

Dióxido de enxofre

Identificação da substância

Fórmula química: SO₂

Nº CAS: 7446-09-5

Sinônimos: óxido de enxofre, ácido sulfuroso anidro

Descrição e usos

O dióxido de enxofre (SO₂) é um gás incolor com forte odor pungente, muito irritante quando em contato com superfícies úmidas, pois se transforma em trióxido de enxofre (SO₃) e passa rapidamente a ácido sulfúrico (H₂SO₄), que é bastante solúvel em água. É manuseado e transportado em cilindros, como gás liquefeito e usado como agente redutor na metalurgia; como desinfetante e branqueador, na conservação de alimentos e vinhos; em fumigação, entre outros usos.

Comportamento no ambiente

O dióxido de enxofre tem origem tanto natural, como antropogênica. Na natureza, a substância é liberada para a atmosfera por gases vulcânicos; dentre as fontes geradas pelo homem, destacam-se as atividades industriais que processam materiais contendo enxofre, como na fabricação de fertilizantes, na fundição de alumínio e aço, na produção de ácido sulfúrico e papel, bem como nas termelétricas. O SO₂ está também presente na emissão veicular como resultado da queima de combustíveis fósseis, principalmente veículos pesados e geradores de energia, e seu nível ambiental vem decrescendo em razão do maior controle das emissões e redução no teor de enxofre nos combustíveis. Em países de baixa renda, o uso de carvão e madeira como material de combustão, tanto para aquecimento, como para preparo de alimentos, também é fonte de emissão do gás.

O SO₂ presente na atmosfera pode levar à formação de chuva ácida e é precursor dos sulfatos, um dos principais componentes das partículas inaláveis (MP₁₀). Os sulfatos incorporados aos aerossóis são associados à acidificação de corpos d'água, redução da visibilidade, corrosão de edificações, monumentos, estruturas metálicas e condutores elétricos.

As concentrações médias anuais de SO₂ no ar atmosférico variam de 20 a 60 µg/m³ (0,007-0,021 ppm), com média diária acima de 125 µg/m³ (0,044 ppm). Essas concentrações podem ser 5 a 10 vezes mais elevadas em grandes cidades onde o

carvão ainda é usado para aquecimento de moradias e para o cozimento de alimentos, ou em locais com fontes de dióxido de enxofre de origem industrial pouco controladas.

Outros gases, como o SO_3 , são encontrados na atmosfera em concentrações muito menores do que o SO_2 . As emissões que levam a altas concentrações de dióxido de enxofre geralmente levam à formação de outros óxidos de enxofre.

Exposição humana e efeitos na saúde

A principal via de exposição da população geral ao dióxido de enxofre é a inalatória. Os efeitos adversos da exposição a altas concentrações de SO_2 incluem dificuldade respiratória e agravamento de doenças respiratórias e cardiovasculares. O composto irrita o nariz, a garganta e os pulmões causando tosse, falta de ar, chiado no peito, catarro e crises de asma. Os indivíduos asmáticos ou com doenças crônicas de pulmão e coração, bem como as crianças, são mais sensíveis aos efeitos do dióxido de enxofre.

Os óxidos de enxofre (SO_x) podem reagir com outros compostos presentes na atmosfera, formando pequenas partículas que penetram profundamente em partes sensíveis dos pulmões e causar ou agravar doenças respiratórias, como enfisema e bronquite, e doenças do coração preexistentes.

Os efeitos adversos da exposição podem ser agravados durante períodos de respiração mais rápida ou profunda, por exemplo, em exercícios físicos, quando há maior taxa de troca de ar e, conseqüentemente, o aumento do volume do ar inspirado, fazendo com que o SO_2 penetre no trato respiratório com maior intensidade. Estudos controlados com indivíduos asmáticos praticando exercícios físicos indicam que algumas pessoas apresentam alterações na função pulmonar e sintomas respiratórios após curtos períodos de exposição, como 10 minutos. Outros estudos associam a exposição de curto prazo ao SO_2 e o aumento de visitas aos pronto-atendimentos e de internações hospitalares por doenças respiratórias, principalmente por idosos, asmáticos e crianças.

A Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (IARC) classifica o dióxido de enxofre como não classificável quanto à carcinogenicidade para seres humanos (Grupo 3). Essa categoria comumente é usada para agentes cuja evidência de carcinogenicidade é inadequada para o ser humano e inadequada ou limitada para animais de experimentação.

Padrões da legislação e valores guia

Meio	Concentração	Comentário	Referência
Ar	40 µg/m ³ 500 µg/m ³	Valor guia OMS (média 24h) Valor guia OMS (média 10 minutos)	WHO, 2021 ¹
Ar	365 µg/m ³ 80 µg/m ³ 100 µg/m ³ 40 µg/m ³	Padrão Primário* (média 24 h) ² Padrão Primário (média aritmética anual - MAA) Padrão Secundário** (média 24 h) Padrão Secundário (média aritmética anual - MAA)	CONAMA 491/2018 ³ de 19/11/2018
Ar	40 µg/m ³ 30 µg/m ³	Padrão (média 24h consecutivas) ⁴ Padrão (média aritmética anual - MAA) ⁴	Decreto Estadual 59113 de 23/04/2013 Deliberação CONSEMA Nº4 de 19/05/2021
Ar	800 µg/m ³ 1600 µg/m ³ 2100 µg/m ³	Critérios para episódios agudos (média 24h) ⁵ Atenção Alerta Emergência	Decreto Estadual 59113 de 23/04/2013

OMS/WHO – Organização Mundial da Saúde/ World Health Organization.

¹A OMS também estabeleceu valores provisórios iguais a 125 e 50µg/m³, a serem utilizados como etapas de redução progressiva dos valores guia para localidades em que a concentração existente é alta, considerando a heterogeneidade sócio-econômica e a política dos países. ²Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano. ³Revogou a Resolução CONAMA 003/1990. ⁴Padrão de Qualidade do Ar vigente (meta intermediária etapa 2) no território do Estado de São Paulo. ⁵A Legislação Estadual (Decreto nº 59113/2013) também estabelece critérios para episódios agudos de poluição do ar, contemplando três situações em função das concentrações e a previsão de condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos poluentes, definidos como estados de Atenção, Alerta e Emergência. *Padrões Primários de Qualidade do Ar são as concentrações de poluentes que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população. **Padrões Secundários de Qualidade do Ar são as concentrações de poluentes abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, assim como o mínimo dano à fauna, à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral.

Referências/Sites relacionados

OGA, S.; CAMARGO, M.M.A; BATISTUZZO, J.A.O. (eds). **Fundamentos de Toxicologia**. 5a edição. São Paulo: Atheneu Editora, 2021. 848 p.
<https://apps.who.int/iris/handle/10665/345329>
<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/2013/decreto-59113-23.04.2013.html>
<http://www.atsdr.cdc.gov/>
<http://www.cetesb.sp.gov.br>
 Deliberação CONSEMA nº 4, de 19/05/2021, publicada no DOE de 26/05/2021 -
https://smastr16.blob.core.windows.net/consema/sites/15/2021/05/del-04_2021-meta-intermediaria-etapa-2-mi2.pdf
<http://www.epa.gov/>
<http://www.iarc.fr/>
<http://www.mma.gov.br/port/conama/>
<https://www.paho.org/pt>
<https://www.who.int/en/>