
QUÍMICA AMBIENTAL

Fenômenos naturais, como as **erupções de vulcões** e **processos biológicos** produzidos por alguns tipos de microorganismos podem **aumentar a acidez** das chuvas. Os oceanos e os litorais formados de pântanos salgados e manguezais são fontes significativas de liberação de compostos ácidos para a atmosfera.

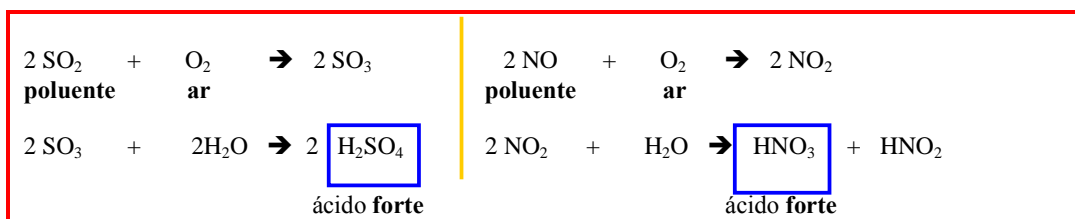
Chuva Ácida Agravada (ou Intensificada)

Valores de pH **inferiores a 5,6** indicam freqüentemente que a chuva encontra-se poluída com **ácidos fortes** como o **ácido sulfúrico** (H_2SO_4) e o **ácido nítrico** (HNO_3) e, eventualmente, com outros tipos de ácidos como o clorídrico (HCl) e os ácidos orgânicos.

Da queima de combustíveis fósseis, como o carvão e o petróleo provém a **maior parte** da poluição do ar. Os **dois** mais importantes **subprodutos** da queima desses combustíveis são **enxofre** e **nitrogênio**, que gerarão **dióxido de enxofre** e **óxidos de nitrogênio**.

Os **motores de veículos** produzem **óxidos de nitrogênio** e, conseqüentemente, também contribuem para a formação de chuvas ácidas.

As reações podem ser representadas, de forma simplificada, pelas equações abaixo :



Numa visão mais complexa, podemos dizer que os ácidos sulfúrico e nítrico são formados na atmosfera através da **oxidação fotoquímica** dos gases SO_2 , NO e NO_2 com **radicais livres** (principalmente o radical hidroxila $-\text{OH}\cdot$) ou através da oxidação destes gases ácidos com o peróxido de hidrogênio (H_2O_2), com o ozônio (O_3) ou com o oxigênio dissolvido no interior das nuvens, neblinas e na chuva, neste último caso, uma reação catalisada por espécies como Mn^{2+} , Fe^{2+} e Fe^{3+} .

A água e o solo têm capacidade de neutralizar adições de ácidos e bases até um certo limite. Só depois que ele é ultrapassado, o pH destes ambientes sofre mudanças bruscas e acentuadas.

Precipitação ou Deposição Seca (Ácida)

Apesar do termo **chuva ácida** ter-se generalizado, a tendência atual é usá-lo apenas para as deposições úmidas dos compostos ácidos.

A deposição de poluentes ácidos gasosos e particulados é chamada de "**precipitação / (deposição) seca (ácida)**" e inclui a parte da poluição que se precipita ao solo antes de ser absorvida pela umidade do ar. Deposita-se nas árvores, edifícios e lagos, geralmente na área onde foi produzida.

A parte da poluição que não sofre precipitação seca pode permanecer no ar por mais de uma semana, sendo transportada pelo vento a longas distâncias (o dióxido de enxofre e os óxidos de nitrogênio podem ser transportados até cerca de 3.000 km), dependendo da altura das chaminés das fábricas, da freqüência das chuvas, das condições da atmosfera, da presença de catalisadores e outros fatores que afetam a eficiência das reações. A exportação das chuvas ácidas para regiões não produtoras de poluição foi a causa imediata para que o problema fosse avaliado a nível internacional.

Durante esse período as substâncias químicas (dos subprodutos) reagem com o vapor d'água na atmosfera transformando-os nos **ácidos sulfúrico e nítrico diluídos**.

Conseqüências

- 1) Nos ambientes aquáticos, principalmente os lagos : a) destrói a vegetação aquática ; b) provoca o desaparecimento dos peixes (a rápida mudança do pH leva a uma alta taxa de mortalidade e a permanência da acidez por um longo tempo conduz à esterilidade).
- 2) Nas florestas : destrói células respiratórias das folhas das árvores .
- 3) No solo : diminui o pH.
- 4) Nos prédios : concreto, cimento e ferro são corroídos.

QUÍMICA AMBIENTAL

- 5) Nos monumentos : os de mármore e pedra calcária são os mais atingidos (ver figura na abertura do Capítulo).
- 6) Na saúde humana : partículas ácidas vão se acumulando no organismo . Um pH baixo favorece a mobilidade de espécies metálicas, o que pode aumentar o nível de metais tóxicos, como alumínio, manganês, cádmio e mercúrio. Regiões onde foram relatados aumentos nas concentrações de dióxido de enxofre e óxidos de nitrogênio registraram elevações de enfermidades respiratórias, especialmente em crianças.

Calagem : solução ou paliativo ?

Calagem é a adição de calcário moído - o CaCO_3 possui ação antiácida - e é capaz de reduzir a acidez quando aplicado em lagos, rios ou solos.

É usada com mais frequência na diminuição da acidez de lagos. O pH considerado ideal para um lago é em torno de 6,5. A quantidade necessária para corrigir a acidez varia de acordo com o tamanho e o grau de acidez do lago. Estima-se que são necessárias cerca de 4 toneladas por hectare para elevar o pH de 5,5 para 6,5.

Plantas e animais podem retornar imediatamente ao lago, após a aplicação. Os peixes podem se reproduzir com êxito, pois os metais tóxicos ficam depositados no fundo do lago, afetando porém as espécies que aí vivem.

Manter lagos em condições favoráveis , principalmente em regiões remotas, leva tempo e é muito dispendioso. Além do que , não se ataca o problema na sua origem.

A calagem deve ser repetida em intervalos de dois a cinco anos.

Prevenção

O conhecimento das causas e efeitos da chuva ácida já foram alcançados há algum tempo, porém as providências tomadas pelos governos são recentes e só agora controles mais rígidos da poluição de dióxido de enxofre estão sendo realizados. Já a poluição de óxidos de nitrogênio tem previsão de aumento nos próximos anos.

- 1) Purificação do carvão mineral
- 2) Caldeiras com sistema de absorção de SO_2
- 3) Purificação do petróleo e derivados, reduzindo a presença do enxofre
- 4) Uso de transportes coletivos
- 5) Veículos com motores mais eficientes, dotados de catalisadores, etc.

Como a Chuva Ácida Atua sobre os Seres Vivos

Como já foi dito, a solubilidade de metais potencialmente tóxicos para os seres vivos, entre eles o alumínio, o manganês e o cádmio depende do pH, aumentando rapidamente com a diminuição do pH do solo.

O alumínio , por exemplo, é **fitotóxico** : causa prejuízos ao sistema de raízes, diminuindo a capacidade das plantas para absorver os nutrientes e a água do solo, afetando o crescimento das sementes e a decomposição do folheto, além de interagir com os ácidos , aumentando o prejuízo às plantas e aos ecossistemas aquáticos.

Ocorre também o **desmatamento** : duas ou três árvores morrem atingidas pela chuva (na realidade, a chuva ácida provocará o **enfraquecimento da árvore**, matando as suas folhas, limitando os nutrientes necessários ou envenenando o solo com substâncias tóxicas) , e como elas fazem parte de um sistema de utilização mútua, outras árvores terminam sendo atingidas, terminando por formar uma clareira. Essas reações podem destruir florestas.

Na agricultura a chuva ácida afeta as plantações de maneira similar, só que bem mais rapidamente, uma vez que as plantas são do mesmo tamanho, tendo assim mais áreas atingidas.

Na água, a chuva ácida tem efeitos devastadores : um lago ou uma represa acidificados parecem limpos e cristalinos, mas praticamente não contém vida. A acidez da água e sua influência na solubilização e na mobilização de metais tóxicos comprometem toda a vida aquática.

Normalmente, quando o pH da água se aproxima de 6,0 algumas espécies de crustáceos, insetos e plânctons começam a desaparecer. Num pH perto de 5,0, acontecem variações mais significativas na comunidade planctônica : algumas espécies de musgos e plânctons começam a proliferar, iniciando-se uma crescente perda de algumas populações de peixes com menor tolerância à acidez. Quando o pH fica abaixo de 5,0, a água já está praticamente desprovida de peixes e o fundo do lago fica recoberto com detritos orgânicos,

QUÍMICA AMBIENTAL

uma vez que as bactérias ,em ambientes ácidos, têm suas funções prejudicadas , provocando uma redução na taxa de decomposição de matéria orgânica e um conseqüente aumento de detritos na água.

As substâncias tóxicas, conduzidas ou produzidas, contribuirão para o envenenamento dos peixes.

Refleta !

POLUIÇÃO EXPORTADA

Em Juiz de Fora-MG, de 1983 a 1985, foi realizada uma pesquisa que mostrava que, já naquela época, o Campus Universitário da UFJF (Universidade Federal de Juiz de Fora) estava recebendo precipitações ácidas. Juiz de Fora fica a 125 km do Rio de Janeiro, a 215 km de Belo Horizonte e a 378 km de São Paulo, grandes centros industriais que devem ter “exportado” seus poluentes.

Quase metade da precipitação ácida que cai no sudeste do Canadá está relacionada à atividade industrial de 7 estados americanos.

Segundo o Fundo Mundial para a Natureza, em torno de 35% dos ecossistemas europeus já encontram-se seriamente alterados, o mesmo acontecendo com cerca de 50% das florestas alemãs e holandesas.

No Brasil, as chuvas ácidas afetam principalmente Cubatão (São Paulo), a Mata Atlântica e Candiota, município situado ao sul do Rio Grande do Sul, a 400 km de Porto Alegre.

08 . (FGV-SP/1996) Especialistas da Universidade de Atenas, observando as famosas obras- primas da Acrópole ateniense, feitas em mármore, há milhares de anos, têm constatado ser a deterioração das últimas décadas superior à acumulada em dezenas de séculos. A poluição atmosférica, comprovou-se ser, inequivocadamente, a causa dessa corrosão. Mas, este não é um fato isolado, observações idênticas têm sido feitas por todo o planeta.

Indique a afirmação correta:

- a) Os ventos marinhos, carreando aerossol de cloreto de sódio, depositam-no sobre os monumentos, facilitando a solubilização do CaCO_3 , constituinte do mármore.
- b) A chuva ácida, que é produto da poluição do ar por monóxido de carbono, ataca o carbonato de cálcio.
- c) O ozona, um poluente secundário, pertencente ao grupo dos oxidantes fotoquímicos, e formado pela reação entre óxidos e oxigênio do ar, atua nos monumentos históricos, da mesma forma que nos animais, nos quais produz envelhecimento precoce.
- d) O mármore é fundamentalmente NaNO_3 , que, embora pouco solúvel em água, acaba danificado pelas intensas chuvas ocorridas ao longo de milênios, acelerando-se progressivamente o desgaste em virtude de características do processo de erosão hídrica.
- e) A ação corrosiva é exercida pelo ácido sulfúrico formado pela interação entre SO_2 (oriundo do uso de combustíveis fósseis, ricos em derivados de enxofre), o oxigênio do ar e a umidade.

(ENEM –1998) O texto a seguir refere-se às questões 09 e 10.

Um dos problemas ambientais decorrentes da industrialização é a poluição atmosférica. Chaminés altas lançam ao ar, entre outros materiais, o dióxido de enxofre (SO_2) que pode ser transportado por muitos quilômetros em poucos dias. Dessa forma, podem ocorrer precipitações ácidas em regiões distantes, causando vários danos ao meio ambiente (chuva ácida).

09 . Um dos danos ao meio ambiente diz respeito à corrosão de certos materiais.

Considere as seguintes obras:

- I. monumento Itamarati - Brasília (mármore).
- II. esculturas do Aleijadinho - MG (pedra sabão, contém carbonato de cálcio).
- III. grades de ferro ou alumínio de edifícios.

A ação da chuva ácida pode acontecer em:

- (A) I, apenas.
- (B) I e II, apenas.
- (C) I e III, apenas.
- (D) II e III, apenas.
- (E) I, II e III.

10 . Com relação aos efeitos sobre o ecossistema, pode-se afirmar que:

- I. as chuvas ácidas poderiam causar a diminuição do pH da água de um lago, o que acarretaria a morte de algumas espécies, rompendo a cadeia alimentar.
- II. as chuvas ácidas poderiam provocar acidificação do solo, o que prejudicaria o crescimento de certos vegetais.
- III. as chuvas ácidas causam danos se apresentarem valor de pH maior que o da água destilada.

Dessas afirmativas está(ão) correta(s):

- (A) I, apenas.
- (B) III, apenas.
- (C) I e II, apenas.
- (D) II e III, apenas.
- (E) I e III, apenas.