

Eixo Temático ET-05-015 - Recursos Hídricos

CHUVA ÁCIDA: ESTUDO DE CASO NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM/PA

Cleyton Eduardo Costa, Danilo Cunha de Oliveira, Gabriela Doce Silva Coelho de Souza, Gabriela Rousi Abdon da Silva, José Marcelino de Oliveira Junior, Neyson Martins Mendonça

Universidade Federal do Pará. Instituto de Tecnologia. Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental.

RESUMO

A chuva ácida é um problema que vem se intensificando nas cidades, principalmente nas cidades mais desenvolvidas e que são consideradas polos industriais, como por exemplo São Paulo. A ocorrência da chuva ácida nas cidades pode afetar tanto na saúde da população como causar danos a patrimônios públicos. Em algumas cidades, pela proximidade com a floresta, por descaso do poder público e até mesmo pela mitificação da falta de indústrias, o quesito “chuva ácida” muitas vezes não é estudado e muito menos seus danos são amenizados. Diante desses fatos, foi realizado um estudo de caso levando em consideração a região metropolitana de Belém, capital do estado do Pará, mais especificamente no bairro do Guamá, no estudo foram analisados parâmetros importantes para comprovação da presença da chuva ácida e abordadas formas de amenizar os danos.

Palavras-chaves: Chuva Ácida; Poluentes.

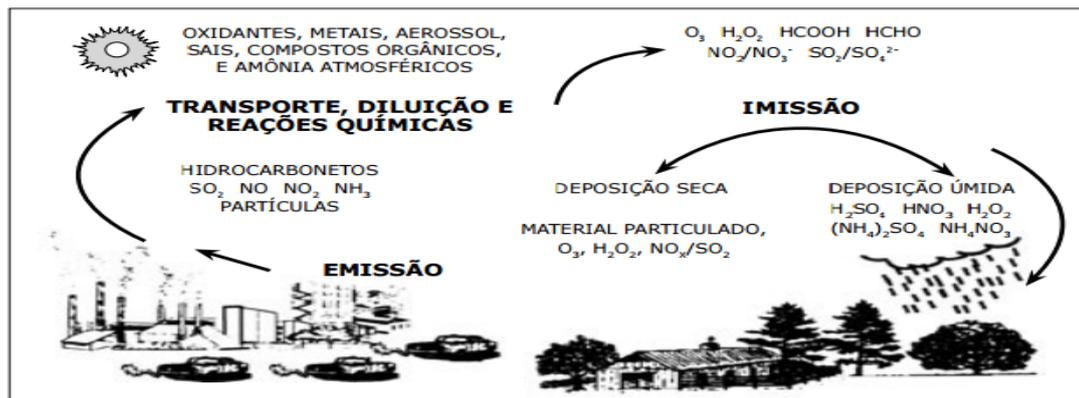
INTRODUÇÃO

A chuva ácida é um problema ambiental conhecido em boa parte do mundo, principalmente em regiões industrializadas. Essa acidez está associada, principalmente, à presença de ácidos sulfúrico e nítrico, produtos da oxidação dos compostos de enxofre (SO₂) e nitrogênio (NO_x = NO + NO₂) emitidos por processos de queima, especialmente de combustíveis fósseis (Mirlean *et al.*, 2000).

O termo “chuva ácida” surgiu pela primeira vez no século XIX. Já nessa época constatou-se que a composição química da precipitação era influenciada pela queima de carvão, decomposição de matéria orgânica, direção dos ventos, proximidade do mar, quantidade e frequência de chuva. Observou-se, ainda, que as chuvas ácidas causavam prejuízos às plantas e materiais, além da primeira associação desses efeitos com a presença de ácido sulfúrico (Cowling, 1982).

A água de chuva contém impurezas mesmo na ausência da influência humana, sendo que o equilíbrio com o CO₂ (330 ppm) atmosférico causa uma fraca acidez, pH = 5,7. Sendo, portanto, esse valor de pH considerado “fronteira natural” na caracterização da acidez de águas de chuva. O pH pode apresentar valores menores, mesmo em regiões consideradas não poluídas, variando consideravelmente em função da eficiência de “limpeza” pela deposição úmida, bem como condições geográficas dos ciclos de enxofre, nitrogênio e água e até mesmo emissões naturais de ácidos carboxílicos (Godish, 1997, Gaffney *et al.*, 1987).

Figura 1 - Processos e compostos químicos atmosféricos envolvidos na formação da deposição ácida.



Fonte: Fornaro, 1991

A composição química de um evento de chuva é resultado do conjunto de diversos fatores, pois os processos atmosféricos são dinâmicos e complexos, envolvendo emissão, transporte, diluição, transformação química, emissão de poluentes (Figura 1). Assim, a precipitação ácida pode ocorrer como deposição seca ou úmida, não sendo o fenômeno limitado pela presença de chuva. Portanto, atualmente, o conceito mais adequado para o fenômeno da chuva ácida é “deposição ácida”. As fontes ou emissores de poluentes podem ser tanto naturais (por exemplo, vulcões) quanto devidas à ação humana (por exemplo, processos industriais). Tais fontes também podem ser classificadas como estacionárias (indústrias em geral, postos de gasolina, vulcões, etc.) e móveis (veículos em geral). Dessa forma, na atmosfera podem estar presentes grandes variedades de poluentes, que inicialmente são classificados como:

- Poluentes primários – aqueles emitidos diretamente pelas fontes (SO₂, NO, NH₃, hidrocarbonetos, material particulado, etc.);
- Poluentes secundários – aqueles formados na atmosfera através de reação química entre poluentes primários e constituintes naturais da atmosfera (O₃, H₂O₂, ácidos sulfúrico e nítrico, etc.).

Dessas principais fontes de poluentes atmosféricos destacam-se a queima de combustíveis (gás natural, carvão, gasolina, álcool, diesel, etc.); processos industriais (fundições, refinarias, fabricação de fertilizantes ou papel, etc.); queimadas (florestas, plantações); sal marinho; erupções vulcânicas; suspensão do material particulado do solo; reações químicas na atmosfera (também classificados como processos de remoção de poluentes, pois quando uma espécie é transformada em outra se tem um mecanismo de remoção da espécie original). Adicionalmente, dentre os principais poluentes originados desses emissores merecem destaque o material particulado (tamanho, massa e composição química variável), os já mencionados CO e CO₂, NO_x, SO₂, hidrocarbonetos, ácidos orgânicos, além de íons em geral (Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, Na⁺, K⁺, NH₄⁺, Mg²⁺, Ca²⁺), metais (Fe, Cu, Pb, Ni, Cd, etc.) e ozônio (O₃).

De forma complementar, a remoção desses poluentes ocorre por dois mecanismos:

1. Deposição seca – corresponde à sedimentação gravitacional e à interceptação do material particulado ou absorção de gases por superfícies como solo, vegetação, edificações;

2. Deposição úmida – corresponde à absorção de poluentes gasosos (como SO₂ ou NH₃) e partículas por gotas de nuvem (remoção dentro da nuvem) e por arraste durante queda das gotas (remoção abaixo da nuvem) na forma de neblina, chuva ou neve.

OBJETIVO

O presente estudo tem como objetivo principal caracterizar a água de chuva que é precipitada na região metropolitana de Belém, na tentativa de classifica-la como chuva ácida ou não.

METODOLOGIA

Decidiu-se então, verificar se a chuva ácida ocorre na região de Belém, mais precisamente no bairro do Guamá. Para isso foi coletado uma amostra de água da chuva, correspondente ao dia 11 de fevereiro de 2016.

A coleta procedeu da seguinte forma, foi colocado um balde com capacidade volumétrica de 15L ao lado do prédio pertencente a Faculdade de Engenharia Sanitária Ambiental, sendo que quando ocorreu a precipitação a amostra foi armazenada em recipiente esterilizado e armazenado em uma geladeira para a execução dos ensaios no dia seguinte. Foram analisados os seguintes parâmetros:

- Potencial hidrogeniônico – pH (método potenciométrico, procedimento 4500-H+ B);
- Alcalinidade total (método titulométrico, procedimento 2320-B);
- Acidez total (método titulométrico);
- Dureza cálcica e magnésiana (método colorimétrico calgamítico, procedimento 2340 C);
- Nitrogênio amoniacal (método de nesslerização, procedimento 4500-NH₃ B);
- Condutividade elétrica (método potenciométrico);
- Sólidos totais dissolvidos (método gravimétrico);
- Sulfato (método SulfaVer 4);

Vale ressaltar que as análises seguiram o que é recomendado pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA/AWWA/WEF, 1998) e manual de análises do Espectrofotômetro HACH DR 3900. As análises foram realizadas no Laboratório Multiusuário de Tratabilidade de Águas (LAMAG) de responsabilidade do Grupo de Estudos em Gerenciamento de Águas e Reuso de Efluentes (GESA) da Universidade Federal do Pará (UFPA).

Posteriormente, foi utilizado o índice de Langlier, que indica a tendência corrosiva/incrustante de uma dada amostra, esse índice já foi utilizado como parâmetro para a possível classificação da água da chuva como sendo ácida, em um trabalho de conclusão de curso da universidade UNESP, Campus Rio Claro (MURAKAMI, 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A ocorrência de chuvas se dá devido a radiação solar que incide no solo, fazendo com que a água evapore, e condense em grandes altitudes formando as nuvens. Quando há a saturação das nuvens ocorre a precipitação e esse fato ocorre inúmeras vezes. Portanto, a água da chuva de certa forma deveria se assemelhar com a água destilada, sendo livre quase que integralmente de impurezas, como sólidos dissolvidos (íons), e o seu pH deveria tender a neutralidade (7). No entanto, tal fato não ocorre em centros

urbanos, devido a poluição presente na atmosfera, na tabela 01 são apresentadas as características encontradas na água da chuva do bairro do Guamá.

Tabela 01 – características físicas e químicas da água da chuva no bairro do Guamá, Belém-Pa.

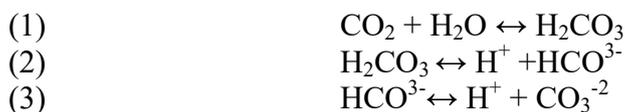
-	Unidade	Amostra
pH	-	5,84
Alcalinidade T.	Mg CaCO ₃ /L	0,27
Acidez T.	mg HAC/L	3,63
Dureza Cálcica	mg Ca ⁺² /L	0,09
Dureza Magnésiana	mg Mg ⁺² /L	0,06
Nitrogenio Amoniacal	mg N-NH ₃ /L	0,15
Condutividade	μS/cm	81,3
Sólidos Dissolvidos	mg/L	56,91
Sulfato	mg SO ₄ ⁻² /L	6

Fonte: Autores, 2016.

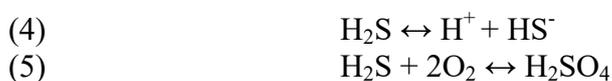
Nota-se que a água da chuva não possui as características de uma água destilada, apresentando concentração de sólidos dissolvidos e condutividade elétrica de 56,91 mg/L e 81,3 μS/cm, respectivamente. Provando que há íons nessa amostra, já que a condutividade elétrica é a capacidade da amostra em conduzir corrente elétrica (SPERLING, 2014).

As concentrações dos poluentes primários da chuva ácida são encontradas, sendo o nitrogênio amoniacal e enxofre (nesse caso em forma de sulfato) com concentrações de 0,15 mg N-NH₃/L e 6 mg SO₄⁻²/L, respectivamente. Indicando a possível contaminação atmosférica e causando mudanças nas características físico e químicas das chuvas. Foram também encontradas pequenas concentrações de cálcio e magnésio nas águas precipitadas, com concentrações de 0,09 mg Ca⁺²/L e 0,06 mg Ca⁺²/L, mostrando pouca importância na água da chuva.

Na variável pH obteve-se valor de 5,84 caracteristicamente ácido, denotando interferência de poluentes na sua característica original. A alcalinidade e a acidez total são a capacidade de dada amostra a resistir a variação de pH, sendo a alcalinidade para a o pH ácido, e a acidez para a o pH básico (SPERLING, 2014). Os principais componentes da alcalinidade total são os carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos, que são provenientes da reação do CO₂ na atmosfera. A seguir pode-se ver a reação de equilíbrio dos carbonatos:



Os principais componentes da acidez total são a reação com o gás carbônico livre e o gás sulfídrico, presentes na atmosfera. A seguir são apresentado as equações de equilíbrio com o enxofre:



Para a utilização do índice de Langlier tem que ser utilizados as seguintes variáveis: temperatura, pH, dureza e alcalinidade total. O índice de langlier é expresso por (AQUA AMBIENTE, 2004):

$$(6) \quad LSI = pH_A - pH_S$$

Onde: pH_A : pH da água; pH_S : pH de saturação;

Por sua vez, o pH de saturação pode ser obtido graficamente ou analiticamente a partir da seguinte expressão:

$$(7) \quad pH_S = 9.3 + A + B - C - D$$

A, B, C e D dependem respectivamente do teor de sólidos totais dissolvidos, da temperatura, do teor de cálcio e da alcalinidade total da água de refrigeração.

$$(8) \quad A = \text{LOG} (\text{TDS} - 1)/10$$

$$(9) \quad B = 13,12 * \text{LOG} (T^{\circ}\text{C} + 273) + 34,55$$

$$(10) \quad C = \text{LOG} (\text{CA}^{+2})$$

$$(11) \quad D = \text{LOG}(\text{Alcalinidade total})$$

Na Tabela 02 é apresentado a interpretação dos valores obtidos com o Índice de Langlier.

Tabela 02: interpretação dos valores do Índice de Langlier.

Em equilíbrio químico	LSI=0
Com tendência a ser corrosivo	LSI<0
Com tendência a ser incrustante	LSI>0

Fonte: Aqua Ambiente, 2004.

Obteve-se um índice de Langlier de -7,73, ou seja, a água apresenta valor menor que zero, portanto tem tendências a ser corrosivo. Observou-se um afastamento considerável do ideal, 0, que era o esperado, já que é água da chuva e deveria ter características de água destilada, sendo provavelmente afetada por fatores externos, como a poluição atmosférica.

CONCLUSÃO

Percebesse-se uma alteração significativa na água da chuva ideal e a observada na prática, essa diferença possivelmente está relacionada às indústrias presentes na cidade de Belém mais especificamente no distrito industrial, além de intervenções nas proximidades da cidade com a produção de alumínio e seu transporte hidroviário e com a retirada de madeira nas ilhas localizadas aos arredores da região metropolitana de Belém.

É necessário um estudo mais aprofundado no assunto visando perceber as alterações dos valores obtidos em relação ao tempo e a sazonalidade de chuva da região. Objetivando um cuidado maior com o clima e nas adversidades ocasionadas com a sua alteração, principalmente quando tange a saúde dos seres que vivem na região, além das preocupações com deterioração do patrimônio público e privado.

REFERÊNCIAS

APHA. American Public Health Association. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. Washington, DC: APHA. 1998.

AQUA AMBIENTE. **Tratamento de águas potáveis**. Relatório técnico. 2004.

COWLING, E. Acid Precipitation in Historical Perspective. **Environmental Science Technology**, v. 16, n. 2, 110A-123A, 1982.

FORNARO, A. Águas de Chuva: Conceito e breve histórico. Há chuva ácida no Brasil? **Revista USP**, n. 70, p. 78-87, 2006.

GAFFNEY, J. S., STREIT, G. E., SPAL, W. D., HALL, J. H. Beyond acid rain. **Environ. Sci. Technol.**, v. 21, n. 6, p. 519-524, 1987.

GODISH, T. **Air Quality**, 3. ed. Boca Raton: Lewis Publishers, 1997.

MIRLEAN, N., VANZ, A., BAISCH, P. Níveis e Origem da Acidificação das Chuvas na Região do Rio Grande, RS. **Quim. Nova**, v. 23, n. 5, p. 590-593, 2000.

MURAKAMI, M. F. **Caracterização físico-química e microbiológica de diferentes amostras de uma precipitação coletada e armazenada após a passagem por telhado**. Trabalho de conclusão de curso. Faculdade de Engenharia Ambiental. UNESP. Rio Claro, 2007.

SPERLING, M. V. **Introdução da Qualidade das Águas e ao Tratamento dos Esgotos**. 4. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014. v. 1.