

IMPACTOS AMBIENTAIS NA PRECIPITAÇÃO DA COSTA BRASILEIRA*

L.M.Moreira-Nordeman¹, O.M.Danelon A.L.Magalhães,
C.Ferreira², C.M.N.Panitz³, M.M.Santiago⁴, E.Silva⁵,
C.F.Souza⁶

Estudos sobre a composição química da atmosfera em geral, e em particular sobre acidez e química das águas de chuva, são muito recentes no Brasil. Desse modo, poucos são os dados disponíveis sobre esse assunto, e pouco se sabe sobre os impactos causados por atividades de caráter antropogênico na qualidade da atmosfera das diversas regiões brasileiras. O estudo das variações especiais e temporais da composição química das águas de chuva, especialmente em regiões marinhas e/ou costeiras, pode incrementar o nosso conhecimento sobre a interação oceano-atmosfera-continente, sobre transporte de longa distância de gases e aerossóis, identificar fontes de origens naturais e antropogênicas, assim como fornecer subsídios para o entendimento do ciclo biogeoquímico e da produtividade marinha. No Brasil, estudos sobre a química da precipitação na costa marinha são essenciais, não só devido à necessidade de obtenção dessas informações de caráter geoquímico, como também porque (com exceção apenas de São Paulo e Belo Horizonte) é na região costeira que se encontram as maiores concentrações urbanas e industriais do país.

Neste trabalho são apresentados dados obtidos em amostras de águas de chuva sistematicamente coletadas em seis pontos da costa do Brasil: Fortaleza, Natal, Salvador, Niterói, Caraguatatuba, Florianópolis, perfazendo, assim, 5.000Km de distância entre dois pontos extremos que são Fortaleza e Florianópolis (3°45' a 27°35' Lat S). O período de amostragem (março 1988-junho 1989) incluiu duas estações chuvosas e duas secas em todos os seis pontos. As coletas foram efetuadas por evento, isto é, coletava-se o volume total de chuva precipitado em cada evento, ao mesmo tempo em que as estações meteorológicas de cada local registravam a respectiva pluviometria. As amostras foram obtidas aos pares, utilizando-se dois funis de polietileno, conectados a duas garrafas (descartáveis) também de polietileno. Os funis eram lavados pela manhã e à noite,

* Trabalho financiado pela FINEP.

¹ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE, São José dos Campos, Brasil.

² Instituto de Física, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Brasil.

³ Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.

⁴ Instituto de Física, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Brasil.

⁵ Universidade Federal Fluminense, Niterói, Brasil.

⁶ Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil.

diariamente, com água deionizada, o mesmo procedimento ocorrendo após cada coleta. As análises químicas foram efetuadas também em duplicatas, isto é, em todas as amostras obtidas. Análises de pH foram feitas imediatamente após a coleta em uma alíquota da amostra, e uma outra alíquota era separada, preservada com clorofórmio, e enviada de avião ao INPE onde foram efetuadas as demais análises: sódio, cálcio, potássio e magnésio foram analisados por espectrometria de absorção atômica; cloreto, sulfato e nitrato por cromatografia iônica líquida e amônio por eletrodo de íons seletivos.

Neste trabalho (por limitação de espaço) apenas serão apresentados os resultados referentes ao sulfato, nitrato, amônio e acidez das águas de chuva, para os locais estudados.

A Tabela 1 dá as concentrações médias ponderadas (a ponderação é feita em relação à pluviometria da amostra) de sulfato, nitrato e amônio, as pluviometrias médias nos dois anos de coleta e as médias aritméticas de pH. Observa-se pelos dados apresentados nessa tabela que a maior acidez obtida foi para a cidade de Caraguatatuba, seguida de Natal, justamente para os dois únicos locais não industrializados. As demais cidades ou possuem parques industriais importantes (Rio de Janeiro e Salvador) ou de porte médio (Fortaleza e Florianópolis), apresentando, no entanto menor acidez. Por outro lado, observa-se também que as maiores concentrações de sulfato são encontradas em Niterói, Caraguatatuba, Florianópolis e Salvador, enquanto que as de nitrato nas três primeiras citadas. Esta constatação, assim como os resultados de testes estatísticos efetuados (não apresentados aqui), parecem sugerir que não existe correlação entre acidez e teores de sulfato e nitrato. No entanto, só com o estudo completo da composição química da precipitação a existência ou não de tal correlação poderá ser explicada. A acidez das chuvas de Caraguatatuba (assim como os elevados teores de sulfato, nitrato e amônio) pode ter duas origens possíveis: a presença da Mata Atlântica e/ou a contribuição da poluição de outras regiões através das frentes frias provenientes do Sul do país que precipitam em parte nessa cidade.

Observa-se também na Tabela 1 que as águas de chuva de Natal são as que apresentaram as mais baixas concentrações iônicas (inclusive para os outros íons estudados), evidenciando uma contribuição de origem essencialmente marinha (e, portanto natural), sugerindo a possibilidade de sua utilização como “chuva padrão” para estudos geoquímicos: a composição química das águas de chuva de Natal seria tomada como base de referência para a avaliação da contribuição oceânica, e, a partir desses

resultados, seriam inferidas as contribuições de origem antropogênica nos demais locais, observando-se, é claro, os parâmetros geoclimáticos inerentes à cada região.

Na Tabela 2 estão apresentadas as contribuições iônicas via atmosfera em sulfato, nitrato e amônio (em g/m²-ano), que correspondem à taxa de precipitação iônica total nesses locais.

É evidente, através destes dados, que a taxa de precipitação de sulfato aumenta diretamente em função do grau de industrialização das cidades, o mesmo ocorrendo (com exceção de Caraguatatuba) para o nitrato e amônio. Esta observação leva-nos a admitir que uma contribuição importante de nitrato e amônio em Caraguatatuba provém da mata Atlântica (contribuição biogênica), sugerindo a possibilidade de que parte da acidez detectada na região esteja ligada à presença de ácidos orgânicos.

Um trabalho completo, incluindo concentrações e comportamento geoquímico dos dados analisados, serão publicados posteriormente.

Tabela 1 - Pluviometria média dos dois anos de coleta (1988-1989) em mm. Concentrações iônicas médias ponderadas em mg/l. Precisão ± 10%. Médias aritméticas de pH.

Local	Pluv.	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	pH
Fortaleza	1757	0,40	0,13	0,08	5,3±0,6
Natal	1658	0,21	0,04	0,03	5,0±0,6
Salvador	2588	0,61	0,06	0,03	5,6±0,5
Niterói	1506	1,66	0,42	0,21	5,4±0,7
Caraguatatuba	1672	1,00	0,48	0,28	4,0±0,6
Florianópolis	1358	0,44	0,44	0,21	5,7±0,6

Tabela 2 – Entrada em g/m²-ano, via atmosfera, dos íons estudados (1988-1989) para os seis locais de coleta.

Local	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺
Fortaleza	0,70	0,23	0,14
Natal	0,35	0,07	0,05
Salvador	1,58	0,16	0,08

Niterói	2,50	0,63	0,32
Caraguatatuba	1,67	0,80	0,47
Florianópolis	1,28	0,60	0,29

RELATÓRIO RESUMIDO SOBRE A REUNIÃO FINAL DO PROJETO COST = “FÍSICO-QUÍMICA DA PRECIPITAÇÃO PLUVIAL NA COSTA DO BRASIL”

De 12 a 15 de novembro de 1990 teve lugar em Natal, na sede INPE/Natal a reunião para discussão dos resultados do projeto e avaliação do mesmo.

Estiveram presentes os participantes do projeto em cada um dos Estados envolvidos, assim como representantes das Secretarias de meio Ambiente dos mesmos:

- a) Profa. Dra. Marlúcia Santiago/ Univ. Federal do Ceará.
- b) Profa. Mestre Cleonice Furtado/ Univ. Federal do Rio grande do Norte.
- c) Prof. Mestre Clemiro Ferreira/ Univ. Federal da Bahia.
- d) Prof. Mestre Emanuel V. da Silva Filho/ Univ. Federal Fluminense.
- e) Prof. Antonio Luis Magalhães/ Responsável pelo Projeto em Caraguatatuba.
- f) Profa. Dra. Lycia Maria Moreira Nordemann/ INPE – Coordenadora do Projeto e Responsável pelo mesmo perante a FINEP.

A Profa. Dra. Clarice Panitz da Univ. Federal de Santa Catarina, responsável pelo Projeto em Florianópolis não pode comparecer.

Também estiveram presentes:

- g) A técnica da FINEP, Patrícia Freitas, que acompanhou o projeto e substituiu a Sra. Sandra Haccon durante ao exterior.
- h) O Dr. Helder Costa da Secretaria de meio Ambiente do Rio de Janeiro e da FEEMA.
- i) O Dr. Rolf Pohlig/SEMAGE (Secretaria de meio Ambiente do Ceará).
- j) Profa. Rita Maria Pimentel Leal/ CRA (Centro de Recursos Ambientais – Bahia).

A reunião ficou prejudicada devido à mudança do feriado, que do dia 15 de Novembro passou para dia 12 de novembro voltando finalmente e inesperadamente para o dia 15. E este fato impediu que mais 2

representantes de Secretarias comparecessem e causou tumulto na programação e horário de chegada de alguns participantes.

Na reunião, a Dr. Lycia Maria Moreira Nordemann fez um relato sobre o histórico do projeto, e apresentou os resultados obtidos: O Projeto foi por ela apresentado e negociado junto à FINEP, obtendo assim financiamento deste órgão para coletores, equipamentos, material de consumo e serviços de terceiros e encargos.

As coletas e medidas de pH ficaram a cargo dos participantes em cada uma das cidades. Estes deveriam também fornecer dados climatológicos dos locais e indicações úteis para interpretação dos resultados. As amostras eram enviadas por via aérea ao INPE/SÃO JOSÉ DOS CAMPOS onde eram analisadas. Foram obtidos 312 pares de amostras, totalizando 5000 análises pois foram determinados 8 parâmetros (teores de Na, Ca, K, Mg, Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} e NH_4^+).

Após o histórico do projeto e apresentação dos resultados houve uma discussão com todos os participantes, cujas conclusões estão resumidamente expostas a seguir:

- 1º) Ficou patente que este foi um trabalho pioneiro, envolvendo diversas instituições e espalhado em 6 pontos da costa do Brasil, distante 5.000 Km (entre Natal e Florianópolis) ponto a ponto.
- 2º) A qualidade da atmosfera tem papel preponderante no diagnóstico ambiental de uma região, e a composição química das águas de chuva reflete de modo preciso a qualidade da atmosfera. Em particular, a chuva como principal agente de recarga de aquíferos (rio, lagos, poços subterrâneos) se contaminada ou poluída, irá também poluir estes aquíferos.
- 3º) Entre as cidades estudadas (Fortaleza, Natal, Salvador, Niterói, Caraguatatuba e Florianópolis) destacou-se a excelente qualidade da chuva de Natal, refletindo essencialmente a contribuição de origem marinha. O oceano, como maior fonte de íons na atmosfera, influencia a composição química das águas de chuva, e em regiões costeiras tal contribuição se torna mais acentuada, como esperando. As chuvas de Natal estão isentas de contribuições de origem antropogênica o mesmo não acontecendo nas demais cidades estudadas.

- 4º) O pH das águas de chuva está em torno de 5, sendo menos ácido em Salvador (pH = 5,6) e Florianópolis (pH = 5,7) e bem mais ácido em Caraguatatuba (pH = 4,0).
- 5º) Foram discutidas as fontes de elementos na atmosfera, tanto de origem natural quanto antropogênica, em cada uma das cidades. Também foram discutidas as influências das condições climáticas, tanto de caráter local quanto global.
- 6º) A cidade de Niterói (e certamente é equivalente para o Rio de Janeiro, segundo os dados disponíveis para esta cidade) é a que mais apresenta sinais de degradação da qualidade da atmosfera. O representante do Rio acredita que a poluição é proveniente de São Paulo, com a ocorrência de frentes frias, e carregando na sua passagem os poluentes de São Paulo para o Rio. Um estudo tentando separar eventos decorrentes de frentes frias dos convectivos será feito para testar tal hipótese. Foi sugerido que em caso afirmativo, São Paulo deveria pagar “royalites” ao Rio como indenização pela poluição causada.
- 7º) As águas subterrâneas de Fortaleza e adjacências estão apresentando altos teores de nitrato. Isto se deve ao fato de que as águas de chuva nesta região, estão com 3 vezes mais nitrato que as de Natal.
- 8º) As águas de chuva de Natal serão consideradas como tendo uma composição química isenta de poluição e representativa das águas de chuva das regiões costeiras no Brasil. Serão tomadas como referência, em relação à qual as demais serão comparadas. Será a “chuva padrão” de região costeira.
- 9º) Várias outras conclusões de cunho científico foram discutidas. Porém, a discussão detalhada dos resultados, assim como as conclusões finais serão apresentadas no relatório final, que será encaminhado à FINEP em março de 1991. Artigos científicos serão publicados posteriormente.

Além da discussão de cunho científico foram também discutidas as dificuldades encontradas na realização do projeto:

- k) Dificuldade de comunicação entre os participantes.
- l) Atraso na liberação das verbas pela FINEP.
- m) Verbas defasadas, liberadas em dezembro de 89 com OTN de Janeiro de 89.
- n) Verba sem poder ser utilizada porque o crédito ficou “preso” no INPE devido a mudanças de Ministério que o INPE sofreu.

- o) Alguns dos colaboradores não enviaram os dados climatológicos pedidos, em tempo, o que atrasou a interpretação dos resultados.
- p) Atraso nas análises químicas porque, as colunas de troca iônica do cromatógrafo de íons não foram substituídas à tempo e as existente já tinham sido gastas nas primeiras análises.

No mais, ficou patente a dedicação e eficiência dos técnicos da FINEP, especialmente Sandra Haccon e Patrícia Freitas, que não pouparam esforços para contornarem as dificuldades surgidas na execução do Projeto e sendo sempre acessíveis no tocante à comunicação.

Também contamos com a colaboração e eficiência do Dr. Aduino Motta, Coordenador do INPE/Natal, que não só ofereceu toda infraestrutura para a realização da reunião como deu apoio ao projeto em Fortaleza e Natal, durante toda sua execução.

Estes e outros pontos também serão discutidos com mais detalhes no Relatório Final.

Mas apesar de todas as dificuldades encontradas e de ter sido realizado num período dos mais conturbados pelo qual o país atravessou, o projeto chegou à sua fase final e teve êxito, conforme assinou a Dra. Marlúcia Santiago. Também a técnica da FINEP declarou que esta organização já financiou vários trabalhos como este envolvendo várias Instituições, tanto por sugestão de pesquisadores quanto da própria FINEP, e foi este primeiro que chegou a ser concluído.