

ESTUDO SOBRE OS POLUENTES ORGÂNICOS PERSISTENTES: BIFENILAS POLICLORADAS - PCBs

Daniel Marcos Dal Pozzo¹

Pâmela Carina Stülp²

Michelle Budke Costa³

RESUMO

Como resultado das atividades humanas realizadas desde o início do desenvolvimento industrial até os dias atuais, observaram-se consequências inesperadas capazes de por em risco o modo de vida e a saúde da população. Neste contexto, salienta-se o surgimento de compostos nocivos, que por não ocorrerem em grandes quantidades em um ambiente natural foram desenvolvidos em escala industrial e muitas vezes empregados exageradamente. Tais compostos, devido as suas características de não serem assimilados com facilidade pela natureza e por sua toxicidade, são definidos como Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs). Este trabalho realiza uma breve discussão sobre os poluentes orgânicos persistentes definidos como Bifenilas Policloradas (PCBs). Para tanto, são apresentadas informações sobre os PCBs desde o seu surgimento, características físicas e químicas, aplicações em que eles foram empregados e as consequências da utilização destes compostos.

Palavras-chave: Poluentes. Bifenilas policloradas. Compostos nocivos.

ABSTRACT

As a result of the human activities carried out from the beginning of the industrial development until the present day, unexpected consequences were observed that could put in risk the way of life and the health of the population. In this context, it is highlighted the emergence of harmful compounds, which, because they do not occur in large quantities in a natural environment, have been developed on an industrial scale and often used exaggeratedly. These compounds, due to their characteristics of being not easily assimilated by nature and their toxicity, are defined as Persistent Organic Pollutants (POPs). This paper briefly discusses persistent organic pollutants defined as Polychlorinated Biphenyls (PCBs). For this, information on PCBs from the outset, physical and chemical characteristics, applications in which they were used and the consequences of the use of these compounds are presented.

Keywords: Pollutants. Polychlorinated biphenyls. Harmful compounds.

¹ Discente do Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais - Nível Mestrado, Medianeira - PR.
E-mail: danielpozzo@utfpr.edu.br

² Discente do Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais - Nível Mestrado, Medianeira - PR.

³ Docente do Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais - Nível Mestrado, Medianeira - PR.

1 INTRODUÇÃO

Com o objetivo de atender as várias demandas da sociedade, desde o início do século passado, foram desenvolvidos muitos novos compostos químicos visando atender a demanda das mais diversas aplicações que foram surgindo ao longo do desenvolvimento industrial. Muitos destes compostos marcaram significativos avanços para a resolução de problemas da sociedade da época. No entanto, várias das substâncias desenvolvidas apresentavam características distintas que não eram conhecidas em sua totalidade, principalmente no que se refere ao seu efeito em longo prazo (PEREIRA et al., 2017; BATTES et al., 2017). Alguns destes compostos, devido as suas características de se propagarem pelo ambiente e de não serem degradados facilmente, são definidos como Poluentes Orgânicos Persistentes - POPs.

Os POPs podem ser definidos como sendo substâncias químicas capazes de persistirem no ambiente, acumular-se em grandes quantidades nos tecidos adiposos dos organismos, além de biomagnificar-se conforme avançam à cadeia alimentar, além de outras consequências (BATTES et al., 2017). Segundo o Ministério do Meio Ambiente - MMA (2016), os POPs são substâncias químicas que têm sido utilizadas como agrotóxicos, para fins industriais ou liberados de modo não intencional em atividades antropogênicas, e que possuem características que os tornam toxicologicamente preocupantes para a saúde humana e ao meio ambiente. Tais compostos representam um grande perigo ao ambiente, principalmente no que diz respeito a sua ação em longo prazo para as espécies individuais, ecossistemas e a saúde humana (REN et al., 2017). A exposição aos POPs pode causar câncer e distúrbios na reprodução e sistema imunológico além de prejudicar o desenvolvimento do indivíduo (MÖRNER et al., 2002).

Uma iniciativa para mitigar os efeitos causados pelos POPs está prevista através da convenção de Estocolmo que prevê que os países membros adotem medidas de restrição e/ou eliminação do uso, bem como, o gerenciamento dos estoques destes poluentes visando a não liberação destes para o ambiente. Inicialmente a convenção listou a existência de 12 compostos prioritários sendo que estes foram agrupados em três categorias, atualmente estão listadas 23 substâncias, uma delas é referente aos PCBs.

O objetivo deste trabalho é apresentar informações referentes aos compostos que integram o grupo das bifenilas policloradas (PCBs). Para tanto são discutidas as

aplicações dos PCBs, suas características físico-químicas, toxicidade e o resultado da utilização destes compostos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Bifenilas Policloradas - PCBs

Bifenilas é o termo utilizado para se referir ao composto formado a partir de uma ligação simples carbono-carbono unindo dois anéis benzênicos (SILVA et al., 2007). Nesta molécula, os átomos de cloro podem substituir os átomos de hidrogênio, a reação da molécula de bifenila com o cloro anidro na presença de um catalisador dá origem as Bifenilas Policloradas, também conhecidas por sua abreviatura, PCBs (PENTEADO & VAZ, 2001). A configuração da molécula de bifenila pode ser observada na Figura 1, onde é possível verificar os pontos em que os átomos de cloro podem substituir os átomos de hidrogênio unindo-se a molécula e originando bifenila policlorada.

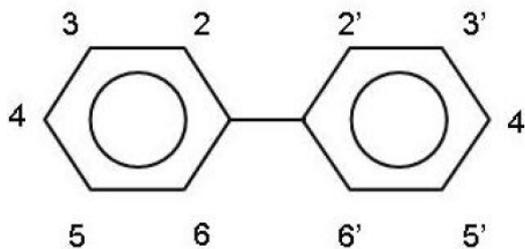


Figura 1 - Molécula de Bifenila

Fonte: Silva et al., (2007).

Como pode ser observado, a partir da molécula de bifenila existem dez posições que podem ser ocupadas por átomos de cloro. Os compostos pertencentes à classe dos PCBs são chamados de congêneres, indiferente da posição ou quantidade de átomos de cloro, já a subclasse com o mesmo número de cloros é conhecida como homóloga e os membros deste grupo são chamados de isômeros (NORSTROM, 1986; apud SILVA et al., 2007). A fórmula molecular para qualquer congêneres de PCBs é $C_{12}H_{10-n}Cl_n$, onde “n” refere-se ao número de átomos de cloro da molécula e podem assumir um valor de um a dez (BAIRD, 2002). Sendo assim, a massa molecular admitida para um PCB pode variar de 188 a $498 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$. Através da combinação dos átomos de cloro na molécula de bifenila podem ser obtidos até 209 congêneres (BAIRD, 2002), dentre estes, 130 encontravam-se disponíveis comercialmente no século passado.

Os compostos puros da família dos PCBs não foram empregados comercialmente, no entanto, eles foram vendidos na forma de misturas que possuem um teor de cloro que varia de 21 a 68% (BAIRD, 2002), Estes produtos foram produzidos em vários países e receberam diferentes denominações como “Phenoclorâ” na França; no Japão “Kanechlorâ”; na Alemanha “Clophenâ”, na Itália “Fenclorâ”. No Brasil tais compostos foram comercializados com o nome “Ascarelâ” (PENTEADO & VAZ, 2001).

2.2 O Histórico das Bifenilas Policloradas, Usos Comerciais e suas Propriedades

A síntese das bifenilas Policloradas ocorreu pela primeira vez por volta de 1800, na Alemanha, porém sua produção em escala industrial teve início somente em 1922 (HUTZINGER et al., 1974; apud PENTEADO & VAZ, 2001).

Os compostos a base de PCBs são praticamente insolúveis em água, porém, eles são solúveis em meios hidrofóbicos como gorduras, tecidos adiposos e substâncias oleosas (BAIRD, 2011; MUSTIELES et al., 2017). Do ponto de vista industrial, tais compostos apresentam características interessantes que subsidiaram a sua produção em larga escala em meados do século XX. Dentre estas características é possível destacar algumas propriedades importantes como o fato de que os PCBs apresentam-se como líquidos que são quimicamente inertes, não inflamáveis e possuem uma baixa pressão de vapor. Os PCBs além de serem estáveis termicamente, não conduzem eletricidade.

Na década de 20, um problema muito comum em transformadores elétricos de subestações americanas era a ocorrência de incêndios causados por curto-circuito nestes equipamentos. A isolamento elétrica dentro de tais equipamentos era efetuada através do uso de óleos de origem mineral que apresentavam propriedades de combustibilidade a altas temperaturas. Devido as propriedades dos PCBs, os produtos a base deste composto passaram a ser empregados em larga escala em capacitores de corrente alternada e transformadores elétricos (Sistemas fechados), atuando como isolante elétrico e retardante de chama, sendo que o uso em transformadores foi a principal aplicação dos PCBs.

A partir da década de 30, a legislação americana referente a instalações elétricas passou a exigir que transformadores de subestações expostas a risco de incendio fossem fabricados utilizando fluido isolante não inflamável e anti-chama

(MMA, 2016). Como em condições de falha em transformadores ou ainda, arco elétrico, os fluídos a base de PCBs são praticamente não inflamáveis, o uso destes produtos foi largamente difundido a partir de então (MMA, 2016). A somatória da produção mundial de PCBs durante todo o período em que eles foram produzidos ficou em torno de $1,2 \times 10^9$ Kg (PENTEADO & VAZ, 2001), onde cerca de 60% foi aplicado em transformadores e capacitores elétricos, 15% como fluído refrigerante e 25% como solventes, adesivos, pesticidas e agentes plastificantes (CURVINEL et al., 2013) destinados a melhorar as propriedades de polímeros.

Até a década de 60 as consequências da utilização dos PCBs não eram conhecidas. Nesta época, a Organização das Nações Unidas (ONU), estabeleceu um programa de monitoramento global de alguns poluentes considerados perigosos, entre eles o DDT (MMA, 2012). Nas análises de DDT realizadas por diferentes laboratórios em vários países e em vários tipos de substratos ambientais, foi detectado outro composto, presente em vários dos substratos pesquisados, identificado como sendo as Bifenilas Policloradas (MMA, 2012). Na sequência foi constatado que os PCBs estavam dispersos globalmente e a partir de então eles passaram a ser considerados na relação de poluentes preferenciais das Nações Unidas (MMA, 2012).

Em 1968, ocorreu um incidente em que produtos contendo PCBs entraram em contato acidentalmente com produtos alimentícios, sendo que estes acabaram sendo consumidos pela população (BAIRD, 2002). Como consequência, a população passou a apresentar uma série de sintomas patológicos que foram atribuídas à ingestão das PCBs misturadas ao óleo comestível (MMA, 2012). Os mesmos sintomas foram detectados em um grupamento habitacional construído sob um aterro químico, onde foram detectados os compostos poluentes no solo e na água (BAIRD, 2011).

Devido à estabilidade e ao uso extensivo atrelado a práticas inadequadas de disposição, os PCBs tornaram-se contaminantes ambientais amplamente difundidos e persistentes (MUSTIELES et. al., 2017). Os incidentes com esses compostos causaram repercussão na sociedade, desde então a utilização deles em sistemas abertos foi encerrada. A produção norte-americana de PCBs foi suspensa em 1977 e a partir disso seu uso permanece em sistemas fechados como transformadores que ainda são utilizados (BAIRD, 2011). Conforme tais equipamentos são retirados de operação seu conteúdo deve ser coletado e estocado com a finalidade de evitar

mais contaminação ambiental, porém, ocorreu que grande parte dos equipamentos contendo os poluentes foi disposta de modo inadequado mediante utilização de aterros, permitindo que parte do conteúdo fosse liberada ao ambiente.

No Brasil, a comercialização e uso dos PCBs foram proibidos pela portaria interministerial número 19 de 02 de janeiro de 1981 (SILVA et al., 2007). Porém a utilização de equipamentos que já estavam instalados é permitida até que ocorra a sua substituição integral.

Uma tentativa para o controle do uso do poluente em estudo esteve prevista na Convenção de Estocolmo de 2001, que considerou iniciar uma série de ações internacionais com o intuito de proteger o meio ambiente e a saúde humana, mediante ações que visem reduzir ou até mesmo eliminar o despejo dos POPs. A partir de então, a produção de PCBs foi proibida e o seu uso deve seguir medidas para a redução de exposição e riscos e a completa eliminação deve ocorrer até 2025 (UNEP, 2001; apud SILVA et al., 2007).

2.3 Ciclo dos PCBs no Ambiente e Toxicidade

Quando liberados no ambiente, os PCBs podem persistir por muitos anos uma vez que eles são resistentes à degradação por agentes químicos e biológicos. Estes compostos são pouco solúveis em água, porém, são muito solúveis em meios hidrofóbicos, como consequência disso eles aderem às partículas em suspensão na água (REN et al., 2017). Minúsculas quantidades de PCBs estão sendo constantemente volatilizadas e redepositadas na água e no solo, através deste mecanismo, eles tem sido transportados pelo mundo até as regiões mais remotas (MANGANO et al., 2017).

Com o decorrer do tempo os PCBs passam a depositar-se em sedimentos profundos nos lagos e oceanos, mas apenas uma minoria é degradada (BATTES et al., 2017). Grande parte da produção desses poluentes encontra-se na forma de estoques em equipamentos elétricos que ainda podem ser liberadas, e esta é a principal fonte de poluentes na atmosfera urbana (BAIRD, 2011).

Por conta da persistência dos PCBs no ambiente e devido a sua solubilidade em tecidos adiposos, normalmente eles passam por um processo de biomagnificação (MUSTIELES et al., 2017; TORRES et al., 2016). Segundo Baird (2011), um exemplo deste processo na cadeia alimentar pôde ser observado em ovos de gaivotas argêntas onde a razão de bifenilas policloradas pôde apresentar-

se até 50 mil vezes maiores do que a encontrada no fitoplâncton da água do lago. Exaurido o fornecimento de PCBs para o ambiente, a concentração dele no topo da cadeia alimentar tende a diminuir ao longo do tempo, porém, este processo é lento.

As concentrações relativas aos congêneres dos compostos policlorados em estudo sofrem alterações no ambiente, sendo que aqueles com menor número de átomos de cloro na molécula são mais facilmente metabolizados. As bifelinas mais cloradas tendem a bioacumular-se, uma vez que são degradadas muito lentamente (MANGANO et al., 2017; ACHOUR et. al., 2017).

Alguns estudos indicam que os PCBs são substâncias causadoras de câncer, além de alguns efeitos adversos no sistema imunológico, sistema nervoso e sistema reprodutor (TORRES et al., 2016; DUNGEN et al., 2017). Devido à propriedade que esses poluentes têm de se dispersar através do ar, a maior parte da população está exposta a ele. Alguns estudos que foram realizados pelo mundo evidenciam a presença deles em amostras ambientais, onde o transporte atmosférico foi indicado como o principal mecanismo de propagação (MANGANO et al., 2017).

Os PCBs são classificados pela agência internacional de pesquisa em câncer (IARC) como prováveis causadores de câncer em humanos (BATTES et. al., 2017). Tais compostos acumulam-se no tecido mamário (DUNGEN et al., 2017), o que justifica a sua provável relação com o câncer de mama, além disso, alguns estudos comprovam a toxicidade dos PCBs onde ratos de laboratório foram alimentados com ração produzida a partir de peixes contaminados pela substância (CURVINEL et al., 2013).

Pesquisadores da *Wayne State University* de *Detroit* efetuaram por mais de duas décadas estudos em descendentes cujas mães se alimentaram de peixes contaminados pelo poluente. Foram constatadas diferenças significativas estatisticamente nas crianças provenientes de mulheres com altos níveis de PCBs em seus corpos, verificadas desde o nascimento até os 11 anos de idade. Foi verificado que para o pior caso as crianças recém-nascidas apresentavam um peso corporal menor e também eram mais prematuras, no decorrer da infância, a diferença ainda podia ser observada considerando a diferença de QI entre os indivíduos, que era menor, em torno de seis pontos base, aos 09 anos de idade (BAIRD, 2011).

2.4 Poluentes Derivados dos PCBs

O forte aquecimento dos PCBs na presença de uma fonte de oxigênio pode resultar na produção de pequenas quantidades de compostos conhecidos como “furanos” (NIELSEN et al., 1986). Tal substância possui uma estrutura molecular similar a das dioxinas, a diferença fica por conta da ausência de um átomo de oxigênio. Tanto os furanos como as dioxinas são parte integrante da lista de doze poluentes preferenciais previstos pela convenção de estocolmo.

Em uma molécula de bifenila policlorada, a substituição de dois átomos (que podem ser de hidrogênio ou de cloro) ligados a dois carbonos orto por um átomo de oxigênio dá origem ao dibenzofurano (BAIRD, 2011). A estrutura de um furano e do dibenzofurano pode ser observada nas Figuras 2 e 3.

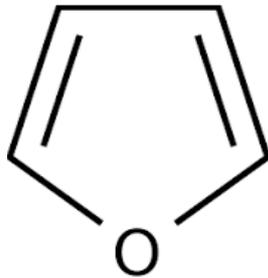


Figura 2 - Estrutura de um Furano

Fonte: Adaptado de BAIRD (2011).

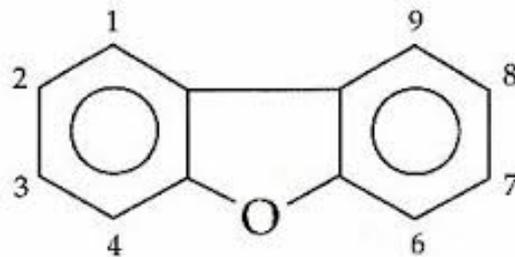


Figura 3 - Estrutura da Molécula de dibenzofurano

Fonte: BAIRD (2011).

De forma análoga as bifenilas policloradas, nas moléculas de dibenzofuranos os átomos de hidrogênio podem ser substituídos por átomos de cloro, mediante este processo é originado os dibenzofuranos policlorados, comumente conhecidos por sua abreviatura, PCDFs. Quase todas as amostras comerciais de PCBs estão contaminadas com alguns PCDFs, mas normalmente a quantidade é de poucos ppm nos líquidos originalmente fabricados (FIGUEIREDO et al., 2017). No entanto, ocorre que se os PCBs forem aquecidos a altas temperaturas na presença de oxigênio, essa contaminação pode aumentar. Um exemplo disso é a diferença na concentração de PCDFs em fluidos refrigerantes que já foram usados quando comparados aqueles ainda sem uso (BAIRD, 2011). A queima de PCBs mediante métodos inadequados também pode apresentar estes efeitos. Atualmente, os incineradores são as maiores fontes antropogênicas de dioxinas e furanos para o ambiente (LYNG et al., 2016).

As massas dos compostos contendo dioxinas e furanos presentes no ar depositam-se no solo e nos sedimentos, ficando disponíveis para ingressar na cadeia alimentar, tornando-se bioacumuladas em plantas e animais (CORSOLINI & SARA, 2017). Grandes investimentos foram realizados com o objetivo de determinar com exatidão as reações tóxicas causadas por congêneres de dioxinas, PCBs e furanos em humanos, apesar de tudo, as conclusões sobre estes assuntos ainda são provisórias e controversas (BAIRD, 2011). Em altas doses foi comprovado que congêneres de PCBs causam câncer em animais de laboratório e portanto são listados como prováveis carcinogênicos humanos pela EPA mas estudos sobre o seu efeito em humanos tem produzido resultados inconsistentes (FIGUEIREDO et al., 2017). Segundo Baird 2011, muitos grupos de pessoas expostas a concentrações consideravelmente altas de PCBs não tem apresentado uma taxa de mortalidade notavelmente mais elevada. A reação mais comum em humanos é a “cloracne”, que é um problema dermatológico resultante da exposição a compostos orgânoclorados.

3. OS PCBs NA CONVENÇÃO DE ESTOCOLMO

Os PCBs estão listados no anexo A da convenção de estocolmo onde são definidos como “químicos de uso industrial” e devem ter a sua produção interrompida e o seu uso de acordo com o disposto no anexo. O anexo C da Convenção é referente aos poluentes formados e liberados não intencionalmente por fontes antropogênicas, os PCBs também estão listados neste anexo.

Cada membro constituinte da convenção de estocolmo deverá eliminar o uso das bifenilas policloradas em equipamentos até 2025, onde estarão sujeitos a revisão pela Conferência das Partes. Para tanto, deverá ser priorizado os equipamentos com maior volume e concentração de bifenilas policloradas.

Em conformidade com as prioridades de eliminação dos PCBs, deverão ser adotadas medidas de redução de exposição e riscos, que promovam o controle do seu uso, tais como o uso apenas em sistemas fechados e em áreas onde o risco de liberação possa ser minimizado rapidamente, a não utilização em áreas destinadas a produção de alimentos e medidas quanto a sua utilização em áreas habitadas que protejam o equipamento de causas que possam facilitar a sua liberação para o ambiente. Além disso, os equipamentos deverão ser verificados periodicamente.

A importação e exportação de equipamentos contendo os compostos poluentes não é permitida, observando o disposto no texto da Convenção. Os fluídos contendo PCBs não poderão ser armazenados com a finalidade de uso posterior, sendo que para estes deverá ser feito o manejo ambientalmente correto. A cada cinco anos os membros deverão preparar um relatório referente a eliminação das bifenilas policloradas, o qual deve ser submetido a Conferência das Partes.

O objetivo amplo do Brasil no que diz respeito às PCBs é atingir uma gestão sustentável dos compostos e fortalecer os arranjos reguladores e institucionais para o controle e a eliminação progressiva desta classe de substância (MMA, 2016). Uma ferramenta utilizada é o “Projeto BRA/08/G32: Brasil – Estabelecimento da Gestão de Resíduos de PCB e Sistema de Disposição”. O principal objetivo deste projeto é desenvolver a capacidade do Brasil de gerenciar e dispor os poluentes em questão adequadamente, a fim de estar conforme, dentro do prazo estabelecido, com as exigências da Convenção de Estocolmo para a gestão de PCBs, minimizando o risco de exposição da população e do meio ambiente (MMA, 2016).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ainda não está clara a extensão do efeito dos danos ambientais dos PCBs, se fazendo necessários estudos complementares ao tema. Quanto a isso, o Brasil apresenta poucos estudos relacionados aos poluentes.

Ainda que a produção das bifenilas policloradas tenha sido suspensa há muito tempo e que a maior parte do seu uso esteja restrita a equipamentos que já estavam em operação na época da suspensão dos uso destes compostos, devido a capacidade que os PCBs têm de persistirem no ambiente, bioacomular-se e biomagnificar-se, a presença destes ainda pode ser verificada no meio ambiente.

Quanto ao gerenciamento dos PCBs, é importante identificar os locais contaminados por este poluente e adotar medidas a fim de evitar maiores contaminações ambientais e proteger a saúde pública. Os equipamentos que contenham PCBs devem ser monitorados, uma vez que estes atuam como depósitos destas substâncias que ainda podem ser liberados ao ambiente caso não recebam a atenção necessária.

Faz-se necessário maiores estudos relacionados a toxicidade e aos efeitos desses compostos à longo prazo no ambiente e nos organismos bioacumuladores, a fim de se monitorar as consequências do uso desse poluente orgânico persistente.

Sem dúvida, as proibições impostas pela convenção de Estocolmo foram fundamentais para uma futura erradicação do poluente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACHOUR, A. et. al., **Organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls in human adipose tissue from northern Tunisia: Current extent of contamination and contributions of socio-demographic characteristics and dietary habits** *Environmental Research*. Volume 156, p. 635-643. 2017.

doi.org/10.1016/j.envres.2017.04.021

BAIRD, C.; **Química Ambiental**, Tradução Maria Angeles Lobo Recio; Luis Carlos Marques Carrera. – 2ª ed. Porto Alegre; Bookman, 2002. 622p. ISBN 978-85-363-0002-3.

BAIRD, C.; **Química Ambiental**, Tradução Marcos Tadeu Grassi et al.; Revisão técnica: Marco Tadeu Grassi. – 4ª ed. Porto Alegre; Bookman, 2011. 844p. ISBN 978-85-7780-848-9.

BATTES, M. L. et. al., **The distribution of persistent organic pollutants in a trophically complex Antarctic ecosystem model**. *Journal of Marine Systems*. Volume 170, Pages 103–114, Jun. 2017.

doi.org/10.1016/j.jmarsys.2017.02.005

CORSOLINI, S; SARA, G.; **The trophic transfer of persistent pollutants (HCB, DDTs, PCBs) within polar marine food webs**. *Chemosphere*. Volume 177, p.189 - 199. Jun. 2017. doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.02.116

CRUVINEL, K. A. S., OLIVEIRA A. D., KOPP K., FERREIRA E. M. - **PCBs e a Contaminação do Solo: Risco Ambiental e à Saúde Humana**. REEC – Revista Eletrônica de Engenharia Civil Vol 7 - nº 2; 2013.

DUNGEN, M. W. et. al.; **Persistent organic pollutants alter DNA methylation during human adipocyte differentiation**. *Toxicology in Vitro* Volume 40, p. 79-87. Apr. 2017.

FIGUEIREDO, K. et. al., **Assessing the influence of confounding biological factors when estimating bioaccumulation of PCBs with passive samplers in aquatic ecosystems**. *Science of The Total Environment*. Volumes 601–602, p. 340 - 345. 2017. doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.05.140

LYNG, N. L. et. al, **Modelling the impact of room temperature on concentrations of polychlorinated biphenyls (PCBs) in indoor air**. *Chemosphere*. Volume 144, p. 2127-2133. Fev. 2016. doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.10.112.

MANGANO, M. C. et al.; **Monitoring of persistent organic pollutants in the polar regions: knowledge gaps & gluts through evidence mapping**. *Chemosphere* Volume 172, p. 37-45. Apr. 2017. doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.12.124

MMA, Estudo **Sobre as Bifenilas policloradas Proposta para Atendimento á “Convenção De Estocolmo”, Anexo A – Parte II**. 2012. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_prorisc_upml/_arquivos/estudo_sobre_as_Bifenilas_policloradas_82.pdf Acesso em: 19 jul 2016.

MMA, **PROJETO BRA/08/G32: BRASIL – ESTABELECIMENTO DA GESTÃO DE RESÍDUOS DE PCB E SISTEMA DE DISPOSIÇÃO**. 2016. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/seguranca-quimica/convencao-de-estocolmo/item/43> acesso em: 25 Jul. 2016.

MÖRNER, J., BOS, R., AND FREDRIX, M.; **Reducing and Eliminating the use of Persistent Organic Pesticides: Guidance on alternative strategies for sustainable pest and vector management**. Geneva, 2002. Disponível em: http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Portals/9/Pesticides/POPred_E.pdf Acesso em: 17 Jul. 2016.

MUSTIELES, V. et. al., **Human adipose tissue levels of persistent organic pollutants and metabolic syndrome components: Combining a cross-sectional with a 10-year longitudinal study using a multi-pollutant approach**. Environment International Volume 104, p 48–57, Jul. 2017. doi.org/10.1016/j.envint.2017.04.002

NIELSEN, K. K. et al., **Reduction of dioxins and furanes by spray dryer absorption from incinerator flue gas**. Chemosphere. Volume 15, Issues 9–12, p. 1247-1254. 1986.

PENTEADO, J. C. P.; VAZ, J. M.; **The Legacy of the Polychlorinated Biphenyls (PCBs)**. Quim. Nova, Vol. 24, No. 3, 390-398, 2001. ISSN 0100-4042. doi.org/10.1590/S0100-40422001000300016.

PEREIRA, E. R. et al.; **Development of a fast screening method for the direct determination of chlorinated persistent organic pollutants in fish oil by highresolution continuum source graphite furnace molecular absorption spectrometry**. Food Control 78, p. 456 - 462. 2017. doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.03.015

REN, J. et. al. 2017, **Biomagnification of persistent organic pollutants along a high-altitude aquatic food chain in the Tibetan Plateau: Processes and mechanisms**. Environmental Pollution. Volume 220, part A, p. 636 - 643. Jan. 2017. doi.org/10.1016/j.envpol.2016.10.019

SILVA, C. E. A.; TORRES, J. P. M.; MALM, O.; **Toxicologia das Bifenilas Policloradas**, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Centro de Ciências e Saúde, Bloco G, sala 62, subsolo. Ilha do Fundão, Cidade Universitária, CEP - 21941-902 – Rio de Janeiro, Brasil, 2007.

TORRES, P. et. al., **Bioaccumulation of metals and PCBs in Raja clavata. Science of The Total Environment**. Volume 573, 15 p. 1021-1030. Dec. 2016. doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.08.187