

DEGRADAÇÃO AMBIENTAL E SEUS EFEITOS SOBRE OS SERES VIVOS E MATERIAIS

Stael Starling Moreira dos Santos*

INTRODUÇÃO

Os resíduos orgânicos produzidos pelos seres vivos, quando dispostos adequadamente no meio ambiente, são depurados por processos biológicos naturais. A depuração da matéria orgânica é um elo no ciclo da vida, pois a partir dos produtos básicos finais deste processo os organismos fotosintetizantes, em presença da luz solar, elaboram novamente a matéria orgânica, reiniciando assim o ciclo da vida.

Entretanto, nas últimas décadas através da inovação tecnológica e crescente industrialização, bem como da urbanização desordenada e explosão demográfica nas grandes cidades, substâncias químicas e altas taxas de matéria orgânica vêm sendo dispostas no meio ambiente como produtos residuários. Neste processo os recursos naturais — ar, água e solo — são poluídos,

com conseqüentes efeitos nocivos à saúde humana, danos à fauna, flora e materiais.

Este trabalho apresenta informações sobre a degradação dos recursos naturais causada por lançamento de poluentes, em concentração acima dos padrões de qualidade, com o objetivo de mostrar as alterações que a poluição causa ao meio ambiente e os efeitos resultantes para os seres vivos e materiais.

A exposição é feita com o auxílio de quadros e figuras ilustrativas. Os quadros mostram a composição atual do ar, principais fontes emissoras para cada poluente, degradação ambiental resultante da ação dos poluentes e efeitos adversos no homem, animais, plantas e materiais.

As duas figuras ilustram o ciclo natural da água e seus usos e os efeitos da poluição hídrica na saúde humana e no meio ambiente. É feita também a análise sucinta da poluição do solo, especialmente aquela devida ao uso inadequado de defensivos agrícolas e fertilizantes.

*Analista Especializado da Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística — IBGE.
R. bras. Geogr., Rio de Janeiro, 49(4): out./dez. 1987.

AR – POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

Composição do ar

A matéria constituinte da atmosfera terrestre é o ar, matéria gasosa que circunda o globo terrestre. O quadro 1 mostra sua composição atual.

QUADRO 1
COMPOSIÇÃO ATUAL DO AR

COMPONENTES	PORCENTAGEM EM VOLUME
Nitrogênio	78,110
Oxigênio	20,958
Argônio	0,934
Gás carbônico.....	0,033
Neônio	0,001818
Hélio	0,000524
Criptônio	0,000114
Xenônio	0,0000087
Hidrogênio.....	0,00005
Metano.....	0,0002
Óxido nitroso	0,00005

FONTE – CETESB (v. Bibliografia, 5).

Poluição atmosférica – efeitos sobre os seres vivos e materiais

Quanto a sua origem, os poluentes do ar podem ser classificados basicamente, como se segue:

- poluentes primários – aqueles emitidos diretamente pelas fontes;
- poluentes secundários – os formados na atmosfera por interações químicas entre os poluentes primários e os constituintes normais da atmosfera.

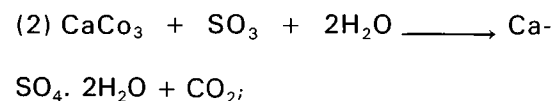
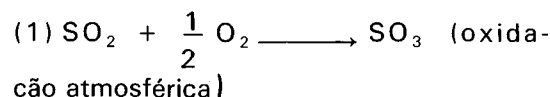
As principais fontes de poluição do ar são: a queima de óleo e carvão para a produção de calor ou energia elétrica, o uso de veículos automotores, a queima de resíduos sólidos e processos industriais.

A qualidade do ar pode ser avaliada pela medição de poluentes tais como: óxidos de enxofre, óxidos de nitrogênio, hidrocarbo-

netos, óxidos de carbono, halógenos, material particulado e substâncias tóxicas.

A presença destes poluentes, em concentração acima dos padrões de qualidade, na atmosfera, é responsável por uma série de alterações no homem, animais, plantas e materiais. Como exemplo pode-se citar os compostos de enxofre, que reagem na troposfera produzindo ácido sulfúrico alterando o pH da água da chuva, com sensível aumento de acidez. Isto traz como conseqüências:

- modificação do pH do solo, alterando o balanço dos nutrientes;
- aumento da acidez dos recursos hídricos, causando danos à flora e à fauna aquática;
- dano à vegetação por ataque às fibras vegetais e alteração na biossíntese da clorofila com amarelecimento e morte das folhas;
- dano às fachadas dos edifícios e aos monumentos históricos pela formação de sulfato de cálcio nas superfícies de mármore, como mostram as reações químicas (1) e (2):



– dano a certos materiais por ataque químico indireto, por exemplo: o couro absorve SO_2 que se transforma em ácido sulfúrico, provocando o enfraquecimento do próprio couro; e

– corrosão eletroquímica, ou seja, aceleração do processo de corrosão pela ação de gases ácidos, tais como dióxido de enxofre e trióxido de enxofre, que, na presença de umidade, aumenta a condutividade superficial do ferro, aço e outros metais.

Este exemplo mostra que o poluente emitido para a atmosfera pode poluir não apenas o ar, mas também o solo, recursos hídricos e danificar materiais. Parece aconselhável, portanto, estudar cada poluente em sua ação sobre todo o meio ambiente. Pretendendo-se atingir a este objetivo, os quadros 2 a 14 foram elaborados, informando sobre a emissão de compostos de enxofre, compostos de nitrogênio, reações químicas

QUADRO 2
EMIÇÃO DE COMPOSTOS DE ENXOFRE

PRINCIPAIS FONTES EMISSORAS	CIRCULAÇÃO DE COMPOSTOS DE ENXOFRE NA TROPOSFERA ¹	DEGRADAÇÃO AMBIENTAL	EFEITOS ADVERSOS, NO HOMEM, ANIMAIS, PLANTAS E MATERIAIS
<p>Indústrias:</p> <ul style="list-style-type: none"> Processo industrial Siderúrgica Refinaria de petróleo Ácido sulfúrico Papel. Combustão Queima de combustíveis em fontes estacionárias. Queima de resíduos. Queima de combustíveis fósseis em automótores. Termoelétricas. 		<ul style="list-style-type: none"> Chuvas ácidas. Poluição do ar por SO₂. Poluição hídrica por modificação do pH (acidez). Poluição do solo por modificação do pH (acidez). 	<p>Homem e animais:</p> <p>O SO₂ afeta principalmente os olhos e as vias respiratórias, apresentando quadros patológicos que variam de simples irritação à morte por bronquite, enfisema pulmonar e câncer pulmonar.</p> <p>Plantas:</p> <p>Alterações na biossíntese da clorofila e ataque às fibras vegetais.</p> <p>Solo:</p> <p>Alteração no balanço dos nutrientes e alteração das características biológicas do solo.</p> <p>Materiais:</p> <p>Corrosão.</p>

FONTE - 1 - UMWELTBUNDESAMT - UBA (4)

QUADRO 3
EMIÇÃO DE COMPOSTOS DE NITROGÊNIO

PRINCIPAIS FONTES EMISSORAS	CIRCULAÇÃO DE COMPOSTOS DE NITROGÊNIO NA TROPOSFERA ¹	DEGRADAÇÃO AMBIENTAL	EFEITOS ADVERSOS, NO HOMEM, ANIMAIS, PLANTAS E MATERIAIS ²
<p>Indústrias:</p> <ul style="list-style-type: none"> Processo industrial Petroquímica Siderúrgica Ácido nítrico Nitrato de prata Explosivos Fertilizantes Cimento Cal Cerâmica Vidro. Combustão Queima de combustíveis em fontes estacionárias. Processo de combustão em veículos automotores. 		<ul style="list-style-type: none"> Smog fotoquímico. Eutrofização. Poluição do ar por NO₂. Poluição hídrica por depleção de oxigênio nos recursos hídricos. Poluição do solo; Efeitos adversos na vegetação provocam modificações na qualidade do solo. 	<p>Homem e animais:</p> <p>O NO₂, além de irritar as mucosas provocando uma espécie de enfisema pulmonar, pode ser transformado em nitrosaminas nos pulmões, algumas das quais são conhecidas como carcinogênicas potenciais. Transferido para o sangue, o NO₂ pode ainda constituir causa de metemoglobinemia.</p> <p>Plantas:</p> <p>Queda de folhas e diminuição de produção de frutos; contaminação de alimentos com nitratos.</p> <p>Materiais:</p> <p>O NO₂ exerce ação oxidante sobre as tintas descolorindo pinturas; produz corrosão e falhas nos componentes elétricos.</p>

FONTES - 1 - UMWELTBUNDESAMT - UBA (ver Bibliografia, 4).
2 - CETESB (ver Bibliografia, 5).

QUADRO 4
REAÇÕES QUÍMICAS NA ESTRATOSFERA

OZONA_____	ÁTOMOS DE OXIGÊNIO_____	COMPOSTOS DE CLORO_____
<p>O ozona absorve luz solar em comprimentos de ondas de 290nm, relativamente forte e por isso são fotolizadas, ocorrendo então as seguintes reações químicas:</p> $O_3 \xrightarrow{\text{Luz}} O_2 + O$ $O_3 + O \rightarrow 2O_2$ $O_2 + O \rightarrow O_3$ <p>O ozona reage também com o NO, OH e Cl, resultando as seguintes reações químicas:</p> $O_3 + NO \rightarrow O_2 + NO_2$ $NO_2 + O \rightarrow NO + O_2$ <hr/> $O_3 + OH \rightarrow O_2 + HO_2$ $HO_2 + O \rightarrow OH + O_2$ <hr/> $O_3 + Cl \rightarrow O_2 + ClO$ $ClO + O \rightarrow Cl + O_2$	<p>O átomo de oxigênio proveniente da fotólise do ozona reage com H₂O, CH₄ ou H₂</p> $H_2O + O \rightarrow 2OH$ $CH_4 + O \rightarrow CH_3 + OH$ $H_2 + O \rightarrow H + OH$	<p>O átomo de cloro ocorre na estratosfera principalmente devido à fotólise de compostos de cloro.</p> $CH_3Cl \rightarrow CH_3 + Cl$ $CFCl_3 \rightarrow CFCl_2 + Cl$ <p>Reações químicas de compostos de cloro na estratosfera:</p>

FONTE – UMWELTBUNDESAMT – UBA⁽⁴⁾ (ver Bibliografia, 4).

QUADRO 5
EMIÇÃO DE HIDROCARBONETOS

PRINCIPAIS FONTES EMISSORAS	DEGRADAÇÃO AMBIENTAL	EFEITOS ADVERSOS NO HOMEM, ANIMAIS, PLANTAS E MATERIAIS
<p>Indústrias:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Processo industrial <ul style="list-style-type: none"> Refinaria de petróleo Petroquímica Estocagem Transferência e manuseio de derivados de petróleo Uso de combustíveis, solventes e lubrificantes. Processo de combustão em veículos automotores. Incineração de resíduos e queima diversas. Podem também ser formados por reações fotoquímicas na atmosfera. 	<p>Os hidrocarbonetos lançados na atmosfera constituem-se em um dos agentes químicos para a formação de <i>smog</i>. Reagem na presença de NO₂ e luz solar produzindo oxidantes e ozona, reação que depende das concentrações de NO₂ na atmosfera.</p>	<p>Homem e animais:</p> <p>Irritação nos olhos; redução da visibilidade devido à formação de névoa escura e amarelada que cobre as cidades, provocada por aerossóis.</p> <p>Plantas e materiais:</p> <p>Inofensivo.</p>

FONTE – LUDWIG, H. John (v. Bibliografia, 3).

NOTA – São considerados como hidrocarbonetos, para efeito de cálculo de emissão, os gases orgânicos compreendendo todas as classes de hidrocarbonetos (olefinas, parafinas e aromáticos) e seus derivados nas formas oxigenadas e sulfuradas.

QUADRO 6

EMISSÃO DE MONÓXIDO DE CARBONO (CO)

PRINCIPAIS FONTES EMISSORAS	DEGRADAÇÃO AMBIENTAL	EFEITOS ADVERSOS NO HOMEM, ANIMAIS, PLANTAS E MATERIAIS
<p>Processos naturais:</p> <p>A oxidação do metano (CH₄), produto natural da decomposição anaeróbica de matéria orgânica, é realizada por radicais hidroxílicos dando lugar à formação de formaldeído. As hidroxilas necessárias a essa reação são originadas da decomposição fotoquímica do ozona seguida da reação entre o oxigênio atômico e o vapor da água:</p> $\text{O}_3 \longrightarrow \text{O}_2 + \text{O}$ $\text{O} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{OH}$ <p>O formaldeído, por sua vez, sofre fotólise originando o monóxido de carbono.</p> <p>Processo de combustão em veículos automotores.</p> <p>Fumaça de cigarros.</p> <p>Processos industriais:</p> <p>Combustão de materiais orgânicos, fusão de calcário, combustão incompleta de carbono ou decompostos contendo carbono, combustão de lixo, combustíveis hidrocarbonetados gasosos ou líquidos através de reações com oxigênio molecular. Os processos industriais que têm maior potencial de emissão de CO são os da refinaria de petróleo e petroquímica, fundição de ferro, siderúrgica, produção de formaldeído, detonação e explosão.</p>	<p>Poluição do ar por monóxido de carbono (CO).</p>	<p>O CO é um gás tóxico aos homens e animais. Seu mecanismo de ação reduz a capacidade carregadora de oxigênio aos tecidos pelo sangue. O CO absorvido pelos pulmões reage com a hemoproteína, principalmente a hemoglobina, na circulação sangüínea formando carboxi-hemoglobina. Exposição contínua a níveis de 10 – 35 ppm de CO por um período de 8 horas provoca enfraquecimento visual e tensão fisiológica em pacientes com doença cardíaca. Em concentrações superiores a 58 mg/m³ por 90 minutos de carboxi-hemoglobina no sangue ocorrem alterações no sistema nervoso central com a perda de noção de tempo e da acuidade visual até a redução de atos reflexos e funções psicomotoras. Em concentrações mais altas causa a morte por falta de oxigênio no sangue arterial.</p>

QUADRO 7
EMIÇÃO DE MATERIAL PARTICULADO¹

PRINCIPAIS FONTES EMISSORAS	DEGRADAÇÃO AMBIENTAL	EFEITOS ADVERSOS NO HOMEM, ANIMAIS, PLANTAS E MATERIAIS
<p>Fontes móveis: automóveis, ônibus, trens, caminhões, etc.</p> <p>Indústria:</p> <p>– Processo industrial: metalúrgica, fundição, refinaria de petróleo, cimento, vidro, usina de asfalto, coque, ácido sulfúrico, ácido fosfórico, papel e celulose, negro de fumo; beneficiamento de minerais não metálicos e torrefação de café.</p> <p>Combustão: queima de óleos, queima de carvão e incineração a céu aberto de resíduos sólidos.</p>	<p>Poluição do ar por partículas, inclusive as tóxicas (chumbo, cromo, cádmio, mercúrio, etc.).</p> <p>Poluição dos recursos hídricos pela deposição de partículas atmosféricas.</p> <p>Poluição do solo e vegetação pela deposição de partículas atmosféricas e através da irrigação do solo com água poluída por partículas.</p>	<p>Homem e animais:</p> <p>Área afetada: vias respiratórias; os efeitos variam dependendo do tipo das partículas que se respira (ver emissão de substâncias tóxicas – Quadros 9 a 14); redução de visibilidade.</p> <p>Plantas:</p> <p>Inibição do crescimento devido a depósito de pó nas folhas.</p> <p>Materiais:</p> <p>Corrosão de metais, desgaste de pintura das fachadas de prédios e de automóveis, por deposição de agentes químicos.</p>

FONTE – LUDWIG, H. John (v. Bibliografia, 3).

(1) Considera-se material particulado qualquer material sólido ou líquido, exceto água pura, numa faixa de 0,002 μ -500 μ de diâmetro, presente na atmosfera ou em outro meio gasoso, em condições normais. Pode ser classificado como:

Aerossol – suspensão estável de partículas sólidas ou líquidas.

Cinza – matéria sólida fina, não combustível, proveniente da queima de combustíveis.

Fumaça – partículas pequenas resultantes de combustão incompleta, consistindo, na maioria dos casos, de cinza e materiais carbonáceos.

Fumo – cinza com partículas sólidas mais fina que 1 μ , proveniente da volatilização das substâncias fundidas.

Nevoeiro – aerossóis visíveis cuja fase dispersa é líquida. São formados por condensação.

Poeira – partículas sólidas capazes de permanecer temporariamente suspensas no ar.

QUADRO 8
EMIÇÃO DE COMPOSTOS HALOGENADOS

PRINCIPAIS FONTES EMISSORAS	DEGRADAÇÃO AMBIENTAL	EFEITOS ADVERSOS NO HOMEM, ANIMAIS, PLANTAS E MATERIAIS
<p>Indústrias:</p> <p>– Processo industrial:</p> <p>Fertilizantes fosfatados, alumínio que utiliza criolita (Na_3AlFe_6) como matéria-prima.</p> <p>Decomposição química de aerossóis formados a partir de antedetonantes empregados nos veículos a gasolina.</p> <p>Queima de polímeros orgânicos clorados como plásticos de cloreto de polivinil.</p>	<p>Poluição do ar por compostos halogenados como ácido clorídrico (HCl) e ácido fluorídrico (HF).</p> <p>Poluição do solo e da vegetação por compostos halogenados.</p>	<p>Os compostos halogenados são corrosivos e irritantes, e os fluoretos metálicos têm propriedades tóxicas que prejudicam o gado e produzem dano às colheitas. O flúor é altamente tóxico às plantas, que o absorvem através dos estômatos das folhas.</p> <p>Os herbívoros que se alimentam de plantas com teor elevado de flúor adquirem alterações patológicas nos ossos (pluorose).</p>

QUADRO 9

EMISSÃO DE SUBSTÂNCIAS TÓXICAS – CÁDMIO (Cd) E SEUS COMPOSTOS

PRINCIPAIS FONTES EMISSORAS	DEGRADAÇÃO AMBIENTAL	EFEITOS ADVERSOS NO HOMEM, ANIMAIS, PLANTAS E MATERIAIS
<p>Minas de minérios e processos de refino.</p> <p>Galvanoplastia e soldagem de materiais de cádmio.</p> <p>Compostos de cádmio como CdO, CdSO₄, Cd-Estearato, etc.</p> <p>Pigmentos como CdS, ZnS, CdS-HgS, etc.</p> <p>Células elétricas.</p> <p>Estabilizadores de plástico PVC.</p> <p>Superfosfatos e praguicidas que contêm cádmio.</p>	<p>Poluição do ar por cádmio.</p> <p>Poluição dos corpos de água por cádmio.</p> <p>O emprego de defensivos e fertilizantes contendo cádmio e a deposição no solo de cádmio através de irrigação com água poluída por este metal pesado representam um risco de esterilização do solo devido à sua pouca mobilidade.</p>	<p>Homem e animais:</p> <p>A contaminação ocorre através da ingestão de alimentos contendo cádmio. As conseqüências para a saúde são as seguintes: lesões nos rins e intensa dor nos ossos, que é conhecida pelos japoneses por <i>Itai-Itai</i>.</p> <p>A inalação de cádmio provoca, ainda, enfisema pulmonar e bronquite.</p> <p>Plantas:</p> <p>O cádmio inibe o crescimento das plantas e pode provocar a esterilização do solo.</p>

FONTES – NANBU, Schoichi (v. Bibliografia, 6).
GOZAWA, Akinori (v. Bibliografia, 1).

QUADRO 10

EMISSÃO DE SUBSTÂNCIAS TÓXICAS – MERCÚRIO (Hg) E SEUS COMPOSTOS

PRINCIPAIS FONTES EMISSORAS	DEGRADAÇÃO AMBIENTAL	EFEITOS ADVERSOS NO HOMEM, ANIMAIS, PLANTAS E MATERIAIS
<p>Minas de compostos de Hg (HgS, etc.) e refino.</p> <p>Eletrodo de célula eletrolítica para a produção de soda-cloro.</p> <p>Produção de compostos de Hg (Hg₂Cl₂, HgO).</p> <p>Pigmento (HgS); tintas contendo pigmento com Hg.</p> <p>Lâmpadas fluorescentes, luz de Hg, termômetros, vapores de Hg, célula de Hg.</p> <p>Aplicações industriais:</p> <p>Por exemplo: defensivos com base mercurial.</p>	<p>Água: poluição dos corpos de água por Hg.</p> <p>Solo: o emprego de defensivos de base mercurial na agricultura ou a irrigação com água poluída por mercúrio contamina o solo com este metal pesado.</p>	<p>Homem e animais:</p> <p>O Hg elementar e a maioria de seus derivados podem ser letais. A enfermidade mais freqüente provocada pelo Hg é conhecida por hidrargismo, doença crônica que afeta o sistema nervoso. A contaminação do homem ocorre através da ingestão de alimentos como peixes ou vegetais contendo Hg.</p>

FONTE – NANBU, Schoichi (v. Bibliografia, 6).

QUADRO 11

EMISSÃO DE SUBSTÂNCIAS TÓXICAS – CHUMBO (Pb) E SEUS COMPOSTOS

PRINCIPAIS FONTES EMISSORAS	DEGRADAÇÃO AMBIENTAL	EFEITOS ADVERSOS NO HOMEM, ANIMAIS, PLANTAS E MATERIAIS
<p>Minas de minérios de chumbo, zinco, cobre, cádmio, etc. e processos de refino.</p> <p>Fios elétricos e cabos telefônicos, canos de chumbo, balas de chumbo, etc.</p> <p>Compostos de chumbo (PbO), (ZnPbCO₃), (Pb(OH)₂), (Pb₃O₄), etc.</p> <p>Produção de pigmentos para tintas.</p> <p>Bateria elétrica.</p> <p>Produção de vidros de cristal.</p> <p>Galvanoplastia.</p> <p>Compostos orgânicos de chumbo para defensivos, produtos químicos para a agricultura.</p> <p>Combustão de gasolina contendo chumbo.</p>	<p>Poluição do ar por chumbo.</p> <p>Poluição dos corpos de água por chumbo.</p> <p>Deposição de chumbo da atmosfera poluída e contaminação do solo através de irrigação com água contendo chumbo.</p>	<p>Homem e animais:</p> <p>Os efeitos da toxidez provocados pelo chumbo se manifestam, especialmente, no sistema nervoso, causando delírios, paralisia e debilidade mecânica. O envenenamento por chumbo é conhecido por saturnismo.</p>

FONTE — ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD (v. Bibliografía, 7).

QUADRO 12

EMISSÃO DE SUBSTÂNCIAS TÓXICAS – CROMO (Cr) E SEUS COMPOSTOS

PRINCIPAIS FONTES EMISSORAS	DEGRADAÇÃO AMBIENTAL	EFEITOS ADVERSOS NO HOMEM, ANIMAIS, PLANTAS E MATERIAIS
<p>Galvanoplastia.</p> <p>Metalúrgica e refino.</p> <p>Compostos de cromo.</p> <p>Produção de pigmentos (cromato de Pb, cromato de zinco, óxido de cromo).</p> <p>Produção de tintas contendo pigmento com cromo.</p> <p>Ligas metálicas.</p> <p>Curtumes.</p>	<p>Poluição do ar por cromo.</p> <p>Poluição dos corpos de água por cromo.</p>	<p>Homem e animais:</p> <p>O cromo hexavalente provoca lesões nos tecidos do corpo e é cancerígeno. A inalação de compostos de cromo pode causar câncer no aparelho respiratório. Em águas poluídas por cromo, ocorre morte de peixes por intoxicação.</p> <p>Materiais:</p> <p>O cromo tem ação corrosiva sobre os materiais.</p>

FONTE — ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD (v. Bibliografía, 7).

QUADRO 13

EMISSÃO DE SUBSTÂNCIAS TÓXICAS – ARSÊNICO (As) E SEUS COMPOSTOS

PRINCIPAIS FONTES EMISSORAS	DEGRADAÇÃO AMBIENTAL	EFEITOS ADVERSOS NO HOMEM, ANIMAIS, PLANTAS E MATERIAIS
<p>Minas de minérios, tais como: cobre, zinco, chumbo, cádmio, etc. e refinis.</p> <p>Compostos de As (ácido arsênico, arsenato de sódio, etc.).</p> <p>Produtos químicos para a agricultura.</p> <p>Processo de produção de vidro.</p> <p>Combustão de carvão.</p>	<p>Poluição dos corpos de água por arsênico.</p> <p>Contaminação do solo por arsênico ocorre através da irrigação do solo com água de rios que recebem descargas de minas e outras fontes, como também pelo emprego na agricultura de produtos arsenicais tais como defensivos agrícolas.</p>	<p>Homem e animais:</p> <p>O arsênico e seus compostos causam efeitos tóxicos nas pessoas e animais. Produzem dermatite, bronquite, irritação no aparelho respiratório, câncer da pele, transtornos gastrintestinais. Pesticidas arsenicais provocam a morte de animais por envenenamento.</p> <p>Plantas:</p> <p>O As, como metal pesado, inibe o crescimento das plantações na agricultura.</p>

FONTES — GOZAWA, Akinori (v. Bibliografia, 1).

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD (v. Bibliografia, 7).

micas na estratosfera, emissão de hidrocarbonetos, monóxido de carbono, material particulado, compostos halogenados e substâncias tóxicas (cádmio, mercúrio, chumbo, cromo, arsênico e seus compostos e produtos químicos agrícolas).

ÁGUA — POLUIÇÃO HÍDRICA

Ciclo natural e usos da água

Na natureza a água está num ciclo ininterrupto, o ciclo hidrológico — evaporação, condensação e precipitação.

Da água existente na terra, 97,2% estão nos oceanos, 2% nas calotas polares e geleiras e 0,8% nos rios, lagos e subsolo. A dessalinização da água do mar é por demais dispendiosa e apenas em situações especiais a água do mar é dessalinizada para ser utilizada como água doce. Portanto, apenas 0,8% da água existente no globo terrestre está em condições de ser utilizada diretamente pelo homem. Os principais usos da água doce são: o abastecimento da população, em indústrias e na agricultura. Toda a água servida é despejada em corpos receptores que chegam, ao final de seu curso, em mares ou oceanos.

Nos processos do ciclo natural da água e seus usos, especialmente os usos industriais e domésticos, várias impurezas são carregadas para os cursos de água, poluindo os recursos hídricos.

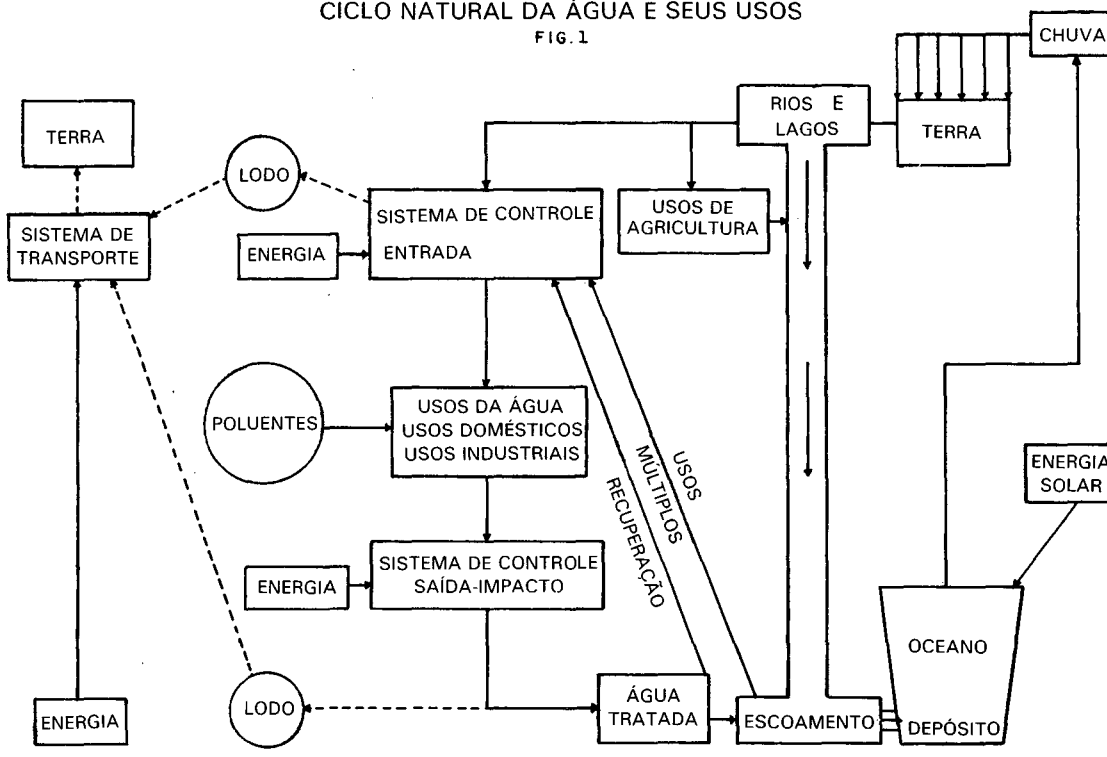
QUADRO 14

EMISSÃO DE SUBSTÂNCIAS TÓXICAS — PRODUTOS QUÍMICOS AGRÍCOLAS

PRINCIPAIS FONTES EMISSORAS	DEGRADAÇÃO AMBIENTAL	EFEITOS ADVERSOS NO HOMEM, ANIMAIS, PLANTAS E MATERIAIS
<p>Aplicações na agricultura:</p> <p>Defensivos agrícolas como DDT e outros compostos organoclorados; compostos organomercuriais; compostos do ácido fenoxiacético; picloran, etc.</p> <p>Fertilizantes ou adubos sintéticos.</p>	<p>Os produtos químicos empregados na agricultura contaminam a água de corpos receptores, pela ação das enxurradas.</p> <p>Os praguicidas organoclorados (DDT, Aldrin e Dieldrin) e os compostos de chumbo e mercúrio se acumulam como contaminantes persistentes do solo e introduzem metais pesados nos alimentos e produtos vegetais.</p>	<p>Homem e animais:</p> <p>O DDT e seus derivados atuam no sistema nervoso, produzindo tremedeira, descoordenação motora, erupções alérgicas da pele, e através dos sistemas hormonal e enzimático, atacando o fígado e provocando distúrbios no funcionamento das glândulas sexuais (em experiências, observou-se a ação nociva do DDT sobre o balanço de hormônios afetando seriamente a reprodução de ratos). Outro fato verificado foi o da redução da taxa de reprodução das aves, devido à má formação de casca de ovos.</p> <p>O nitrato oriundo dos fertilizantes é transformado em nitritos no organismo do homem, que se combinam com a hemoglobina do sangue causando a metemoglobinemia. Os nitritos no intestino são transformados em nitrosaminas de ação carcinogênica.</p> <p>Os metais pesados existentes nos defensivos agrícolas e fertilizantes causam sérios danos à saúde do homem e animais (ver Quadros de 9 a 14).</p> <p>Plantas e solo:</p> <p>Os metais pesados existentes nos defensivos agrícolas e fertilizantes inibem o crescimento das plantas, esterilizam o solo e contaminam os alimentos.</p>

FONTE — CETESB (v. Bibliografia, 2).

CICLO NATURAL DA ÁGUA E SEUS USOS
FIG. 1



FONTE – NANBU, Schoichi (6).

A figura 1 mostra o ciclo natural da água e seus usos.

Poluição da água — efeitos sobre os seres vivos e materiais

As conseqüências da poluição hídrica podem ser resumidas em função dos seguintes principais agentes poluidores:

Esgotos sanitários

O lançamento de esgotos sanitários nos corpos de água, sem tratamento ou desinfecção, traz sérias conseqüências como as seguintes:

- Saúde humana: febre tifóide, febre paratífóide, disenteria, cólera, esquistossomose.

- Consumo de oxigênio dissolvido na água:

o esgoto doméstico possui carga facilmente decomponível, com alto consumo imediato

de oxigênio, ocasionando, então, mortandade de peixes.

— Eutrofização:

o alto teor de nutrientes existente nos esgotos domésticos estimula o desenvolvimento de algas que formam uma camada na superfície da água, dificultando a penetração da luz, impedindo a fotossíntese, com conseqüente redução da produção de oxigênio, o que resulta em mortandade de peixes.

Despejos industriais

Produtos químicos que constituem resíduos das atividades industriais são lançados nos corpos de água, acarretando as seguintes conseqüências:

— Saúde humana:

- envenenamento crônico — o consumo de alimentos contendo substâncias tóxicas como o cádmio, mercúrio, cromo, compostos halogenados (PCB, DDT) pode trazer sérios danos à saúde humana (ver Quadros 9 a 14);

- envenenamento agudo — através do consumo de água ou alimentos contendo cianeto ou arsênio.

– Gosto, odor e cor na água:
transmitidos à água por lançamento de despejos industriais contendo substâncias fenólicas, ferro, manganês, compostos halogenados, sulfitos, amônia, mercaptanas, detergentes e defensivos.

– Depleção de oxigênio:
despejos industriais orgânicos que demandam grandes quantidades de oxigênio para a estabilização da matéria orgânica causam a depleção de oxigênio na água, ocasionando danos à flora e à fauna aquática, inclusive mortandade de peixes.

– Eutrofização:
lançamento de detergentes nos corpos receptores, sejam de esgotos domésticos ou de despejos industriais, provoca a eutrofização, pelo enriquecimento das águas por nutrientes, o que ocasiona a morte dos peixes e crustáceos.

A figura 2 mostra efeitos da poluição da água na saúde humana e no meio ambiente.

– Materiais:
danos a tubulações e equipamentos por ataque químico ou corrosão eletroquímica.

SOLO – POLUIÇÃO DO SOLO

Composição do solo

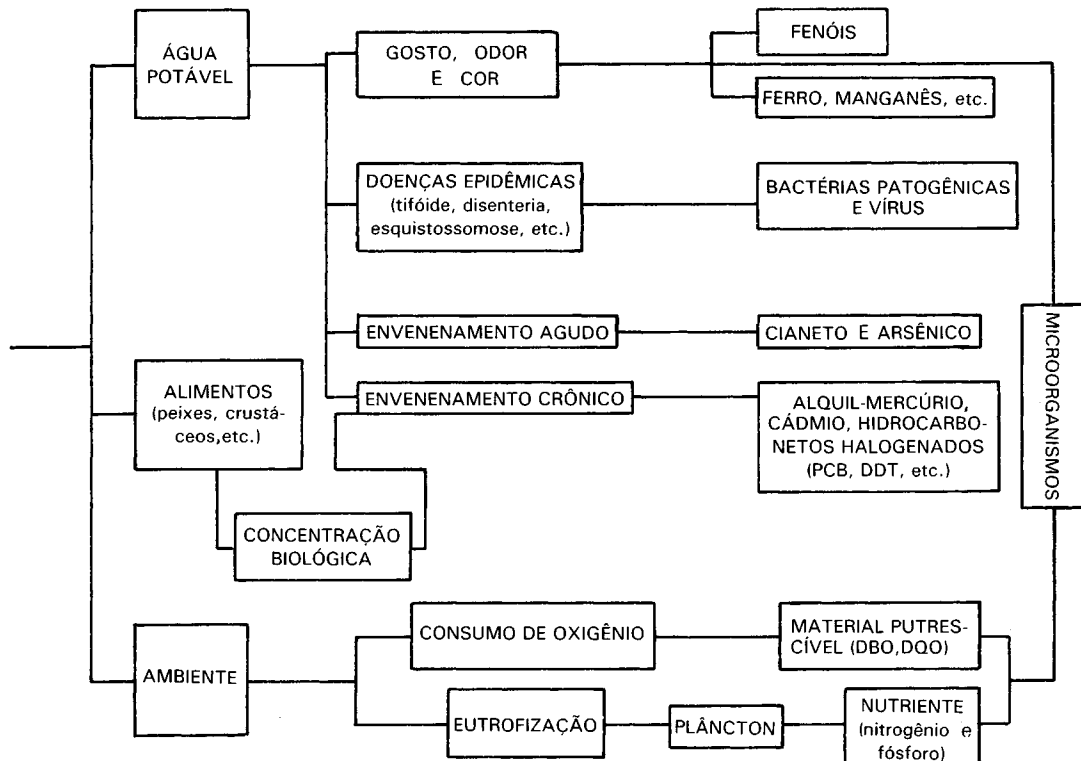
O solo é a superfície sólida da terra constituída de rocha finamente particulada misturada com resíduos da decomposição vegetal e animal, em que as plantas se desenvolvem; o solo é portanto o elemento de fixação das raízes das plantas e fornecedor de substâncias químicas e água para o seu crescimento.

Composição química

Os solos contêm cerca de 45% de elementos minerais, 25% de ar, 25% de água e cerca de 5% de matéria orgânica.

EFEITOS DA POLUIÇÃO DA ÁGUA NA SAÚDE HUMANA E NO MEIO AMBIENTE

FIG 2



FONTE: MANRI, Scheichi (6)

Composição biológica

As bactérias, algas, fungos, protozoários, larvas de inseto são responsáveis pela decomposição de restos animais e vegetais, atividade importante para a recirculação dos elementos da composição do solo e, portanto, da fertilidade do solo.

Poluição do solo — efeitos sobre os seres vivos e materiais

A poluição da água, do ar, o desmatamento, a erosão, usos inadequados dos defensivos agrícolas e fertilizantes provocam a degradação do solo.

Poluição da água e do ar

As águas dos corpos receptores, poluídas com produtos químicos, são levadas ao solo, principalmente, por irrigação na agricultura, contaminando-o e os vegetais que nele se desenvolvem.

Os poluentes do ar se precipitam diretamente no solo ou, então, por reações químicas, na atmosfera, formando novos produtos químicos que serão também depositados no solo.

Desmatamento

A grande demanda de madeira como combustível, material de construção e matéria-prima para a produção de papel, entre outras aplicações, resulta na devastação de florestas, com sérias conseqüências para o solo. Isto porque, sem vegetação, o ciclo biológico é alterado e a camada fértil do solo é lavada ou lixiviada pelas águas da chuva. Tal procedimento, se contínuo, resultará em um solo completamente estéril.

Erosão

A erosão é provocada pelo arraste e deslocamento das partículas do solo, acarretando as seguintes conseqüências:

— remoção da camada mais superficial do solo onde ocorrem os fenômenos biológicos que são responsáveis pela fertilidade do solo; e

— assoreamento de rios, lagos e represas, devido ao entulhamento da terra, arrasada pelas ações das águas, provocando enchentes.

Defensivos agrícolas

Os defensivos utilizados na agricultura permitem um acréscimo na produção de alimentos pelo controle de pragas das culturas; entretanto, o uso indiscriminado dessas substâncias pode trazer sérios riscos para a saúde humana, provocando modificações no equilíbrio ecológico (ver Quadro 14).

O DDT e outros produtos organoclorados, por serem não-biodegradáveis, têm um efeito residual prolongado, permanecendo ativo por vários meses ou mesmo anos no solo, nas águas e nos alimentos. Outro perigoso efeito é que eles podem ser concentrados ou potencializados através das cadeias alimentares. Isto significa que o DDT e seus compostos, absorvidos do solo pelas plantas, aí se acumulam sem serem eliminados. O gado, por exemplo, ao ingerir pastagem contaminada também acumulará no seu organismo o inseticida contido no alimento, de tal forma que o leite ou a carne poderão acumular concentrações centenas de vezes maiores que aquelas existentes no solo (2).

A presença do DDT e de seus derivados no meio ambiente provoca ainda a eliminação seletiva de grande número de espécies úteis ou não-nocivas e, ainda, a redução de alimento disponível para inúmeras espécies de aves, anfíbios e mamíferos que se nutrem de insetos.

Entre outros defensivos agrícolas, igualmente perigosos, pode-se citar os fungicidas organomercuriais, os herbicidas de compostos do ácido fenoxiacético (2, 4D e 2, 4, 5, T), as triazinas e as piridinas cloradas (picloran).

Fertilizantes

— Nitratos

O excesso de nitrogênio aplicado ao solo

pelo uso de adubos sintéticos contamina a água e os alimentos pelos nitratos que, ingeridos pelo homem, são em seu organismo transformados em nitritos que se combinam à hemoglobina do sangue causando um grave quadro patológico denominado metemoglobinemia (2).

Esta doença se caracteriza pela incapacidade do sangue em fixar o oxigênio do ar.

Foi constatado por alguns pesquisadores que os nitratos no intestino são aí transformados em nitrosaminas, substâncias conhecidas como de ação carcinogênica.

— Arsênico e metais pesados.

Os adubos sintéticos contêm arsênico e metais pesados que permanecem no solo por longo período e o esterilizam, inibindo o crescimento das plantas, ou são absorvidos pelos produtos agrícolas que vão contaminar homens e animais na forma dos alimentos (ver Quadros 9 a 14).

O quadro 15 mostra as quantidades de arsênico e metais pesados encontrados, freqüentemente, nos superfosfatos comerciais.

QUADRO 15

QUANTIDADE DE ARSÊNICO E METAIS PESADOS ENCONTRADOS EM SUPERFOSFATOS COMERCIAIS

SUBSTÂNCIAS TÓXICAS	mg/kg
Arsênico	1,2 a 2,2
Cádmio	50 a 170
Cromo	66 a 243
Cobalto	0 a 9,0
Cobre	4 a 79
Chumbo	7 a 92
Níquel	7 a 32
Selênio	0 a 4,5
Vanádio	20 a 180
Zinco	50 a 1430

FONTE — CETESB (v. Bibliografia, 2).

BIBLIOGRAFIA

- 1 — GOZAWA, Akinori. *Seil polluiton*. Tokyo, Japan International Cooperation Agency, 1977. v. 4, p. 1-2.
- 2 — LIXO e poluição do solo; aspectos ecológicos. In: Ecologia Aplicada e proteção do meio ambiente. São Paulo: CETESB, 1981. AP20, p. 2-14.

CONCLUSÃO

A experiência dos países altamente industrializados mostra que o desenvolvimento acelerado, sem controle da qualidade ambiental, compromete seriamente a saúde dos seres humanos e dos seres vivos em geral, bem como danifica os materiais. Inúmeros exemplos podem ser citados; os mais conhecidos são: a chamada doença de Minamata, provocada pela ingestão de peixes contaminados com metilmercúrio, e a doença conhecida por *Itai-Itai*, manifestação devida às intensas dores sofridas pelas vítimas que ingeriram alimentos contaminados por cádmio, ambas ocorridas no Japão, causando mortes e danos físicos a considerável número de pessoas. Na Inglaterra (Londres), nos Estados Unidos da América (Califórnia) e em outros países, centenas de mortes foram registradas, devido ao *smog* fotoquímico. Envenenamentos crônicos, pelo uso indiscriminado de produtos químicos na agricultura e disposição no solo de resíduos sólidos contendo metais pesados, além de diversas doenças, devido a produtos químicos na atmosfera, na água e no solo, fazem concluir que:

“Os imperativos do progresso estão em vias de serem alterados: até aqui a preocupação maior era a de aumentar a produtividade, desenvolver novas tecnologias, aproveitar as oportunidades do mercado de consumo e agir com eficácia.

É chegada a hora da revisão dos imperativos. Não se trata de apregoar o crescimento zero, porque o homem ainda tem muito a crescer em todos os campos. Trata-se agora de fazer convergir todos os esforços da produtividade e da tecnologia para a conquista do seu próprio bem-estar, para a garantia de sua saúde física, mental e espiritual” (8).

- 3 – LUDWIG, H. John. *Poluição do ar causado por veículos automotores*, Rio de Janeiro, 1976. p. 2-6.
- 4 – LUFT-REINHALTUNG' 81, Entwicklung – Stand – Tendenzen, Berlin, Umweltbundesamt – UBA, Erich Schmidt Verlag, 1981. p. 80-89.
- 5 – O MEIO terrestre: ar, aspectos ecológicos da poluição atmosférica. In: *Ecologia aplicada e proteção do meio ambiente*. São Paulo, CETESB, 1981. AB-18, p. 3-12.
- 6 – NANBU, Schoichi. *Water quality management in the environment*. Tokyo, Japan International Cooperation Agency, 1977. v. 17, p. 1-7.
- 7 – ORGANIZACION Panamericana de La Salud. Riesgos del ambiente humano par salud. 1976.
- 8 – REVISTA IDORT. Junho 1977.

RESUMO

O principal objetivo deste trabalho é mostrar a relação existente entre a poluição do ar, da água, do solo e os conseqüentes danos à saúde humana, à flora, à fauna bem como aos materiais.

O artigo trata, inicialmente, da poluição oriunda de óxidos de enxofre, óxidos de nitrogênio, *smog* fotoquímico, monóxido de carbono, material particulado e substâncias tóxicas. As informações são apresentadas em quadros que mostram as principais fontes emissoras, a conseqüente degradação ambiental e os mais conhecidos efeitos daqueles poluentes para a saúde humana, para os animais, plantas e materiais.

Em seguida, trata especificamente da poluição hídrica e dos efeitos para os seres vivos em geral. Esclarece sobre a interligação da poluição de recursos hídricos com outros recursos naturais.

Finalmente trata da degradação do solo, proveniente do uso indevido de produtos químicos agrícolas, desmatamento, deposição de substâncias tóxicas e irrigação das culturas agrícolas com água proveniente de rios poluídos.

ABSTRACT

The main purpose of this paper is to show the relationship between air, water and soil pollution and its consequent damage to human health, to the living environment, as well as to the materials.

The article refers to pollution due to sulfur oxides, nitrogen oxides, photochemical smog, carbon monoxide, particles and toxic substances. The information is presented on tables which inform about the main emitting sources, the consequent environment degradation and the well known effects of those pollutants on human health, to the animals, plants and materials.

Following, it provides information, more specifically about water pollution and its effects on human health and the living environment. The link between water pollution and the other natural resources is illustrated.

Finally it refers to soil degradation due to the use of some agricultural chemicals, deforestation, deposition of toxic substances and irrigation of the crops with water proceeding from polluted rivers.

A autora agradece ao Analista Especializado Copérnico de Arruda Cordeiro pela valiosa colaboração e sugestões apresentadas.