

Poluição ambiental

Texto de apoio às Aulas teóricas

Caderno 3

AGRICULTURA E AMBIENTE
POLUIÇÃO DA ÁGUA E DO AR

Módulo I

Cláudia Marques dos Santos Cordovil

2020 - 2021

FÓSFORO

O fósforo não se encontra livre na natureza, mas em combinações como os fosfatos. Na natureza não ocorrem em abundância formas de fósforo combinado que possa ser utilizado pela planta. As reservas de fosfatos são jazidas de apatita ligadas rochas graníticas; rochas eruptivas; fosfatos sedimentares em camadas de origem marinha; e aluminofosfatos de origem organomineral. As maiores jazidas são encontradas em Marrocos, Argélia, Rússia, América do Norte e do Sul.

FORMAS DE P NO SOLO

O fósforo (P) encontra-se na fase sólida nas formas orgânicas e inorgânicas; na fase líquida em formas inorgânicas na solução do solo, nas formas de H_2PO_4 e HPO_4^{2-} .

O P contido no material de origem do solo encontra-se na forma de minerais, com predomínio dos fosfatos. Através do intemperismo o fósforo (P) é libertado para a solução, em pequenas quantidades. O fósforo (P) total da maioria dos solos pode ser relativamente grande, entretanto processos geoquímicos e biológicos podem transformar os fosfatos naturais em formas estáveis, fixado, combinado com outros elementos como cálcio, ferro ou alumínio, formando compostos não assimiláveis pelas plantas (P-lábil).

No solo o P pode ser imobilizado, quando encontra-se na forma orgânica não assimilável pelas plantas; tornando-se disponível para a planta pela mineralização da matéria orgânica; ou adsorvido que é a fração de fósforo, presa ao complexo coloidal do solo tornando-se disponível através de trocas com as raízes; e assimilável é a parte que se encontra diluída na solução do solo sendo facilmente absorvido pelas plantas. A forma chamada disponível é o somatório do P adsorvido com o assimilável.

FORMAS DE ABSORÇÃO PELAS CULTURAS

O fósforo é absorvido pelas plantas sob a forma de anião H_2PO_4^- em solos ácidos e HPO_4^{2-} , é um nutriente altamente dependente de acidez e da humidade do solo.

FUNÇÕES DO P NA PLANTA

Dos macronutrientes primários, o fósforo é absorvido em menores quantidades que os demais, mas a sua presença no solo é indispensável para o crescimento e produção vegetal. Interfere nos processos de fotossíntese, respiração, armazenamento e transferência de energia, divisão celular, crescimento das células. Contribui para o crescimento prematuro das raízes, qualidade de frutas, verduras, grãos e formação das sementes. Por interferir em vários processos vitais das plantas, deve haver um fornecimento adequado de fósforo desde a germinação, principalmente em plantas de ciclo curto. O fósforo, na planta, apresenta uma grande mobilidade. As plantas quando jovens absorvem maiores quantidades de fósforo ocorrendo um crescimento rápido e intenso das raízes em ambientes com níveis adequados do nutriente.

PERDAS DE P NOS SOLOS

No solo, o fósforo é pouco móvel, pois é firmemente retido não sendo um nutriente facilmente sujeito à perdas por percolação, entretanto, a erosão é a responsável pelas maiores perdas de fósforo, quando ocorrem perdas de matéria orgânica e partículas coloidais com fósforo.

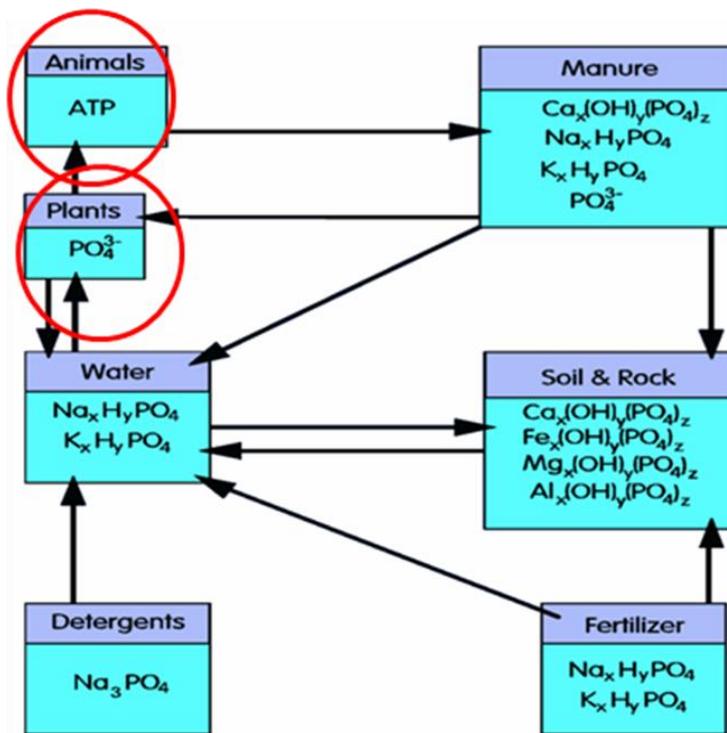
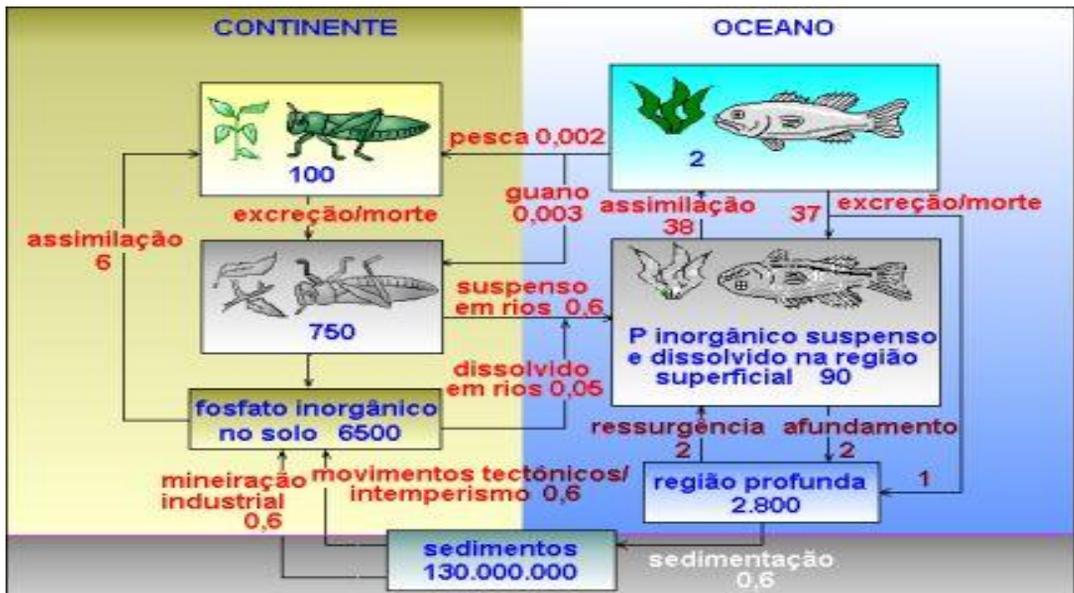
DINÂMICA DO P NO SOLO

Nos fertilizantes fosfatados sob a forma de fosfato solúvel em água, em contacto com a solução do solo, o fósforo solubiliza tornando-se disponível. Parte deste fica diluído na solução do solo e parte fica adsorvido ao complexo coloidal (argilas), por troca iónicas, em solos ácidos que apresentam elevados teores de ferro, e alumínio, parte do fósforo disponível é fixada, formando compostos de ferro e alumínio; o fósforo torna-se indisponível para as plantas. A aplicação de calcário é uma maneira de melhorar a indisponibilidade.

- Não é tóxico, não havendo perigo para a saúde humana
- Eutrofização das águas superficiais
- Associado à erosão (sedimentos)
- O fósforo (P) de origem agrícola é o principal responsável pela eutrofização dos meios aquáticos
- O controle da erosão melhora grandemente o problema, visto grande parte do P estar adsorvido na matriz do solo.

Muito mais difícil de controlar relativamente ao N devido à complexa especiação química do P: um dos principais problemas nos próximos anos.

Ciclo do fósforo



Cain, et al., Discover Biology, Third Edition,
 W. W. Norton & Co. © 2006 W. W. Norton & Co.

As Cianobactérias proliferam nas águas eutrofizadas, sendo, por isso, uma consequência da poluição com fósforo.

- Explosões de cianobactérias na Primavera e Verão que podem produzir toxinas nas águas doces:
- Neurotoxinas – alcalóides que bloqueiam a transmissão dos impulsos nervosos.
- Hepatotoxinas – inibem as fosfatases causando hemorragia hepática.
- Estas toxinas podem resistir ao tratamento com cloro, sendo necessário usar carvão ativado ou ozono.
- O valor limite proposto pela Organização Mundial da Saúde (OMS) para estas toxinas é de 1,0 mg/L.

As cianobactérias (também chamadas algas azuis), são organismos que se desenvolvem em águas doces superficiais, estuários ou no mar. Por vezes, as cianobactérias podem libertar toxinas na água o que pode causar problemas de saúde pública e animal. Podem também libertar alguns compostos originando o mau cheiro da água e o sabor a terra ou a bolor. Nas águas com velocidade corrente pequena ou nula como os lagos, lagoas, canais e albufeiras, as cianobactérias podem multiplicar-se de tal forma que conferem à água uma cor verde intensa, azul-esverdeada, ou verde-acastanhada.

A crescente interferência do Homem no ambiente, materializada, por exemplo, na utilização de fertilizantes na agricultura, nas descargas de esgotos urbanos e na rejeição de efluentes de agroindústria e de outros sectores industriais, é o principal fator conducente ao enriquecimento das massas de água em nutrientes, especialmente na forma azotada (amónia e nitratos) e fosfatada. A eutrofização destes sistemas, coadjuvada por temperaturas elevadas e períodos longos de luminosidade, tal como se verifica desde o final da Primavera até ao fim do Verão, são as condições essenciais para que o desenvolvimento excessivo das populações de cianobactérias ocorra.

As consequências destas "explosões" de microalgas são bastante diversificadas. Por um lado, a acumulação na superfície de grandes massas de cianobactérias diminui a radiação luminosa que atinge as águas mais profundas e, assim, é alterado todo o ecossistema em termos de produtividade. Por outro lado, no final do Verão, com a diminuição da temperatura e da intensidade e duração da luminosidade, coincidente, na maioria dos casos, com uma depleção dos nutrientes disponíveis na coluna de água, ocorre o colapso da florescência, o que significa que enormes quantidades de matéria orgânica são disponibilizadas, estimulando o crescimento de bactérias químico-heterotróficas, que a decompõem, consumindo, para isso, oxigénio. É por este motivo que se atribui a este colapso a desoxigenação das águas, responsável por elevadas mortalidades nas populações de animais aquáticos.

Outra das consequências dos florescimentos de cianobactérias traduz-se na alteração das características organolépticas da água e animais aquáticos, originada pela produção de certos compostos químicos aromáticos voláteis, por algumas espécies de microalgas. Tais compostos, apesar de não terem efeitos nefastos em termos de saúde pública, conferem à água e animais que nela vivam, odores e sabores desagradáveis, o que conduz a uma diminuição da apetência para o seu consumo.

Mas o efeito mais grave resultante do desenvolvimento de *blooms* de cianobactérias é a produção de toxinas. Embora ainda mal definida, segundo alguns autores, esta produção não é mais do que um mecanismo defensivo contra o zooplâncton e outros herbívoros, garantindo aos produtores fraca apetência alimentar devida à toxicidade acumulada nas células, à semelhança do que fazem as plantas vasculares ao produzirem taninos, fenóis e outras substâncias para se protegerem da herbivoria. Deste modo, embora não contaminem o zooplâncton, aquando da morte das células por processos naturais, estas substâncias tóxicas são libertadas, e os seus efeitos podem ser dramáticos.



Cianobactérias no Rio Guadiana

Contaminante/Poluente



Proliferação de algas em águas eutrofizadas – Mindelo – Ilha de S. Vicente em Cabo Verde

A eutrofização é um fenómeno que afeta inúmeros lagos, albufeiras, rios e mesmo zonas marinhas costeiras de todo o mundo, alterando o equilíbrio do ecossistema e deteriorando a qualidade da água o que limita a sua utilização.

A eutrofização pode ser definida como um aumento da quantidade de nutrientes e/ou matéria orgânica num ecossistema aquático, resultando numa maior produtividade primária e, geralmente, na diminuição do volume total do ecossistema. Devido a um aumento de nutrientes disponíveis, originam-se *blooms* (aumentos de grande magnitude) de algas verdes e de cianobactérias (algas azuis) que podem ter efeitos nocivos. São estes *blooms* que acabam por provocar o aumento da produtividade primária.

A eutrofização pode ser natural ou consequência de atividades humanas. Quando a origem é natural, o sistema aquático torna-se eutrófico muito lentamente e o ecossistema mantém-se em equilíbrio. Geralmente a água mantém-se com boa qualidade para o consumo humano e a comunidade biológica continua a ser saudável e diversa. Quando, pelo contrário, a eutrofização resulta de atividades humanas, há um aceleração do processo, os ciclos biológicos e químicos podem ser interrompidos e, muitas vezes, o sistema progride para a um estado essencialmente morto.

<http://naturlink.pt/article.aspx?menuid=80&cid=17404&bl=1&viewall=true>

Vantagens decorrentes de medidas conducentes a reduzir excessos de N e P numa exploração agrícola?

1. Benefícios ambientais:

- a. Reduz riscos de lixiviação dos nitratos e contaminação das águas;
- b. Reduz emissões gasosas de N;
- c. Reduz perdas de fósforo para as linhas de água e consequente eutrofização.

2. Ganhos económicos:

- a. Reduz despesas com adubos;
- b. Não necessita tratar os efluentes (chorumes) se houver aumento da área;
- c. Possível aumento dos lucros com reformulação das dietas animais.

Assume assim, cada vez mais relevância o desenvolvimento e utilização de tecnologias que:

- ✓ promovam a produção;
- ✓ mantenham ou melhorem a fertilidade dos solos;
- ✓ assegurem a reciclagem dos nutrientes;
- ✓ conservem a água e a energia;
- ✓ controlem os inimigos das culturas.

TECNOLOGIAS LIMPAS
Boas práticas agrícolas

BPA's

TECNOLOGIAS LIMPAS (BPA's)

FONTES DIFUSAS

Práticas destinadas a proteger a água incluem:

- Prevenção da erosão – mobilização mínima, conservação dos resíduos, mobilização segundo as curvas de nível, rotação das culturas, drenagem; Zonas tampão junto aos poços e cursos de água;
- Vedações que impeçam o acesso dos animais aos cursos de água.
- Gestão integrada de nutrientes;

Zonas Tampão (Faixas de vegetação)

Impedem o movimento de sedimentos, nutrientes, pesticidas e agentes patogénicos:

- A partir dos terrenos agrícolas;
- Dentro dos terrenos agrícolas;
- Removem >50% dos nutrientes e pesticidas;
- Removem >60% de alguns agentes patogénicos;
- Removem > 75% dos sedimentos.

A instalação de faixas de vegetação promove a remoção de nutrientes do solo e impede em grande parte as perdas desses nutrientes para as águas, contribuindo para reduzir a poluição aquática



Gestão integrada de nutrientes

- Análises de solo e recomendações de fertilização;
- Uso equilibrado de fertilizantes orgânicos e minerais;
- Gestão eficaz de estrumes e chorumes;
- Balanço de nutrientes e eficiência de uso

Gestão de nutrientes na produção vegetal inclui a análise de solos para avaliar as necessidades de aplicação de fertilizantes que são calculadas em função do tipo de cultura e das suas necessidades em nutrientes, e do que já existe no solo desses nutrientes.

Só conhecendo o que o solo pode fornecer e as necessidades reais das culturas é que é possível usar os fertilizantes de uma forma equilibrada.

A aplicação de estrumes e de chorumes também contribui para o fornecimento de nutrientes que devem ser contabilizados nestes cálculos de fertilização.

Fontes Tópicas

- **Práticas adicionais de gestão de estrumes que protegem a água incluem:**
 - Impedir que a chuva e o escoamento superficial entrem no local de armazenamento dos estrumes;
 - Colheita do líquido que escoar do local de armazenamento.

EXCREÇÃO DE AZOTO

- UTILIZAÇÃO DE ALIMENTOS DE ELEVADA DIGESTIBILIDADE - (MONOGÁSTRICOS E RUMINANTES)

A relação entre a quantidade absorvida de determinado nutriente (quantidade ingerida menos a quantidade excretada) e a quantidade desse nutriente presente no alimento fornecido é a sua **DIGESTIBILIDADE** e exprime-se em percentagem.

Todas as estratégias que conduzam ao aumento da DIGESTIBILIDADE dos alimentos, deverão ser equacionadas como forma de minimizar a sua excreção nas fezes dos animais.

Alguns dos procedimentos que podem ser adoptados na alimentação animal:

I – Utilizar espécies melhoradas;

II – Utilizar alimentos processados (a granulação aumenta a digestibilidade da proteína em 3,7%);

III – Cortar as forragens no momento adequado (À medida que o estado fisiológico das plantas evolui, **umenta o seu teor em fibra e diminui a sua digestibilidade**. Assim, o melhor compromisso entre a quantidade de forragem obtida e a sua qualidade **ocorre no espigamento das gramíneas e no início da floração das leguminosas**);

IV – Melhorar a qualidade das silagens (ruminantes) –Para contrariar a **actuação dos clostrídios** que são bactérias responsáveis pela **degradação das proteínas em azoto amoniacal** (acção proteolítica).

EXCREÇÃO DE FÓSFORO

Do **P** existente nos alimentos, apenas uma parte está disponível directamente para o metabolismo dos animais, uma vez que a restante se apresenta na forma de **fitatos** (sais de ácido fítico).

A razão para aquela indisponibilidade deve-se ao facto de, quer os animais monogástricos, quer os ruminantes, não produzirem enzimas digestivas (**fitases**) capazes de decompor os fitatos e **a maioria do fósforo ingerido acaba por ser excretado nas fezes.**

Há assim necessidade de adicionar às dietas **fósforo (P) inorgânico** altamente disponível (fosfatos).

Isto implica, necessariamente, o excesso de fósforo total nas dietas e, conseqüentemente, **elevadas concentrações de fósforo nos excrementos dos monogástricos.**

A introdução, como aditivo, de **fitases** (enzimas que decompõem os fitatos) nas dietas de monogástricos inicia uma nova era na batalha da redução da excreção de nutrientes.

Para além de decompor a maioria dos **fitatos** libertando fósforo, as **fitases** libertam também outros nutrientes contidos neles, tais como *zinco* e também alguns *aminoácidos*.

Por esta razão, a aplicação continuada de estrumes e chorumes, (ex. chorume de suínos) contribui a curto prazo para a acumulação de P nos solos

Para além das questões relacionadas com o azoto e o fósforo, que são nutrientes, há a considerar os outros elementos que são micronutrientes e os que não são nutrientes.

Metais e elementos vestigiais

- Todos os metais são persistentes. Eles são elementos e não podem ser destruídos.
- Podem, no entanto, combinar-se com outros átomos fazendo moléculas com propriedades diferentes do elemento parental.
- Nem todos são PBT (bioacumulativos e tóxicos)
- Cinco metais nutrientes são PBTs: *cobre, crómio, níquel, selénio e zinco*.
- Seis não nutrientes também são PBTs: *antimónio, arsénio, berílio, cádmio, chumbo e mercúrio*. A toxicidade destes elementos varia conforme o tipo de composto químico que o elemento faz.
- Outros elementos não PBTs: boro (B), flúor (F), cobalto (Co), manganês (Mn), molibdénio (Mo)

Fontes de elementos vestigiais

Este tipo de elementos que existem em baixa concentração no solo, provêm de fontes diversas.

Alguns deles são libertados para a atmosfera, mas residem nela por um curto espaço de tempo apenas.

- Meteorização das rochas
- Extração de minério
- Indústrias de extração e processamento dos elementos
- Uso industrial dos elementos
- Lixiviação a partir de aterros e lixeiras
- Escoamento superficial urbano
- Excrementos

Tempo de residência

O tempo de residência na atmosfera é curto sendo depositados nas águas ou solos, pelo que a atmosfera

é uma importante via para a contaminação da hidrosfera e superfície do solo.

Nos oceanos há uma grande diluição de modo que o problema só se põe em situações em que a diluição é retardada.

No solo a dispersão é irregular e as consequências ambientais podem ser persistentes naquele lugar.

Metais

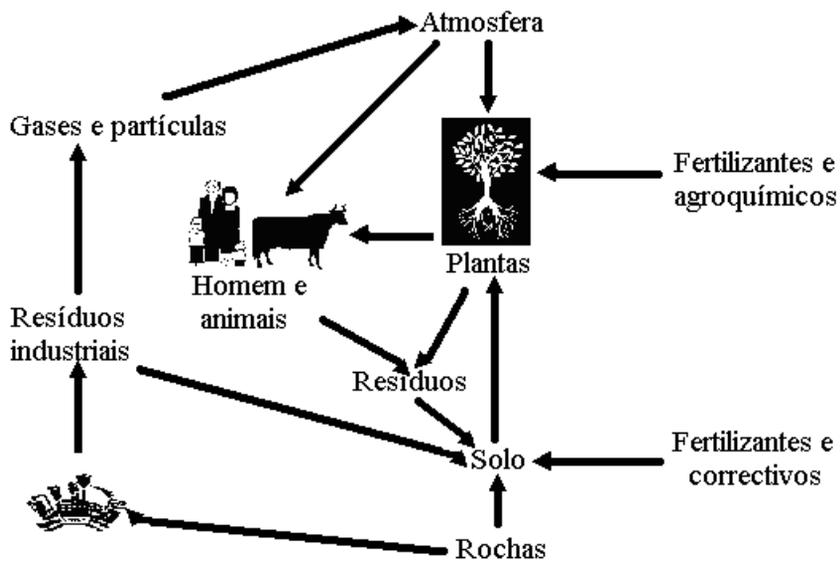
Os elementos vestigiais com número atómico superior a 23, o que inclui o crómio e o manganês, ou os metais com massa atómica superior a 55, o que já exclui estes dois elementos.

São metais quimicamente altamente reativos e bio-acumulativos, ou seja, o organismo não é capaz de os eliminar.

Elementos como o arsénio, o boro, o flúor e o selénio embora sendo elementos vestigiais não são metais.

A bioacumulação é a acumulação nos organismos vivos, que não têm capacidade de os eliminar. Também se chama magnificação

Fontes de elementos vestigiais



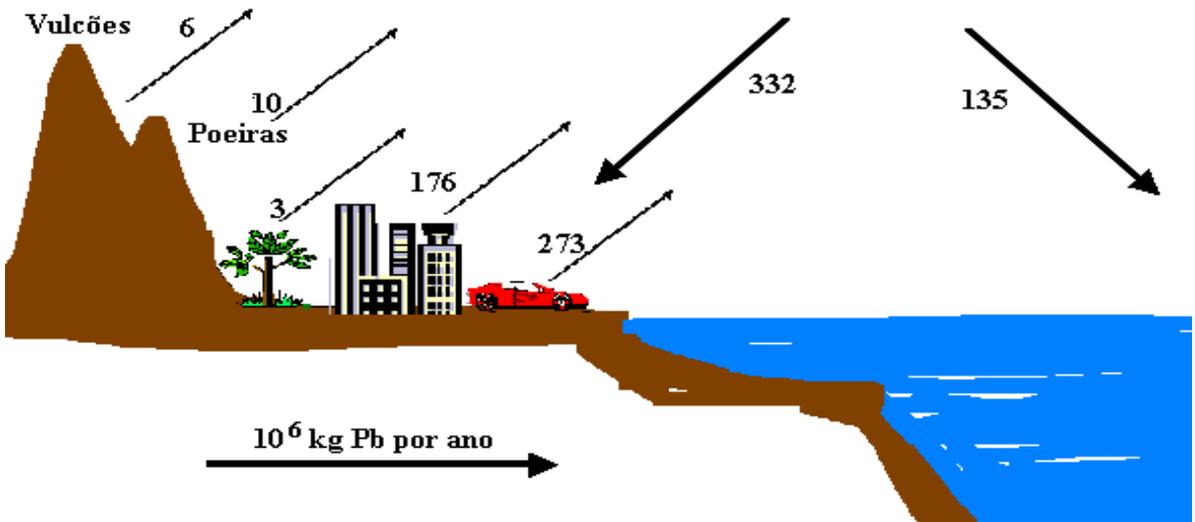
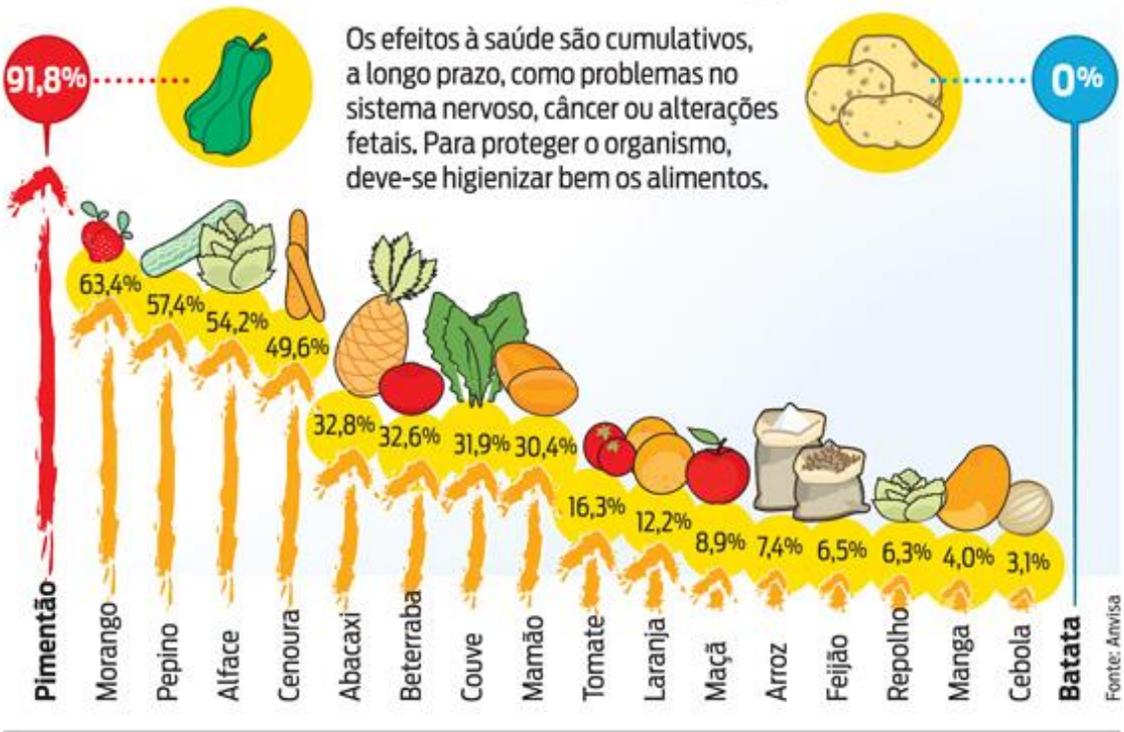
Tempos de residência

Elemento	Atmosfera (dias)	Solos (anos)
Cádmio	10	300-3000
Chumbo	20-30	400-3000
Mercúrio	10-90	900

Vias de entrada no organism

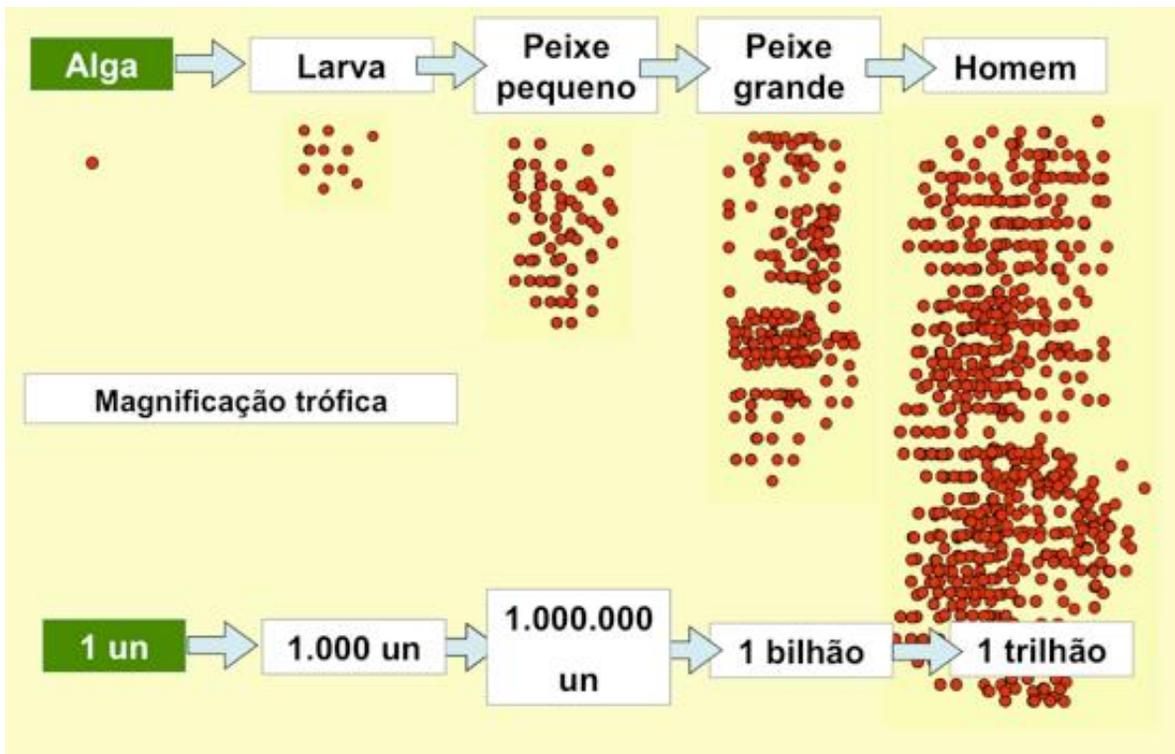
Elemento	Ar	Alimentos	Água
Arsénio	-	-+	+
Cádmio	+	+	-
Chumbo	+	+	+
Mercúrio	-+	+	-

Amostras de alimentos com resíduos de agrotóxicos



Transferências anuais de chumbo entre a atmosfera e restantes compartimentos

Magnificação trófica do mercúrio na água



A magnificação trófica –bioacumulação- é a acumulação nos seres vivos ao longo da cadeia trófica, de substâncias não biodegradáveis (os seres vivos não conseguem eliminar essas substâncias do seu organismo).

A magnificação trófica, refere-se à bioacumulação por etapas ao longo da cadeia alimentar com aumento da concentração à medida que é transferida pelos diferentes níveis tróficos, conceito este importante para a saúde

O mercúrio, chumbo, cádmio, são metais pesados, onde encontramos nos computadores velhos, televisores e lixo eletrônico, são exemplos que contêm essas substâncias tóxicas. Por ex. um computador velho contém chumbo, se ele não for colocado em um lixo próprio, e sim no depósito de lixo comum, ele pode contaminar o solo até o lençol freático.

Contaminação dos solos com elementos vestigiais

Fertilizantes e agroquímicos

Os estrumes e os chorumes podem conter níveis elevados de *cobre e zinco*.

O *cobre* é adicionado à dieta de suínos e de aves porque melhora o crescimento devido às propriedades bactericidas e fungicidas.

O *zinco* é incorporado para evitar a acumulação excessiva de cobre no fígado. Em alguns países, como a Holanda, estas adições já são proibidas devido ao impacto ambiental adverso que representam.

Aduos fosfatados contêm *cádmio*, proveniente das apatites a partir das quais foram fabricados.

Os agroquímicos podem conter *cobre e mercúrio* (alguns fungicidas), *chumbo e arsénio* (alguns pesticidas, embora já pouco usados)

Elementos vestigiais no solo

Elemento	Concentração 'normal' (mg kg ⁻¹)	Concentração em solos contaminados (mg kg ⁻¹)
As	< 5 a 40	até 2500
Cd	< 1 a 2	até 30
Cu	2 a 60	até 2000
Mo	< 1 a 5	10 a 100
Ni	2 a 100	até 8000
Pb	10 a 150	10000 ou mais
Se	< 1 a 2	até 500
Zn	25 a 200	10000 ou mais

Mobilidade no solo

- Reação do solo
 - A mobilidade dos oligoelementos, com exceção do arsénio, molibdénio e selénio, é maior em solos ácidos por diminuição da CTC, substituição dos elementos no complexo de troca por iões alumínio, solubilização dos hidróxidos e carbonatos, e menor adsorção química dos catiões
- Teor de minerais argilosos e de compostos de ferro, alumínio e manganês
- Capacidade de troca catiónica
 - Colóides do solo (minerais argilosos e compostos de ferro, alumínio e manganésio) fornecem locais de adsorção física e química. O ião selenito é mais fortemente adsorvido quimicamente do que o ião selenato. Esta é a razão por que a selenose (intoxicação dos animais com selénio) é mais comum em climas áridos e semiáridos nos quais o ião selenato prevalece por não ser lixiviado em grande extensão

Teor de matéria orgânica

- Quelatação por pequenas moléculas orgânicas - mobilização no solo e maior disponibilidade para as plantas. Provêm de exsudados radiculares, decomposição de resíduos ou adição de materiais orgânicos. Mais frequentemente, a matéria orgânica diminui a mobilidade dos elementos vestigiais por os quelatar em grandes moléculas insolúveis e efetivamente removê-los da solução do solo.

Presença de outros elementos

- Outros elementos: i) competem para locais de adsorção ou absorção pelas plantas (Zn e Cd), ii) formam complexos solúveis com oligoelementos (iões cloreto e sulfato, mobilidade

do Cd maior em solos salinos); iii) precipitam oligoelementos (P precipita Pb com formação de compostos como $Pb_5(PO_4)_3Cl$)

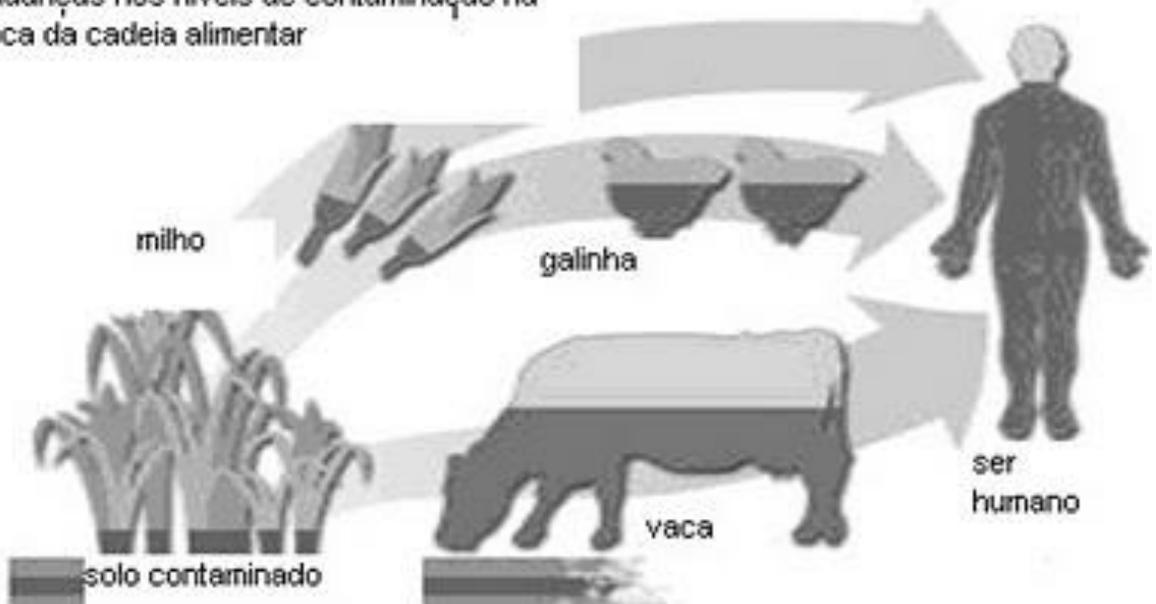
Potencial redox

- Condições oxidantes - dissolução dos sulfuretos, como CdS ou PbS.
- Condições redutoras - dessorção dos elementos ligados a compostos de Fe e Mn e formação de sulfuretos.
- A conjugação destes processos leva à acumulação de Cd e Pb nas zonas húmidas – os elementos que chegam, adsorvidos nos sedimentos provenientes da erosão dos solos, são em parte dessorvidos e precipitados na forma de sulfuretos.

Metilação por microrganismos

- Mercúrio, arsénio e selénio formam compostos voláteis no solo.
- Os três são metilados por microrganismos dando origem a algumas formas voláteis. Este processo pode ser usado para remediar os solos contaminados.
- Algumas formas metiladas são muito solúveis nos lípidos e acumulam-se nos tecidos das plantas ou na fauna do solo.
- Enquanto a metilação do arsénio diminui a sua toxicidade, sucede o inverso com o mercúrio. Este, forma uma série de compostos metilados em condições redutoras, razão por que o consumo de peixes e mariscos é uma via importante para a contaminação do Homem com mercúrio

mudanças nos níveis de contaminação na troca da cadeia alimentar

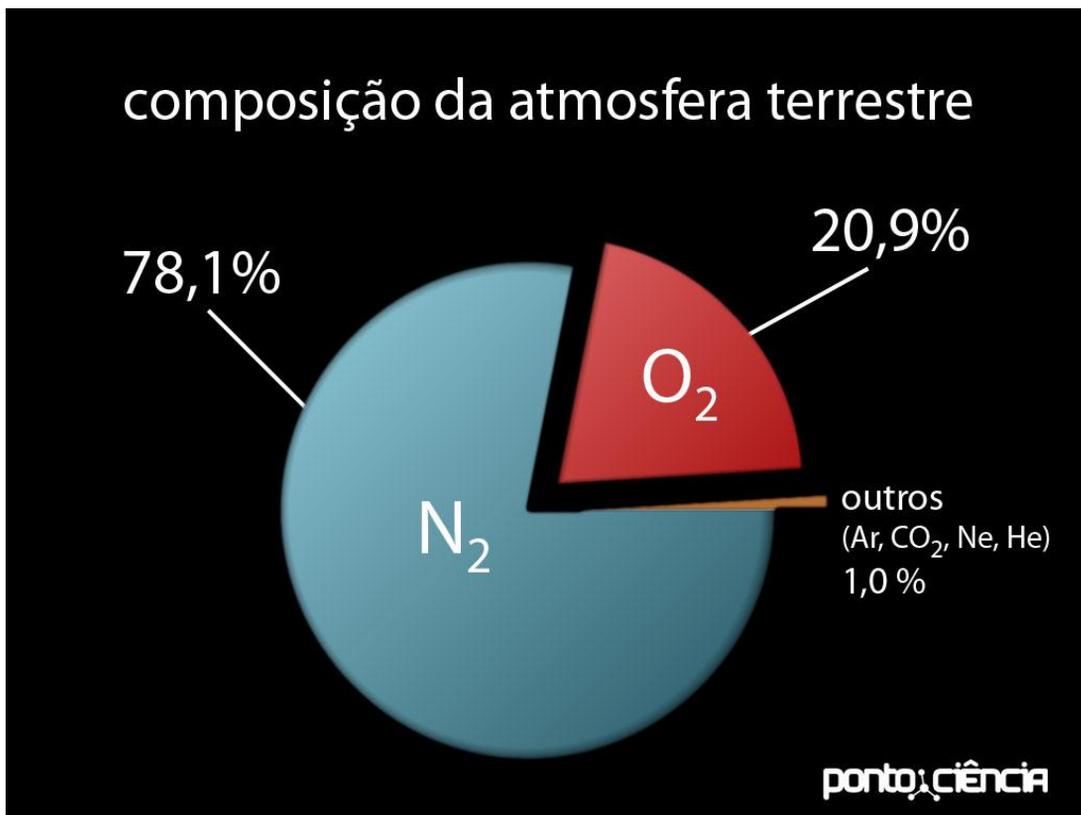


O AR

A poluição do ar pode ter 2 vertentes: a qualidade do ar (interior e exterior) e o efeito de estufa. Nem todos os gases que poluem a atmosfera têm efeito de estufa. Como vimos nas aulas anteriores, há gases que são emitidos da superfície da Terra e que contribuem para a chuva ácida (deposição húmida) e para a deposição seca ácida. Os efeitos que nos interessam resumem-se ao que acontece na baixa atmosfera e é aqui que nos preocupamos com a poluição do ar.

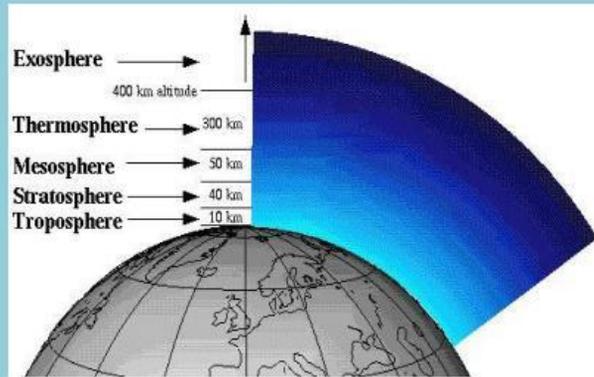
- A atmosfera é o mais importante de todos os componentes não só do clima, como também da manutenção da vida na Terra.
- A sua estrutura vertical está dividida em várias regiões horizontais, de baixo para cima.
- A primeira, a **troposfera**, contém 75% da massa gasosa de toda a atmosfera, todo vapor de água e praticamente todos os aerossóis.
- A segunda região, a **estratosfera**, estende-se até cerca de 50 km de altitude. Nesta, as variações de temperatura são muito violentas, entre $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- A atmosfera superior começa aí, com o nome de **mesosfera** que vai até 90 km de altitude, onde tem início a **ionosfera**, que vai até cerca de 1.000 km
- O estudo de poluição do ar restringe-se à baixa atmosfera, que compreende a troposfera e a estratosfera

Tal como também já sabemos, 78% do ar que respiramos é azoto sob a forma de N_2 , que é um gás inerte (não reativo). Cerca de 21% é oxigénio e os restantes 1% de gases diversos, como podem ver no slide a seguir.



Atmosphere and its Structure

- **Atmosphere:-** The gaseous layer surrounding the earth is known as atmosphere.
- The atmosphere is the life supporting mantle, surrounding the earth.
- The atmosphere surrounds the earth up to 700 km, atmosphere is subdivided as



Composição do ar atmosférico normal (não poluído) e do ar poluído.

Componente	Ar normal	Ar poluído
Azoto	78,09%	78,09%
Oxigénio	20,94%	20,94%
Árgon	0,93%	0,93%
Dióxido de carbono	305-370 ppm	330-550 ppm
Monóxido de carbono	0,12-0,90 ppm	10-360 ppm
Dióxido de enxofre	0,0002 ppm	0,01-0,06 ppm
Dióxido de azoto	0,0005-0,02 ppm	0,12-0,25 ppm
Amoníaco	0,006-0,010 ppm	0,075-0,285 ppm

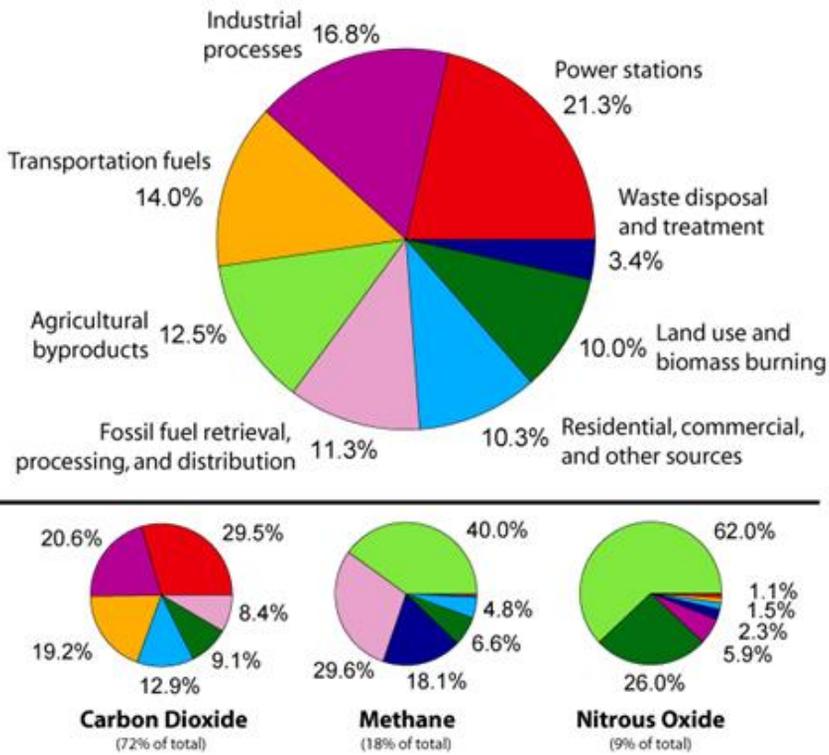
Repare-se que todos os gases com efeito de estufa existem naturalmente na atmosfera (CO_2 , CO , SO_2 , NO_2 , etc). O que se passa é que as suas concentrações são muito baixas e, quando sobem um pouco tornam-se poluentes e dão origem ao efeito de estufa.

Repare-se como a concentração poluente do CO_2 é pouco mais alta do que a concentração normal.

A concentração de amoníaco (NH_3) também bastante baixa.

FONTES DE POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

Annual Greenhouse Gas Emissions by Sector



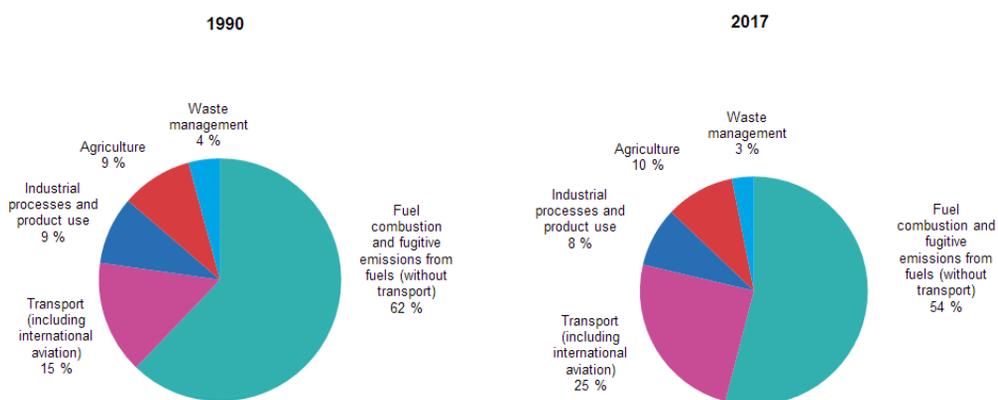
Cada sector de atividade gera diferentes tipos de gases. No total, a quantidade de gases com efeito de estufa que são emitidos por cada sector de atividade, é indicado no gráfico de cima como % da emissão total.

Nos pequenos gráficos inferiores, estão as % de contribuição de cada tipo de atividade para a emissão de CO₂, CH₄ e N₂O.

Podemos ver que a agricultura é responsável por apenas 10 – 12 % (este valor vai flutuando ano a ano) das emissões totais. No entanto, esta atividade é a maior contribuidora para a emissão de N₂O e de CH₄. (relativamente ao CH₄ podem ver um dos vídeos que vos mandei, onde se explica que o CH₄ de origem industrial é mais nocivo e efetivamente contribui para o efeito de estufa, enquanto o CH₄ emitido pelos ruminantes fica apenas na baixa atmosfera e é ciclado de volta a CO₂ não contribuindo significativamente para o efeito de estufa.

Veja-se nestes dois gráficos como as diversas atividades antropogénicas contribuem para a emissão de GEE. Temos dados de 1990 e de 2017. De salientar o aumento da contribuição dos transportes, incluindo a aviação.

Greenhouse gas emissions, analysis by source sector, EU-28, 1990 and 2017
(Percentage of total)



Source: European Environment Agency (online data code: [env_air_gge])

Causas naturais de poluição do ar

As fontes de poluição naturais são:

- Erupções vulcânicas, com libertação de gases venenosos como o dióxido de enxofre, o ácido sulfídrico e o monóxido de carbono;
- Fogos florestais com a libertação de compostos orgânicos e inorgânicos;
- Dispersão de pólen e poeiras por ação do vento.

Principais fontes de poluição do ar

- As fontes poluidoras do ar podem ser classificadas em três grupos:
- **Processos de combustão** - cujos poluentes são originados pela combustão em incineradores, veículos automóveis, centrais térmicas, etc.;
- **Processos industriais** - cujos poluentes têm origem nalgum processo industrial: siderúrgico, petroquímico, químico (fertilizante), alimentar, etc.
- **Agricultura e pecuária** – cujos poluentes têm origem em queimadas, eventuais incêndios em matas, disposição inadequada de resíduos sólidos e líquidos, armazenamento inadequado de efluentes, animais em pastoreio, etc.
- **Desflorestação**, porque desequilibra o balanço natural entre o O₂ e o CO₂;
- **Aumento da população**, com consequências na alteração climática e na emissão de GEE, bem como na diminuição da área de floresta e na perda de vida selvagem e biodiversidade;
- Deposição de resíduos **nucleares** da indústria do armamento, e da produção de energia nuclear

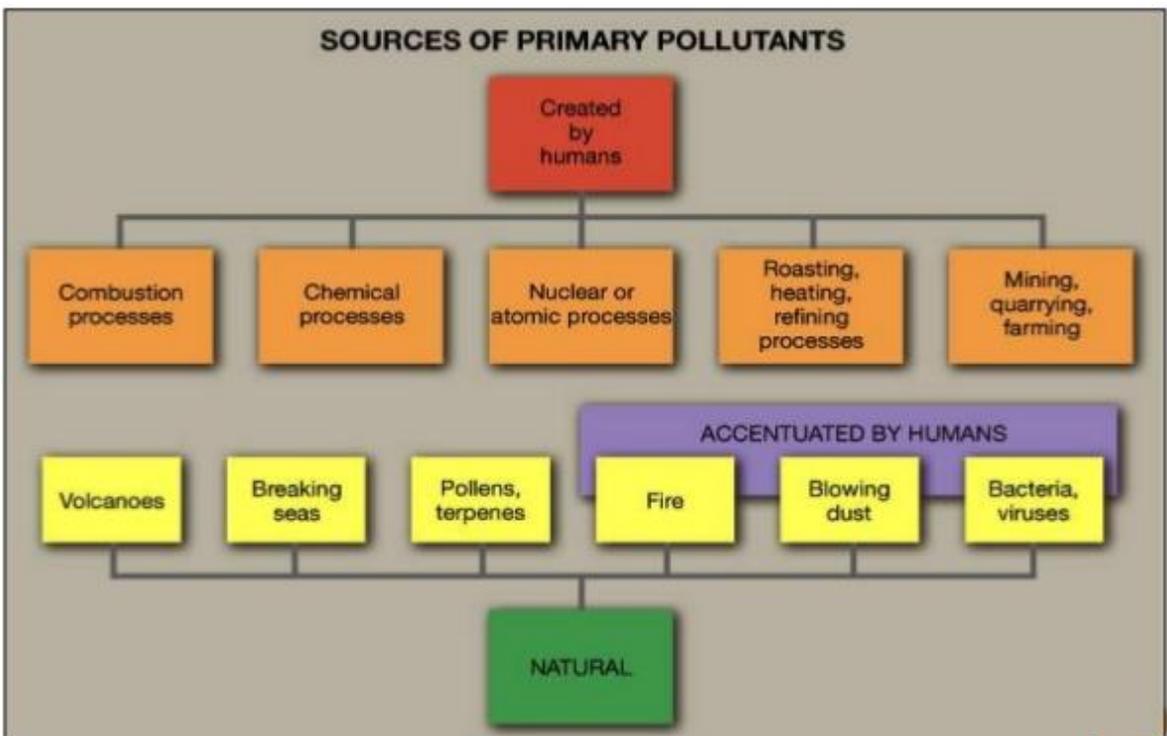
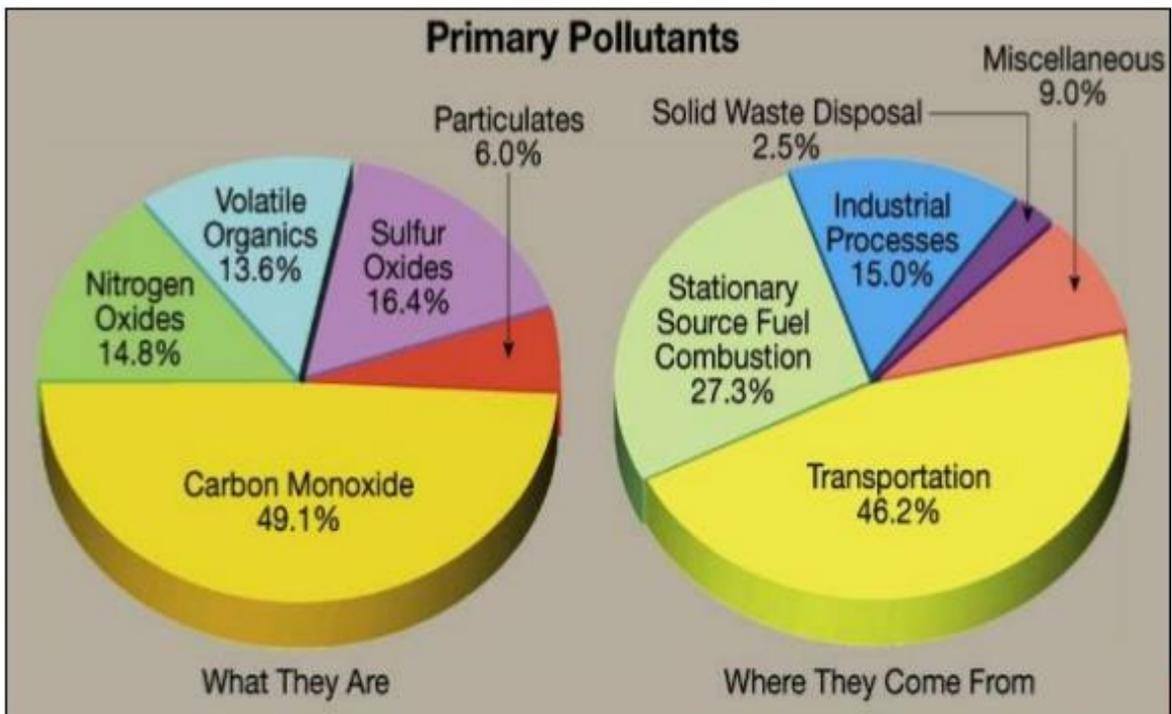
Tipos de poluentes - classificação

- **Gases** (CO_x, SO_x, etc.),
- **Partículas** em suspensão no ar (sílica, pólen, fungos, pesticidas, amianto, etc.), provenientes das mais variadas fontes.
- O material particulado, em suspensão na atmosfera, forma com esse meio gasoso aquilo a que se chamam os **aerossóis** (partículas finas, sólidas ou líquidas, com diâmetros menores que 10 microns)

Origem dos poluentes atmosféricos – classificação

- São **poluentes primários**, aqueles que se encontram no ar da mesma forma em que foram emitidos pela fontes (SO₂, H₂S, CO₂, etc.).
- São **poluentes secundários** os formados na atmosfera, pela interação entre dois poluentes primários ou entre poluentes primários e os constituintes normais do ar (H₂SO₄, PAN (, etc.)

Ex de poluentes primários	Ex de poluentes secundários
<ul style="list-style-type: none">• Óxidos de enxofre• Óxidos de azoto• Monóxido de carbono• Compostos radioativos• Partículas finas (PM)	<ul style="list-style-type: none">• Ozono• Formaldeído• Nevoeiro fotoquímico (smog)• Peróxido de acetil nitrato (PAN)

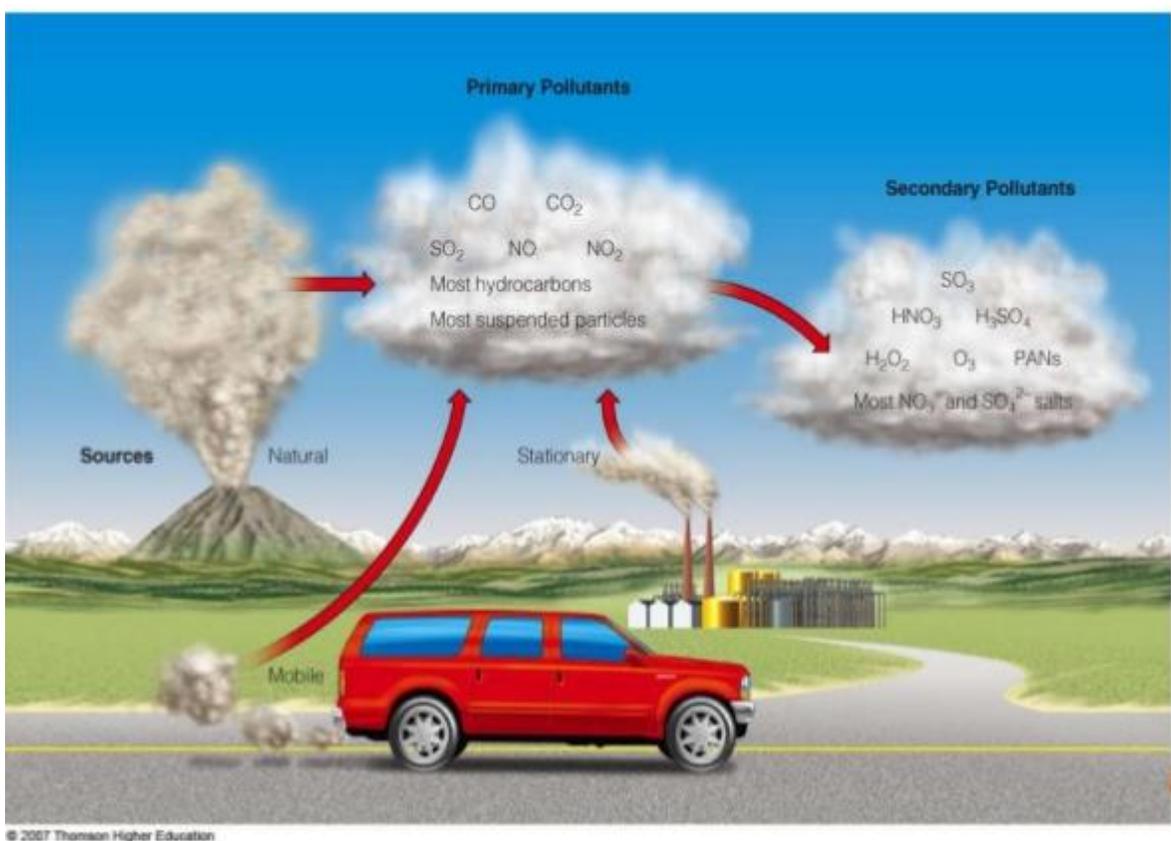


Classificação dos poluentes conforme a composição química

Orgânicos	Inorgânicos
<ul style="list-style-type: none"> • Hidrocarbonetos • Aldeídos • Cetonas • Álcoois • Organosulfurados 	<ul style="list-style-type: none"> • Monóxido de carbono • Dióxido de carbono • Carbonatos • Óxidos de azoto e de enxofre • Carbonatos

Classificação conforme o estado da matéria

- Contaminantes naturais
 - Emitidos por processos naturais. Ex. pólenes
- Partículas finas (PM) ou material particulado
 - Podem ser líquidos ou sólidos
 - Partículas agregadas $> 0,002 \mu$ e $< 500 \mu$
 - Por ex o pó está entre 1 e 10000 μ e o fumo entre 0,5 e 1 μ .
- Gases e vapores
 - Gases de enxofre (SO , SO_2 , SO_3 , SO_4) inodoro e incolor
 - Monóxido de carbono (CO) inodoro e incolor
 - Óxidos de azoto (NO , NO_2 , N_2O_5)
 - Hidrocarbonetos (aromáticos e alifáticos)

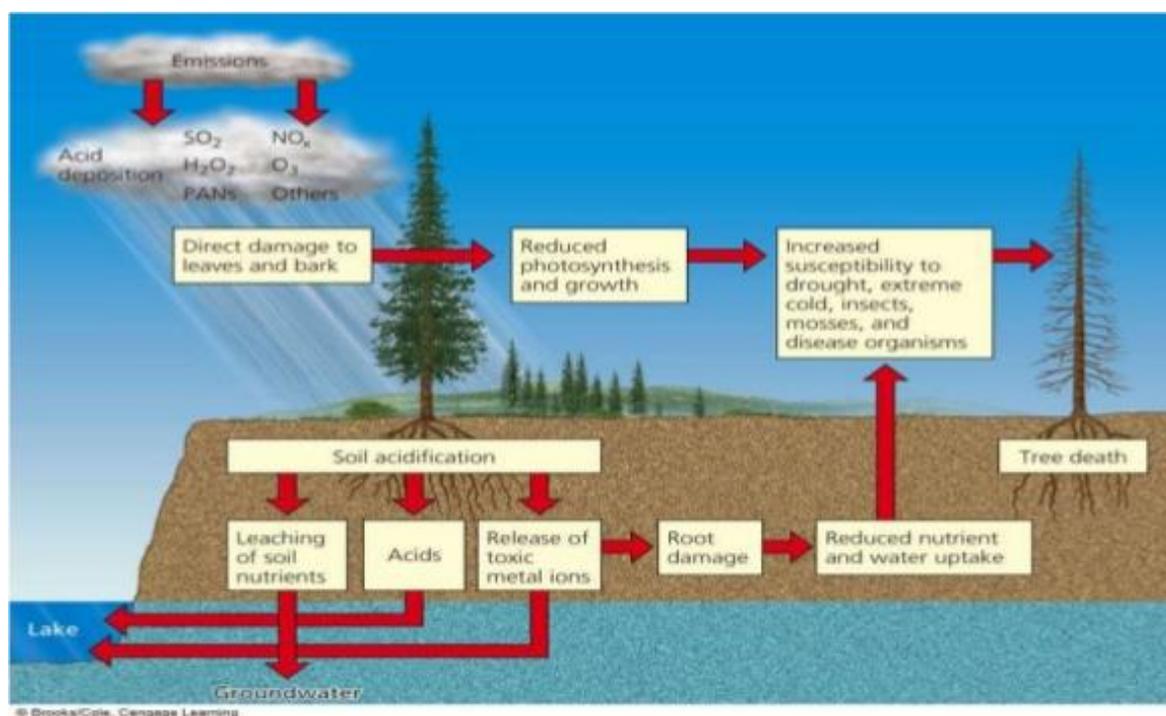


Os poluentes primários são lançados na atmosfera de diversos tipos de fontes emissoras, quer as naturais quer as antropogênicas. Na atmosfera os poluentes primários reagem entre si e formam os poluentes secundários que têm efeitos diferentes mais igualmente ou mais nocivos do que os efeitos dos poluentes primários.

São exemplo de poluentes secundários, o ácido nítrico e o ácido sulfúrico, formados na atmosfera e que são arrastados de volta para a superfície da Terra formando a chuva ácida ou a deposição seca.

Principais poluentes do ar.

Poluente	Origem	Poluente	Origem
Monóxido de carbono (CO)	Combustão incompleta de materiais carbonados. Os veículos automóveis constituem a principal fonte.	Dióxido de enxofre (SO ₂).	Produzido naturalmente por vulcões. Queima de combustíveis fósseis. Processos industriais
Dióxido de carbono (CO ₂). 60% do efeito de estufa total	Ocorre naturalmente, mas também é produzido na combustão de materiais carbonados para produção de energia. Queimadas.	Material particulado (MP).	Indústrias, mineração, veículos, queimadas e construção civil.
Óxidos de azoto (NO _x).	Produzido naturalmente por vulcões. Queima de combustíveis fósseis. Queimadas.	Hidrocarbonetos (HC).	Evaporação e queima de combustíveis fósseis em veículos automóveis e na indústria.



A deposição ácida dá origem à queima das folhas, e respetiva redução da fotossíntese nas plantas afetadas. Para além disso, acidifica os solos o que também é prejudicial à maioria das espécies vegetais que são sensíveis ao pH baixo no solo, e acidifica a água dos rios e outras massas de água.

As massas de água são afetadas diretamente pela deposição mas também indiretamente através da lixiviação e do escoamento superficial dos ácidos através do solo. A deposição ácida e consequente acidificação do solo vai solubilizar mais nutrientes e metais, tornando-os mais móveis no solo e suscetíveis de se perderem por lixiviação indo enriquecer as águas subterrâneas.

A solubilização de metais no solo com pH baixo, também tem efeito supressor do crescimento das plantas por danos causados no sistema radicular que assim, vê a sua capacidade de absorção de água e nutrientes reduzida.

- Decrease yield in agriculture.
- Suppressed growth of vegetables.
- Leaf injury and damage to young plants.
- Decreased growth rate and increased death rate.



Efeito em folhas da mesma espécie. Na folha da direita o efeito da deposição ácida

CO₂

- A conversão de solos para a agricultura, aumentou a emissão de CO₂
- É produzido pela mobilização do solo devido à mineralização da MO, e ao efeito na agregação do solo.
- O pastoreio incrementa a emissão de CO₂.
- O tipo de uso do solo influencia a emissão de CO₂, principalmente devido às condições de temperatura associadas. Ex, em pastagem a emissão é maior do que sob coberto arbóreo.

N₂O

- Óxido de azoto está naturalmente presente na atmosfera.
- É produzido no solo pelos processos de nitrificação e desnitrificação
- A emissão anual de N₂O dos solos está estimada em 58% do total das emissões de gases dos solos.
- A maioria do N₂O envolvido no efeito de estufa, no aquecimento global e na depleção da camada do ozono, supõe-se que foi emitido pelo solo.
- O risco de emissão aumenta com a compactação do solo.
- A fertilização aumenta o risco de emissão de N₂O.

CH₄

- É principalmente emitido em campos alagados, como por exemplo arrozais, pela acção das bactérias metanogénicas.
- É também emitido pelos ruminantes.

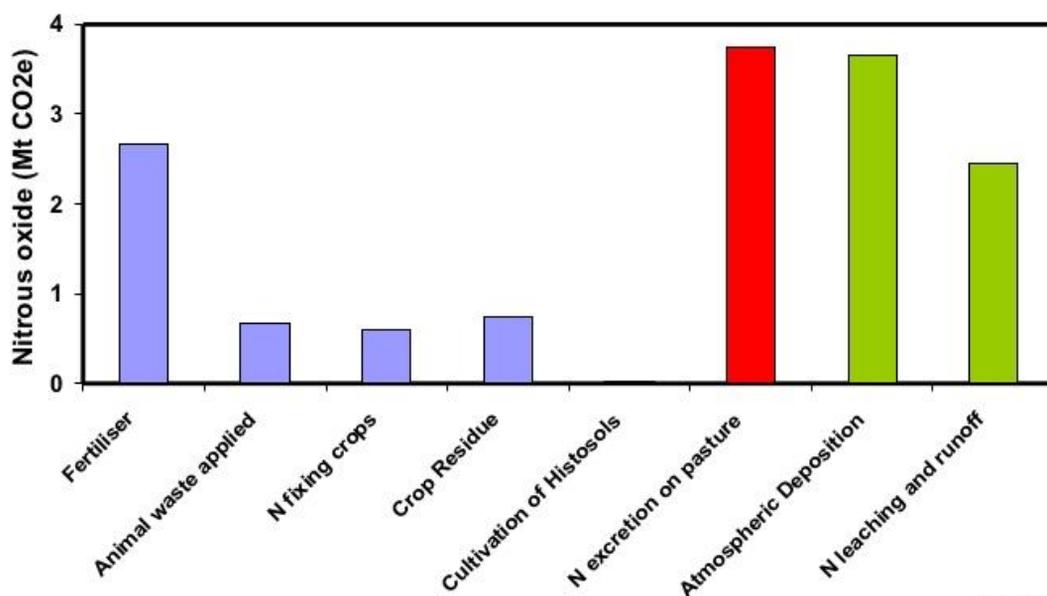
NO

- Forma-se no solo por acção das bactérias nitrificantes.
- Também reage com o vapor de água do ar, para formar ácido nítrico e ácido nitroso, que acidificam a chuva e aumentam a deposição ácida.

NO, NO₂ e NO_x

- Os óxidos de azoto são produzidos a partir da reacção dos gases N e O no ar durante a combustão, especialmente a altas temperaturas. Em temperaturas normais, os gases O e N não reagem juntos.
- Nas grandes cidades, os óxidos de N são produzidos a partir da combustão de combustível em fontes móveis e estacionárias. A combustão da gasolina nos automóveis emite óxidos de azoto para a atmosfera (fonte móvel). As emissões estacionárias são provenientes de indústrias a carvão e caldeiras de indústrias eléctricas.
- Forma-se no solo por acção das bactérias nitrificantes.
- Também reage com o vapor de água do ar, para formar ácido nítrico e ácido nitroso, que acidificam a chuva e aumentam a deposição ácida.

Agricultural soils - nitrous oxide emissions



(DCCEE 2010)

Metano

- É principalmente emitido em campos alagados, como por exemplo arrozais, pela ação das bactérias metanogénicas.
- É também emitido pelos ruminantes durante o processo de ruminação.

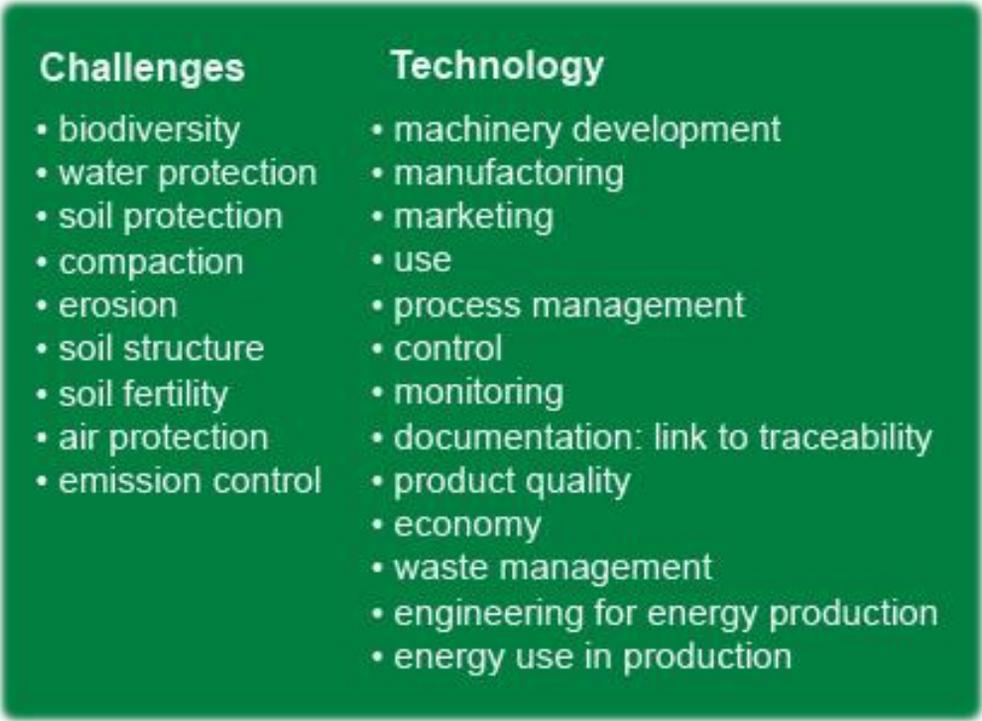
Para mais informação acerca deste tópico, é importante ver os vídeos respetivos.

Gases com efeito de estufa

<https://www.youtube.com/watch?v=QVH5142rhkg&feature=youtu.be>

<https://theconversation.com/es-posible-alimentar-al-mundo-solo-con-ganado-de-pastoreo-121946>

O futuro da agricultura encontra-se num balanço entre a produção agrícola e a preservação ambiental



Challenges	Technology
<ul style="list-style-type: none">• biodiversity• water protection• soil protection• compaction• erosion• soil structure• soil fertility• air protection• emission control	<ul style="list-style-type: none">• machinery development• manufacturing• marketing• use• process management• control• monitoring• documentation: link to traceability• product quality• economy• waste management• engineering for energy production• energy use in production