



LEARNING TOXICOLOGY
THROUGH OPEN EDUCATIONAL

Poluentes Orgânicos Persistentes

Ileana MANCIULEA, Lucia DUMITRESCU

Transilvania University of Braşov

i.manciulea@unitbv.ro, lucia.d@unitbv.ro

Traduzido e adaptado por Alexandre Pacheco (alexandre.pacheco.1991@gmail.com) e por Lúcia Guilhermino (lguilher@icbas.up.pt), ICBAS e CIIMAR, Universidade do Porto (Portugal)



INTRODUÇÃO

Atualmente, a população humana vive num mundo contaminado por diversos poluentes orgânicos persistentes (POPs), tais como DDT, dieldrina, PCP, HCH, PAH, etc., produzidos e usados na agricultura e indústria desde 1920. Estes agentes ainda estão presentes no ambiente, muitos deles com distribuição global, incluindo nos tecidos de organismos vivos, podendo exercer efeitos adversos na saúde humana e ambiental.

Os POPs têm sido encontrados em todos os continentes e em todas as zonas climáticas, incluindo nas regiões mais remotas, tais como oceanos (incluindo mar aberto) e desertos, em espécies selvagens e na população humana (Ritter et al. 1997; AMAP, 2014). Os POPs são substâncias químicas persistentes no ambiente, bioacumulam e representam um risco para a saúde humana e para o ambiente. Estes poluentes são transportados através de fronteiras internacionais até áreas muito distantes das suas fontes de emissão, atingindo zonas onde não são produzidos nem usados. Os ecossistemas e as populações humanas nativas do Ártico estão particularmente em risco devido ao transporte a grande distância e à biomagnificação de muitas destas substâncias nas redes tróficas. As regiões Alpinas e do Báltico são também citadas como sendo áreas de deposição destes compostos.

Os POPs incluem compostos halogenados de origem natural e antrópica resistentes à fotodegradação e às degradações química e biológica, características que levam à sua acumulação nos ecossistemas terrestres e aquáticos. A população humana pode ser exposta a POPs através da dieta alimentar e do ambiente (incluindo ar interior). A exposição quer aguda quer crónica a POPs tem vindo a ser associada com uma grande variedade de efeitos adversos, incluindo doença e morte.



Alguns POPs (por exemplo, PCBs) podem persistir no ambiente por vários anos e serem bioconcentrados de forma muito elevada, com fatores de bioconcentração até 70000 (Ritter et al. 1997; Stockholm 2007; AMAP, 2014; WHO 2010; WHO, 2016).

PROPRIEDADES E COMPORTAMENTO AMBIENTAL DOS POPs

O comportamento dos agentes químicos/POPs no ambiente é determinado por:

- A sua estrutura química, propriedades físico-químicas, características do ambiente.
- Os compostos orgânicos com persistência, mobilidade e toxicidade reduzidas podem ser considerados como não representando riscos para a saúde humana e ambiental.
- *No entanto, os POPs são compostos orgânicos persistentes com elevada mobilidade e toxicidade.*
- Relativamente poucas substâncias possuem propriedades correspondentes aos POPs.
- *A persistência* é o período de tempo que uma substância permanece no ambiente sem ser transformada ou degradada noutra substância ou noutras substâncias que sejam menos perigosas (por vezes são transformadas em mais tóxicas, mais ou menos persistentes).
- Os POPs são muito persistentes com tempos de semivida superiores a 6 meses.
- *Dissipação* é uma combinação de pelo menos dois processos, degradação e mobilidade, e corresponde ao desaparecimento de uma substância do ambiente.
- *Semi-volatibilidade* é uma propriedade importante dos POPs que lhes confere mobilidade através da atmosfera suficiente para permitir que quantidades elevadas entrem na atmosfera e sejam transportadas através de longas distâncias.

- As substâncias semivoláteis são em geral altamente halogenadas, têm peso molecular de 200 a 500 g/mol e pressão de vapor inferior a 1000 Pa. Estas substâncias podem volatilizar em regiões quentes e condensar em regiões frias onde tendem a permanecer.
- *Lipofilicidade* é a tendência dos POPs para se dissolverem melhor em gorduras do que em água.
- A elevada lipofilicidade dos POPs determina a sua bioconcentração pelos organismos vivos a partir do meio que os rodeia. Esta propriedade combinada com elevada persistência e resistência à biodegradação resulta na sua biomagnificação através da cadeia trófica (Ritter et al.1997; Stockholm 2007; UNEP, 2010; Ding,2013).

QUÍMICA E TOXICOLOGIA DOS POPs

QUÍMICA

- Por definição, os POPs são compostos orgânicos, frequentemente halogenados/clorados.
- Os POPs são muito resistentes à degradação química, biológica e por ação da luz.
- A ligação carbono-cloro é muito estável à hidrólise e quanto maior for o número de substituições por cloro e/ou grupos funcionais com cloro, maior é a resistência à degradação fotolítica e biológica. O cloro ligado a um anel aromático (benzeno) é mais estável à hidrólise do que estruturas alifáticas de cloro.
- Os POPs com elevado grau de halogenação têm reduzida solubilidade em água e elevada lipossolubilidade, passando facilmente através da estrutura fosfolipídica das membranas biológicas e são acumuladas nos depósitos de gordura.
- Os hidrocarbonetos constituem um grupo importante de POPs sendo os organoclorados o grupo mais relevante (dioxinas, furanos, PCBs, hexaclorobenzeno, mirex, toxafeno, heptacloro, clordano e DDT).

- Os POPs caracterizam-se pela sua baixa solubilidade em água, elevada solubilidade em lípidos, elevada persistência ambiental, longos tempos de semivida, e por serem bioacumulados em organismos e biomagnificados nas cadeias tróficas após dispersão no ambiente.
- Embora seja conhecidas algumas fontes naturais (de bactérias, fungos, plantas, organismos marinhos, insetos, etc.) de organoclorados, a maior parte dos POPs provem quase integralmente de fontes antropogénicas relacionadas com a produção e uso de agentes químicos orgânicos. Pelo contrário, os HCD, dioxinas e furanos são formados de forma não intencional durante um vasta gama de processos de produção e combustão.
- *Os POPs são tipicamente compostos semivoláteis*, característica que favorece o seu transporte de longo curso, percorrendo grandes distâncias através da atmosfera, e a sua resistência à degradação fotolítica e biológica. A volatilização pode ocorrer a partir de plantas e da superfície do solo em áreas onde foram aplicados POPs enquanto pesticidas.
- Os compostos orgânicos halogenados / clorados têm sido utilizados pela indústria química na produção de milhões de toneladas por ano de PVC, solventes, pesticidas e especialmente de produtos químicos e fármacos.
- Adicionalmente, quer as fontes antrópicas quer as naturais originam produtos e emissões não desejados, caracterizados pela sua elevada persistência e resistência à degradação (tais como dioxinas cloradas, furanos, etc.).
- Devido às suas propriedades físico-químicas, os POPs podem ser transformados através de uma variedade de processos microbiológicos, químicos e fotoquímicos. A eficácia desses processos ambientais depende em grande medida do composto específico e das características do ambiente.
- Compostos clorados de hidrogénio e carbono cíclicos, aromáticos, do tipo ciclopiano, incluindo diversos pesticidas organoclorados (DDT,

clordano, lindano, hepacloro, dieldrina, aldrina, etc.), com peso molecular superior a 236 g/mol podem ser acumulados nos tecidos biológicos e são conhecidos pela sua persistência ambiental.

- Os hidrocarbonetos de baixo peso molecular (inferior a 236 g/mol) podem incluir alcanos e alcenos (diclorometano, cloropicrina, clorofórmio) e são frequentemente associados a baixa toxicidade aguda, efeitos toxicológicos reversíveis e tempos de meia vida biológicos e ambientais relativamente curtos.
- A *biodisponibilidade* (a proporção da concentração total de um agente químico para entrar num organismo em particular), depende da combinação de propriedades químicas do composto, das características do ambiente e das propriedades morfológicas, bioquímicas e fisiológicas do organismo.
- Geralmente, a excreção de poluentes orgânicos é facilitada pela sua conversão metabólica em compostos mais polares. Devido à sua resistência à degradação e transformação, os POPs não são facilmente excretados, pelo que os mais resistentes à metabolização (e.g. toxafeno, PCBs, etc.) tendem a acumular nos organismos e nas cadeias tróficas. Alguns poluentes orgânicos podem ser convertidos em metabolitos mais persistentes do que o composto parental (por exemplo, a conversão metabólica do DDT a DDE, e a biotransformação da aldrina no seu metabolito mais persistente dieldrina) (Ritter et al. 1997; Ding et al. 2013; WHO, 2010).

TOXICOLOGIA

Ambiental

- No ambiente, os POPs têm sido associados a impacto significativo numa grande variedade de espécies pertencentes virtualmente a todos os níveis tróficos. Os POPs têm sido associados quer a efeitos toxicológicos agudos resultantes da exposição a concentrações

ambientais elevadas quer a efeitos adversos resultantes da exposição crónica a concentrações ambientais baixas.

- O longo tempo de semivida dos POPs nos organismos vivos facilita a acumulação de pequenas quantidades destes agentes ao longo de períodos de tempo consideráveis. Para alguns POPs existem evidências experimentais de que a exposição cumulativa pode provocar efeitos crónicos não letais (imunotoxicidade, efeitos dermatológicos e carcinogénicos).
- Estudos com mamíferos marinhos demonstraram que a disfunção imune pode levar ao aumento da mortalidade e que o consumo de alimento contaminado com POPs pode provocar deficiências da tiroide, aumento da suscetibilidade a infeções microbianas e alterações reprodutivas nestes animais.
- POPs (TCDD's, PCBs, clordano, HCB, toxafeno, DDT) têm causado imunodeficiência em várias espécies selvagens.
- Populações selvagens de várias espécies com elevada incidência de tumores continuam elevadas concentrações de PCBs, mirex, clordano e toxafeno (AMAP, 2014; WHO, 2010; WHO, 2016).

Saúde humana

- Estudos científicos sugerem que alguns POPs têm potencial para causar efeitos adversos significativos na saúde humana a nível local, regional e global devido ao transporte de longo curso (LRT – do inglês *long-range transport*).
- No caso de alguns POPs, a exposição ocupacional e acidental a níveis elevados de exposição representa um grande risco para os trabalhadores, especialmente em países em desenvolvimento onde o uso de POPs na agricultura resultou num elevado número de mortes.
- Por exemplo, um estudo realizado nas Filipinas demonstrou que em 1990 o endossulfão foi o principal responsável pelas intoxicações agudas relacionados com pesticidas em trabalhadores agrícolas.

- A exposição de trabalhadores a POPs durante o processamento de resíduos (lixo) é um dos fatores significativos de risco ocupacional em diversos países. A exposição curta a elevadas concentrações de alguns POPs pode resultar em doença e morte.
- A exposição ocupacional, "bystander" e "near-field" a agentes químicos tóxicos é frequentemente difícil de minimizar, especialmente em países em desenvolvimento.
- Problemas na gestão da exposição no ambiente de trabalho são causados por falta de treino e de equipamento de segurança e condições de trabalho precárias.
- Os primeiros relatórios de exposição a POPs relacionados com o impacto na saúde humana incluem um episódio de intoxicação de alimentos por HCB no sudeste da Turquia que resultou na morte de 90% dos afetados e, noutra exposição, cirrose hepática, porfíria e distúrbios neurológicos.
- Num incidente agudo em Itália, em 1976, a libertação de 2,3,7,8-TCDD para o ambiente resultou num aumento de cloracne.
- A EPA dos EUA está atualmente a rever os efeitos para a saúde relacionados com a dioxina, especialmente em relação a efeitos não-cancerígenos (imunotoxicidade, distúrbios reprodutivos e neurotoxicidade).
- Tais efeitos não são comuns no caso de exposição a concentrações mais baixas através do ambiente e da cadeia alimentar.
- Observações laboratoriais e de campo em animais, assim como estudos clínicos/epidemiológicos em humanos e estudos com culturas celulares, demonstraram que a sobre-exposição a certos POPs pode estar associada a uma ampla gama de efeitos biológicos.
- Esses efeitos adversos podem incluir disfunção imunológica, défices neurológicos, anomalias reprodutivas, anomalias comportamentais e carcinogénese.

- As evidências científicas que demonstram uma ligação entre exposição crónica a concentrações subletais de POPs (que ocorrem como resultado do transporte de longo alcance) e os impactos na saúde humana são difíceis de estabelecer.
- Estudos relacionaram a ingestão através da dieta de PCBs, dioxinas e furanos a reduções de linfócitos, e sugeriram que crianças com ingestão dietética de POPs mais elevadas apresentam taxas de infeção 10-15 vezes maiores do que crianças com níveis mais baixos.
- Os fetos em desenvolvimento e os recém-nascidos estão particularmente vulneráveis à exposição a POPs devido à transferência através da placenta e durante a lactação.
- Os residentes do Ártico Canadano, tendo níveis de PCBs excessivos em relação à ingestão diária aceitável, estão particularmente em risco relativamente a efeitos reprodutivos e de desenvolvimento.
- Estudos de carcinogénese em populações humanas sobre exposição ocupacional a 2, 3, 7, 8-TCDD indicaram que as exposições a níveis elevados desta substância aumentam a incidência de cancro.
- Estudos de laboratório forneceram evidências de que produtos químicos organoclorados selecionados (dioxinas e furanos) podem ter efeitos cancerígenos e atuar como fortes promotores de tumores (Ritter et al., 1997; Dewailly et al., 2000; UNEP, 2010; OMS, 2016).

TRANSPORTE DE POPs NO AMBIENTE

- A persistência pode ser reduzida por processos de transformação ambiental: (a) biotransformação; (b) oxidação abiótica; (c) hidrólise e fotólise.
- A importância desses processos depende das taxas a que ocorrem sob condições ambientais naturais. Essas taxas dependem da estrutura química e das propriedades da substância e da sua distribuição no ambiente.

- Os fatores ambientais têm pouco efeito na degradação/transformação de POPs.
- Fatores que podem ter algum efeito são menos efetivos nas regiões polares. O uso continuado e a libertação de POPs noutras regiões do globo, tem provocado a acumulação de POPs nas regiões polares. Algumas das propriedades físicas estão fortemente dependentes das condições ambientais.
- A temperatura afeta a pressão de vapor, a solubilidade em água e a constante da Lei de Henry.
- A mudança de direção das substâncias em mar aberto reflete diferenças na temperatura da água superficial e na concentração atmosférica.
- Por exemplo, a movimentação de POPs no Golfo de Bengala no Oceano Índico faz-se do oceano para a atmosfera, enquanto nas regiões polares a movimentação ocorre em sentido inverso.
- A temperatura também pode afetar a deposição noutros locais. A distribuição de POPs está inversamente relacionada com a pressão de vapor e portanto com a temperatura.
- As temperaturas mais baixas favorecem uma maior partição desses compostos da fase de vapor para partículas em suspensão na atmosfera, aumentando a sua remoção e transporte para a superfície da terra pela chuva e pela neve.
- Os países tropicais têm temperaturas mais elevadas durante todo o ano do que os países das regiões temperadas e polares.
- Nas zonas tropicais, a prática de usar pesticidas na agricultura durante a estação de crescimento mais quente e húmida pode facilitar a rápida dissipação de POPs através do ar e da água.
- Estas e outras observações sugerem que a entrada de POPs na água costeira tropical através da descarga de rios é menos significativa do que nas zonas temperadas.
- O tempo de permanência no ambiente aquático tropical é curto e a transferência para a atmosfera é maior nessas áreas do que noutras. O

curto período de persistência dos POPs em águas tropicais pode ser considerado favorável para os organismos locais, mas tem implicações para o ambiente global, porque os resíduos volatilizados dos trópicos dispersam-se através da atmosfera de forma global.

- A distribuição de POPs nos oceanos tem vindo a alterar-se nas últimas décadas. Até aos anos 1980s, existiam maiores concentrações de POPs (DDT, PCBs) nos oceanos do hemisfério norte, devido à grande utilização em países desenvolvidos (Japão, Europa e América do Norte). Esta distribuição não foi observada em amostras recentes.
- O transporte atmosférico e a acumulação de POPs (PCBs, DDT, HCHs, clordano) nas regiões polares têm sido extensamente documentado. A acumulação destes agentes em regiões polares resulta parcialmente da volatilização a nível global, principalmente em zonas mais quentes, seguida da condensação nas regiões frias.
- Os contaminantes são continuamente depositados, reevaporados e fracionados de acordo com suas volatilidades. O resultado é um transporte e deposição relativamente rápidos de POPs com volatilidade intermédia (tais como como HCB) e migração mais lenta de substâncias menos voláteis (como o DDT).
- As características dos ecossistemas polares facilitam a sua contaminação com POPs. O clima mais frio, a atividade biológica reduzida e a incidência relativamente reduzida da luz solar aumentam a persistência dos POPs.
- A análise de dados referentes a concentrações de POPs em amostras do Ártico e das regiões Antárticas mostrou quedas nas concentrações desde que o uso de alguns desses POPs foi proibido ou restringido. A manutenção de uma base de dados central de todos os dados analíticos sobre os POPs ajudaria muito a determinação de tendências espaciais e temporais e a relacioná-las com alterações no padrão do seu uso (EMEP, 2008; EMEP, 2014; AMAP, 2014).

OS 12 POPs INICIAIS DA CONVENÇÃO DE ESTOCOLMO

A Convenção de Estocolmo sobre Poluentes Orgânicos Persistentes (maio de 2001) foca-se na redução e eliminação da libertação de 12 POPs (denominados "Dirty Dozen" pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). Esses 12 produtos químicos incluem:

- Oito pesticidas (aldrina, clordano, DDT, dieldrina, endrina, heptacloro, mirex, toxafeno)
- Dois produtos químicos industriais (bifenilos policlorados (PCBs) e hexaclorobenzeno (HCB));
- Dois subprodutos não intencionais, dioxinas (PCDD) e furanos (PCDF).

Os 12 POPs são utilizados ou provêm da indústria, agricultura ou controlo de vetores de doenças.

Na década de 1970, todos os 9 pesticidas e PCBs foram banidos ou submetidos a severas restrições de uso em muitos países. Alguns desses POPs ainda estão em uso em algumas partes do mundo onde são considerados essenciais para garantir a saúde pública. De forma a reduzir o seu uso nesses países, é importante compreender quais os países que usam POPs e de que forma são aplicados.

Aldrina

Aldrina é um pesticida aplicado em solos para eliminar térmitas, gafanhotos, lagartas-da-raiz do milho e outras pragas de insetos. É também usado para proteger as estruturas de madeira das térmitas. A aldrina converte-se facilmente em dieldrina em plantas e animais e, portanto, resíduos desses produtos químicos são geralmente encontrados em pequenas quantidades. A aldrina tem baixa toxicidade para as plantas, mas tem efeitos adversos sobre os invertebrados aquáticos, particularmente insetos. A exposição aguda a aldrina é letal para animais aquáticos, aves, peixes e seres humanos. O Programa Internacional de Segurança Química (IPCS) estima que a dose letal para o Homem seja de 5 g. A via de exposição humana mais comum é através

de alimentos, particularmente produtos lácteos e carne. O uso da aldrina foi proibido ou severamente restringido em muitos países (UNEP, 2010; WHO, 2010).

Clordano

O clordano é um inseticida agrícola de amplo espectro usado em culturas (vegetais, grãos, batatas, frutas, algodão, etc.). É também usado para combater térmitas. O clordano permanece no solo por muito tempo (tempo de semivida de um ano). O clordano pode matar invertebrados aquáticos, peixes e pássaros. Suspeita-se que o clordano danifique o sistema imunitário humano e está classificado como possível carcinogéneo humano. A via de exposição humana mais comum é através do ar, particularmente em ambientes interiores. O clordano foi detectado no ar interior de residências (EUA, Japão) e foi proibido em muitos países (OMS, 2016).

DDT

O DDT foi amplamente utilizado durante a Segunda Guerra Mundial para proteger soldados e civis contra a malária, o tifo e outras doenças transmitidas por insetos. Depois da guerra, o DDT continuou a ser utilizado para controlar doenças (malária, etc.) e pulverizado em culturas agrícolas, especialmente de algodão. Devido à sua elevada estabilidade e persistência (mais de 50% pode permanecer no solo 10-15 anos após a sua aplicação), resíduos do DDT foram detectados no Ártico. Alimentos contaminados com DDT são a maior fonte de exposição para a população. As exposições a longo prazo têm sido associadas a efeitos crónicos (depressão do sistema imunitário e alterações dos níveis de estrogénio). O DDT está classificado como possível carcinogéneo para o Homem. Embora o seu uso tenha sido banido em muitos países, o DDT foi detectado em alimentos e leite materno em todo o mundo. Até à data, 34 países proibiram o DDT e 34 restringiram severamente o seu uso (Convenção de Estocolmo de 2007, EMEP, 2008, PNUMA, 2010, OMS, 2010).

Dieldrina

A dieldrina foi usada para controlar térmitas, doenças transmitidas por insetos e insetos que vivem em solos agrícolas. A sua semivida no solo é de 5 anos. A aldrina converte-se rapidamente em dieldrina, portanto, as concentrações de dieldrina no ambiente são maiores do que as previstas de acordo com o seu uso. A dieldrina é muito tóxica para peixes e outros animais aquáticos e afeta o sistema imunitário humano. Resíduos de dieldrina foram encontrados no ar, água, solo, peixes, aves e mamíferos, incluindo o Homem, expostos à dieldrina através de alimentos (principalmente produtos lácteos e carne). A dieldrina foi o segundo pesticida mais comumente detectado durante um estudo americano com leite pasteurizado (UNEP, 2010, OMS, 2016).

Endrina

A endrina é um inseticida usado contra pragas de algodão, arroz e milho. Foi também usada como rodenticida para controlo de ratos e ratazanas. Os animais podem metabolizar a endrina que não se acumula no seu tecido adiposo contrariamente a outros POPs. A endrina é tóxica para peixes e outros organismos aquáticos e tem um tempo de semivida longo, persistindo no solo durante 12 anos. Suspeita-se que a endrina cause supressão do sistema imunitário humano. Como muitos outros POPs, os seres humanos são expostos à endrina através dos alimentos, embora os níveis de ingestão sejam normalmente muito baixos (Convenção de Estocolmo de 2007, PNUMA, 2010).

Heptacloro

O heptacloro é um inseticida utilizado para combater pragas do solo e de culturas agrícolas (particularmente de algodão), térmitas, gafanhotos, formigas e mosquitos (para controlar a malária). O heptacloro é metabolizado em epóxido de heptacloro, o qual tem uma toxicidade similar à do heptacloro. Foram detectados resíduos no sangue de gado nos EUA e na Austrália. O heptacloro é tóxico para a vida selvagem, mesmo a baixas concentrações. Em aves (do Canadá e EUA), a exposição a heptacloro induziu alterações

comportamentais, reduziu a capacidade reprodutiva e aumentou a mortalidade. Para o Homem os alimentos constituem a principal a principal fonte de exposição. O heptacloro está classificado como possivelmente cancerígeno para o Home. Vários países proibiram ou restringiram o uso de heptacloro (Convenção de Estocolmo de 2007, EMEP, 2008, OMS, 2010).

Mirex

O inseticida mirex foi usado contra formigas, térmites (U.S, América do Sul, África).

- O mirex também é usado como retardante de chamas em plásticos, borrachas, tintas e produtos elétricos.
- O mirex é um dos POPs mais estáveis e persistentes com uma semivida de até 10 anos.
- O mirex é tóxico para plantas, organismos aquáticos (crustáceos, peixes) e aves.
- A principal via de exposição humana é a alimentação (carne incluindo caça, peixe).

Toxafeno

- Toxafeno é um inseticida usado para proteger algodão, cereais, frutas, nozes e vegetais.
- O toxafeno (uma mistura de até 670 produtos químicos) foi o pesticida mais utilizado nos EUA em 1975. 50% do toxafeno libertado pode persistir em solos até 12 anos.
- O toxafeno não é tóxico para plantas, mas é muito tóxico para peixes e aves.
- A população humana é exposta principalmente através da dieta a qual geralmente tem níveis de contaminação relativamente baixos.
- O toxafeno foi considerado como possível agente carcinogénico para o Homem (UNEP, 2010; WHO, 2010).

Bifenilos policlorados (PCBs)



- Os PCBs foram produzidos pela primeira vez em 1929 e foram utilizados na indústria como fluídos de permuta de calor, em transformadores elétricos e condensadores (onde continuam a ser utilizados), como aditivos em tintas, adesivos e plásticos. Os PCBs são subprodutos de combustões incompletas e de alguns processos industriais.
- Dos 209 PCBs, 13 exibem uma toxicidade semelhante à dioxina.
- A sua persistência no ambiente depende do grau de cloração, as semividas podem variar entre 10 dias até um ano e meio.
- Muitos dos países cessaram a produção na década de 1970; no entanto, os PCBs permanecem no ambiente durante décadas, estando disponíveis para absorção e bioacumulação em organismos. Os PCBs são tóxicos para organismos aquáticos, peixes e outras espécies selvagens.
- A exposição crónica pode causar alterações nas enzimas hepáticas, problemas de desenvolvimento, problemas de saúde mental e alterações comportamentais, imunossupressão e possivelmente cancro.
- O Homem está exposto a PCBs principalmente através da dieta. Óleos vegetais e leite, peixes e mamíferos marinhos, ricos em gorduras estão em risco acrescido de contaminação por PCBs.
- A Agência Internacional de Pesquisa sobre Cancro da OMS classifica os PCB como provável carcinogénico para o Homem (OMS 2016, UNEP, 2010; Ding et al., 2013, OMS 2016).

Hexaclorobenzeno

- O HCB foi produzido pela primeira vez em 1945 para tratamento de sementes (especialmente trigo).
- Em meados da década de 1980, a maioria dos países deixou de o produzir.
- O HCB é gerado como um subproduto não intencional do fabrico de pesticidas, produtos químicos orgânicos (solventes, corantes), conservantes da madeira.
- O HCB resulta de combustões incompletas (combustão de lixo municipal, combustíveis).

- A exposição aguda de humanos, animais, peixes e aves ao HCB causa danos nos rins e fígado, efeitos no sistema nervoso central, distúrbios neurológicos, metabólicos e respiratórios, morte. Globalmente, diversos alimentos (produtos lácteos, carne) contêm HCB, o qual tem também sido encontrado no ar, na neve, na água do mar, na vegetação e no biota do Ártico. 100% do HCB em pesticidas (simazina, atrazina) é libertado para o ar, representando um risco para a saúde dos aplicadores destes produtos (Ding et al., 2013, OMS, 2016).

Dibenzo-p-dioxinas policloradas (PCDD)

- As PCDD são produzidas involuntariamente por combustões incompletas (combustão de resíduos perigosos hospitalares e municipais, carvão, turfa, madeira) durante o fabrico de pesticidas e outras substâncias cloradas.
- Dioxinas foram encontradas nos solos 10 a 12 anos após a primeira exposição.
- Devido à sua lipofilicidade, as dioxinas acumulam-se nos tecidos humanos e de animais selvagens.
- Pequenas quantidades em água contaminada podem ser bioconcentradas e biomagnificadas ao longo da cadeia alimentar até níveis perigosos. Os alimentos (de origem animal) são a principal fonte de exposição para o Homem.
- As dioxinas podem causar efeitos adversos na reprodução, no sistema imunitário, distúrbios da tiroide, distúrbios do sistema nervoso, diabetes e são teratogénicos, mutagénicos, cancerígenos. As dioxinas são encontradas em todos os seres humanos, com níveis mais altos em pessoas que vivem em países industrializados. Estima-se que a semivida das dioxinas em humanos é de 7.8 a 132 anos (Ding et. al. 2013, OMS, 2010, OMS, 2016).

Dibenzofuranos policlorados (PCDF)

- Os PCDFs/furanos são produzidos não-intencionalmente pelos mesmos processos que produzem as dioxinas e os PCB, sendo detectados em emissões de incineradores de resíduos e automóveis.

- Os furanos são estruturalmente semelhantes às dioxinas e partilham muitos dos seus efeitos tóxicos.
- Os 135 PCDFs têm uma toxicidade variada e persistem no ambiente durante muito tempo.
- Os alimentos (especialmente os produtos animais gordurosos) são a principal fonte de exposição para o Homem.
- Os furanos são classificados como possivelmente cancerígenos para o Homem. (Ding et al., 2013, OMS, 2016)

POPs ADICIONAIS

Éteres de difenil polibromados (PBDEs)

- Os PBDEs são retardantes de chama utilizados na produção de plásticos e materiais têxteis, computadores, móveis, automóveis. Os PBDEs foram banidos na Europa em 2005 e nos EUA em 2003.
- Os PBDEs foram encontrados em níveis elevados no pó de ambientes interiores, no Homem, acumulam-se no sangue, tecido adiposo e leite materno (nos EUA ocorrem em níveis 40 vezes superiores aos da Europa).
- Os mamíferos marinhos (golfinhos, baleias, etc.), aves e peixes (salmão, atum, etc.) estão contaminados com PBDEs. Estudos associaram alguns PBDEs a efeitos sobre a função da tiroide, função cerebral, fertilidade masculina, desenvolvimento dos ovários e do sistema nervoso embrionário (PNUMA, 2010; POPs Fach Sheets).

Compostos perfluorados (PFCs)

Os PFCs são usados como surfactantes industriais e comerciais. Em contraste com a maioria dos POPs que são depositados no tecido adiposo, os PFCs circulam no sangue e acumulam principalmente no fígado. Os PFCs bioacumulam e são extremamente resistentes à degradação física. Estudos demonstraram associação entre a exposição a diversos produtos químicos, como ftalatos, bisfenol A, PFCs encontrados em produtos de consumo

(brinquedos para bebês, cosméticos, etc.) e distúrbios reprodutivos (PNUMA, 2010, POPs Fach Sheets).

ALTERNATIVAS AOS POPs

Relativamente a alternativas aos POPs, existem muitas barreiras à adoção de tecnologias novas e limpas, especialmente em países em desenvolvimento. Algumas alternativas são mais dispendiosas, tanto no preço como nos recursos necessários para as aplicar, em comparação com POPs mais antigos e perigosos. As alternativas podem ser mais tóxicas para os seus aplicadores do que os POPs, adicionando custos para a saúde humana. Outros problemas para a adoção incluem necessidade de aprendizagem e treino, tanto nos compostos mais antigos como nos novos, para todas as pessoas na cadeia de produção, utilizadores individuais e fornecedores. Os regulamentos estruturais necessários para gerir o uso de alternativas aos POPs e para educar e treinar indivíduos não estão totalmente desenvolvidos em todos os países (UNEP, 2010; OMS, 2016).

CONCLUSÕES

Os POPs caracterizam-se por serem lipossolúveis, resistentes à degradação e semivoláteis, características que predispõem os POPs para serem muito persistentes no ambiente, poderem ser transportados através de longas distâncias e acumulação nas regiões polares, longe de qualquer fonte. Os POPs também são conhecidos pela sua capacidade de bioconcentrar e biomagnificar, potencialmente alcançando concentrações tóxicas. Os POPs foram relacionados com uma ampla gama de efeitos adversos para a saúde humana e ambiental, tais como disfunções reprodutivas, endócrinas e imunossupressão. Diversos POPs são considerados possivelmente cancerígenos para o Homem pela Agência Internacional de Pesquisa sobre Cancro (IARC). Devido às suas características tóxicas, os POPs representam uma ameaça para o Homem e para o ambiente. Pelos motivos anteriormente referidos, nos últimos anos, a comunidade internacional apelou a uma ação

global urgente para reduzir e eliminar a liberação de POPs e identificar os seus riscos para a saúde humana e ambiental (UNEP, 2010; EMEP, 2014, OMS, 2016).

REFERENCES

1. AMAP 2014. Technical Report No.7. Trends in Stockholm Convention on POPs in Arctic Air, Human media and Biota.
2. Dewailly, E., et al. Susceptibility to infections and immune status in Inuit infants exposed to organochlorines. *Environ. Health Perspect.* 108, 2000.
3. Ding, L., Y. Li, P. Wang, X. Li, Z. Zhao, T. Ruan, Q. Zhang. 2013. Spatial concentration, congener profiles and inhalation risk assessment of dioxins/furans and PCBs in the atmosphere of Tianjin, China. *Chinese Sci. Bull.* (2013).
4. EMEP, 2008. Transboundary Acidification, Eutrophication and Ground Level Ozone in Europe in 2006.
5. EMEP, Status Report 2014. POPs in the Environment.
6. POPs Fact Sheets. Blue Voice Organization. www.bluevoice.org
7. Ritter, L., Solomon, K. R., Forget, J., Persistent Organic Pollutants. A review of selected POPs. The International Programme on Chemical Safety (IPCS), WHO, 1997.
8. Stockholm Convention, POPs Review Committee, 2007.
9. UNEP New POPs 2010. An introduction to the nine chemicals added to Stockholm, Convention, Conference of the Parties at its fourth meeting.
10. WHO EU, 2016, WHO Regional Office for Europe. Health risk assessment of air pollution. General principles, 2016.
11. WHO, 2010 Preventing disease through healthy environments. Exposure to dioxins and dioxin-like substances: a major public health concern.



VNiVERSIDAD
DSALAMANCA

CAMPUS OF INTERNATIONAL EXCELLENCE



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA



South-Eastern Finland
University of Applied Sciences



UNIVERZITA
KARLOVA



Universitatea
TRANSILVANIA
din Braşov



ИКИТ

<https://toxoeer.com>

Project coordinator: Ana I. Morales
Headquarters office in Salamanca.
Dept. Building, Campus Miguel de Unamuno, 37007.
Contact Phone: +34 663 056 665



This work is licensed under a Creative
commons attribution – non commercial 4.0
international license