

VI-157 – OCORRÊNCIA DE CHUVA ÁCIDA EM BELO HORIZONTE

Cícero Antonio Antunes Catapreta⁽¹⁾

Eng. Civil (PUC-MG), Mestre e Doutor em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos (UFMG), Engenheiro Sanitarista da Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte/MG, Professor Adjunto do Instituto UNA/MG de Tecnologia (UNATEC), Brasil.

Fernanda Carla Wasner Vasconcelos

Graduada em Ciências (PUC-MG), Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos (UFMG), Doutora em Ciências (UFLA). Coordenadora da Graduação Tecnológica em Gestão Ambiental e professora adjunta no Instituto UNA de Tecnologia (UNATEC), Brasil.

Marcelo Lucinda Durço

Estudante de Graduação do curso de Engenharia Ambiental do Centro Universitário UNA/MG.

Endereço⁽¹⁾: Centro Universitário UNA. Campus Barro Preto. Rua Goitacazes, 1159, bairro Barro Preto - Belo Horizonte – Minas Gerais - CEP 30190-051 – Brasil – Tel: +55 (31) 3508-6605 – email: cicero.catapreta@prof.una.br.

RESUMO

A chuva ácida e a acidificação do meio ambiente são temas ambientais que, apesar de poucos discutidos no Brasil, nos últimos anos tem preocupado, face à possibilidade de aumento da emissão de gases gerados por fontes antrópicas, como a agricultura, indústria de manufatura e da queima de combustíveis fósseis. Considerando isso, o presente trabalho tem como objetivo geral investigar a ocorrência e distribuição da precipitação de chuva ácida no município de Belo Horizonte, Estado de Minas Gerais. Novos dados são apresentados, complementando outro estudo realizado nessa cidade entre os anos de 2010 e 2011. Nesse trabalho são apresentados e discutidos os dados observados no período compreendido entre os anos de 2011 e 2012. A partir dos resultados observados, concluiu-se que estes sugerem que as Regionais Administrativas Venda Nova, Leste e Noroeste estão mais propícias à ocorrência de chuvas ácidas. Os resultados indicaram que a regional Noroeste está propícia à ocorrência de chuva ácida, porém em menor escala. Não foi identificada nenhuma fonte antrópica que poderia estar contribuindo para tal situação. O trabalho também indicou que a inexistência de dados anteriores e a necessidade de coletar um maior número de amostras coletadas propiciarão uma associação mais profunda dos dados levantados inclusive devido ao fato de não se analisar todas as substâncias que poderiam estar presentes na água e também influenciar nos resultados.

PALAVRAS-CHAVE: Deposição Ácida, Meio Ambiente, Monitoramento, Precipitação, Qualidade de Ar.

INTRODUÇÃO

A Revolução Industrial, ocorrida no século XVIII, trouxe vários avanços tecnológicos e mais rapidez na forma de produzir, por outro lado originou uma significativa alteração no meio ambiente, principalmente, devido às emissões emitidas pelas máquinas a vapor então instaladas. Neste contexto, em 1872, surgiu, o termo chuva ácida, tendo sido o primeiro estudo, no sentido de investigá-la, realizado na cidade industrial de Manchester, Inglaterra.

A chuva é um processo eficiente de remoção de material particulado, compostos químicos e gases poluentes presentes na atmosfera. A ocorrência de chuvas ácidas é um problema ambiental muito conhecido mundialmente, em particular, nas regiões de maior concentração industrial. A quantidade de substâncias depositadas e/ou transportadas pela chuva é influenciada, principalmente, pelas emissões locais e regionais, altitude em relação ao nível do mar e condições meteorológicas, como campo de vento e altura da camada de mistura (Martins, 2008).

Segundo a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos da América – USEPA (*United States Environmental Protection Agency*) (USEPA, 2011), a chuva ácida é um termo amplo que se refere a uma mistura de deposição úmida e seca (material depositado) da atmosfera superior contendo quantidades normais de ácido nítrico e sulfúrico. Os precursores ou químicos precursores, de ácido são resultados da formação de

chuva, tanto de fontes naturais, como vulcões e vegetação em decomposição e, pelo homem, de fontes, principalmente as emissões de dióxido de enxofre (SO₂) e óxidos de nitrogênio (NO_x), resultante da queima de combustíveis fósseis. Nos Estados Unidos, cerca de dois terços de todos os SO₂ e 1/4 de todos os NO_x são provenientes de geração de energia elétrica que depende da queima de combustíveis fósseis, como carvão. A chuva ácida ocorre quando esses gases reagem na atmosfera com oxigênio, água e outros produtos químicos para formar diversos compostos ácidos. O resultado é uma solução suave de ácido sulfúrico e ácido nítrico.

No Brasil, o caso mais marcante foi o da Região da Serra do Mar, causada pelas indústrias de Cubatão. Os trechos de Mata Atlântica que recobrem a Serra do Mar nas proximidades de Cubatão, no litoral de São Paulo, e a Floresta da Tijuca, no Rio de Janeiro, já sofreram efeitos da chuva ácida. Alguns trechos foram parcialmente destruídos, tornando-se necessário reflorestar os locais para que os solos não ficassem expostos à ação do clima, com o risco de causar deslizamentos de terra.

Nos EUA, as usinas termoeletricas são responsáveis por praticamente 65% do dióxido de enxofre lançado na atmosfera, o solo dos Montes Apalaches também está alterado: tem uma acidez dez vezes maior que a das áreas vizinhas, de menor altitude e, com vezes maior que a das regiões onde não há esse tipo de poluição. Isso ocorre, porque áreas montanhosas tendem a receber precipitações de chuvas anexas às correntes de ar que transportaram quantidades de gases como o dióxido de enxofre fazendo com que ocasione a chuva ácida.

Na Região Metropolitana de Belo Horizonte, a existência de diversas indústrias e a queima de combustíveis fósseis, principalmente por veículos automotores, está entre as fontes que podem estar contribuindo para que ocorram alterações da qualidade ambiental em determinadas áreas.

A chuva ácida é uma das consequências desta poluição, podendo provocar diversos impactos à saúde humana, ao meio ambiente e ao patrimônio público, sendo um dos mais importantes parâmetros nos estudos da poluição atmosférica. Dentro desse contexto, torna-se importante e oportuna a avaliação da qualidade das águas provenientes de precipitações pluviométricas no município de Belo Horizonte, com ênfase para a avaliação de sua acidez.

Considerando isso, o presente trabalho tem como objetivo geral investigar ocorrência e distribuição da precipitação de chuva ácida no município de Belo Horizonte, Estado de Minas Gerais, no período de 04 de janeiro de 2011 a 18 de maio de 2012.

MATERIAIS E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo escolhida foi o município de Belo Horizonte, o qual se encontra inserido em um ambiente urbano, caracterizado pela presença de indústrias e outras por residências, fatos que podem influenciar a ocorrência de chuvas ácidas.

O município de Belo Horizonte, capital do Estado de Minas Gerais, encontra-se localizado na Região Sudeste do Brasil, é a sexta cidade mais populosa do país, possuindo uma população estimada de aproximadamente 2,45 milhões de habitantes e se insere em uma Região Metropolitana, formada por 34 municípios, cuja população é estimada em 5,4 milhões, sendo a terceira maior aglomeração populacional brasileira, sétima da América Latina e 62º do mundo (IBGE, 2010). Na figura 1, pode ser observada a localização geográfica do município de Belo Horizonte e suas regionais administrativas.



Figura 1 - Localização do município de Belo Horizonte (MG) e Regionais Administrativas.

AMOSTRAGEM

O estudo foi realizado ao longo de 2 anos (2010-2012), tendo sido possível coletar dados de pH, condutividade elétrica e STD, os quais permitiram fazer uma avaliação da acidez das águas de chuva na região de Belo Horizonte.

REDE DE MONITORAMENTO

A área de estudo abrangeu todo o município e a escolha dos locais para implantação da rede de monitoramento atendeu aos critérios envolvendo fatores ambientais, condicionantes da qualidade do ar, tais como: a localização das fontes de poluição, por exemplo. A definição dos pontos de instalação dos coletores de águas de chuvas foi feita de modo que se ficasse o mais homogêneo possível, tendo sido feita uma varredura espacial da localização das escolas da rede pública de ensino da capital mineira, e estabelecendo uma distância média razoável entre cada ponto, a partir disto foram selecionados os pontos de instalação dos coletores.

Assim, foram definidos 28 pontos de amostragem distribuídos em todo o município de Belo Horizonte, como pode ser observado em Catapreta *et al.* (2011), para instalação dos coletores de águas de chuvas. Esses locais compreendem escolas, igrejas e instituições públicas e privadas que se dispuseram a contribuir com esta pesquisa.

COLETORES DE AMOSTRAS DE ÁGUAS

A amostragem de água de chuva foi realizada através de um coletor volumétrico de PVC em forma de funil, acoplados a um *becker* – também de PVC - com capacidade para até 2,0 litros, ambos suportados por uma estrutura metálica. Este amostrador pode ser observado em Catapreta *et al.* (2011).

Os coletores foram instalados na parte superior das edificações. A frequência de amostragem ao longo do trabalho foi por evento chuvoso.

MEDIÇÃO DE pH, CONDUTIVIDADE ELÉTRICA E STD

Medidas de pH das amostras de água de chuva foram efetuadas através do método potenciométrico, utilizando-se um pHmetro Digimed DM – 2P (precisão de 0,05%) (Figura 4). As medidas de pH foram realizadas após a ocorrência de eventos chuvosos e, geralmente, mensurado três vezes, com intervalos de cinco minutos, durante um período de quinze minutos. As medidas de condutividade foram realizadas através de um condutivímetro Digimed DM - 3P, que faz leituras em um intervalo de 0,01 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

O aparelho condutivímetro também foi utilizado para aferir o teor de sólidos totais dissolvidos (STD) apresentando seus resultados em ppm (parte por milhão), tendo seguido as melhores práticas e repetindo o teste em triplicata, este aparelho faz uma vasta leitura de STD incluindo valores negativos e positivos.

REGISTROS DE PRECIPITAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS

Os registros de precipitações pluviométricas e outros dados climatológicos (e.g.: direção e velocidade dos ventos), foram fornecidos pela CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais. Estes dados foram obtidos por meio de estações meteorológicas instaladas na Região Metropolitana de Belo Horizonte.

ANÁLISE DOS DADOS

Para análise dos dados, foram calculadas as médias de pH através de seu logaritmo, e as médias das condutividades elétricas de cada ponto localizado em cada regional do município de Belo Horizonte. Essa média foi o ponto de partida para a análise da qualidade das precipitações.

As regionais que apresentaram valores de pH inferiores a 7 são as com maior possibilidade de ocorrência de precipitações ácidas, também analisaram-se os valores obtidos em cada medição para poder afirmar qual ponto apresentou os piores índices.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De maneira geral, os testes realizados durante os dois anos de pesquisa nos mostram uma tendência à ocorrência de precipitações ácidas. Nos dois anos de análises, observou-se uma rápida e grande redução nos valores de pH, comprovando o que se esperou com os primeiros ensaios realizados no primeiro ano de amostragem, em que não foram observadas precipitações ácidas. Entretanto o ano seguinte apresentou uma grande quantidade de valores abaixo do valor neutro 7, incluindo três (3) valores próximos ou abaixo do valor considerado pela bibliografia como valor de risco para a ocorrência de precipitações ácidas (5,6). Não precisamos colocar a referência aqui?

Na primeira etapa de análises, a regional Noroeste deteve a maior incidência de chuvas ácidas, provavelmente, por ação de ventos que varrem a atmosfera da região industrial de Contagem para este local, além do fato de que um dos coletores ali instalados, esteve localizado no aterro sanitário da rodovia BR 040, pertencente à SLU (Superintendência de Limpeza Urbana), de Belo Horizonte e algum eventual vazamento dos gases pode ter ocorrido pelas camadas das áreas de aterragem.

A segunda etapa de testes, que teve início no final do ano de 2011, apresentou valores mais satisfatórios. A regional Oeste deteve os valores mais baixos de pH sendo esta a que apresentou a maior propensão a ocorrência de chuvas ácidas no município de Belo Horizonte. Em contraposição, encontrou-se nas regionais Pampulha e Norte uma predominância de valores básicos, mesmo nestas regionais, observaram-se valores abaixo do valor de neutralidade da tabela padrão de pH e pOH o que indica que, inclusive nestes locais, podem ocorrer precipitações ácidas no decorrer dos anos, o mesmo foi observado na regional Nordeste.

A regional Leste, que detinha apenas um ponto de amostragem apresentou valores de pH, em sua maioria, próximos ao valor 7. Isto, provavelmente, se deve ao fato desta regional ser menos desenvolvida industrialmente e contar com menor fluxo de veículos automotivos. Na regional Venda Nova, apesar da disparidade dos valores encontrados observaram-se bons resultados para a ocorrência de chuvas.

Nesta fase do projeto, a regional Noroeste se mostrou bastante estável, apresentando em sua grande maioria valores ácidos. Desta maneira, esta regional continua sendo uma área de risco à ocorrência de chuvas ácidas.

Na regional Barreiro, onde se esperava valores ácidos pela excessiva presença de indústrias, observou que o pH permaneceu bastante estável, provavelmente, devido às ações dos ventos, tendo sido observado nesta regional somente um valor próximo ao crítico. Na regional Centro-Sul, observaram-se valores baixos de pH que tem como provável causa o excesso de tráfego viário.

Encontraram-se valores de pH variando entre 5,58 e 10,21 nos diferentes pontos de amostragem, sendo que a maioria dos valores encontrados estavam na faixa entre 7 e 8 na Tabela de Basicidade. A regional que apresentou uma maior propensão a ocorrência de chuvas ácidas foi a regional Oeste, que deteve o menor valor médio de pH 6,44, além desta ter apresentado um valor (5,58) abaixo do valor crítico de pH e outro muito próximo a este (5,73). A regional Barreiro também apresentou um valor de pH próximo ao crítico (5,7).

Em todos os pontos amostrais do município, foram encontrados valores de pH abaixo do valor 7 considerado pela Tabela de pH e pOH como um valor neutro.

Pode-se afirmar, com a análise dos dados obtidos, que a qualidade das chuvas que precipitam sobre o município de Belo Horizonte vem sendo reduzida com o passar dos anos. Isso se comprova quando se percebe que no primeiro ano de pesquisa não havia sido encontrado nenhum valor realmente considerado ácido pela bibliografia e, no segundo, isso já não se manteve tendo sido encontrado valores próximos ao crítico (5,6). Apesar desta constatação, e em caráter geral, considera-se que as precipitações na capital mineira como de boa qualidade, sendo que não foram encontrados valores muito abaixo do valor de acidificação, o que sugere ? um cuidado maior com os despejos de poluentes na atmosfera se faz necessário tendo em vista a grande e rápida redução dos valores de pH encontrados no município.

Com relação à condutividade elétrica, uma grande disparidade foi observada, sendo que o menor valor encontrado se situou na regional Oeste com valor de $3,87\mu\text{S}/\text{cm}$ e o maior pertenceu à regional Norte $188\mu\text{S}/\text{cm}$. O menor valor médio de condutividade pertenceu à regional Pampulha com valor de $12,46\mu\text{S}/\text{cm}$. Ressalta-se que esta regional detinha três pontos de coleta sendo que para os outros dois pontos foram aferidos valores na faixa dos $40\mu\text{S}/\text{cm}$; o maior valor médio, $49,04\mu\text{S}/\text{cm}$ esteve localizado na regional Norte.

O teste de Sólidos Totais Dissolvidos (STD) foi realizado no período compreendido entre os meses de janeiro a maio de 2012, e apresentou valor mínimo de $-1,26\text{ppm}$ na regional Centro-Sul, sendo este o único valor negativo encontrado no município, e valor máximo de $67,43\text{ppm}$ pertencente a regional Pampulha.

As figuras 5 e 6 apresentam a variação média do pH e condutividade elétrica das Regionais Administrativas de Belo Horizonte/MG, obtidos no período de testes entre 04 de janeiro de 2011 a 18 de maio de 2012.

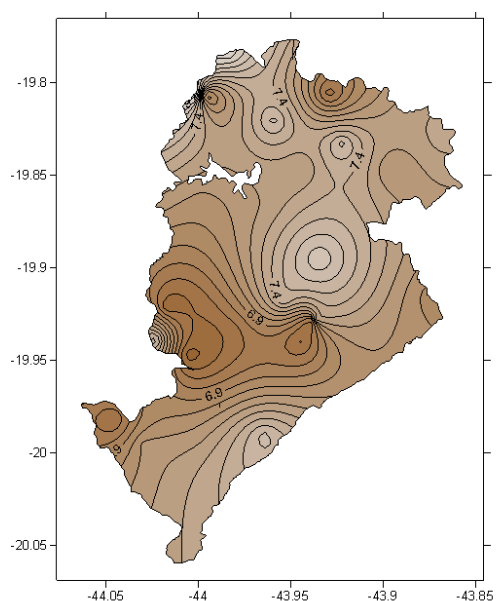


Figura 5 - Variação de pH no município de Belo Horizonte/MG (2011-2012).

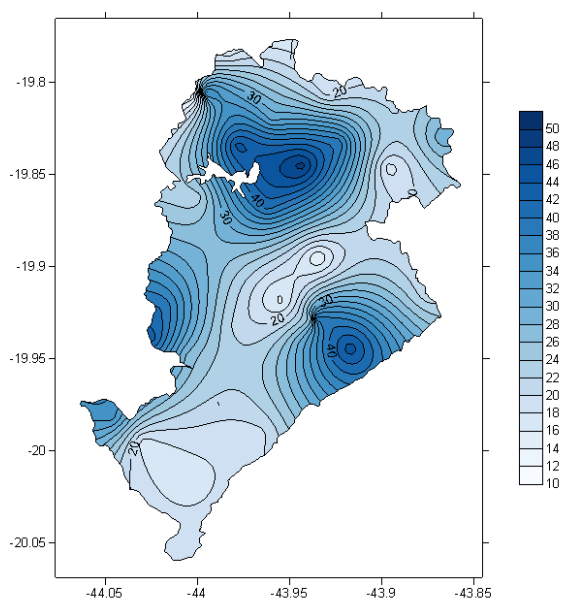


Figura 6 - Variação da condutividade elétrica no município de Belo Horizonte/MG (2011 - 2012).

Assim, de maneira geral, os resultados apresentados sugerem que as Regionais Administrativas Venda Nova, Leste e Noroeste estão mais propícias à ocorrência de chuvas ácidas. Na primeira etapa do estudo, descrita em Catapreta *et al.* (2011), as Regionais Administrativas Norte e Venda Nova, globalmente, apresentaram uma tendência maior à ocorrência de chuvas ácidas. Dessa forma, pode-se inferir que a Regional venda Nova, do conjunto de dados observados em 2 anos de investigação, está mais propícia à ocorrência de chuvas ácidas, no município de Belo Horizonte.

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que os resultados apresentados sugerem que as Regionais Administrativas Venda Nova, Leste e Noroeste estão mais propícias à ocorrência de chuvas ácidas. Em relação à regional Venda Nova, ao longo dos dois anos de estudos, esta indicou uma maior probabilidade de ocorrência de chuva ácida. A regional Noroeste, pontualmente, também está propícia à ocorrência de chuva ácida. Não foi identificada nenhuma fonte antrópica que poderia estar contribuindo para tal situação em ambas as Regionais.

A inexistência de dados anteriores e a necessidade de expandir os pontos de amostragem bem como o aprimoramento dos parâmetros a serem analisados possibilitaram uma associação mais profunda dos dados levantados e inferências mais precisas sobre o potencial de chuvas com maior ou menor acidez em cada uma das Regionais Administrativas. Este contexto permitirá analisar todas as substâncias que poderiam estar presentes na água e influenciar nos resultados que configuram o caráter de acidez ou basicidade para esta deposição.

Sugere-se que outros estudos sejam realizados, bem como seja dada continuidade ao monitoramento aumentando o número de pontos de coleta, parâmetros correlatos ainda não analisados, de maneira que se possa confirmar e refinar o observado até o momento visto a importância deste fenômeno tanto para economia, quanto para a sociedade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. MARTINS, R. F. Avaliação da qualidade das águas de chuva de Florianópolis, Tubarão, Criciúma e São Martinho, com ênfase na caracterização das influências marinhas e continentais simuladas utilizando o modelo HYSPLIT. 2008. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental - Universidade Federal de Santa Catarina, 160 p., Florianópolis/SC, 2008.
2. USEPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Acid rain, 2011. (disponível em www.epa.gov – acesso em 01/01/2011).
3. IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Demográfico 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.
4. CATAPRETA, C. A. A., VASCONCELOS, F. C. W., OLIVEIRA, F. L. P., DURÇO, M. L. Avaliação da acidez das águas de chuva no município de Belo Horizonte, MG. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 26, 2011, Porto Alegre, RS. Anais Rio de Janeiro: ABES, 2011.