

# Dioxinas e furanos

## Identificação da substância

**Fórmula química:**  $C_{12}H_{8-x}Cl_xO_2$  (dioxinas);  $C_{12}H_{8-x}Cl_xO$  (furanos) (x = 1 a 8)

**Nº CAS:** 1746-01-6 (2,3,7,8-Tetraclorodibenzo-*p*-dioxina); 51207-31-9 (2,3,7,8-Tetraclorodibenzofurano); 57117-31-4 (2,3,4,7,8-Pentaclorodibenzofurano)

## Descrição e usos

Dioxinas refere-se a um grupo de compostos químicos que compartilham determinadas estruturas químicas e características biológicas. Existem vários desses compostos, que são membros de 3 famílias intimamente relacionadas: dibenzo-*p*-dioxinas cloradas (CDD, dioxinas), dibenzofuranos clorados (CDF, furanos) e determinadas bifenilas policloradas (PCBs). O termo dioxina também é usado, as vezes, para a dioxina mais estudada e uma das mais tóxicas, 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-*p*-dioxina (TCDD). Os compostos CDD e CDF foram produzidos intencionalmente somente como substância pura de referência para uso em pesquisa analítica e toxicológica. Esses compostos são formados como subprodutos não intencionais em determinados processos industriais e de combustão, mas podem resultar de processos naturais, como incêndios florestais, erupções de vulcões e a partir de processos catalisados enzimaticamente.

No passado, as indústrias químicas e de papel e celulose foram as principais fontes de CDD/CDF. Atualmente, o ingresso no ambiente de dioxinas ocorre principalmente por processos térmicos. As dioxinas e furanos fazem parte da lista de poluentes orgânicos persistentes (POPs) da Convenção de Estocolmo, um tratado internacional que visa a eliminação segura desses poluentes e a limitação de sua produção e uso, do qual o Brasil é signatário.

## Comportamento no ambiente

As dioxinas de origem natural e antropogênica estão amplamente distribuídas no ambiente. São compostos muito persistentes que permanecem adsorvidos fortemente a partículas do ar, solo e sedimento. Os CDD/CDF são liberados para a atmosfera a partir de fontes fixas, como as atividades industriais, e fontes difusas, como o uso e aplicação de produtos contendo CDD e CDF.

As dioxinas apresentam baixa mobilidade em solos e sedimentos, mas que pode aumentar pela presença simultânea de solventes, como óleo mineral. A distribuição desses compostos no ambiente ocorre principalmente pelo ar. Na fase gasosa, os processos de remoção incluem degradação química e fotoquímica. As dioxinas são extremamente resistentes à oxidação química e à hidrólise. A fotodegradação e transformação microbiana são, provavelmente, as vias de degradação mais importantes em águas superficiais e sedimentos.

### **Exposição humana e efeitos na saúde**

A exposição humana, passada e atual aos CDD/CDF, resulta principalmente de sua transferência ao longo do caminho: emissão atmosférica → ar → deposição → cadeia alimentar aquática/terrestre → dieta. Alimentos gordurosos de origem animal, como peixes, leite, ovos e carnes são a principal fonte de exposição humana. A exposição da população geral também pode ocorrer pela inalação de dioxinas liberadas durante a incineração de lixo industrial e hospitalar, e por ingestão de água potável. As dioxinas e furanos acumulam-se em tecidos gordurosos do organismo e são liberadas lentamente para a corrente sanguínea.

A lactação e a perda significativa de peso aumentam a liberação das substâncias no sangue. O leite materno pode conter altos níveis de dioxina, mais elevados do que o leite de vaca, e representa uma fonte de exposição para lactentes.

A exposição também pode ocorrer por contaminação acidental e ocupacional. Alguns incidentes de exposição ambiental resultaram no aumento da carga corporal de dioxinas, como a liberação de TCDD no acidente ocorrido em 1976 na cidade de Seveso (Itália) durante a produção de 2,4,5-triclorofenol, na exposição de soldados e civis vietnamitas ao agente laranja no conflito do Vietnã, nos episódios de contaminação de óleo de arroz no Japão (incidente de Yusho) e na China (episódio de Yu-Cheng).

A exposição humana a altos níveis de dioxinas/furanos por curto prazo pode resultar em lesões na pele, como cloracne, e alterações no fígado. A exposição crônica às dioxinas é associada a danos aos sistemas imunológico, nervoso, endócrino e funções reprodutivas. Estudos com crianças indicaram atraso no neurodesenvolvimento e efeitos neurocomportamentais, incluindo hipotonia neonatal.

Crianças expostas a altas concentrações de TCDD (incidente de Seveso) apresentaram um pequeno aumento transitório nas enzimas hepáticas, alterações no sistema imunológico e cloracne não permanente. Também foi observada alteração na taxa de sexo (maior número do sexo feminino em relação ao masculino) em crianças nascidas de pais altamente expostos ao TCDD.

Os efeitos críticos mais sensíveis observados na exposição de animais foram: endometriose, perda de audição, efeitos reprodutivos (contagem de esperma, má formação no sistema urogenital feminino), imunotóxicos e no desenvolvimento neurocomportamental.

A administração de baixas doses de 2,3,7,8-TCDD por diferentes vias causou tumores em diversos órgãos de roedores. Estudos epidemiológicos com aplicadores de herbicidas, provavelmente contaminados com 2,3,7,8-TCDD, e de residentes da área contaminada de Seveso indicaram aumento para o risco de câncer. A Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (IARC) classifica o TCDD, o 2,3,4,7,8-pentaclorodibenzofurano (do grupo dos PCDF) e as bifenilas policloradas semelhantes a dioxinas como cancerígenos para o ser humano (Grupo 1). Os dibenzo-*para*-dioxinas policloradas e dibenzofuranos policlorados não são classificáveis quanto à carcinogenicidade para o ser humano (Grupo 3). Essa categoria comumente é usada para agentes para os quais a evidência de carcinogenicidade é inadequada para o ser humano e inadequada ou limitada para animais de experimentação.

### Padrões e valores orientadores

Meio	Concentração	Comentário	Referência
Solo <sup>1</sup>	2 ng TEQ WHO <sub>05</sub> Kg <sup>-1</sup> * 7,5 ng TEQ WHO <sub>05</sub> Kg <sup>-1</sup> * 37 ng TEQ WHO <sub>05</sub> Kg <sup>-1</sup> * 140 ng TEQ WHO <sub>05</sub> Kg <sup>-1</sup> *	Valor de Prevenção VI cenário agrícola VI cenário residencial VI cenário industrial	Valores orientadores para solo e água subterrânea no Estado de São Paulo- CETESB-DD 125/2021/E

<sup>1</sup>Somatório de toxicidade equivalente (TEQ) calculada a partir dos fatores de equivalência de toxicidade (TEFs - WHO 2005 ) para cada congênere de dioxinas e furanos (VAN DEN BERG et al., 2006); \*Peso seco; VI = Valor de intervenção.

### Referência/Sites relacionados

GARABRANT, D. H., et al. The University of Michigan dioxin exposure study: predictors of human serum dioxin concentrations in Midland and Saginaw, Michigan. **Environ. Health Perspect.**, v. 112, n. 5, p. 818-824, 2009.

<http://www.who.int/en/>

<http://www.iarc.fr/>

<http://www.epa.gov/>

<http://www.atsdr.cdc.gov/>

<http://www.fda.gov>

<http://www.pops.int/>

<http://www.cetesb.sp.gov.br/>