.*, 2001; DE MELLO, 2001; LEAL *et al.*, 2004; SOUZA *et al.*, 2006; PELICHO *et al.*, 2006; CASARTELLI *et al.*, 2008; HENRIQUES, 2009).

Tabela 20: Comparação da MPV para NO_3^- e NH_4^+ de outras áreas urbanas e agrícolas amostradas. Todos as concentrações são expressas em $\mu\text{mol L}^{-1}$.

| Local | NH_4^+ | NO_3^- | Referência |
|--------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------------------------|
| Niterói, RJ | 18,4 | 10,6 | Este estudo |
| UENF, RJ | 15,4 | 26,5 | Este estudo |
| Lagoa de Cima, RJ | 42,7 | 22,3 | Este estudo |
| Maceió, AL (agrícola) | 2,2 | 1,9 | (HENRIQUES, 2009) |
| Porto Alegre, RS (agrícola) | 17,2 | 22,3 | (CASARTELLI <i>et al.</i> , 2008) |
| Londrina, PR (agrícola) | 13,9 | 33,7 | (PELICHO <i>et al.</i> , 2006) |
| Ilha Grande, RJ (costeira) | 9,9 | 12,0 | (SOUZA <i>et al.</i> , 2006) |
| São Paulo, SP (urbana) * | 37,6 | 21,2 | (LEAL <i>et al.</i> , 2004) |
| Campinas, SP (agrícola) * | 15,4 | 18,0 | (LARA <i>et al.</i> , 2001) |
| Niterói, RJ (costeira/urbana) | 18,8 | 15,8 | (DE MELLO, 2001) |
| Arquipélago de Anavilhanas, BR | 2,7 | 2,2 | (FILOSO <i>et al.</i> , 1999) |
| Deposição úmida * | | | |

Os maiores valores da MPV para as formas de N inorgânico foram para Lagoa de Cima (Tabela 11). Provavelmente, está relacionada a queima de biomassa (Figuras 58 a 60) que emite para atmosfera quantidade significativa de NO_x e NH_x que se convertem a NO_3^- e NH_4^+ respectivamente (LARA *et al.*, 2001).

Próximo a Lagoa de Cima encontram-se plantações de cana-de-açúcar que durante a safra são queimadas para o corte da cana (MACHADO *et al.*, 2008). Em geral, a queima de biomassa e as emissões de partículas no período seco correlacionam as frações grossas com o NH_4^+ , enquanto a maior

fração fina corresponde ao NO_3^- (ALLEN *et al.*, 2004). Sugere-se que as partículas grossas tendem a se depositar próximo às fontes locais da Lagoa de Cima, justificando as concentrações NH_4^+ ($81 \mu\text{mol L}^{-1}$) maiores do que as de NO_3^- ($24,4 \mu\text{mol L}^{-1}$).

Os ventos no período amostrado em Campos dos Goytacazes entre 14 e 23h (HL) foram predominantemente de direção N, NE com pouca intensidade na direção S e ESE, enquanto entre 00 e 13h (HL), os ventos predominantes foram de direção S, ESE e NE (Figuras 63 e 64). Provavelmente, os ventos da direção N e NE tenham contribuído com materiais carreados de outros locais.



Figura 63: Imagem ilustrativa do Rio de Janeiro com distribuição dos ventos em Campos do Goytacazes entre 00 e 13h (horário local).



Figura 64: Imagem ilustrativa do Rio de Janeiro com distribuição dos ventos em Campos do Goytacazes entre 14 e 23h (horário local).

As maiores concentrações de NO_3^- nas águas de chuva na UENF foram relacionadas aos meses de fevereiro, julho, agosto e outubro de 2007. Provavelmente, o tráfego de veículos intensifica no verão durante o mês de fevereiro decorrente do maior trânsito pela cidade em direção à região balneária e lagoas da região, aonde o aumento das emissões de gases de NO_x dos veículos é mais intensa. E nos meses de julho a outubro, a elevada concentração de NO_3^- pode estar associada à queima de biomassa (Figuras 59 e 60).

Uma possível explicação de não se observar uma tendência sazonal na UENF para NH_4^+ é que NH_3 emitida durante a queima da cana-de-açúcar reage com espécies ácidas dentro da pluma, formando partículas de NH_4^+ , que uma vez formada podem dissociar-se durante o dia em decorrência da maior temperatura e baixa umidade e novamente liberar NH_3 (MACHADO *et al.*, 2008). Além do mais, os autores indagam que as partículas finas de NH_4^+ formado podem ser depositadas a longas distâncias da fonte. Por outro lado, as maiores concentrações verificadas entre os meses de novembro de 2006 a janeiro de 2007, estação chuvosa, podem estar associadas a fontes de esgotos domésticos e material biogênico de acordo com o sugerido por Machado *et al.*

(2008). Além disso, os autores mencionam que as emissões de fontes diferentes das queimadas são influenciadas pela umidade.

O comportamento sazonal do NH_4^+ na Lagoa de Cima, possivelmente é atribuído à queima da cana-de-açúcar, volatilização de N dos fertilizantes e das folhas de cana por processos biológicos e áreas de pastagem (LARA *et al.*, 2001).

Em geral, as concentrações apresentaram maiores valores quando os volumes de precipitação foram baixos. Entretanto para Lagoa de Cima, entre os dias 24 de abril e 22 de maio de 2007, este comportamento não foi verificado (Figura 40). Provavelmente, este fato pode estar associado à entrada de sistemas frontais (Figuras 65 e 66) que contribuíram para o aumento do volume de precipitação para esses dias amostrados.

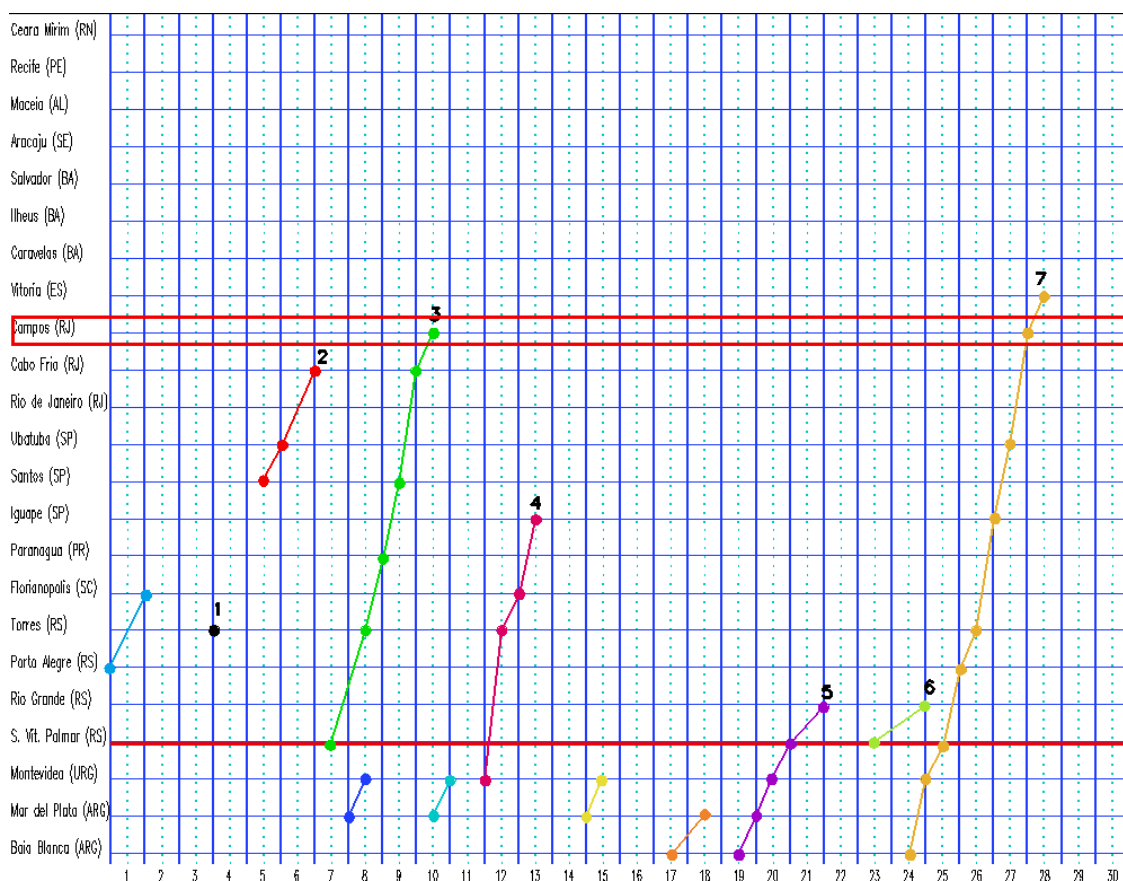


Figura 65: Monitoramento das frentes frias no litoral do Brasil em abril de 2007. O retângulo destaca Campos dos Goytacazes, RJ. 00:00 TMG (linha contínua) e 12:00 TMG (linha pontilhada). Os pontos mostram que a frente esteve posicionada na estação no dia e hora indicados. (FONTE: CPTEC, 2007).



Figura 66: Monitoramento das frentes frias no litoral do Brasil em maio de 2007. O retângulo destaca Campos dos Goytacazes, RJ. 00:00 TMG (linha contínua) e 12:00 TMG (linha pontilhada). Os pontos mostram que a frente esteve posicionada na estação no dia e hora indicados. (FONTE: CPTEC, 2007).

A figura 67 mostra a quantidade de chuvas acumuladas em 24h durante os meses de abril e maio. Todavia, durante este período não foi verificado focos acumulados de queimada (Figura 59) sugerindo que a elevada concentração de NH_4^+ não está relacionada a queima de biomassa. Sugere-se a existência de uma relação entre composição química e intensidade da precipitação, que é maior no momento inicial da chuva devido ao processo *below-cloud* e *in-cloud* (DE MELLO, 1988).

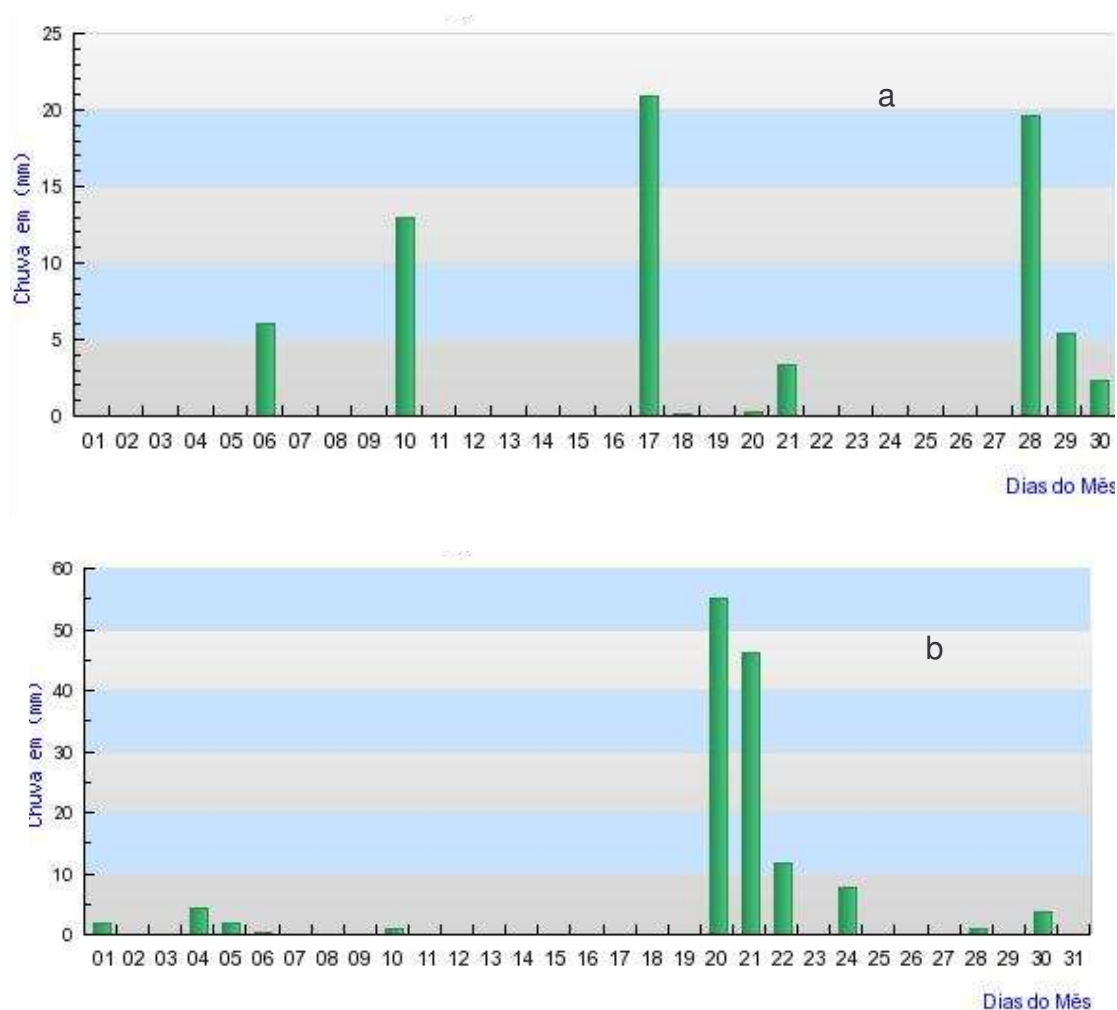


Figura 67: Precipitação acumulada em 24h em Campos dos Goytacazes para os meses de abril (a) e maio de 2007 (b). Fonte: INMET, 2008.

9.3 NITROGÊNIO ORGÂNICO

Cornell *et al.* (1995) sugeriram que o NOD faz parte do subproduto das reações entre NO_x , NH_x e hidrocarbonetos emitidos pelos automóveis. E ainda, as emissões de NOD podem estar associadas à combustão industrial das reações de fuligem com NO_x e NH_x . Desta forma, atribui-se às concentrações de NOD em Niterói a influência de fontes veiculares.

O NOD associado aos aerossóis pode estar agregado a particulados finos que apresentam maior tempo de retenção na atmosfera, podendo migrar a longas distâncias (CORNELL *et al.*, 2003). Provavelmente, a presença de

aerossóis ao longo do ano explica as concentrações altas tanto no período seco quanto no chuvoso conforme observados nas águas de chuva em Niterói.

As maiores concentrações de NOD encontradas no período chuvoso (Figura 22) provavelmente são consequência da varredura e deposição do elevado material biogênico particulado emitido para atmosfera (KEENE *et al.*, 2002; KIEBER *et al.*, 2005). As plantas apresentam um ciclo periódico para o seu desenvolvimento que por sua vez depende da temperatura, luminosidade e regime pluviométrico (BENCKE; MORELLATO, 2002). Como o Rio de Janeiro apresenta temperaturas elevadas, dias de sol intenso e chuvas abundantes, condições benéficas para o desenvolvimento das plantas, parte do material biogênico emitido para atmosfera pode contribuir com NOD nas águas de chuva.

Segundo Russell *et al.* (1998), as principais fontes naturais de NOD para a atmosfera são os aerossóis marinhos e a liberação de polens das plantas. Também sugeridas pelos autores, as fontes antrópicas resultam de espécies de N inorgânico gasoso que podem reagir com os compostos orgânicos que não contém nitrogênio.

Uma outra conjectura que esclarece o NOD nas águas de chuva em Niterói, é o fato da cidade estar próxima ao mar. Os materiais orgânicos protéico, provenientes da elevada produtividade primária dos organismos fitoplanctônicos na interface da superfície ar-mar, degradam-se biologicamente (MCCARTHY *et al.*, 1997) que por sua vez, associados ao transporte de bolhas de ar na superfície dos oceanos, migram para os continentes (MILNE; ZIKA, 1993).

Weathers *et al.* (2000) relataram que o N orgânico nas águas das nuvens pode ser comparado a uma variedade de fontes naturais, principalmente oceânicas como observado na região costeira do Chile, próximo ao mar e ventos de oeste predominantes que corroboram para as fontes de origem marinha.

Os resultados de NOD em Campos dos Goytacazes e Lagoa de Cima apresentaram valores maiores que os resultados mostrados em outros

trabalhos. A tabela 21 mostra os resultados de NOD em Niterói, UENF e Lagoa de Cima e de outras áreas ao redor do mundo.

Tabela 21: Concentrações da média ponderada por volume do NOD ($\mu\text{mol N L}^{-1}$) em águas de chuva de diferentes locais do mundo.

| Local | NOD | Referência |
|-----------------------------------|---------------|---------------------------------------|
| Niterói, RJ | 16,6 | Este estudo |
| UENF, RJ | 108,6 | Este estudo |
| Lagoa de Cima, RJ | 160,9 | Este estudo |
| Recife, BR (costeira) | 3,0 | (CORNELL, 1996) |
| Amazônia, BR (rural) | 21,6 | (CORNELL, 1996) |
| Bermuda (costeira) | 5,6 \pm 3,0 | (CORNELL <i>et al.</i> , 1998) |
| Norwich, Inglaterra (semi-urbana) | 33 \pm 26 | (CORNELL <i>et al.</i> , 1998) |
| Arquipélago de Anavilhanas, BR | 1,5 | (FILOSO <i>et al.</i> , 1999) |
| Kilauea, Havaí (costeira) | 6,5 \pm 6,0 | (CORNELL <i>et al.</i> , 2001) |
| Tasmânia (costeira) | 7,2 \pm 5,4 | (MACE; DUCE <i>et al.</i> , 2003) |
| Valência, Venezuela (urbana) | 57 | (PACHECO <i>et al.</i> , 2004) |
| Calabozo, Venezuela (rural) | 24 | (PACHECO <i>et al.</i> , 2004) |
| Easter Bush, Escócia (rural) | 15 | (CAPE; ANDERSON <i>et al.</i> , 2004) |
| Carolina do Norte, EUA (costeira) | 4,6 \pm 1,3 | (KIEBER <i>et al.</i> , 2005) |
| China (agrícola/pastagem) | 117 | (ZHANG <i>et al.</i> , 2008) |
| Maceió, BR (rural) | 47,8 | (HENRIQUES, 2009) |

As outras regiões coletadas ao redor de queima de biomassa apresentaram acréscimo no valor da concentração de NOD nas águas de chuva (CORNELL *et al.*, 1995). O mecanismo de formação ainda não explicado, contudo acredita-se que o NOD pode ser formado na atmosfera por reações de compostos orgânicos voláteis (COV) e NO_x e ainda, por meio da conversão de gás-partícula (MACE; ARTAXO *et al.*, 2003).

A figura 68 mostra a distribuição da cobertura e uso do solo em Campos dos Goytacazes mostrando que a Lagoa de Cima corresponde a uma área agrícola e de pastagem sem influência urbana, enquanto a UENF tem maior influência urbana.

9.4 UREIA

Os resultados da ureia (3 a 22 $\mu\text{mol N L}^{-1}$) neste trabalho foram maiores que os resultados apresentados por Cornell *et al.* (1998). As concentrações variaram abaixo do limite de detecção a 10 $\mu\text{mol N L}^{-1}$ e no Tahiti, os valores encontrados foram entre 1 a 8 $\mu\text{mol N L}^{-1}$. Mace *et al.* (2003) relataram que as elevadas concentrações de ureia em águas de chuva são atribuídas a fontes de efluentes não tratados.

Provavelmente, a presença de ureia na precipitação em Niterói tem como origem fontes de esgotos. O esgoto quando encontra-se seco e exposto no ar, próximo a descarga do efluente, pode ser injetado e agregado aos aerossóis, e conseqüentemente, qualquer ureia presente na atmosfera possivelmente seria dissolvida e removida pela precipitação (CORNELL *et al.*, 1998). Além disso, a ureia se hidrolisa e é precursor de NH_x . Timperley *et al.* (1985) relataram que a pressão de vapor da ureia (53 Pa) é alta para sublimar das superfícies do solo, todavia a sua alta solubilidade e constante de Henry elevada impedem a volatilização em meio aquoso.

A Baía de Guanabara, adjacente a Niterói, recebe 60% das descargas de esgoto *in natura* (LOBO; GRECO, 2003). Os estudos realizados por Guimarães *et al.* (2006) mostraram que elevados índices de NH_x são atribuídos à descarga de esgotos domésticos associada a cursos d'água que deságuam mais na porção noroeste da Baía de Guanabara. Além disso, as concentrações de coprostanol, esterol indicado como indicador de condições ambientais, em comparação com outras áreas da Baía de Guanabara, indicaram elevado nível de contaminação por esgotos nas estações mais próximas ao lançamento dos efluentes, na Enseada de Icaraí, próximo ao centro de Niterói (SANTOS *et al.*, 2008).

O aumento da aplicação de fertilizantes nitrogenado a base de ureia pode aumentar o transporte e deposição de N orgânico antrópico, bem como através de emissões diretas da produção de fertilizantes ou uso na agricultura que associada à poeira, provavelmente são fontes de ureia na atmosfera (MACE; DUCE *et al.*, 2003).

Mace *et al.* (2003) sugerem a queima de biomassa como um das fontes de ureia para atmosfera. As ureídas, compostos que derivam da substituição dos átomos de hidrogênio do grupo $-NH_2$ da uréia por radicais ácidos estão presentes no tecido das folhas e xilema das plantas vasculares, por exemplo, alantoína e ácido alantóico que são decompostos por bactérias ou por vias metabólicas a ureia.

A concentração de ureia na Lagoa de Cima no período seco é bem maior em relação ao período chuvoso (Figura 44). Mace *et al.* (2003) mostraram que a concentração no período seco de aerossóis emitidos pela queima da biomassa foi 200 vezes maior que no período chuvoso, sugerindo a queima de biomassa como fonte de ureia.

Acredita-se que a coleta efetuada em coletores de deposição total, exposto por um período de 7 dias como neste estudo, aumente a influência de material particulado e conseqüentemente, aumente o valor da ureia. Além disso, um dos mecanismos de transferência da uréia para atmosfera está relacionado à volatilização dos fertilizantes aplicados nas plantações (TIMPERLEY *et al.*, 1985).

Provavelmente, a tendência sazonal da ureia na UENF tenha a mesma explicação do NOD. A UENF localizada no centro urbano de Campos dos Goytacazes como em Niterói, apresenta problemas relacionados às emissões de esgoto doméstico e do lixo que podem constituir fontes de ureia para atmosfera e ainda, o transporte de material protéico pelas massas de ar de origem oceânica pode contribuir com a ureia na UENF, distante de 15 km do mar.

9.5 DISTRIBUIÇÃO DAS FORMAS DE N

O percentual das formas de NO_3^- , NH_4^+ e NOD em Niterói, UENF e Lagoa de Cima em Campos dos Goytacazes foram similares aos resultados apresentados em outros estudos mostrado na tabela 22.

Tabela 22: Distribuição do total de N como NO_3^- , NH_4^+ e NOD em águas de chuva em diferentes locais amostrados em áreas urbana, costeira e agrícola.

| <i>Local</i> | <i>%NO₃⁻</i> | <i>%NH₄⁺</i> | <i>%NOD</i> | <i>Referência</i> |
|-------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-------------|---------------------------------------|
| Niterói, RJ (urbana) | 23 | 41 | 36 | Este estudo |
| UENF, RJ (urbana/agrícola) | 10 | 14 | 76 | Este estudo |
| Lagoa de Cima, RJ (agrícola) | 9 | 16 | 75 | Este estudo |
| Amazônia (agrícola) | 22 | 56 | 22 | (CORNELL, 1996) |
| Recife, BR (urbana/costeira) | 31 | 43 | 25 | (CORNELL, 1996) |
| Arquipélago de Anavilhanas, BR | 43 | 34 | 23 | (FILOSO <i>et al.</i> , 1999) |
| Bush, Escócia (agrícola) | 3 | 34 | 33 | (CAPE; ANDERSON <i>et al.</i> , 2004) |
| Calabozo, Venezuela (agrícola) | 13 | 10 | 77 | (PACHECO <i>et al.</i> , 2004) |
| Carolina do Norte, EUA (costeira) | 34 | 45 | 21 | (KIEBER <i>et al.</i> , 2005) |
| Tsukui, Japão (agrícola) | 23 | 45 | 32 | (HAM; TAMIYA, 2006) |
| Maceió, BR (agrícola) | 4 | 4 | 92 | (HENRIQUES, 2009) |

Cornell *et al.* (2001) mostraram que o N orgânico está presente nas águas de chuva continentais, costeiras e de oceanos remotos. Os dados reunidos de outros locais amostrados no mundo, apontam que NOD contribui cerca de 25 a 30% do N total de área continental e costeira. Ao passo que, 60% do N total são estimados para áreas oceânicas (CORNELL *et al.*, 2003).

Comparadas a outras áreas urbanas agrícolas, UENF e Lagoa de Cima são influenciadas por intensa atividade de queima da cana-de-açúcar, enquanto as outras áreas (Tabela 22) apresentam atividades ligadas à agricultura não intensiva e pastagem e nenhuma relação com atividades de cana-de-açúcar. No entanto, os locais com uso e cobertura do solo destinados ao plantio da cana-de-açúcar e que fazem uso da queima da cana,

possivelmente, podem contribuir para o aumento das frações de N orgânico nas águas de chuva. O percentual de NOD na Lagoa de Cima e UENF comparam-se a Calabozo na Venezuela. Esta cidade corresponde a uma região agrícola, próxima a quatro cidades; Portuguesa, Trujillo, Cojedes e Barrinas ocupadas com plantações de cana-de-açúcar (<http://www.unica.com.br/noticias>).

A concentração de ureia na precipitação em Niterói foi maior que a concentração em outros estudos (CORNELL *et al.*, 1998; MACE; KUBILAY *et al.*, 2003). Timperley *et al.* (1985) comunicou que metade do N orgânico é composta por ureia. A tabela 23 mostra o percentual de ureia em relação ao NOD comparadas a outras áreas de estudo.

Tabela 23: Distribuição da ureia em relação ao NOD em águas de chuvas comparadas a outras áreas amostradas.

| <i>Local</i> | <i>% ureia</i> | <i>Referência</i> |
|----------------------|----------------|--------------------------------------|
| Niterói | 19 | Este estudo |
| UENF | 10 | Este estudo |
| Lagoa de Cima | 16 | Este estudo |
| Norwick, Inglaterra | 1 – 10 | (CORNELL <i>et al.</i> , 1998) |
| Havaí | 16 | (CORNELL <i>et al.</i> , 2001) |
| Erdemli, Turquia | 11 | (MACE; KUBILAY <i>et al.</i> , 2003) |
| Maceió, BR | 18 | (HENRIQUES, 2009) |

Cornell *et al* (2001) mostraram que o uso de diferentes fertilizantes nitrogenados, a base de ureia e a base de sais nitrogenados influenciam diferentemente, o valor de concentração da ureia na atmosfera.

O N orgânico agregado à poeira atmosférica foi relatado por Mace *et al.* (2003), mostrando que a fração de ureia nos aerossóis não relacionados a queima de biomassa foi menor do que oriundas da queima de biomassa.

As amostras coletadas neste estudo não foram filtradas, porém analisadas imediatamente após cessar o evento de precipitação (seção 7 Material e Métodos, item 7.1.1).

Mace *et al.* (2003) analisaram as amostras filtradas e estocadas e argumentaram que a ureia pode estar associada à poeira em suspensão. Possivelmente, a maior contribuição da ureia nas amostras em Niterói esteja relacionado ao material particulado, não verificadas neste estudo. Além disso, acredita-se que como as amostras de Niterói não foram estocadas e analisadas imediatamente para ureia, as mesmas não estiveram sujeitas às degradações biológicas, que provavelmente contribuiria para diminuir a concentração e a distribuição em águas de chuva. Além disso, o tempo de residência na atmosfera é < 1 dia (CORNELL *et al.*, 2003).

A fração de NOD não identificado foi 16% (Figura 26), mostrando que outras formas de NOD estão presentes nas águas de chuva em Niterói. Um dos compostos de NOD identificado em outros estudos é aminoácido (MOPPER; ZIKA, 1987; SCHELLER, 2001; ZHANG; ANASTASIO, 2001; KIEBER *et al.*, 2005; WEDYAN, 2008) que acredita ser precursor da ureia.

As fontes naturais de ureia podem ser atribuídas aos aminoácidos, de origem marinha e terrestre como uma das frações de N orgânico total. Uma vez na atmosfera, os aminoácidos podem degradar-se através da radiação ionizante (MOPPER; ZIKA, 1987; MILNE; ZIKA, 1993). As reações fotooxidantes dos aminoácidos e peptídeos através dos radicais hidroxila nos aerossóis na atmosfera produzem NH_3 , CO_2 , amidas e aminas e ainda podem ser consideradas como fontes de compostos de N orgânico reduzido (GARRISON, 1964; MILNE; ZIKA, 1993). A arginina, um dos aminoácidos identificados em vários estudos (SCHELLER, 2001; ZHANG; ANASTASIO, 2001; ZHANG; ANASTASIO, 2003; CHAN *et al.*, 2005) é precursor da ureia, que através da degradação de nucleotídeos das plantas pode ser liberada para o meio ambiente (THORÉN, 2007) e ainda, 51% são encontrados nas águas de chuva (MACE; DUCE *et al.*, 2003).

Estudos anteriores realizados em Niterói mostraram que o NH_4^+ e o NO_3^- foram enriquecidos no período seco (DE MELLO, 2001). Esses resultados estão de acordo com os encontrados neste estudo (Tabela 8). E segundo o autor, valores maiores que 1 podem estar relacionados ao aumento da concentração de aerossóis solúveis e gases devido ao menor volume de precipitação. Além do mais, a razão entre a estação seca e úmida pode

contribuir na incorporação desses parâmetros associados à variabilidade sazonal de emissões, transformação e processos *below-cloud* e *in-cloud*.

9.6 CORRELAÇÕES

Em geral, todos os parâmetros analisados em Niterói apresentaram correlações. No entanto, o uso da ferramenta estatística mostrou que algumas correlações foram significativas em nível de 95%.

O maior volume de chuva esteve relacionada ao menor valor da condutividade (Figura 28), aonde o coeficiente de determinação calculado identificou que cerca de 37% ($r = -0,61$) das variações da condutividade podem ser explicadas pela precipitação, enquanto os outros 63% não são explicados e ainda, podem estar associados a outros parâmetros não analisados, como presença de sais na água da chuva que contribui para o aumento da condutividade.

O NH_4^+ como variável independente, provavelmente, explica a variação da condutividade em águas de chuva em 26% ($r = 0,51$), enquanto que 49% ($r = 0,70$) das variações da condutividade, possivelmente são explicada pelo NO_3^- . Sugere-se então, que o NO_3^- e NH_4^+ na forma de aerossóis e presente na atmosfera com alta umidade relativa, dissociam-se na fase aquosa nos seus respectivos íons, de tal modo que contribua para o aumento da condutividade nas águas de chuva.

Os coeficientes de determinação para NH_4^+ e NO_3^- explicaram respectivamente 37% ($r = -0,61$) e 26% ($r = -0,51$) das variações de NOD nas águas de chuva em Niterói (Tabela 9). Uma alternativa para identificação das fontes é investigar as relações entre o NOD e N inorgânico na atmosfera, que muitas vez são direcionados à fontes antrópicas, com exceção de regiões remotas do mundo (CORNELL *et al.*, 2003).

Estudos similares em águas de chuva costeira foram relatados por Scudlark *et al.* (1998) e mais tarde por Kieber *et al.* (2005), aonde mostraram que as espécies inorgânicas de N não se relacionaram com o NOD. No

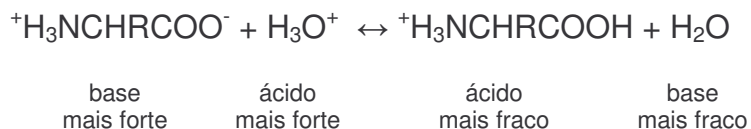
entanto, estudo em área agrícola, o NOD e NH_4^+ apresentaram correlações positivas e não houve qualquer tipo de relação com o NO_3^- (CAPE; ANDERSON *et al.*, 2004), mostrando que o N inorgânico e orgânico podem originar-se de diferentes fontes, naturais ou antrópicas, quando as espécies inorgânicas e orgânicas não se relacionam (FANG *et al.*, 2008).

As poeiras em suspensão podem justificar a existência de N orgânico na atmosfera na forma de aerossóis (Mace *et al.* 2003). Assim sendo, as substâncias húmicas são resistentes e podem viajar a longas distâncias de suas fontes. O transporte a longas distâncias de NOD podem explicar o porquê de não se correlacionarem somente a um único analito (KIEBER *et al.*, 2002), mostrando possivelmente, a influência de fontes diversificadas.

O coeficiente de determinação entre a condutividade e a quantidade de chuva foi 0,34 ($r = -0,58$), ou seja, de 34% das variações da condutividade podem ser explicada pela quantidade de chuva na UENF. Os 66% da variável não explicada podem estar relacionadas ao efeito da diluição, ocasionado pela precipitação.

Da mesma forma, 19% ($r = -0,44$) do NO_3^- e 14% ($r = -0,38$) do NOD são explicadas pela quantidade de chuva. Sugere que o NO_3^- e NOD analisados na UENF tenham a mesma origem de precursores inorgânicos, como por exemplo, o NO_x .

Vinte e três por cento ($r = 0,48$) das variações da condutividade é explicada pelo NOD, enquanto 77% não podem ser explicadas. Provavelmente, um dos NOD apresenta sítios carregados com cargas positiva e negativa que pode influenciar na condutividade. Por exemplo, os aminoácidos têm alto momento de dipolo e são altamente solúveis em água, e ainda em solução aquosa, apresentam constante dielétrica alta (MORRISON; BOYD, 1990; WEDYAN, 2008). Além disso, a estrutura iônica dos aminoácidos em solução depende do pH do meio no qual está dissolvido. Assim sendo, de acordo com pH das águas de chuva, os aminoácidos podem existir carregados eletricamente. Em meio ácido, o aminoácido eletricamente neutro ($\text{pI} = \text{pH}$) transforma-se no ácido mais fraco (MORRISON; BOYD, 1990):



Correlações significativas e positivas entre NH_4^+ e NOD, bem como NO_3^- e NOD na UENF foram verificadas, contudo na Lagoa de Cima somente foi constatada correlação significativa entre NH_4^+ . As correlações quando comparadas a Niterói e outros locais amostrados no mundo (CAPE; KIRIKA *et al.*, 2004; KIEBER *et al.*, 2005) não são similares. Provavelmente, o NOD em Niterói e em outras áreas amostradas, atue como uma variável independente quando presente nas águas de chuva na UENF, enquanto na Lagoa de Cima, devido à influência da queima das plantações de cana-de-açúcar, o NOD comporta-se como uma variável dependente de NH_x e NO_x , precursores do NH_4^+ e NO_3^- emitidos pela queima.

Zhang *et al.* (2008) mostraram que NOD, NH_4^+ e NO_3^- correlacionaram entre si e sugerem fontes similares atribuídas às emissões antrópicas de ambas as fontes, agrícolas e industriais. Além disso, confirmam a contribuição da deposição de N orgânico em áreas de pastagem, agrícola, industrial e urbana.

A correlação entre condutividade e H^+ na Lagoa de Cima consegue explicar 37% ($r = -0,61$) das variações da condutividade. 17% ($r = 0,42$) das variações do H^+ e 21% ($r = 0,46$) das variações da ureia são explicadas pelo NH_4^+ . Sugere-se que outras variáveis podem explicar a condutividade nas águas de chuva, entre elas os íons majoritários (K^+ , Ca^{2+} , Na^+ , SO_4^{2-} , Mg^{2+}), aqui não investigados.

A ureia e o NOD se correlacionaram positivamente na UENF, enquanto a correlação da ureia e NH_4^+ foi observada na Lagoa de Cima e na UENF. O coeficiente de determinação da relação entre ureia e NOD foi 16% ($r = 0,40$), enquanto, na Lagoa de Cima, o coeficiente de determinação entre ureia e NH_4^+ foi 25% ($r = 0,50$) e 19% (0,44) na UENF. Provavelmente, a ureia como uma das frações de NOD torna-se uma variável dependente do mesmo. A mesma relação fraca observada entre as concentrações de ureia e NH_4^+ foi verificada em Cornell *et al.* (1998). E ainda, de acordo com os autores, ureia e NH_4^+ são espécies solúveis em águas de chuva com fonte comum em áreas agrícolas.

9.7 DEPOSIÇÃO ATMOSFÉRICA DO N

Os resultados de fluxos de N inorgânico apresentados em Niterói são comparados a outros locais amostrados (Tabela 24).

Tabela 24: Comparação de fluxo de deposição atmosférica total do N inorgânico e orgânico ($\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$) de outros locais amostrados em áreas rurais.

| | NH_4^+ | NO_3^- | NOD | Referência |
|-----------------------------|-----------------|-----------------|--------------|-----------------------------------|
| Niterói | 2,9 | 1,7 | 2,6 | Este estudo |
| UENF | 2,9 | 2,2 | 16,3 | Este estudo |
| Lagoa de Cima | 5,4 | 3,0 | 24,1 | Este estudo |
| Connecticut, EUA (costeira) | 3,8 | 5,0 | 1,3 | (NADIM <i>et al.</i> , 2001) |
| Havaí, EUA (costeira) | 0,4 | 0,5 | 0,1 | (CARRILLO <i>et al.</i> , 2002) |
| Tsukui, Japão (rural) | 15 | 6,2 | 10 | (HAM; TAMIYA, 2006) |
| Guangdong, China (costeira) | 17,9 | 13,8 | 17,8 | (FANG <i>et al.</i> , 2008) |
| Nova Zelândia (costeira) | n.d | n.d | 1,0 – 2,2 | (TIMPERLEY <i>et al.</i> , 1985) |
| Niterói, RJ* (urbana) | 2,9 | 2,4 | n.d | (DE MELLO, 2001) |
| RMSP (urbana) | 8,5 | 16,5 | n.d | (LEAL <i>et al.</i> , 2004) |
| Cunha, SP (serrana) | 12,7 | 9,2 | n.d | (FORTI <i>et al.</i> , 2005) |
| Itatiaia, RJ* (serrana) | 2,9 | 2,4 | n.d | (DE MELLO; ALMEIDA, 2004) |
| Parnaso, RJ (serrana) | 8,3 | 3,5 | n.d | (RODRIGUES <i>et al.</i> , 2007) |
| Rio Grande, RS (rural) | 6,2 | 4,7 | n.d | (CASARTELLI <i>et al.</i> , 2008) |
| Porto Alegre, RS (urbana) | 4,5 | 4,3 | n.d | (CASARTELLI <i>et al.</i> , 2008) |

* Deposição úmida
n.d = não determinado

Os elevados valores de fluxo de NH_4^+ encontrados em Tsukui, Japão é consequência da emissão do gás NH_3 de intensa atividade agrícola pelo uso de fertilizante nitrogenado e área de pastagem dentro de 0,2 km do local amostrado. Os autores relatam que a deposição atmosférica do NOD aumenta significativamente com o uso de fertilizantes nitrogenados.

Os resultados mostraram que NH_4^+ não sofreu variação, enquanto NO_3^- ficou ligeiramente abaixo do resultado encontrado por de Mello (2001). O fluxo de N inorgânico para UENF foi próximo ao encontrado em Niterói, todavia, o fluxo de NH_4^+ para Lagoa de Cima foi cerca de 2 vezes maior.

Resultados de modelos de simulação para deposição atmosférica de N para América do Sul mostram que a deposição de N inorgânico variam de 5 a 12,5 kg ha⁻¹ ano⁻¹ (FILOSO *et al.*, 2006) e quando comparados a este estudo a deposição de N inorgânico encontram-se na faixa. Além disso, o uso da terra, por exemplo, pela área agrícola, aumenta a taxa de deposição.

O fluxo de deposição anual do NOD para Niterói está entre os fluxos de NOD global, que variam de 0,6 a 11 kg N ha⁻¹ ano⁻¹ (NEFF *et al.*, 2002). No entanto, os fluxos para UENF e Lagoa de Cima, ambos em Campos dos Goytacazes, foram respectivamente, cerca de 6 e 9 vezes maiores.

O fluxo de ureia para Niterói (1,3 kg N ha⁻¹ ano⁻¹) quando comparado a UENF (2,3 kg N ha⁻¹ ano⁻¹) e Lagoa de Cima (5,1 kg N ha⁻¹ ano⁻¹) foi duas vezes menor. Provavelmente o uso do solo para agricultura e pastagem contribui para maior deposição de N em Campos do Goytacazes.

10 CONCLUSÕES

a) Área urbana de Niterói

- O íon NH_4^+ foi o mais abundante nas águas de chuva;
- A redução da concentração do NO_3^- em relação a dados pretéritos de Niterói pode ser atribuída a implementação do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores, implementado pelo CONAMA visando a redução de emissões de NO_x ;
- As fontes de ureia, primeiramente investigadas em Niterói e NOD são atribuídas às fontes diversificadas de origem antrópica e continental;
- A influência de mesoescala da brisa terrestre e marítima contribui com fontes de origem antrópicas e marinhas de NH_4^+ e NO_3^- sem diferenças sazonais significativas ao longo do ano;
- As espécies investigadas de NOD e ureia não apresentaram comportamento sazonal. As maiores concentrações foram verificadas no período chuvoso.
- Os fluxos de deposição total para NH_4^+ e NO_3^- corroboram os resultados encontrados no Brasil para áreas urbanas. O fluxo de ureia não pôde ser comparado e nem tampouco predizer seu impacto em Niterói.

b) Área urbana e agrícola de Campos dos Goytacazes

- A distribuição da NH_4^+ na UENF e Lagoa de Cima foram similares, enquanto NOD foi à forma mais abundante;
- A agricultura e pastagem contribuem para o aumento da concentração da NH_4^+ devido à emissão de NH_3 para atmosfera pelo uso de fertilizantes, nitrogenados e excreta de animais;

- A queima nas plantações de cana-de-açúcar influencia no aumento da distribuição das frações de N inorgânico e orgânico, conforme verificadas na Lagoa de Cima;
- A aplicação de fertilizantes à base de ureia nas plantações de cana-de-açúcar e a queima de biomassa constituem os principais fatores para o aumento da distribuição da ureia na Lagoa de Cima.
- O fluxo de deposição atmosférica em UENF, área de maior influência urbana foi menor que na Lagoa de Cima próxima a plantações de cana-de-açúcar e área de pastagem.
- Em geral, nas áreas urbanas de Niterói e Campos dos Goytacazes (UENF), as concentrações da média ponderada por volume para NH_4^+ e NO_3^- foram similares e menores que Lagoa de Cima com influência de área agrícola e pastagem.
- A influência da área agrícola estabelece aspecto relevante para avaliação da distribuição do NOD nas águas de chuva.
- A atividade antrópica que mais parece influenciar a distribuição das frações de N inorgânico e orgânico, bem como ureia corresponde à queima de biomassa, por exemplo, as plantações de cana-de-açúcar, conforme verificadas na Lagoa de Cima em Campos dos Goytacazes.
- A fração de NOD não identificado, em média 62%, em Campos dos Goytacazes sugere que seja caracterizado o NOD em trabalhos futuros.

11 REFERÊNCIAS

APHA (American Public Health Association). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Washigton, DC: 1998. p. 1268.

ALLEN, A. G.; CARDOSO, A. A.; DA ROCHA, G. O. Influence of sugar cane burning on aerosol soluble ion composition in Southeastern Brazil. **Atmospheric Environment**, v. 38, n. 30, p. 5025-5038, 2004.

AQUINO, S. L. D.; PEDLOWSKI, M. A.; CANELA, M. C.; SILVA, I. L. A. D. Analisando os impactos sócios ambientais resultantes do uso de agrotóxicos num assentamento de reforma agrária. Anais (Encontro da Associação Nacional de Pós Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade), 3, 2006. Brasília - DF. ANAPPAS, 23 a 26 de maio de 2006. p.16.

ARBEX, M. A.; CANÇADO, J. E. D.; PEREIRA, L. A. A.; BRAGA, A. L. F.; SALDIVA, P. H. D. N. Queima de biomassa e suas repercussões sobre a saúde. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 30, n. 2, p. 158-175, 2004.

AZEVEDO, D. D. A.; SANTOS, C. Y. M. D.; NETO, F. R. D. A. Identification and seasonal variation of atmospheric organic pollutants in Campos dos Goytacazes, Brazil. **Atmospheric Environment**, v. 36, n. 14, p. 2383-2395, 2002.

AZEVEDO, H. J. D. **Uma Análise da Cadeia Produtiva de Cana-de-Açúcar na Região Norte Fluminense**. (Campos dos Goytacazes): CEFET – Centro Federal de Educação Tecnológica de Campos, RJ, 2002. p. 51. (nº 6).

BALES, R. C. Hydrology. In: (Ed.). **Encyclopedia of Atmospheric Sciences**. Oxford: Academic Press, 2003. p. 968-973.

BARBIERI, P. R. B. **Caracterização da estação chuvosa nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil associado como a circulação atmosférica**. São José dos Campos, SP 2005. 121 f. Dissertação (mestrado em Meteorologia) Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, SP, 2005.

BENCKE, C. S. C.; MORELLATO, L. P. C. Estudo comparativo da fenologia de nove espécies arbóreas em três tipos de floresta atlântica no sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, p. 237-248, 2002.

BERTOLO, L. A. Notas sobre Regressão. Catanduva-SP, 2008. Disponível em: <<http://www.bertolo.pro.br/Adminfin/AnallInvest/Notas%20sobre%20Regress%C3%A3.pdf>>. Acesso em 24 de janeiro de 2008.

BOUWMAN, A. F.; LEE, D. S.; ASMAN, W. A. H.; DENTENER, F. J.; HOEK, K. W. V. D.; OLIVIER, J. G. J. A Global High-Resolution Emission Inventory for Ammonia. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 11, n. 4, p. 561-587, 1997.

BRITO, N. M.; JUNIOR, O. P. D. A.; POLESE, L.; RIBEIRO, M. L. Validação de métodos Analíticos: Estratégia e discussão. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 13, p. 129-146, 2005.

BRITO, R. J. D. **Indicadores de qualidade do solo em ambiente de tabuleiros costeiros na Região Norte Fluminense, RJ**. Seropédica, RJ, 2005. 88 f. Dissertação (mestrado em Ciências Ambientais e Florestais). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2005.

CAMPOS, V. P.; COSTA, A. C. A.; TAVARES, T. M. Comparação de dois tipos de amostragem de chuva: deposição total e deposição apenas úmida em área costeira tropical. **Química Nova**, v. 21, p. 418-423, 1998.

CAPE, J. N.; ANDERSON, M.; ROWLAND, A. P.; WILSON, D. Organic Nitrogen in Precipitation Across the United Kingdom. **Water, Air, & Soil Pollution: Focus**, v. 4, n. 6, p. 25-35, 2004.

CAPE, J. N.; KIRIKA, A.; ROWLAND, A. P.; CORNELL, S.; JICKELLS, T. Organic nitrogen in precipitation. 2004. Disponível em: < <http://gane.ceh.ac.uk/posters/GST042700.pdf> >. Acesso em 28 de agosto de 2004.

CARRILLO, J. H.; HASTINGS, M. G.; M. SIGMAN, D. Atmospheric deposition of inorganic and organic nitrogen and base cations in Hawaii. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 16, n. 4, p. 1-16, 2002.

CARVALHO, C. N.; LEPRUN, J. C. Atmospheric deposition to a rural tropical site. **Biogeochemistry**, v. 14, n. 2, p. 99-112, 1991.

CASARTELLI, M.; MIRLEAN, N.; PERALBA, M.; BARRIONUEVO, S.; GÓMEZ-REY, M.; MADEIRA, M. An assessment of the chemical composition of precipitation and throughfall in rural-industrial gradient in wet subtropics (southern Brazil). **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 144, n. 1, p. 105-116, 2008.

CHAN, M. N.; CHOI, M. Y.; NG, N. L.; CHAN, C. K. Hygroscopicity of Water-Soluble Organic Compounds in Atmospheric Aerosols: Amino Acids and Biomass Burning Derived Organic Species. **Environmental Science & Technology** v. 39, n. 6, p. 1555-1562, 2005.

CHEN, H.-Y.; PRESTON, M. R. Dissolution of azaarenes from urban aerosols. **Atmospheric Environment**, v. 38, n. 7, p. 1023-1028, 2004.

CIDE. Centro de Informações e dados do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: < <http://www.cide.rj.gov.br> >. Acesso em 14 de janeiro de 2008.

CODIN. Cia de Desenvolvimento Industrial do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: < <http://www.codin.rj.gov.br/> >. Acesso em 14 de janeiro de 2008.

CORNELL, S.; MACE, K.; COEPPICUS, S.; DUCE, R.; HUEBERT, N.; JICKELLS, T. Organic nitrogen in Hawaiian rain and aerosol. **Journal of Geophysical Research**, v. 106, n. D8, p. 7973-7983, 2001.

CORNELL, S.; RENDELL, A.; JICKELLS, T. Atmospheric inputs of dissolved organic nitrogen to the oceans. **Nature**, v. 376, n. 6537, p. 243-246, 1995.

CORNELL, S. E. **Dissoved organic nitrogen in rainwater**. 1996. 246 f. Tese (Doctor of Philosophy). University of East Anglia, Norwich.

CORNELL, S. E.; JICKELLS, T. D.; CAPE, J. N.; ROWLAND, A. P.; DUCE, R. A. Organic nitrogen deposition on land and coastal environments: a review of methods and data. **Atmospheric Environment**, v. 37, n. 16, p. 2173-2191, 2003.

CORNELL, S. E.; JICKELLS, T. D.; THORNTON, C. A. Urea in rainwater and atmospheric aerosol. **Atmospheric Environment**, v. 32, n. 11, p. 1903-1910, 1998.

CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Estudo de Chuvas Intensas no Estado do Rio de Janeiro**: Companhia de Recursos Minerais, RJ, 2001. < <http://www.cprm.inpe.br> > Acesso em 17 de julho de 2005.

CPTEC. Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. Boletim de Monitoramento e Análise Climática. **CLIMANÁLISE**, São José dos Campos, SP, 2007. Disponível em: < <http://www.cptec.inpe.br> > Acesso em 17 de julho de 2008.

CPTEC. Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. Estações do Ano. São José dos Campos, SP, 2007. Disponível em: < <http://www.cptec.inpe.br/tempo/> > Acesso em 17 de julho de 2008.

DE MELLO, W. Z. Variabilidade na composição química da água da chuva durante a precipitação. **Ciência e Cultura**, v. 40, n. 10, p. 1008-1011, 1988.

DE MELLO, W. Z. Precipitation chemistry in the coast of the Metropolitan Region of Rio de Janeiro, Brazil. **Environmental Pollution**, v. 114, n. 2, p. 235-242, 2001.

DE MELLO, W. Z.; ALMEIDA, M. D. D. Rainwater chemistry at the summit and southern flank of the Itatiaia massif, Southeastern Brazil. **Environmental Pollution**, v. 129, n. 1, p. 63-68, 2004.

DE MELLO, W. Z.; MOTTA, J. S. T. Acidez na chuva. **Ciência Hoje**, v. 6, n. 34, p. 40-43, 1987.

DREVER, J. I. **The Geochemistry of Natural Water**. Englewood Cliffs: Prentice Hall. 1982. p. 388.

DRM-RJ. Departamento de Recursos Minerais do Rio de Janeiro. Niterói - Mapa Geológico Simplificado do Estado do Rio de Janeiro - As rochas nos

contam sua história. **Projetos Caminhos Geológicos**, Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <http://www.drm.rj.gov.br/Download/estado_RJ_mapa_geologico_placa.pdf>. Acesso em 28 de agosto de 2008.

EBINA, J.; TSUTSUI, T.; SHIRAI, T. Simultaneous determination of total nitrogen and total phosphorus in water using peroxodisulfate oxidation. **Water Research**, v. 17, n. 12, p. 1721-1726, 1983.

EKLUND, T. J.; MCDOWELL, W. H.; PRINGLE, C. M. Seasonal variation of tropical precipitation chemistry: La Selva, Costa Rica. **Atmospheric Environment**, v. 31, n. 23, p. 3903-3910, 1997.

ERISMAN, J. W.; BRYDGES, T.; BULL, K.; COWLING, E.; GRENNFELT, P.; NORDBERG, L.; SATAKE, K.; SCHNEIDER, T.; SMEULDERS, S.; VAN DER HOCK, K. W.; WISNIEWSKI, J. R.; WISNIEWSKI, J. Summary Statement from the First International Nitrogen Conference. **Environmental Pollution**, v. 102, p. 3-12, 1998.

FANG, Y. T.; GUNDERSEN, P.; MO, J. M.; ZHU, W. X. Input and output of dissolved organic and inorganic nitrogen in subtropical forests of South China under high air pollution. **Biogeosciences** v. 5, p. 339-352, 2008.

FEEMA. Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente. **Relatório de Qualidade do Ar do Estado do RJ**, Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <<http://www.feema.rj.gov.br/qualidade-ar.asp?cat=65>>. Acesso em 26 de março de 2007.

FEEMA. Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente. **Relatório de Qualidade do Ar do Estado do RJ**, Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <<http://www.feema.rj.gov.br/qualidade-ar.asp?cat=65>>. Acesso em 26 de março de 2007.

FELIX, E. P.; CARDOSO, A. Amônia (NH₃) Atmosférica: fontes, transformação, sorvedouros e métodos de análise. **Química Nova**, v. 27, n. 1, p. 123-130, 2004.

FERREIRA, A. G. **Meteorologia prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2006. p. 188.

FIDERJ. Governadoria do Estado do Rio de Janeiro/Secretaria de Planejamento e Coordenação Geral. **Indicadores climatológicos do Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, RJ, 1978, p.156.

FILOSO, S.; MARTINELLI, L. A.; HOWARTH, R. W.; BOYER, E. W.; DENTENER, F. Human activities changing the nitrogen cycle in Brazil. **Biogeochemistry**, v. 79, n. 1-2, p. 61-89, 2006.

FILOSO, S.; WILLIAMS, M. R.; MELACK, J. M. Composition and deposition of throughfall in a flooded forest archipelago. **Biogeochemistry**, v. 45, n. 2, p. 169-195, 1999.

FORNARO, A.; GUTZ, I. G. R. Wet deposition and related atmospheric chemistry in the São Paulo metropolis, Brazil. Part 3: Trends in precipitation chemistry during 1983-2003. **Atmospheric Environment**, v. 40, n. 30, p. 5893-5901, 2006.

FORTI, M. C.; C.BICUDO, D.; BOUROTTE, C.; CICCO, V. D.; ARCOVA, F. C. S. Rainfall and throughfall chemistry in the Atlantic Forest: a comparison between urban and natural areas (São Paulo State, Brazil). **Hydrological and Earth Sciences**, v. 9, n. 6, p. 570-585, 2005.

FORTI, M. C.; MELFI, A. J.; ASTOLFO, R.; FOSTIER, A.-H. Rainfall chemistry composition in two ecosystems in the northeastern Brazilian Amazon (Amapá State). **Journal of Geophysic Research**, v. 105, n. D23, p. 28,895–28,906, 2000.

FREITAS, E. D. S. **Caracterização da cinza do bagaço da cana-de-açúcar do município de Campos dos Goytacazes para uso na construção civil**. Campos dos Goytacazes, RJ, 2005. 97 f. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil). Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2005.

FREITAS, S. R.; LONGO, K. M.; DIAS, M. A. F. S.; DIAS, P. L. S. Emissões de queimadas em ecossistemas da América do Sul. **Estudos Avançados**, v. 19, p. 167-185, 2005.

FU, J.-M.; WINCHESTER, J. W. Sources of nitrogen in three watersheds of northern Florida, USA: Mainly atmospheric deposition. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 58, n. 6, p. 1581-1590, 1994.

GALLOWAY, J.; ABER, J.; ERISMAN, J.; SEITZINGER, S.; HOWARTH, R.; COWLING, E.; COSBY, B. The nitrogen cascade. **Bioscience**, v. 53, p. 341-353, 2003.

GALLOWAY, J. N. The global nitrogen cycle: changes and consequences. **Environmental Pollution**, v. 102, n. 1, Supplement 1, p. 15-24, 1998.

GARRISON, W. Actions of ionizing radiations on nitrogen compounds in aqueous media. **Radiation Research Supplement**, v. 4, p. 158-174, 1964.

GLIBERT, P.; HARRISON, J.; HEIL, C.; SEITZINGER, S. Escalating Worldwide use of Urea - A Global Change Contributing to Coastal Eutrophication. **Biogeochemistry**, v. 77, n. 3, p. 441-463, 2006.

GORZELSKA, K.; GALLOWAY, J. N. Amine nitrogen in the atmospheric environment over the North Atlantic Ocean. **Global Biogeochemistry Cycles** v. 4, n. 3, p. 309-333, 1990.

GRASSHOFF, K.; EHRARDT, M.; KREMLING, K. *Methods of seawater analysis*. Weinheim: Verlag Chemie, 1983, 419 p.

GRIMM, A. M. Meteorologia básica. **Notas de Aula**, Paraná, 1999. Disponível em: < <http://fisica.ufpr.br/grimm/aposmeteo/> >. Acesso em 15 de abril de 2007.

GUIMARÃES, G. P.; MELLO, W. Z. D. Estimativa do fluxo de amônia na interface ar-mar na Baía de Guanabara: estudo preliminar. **Química Nova**, v. 29, p. 54-60, 2006.

HAM, Y.-S.; TAMIYA, S. Contribution of dissolved organic nitrogen deposition to total dissolved nitrogen deposition under intensive agricultural activities. **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 178, n. 1, p. 5-13, 2006.

HENRIQUES, R. V. D. H. **Aporte Atmosférico de nitrogênio inorgânico e orgânico nas proximidades de Maceió (AL) - Potencial impacto da atividade canavieira**. Niterói, 2009. 77 f. Dissertação (mestrado em Geociências), Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2009.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia Estatística. 2008. Disponível em:<<http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla> >. Acesso em 23 de janeiro de 2009.

INEA. Instituto Estadual do Ambiente. Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: < <http://www.feema.rj.gov.br/proconve-promot.asp> >. Acesso em 21 de dezembro de 2008.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia, Brasília, DF. 2006. Disponível em: < <http://www.inmet.gov.br/html/observacoes.php> >. Acesso em 12 de maio de 2005.

INMETRO. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. **Orientações sobre validação de métodos de ensaios químicos**. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. Rio de Janeiro, p.1-35. 2003

JAFFE, D. A.; WEISS-PENZIAS, P. S. Biogeochemical Cycles- Nitrogen Cycle In: HOLTON, J. R. (Ed.). **Encyclopedia of Atmospheric Sciences**. Oxford: Academic Press, 2002. p. 205-213.

JARDIM, W. F. A evolução da atmosfera terrestre. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**, n. Especial, 2001.

KEENE, W. C.; MONTAG, J. A.; MABEN, J. R.; SOUTHWELL, M.; LEONARD, J.; CHURCH, T. M.; MOODY, J. L.; GALLOWAY, J. N. Organic nitrogen in precipitation over Eastern North America. **Atmospheric Environment**, v. 36, n. 28, p. 4529-4540, 2002.

KIEBER, R.; LONG, M.; WILLEY, J. Factors Influencing Nitrogen Speciation in Coastal Rainwater. **Journal of Atmospheric Chemistry**, v. 52, n. 1, p. 81-99, 2005.

KIEBER, R. J.; PEAKE, B.; WILLEY, J. D.; AVERY, G. B. Dissolved organic carbon and organic acids in coastal New Zealand rainwater. **Atmospheric Environment**, v. 36, n. 21, p. 3557-3563, 2002.

KRISTIANSEN, S. Urea as a nitrogen source for the phytoplankton in the Oslofjord. **Marine Biology**, v. 74, n. 1, p. 17-24, 1983.

KRUSCHE, A. V.; DE CAMARGO, P. B.; CERRI, C. E.; BALLESTER, M. V.; LARA, L. B. L. S.; VICTORIA, R. L.; MARTINELLI, L. A. Acid rain and nitrogen deposition in a sub-tropical watershed (Piracicaba): ecosystem consequences. **Environmental Pollution**, v. 121, n. 3, p. 389-399, 2003.

LARA, L. B. L. S.; ARTAXO, P.; MARTINELLI, L. A.; VICTORIA, R. L.; CAMARGO, P. B.; KRUSCHE, A.; AYERS, G. P.; FERRAZ, E. S. B.; BALLESTER, M. V. Chemical composition of rainwater and anthropogenic influences in the Piracicaba River Basin, Southeast Brazil. **Atmospheric Environment**, v. 35, n. 29, p. 4937-4945, 2001.

LARA, L. L.; ARTAXO, P.; MARTINELLI, L. A.; CAMARGO, P. B.; VICTORIA, R. L.; FERRAZ, E. S. B. Properties of aerosols from sugar-cane burning emissions in Southeastern Brazil. **Atmospheric Environment**, v. 39, n. 26, p. 4627-4637, 2005.

LEAL, T. F. M.; FONTENELE, A. P. G.; PEDROTTI, J. J.; FORNARO, A. Composição iônica majoritária de águas de chuva no centro da cidade de São Paulo. **Química Nova**, v. 27, p. 855-861, 2004.

LEVINE, J. S.; HEINRICH, D. H.; KARL, K. T. Biomass Burning: The Cycling of Gases and Particulates from the Biosphere to the Atmosphere. In: (Ed.). **Treatise on Geochemistry**. Oxford: Pergamon, 2003. p.143-158.

LIMA, P. C. R. **Fábrica de fertilizantes nitrogenados e produção de etanol no Norte Fluminense**. Consultoria Legislativa. Brasília - DF, p.40. 2007

LOBO, A.; GRECO, A. Despoluição - Metrôpoles de água cristalina: Grandes cidades mostram como é possível crescer e manter as praias limpas **Rio Guandu**, Rio de Janeiro, 2003 Disponível em: < <http://www.profrios.kit.net/html/artigos/artigos.htm> >. Acesso em 16 de fevereiro de 2008.

LOGAN, J. A. Nitrogen Oxides in the Troposphere: Global and Regional Budgets. **Journal Geophysical Research**, v. 88, n. C15, p. 10,785-10,807, 1983.

LORA, E. S., Ed. **Controle da Poluição do Ar na Indústria Açucareira**. Itajubá: Sociedade de Técnicos açucareiros do Brasil - STABed, 2000.

MACE, K. A.; ARTAXO, P.; DUCE, R. A. Water-soluble organic nitrogen in Amazon Basin aerosols during the dry (biomass burning) and wet seasons. **Journal of Geophysical Research**, v. 108, n. D16, p. 4512, 2003.

MACE, K. A.; DUCE, R. A.; TINDALE, N. W. Organic nitrogen in rain and aerosol at Cape Grim, Tasmania, Australia. **Journal of Geophysical Research**, v. 108, n. D11, p. 4338, 2003.

MACE, K. A.; KUBILAY, N.; DUCE, R. A. Organic nitrogen in rain and aerosol in the eastern Mediterranean atmosphere: An association with atmospheric dust. **Journal of Geophysical Research**, v. 108, n. D10, p. 4320, 2003.

MACHADO, C. M. D.; CARDOSO, A. A.; ALLEN, A. G. Atmospheric Emission of Reactive Nitrogen during Biofuel Ethanol Production. **Environmental Science & Technology** v. 42, n. 2, p. 381-385, 2008.

MARENGO, J. A.; ALVES, L. M.; CASTRO, C. A. C.; MENDES, D. Início da estação chuvosa nas Regiões Sudeste, Centro-Oeste e sul do Nordeste do Brasil, afetadas pela crise de energia. **Portal Energia**, São José dos Campos, 2008. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/energia/saiba/iniciochuvas.shtml>>. Acesso em 14 de novembro de 2008.

MARIANI, R. L.; DE MELLO, W. Z. PM_{2.5-10}, PM_{2.5} and associated water-soluble inorganic species at a coastal urban site in the metropolitan region of Rio de Janeiro. **Atmospheric Environment**, v. 41, n. 13, p. 2887-2892, 2007.

MARTINS, C. R.; PAULA, P. A. D.; LOPES, W. A.; ANDRADE, J. B. D. Ciclos Globais de Carbono, Nitrogênio e Enxofre: A importância na Química Atmosférica. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**, n. 5, 2005.

MATSON, P. A.; MCDOWELL, W. H.; TOWNSEND, A. R.; VITOUSEK, P. M. The globalization of N deposition: ecosystem consequences in tropical environments. **Biogeochemistry**, v. 46, n. 1 - 3, p. 67-83, 1999.

MATSON, P.; LOHSE, K. A.; HALL, S. J. The Globalization of Nitrogen Deposition: Consequences for Terrestrial Ecosystems. **Ambio** v. 31, n. 2, p. 113-119, 2002.

MCCARTHY, M.; PRATUM, T.; HEDGES, J.; BENNER, R. Chemical composition of dissolved organic nitrogen in the ocean. **Nature**, v. 390, n. 6656, p. 150-154, 1997.

MCGREGOR, K. G.; ANASTASIO, C. Chemistry of fog waters in California's Central Valley: 2. Photochemical transformations of amino acids and alkyl amines. **Atmospheric Environment**, v. 35, n. 6, p. 1091-1104, 2001.

MIGLIAVACCA, D.; TEIXEIRA, E.; WIEGAND, F.; SANCHEZ, J.; FACHEL, J.; RIBEIRO, M. Evaluation of the Atmospheric Deposition in an Urban Region in South Brazil. **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 167, n. 1, p. 91-110, 2005.

MILNE, P. J.; ZIKA, R. G. Amino-Acid Nitrogen in Atmospheric Aerosols - Occurrence, Sources and Photochemical Modification. **Journal of Atmospheric Chemistry**, v. 16, n. 4, p. 361-398, 1993.

MIRLEAN, N.; VANZ, A.; BAISCH, P. Níveis e origem da acidificação das chuvas na Região do rio Grande, RS. **Química Nova**, v. 23, n. 5, p. 590, 2000.

MOPPER, K.; ZIKA, R. G. Free amino acids in marine rains: evidence for oxidation and potential role in nitrogen cycling. **Nature**, v. 325, n. 6101, p. 246-249, 1987.

MORRISON, R. T.; BOYD, R. N. **Química Orgânica**. 9ª ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1990. p. 1639.

MOZETO, A. A. Química Atmosférica: A química sobre nossas cabeças. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**, Edição especial, 2001.

NADIM, F.; TRAHOTIS, M. M.; STAPCINSKAITE, S.; PERKINS, C.; CARLEY, R. J.; HOAG, G. E.; YANG, X. Estimation of wet, dry and bulk deposition of atmospheric nitrogen in Connecticut. **Journal of Environmental Monitoring**, v. 3, p. 671 - 680, 2001.

NEFF, J. C.; HOLLAND, E. A.; DENTENER, F. J.; MCDOWELL, W. H.; RUSSELL, K. M. The origin, composition and rates of organic nitrogen deposition: A missing piece of the nitrogen cycle? **Biogeochemistry**, v. 57-58, n. 1, p. 99-136, 2002.

OLIVEIRA, J. L. F. D. **Análise espacial e modelagem atmosférica: Contribuições ao gerenciamento da qualidade do ar da Bacia Aérea III da Região Metropolitana do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, RJ, 2004. 152 f. Tese (doutorado em Ciências em Engenharia Civil). Rio de Janeiro, RJ, Engenharia Civil, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2004.

PACHECO, M.; DONOSO, L.; SANHUEZA, E. Soluble organic nitrogen in Venezuelan rains. **Tellus B**, v. 56, n. 4, p. 393-395, 2004.

PEIERLS, B. L.; PAERL, H. W. Bioavailability of atmospheric organic nitrogen deposition to coastal phytoplankton. **Limnology and Oceanography**, v. 42, n. 8, p. 1819-1823, 1997.

PELICO, A. F.; MARTINS, L. D.; NOMI, S. N.; SOLCI, M. C. Integrated and sequential bulk and wet-only samplings of atmospheric precipitation in Londrina, South Brazil (1998-2002). **Atmospheric Environment**, v. 40, n. 35, p. 6827-6835, 2006.

PINHO, U. F. D. **Caracterização dos estados de mar na Bacia de Campos**. Rio de Janeiro, 2003. 123 f. Tese (doutorado em Ciências em Engenharia Oceânica), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

PRYOR, S. C.; BARTHELMIE, R. J. Particle Dry Deposition to Water Surfaces: Processes and Consequences. **Marine Pollution Bulletin**, v. 41, n. 1-6, p. 220-231, 2000.

QUINN, G. P.; KEOUGH, M. J. **Experimental Design and Data Analysis for Biologists**. Cambridge: The Press syndicate of the University of Cambridge, 2002. p. 537.

REZENDE, C. E.; MAZUREC, A. P. **Diagnóstico Ambiental da Área de Proteção Ambiental Lagoa de Cima**. 1. ed. Campos dos Goytacazes, RJ: Editora da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 2006. v. 1. p.148.

RIBEIRO, H. Queimadas de cana-de-açúcar no Brasil: efeitos à saúde respiratória. **Revista de Saúde Pública**, v. 42, p. 370-376, 2008.

RODRIGUES, R. D. A. R.; MELLO, W. Z. D.; SOUZA, P. A. D. Aporte atmosférico de amônio, nitrato e sulfato em área de floresta ombrófila densa montana na Serra dos Órgãos, RJ. **Química Nova**, v. 30, n. 8, p. 1842-1848, 2007.

RUSSELL, K. M.; GALLOWAY, J. N.; MACKO, S. A.; L.MOODY, J.; SCUDLARK, J. R. Sources of nitrogen in wet deposition to the Chesapeake Bay region. **Atmospheric Environment**, v. 32, n. 14/15, p. 2453-2465, 1998.

RUSSELL, K. M.; KEENE, W. C.; MABEN, J. R.; GALLOWAY, J. N.; MOODY, J. L. Phase partitioning and dry deposition of atmospheric nitrogen at the mid-Atlantic U.S. coast. **Journal of Geophysic Research**, v. 108, n. D21, p. 4656, 2003.

SANTOS, E. S.; CARREIRA, R. D.; KNOPPERS, B. A. Sedimentary sterols as indicators of environmental conditions in Southeastern Guanabara Bay, Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 56, n. 2, p. 97-113, 2008.

SHELLER, E. Amino acids in dew - origin and seasonal variation. **Atmospheric Environment**, v. 35, n. 12, p. 2179-2192, 2001.

SCHULTEN, H. R.; SCHNITZER, M. The chemistry of soil organic nitrogen: a review. **Biology and Fertility of Soils**, v. 26, n. 1, p. 1-15, 1997.

SCUDLARK, J. R.; RUSSELL, K. M.; GALLOWAY, J. N.; CHURCH, T. M.; KEENE, W. C. Organic nitrogen in precipitation at the mid-Atlantic U.S. Coast-methods evaluation and preliminary measurements. **Atmospheric Environment**, v. 32, n. 10, p. 1719-1728, 1998.

SEINFELD, J. H.; PANDIS, S. N. **Atmospheric chemistry and physics: from air pollution to climate change** Toronto: John Wiley & Sons Inc, 1997. p. 1326

SEITZINGER, S. P. Atmospheric inputs of dissolved organic nitrogen stimulate estuarine bacteria and phytoplankton. **Limnology and Oceanography** v. 44, n. 3, p. 721-730, 1999.

SODERLUND, R.; SVENSSON, B. H. **The Global Nitrogen Cycle: Nitrogen, Phosphorus and Sulphur - Global Cycle**: New York: John Wiley & Sons (SCOPE 7), 1976.

SOH, K. G. **Global Supply and Demand for Urea**. The International Fertilizer Industry Association (IFA), 2001, 20 p.

SOLÓRZANO, L.; SHARP, J. H. Determination of total dissolved nitrogen in natural waters. **Limnology and Oceanography**, v. 25, n. 4, p. 751-51, 1980.

SOUZA, P. A. D.; DE MELLO, W. Z.; MALDONADO, J.; EVANGELISTA, H. Composição química da chuva e aporte atmosférico na Ilha Grande, RJ. **Química Nova**, v. 29, p. 471-476, 2006.

SOUZA, Z. M. D.; PRADO, R. D. M.; PAIXÃO, A. C. S.; CESARIN, L. G. Sistemas de colheita e manejo da palhada de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, p. 271-278, 2005.

SPOKES, L. J.; YESTMAN, S. G.; CORNELL, S. E.; JICKELLS, T. D. Nitrogen deposition to the eastern Atlantic Ocean. The importance of southeasterly flow. **Tellus B**, v. 52, n. 1, p. 37-49, 2000.

THORÉN, A.-K. Urea transformation of wetland microbial communities. **Microbial Ecology**, v. 53, p. 221-232, 2007.

TIMPERLEY, M. H.; VIGOR-BROWN, R. J.; KAWASHIMA, M.; ISHIGAMI, M. Organic nitrogen - compounds in atmospheric precipitation - their chemistry and availability to phytoplankton. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences** v. 42, n. 6, p. 1171-1177, 1985.

TREBS, I.; LARA, L. L.; ZERI, L. M. M.; GATTI, L. V.; ARTAXO, P.; DLUGI, R.; SLANINA, J.; ANDREAE, M. O.; MEIXNER, F. X. Dry and wet deposition of inorganic nitrogen compounds to a tropical pasture site (Rondonia, Brazil). **Atmospheric Chemistry and Physics**, v. 6, p. 447-469, 2006.

UNEP. United Nations Environment Programme. Manual for Wet and Dry Deposition. **Technical Manual**, Bangkok, Thailand, 1998. Disponível em: <<http://www.rrcap.unep.org/male/manual/wetDry/03-chapter3.pdf> >. Acesso em 28 de maio de 2007.

USGS. U.S. Geological Survey. The Water Cycle. 2007. Disponível em: <<http://ga.water.usgs.gov/edu/watercycleportuguese.html> >. Acesso em 15 de junho de 2008.

VALDERRAMA, J. C. The simultaneous analysis of total nitrogen and total phosphorus in natural waters. **Marine Chemistry**, v. 10, n. 2, p. 109-122, 1981.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**: Instituto Nacional de Meteorologia-Ministério da Agricultura. Versão digital 2 2006.

VITOUSEK, P. M.; ABER, J. D.; HOWARTH, R. W.; LIKENS, G. E.; MATSON, P. A.; SCHINDLER, D. W.; SCHLESINGER, W. H.; TILMAN, D. G. Human alteration of the global nitrogen cycle: Sources and consequences. **Ecological Applications**, v. 7, n. 3, p. 737-750, 1997.

VONG, R. J.; HOLTON, J. R. Deposition. In: (Ed.). **Encyclopedia of Atmospheric Sciences**. Oxford: Academic Press, 2002. p.630-633.

WALKER, J. T.; ANEJA, V. P.; DICKEY, D. A. Atmospheric transport and wet deposition of ammonium in North Carolina. **Atmospheric Environment**, v. 34, n. 20, p. 3407-3418, 2000.

WEATHERS, K. C.; LOVETT, G. M.; LIKENS, G. E.; CARACO, N. F. M. Cloudwater Inputs of Nitrogen to Forest Ecosystems in Southern Chile: Forms, Fluxes, and Sources. **Ecosystems**, v. 3, n. 6, p. 590-595, 2000.

WEDYAN, M. D. A. Characteristics of Amino Acids in the Atmospheric and Marine Environment. **World Applied Sciences Journal**, v. 3, n. 3, p. 454-469, 2008.

ZHANG, Q.; ANASTACIO, C. Conversion of Fogwater and Aerosol Organic Nitrogen to Ammonium, Nitrate, and NO_x during Exposure to Simulated Sunlight and Ozone. **Environmental Science & Technology** v. 37, p. 3522-3530, 2003.

ZHANG, Q.; ANASTASIO, C. Chemistry of fog waters in California's Central Valley - Part 3: concentrations and speciation of organic and inorganic nitrogen. **Atmospheric Environment**, v. 35, n. 32, p. 5629-5643, 2001.

ZHANG, Q.; ANASTASIO, C. Free and combined amino compounds in atmospheric fine particles (PM_{2.5}) and fog waters from Northern California. **Atmospheric Environment**, v. 37, n. 16, p. 2247-2258, 2003.

ZHANG, Y.; ZHENG, L.; LIU, X.; JICKELLS, T.; NEIL CAPE, J.; GOULDING, K.; FANGMEIER, A.; ZHANG, F. Evidence for organic N deposition and its anthropogenic sources in China. **Atmospheric Environment**, v. 42, n. 5, p. 1035-1041, 2008.

ZUNCKEL, M.; SAIZAR, C.; ZARAUZ, J. Rainwater composition in northeast Uruguay. **Atmospheric Environment**, v. 37, n. 12, p. 1601-1611, 2003.

12 ANEXOS

Anexo 1: Dados meteorológicas da Estação Aeroporto do Galeão, Rio de Janeiro para o período seco (abril de 2005 a setembro de 2006).

| <i>Data/Hora</i> | <i>Hora</i> | <i>Direção do Vento</i> | <i>Azimute</i> | <i>Veloc. do Vento (m/s)</i> |
|------------------|-------------|-------------------------|----------------|------------------------------|
| 22/4/2005 00:00 | 00:00:00 | S-SSW | 190 | 2,0 |
| 22/4/2005 12:00 | 12:00:00 | NW-NNW | 330 | 2,0 |
| 22/4/2005 15:00 | 15:00:00 | W-WNW | 290 | 4,0 |
| 22/4/2005 18:00 | 18:00:00 | NE-ENE | 50 | 2,0 |
| 22/4/2005 21:00 | 21:00:00 | SW-WSW | 240 | 2,0 |
| 26/4/2005 00:00 | 00:00:00 | WSW-W | 260 | 7,0 |
| 26/4/2005 06:00 | 06:00:00 | WSW-W | 250 | 6,0 |
| 26/4/2005 09:00 | 09:00:00 | WSW-W | 260 | 6,0 |
| 26/4/2005 12:00 | 12:00:00 | W | 270 | 4,0 |
| 26/4/2005 15:00 | 15:00:00 | W | 270 | 4,0 |
| 26/4/2005 18:00 | 18:00:00 | WSW-W | 260 | 5,0 |
| 2/5/2005 00:00 | 00:00:00 | WNW-NW | 310 | 4,0 |
| 2/5/2005 03:00 | 03:00:00 | NNE-NE | 40 | 3,0 |
| 2/5/2005 06:00 | 06:00:00 | WNW-NW | 300 | 2,0 |
| 2/5/2005 09:00 | 09:00:00 | NNW-N | 350 | 4,0 |
| 2/5/2005 18:00 | 18:00:00 | N-NNE | 20 | 2,0 |
| 2/5/2005 21:00 | 21:00:00 | WSW-W | 260 | 4,0 |
| 21/6/2005 00:00 | 00:00:00 | NNW-N | 340 | 4,0 |
| 21/6/2005 03:00 | 03:00:00 | NNW-N | 350 | 3,0 |
| 21/6/2005 06:00 | 06:00:00 | NNW-N | 350 | 2,0 |
| 21/6/2005 15:00 | 15:00:00 | SSW-SW | 220 | 2,0 |
| 7/7/2005 00:00 | 00:00:00 | NE-ENE | 60 | 3,0 |
| 7/7/2005 06:00 | 06:00:00 | W-WNW | 280 | 4,0 |
| 7/7/2005 09:00 | 09:00:00 | SW-WSW | 240 | 10,0 |
| 7/7/2005 12:00 | 12:00:00 | W-WNW | 280 | 6,0 |
| 7/7/2005 15:00 | 15:00:00 | W-WNW | 290 | 4,0 |
| 7/7/2005 18:00 | 18:00:00 | NW-NNW | 330 | 5,0 |
| 7/7/2005 21:00 | 21:00:00 | WNW-NW | 300 | 4,0 |
| 9/7/2005 00:00 | 00:00:00 | SSE-S | 160 | 3,0 |
| 9/7/2005 03:00 | 03:00:00 | NW-NNW | 330 | 3,0 |
| 9/7/2005 06:00 | 06:00:00 | NNW-N | 340 | 3,0 |
| 9/7/2005 09:00 | 09:00:00 | N-NNE | 10 | 2,0 |
| 9/7/2005 12:00 | 12:00:00 | NNE-NE | 30 | 2,0 |
| 9/7/2005 15:00 | 15:00:00 | ENE-E | 70 | 4,0 |
| 9/7/2005 18:00 | 18:00:00 | SE-SSE | 140 | 4,0 |
| 9/7/2005 21:00 | 21:00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 15/9/2005 00:00 | 00:00:00 | ESE-SE | 120 | 5,0 |
| 15/9/2005 03:00 | 03:00:00 | ESE-SE | 130 | 6,0 |
| 15/9/2005 06:00 | 06:00:00 | SSE-S | 170 | 2,0 |
| 15/9/2005 09:00 | 09:00:00 | N | 360 | 2,0 |
| 15/9/2005 12:00 | 12:00:00 | ENE-E | 80 | 3,0 |
| 15/9/2005 15:00 | 15:00:00 | N-NNE | 20 | 4,0 |
| 15/9/2005 18:00 | 18:00:00 | SE-SSE | 140 | 6,0 |
| 15/9/2005 21:00 | 21:00:00 | NE-ENE | 60 | 3,0 |

Anexo 2: Dados meteorológicas da Estação Aeroporto do Galeão, Rio de Janeiro para o período chuvoso (novembro de 2005 a fevereiro de 2006).

| <i>Data/Hora</i> | <i>Hora</i> | <i>Direção do Vento</i> | <i>Azimute</i> | <i>Veloc. do Vento (m/s)</i> |
|------------------|-------------|-------------------------|----------------|------------------------------|
| 11/11/2005 00:00 | 00:00:00 | E-ESE | 110 | 2,0 |
| 11/11/2005 03:00 | 03:00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 11/11/2005 06:00 | 06:00:00 | NW-NNW | 330 | 3,0 |
| 11/11/2005 09:00 | 09:00:00 | NNE-NE | 40 | 2,0 |
| 11/11/2005 12:00 | 12:00:00 | NNE-NE | 40 | 5,0 |
| 11/11/2005 15:00 | 15:00:00 | E-ESE | 100 | 9,0 |
| 11/11/2005 18:00 | 18:00:00 | ESE-SE | 130 | 9,0 |
| 20/11/2005 00:00 | 00:00:00 | SSW-SW | 210 | 3,0 |
| 20/11/2005 03:00 | 03:00:00 | SSW-SW | 210 | 3,0 |
| 20/11/2005 12:00 | 12:00:00 | W | 270 | 6,0 |
| 20/11/2005 18:00 | 18:00:00 | SW-WSW | 240 | 7,0 |
| 20/11/2005 21:00 | 21:00:00 | WSW-W | 260 | 4,0 |
| 28/11/2005 00:00 | 00:00:00 | SE-SSE | 150 | 5,0 |
| 28/11/2005 03:00 | 03:00:00 | SE-SSE | 140 | 2,0 |
| 28/11/2005 06:00 | 06:00:00 | NE-ENE | 60 | 2,0 |
| 28/11/2005 09:00 | 09:00:00 | NE-ENE | 60 | 2,0 |
| 28/11/2005 12:00 | 12:00:00 | NE-ENE | 50 | 5,0 |
| 28/11/2005 15:00 | 15:00:00 | S-SSW | 190 | 6,0 |
| 28/11/2005 18:00 | 18:00:00 | SSE-S | 160 | 9,0 |
| 28/11/2005 21:00 | 21:00:00 | SSE-S | 160 | 6,0 |
| 3/12/2005 00:00 | 00:00:00 | S | 180 | 7,0 |
| 3/12/2005 03:00 | 03:00:00 | S-SSW | 200 | 5,0 |
| 3/12/2005 06:00 | 06:00:00 | SE-SSE | 140 | 3,0 |
| 3/12/2005 09:00 | 09:00:00 | WNW-NW | 310 | 2,0 |
| 3/12/2005 12:00 | 12:00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 3/12/2005 15:00 | 15:00:00 | SE-SSE | 150 | 8,0 |
| 3/12/2005 18:00 | 18:00:00 | SE-SSE | 140 | 7,0 |
| 3/12/2005 21:00 | 21:00:00 | SE-SSE | 150 | 7,0 |
| 11/12/2005 00:00 | 00:00:00 | WNW-NW | 310 | 3,0 |
| 11/12/2005 03:00 | 03:00:00 | NW-NNW | 320 | 4,0 |
| 11/12/2005 06:00 | 06:00:00 | W | 270 | 2,0 |
| 11/12/2005 09:00 | 09:00:00 | N | 360 | 4,0 |
| 11/12/2005 12:00 | 12:00:00 | ESE-SE | 120 | 3,0 |
| 11/12/2005 15:00 | 15:00:00 | SSE-S | 160 | 3,0 |
| 11/12/2005 18:00 | 18:00:00 | SE-SSE | 150 | 4,0 |
| 11/12/2005 21:00 | 21:00:00 | S | 180 | 3,0 |
| 13/12/2005 00:00 | 00:00:00 | ENE-E | 80 | 2,0 |
| 13/12/2005 03:00 | 03:00:00 | WNW-NW | 300 | 2,0 |
| 13/12/2005 06:00 | 06:00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 13/12/2005 09:00 | 09:00:00 | NNW-N | 350 | 2,0 |
| 13/12/2005 12:00 | 12:00:00 | ENE-E | 70 | 3,0 |
| 13/12/2005 15:00 | 15:00:00 | SE-SSE | 140 | 3,0 |
| 13/12/2005 18:00 | 18:00:00 | SE-SSE | 150 | 7,0 |
| 13/12/2005 21:00 | 21:00:00 | SE-SSE | 150 | 5,0 |
| 4/1/2006 00:00 | 00:00:00 | S | 180 | 2,0 |
| 4/1/2006 03:00 | 03:00:00 | NE-ENE | 60 | 3,0 |
| 4/1/2006 09:00 | 09:00:00 | SSE-S | 170 | 2,0 |
| 4/1/2006 12:00 | 12:00:00 | W | 270 | 2,0 |
| 4/1/2006 15:00 | 15:00:00 | W-WNW | 280 | 3,0 |

| | | | | |
|-----------------|----------|--------|-----|-----|
| 4/1/2006 18:00 | 18:00:00 | WSW-W | 260 | 5,0 |
| 4/1/2006 21:00 | 21:00:00 | E-ESE | 100 | 6,0 |
| 26/1/2006 00:00 | 00:00:00 | WSW-W | 260 | 9,0 |
| 26/1/2006 03:00 | 03:00:00 | NNW-N | 340 | 2,0 |
| 26/1/2006 09:00 | 09:00:00 | E | 90 | 2,0 |
| 26/1/2006 12:00 | 12:00:00 | NW-NNW | 330 | 3,0 |
| 26/1/2006 15:00 | 15:00:00 | ESE-SE | 120 | 6,0 |
| 26/1/2006 18:00 | 18:00:00 | SSW-SW | 210 | 8,0 |
| 26/1/2006 21:00 | 21:00:00 | SSW-SW | 220 | 3,0 |
| 28/1/2006 00:00 | 00:00:00 | N-NNE | 20 | 4,0 |
| 28/1/2006 06:00 | 06:00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 28/1/2006 09:00 | 09:00:00 | W-WNW | 290 | 3,0 |
| 28/1/2006 12:00 | 12:00:00 | NW-NNW | 330 | 3,0 |
| 28/1/2006 15:00 | 15:00:00 | E-ESE | 100 | 6,0 |
| 28/1/2006 18:00 | 18:00:00 | ESE-SE | 130 | 6,0 |
| 28/1/2006 21:00 | 21:00:00 | E-ESE | 110 | 4,0 |
| 11/2/2006 00:00 | 00:00:00 | ESE-SE | 120 | 3,0 |
| 11/2/2006 03:00 | 03:00:00 | WNW-NW | 310 | 2,0 |
| 11/2/2006 06:00 | 06:00:00 | W-WNW | 290 | 3,0 |
| 11/2/2006 09:00 | 09:00:00 | NNW-N | 350 | 4,0 |
| 11/2/2006 12:00 | 12:00:00 | WNW-NW | 310 | 4,0 |
| 11/2/2006 15:00 | 15:00:00 | SSE-S | 170 | 3,0 |
| 11/2/2006 18:00 | 18:00:00 | SE-SSE | 150 | 3,0 |
| 11/2/2006 21:00 | 21:00:00 | S | 180 | 5,0 |

Anexo 3: Concentrações das espécies analisadas nas águas de chuva no Campus do Valonguinho, Niterói, RJ.

| <i>Amostra</i> | <i>data</i> | <i>período</i> | <i>Volume de chuva coletado</i> | <i>mm</i> | <i>condutividade</i> | <i>pH</i> | <i>H⁺</i> | <i>NH₄⁺</i> | <i>NO₃⁻</i> | <i>NOD</i> | <i>Uréia</i> |
|----------------|-------------|----------------|---------------------------------|-----------|----------------------|-----------|----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------|--------------|
| V050422 | 22/abr/05 | seco | 300 | 35,0 | n.d | 4,8 | 15,8 | 14,8 | 14,2 | 15,2 | n.d |
| V050426 | 26/abr/05 | seco | 225 | 26,0 | 17,0 | 5,1 | 7,9 | 14,5 | 10,0 | 16,0 | n.d |
| V050502 | 2/mai/05 | seco | 76 | 9,0 | 104,0 | 4,1 | 79,4 | 11,7 | 15,1 | n.d | n.d |
| V050621 | 21/jun/05 | seco | 250 | 29,0 | 25,0 | 5,3 | 5,0 | 33,6 | 17,6 | 4,4 | 3,0 |
| V050707 | 07/jul/05 | seco | 260 | 30,0 | 14,0 | 5,4 | 4,0 | 28,5 | 5,4 | 35,5 | 4,1 |
| V050709 | 09/jul/05 | seco | 200 | 23,0 | 34,0 | 5,3 | 5,6 | 51,4 | 9,6 | 1,2 | 4,4 |
| V050915 | 15/set/05 | seco | 290 | 33,0 | 4,0 | 5,8 | 1,5 | 21,2 | 7,1 | 10,5 | 8,6 |
| V051111 | 11/nov/05 | chuvoso | 160 | 18,0 | 22,0 | 5,5 | 3,5 | 32,2 | 11,1 | 6,1 | 22,2 |
| V051120 | 20/nov/05 | chuvoso | 180 | 21,0 | 20,0 | 5,0 | 10,7 | 42,6 | 34,9 | 5,2 | 9,7 |
| V051128 | 28/nov/05 | chuvoso | 500 | 58,0 | 4,0 | 5,1 | 7,6 | 9,3 | 3,3 | 26,7 | 11,0 |
| V051203 | 03/dez/05 | chuvoso | 280 | 32,0 | 18,0 | 5,2 | 6,0 | 16,3 | 15,6 | 9,9 | 19,1 |
| V051211 | 11/dez/05 | chuvoso | 400 | 46,0 | 22,0 | 5,5 | 3,5 | 15,8 | 10,1 | 35,6 | 9,7 |
| V051213 | 13/dez/05 | chuvoso | 200 | 23,0 | 18,0 | 5,5 | 3,3 | 10,8 | 8,1 | 40,1 | 18,5 |
| V060104 | 04/jan/06 | chuvoso | 500 | 58,0 | 8,8 | 5,6 | 2,3 | 13,9 | 7,4 | 18,5 | 12,9 |
| V060126 | 26/jan/06 | chuvoso | 140 | 16,0 | 9,0 | 5,1 | 8,3 | 11,4 | 4,1 | 8,7 | 10,5 |
| V060128 | 28/jan/06 | chuvoso | 500 | 58,0 | 7,0 | 5,1 | 8,5 | 6,8 | 8,7 | 19,8 | 4,1 |
| V060211 | 11/fev/06 | chuvoso | 500 | 58 | 11,0 | 5,0 | 9,5 | 15,7 | 13,3 | 0,0 | 4,2 |

pH = -log [H⁺]

mm = precipitação coletada no período de amostragem.

Anexo 4: Concentrações das espécies analisadas nas águas de chuva no Campus do Gragoatá, Niterói, RJ.

| <i>Amostra</i> | <i>data</i> | <i>período</i> | <i>Volume de chuva coletado</i> | <i>mm</i> | <i>condutividade</i> | <i>pH</i> | <i>H⁺</i> | <i>NH₄⁺</i> | <i>NO₃⁻</i> | <i>NOD</i> | <i>Uréia</i> |
|----------------|-------------|----------------|---------------------------------|-----------|----------------------|-----------|----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------|--------------|
| G050422 | 22/abr/05 | seco | 78 | 9,0 | 19,0 | 5,0 | 10,0 | 15,9 | 9,1 | 14,9 | n.d |
| G050426 | 26/abr/05 | seco | 75 | 9,0 | 23,0 | 4,8 | 15,8 | 13,3 | 8,2 | 14,4 | n.d |
| G050502 | 2/mai/05 | seco | 76 | 9,0 | 49,0 | 4,7 | 20,0 | 38,9 | 16,2 | 7,3 | n.d |
| G050621 | 21/jun/06 | seco | 260 | 30,0 | 27,2 | 5,0 | 10,0 | 39,4 | 9,3 | 16,0 | 12,8 |
| G050707 | 07/jul/05 | seco | 290 | 33,0 | 19,1 | 5,3 | 5,0 | 34,8 | 10,4 | 5,3 | 12,4 |
| G050709 | 09/jul/05 | seco | 200 | 23,0 | 27,1 | 5,2 | 7,1 | 40,3 | 7,6 | 8,4 | 7,6 |
| G050915 | 15/set/05 | seco | 295 | 34,0 | 4,0 | 5,9 | 1,3 | 16,9 | 7,0 | 7,0 | 17,2 |
| G051105 | 11/nov/05 | chuvoso | 60 | 7,0 | 37,5 | 5,6 | 2,4 | 44,5 | 5,5 | 5,2 | 29,2 |
| G051120 | 20/nov/05 | chuvoso | 160 | 18,0 | 23,4 | 5,4 | 3,8 | 57,6 | 36,7 | 5,4 | 23,2 |
| G051128 | 28/nov/05 | chuvoso | 500 | 58,0 | 7,1 | 5,4 | 3,8 | 14,7 | 4,7 | 20,9 | 29,2 |
| G051205 | 03/dez/05 | chuvoso | 250 | 29,0 | 24,6 | 6,1 | 0,8 | 15,1 | 19,9 | 0,0 | 35,2 |
| G051205 | 11/dez/05 | chuvoso | 400 | 46,0 | 17,3 | 5,6 | 2,4 | 15,1 | 10,1 | 22,0 | 24,0 |
| G051205 | 13/dez/05 | chuvoso | 200 | 23,0 | 18,4 | 5,3 | 4,9 | 26,3 | 6,2 | 10,0 | 28,4 |
| G060104 | 04/jan/06 | chuvoso | 170 | 20,0 | 9,0 | 5,5 | 3,3 | 15,4 | 9,1 | 14,2 | 22,8 |
| G060126 | 26/jan/06 | chuvoso | 40 | 5,0 | 7,0 | 5,1 | 8,5 | 5,6 | 4,4 | 11,0 | 18,0 |
| G060128 | 28/jan/06 | chuvoso | 500 | 58,0 | 57,0 | 5,9 | 1,2 | 9,4 | 11,3 | 11,7 | 10,4 |
| G060211 | 11/fev/06 | chuvoso | 500 | 58,0 | 10,0 | 5,1 | 7,2 | 14,9 | 12,6 | n.d | 8,0 |

pH = -log [H⁺]

mm = precipitação coletada no período de amostragem.

Anexo 5: Dados meteorológicas da Estação de Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro para o período amostrado.

| Data/Hora | Direção do Vento | Azimute | Velocidade do Vento (m s ⁻¹) |
|-----------------|------------------|---------|--|
| 1/1/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 1/1/2007 12:00 | E | 90 | 2,0 |
| 1/1/2007 18:00 | SE-SSE | 140 | 2,0 |
| 2/1/2007 00:00 | SE-SSE | 140 | 2,0 |
| 2/1/2007 12:00 | SE-SSE | 140 | 2,0 |
| 2/1/2007 18:00 | E | 90 | 2,0 |
| 3/1/2007 00:00 | SE-SSE | 140 | 3,0 |
| 3/1/2007 12:00 | N | 0 | 1,0 |
| 3/1/2007 18:00 | SE-SSE | 140 | 4,0 |
| 4/1/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 4/1/2007 12:00 | E | 90 | 3,0 |
| 4/1/2007 18:00 | E | 90 | 4,0 |
| 5/1/2007 00:00 | S | 180 | 3,0 |
| 5/1/2007 12:00 | E | 90 | 2,0 |
| 5/1/2007 18:00 | E | 90 | 5,0 |
| 6/1/2007 00:00 | E | 90 | 3,0 |
| 6/1/2007 12:00 | E | 90 | 3,0 |
| 6/1/2007 18:00 | E | 90 | 3,0 |
| 7/1/2007 00:00 | E | 90 | 2,0 |
| 7/1/2007 12:00 | E | 90 | 2,0 |
| 7/1/2007 18:00 | E | 90 | 2,0 |
| 8/1/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 8/1/2007 12:00 | SE-SSE | 140 | 2,0 |
| 8/1/2007 18:00 | S | 180 | 4,0 |
| 9/1/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 9/1/2007 12:00 | E | 90 | 2,0 |
| 9/1/2007 18:00 | E | 90 | 2,0 |
| 10/1/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 10/1/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 10/1/2007 18:00 | N | 0 | 1,0 |
| 11/1/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 11/1/2007 12:00 | N | 0 | 1,0 |
| 11/1/2007 18:00 | SE-SSE | 140 | 2,0 |
| 12/1/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 12/1/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 12/1/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 4,0 |
| 13/1/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 13/1/2007 12:00 | N | 0 | 1,0 |
| 13/1/2007 18:00 | SE-SSE | 140 | 3,0 |
| 14/1/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 14/1/2007 12:00 | N | 0 | 1,0 |
| 14/1/2007 18:00 | SE-SSE | 140 | 2,0 |
| 15/1/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 15/1/2007 12:00 | N | 0 | 1,0 |
| 15/1/2007 18:00 | S | 180 | 3,0 |

| | | | |
|-----------------|--------|-----|-----|
| 16/1/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 16/1/2007 12:00 | S | 180 | 2,0 |
| 16/1/2007 18:00 | S | 180 | 2,0 |
| 17/1/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 17/1/2007 12:00 | N | 0 | 1,0 |
| 17/1/2007 18:00 | N | 0 | 1,0 |
| 18/1/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 18/1/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 4,0 |
| 18/1/2007 18:00 | SE-SSE | 140 | 3,0 |
| 19/1/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 19/1/2007 12:00 | N | 360 | 3,0 |
| 19/1/2007 18:00 | S | 180 | 4,0 |
| 20/1/2007 00:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 20/1/2007 12:00 | E | 90 | 3,0 |
| 20/1/2007 18:00 | SE-SSE | 140 | 5,0 |
| 21/1/2007 00:00 | SE-SSE | 140 | 2,0 |
| 21/1/2007 12:00 | NW-NNW | 320 | 2,0 |
| 21/1/2007 18:00 | S | 180 | 5,0 |
| 22/1/2007 00:00 | SE-SSE | 140 | 3,0 |
| 22/1/2007 12:00 | SW-WSW | 230 | 2,0 |
| 22/1/2007 18:00 | S | 180 | 3,0 |
| 23/1/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 23/1/2007 12:00 | SW-WSW | 230 | 2,0 |
| 23/1/2007 18:00 | S | 180 | 3,0 |
| 24/1/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 24/1/2007 12:00 | N | 0 | 1,0 |
| 24/1/2007 18:00 | E | 90 | 3,0 |
| 25/1/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 25/1/2007 12:00 | E | 90 | 2,0 |
| 25/1/2007 18:00 | SE-SSE | 140 | 4,0 |
| 26/1/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 26/1/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 2,0 |
| 26/1/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 4,0 |
| 27/1/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 27/1/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 4,0 |
| 27/1/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 28/1/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 28/1/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 4,0 |
| 28/1/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 5,0 |
| 29/1/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 29/1/2007 12:00 | E | 90 | 3,0 |
| 29/1/2007 18:00 | E | 90 | 4,0 |
| 30/1/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 30/1/2007 12:00 | N | 360 | 3,0 |
| 30/1/2007 18:00 | S | 180 | 4,0 |
| 31/1/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 31/1/2007 12:00 | S | 180 | 2,0 |
| 31/1/2007 18:00 | SE-SSE | 140 | 3,0 |
| 1/2/2007 12:00 | N | 0 | 1,0 |

| | | | |
|-----------------|--------|-----|-----|
| 1/2/2007 18:00 | N | 0 | 1,0 |
| 2/2/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 2/2/2007 12:00 | N | 0 | 1,0 |
| 2/2/2007 18:00 | S | 180 | 3,0 |
| 3/2/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 3/2/2007 12:00 | W | 270 | 2,0 |
| 3/2/2007 18:00 | S | 180 | 5,0 |
| 4/2/2007 00:00 | S | 180 | 2,0 |
| 4/2/2007 12:00 | SW-WSW | 230 | 3,0 |
| 4/2/2007 18:00 | SE-SSE | 140 | 2,0 |
| 5/2/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 5/2/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 5/2/2007 18:00 | SW-WSW | 230 | 5,0 |
| 6/2/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 6/2/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 4,0 |
| 6/2/2007 18:00 | E | 90 | 3,0 |
| 7/2/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 7/2/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 2,0 |
| 7/2/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 5,0 |
| 8/2/2007 00:00 | NE-ENE | 50 | 4,0 |
| 8/2/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 8/2/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 5,0 |
| 9/2/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 9/2/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 9/2/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 4,0 |
| 10/2/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 10/2/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 4,0 |
| 10/2/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 4,0 |
| 11/2/2007 00:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 11/2/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 4,0 |
| 11/2/2007 18:00 | N | 0 | 1,0 |
| 12/2/2007 00:00 | S | 180 | 3,0 |
| 12/2/2007 12:00 | W | 270 | 2,0 |
| 12/2/2007 18:00 | S | 180 | 3,0 |
| 13/2/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 13/2/2007 12:00 | W | 270 | 2,0 |
| 13/2/2007 18:00 | S | 180 | 4,0 |
| 14/2/2007 00:00 | SE-SSE | 140 | 3,0 |
| 14/2/2007 12:00 | N | 0 | 1,0 |
| 14/2/2007 18:00 | N | 360 | 4,0 |
| 15/2/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 15/2/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 2,0 |
| 15/2/2007 18:00 | SE-SSE | 140 | 3,0 |
| 16/2/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 16/2/2007 12:00 | SW-WSW | 230 | 2,0 |
| 16/2/2007 18:00 | SE-SSE | 140 | 2,0 |
| 17/2/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 17/2/2007 12:00 | W | 270 | 2,0 |
| 17/2/2007 18:00 | N | 0 | 1,0 |

| | | | |
|-----------------|--------|-----|-----|
| 18/2/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 18/2/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 4,0 |
| 18/2/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 4,0 |
| 19/2/2007 00:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 19/2/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 4,0 |
| 19/2/2007 18:00 | E | 90 | 4,0 |
| 20/2/2007 00:00 | E | 90 | 3,0 |
| 20/2/2007 12:00 | E | 90 | 4,0 |
| 20/2/2007 18:00 | N | 360 | 4,0 |
| 21/2/2007 00:00 | E | 90 | 3,0 |
| 21/2/2007 12:00 | E | 90 | 4,0 |
| 21/2/2007 18:00 | E | 90 | 4,0 |
| 22/2/2007 00:00 | E | 90 | 3,0 |
| 22/2/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 22/2/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 4,0 |
| 23/2/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 23/2/2007 12:00 | SE-SSE | 140 | 2,0 |
| 23/2/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 4,0 |
| 24/2/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 24/2/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 24/2/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 25/2/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 25/2/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 4,0 |
| 25/2/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 4,0 |
| 26/2/2007 00:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 26/2/2007 12:00 | E | 90 | 3,0 |
| 26/2/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 5,0 |
| 27/2/2007 00:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 27/2/2007 12:00 | E | 90 | 4,0 |
| 27/2/2007 18:00 | E | 90 | 5,0 |
| 28/2/2007 00:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 28/2/2007 12:00 | E | 90 | 3,0 |
| 28/2/2007 18:00 | SE-SSE | 140 | 6,0 |
| 1/3/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 1/3/2007 12:00 | E | 90 | 3,0 |
| 1/3/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 4,0 |
| 2/3/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 2/3/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 2,0 |
| 2/3/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 3/3/2007 00:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 3/3/2007 12:00 | SE-SSE | 140 | 3,0 |
| 3/3/2007 18:00 | E | 90 | 4,0 |
| 4/3/2007 00:00 | E | 90 | 2,0 |
| 4/3/2007 12:00 | N | 0 | 1,0 |
| 4/3/2007 18:00 | E | 90 | 3,0 |
| 5/3/2007 00:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 5/3/2007 12:00 | N | 0 | 1,0 |
| 5/3/2007 18:00 | E | 90 | 3,0 |
| 6/3/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |

| | | | |
|-----------------|--------|-----|------|
| 6/3/2007 12:00 | E | 90 | 4,0 |
| 6/3/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 5,0 |
| 7/3/2007 00:00 | NE-ENE | 50 | 2,0 |
| 7/3/2007 12:00 | E | 90 | 3,0 |
| 7/3/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 5,0 |
| 8/3/2007 00:00 | NE-ENE | 50 | 2,0 |
| 8/3/2007 12:00 | E | 90 | 4,0 |
| 8/3/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 6,0 |
| 9/3/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 9/3/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 4,0 |
| 9/3/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 6,0 |
| 10/3/2007 00:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 10/3/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 10/3/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 6,0 |
| 11/3/2007 00:00 | NE-ENE | 50 | 4,0 |
| 11/3/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 4,0 |
| 11/3/2007 18:00 | E | 90 | 6,0 |
| 12/3/2007 00:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 12/3/2007 12:00 | E | 90 | 3,0 |
| 12/3/2007 18:00 | E | 90 | 6,0 |
| 13/3/2007 00:00 | NE-ENE | 50 | 4,0 |
| 13/3/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 13/3/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 5,0 |
| 14/3/2007 00:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 14/3/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 4,0 |
| 14/3/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 4,0 |
| 15/3/2007 00:00 | NE-ENE | 50 | 2,0 |
| 15/3/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 15/3/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 5,0 |
| 16/3/2007 00:00 | NE-ENE | 50 | 2,0 |
| 16/3/2007 12:00 | N | 360 | 5,0 |
| 16/3/2007 18:00 | N | 360 | 3,0 |
| 17/3/2007 00:00 | N-NNE | 20 | 36,0 |
| 17/3/2007 12:00 | S | 180 | 2,0 |
| 17/3/2007 18:00 | S | 180 | 3,0 |
| 18/3/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 18/3/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 18/3/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 19/3/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 19/3/2007 12:00 | N | 360 | 4,0 |
| 19/3/2007 18:00 | N | 360 | 3,0 |
| 20/3/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 20/3/2007 12:00 | N | 360 | 2,0 |
| 20/3/2007 18:00 | N | 360 | 3,0 |
| 21/3/2007 00:00 | S | 180 | 2,0 |
| 21/3/2007 12:00 | E | 90 | 3,0 |
| 21/3/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 22/3/2007 00:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 22/3/2007 12:00 | SW-WSW | 230 | 2,0 |

| | | | |
|-----------------|--------|-----|-----|
| 22/3/2007 18:00 | E | 90 | 3,0 |
| 23/3/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 23/3/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 2,0 |
| 23/3/2007 18:00 | N | 360 | 2,0 |
| 24/3/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 24/3/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 24/3/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 25/3/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 25/3/2007 12:00 | S | 180 | 2,0 |
| 25/3/2007 18:00 | S | 180 | 3,0 |
| 26/3/2007 00:00 | S | 180 | 3,0 |
| 26/3/2007 12:00 | N | 360 | 2,0 |
| 26/3/2007 18:00 | SW-WSW | 230 | 4,0 |
| 27/3/2007 00:00 | SW-WSW | 230 | 2,0 |
| 27/3/2007 12:00 | N | 0 | 1,0 |
| 27/3/2007 18:00 | E | 90 | 3,0 |
| 28/3/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 28/3/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 2,0 |
| 28/3/2007 18:00 | SE-SSE | 140 | 4,0 |
| 29/3/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 29/3/2007 12:00 | N | 0 | 1,0 |
| 29/3/2007 18:00 | SE-SSE | 140 | 2,0 |
| 30/3/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 30/3/2007 12:00 | N | 0 | 1,0 |
| 30/3/2007 18:00 | N | 0 | 0,0 |
| 31/3/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 31/3/2007 12:00 | N | 0 | 1,0 |
| 31/3/2007 18:00 | N | 0 | 1,0 |
| 1/4/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 1/4/2007 12:00 | N | 0 | 1,0 |
| 1/4/2007 18:00 | S | 180 | 2,0 |
| 2/4/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 2/4/2007 12:00 | N | 0 | 1,0 |
| 2/4/2007 18:00 | N | 0 | 1,0 |
| 3/4/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 3/4/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 3/4/2007 18:00 | SE-SSE | 140 | 3,0 |
| 4/4/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 4/4/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 4/4/2007 18:00 | N | 0 | 1,0 |
| 5/4/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 5/4/2007 12:00 | W | 270 | 2,0 |
| 5/4/2007 18:00 | S | 180 | 5,0 |
| 6/4/2007 00:00 | S | 180 | 2,0 |
| 6/4/2007 12:00 | SW-WSW | 230 | 3,0 |
| 6/4/2007 18:00 | S | 180 | 3,0 |
| 7/4/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 7/4/2007 12:00 | S | 180 | 3,0 |
| 7/4/2007 18:00 | E | 90 | 3,0 |

| | | | |
|-----------------|--------|-----|-----|
| 8/4/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 8/4/2007 12:00 | E | 90 | 3,0 |
| 8/4/2007 18:00 | E | 90 | 4,0 |
| 9/4/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 9/4/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 9/4/2007 18:00 | N | 360 | 3,0 |
| 10/4/2007 00:00 | SE-SSE | 140 | 4,0 |
| 10/4/2007 12:00 | SW-WSW | 230 | 2,0 |
| 10/4/2007 18:00 | S | 180 | 4,0 |
| 11/4/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 11/4/2007 12:00 | S | 180 | 3,0 |
| 11/4/2007 18:00 | S | 180 | 4,0 |
| 12/4/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 12/4/2007 12:00 | N | 360 | 3,0 |
| 12/4/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 13/4/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 13/4/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 13/4/2007 18:00 | SE-SSE | 140 | 4,0 |
| 14/4/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 14/4/2007 12:00 | N | 0 | 1,0 |
| 14/4/2007 18:00 | S | 180 | 3,0 |
| 15/4/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 15/4/2007 12:00 | N | 0 | 1,0 |
| 15/4/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 16/4/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 16/4/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 2,0 |
| 16/4/2007 18:00 | SE-SSE | 140 | 2,0 |
| 17/4/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 17/4/2007 12:00 | N | 0 | 1,0 |
| 17/4/2007 18:00 | SE-SSE | 140 | 3,0 |
| 18/4/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 18/4/2007 12:00 | N | 0 | 1,0 |
| 18/4/2007 18:00 | S | 180 | 3,0 |
| 19/4/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 19/4/2007 12:00 | SW-WSW | 230 | 2,0 |
| 19/4/2007 18:00 | S | 180 | 2,0 |
| 20/4/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 20/4/2007 12:00 | SW-WSW | 230 | 2,0 |
| 20/4/2007 18:00 | S | 180 | 3,0 |
| 21/4/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 21/4/2007 12:00 | N | 0 | 1,0 |
| 21/4/2007 18:00 | N | 0 | 1,0 |
| 22/4/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 22/4/2007 12:00 | SE-SSE | 140 | 3,0 |
| 22/4/2007 18:00 | S | 180 | 4,0 |
| 23/4/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 23/4/2007 12:00 | N | 0 | 1,0 |
| 23/4/2007 18:00 | E | 90 | 3,0 |
| 24/4/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |

| | | | |
|-----------------|--------|-----|-----|
| 24/4/2007 12:00 | E | 90 | 3,0 |
| 24/4/2007 18:00 | E | 90 | 3,0 |
| 25/4/2007 00:00 | E | 90 | 2,0 |
| 25/4/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 25/4/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 26/4/2007 00:00 | NE-ENE | 50 | 2,0 |
| 26/4/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 26/4/2007 18:00 | N | 360 | 2,0 |
| 27/4/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 27/4/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 2,0 |
| 27/4/2007 18:00 | S | 180 | 4,0 |
| 28/4/2007 00:00 | S | 180 | 6,0 |
| 28/4/2007 12:00 | SW-WSW | 230 | 2,0 |
| 28/4/2007 18:00 | S | 180 | 3,0 |
| 29/4/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 29/4/2007 12:00 | SW-WSW | 230 | 2,0 |
| 29/4/2007 18:00 | W | 270 | 2,0 |
| 30/4/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 30/4/2007 12:00 | W | 270 | 2,0 |
| 30/4/2007 18:00 | SW-WSW | 230 | 2,0 |
| 1/5/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 1/5/2007 12:00 | SW-WSW | 230 | 2,0 |
| 1/5/2007 18:00 | S | 180 | 4,0 |
| 2/5/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 2/5/2007 12:00 | W | 270 | 2,0 |
| 2/5/2007 18:00 | N | 0 | 1,0 |
| 3/5/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 3/5/2007 12:00 | N | 0 | 1,0 |
| 3/5/2007 18:00 | S | 180 | 4,0 |
| 4/5/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 4/5/2007 12:00 | S | 180 | 3,0 |
| 4/5/2007 18:00 | S | 180 | 3,0 |
| 5/5/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 5/5/2007 12:00 | SW-WSW | 230 | 4,0 |
| 5/5/2007 18:00 | N | 360 | 3,0 |
| 6/5/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 6/5/2007 12:00 | N | 360 | 3,0 |
| 6/5/2007 18:00 | SE-SSE | 140 | 3,0 |
| 7/5/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 7/5/2007 12:00 | N | 360 | 3,0 |
| 7/5/2007 18:00 | NW-NNW | 320 | 3,0 |
| 8/5/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 8/5/2007 12:00 | N | 360 | 2,0 |
| 8/5/2007 18:00 | N | 360 | 3,0 |
| 9/5/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 9/5/2007 12:00 | S | 180 | 2,0 |
| 9/5/2007 18:00 | S | 180 | 4,0 |
| 10/5/2007 00:00 | S | 180 | 4,0 |
| 10/5/2007 12:00 | S | 180 | 3,0 |

| | | | |
|-----------------|--------|-----|-----|
| 10/5/2007 18:00 | S | 180 | 4,0 |
| 11/5/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 11/5/2007 12:00 | N | 0 | 1,0 |
| 11/5/2007 18:00 | N | 0 | 1,0 |
| 12/5/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 12/5/2007 12:00 | N | 360 | 2,0 |
| 12/5/2007 18:00 | N | 360 | 3,0 |
| 13/5/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 13/5/2007 12:00 | SW-WSW | 230 | 3,0 |
| 13/5/2007 18:00 | S | 180 | 2,0 |
| 14/5/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 14/5/2007 12:00 | N | 360 | 3,0 |
| 14/5/2007 18:00 | N | 360 | 3,0 |
| 15/5/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 15/5/2007 12:00 | S | 180 | 2,0 |
| 15/5/2007 18:00 | S | 180 | 3,0 |
| 16/5/2007 00:00 | S | 180 | 3,0 |
| 16/5/2007 12:00 | N | 0 | 1,0 |
| 16/5/2007 18:00 | E | 90 | 4,0 |
| 17/5/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 17/5/2007 12:00 | N | 360 | 4,0 |
| 17/5/2007 18:00 | N | 360 | 3,0 |
| 18/5/2007 00:00 | N | 360 | 2,0 |
| 18/5/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 18/5/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 19/5/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 19/5/2007 12:00 | SW-WSW | 230 | 2,0 |
| 19/5/2007 18:00 | S | 180 | 3,0 |
| 20/5/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 20/5/2007 12:00 | S | 180 | 3,0 |
| 20/5/2007 18:00 | S | 180 | 2,0 |
| 21/5/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 21/5/2007 12:00 | N | 0 | 1,0 |
| 21/5/2007 18:00 | SE-SSE | 140 | 3,0 |
| 22/5/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 22/5/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 2,0 |
| 22/5/2007 18:00 | N | 0 | 1,0 |
| 23/5/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 23/5/2007 12:00 | N | 360 | 4,0 |
| 23/5/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 24/5/2007 00:00 | S | 180 | 3,0 |
| 24/5/2007 12:00 | S | 180 | 3,0 |
| 24/5/2007 18:00 | S | 180 | 3,0 |
| 25/5/2007 00:00 | S | 180 | 4,0 |
| 25/5/2007 12:00 | N | 0 | 1,0 |
| 25/5/2007 18:00 | S | 180 | 2,0 |
| 26/5/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 26/5/2007 12:00 | SW-WSW | 230 | 2,0 |
| 26/5/2007 18:00 | N | 0 | 1,0 |

| | | | |
|-----------------|--------|-----|------|
| 27/5/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 27/5/2007 12:00 | N | 0 | 1,0 |
| 27/5/2007 18:00 | NW-NNW | 320 | 2,0 |
| 28/5/2007 00:00 | NW-NNW | 320 | 4,0 |
| 28/5/2007 12:00 | N | 0 | 1,0 |
| 28/5/2007 18:00 | S | 180 | 4,0 |
| 29/5/2007 00:00 | S | 180 | 2,0 |
| 29/5/2007 12:00 | N | 0 | 1,0 |
| 29/5/2007 18:00 | N | 0 | 1,0 |
| 30/5/2007 00:00 | S | 180 | 3,0 |
| 30/5/2007 12:00 | S | 180 | 4,0 |
| 30/5/2007 18:00 | S | 180 | 4,0 |
| 31/5/2007 00:00 | S | 180 | 4,0 |
| 31/5/2007 12:00 | N | 0 | 1,0 |
| 31/5/2007 18:00 | N | 0 | 1,0 |
| 1/6/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 1/6/2007 12:00 | N | 360 | 4,0 |
| 1/6/2007 18:00 | N | 0 | 1,0 |
| 2/6/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 2/6/2007 12:00 | NW-NNW | 320 | 4,0 |
| 2/6/2007 18:00 | S | 180 | 5,0 |
| 3/6/2007 00:00 | S | 180 | 2,0 |
| 3/6/2007 12:00 | N | 0 | 1,0 |
| 3/6/2007 18:00 | S | 180 | 4,0 |
| 4/6/2007 00:00 | S | 180 | 3,0 |
| 4/6/2007 12:00 | W | 270 | 3,0 |
| 4/6/2007 18:00 | S | 180 | 3,0 |
| 5/6/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 5/6/2007 12:00 | SW-WSW | 230 | 2,0 |
| 5/6/2007 18:00 | S | 180 | 3,0 |
| 6/6/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 6/6/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 2,0 |
| 6/6/2007 18:00 | N | 360 | 3,0 |
| 7/6/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 7/6/2007 12:00 | E | 90 | 3,0 |
| 7/6/2007 18:00 | E | 90 | 2,0 |
| 8/6/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 8/6/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 2,0 |
| 8/6/2007 18:00 | N | 0 | 1,0 |
| 9/6/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 9/6/2007 12:00 | N | 0 | 1,0 |
| 9/6/2007 18:00 | SE-SSE | 140 | 2,0 |
| 10/6/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 10/6/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 10/6/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 11/6/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 11/6/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 2,0 |
| 11/6/2007 18:00 | NE-ENE | 60 | 26,0 |
| 12/6/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |

| | | | |
|-----------------|--------|-----|-----|
| 12/6/2007 12:00 | N | 360 | 3,0 |
| 12/6/2007 18:00 | NW-NNW | 320 | 3,0 |
| 13/6/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 13/6/2007 12:00 | N | 360 | 3,0 |
| 13/6/2007 18:00 | N | 360 | 3,0 |
| 14/6/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 14/6/2007 12:00 | N | 360 | 3,0 |
| 14/6/2007 18:00 | N | 360 | 2,0 |
| 15/6/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 15/6/2007 12:00 | N | 360 | 4,0 |
| 15/6/2007 18:00 | N | 360 | 3,0 |
| 16/6/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 16/6/2007 12:00 | NW-NNW | 320 | 2,0 |
| 16/6/2007 18:00 | N | 0 | 1,0 |
| 17/6/2007 00:00 | S | 180 | 3,0 |
| 17/6/2007 12:00 | N | 0 | 1,0 |
| 17/6/2007 18:00 | N | 0 | 1,0 |
| 18/6/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 18/6/2007 12:00 | N | 360 | 4,0 |
| 18/6/2007 18:00 | N | 360 | 4,0 |
| 19/6/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 19/6/2007 12:00 | SW-WSW | 230 | 3,0 |
| 19/6/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 20/6/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 20/6/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 20/6/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 4,0 |
| 21/6/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 21/6/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 2,0 |
| 21/6/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 2,0 |
| 22/6/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 22/6/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 22/6/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 4,0 |
| 23/6/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 23/6/2007 12:00 | N | 360 | 4,0 |
| 23/6/2007 18:00 | NW-NNW | 320 | 2,0 |
| 24/6/2007 00:00 | NW-NNW | 320 | 2,0 |
| 24/6/2007 12:00 | N | 360 | 2,0 |
| 24/6/2007 18:00 | NW-NNW | 320 | 2,0 |
| 25/6/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 25/6/2007 12:00 | S | 180 | 3,0 |
| 25/6/2007 18:00 | S | 180 | 3,0 |
| 26/6/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 26/6/2007 12:00 | N | 0 | 1,0 |
| 26/6/2007 18:00 | E | 90 | 2,0 |
| 27/6/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 27/6/2007 12:00 | N | 360 | 2,0 |
| 27/6/2007 18:00 | N | 360 | 3,0 |
| 28/6/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 28/6/2007 12:00 | N | 360 | 3,0 |

| | | | |
|-----------------|--------|-----|-----|
| 28/6/2007 18:00 | N | 360 | 3,0 |
| 29/6/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 1/7/2007 12:00 | S | 180 | 2,0 |
| 1/7/2007 18:00 | S | 180 | 4,0 |
| 2/7/2007 00:00 | S | 180 | 3,0 |
| 2/7/2007 12:00 | S | 180 | 2,0 |
| 2/7/2007 18:00 | S | 180 | 3,0 |
| 3/7/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 3/7/2007 12:00 | N | 0 | 1,0 |
| 3/7/2007 18:00 | N | 0 | 1,0 |
| 4/7/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 4/7/2007 12:00 | N | 360 | 3,0 |
| 4/7/2007 18:00 | N | 360 | 3,0 |
| 5/7/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 5/7/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 2,0 |
| 5/7/2007 18:00 | N | 360 | 4,0 |
| 6/7/2007 00:00 | N | 360 | 3,0 |
| 6/7/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 6/7/2007 18:00 | N | 360 | 4,0 |
| 7/7/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 7/7/2007 12:00 | N | 360 | 4,0 |
| 7/7/2007 18:00 | NW-NNW | 320 | 4,0 |
| 8/7/2007 00:00 | NW-NNW | 320 | 3,0 |
| 8/7/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 9/7/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 9/7/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 9/7/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 10/7/2007 00:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 10/7/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 10/7/2007 18:00 | N | 360 | 3,0 |
| 11/7/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 11/7/2007 12:00 | N | 360 | 4,0 |
| 11/7/2007 18:00 | N | 360 | 3,0 |
| 12/7/2007 00:00 | S | 180 | 5,0 |
| 12/7/2007 12:00 | S | 180 | 2,0 |
| 12/7/2007 18:00 | S | 180 | 3,0 |
| 13/7/2007 00:00 | S | 180 | 2,0 |
| 13/7/2007 12:00 | N | 0 | 1,0 |
| 13/7/2007 18:00 | E | 90 | 4,0 |
| 14/7/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 14/7/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 14/7/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 4,0 |
| 15/7/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 15/7/2007 12:00 | N | 360 | 3,0 |
| 15/7/2007 18:00 | N | 360 | 2,0 |
| 16/7/2007 00:00 | SE-SSE | 140 | 3,0 |
| 16/7/2007 12:00 | S | 180 | 2,0 |
| 16/7/2007 18:00 | S | 180 | 3,0 |
| 17/7/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |

| | | | |
|-----------------|--------|-----|-----|
| 17/7/2007 12:00 | S | 180 | 2,0 |
| 17/7/2007 18:00 | E | 90 | 4,0 |
| 18/7/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 18/7/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 18/7/2007 18:00 | S | 180 | 2,0 |
| 19/7/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 19/7/2007 12:00 | S | 180 | 3,0 |
| 19/7/2007 18:00 | S | 180 | 4,0 |
| 20/7/2007 00:00 | S | 180 | 2,0 |
| 20/7/2007 12:00 | SW-WSW | 230 | 2,0 |
| 20/7/2007 18:00 | E | 90 | 4,0 |
| 21/7/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 21/7/2007 12:00 | N | 360 | 3,0 |
| 21/7/2007 18:00 | N | 0 | 1,0 |
| 22/7/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 22/7/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 22/7/2007 18:00 | E | 90 | 4,0 |
| 23/7/2007 00:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 23/7/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 23/7/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 24/7/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 24/7/2007 12:00 | S | 180 | 3,0 |
| 24/7/2007 18:00 | S | 180 | 3,0 |
| 25/7/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 25/7/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 4,0 |
| 25/7/2007 18:00 | E | 90 | 3,0 |
| 26/7/2007 00:00 | SE-SSE | 140 | 2,0 |
| 26/7/2007 12:00 | S | 180 | 5,0 |
| 26/7/2007 18:00 | S | 180 | 3,0 |
| 27/7/2007 00:00 | S | 180 | 3,0 |
| 27/7/2007 12:00 | W | 270 | 3,0 |
| 27/7/2007 18:00 | N | 0 | 1,0 |
| 28/7/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 28/7/2007 12:00 | S | 180 | 2,0 |
| 28/7/2007 18:00 | S | 180 | 3,0 |
| 29/7/2007 00:00 | S | 180 | 3,0 |
| 29/7/2007 12:00 | S | 180 | 4,0 |
| 29/7/2007 18:00 | S | 180 | 5,0 |
| 30/7/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 30/7/2007 12:00 | SW-WSW | 230 | 2,0 |
| 30/7/2007 18:00 | S | 180 | 3,0 |
| 31/7/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 31/7/2007 12:00 | W | 270 | 2,0 |
| 31/7/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 1/8/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 1/8/2007 12:00 | N | 360 | 3,0 |
| 1/8/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 2/8/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 2/8/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 2,0 |

| | | | |
|-----------------|--------|-----|-----|
| 2/8/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 3/8/2007 00:00 | NE-ENE | 50 | 2,0 |
| 3/8/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 3/8/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 4,0 |
| 4/8/2007 00:00 | NE-ENE | 50 | 2,0 |
| 4/8/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 4/8/2007 18:00 | E | 90 | 3,0 |
| 5/8/2007 00:00 | E | 90 | 2,0 |
| 5/8/2007 12:00 | N | 360 | 3,0 |
| 5/8/2007 18:00 | S | 180 | 4,0 |
| 6/8/2007 00:00 | S | 180 | 2,0 |
| 6/8/2007 12:00 | SW-WSW | 230 | 2,0 |
| 6/8/2007 18:00 | E | 90 | 3,0 |
| 7/8/2007 00:00 | E | 90 | 2,0 |
| 7/8/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 7/8/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 4,0 |
| 8/8/2007 00:00 | NE-ENE | 50 | 2,0 |
| 8/8/2007 12:00 | SW-WSW | 230 | 2,0 |
| 8/8/2007 18:00 | S | 180 | 5,0 |
| 9/8/2007 00:00 | S | 180 | 2,0 |
| 9/8/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 9/8/2007 18:00 | E | 90 | 4,0 |
| 10/8/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 10/8/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 4,0 |
| 10/8/2007 18:00 | E | 90 | 3,0 |
| 11/8/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 11/8/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 11/8/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 4,0 |
| 12/8/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 12/8/2007 12:00 | S | 180 | 3,0 |
| 12/8/2007 18:00 | SE-SSE | 140 | 3,0 |
| 13/8/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 13/8/2007 12:00 | N | 0 | 1,0 |
| 13/8/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 14/8/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 14/8/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 2,0 |
| 14/8/2007 18:00 | E | 90 | 3,0 |
| 15/8/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 15/8/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 4,0 |
| 15/8/2007 18:00 | E | 90 | 6,0 |
| 16/8/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 16/8/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 16/8/2007 18:00 | E | 90 | 6,0 |
| 17/8/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 17/8/2007 12:00 | N | 0 | 1,0 |
| 17/8/2007 18:00 | E | 90 | 4,0 |
| 18/8/2007 00:00 | E | 90 | 2,0 |
| 18/8/2007 12:00 | N | 0 | 1,0 |
| 18/8/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 5,0 |

| | | | |
|-----------------|--------|-----|-----|
| 19/8/2007 00:00 | NE-ENE | 50 | 2,0 |
| 19/8/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 19/8/2007 18:00 | E | 90 | 3,0 |
| 20/8/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 20/8/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 5,0 |
| 20/8/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 21/8/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 21/8/2007 12:00 | S | 180 | 4,0 |
| 21/8/2007 18:00 | S | 180 | 4,0 |
| 22/8/2007 00:00 | S | 180 | 2,0 |
| 22/8/2007 12:00 | S | 180 | 3,0 |
| 22/8/2007 18:00 | S | 180 | 5,0 |
| 23/8/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 23/8/2007 12:00 | N | 0 | 1,0 |
| 23/8/2007 18:00 | E | 90 | 4,0 |
| 24/8/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 24/8/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 4,0 |
| 24/8/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 5,0 |
| 25/8/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 25/8/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 4,0 |
| 25/8/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 5,0 |
| 26/8/2007 00:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 26/8/2007 12:00 | E | 90 | 3,0 |
| 26/8/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 27/8/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 27/8/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 27/8/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 4,0 |
| 28/8/2007 00:00 | S | 180 | 3,0 |
| 28/8/2007 12:00 | S | 180 | 4,0 |
| 28/8/2007 18:00 | S | 180 | 4,0 |
| 29/8/2007 00:00 | S | 180 | 2,0 |
| 29/8/2007 12:00 | N | 0 | 1,0 |
| 29/8/2007 18:00 | S | 180 | 3,0 |
| 30/8/2007 00:00 | S | 180 | 2,0 |
| 30/8/2007 12:00 | S | 180 | 3,0 |
| 30/8/2007 18:00 | E | 90 | 4,0 |
| 31/8/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 31/8/2007 12:00 | E | 90 | 4,0 |
| 31/8/2007 18:00 | E | 90 | 4,0 |
| 1/9/2007 00:00 | E | 90 | 3,0 |
| 1/9/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 4,0 |
| 1/9/2007 18:00 | E | 90 | 4,0 |
| 2/9/2007 00:00 | E | 90 | 3,0 |
| 2/9/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 2/9/2007 18:00 | S | 180 | 3,0 |
| 3/9/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 3/9/2007 12:00 | S | 180 | 2,0 |
| 3/9/2007 18:00 | E | 90 | 4,0 |
| 4/9/2007 00:00 | E | 90 | 3,0 |

| | | | |
|-----------------|--------|-----|-----|
| 4/9/2007 12:00 | E | 90 | 4,0 |
| 4/9/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 5/9/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 5/9/2007 12:00 | E | 90 | 3,0 |
| 5/9/2007 18:00 | E | 90 | 4,0 |
| 6/9/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 6/9/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 6/9/2007 18:00 | E | 90 | 5,0 |
| 7/9/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 7/9/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 4,0 |
| 7/9/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 5,0 |
| 8/9/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 8/9/2007 12:00 | N | 360 | 2,0 |
| 8/9/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 4,0 |
| 9/9/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 9/9/2007 12:00 | E | 90 | 3,0 |
| 9/9/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 5,0 |
| 10/9/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 10/9/2007 12:00 | E | 90 | 3,0 |
| 10/9/2007 18:00 | E | 90 | 6,0 |
| 11/9/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 11/9/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 11/9/2007 18:00 | E | 90 | 5,0 |
| 12/9/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 12/9/2007 12:00 | E | 90 | 2,0 |
| 12/9/2007 18:00 | E | 90 | 6,0 |
| 13/9/2007 00:00 | NE-ENE | 50 | 4,0 |
| 13/9/2007 12:00 | E | 90 | 3,0 |
| 13/9/2007 18:00 | E | 90 | 5,0 |
| 14/9/2007 00:00 | NE-ENE | 50 | 2,0 |
| 14/9/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 14/9/2007 18:00 | E | 90 | 6,0 |
| 15/9/2007 00:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 15/9/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 4,0 |
| 15/9/2007 18:00 | E | 90 | 5,0 |
| 16/9/2007 00:00 | E | 90 | 3,0 |
| 16/9/2007 12:00 | S | 180 | 2,0 |
| 16/9/2007 18:00 | S | 180 | 4,0 |
| 17/9/2007 00:00 | S | 180 | 2,0 |
| 17/9/2007 12:00 | S | 180 | 5,0 |
| 17/9/2007 18:00 | S | 180 | 6,0 |
| 18/9/2007 00:00 | S | 180 | 3,0 |
| 18/9/2007 12:00 | S | 180 | 3,0 |
| 18/9/2007 18:00 | E | 90 | 4,0 |
| 19/9/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 19/9/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 19/9/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 20/9/2007 00:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 20/9/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 5,0 |

| | | | |
|-----------------|--------|-----|-----|
| 20/9/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 5,0 |
| 21/9/2007 00:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 21/9/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 4,0 |
| 21/9/2007 18:00 | E | 90 | 5,0 |
| 22/9/2007 00:00 | NE-ENE | 50 | 2,0 |
| 22/9/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 22/9/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 4,0 |
| 23/9/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 23/9/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 23/9/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 4,0 |
| 24/9/2007 00:00 | NE-ENE | 50 | 2,0 |
| 24/9/2007 12:00 | W | 270 | 4,0 |
| 24/9/2007 18:00 | S | 180 | 6,0 |
| 25/9/2007 00:00 | S | 180 | 7,0 |
| 25/9/2007 12:00 | S | 180 | 6,0 |
| 25/9/2007 18:00 | S | 180 | 6,0 |
| 26/9/2007 00:00 | S | 180 | 2,0 |
| 26/9/2007 12:00 | S | 180 | 3,0 |
| 26/9/2007 18:00 | S | 180 | 2,0 |
| 27/9/2007 00:00 | S | 180 | 2,0 |
| 27/9/2007 12:00 | W | 270 | 2,0 |
| 27/9/2007 18:00 | E | 90 | 4,0 |
| 28/9/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 28/9/2007 12:00 | N | 360 | 5,0 |
| 28/9/2007 18:00 | E | 90 | 4,0 |
| 29/9/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 29/9/2007 12:00 | SW-WSW | 230 | 2,0 |
| 29/9/2007 18:00 | S | 180 | 5,0 |
| 30/9/2007 00:00 | S | 180 | 4,0 |
| 30/9/2007 12:00 | S | 180 | 4,0 |
| 30/9/2007 18:00 | S | 180 | 4,0 |
| 1/10/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 1/10/2007 12:00 | S | 180 | 2,0 |
| 1/10/2007 18:00 | S | 180 | 3,0 |
| 2/10/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 2/10/2007 12:00 | SW-WSW | 230 | 2,0 |
| 2/10/2007 18:00 | W | 270 | 4,0 |
| 3/10/2007 00:00 | S | 180 | 2,0 |
| 3/10/2007 12:00 | E | 90 | 3,0 |
| 3/10/2007 18:00 | SE-SSE | 140 | 4,0 |
| 4/10/2007 00:00 | NE-ENE | 50 | 2,0 |
| 4/10/2007 12:00 | E | 90 | 3,0 |
| 4/10/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 5/10/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 5/10/2007 12:00 | E | 90 | 4,0 |
| 5/10/2007 18:00 | E | 90 | 5,0 |
| 6/10/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 6/10/2007 12:00 | N | 360 | 4,0 |
| 6/10/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 5,0 |

| | | | |
|------------------|--------|-----|-----|
| 7/10/2007 00:00 | NE-ENE | 50 | 2,0 |
| 7/10/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 4,0 |
| 7/10/2007 18:00 | E | 90 | 6,0 |
| 8/10/2007 00:00 | NE-ENE | 50 | 2,0 |
| 8/10/2007 12:00 | SE-SSE | 140 | 4,0 |
| 8/10/2007 18:00 | SE-SSE | 140 | 6,0 |
| 9/10/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 9/10/2007 12:00 | E | 90 | 3,0 |
| 9/10/2007 18:00 | E | 90 | 5,0 |
| 10/10/2007 00:00 | E | 90 | 3,0 |
| 10/10/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 4,0 |
| 10/10/2007 18:00 | E | 90 | 6,0 |
| 11/10/2007 00:00 | E | 90 | 3,0 |
| 11/10/2007 12:00 | E | 90 | 3,0 |
| 11/10/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 7,0 |
| 12/10/2007 00:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 12/10/2007 12:00 | N | 360 | 3,0 |
| 12/10/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 5,0 |
| 13/10/2007 00:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 13/10/2007 12:00 | N | 360 | 4,0 |
| 13/10/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 6,0 |
| 14/10/2007 01:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 14/10/2007 12:00 | | 230 | 3,0 |
| 14/10/2007 18:00 | SE-SSE | 140 | 4,0 |
| 15/10/2007 00:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 15/10/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 15/10/2007 18:00 | N | 360 | 4,0 |
| 16/10/2007 00:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 16/10/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 4,0 |
| 16/10/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 5,0 |
| 17/10/2007 00:00 | NE-ENE | 50 | 2,0 |
| 17/10/2007 12:00 | N | 360 | 5,0 |
| 17/10/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 5,0 |
| 18/10/2007 00:00 | S | 180 | 3,0 |
| 18/10/2007 12:00 | S | 180 | 2,0 |
| 18/10/2007 18:00 | S | 180 | 4,0 |
| 19/10/2007 00:00 | NE-ENE | 50 | 2,0 |
| 19/10/2007 12:00 | NW-NNW | 320 | 2,0 |
| 19/10/2007 18:00 | SE-SSE | 140 | 2,0 |
| 20/10/2007 00:00 | S | 180 | 2,0 |
| 20/10/2007 12:00 | S | 180 | 2,0 |
| 20/10/2007 18:00 | S | 180 | 3,0 |
| 21/10/2007 01:00 | S | 180 | 2,0 |
| 21/10/2007 12:00 | W | 270 | 6,0 |
| 21/10/2007 18:00 | NW-NNW | 320 | 3,0 |
| 22/10/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 22/10/2007 12:00 | S | 180 | 4,0 |
| 22/10/2007 18:00 | S | 180 | 7,0 |
| 23/10/2007 00:00 | S | 180 | 2,0 |

| | | | |
|------------------|--------|-----|-----|
| 23/10/2007 12:00 | S | 180 | 3,0 |
| 23/10/2007 18:00 | S | 180 | 5,0 |
| 24/10/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 24/10/2007 12:00 | S | 180 | 2,0 |
| 24/10/2007 18:00 | S | 180 | 2,0 |
| 25/10/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 25/10/2007 12:00 | N | 360 | 4,0 |
| 25/10/2007 18:00 | N | 360 | 3,0 |
| 26/10/2007 12:00 | N | 360 | 3,0 |
| 26/10/2007 18:00 | N | 360 | 3,0 |
| 27/10/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 27/10/2007 12:00 | N | 360 | 3,0 |
| 27/10/2007 18:00 | S | 180 | 4,0 |
| 28/10/2007 00:00 | SE-SSE | 140 | 3,0 |
| 28/10/2007 12:00 | NW-NNW | 320 | 2,0 |
| 28/10/2007 18:00 | E | 90 | 5,0 |
| 29/10/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 29/10/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 4,0 |
| 30/10/2007 00:00 | N | 360 | 2,0 |
| 30/10/2007 12:00 | S | 180 | 3,0 |
| 30/10/2007 18:00 | S | 180 | 5,0 |
| 31/10/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 31/10/2007 12:00 | S | 180 | 3,0 |
| 31/10/2007 18:00 | N | 360 | 4,0 |
| 1/11/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 1/11/2007 12:00 | W | 270 | 4,0 |
| 1/11/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 4,0 |
| 2/11/2007 00:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 2/11/2007 12:00 | N | 360 | 4,0 |
| 2/11/2007 18:00 | NW-NNW | 320 | 3,0 |
| 3/11/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 3/11/2007 12:00 | SW-WSW | 230 | 3,0 |
| 3/11/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 4/11/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 4/11/2007 12:00 | N | 360 | 3,0 |
| 4/11/2007 18:00 | SE-SSE | 140 | 2,0 |
| 5/11/2007 00:00 | S | 180 | 2,0 |
| 5/11/2007 12:00 | S | 180 | 3,0 |
| 5/11/2007 18:00 | SE-SSE | 140 | 3,0 |
| 6/11/2007 00:00 | S | 180 | 2,0 |
| 6/11/2007 12:00 | N | 360 | 3,0 |
| 6/11/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 7/11/2007 00:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 7/11/2007 12:00 | N | 360 | 4,0 |
| 7/11/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 8/11/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 8/11/2007 12:00 | N | 360 | 2,0 |
| 8/11/2007 18:00 | N | 360 | 4,0 |
| 9/11/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |

| | | | |
|------------------|--------|-----|-----|
| 9/11/2007 12:00 | N | 360 | 4,0 |
| 9/11/2007 18:00 | N | 360 | 4,0 |
| 10/11/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 10/11/2007 12:00 | N | 360 | 3,0 |
| 10/11/2007 18:00 | N | 360 | 3,0 |
| 11/11/2007 00:00 | N | 360 | 2,0 |
| 11/11/2007 12:00 | N | 360 | 2,0 |
| 11/11/2007 18:00 | N | 360 | 4,0 |
| 12/11/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 12/11/2007 12:00 | S | 180 | 3,0 |
| 12/11/2007 18:00 | SE-SSE | 140 | 4,0 |
| 13/11/2007 00:00 | S | 180 | 5,0 |
| 13/11/2007 12:00 | S | 180 | 3,0 |
| 13/11/2007 18:00 | S | 180 | 3,0 |
| 14/11/2007 00:00 | S | 180 | 2,0 |
| 14/11/2007 12:00 | N | 360 | 3,0 |
| 14/11/2007 18:00 | N | 360 | 6,0 |
| 15/11/2007 00:00 | N | 360 | 5,0 |
| 15/11/2007 12:00 | S | 180 | 3,0 |
| 15/11/2007 18:00 | S | 180 | 3,0 |
| 16/11/2007 00:00 | S | 180 | 2,0 |
| 16/11/2007 12:00 | SW-WSW | 230 | 4,0 |
| 16/11/2007 18:00 | S | 180 | 3,0 |
| 17/11/2007 00:00 | S | 180 | 2,0 |
| 17/11/2007 12:00 | S | 180 | 2,0 |
| 17/11/2007 18:00 | S | 180 | 3,0 |
| 18/11/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 18/11/2007 12:00 | SE-SSE | 140 | 2,0 |
| 18/11/2007 18:00 | SE-SSE | 140 | 3,0 |
| 19/11/2007 00:00 | SE-SSE | 140 | 2,0 |
| 19/11/2007 12:00 | N | 360 | 4,0 |
| 19/11/2007 18:00 | N | 360 | 4,0 |
| 20/11/2007 00:00 | N | 360 | 2,0 |
| 20/11/2007 12:00 | N | 360 | 4,0 |
| 20/11/2007 18:00 | S | 180 | 5,0 |
| 21/11/2007 00:00 | S | 180 | 2,0 |
| 21/11/2007 12:00 | S | 180 | 4,0 |
| 21/11/2007 18:00 | SE-SSE | 140 | 5,0 |
| 22/11/2007 12:00 | W | 270 | 4,0 |
| 22/11/2007 18:00 | SE-SSE | 140 | 3,0 |
| 23/11/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 23/11/2007 12:00 | W | 270 | 3,0 |
| 23/11/2007 18:00 | S | 180 | 5,0 |
| 24/11/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 24/11/2007 12:00 | N | 360 | 2,0 |
| 24/11/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 25/11/2007 00:00 | NE-ENE | 50 | 2,0 |
| 25/11/2007 12:00 | N | 360 | 3,0 |
| 25/11/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 4,0 |

| | | | |
|------------------|--------|-----|-----|
| 26/11/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 26/11/2007 12:00 | N | 360 | 2,0 |
| 26/11/2007 18:00 | S | 180 | 2,0 |
| 27/11/2007 00:00 | S | 180 | 2,0 |
| 27/11/2007 12:00 | S | 180 | 4,0 |
| 27/11/2007 18:00 | S | 180 | 5,0 |
| 28/11/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 28/11/2007 12:00 | S | 180 | 4,0 |
| 28/11/2007 18:00 | S | 180 | 3,0 |
| 29/11/2007 00:00 | S | 180 | 3,0 |
| 29/11/2007 12:00 | N | 0 | 1,0 |
| 29/11/2007 18:00 | S | 180 | 3,0 |
| 30/11/2007 00:00 | S | 180 | 2,0 |
| 30/11/2007 12:00 | S | 180 | 2,0 |
| 30/11/2007 18:00 | S | 180 | 3,0 |
| 1/12/2007 12:00 | S | 180 | 2,0 |
| 1/12/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 2/12/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 2/12/2007 12:00 | N | 360 | 3,0 |
| 2/12/2007 18:00 | N | 360 | 3,0 |
| 3/12/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 3/12/2007 12:00 | NE-ENE | 50 | 2,0 |
| 3/12/2007 18:00 | S | 180 | 4,0 |
| 4/12/2007 00:00 | S | 180 | 2,0 |
| 4/12/2007 12:00 | S | 180 | 2,0 |
| 4/12/2007 18:00 | SW-WSW | 230 | 5,0 |
| 5/12/2007 00:00 | NE-ENE | 50 | 2,0 |
| 5/12/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 6,0 |
| 6/12/2007 12:00 | N | 360 | 3,0 |
| 6/12/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 5,0 |
| 7/12/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 7/12/2007 12:00 | W | 270 | 2,0 |
| 7/12/2007 18:00 | S | 180 | 4,0 |
| 8/12/2007 00:00 | S | 180 | 2,0 |
| 8/12/2007 12:00 | S | 180 | 2,0 |
| 8/12/2007 18:00 | SE-SSE | 140 | 2,0 |
| 9/12/2007 00:00 | SE-SSE | 140 | 2,0 |
| 9/12/2007 12:00 | W | 270 | 2,0 |
| 9/12/2007 18:00 | W | 270 | 5,0 |
| 10/12/2007 00:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 10/12/2007 12:00 | W | 270 | 4,0 |
| 10/12/2007 18:00 | N | 360 | 5,0 |
| 11/12/2007 00:00 | N | 360 | 3,0 |
| 11/12/2007 12:00 | W | 270 | 4,0 |
| 11/12/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 5,0 |
| 12/12/2007 00:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 12/12/2007 12:00 | W | 270 | 4,0 |
| 12/12/2007 18:00 | NW-NNW | 320 | 2,0 |
| 13/12/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |

| | | | |
|------------------|--------|-----|-----|
| 13/12/2007 12:00 | SW-WSW | 230 | 2,0 |
| 13/12/2007 18:00 | S | 180 | 2,0 |
| 14/12/2007 00:00 | S | 180 | 2,0 |
| 14/12/2007 12:00 | S | 180 | 2,0 |
| 14/12/2007 18:00 | SW-WSW | 230 | 4,0 |
| 15/12/2007 00:00 | S | 180 | 2,0 |
| 15/12/2007 12:00 | E | 90 | 4,0 |
| 15/12/2007 18:00 | SE-SSE | 150 | 4,0 |
| 16/12/2007 00:00 | SE-SSE | 140 | 2,0 |
| 16/12/2007 12:00 | SE-SSE | 140 | 2,0 |
| 16/12/2007 18:00 | SE-SSE | 140 | 2,0 |
| 17/12/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 17/12/2007 12:00 | SE-SSE | 140 | 3,0 |
| 17/12/2007 18:00 | SE-SSE | 140 | 3,0 |
| 18/12/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 18/12/2007 12:00 | SW-WSW | 230 | 2,0 |
| 18/12/2007 18:00 | SE-SSE | 140 | 3,0 |
| 19/12/2007 00:00 | SE-SSE | 140 | 2,0 |
| 19/12/2007 12:00 | N | 360 | 3,0 |
| 19/12/2007 18:00 | NW-NNW | 320 | 6,0 |
| 20/12/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 20/12/2007 12:00 | SW-WSW | 230 | 4,0 |
| 20/12/2007 18:00 | NW-NNW | 320 | 5,0 |
| 21/12/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 21/12/2007 12:00 | SW-WSW | 230 | 4,0 |
| 21/12/2007 18:00 | N | 0 | 1,0 |
| 22/12/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 22/12/2007 12:00 | N | 0 | 1,0 |
| 22/12/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 23/12/2007 00:00 | S | 180 | 4,0 |
| 23/12/2007 12:00 | W | 270 | 4,0 |
| 23/12/2007 18:00 | NW-NNW | 320 | 4,0 |
| 24/12/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 24/12/2007 12:00 | W-WNW | 280 | 3,0 |
| 24/12/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 5,0 |
| 25/12/2007 00:00 | NE-ENE | 50 | 3,0 |
| 25/12/2007 12:00 | W | 270 | 4,0 |
| 25/12/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 6,0 |
| 26/12/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 26/12/2007 12:00 | N | 360 | 4,0 |
| 26/12/2007 18:00 | N | 360 | 4,0 |
| 27/12/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 27/12/2007 12:00 | N | 360 | 3,0 |
| 27/12/2007 18:00 | N | 360 | 4,0 |
| 28/12/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 28/12/2007 12:00 | W | 270 | 4,0 |
| 28/12/2007 18:00 | N | 360 | 5,0 |
| 29/12/2007 00:00 | N | 0 | 1,0 |
| 29/12/2007 12:00 | NW-NNW | 320 | 3,0 |

| | | | |
|------------------|--------|-----|-----|
| 29/12/2007 18:00 | N | 360 | 5,0 |
| 30/12/2007 00:00 | N | 360 | 3,0 |
| 30/12/2007 12:00 | NW-NNW | 320 | 3,0 |
| 30/12/2007 18:00 | NW-NNW | 320 | 4,0 |
| 31/12/2007 00:00 | N | 360 | 4,0 |
| 31/12/2007 12:00 | N | 360 | 3,0 |
| 31/12/2007 18:00 | NE-ENE | 50 | 4,0 |

Anexo 6: Concentrações das espécies analisadas nas águas de chuva na UENF, Campos dos Goytacazes, RJ.

| <i>Amostra</i> | <i>data</i> | <i>período</i> | <i>Volume de</i> | <i>mm</i> | <i>condutividade</i> | <i>pH</i> | <i>H⁺</i> | <i>NH₄⁺</i> | <i>NO₃⁻</i> | <i>NOD</i> | <i>Ureia</i> |
|----------------|-------------|----------------|------------------|-----------|----------------------|-----------|----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------|--------------|
| U060803 | 03/ago/06 | seco | 320 | 7,1 | 40,7 | 4,3 | 55,0 | 22,3 | 26,5 | 123,4 | 1,4 |
| U060805 | 05/ago/06 | seco | 550 | 12,2 | 15,6 | 4,9 | 16,6 | 8,6 | 17,1 | 47,6 | 0,0 |
| U060904 | 04/set/06 | seco | 300 | 6,6 | 48,0 | 4,8 | 16,2 | 10,9 | 54,3 | 164,3 | 0,0 |
| U061113 | 13/nov/06 | chuvoso | 450 | 9,9 | 55,9 | 7,6 | 0,0 | 115,7 | 21,8 | 248,2 | 180,8 |
| U061114 | 14/nov/06 | chuvoso | 560 | 12,4 | 52,7 | 6,3 | 0,5 | 123,4 | 7,15 | 1254,0 | 13,6 |
| U070109 | 09/jan/07 | chuvoso | 480 | 10,6 | 24,7 | 5,1 | 8,5 | 27,6 | 14,4 | 753,6 | 36,6 |
| U070110 | 10/jan/07 | chuvoso | 370 | 8,2 | 41,2 | 7,5 | 0,0 | 151,3 | 10,1 | 1026,4 | 412,0 |
| U070116 | 16/jan/07 | chuvoso | 4300 | 95,1 | 7,08 | 6,2 | 0,6 | 23,3 | 7,6 | 192,5 | 40,4 |
| U070117 | 17/jan/07 | chuvoso | 1410 | 31,2 | 4,2 | 5,7 | 1,9 | 13,4 | 8,0 | 93,1 | 21,6 |
| U070123 | 23/jan/07 | chuvoso | 1140 | 25,2 | 11,0 | 5,8 | 1,5 | 18,7 | 7,7 | 49,0 | 17,2 |
| U070131 | 31/jan/07 | chuvoso | 1360 | 30,1 | 5,0 | 5,4 | 4,3 | 4,6 | 9,0 | 25,3 | 11,0 |
| U070205 | 05/fev/07 | chuvoso | 150 | 3,3 | 22,1 | 4,9 | 12,9 | 8,7 | 48,3 | 159,5 | 13,2 |
| U070212 | 12/fev/07 | chuvoso | 340 | 7,5 | 14,7 | 6,1 | 0,9 | 10,9 | 12,5 | 90,53 | 15,2 |
| U070215 | 15/fev/07 | chuvoso | 390 | 8,6 | 15,7 | 6,1 | 0,7 | 12,4 | 54,8 | 114,3 | 8,0 |
| U070227 | 27/fev/07 | chuvoso | 30 | 0,7 | 16,4 | 5,5 | 3,2 | 9,9 | 15,4 | 47,1 | 5,8 |
| U070321 | 21/mar/07 | chuvoso | 680 | 15,0 | 13,6 | 5,4 | 3,5 | 35,4 | 17,6 | 176,5 | 0,4 |
| U070327 | 27/mar/07 | chuvoso | 630 | 13,9 | 7,1 | 5,3 | 4,6 | 20,4 | 13,6 | 63,6 | 9,0 |
| U070410 | 10/abr/07 | seco | 640 | 14,1 | 12,5 | 6,2 | 0,6 | 1,4 | 14,0 | 49,9 | 0,0 |
| U070417 | 17/abr/07 | seco | 540 | 11,9 | 20,5 | 5,9 | 1,3 | 9,1 | 12,5 | 30,3 | 0,0 |
| U070424 | 24/abr/07 | seco | 600 | 13,3 | 22,8 | 6,9 | 0,5 | 2,4 | 1,8 | 12,8 | 0,6 |
| U070430 | 30/abr/07 | seco | 1300 | 28,7 | 13,9 | 6,9 | 0,5 | 6,8 | 12,5 | 35,8 | 0,0 |
| U070507 | 07/mai/07 | seco | 230 | 5,1 | 52 | 6,5 | 0,3 | 4,8 | 9,2 | 26,0 | 4,2 |
| U070521 | 21/mai/07 | seco | 2000 | 44,2 | 8,0 | 5,3 | 4,8 | 3,6 | 3,8 | 18,9 | 6,8 |
| U070524 | 24/mai/07 | seco | 280 | 6,2 | 12,5 | 5,2 | 6,0 | 24,8 | 29,6 | 117,2 | 1,2 |
| U070529 | 29/mai/07 | seco | 120 | 2,7 | 30,0 | 6,0 | 1,0 | 12,4 | 20,4 | 61,0 | 9,6 |
| U070604 | 04/jun/07 | seco | 570 | 12,6 | 18,0 | 5,9 | 1,2 | 8,0 | 10,6 | 62,5 | 9,6 |
| U070702 | 02/jul/07 | seco | 200 | 4,4 | 49,0 | 5,5 | 3,1 | 7,7 | 67,6 | 139,8 | 10,8 |

| | | | | | | | | | | | |
|---------|-----------|---------|------|-------|-------|-----|------|------|------|-------|------|
| U070730 | 30/jul/07 | seco | 450 | 9,9 | 70,8 | 5,8 | 1,5 | 5,0 | 53,7 | 192,7 | 7,8 |
| U070815 | 15/ago/07 | seco | 70 | 1,5 | 24,0 | 6,9 | 0,1 | 6,9 | 49,7 | 185,9 | 4,6 |
| U070904 | 04/set/07 | seco | 230 | 5,1 | 75,0 | 6,2 | 0,6 | 8,3 | 10,5 | 115,0 | 1,6 |
| U070905 | 05/set/07 | seco | 200 | 4,4 | 29,0 | 6,0 | 1,1 | 8,0 | 11,8 | 99,7 | 1,0 |
| U070911 | 11/set/07 | seco | 880 | 19,5 | 27,0 | 5,7 | 1,7 | 4,6 | 14,7 | 101,7 | 3,2 |
| U070918 | 18/set/07 | seco | 350 | 7,7 | 6,0 | 6,1 | 0,7 | 4,6 | 1,54 | 36,3 | 1,4 |
| U070925 | 25/set/07 | seco | 350 | 7,7 | 27,0 | 5,6 | 2,5 | 8,7 | 13,9 | 114,9 | 1,0 |
| U071002 | 02/out/07 | chuvoso | 345 | 7,6 | 110,0 | 6,1 | 0,8 | 43,7 | 67,7 | 276,4 | 19,8 |
| U071016 | 16/out/07 | chuvoso | 350 | 7,7 | 157,0 | 4,9 | 12,0 | 9,2 | 0,74 | 33,3 | 4,6 |
| U071023 | 23/out/07 | chuvoso | 2000 | 44,2 | 9,4 | 5,7 | 2,2 | 74,4 | 15,5 | 0,16 | 9,9 |
| U071030 | 30/out/07 | chuvoso | 2000 | 44,2 | 34,0 | 6,2 | 0,6 | 5,1 | 6,7 | 143,3 | 2,0 |
| U071106 | 06/nov/07 | chuvoso | 870 | 19,2 | 29,0 | 6,1 | 0,7 | 14,1 | 47,1 | 78,1 | 2,4 |
| U071113 | 13/nov/07 | chuvoso | 4750 | 105,0 | 12,0 | 7,2 | 0,1 | 11,2 | 12,1 | 16,6 | 0,0 |
| U071119 | 19/nov/07 | chuvoso | 1430 | 31,6 | 11,0 | 5,4 | 4,0 | 7,1 | 9,95 | 58,3 | 1,2 |
| U071127 | 27/nov/07 | chuvoso | 930 | 20,6 | 16,0 | 5,6 | 2,3 | 23,0 | 35,6 | 31,6 | 9,9 |
| U071204 | 04/dez/07 | chuvoso | 340 | 7,5 | 20,0 | 5,6 | 2,7 | 14,5 | 40,1 | 66,9 | 13,3 |
| U071211 | 11/dez/07 | chuvoso | 1060 | 23,4 | 8,0 | 5,6 | 2,2 | 17,5 | 16,8 | 32,1 | 0,0 |
| U071218 | 18/dez/07 | chuvoso | 1840 | 40,7 | 15,3 | 5,1 | 7,8 | 2,91 | 4,5 | 13,8 | 1,0 |
| U080116 | 16/jan/08 | chuvoso | 1060 | 23,4 | 13,0 | 4,7 | 17,8 | 11,5 | 17,7 | 54,2 | 1,5 |
| U080122 | 22/jan/08 | chuvoso | 555 | 12,3 | 16,5 | 4,8 | 17,4 | 12,3 | 19,0 | 58,2 | 0,8 |

pH = $-\log [H^+]$

mm = precipitação coletada no período de amostragem.

Anexo 7: Concentrações das espécies analisadas nas águas de chuva na Lagoa de Cima, Campos dos Goytacazes, RJ.

| <i>Amostra</i> | <i>data</i> | <i>período</i> | <i>Volume de chuva coletado</i> | <i>mm</i> | <i>condutividade</i> | <i>pH</i> | <i>H⁺</i> | <i>NH₄⁺</i> | <i>NO₃⁻</i> | <i>NOD</i> | <i>Ureia</i> |
|----------------|-------------|----------------|---------------------------------|-----------|----------------------|-----------|----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------|--------------|
| LC060810 | 10/ago/06 | seco | 460 | 10,2 | 24,4 | 4,8 | 17,4 | 13,8 | 24,8 | 228,6 | 9,4 |
| LC060824 | 24/ago/06 | seco | 600 | 13,3 | 23,0 | 6,0 | 0,9 | 66,6 | 34,3 | 249,3 | 5,6 |
| LC060906 | 06/nov/06 | seco | 300 | 6,6 | 22,9 | 6,4 | 0,4 | 46,3 | 24,4 | 211,7 | 1,4 |
| LC061116 | 16/nov/06 | chuvoso | 2010 | 44,4 | 16,2 | 6,0 | 1,1 | 3,9 | 11,6 | 78,1 | 15,2 |
| LC061123 | 23/nov/06 | chuvoso | 910 | 20,1 | 11,1 | 6,3 | 0,6 | 17,6 | 22,8 | 103,2 | 10,4 |
| LC061130 | 07/dez/06 | chuvoso | 2610 | 57,7 | 7,5 | 5,0 | 10,0 | 1,8 | 11,2 | 48,3 | 13,0 |
| LC061207 | 14/dez/06 | chuvoso | 480 | 10,6 | 45,6 | 5,7 | 1,9 | 1,8 | 3,6 | 39,6 | 14,0 |
| LC061214 | 21/dez/06 | chuvoso | 1180 | 26,1 | 23,0 | 5,7 | 1,9 | 1,0 | 10,5 | 119,1 | 5,6 |
| LC061221 | 30/dez/06 | chuvoso | 200 | 4,4 | 14,0 | 5,6 | 2,7 | 1,7 | 4,1 | 164,7 | 5,2 |
| LC070109 | 09/jan/07 | chuvoso | 190 | 4,2 | 24,0 | 5,2 | 6,8 | 25,2 | 41,8 | 182,4 | 11,6 |
| LC070116 | 16/jan/07 | chuvoso | 6500 | 143,7 | 6,0 | 5,9 | 1,2 | 10,0 | 3,5 | 37,3 | 12,4 |
| LC070123 | 23/jan/07 | chuvoso | 2730 | 60,3 | 4,0 | 5,5 | 3,5 | 6,3 | 3,1 | 43,1 | 10,8 |
| LC070206 | 06/fev/07 | chuvoso | 410 | 9,1 | 17,3 | 4,4 | 36,3 | 3,6 | 25,2 | 53,5 | 1,6 |
| LC070213 | 13/fev/07 | chuvoso | 1540 | 34,0 | 9,6 | 5,6 | 2,8 | 9,9 | 24,2 | 63,4 | 1,6 |
| LC070227 | 27/fev/07 | chuvoso | 210 | 4,6 | 21,3 | 5,9 | 1,3 | 3,6 | 1,6 | 144,0 | 2,8 |
| LC070306 | 06/mar/07 | chuvoso | 220 | 4,9 | 110,0 | 5,1 | 7,2 | 24,5 | 58,3 | 158,8 | 5,8 |
| LC070327 | 27/mar/07 | chuvoso | 600 | 13,3 | 105,0 | 8,8 | 0,001 | 118,9 | 8,5 | 236,6 | 116,0 |
| LC070410 | 10/abr/07 | seco | 470 | 10,4 | 26,2 | 9,0 | 0,001 | 119,0 | 8,5 | 238,9 | 15,0 |
| LC070417 | 17/abr/07 | seco | 1150 | 25,4 | 118,0 | 6,7 | 0,2 | 118,4 | 5,3 | 1358,6 | 152,2 |
| LC070424 | 24/abr/07 | seco | 2160 | 47,7 | 68,5 | 9,2 | 0,0007 | 137,0 | 56,2 | 358,7 | 61,6 |
| LC070522 | 22/mai/07 | seco | 5000 | 110,5 | 62,0 | 7,2 | 0,1 | 123,0 | 48,9 | 319,2 | 165,4 |
| LC070904 | 04/set/07 | seco | 510 | 11,3 | 195,0 | 7,0 | 0,1 | 115,3 | 8,2 | 229,3 | 33,0 |
| LC070911 | 11/set/07 | seco | 880 | 19,5 | 65,0 | 6,2 | 0,7 | 66,0 | 31,3 | 237,3 | 23,4 |
| LC070918 | 18/set/07 | seco | 350 | 7,7 | 5,0 | 6,2 | 0,7 | 4,8 | 2,2 | 34,9 | 21,2 |
| LC071002 | 02/out/07 | chuvoso | 350 | 7,7 | 11,0 | 6,0 | 1,0 | 16,3 | 3,9 | 123,7 | 4,4 |
| LC071009 | 09/out/07 | chuvoso | 350 | 7,7 | 30,0 | 5,4 | 4,5 | 92,5 | 3,6 | 131,3 | 37,2 |
| LC071016 | 16/out/07 | chuvoso | 350 | 7,7 | 492,0 | 7,0 | 0,1 | 13,7 | 2,6 | 217,2 | 21,8 |

| | | | | | | | | | | | |
|----------|-----------|---------|------|------|-------|-----|-------|------|------|-------|------|
| LC071019 | 19/out/07 | chuvoso | 1430 | 31,6 | 11,0 | 5,4 | 4,0 | 17,5 | 21,6 | 72,6 | 7,8 |
| LC071023 | 23/out/07 | chuvoso | 2020 | 44,7 | 21,2 | 6,7 | 0,2 | 15,9 | 24,6 | 84,7 | 13,8 |
| LC071030 | 30/out/07 | chuvoso | 2160 | 47,7 | 150,0 | 7,9 | 0,01 | 11,1 | 17,2 | 52,6 | 8,8 |
| LC071106 | 06/nov/07 | chuvoso | 1450 | 32,1 | 277,0 | 7,4 | 0,04 | 28,5 | 44,2 | 153,1 | 22,8 |
| LC071113 | 13/nov/07 | chuvoso | 1450 | 32,1 | 230,0 | 7,9 | 0,01 | 15,7 | 24,4 | 74,5 | 12,6 |
| LC071121 | 21/nov/07 | chuvoso | 2760 | 61,0 | 57,8 | 7,1 | 0,1 | 30,5 | 16,0 | 351,9 | 14,6 |
| LC071127 | 27/nov/07 | chuvoso | 1710 | 37,8 | 20,0 | 6,6 | 0,3 | 22,2 | 30,1 | 119,2 | 16,8 |
| LC071204 | 04/dez/07 | chuvoso | 1150 | 25,4 | 15,0 | 5,7 | 2,0 | 18,2 | 30,7 | 114,5 | 26,8 |
| LC071211 | 11/dez/07 | chuvoso | 1300 | 28,7 | 112,0 | 8,5 | 0,003 | 5,0 | 5,6 | 45,8 | 24,2 |
| LC080108 | 08/jan/08 | chuvoso | 3800 | 84,0 | 157,0 | 7,8 | 0,01 | 10,9 | 14,1 | 43,8 | 10,2 |
| LC080116 | 16/jan/08 | chuvoso | 880 | 19,5 | 137,0 | 7,7 | 0,02 | 13,6 | 5,1 | 101,4 | 11,4 |

pH = $-\log [H^+]$

mm = precipitação coletada no período de amostragem.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)