



**Éter decabromodifenílico**  
**(DecaBDE – *decabromodiphenyl ether*)**

**CONSULTOR:** Cláudio Eduardo de Azevedo e Silva

**Inventário preliminar do éter decabromodifenílico (DecaBDE - *decabromodiphenyl ether*) no Brasil a ser entregue como parte do segundo produto do convênio entre a Fundação Educacional Ciência e Desenvolvimento (FECD) e o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA).**

**Rio de Janeiro, abril de 2020**



## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. DecaBDE como Poluente Orgânico Persistente .....	3
1.2. Produção .....	5
1.3. Aplicações.....	7
1.4. Alternativas .....	7
2. INVENTÁRIO DO DecaBDE NO BRASIL.....	9
2.1. Produção .....	12
2.2. Comércio.....	12
2.3. Legislação .....	16
2.3.1. Restrições do DecaBDE no Brasil .....	16
2.3.2. Convenção de Estocolmo .....	22
2.4. Casos Reportados Pela Literatura Científica em Território Brasileiro .....	254
3. PLANOS DE AÇÃO .....	27
3.1. Regulamentação.....	27
3.2. Novos Estudos .....	28
3.3. Reciclagem.....	28
3.4. Comércio Exterior do DecaBDE .....	29
4. REFERÊNCIAS .....	31



## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1:** Balanço comercial (importação e exportação) de éter decabromodifenílico em tonelada líquida, no período entre 1989 e 1996. Fonte: Comex Stat (<http://comexstat.mdic.gov.br>). ..... 14

**Figura 2:** Balanço comercial (importação e exportação) de produtos registrados sob os NCM: 29033929 -Outros derivados bromados (verde); 29039929 - Outros derivados halogenados, unicamente com bromo (laranja) e 29093019 - Outros éteres aromáticos (roxo), em tonelada líquida, no período entre 1997 e 2019. Fonte: Comex Stat (<http://comexstat.mdic.gov.br>). ..... 15



## LISTA DE QUADROS E TABELAS

**Quadro 1:** Possíveis nomenclaturas (químicas, genéricas e comerciais), fórmulas (química e estrutural) e outras informações do éter decabromodifenílico (decaBDE - *decabromodiphenyl ether*). Adaptado de UNEP, 2019..... 2

**Tabela 1:** Lista de instituições potencialmente envolvidas em alguma etapa do ciclo de vida do éter decabromodifenílico (decaBDE - *decabromodiphenyl ether*) consultadas pelo Ministério do Meio Ambiente: número de ofícios enviados, número de empresas privadas, número de associações e número de respostas..... 10

**Tabela 2:** Valores de importação e exportação de éter decabromodifenílico (decaBDE - *decabromodiphenyl ether*) em quilograma líquido, no período de janeiro de 1989 a março de 1996..... 13

**Tabela 3:** Valores de importação e exportação de éter decabromodifenílico (decaBDE - *decabromodiphenyl ether*) em quilograma líquido, no período de janeiro de 1997 a dezembro de 2019. .... 15

**Quadro 2:** As exceções específicas para a produção e o uso do c-decaBDE da decisão SC-8/10..... 23

**Tabela 4:** Dados de éter decabromodifenílico (decaBDE - *decabromodiphenyl ether*) em amostras ambientais no território brasileiro. As amostras biológicas estão em ng g<sup>-1</sup>p.l. e as amostras de sedimento em ng g<sup>-1</sup> p.s..... 26

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

PBDE	Éteres Difenílicos Polibromados
DecaBDE	Éter decabromodifenílico
PentaBDE	Éter pentabromodifenílico
OctaBDE	Éter octabromodifenílico
Log Kow	Partição octanol/água
PBDF	Dibenzofuranos polibromados
PBDD	Dibenzodioxinas polibromadas
IUPAC	International Union of Pure and Applied Chemistry
CAS	Chemical Abstracts Service
RTECS	Registry of Toxic Effects of Chemical Substances
HIPS	Poliestireno de Alto Impacto
IARC	<i>International Agency for Research on Cancer</i>
BMF	<i>Biomagnification Factor</i>
TMF	<i>Trophic Magnification Trophic</i>
IARC	<i>International Agency for Research on Cancer</i>
RoHS	<i>Restriction of Certain Hazardous Substances</i>
EEE	Equipamentos eletroeletrônicos
HIPS	Poliestireno de Alto Impacto
EVA	Etileno-acetato de vinila
EPDM	Terpolímero de etileno-propileno-dieno
TPE	Elastômeros termoplásticos
ABS	Acrilonitrila-butadieno-estireno
PEBD	Polietileno de Baixa Densidade
PP	Polipropileno
PAs	Poliâmidas
PPO	Polióxido de fenileno
ATO	Trióxido de antimônio



RDP	Resorcinol bis(difenilfosfato)
BDP/BAPP	Bisfenol A bis(difenilfosfato)
TPP	Triphenyl phosphates
MDIC	Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
NCM	Nomeclatura Comum do Mercosul
EBTBP	Etileno bis(tetrabromoftalimida)
MDH	Hidróxido de magnésio
TPP	Trifenilfosfato
ATH	Trihidróxido de alumínio
DBDPE	Decabromodifeniletano
NBM	Nomenclatura Brasileira de Mercadorias
SISCOMEX	Sistema de Comércio Exterior
e-SIC	Sistema Eletrônico do Serviço de Informações ao Cidadão
SINIR	Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos



## 1. INTRODUÇÃO

Os éteres difenílicos polibromados (PBDEs – *polybrominated diphenyl ethers*<sup>1</sup>), grupo do qual o decaBDE (éter decabromodifenílico) faz parte, pertencem a uma classe de compostos amplamente utilizados como retardantes de chamas em diversos materiais (EC, 2002). As moléculas caracterizam-se por dois anéis aromáticos ligados por um átomo de oxigênio, além de 1 a 10 átomos de bromo substituindo os hidrogênios no anel aromático. De acordo com a quantidade de átomos de bromo e as posições ocupadas por eles, podem ser formados 209 congêneres, que são distribuídos em 10 grupos homólogos que possuem o mesmo número de átomos de bromo. Estes grupos homólogos são identificados pelo prefixo mono, di, tri, tetra, penta, hexa, hepta, octa, nona e decaBDE (PESTANA et al., 2008; ATSDR 2017; ANNUNCIACÃO et al., 2018). As misturas comerciais são predominantemente compostas por pentaBDE, octaBDE e decaBDE, podendo variar na composição de congêneres (EC, 2002; LA GUARDIA et al., 2006). O pentaBDE e o octaBDE possuem 46 e 12 isômeros, respectivamente, enquanto que o decaBDE, por ter todos os hidrogênios substituídos por bromos no anel aromático, só apresenta um congêneres no grupo (ATSDR, 2017), mas pode conter níveis traços de congêneres dos grupos octa e nona-BDEs (ex: octaBDE-196, 197 e 203/nonaBDE-206, 207 e 208) no produto comercial (LA GUARDIA et al., 2006).

O decaBDE é uma molécula com peso molecular de 959,22, com valores de densidade de 3,0 e 3,25 g mL<sup>-1</sup>. O ponto de fusão do composto está entre 290 e 306°C e a sua decomposição ocorre acima de 400°C. Cabe ressaltar que a pirólise do decaBDE comercial e polímeros que o contêm podem levar à formação de dibenzofuranos polibromados (PBDF), maior produção entre 400-500°C, e dibenzodioxinas polibromadas (PBDD). O trióxido de antimônio, que é amplamente usado junto com o decaBDE, desempenha um papel catalítico na formação de ambos os compostos. A formação de PBDF e, em certa medida, PBDD, pode ocorrer quando o decaBDE e produtos que o

---

<sup>1</sup> \*A fim de padronizar e facilitar futuras buscas de informação a respeito do éter decabromodifenílico, a sigla em inglês decaBDE (*Decabrominated Diphenyl Ether*) foi adotada ao longo do texto.



tenham são aquecidos a 300-800°C (WHO, 1994; ATSDR, 2017). Outras informações sobre o composto podem ser vistas no quadro abaixo:

**Quadro 1:** Possíveis nomenclaturas (químicas, genéricas e comerciais), fórmulas (química e estrutural) e outras informações do éter decabromodifenílico (decaBDE - *decabromodiphenyl ether*). Adaptado de UNEP, 2019.

<b>Nome comum</b>	Éter decabromodifenílico ( <i>decaBDE - decabromodiphenyl ether</i> )
<b>Nome IUPAC</b>	<i>1,1'-Oxybis(pentabromobenzene)</i>
<b>Estrutura molecular</b>	
<b>Fórmula molecular</b>	C <sub>12</sub> Br <sub>10</sub> O
<b>Partição octanol/água</b>	Log Kow - 6,265
<b>Solubilidade em água</b>	20-30 µg L <sup>-1</sup> (25°C)
<b>Sinônimos</b>	Éter bis(pentabromofenila), óxido de decabromodifenila, óxido de decabromobifenila, óxido bis(pentabromofenila), éter decabromofenílico, éter decabromobifenílico, éteres 2,2', 3,3', 4,4', 5,5', 6,6'-decabromobifenílico, éter perbromodifenílico, fenoxibenzeno de decabromo, derivados de 1,1' oxibis-decabromo benzeno, decabromo, 1,1'-oxibis (2,3,4,5,6-pentabromobenzeno), 6,6'-oxibis (1,2,3,4,5-pentabromobenzeno), BDE-209, PBDE 209, PBED 209, DecaBDE, DBDPE* <sup>1</sup> , DBBE, DBBO, DBDPO.
<b>Número CAS *<sup>2</sup></b>	1163-19-5 (atual), 109945-70-2, 145538-74-5, 1201677-32-8.
<b>Nomes comerciais genéricos</b>	AC1L23S1, Adine 505, AFR 1021, AK113820, BRN 2188438, AI3-27894, AN-20620, BC003385, Berkflam B10E, BR55N, BR 100, Bromkal 70-5, Bromkal 81, Bromkal 82-0DE, Bromkal 83-10 DE, Caliban F/R-P 39P, Caliban F/R-P 44, CHEBI: 82436, Chemflam 011, Fire cut 83D, CCRIS 1421, ChEMBL229975, DTXSID9020376, DSSTox_GSID_20376, DB 10, DB 101, DB 102, DE 83, DE-83R, DE-83-RTM, DP 10F, EB 10, EB 10FP, EB 10W, EB 10WS, EBR 700, Flame Cut BR 100, Flamecut 110R, FR 10 (éter), FR-PE, FR-PE (H), FR P-39, FR-1210, FR 300, FR-300-BA, FR 330BA, FR P-39, FRP 53, FR-PE, FR-PE(H), Planelon DB 100, Planelon DB 101, Phoscon Br-250, Plasafety EB 10, Tardex 100, MCULE-1193062842, NCGC00357196-01, NC-1085, NCI-C55287, Nonen DP 10, Nonen DP 10 (F), N80BQ29A0H, Octoguard FR-01, HFO-102, Hexcel PF1, HSDB 2911, Saytex 102, Saytex 102E, SCHEMBL33901, UNII-N80BQ29A0H, I884, KB-247349, Thermoguard 505, WHHGLZMJPXIBIX-UHFFFAFAYSA-N, ZINC150339491, ST2418855, TL8000475, D1388, FT-0623082, ST51043356, C19383, C-27421, I14-4026, J-003425, 109945-70-2, 1201677-32-8, Mistura





	comercial de DecaBDE, DecaBDE técnico, DeBDE técnico.
<b>Número NSC</b>	82553 (DTP/NCI)
<b>Número RTECS</b>	KN3525000 (Instituto Nacional de Segurança e Saúde Ocupacional (NIOSH))
<b>Número EC</b>	214-604-9 = EINECS No: 214-604-9

(WHO, 1994, EC, 2002; ECHA, 2012; 2013; UNEP, 2013; ATSDR, 2017; NCBI, 2018). \*<sup>1</sup> - DBDPE também é usada como abreviação de Decabromodifenila etano CAS no. 84852-53-9 (UNEP, 2013). \*<sup>2</sup> - No passado, os números CAS: 109945-70-2, 145538-74-5 e 1201677-32-8 também foram utilizados e formalmente excluídos, mas ainda podem estar em uso prático por alguns fornecedores e fabricantes (UNEP, 2015).

## 1.1. DecaBDE como Poluente Orgânico Persistente

As emissões de misturas comerciais podem ocorrer ao longo de todo o ciclo de vida dos PBDEs, com ênfase na produção, no uso e no gerenciamento de resíduos, como por exemplo aterros e incineração (REDFERN et al., 2017). Após a emissão, dependendo do ecossistema, o decaBDE preferencialmente é adsorvido na matéria orgânica de partículas em suspensão (ar ou água), lodo de esgoto, sedimentos e solo (ECHA, 2012).

Na atmosfera, o decaBDE se associa ao material particulado, sendo suscetível à deposição úmida e seca. No solo, a mobilidade do composto será baixa, devido a sua baixa solubilidade em água. No ambiente aquático, o decaBDE se associará principalmente ao sedimento, pois possui uma alta partição octanol/água (Log Kow - 6,265). Dessa forma, sedimentos e solos são os compartimentos ambientais primários que o decaBDE se associará após a liberação no ambiente. Conseqüentemente, o transporte dele está associado à mobilidade das partículas que o composto está adsorvido (ECHA, 2012). Assim o transporte do decaBDE será influenciado pelo vento, correntes, processos de erosão e lixiviação, com influência das variações climáticas das estações.

Os PBDEs são encontrados em diversos ecossistemas, ocorrendo inclusive no Ártico, o que é uma prova do seu potencial para o transporte ambiental de longo alcance. O composto já foi encontrado em vários compartimentos ambientais da região, assim como: ar, sedimento, neve, gelo e biota (UNEP, 2013; REDFERN et al., 2017). Decorrente de suas propriedades físico-químicas, o seu transporte atmosférico de longo alcance parece ser controlado pela mobilidade atmosférica das partículas às quais está associada. Partículas



mais finas podem permanecer no ar por horas ou dias, desde que não sejam removidas por deposição úmida. Além disso, verificou-se que as partículas podem proteger a molécula decaBDE da fotólise e prolongar sua vida útil no ar para mais de 200 dias. Após depositado, o decaBDE pode apresentar longas meia-vidas no solo e no sedimento, dependendo das características físico-químicas do ambiente (por exemplo: luz e temperatura), podendo alcançar meses e até anos (UNEP, 2013).

O potencial de biotransformação do decaBDE para metabólitos mais tóxicos e bioacumuláveis foi considerado um motivo válido para restrições do uso e produção de c-decaBDE. A debrominação do decaBDE na biota foi confirmada por estudos de campo e laboratório, que investigam a biotransformação deste composto no ambiente natural e em ambiente controlado (laboratório) (UNEP, 2013). O decaBDE, além de sofrer debrominação, também pode gerar congêneres de PBDFs e metabólitos hidroxilados (CHRISTIANSSON et al., 2009; FENG et al., 2010). Christiansson e colaboradores (2009) ressaltam que estudos já demonstraram que a debrominação do decaBDE pode ocorrer por redução anaeróbia em sedimentos, lodo de esgoto e por bactérias. No entanto, os pesquisadores destacam que a fotólise também pode gerar congêneres debrominados, pertencentes aos grupos heptaBDE, octaBDE e nonaBDE. Entre eles, os autores ressaltam o BDE183 e o BDE153, que são dois importantes congêneres encontrados no ambiente (CHRISTIANSSON et al., 2009). O decaBDE também pode sofrer debrominação em peixe (truta arco-íris - *Oncorhynchus mykiss*) e formar metabólitos hidroxilados, assim como, o 5MBDE47 (tetra-MeO-BDE), que foi o congênere com maior ocorrência nas amostras e concentração (FENG et al., 2010). Entre os 27 BDEs individuais analisados, 20 congêneres foram detectados e que estão distribuídos nos seguintes grupos homólogos: monoBDE (3), diBDE (17,15), triBDE (28), tetraBDE (47, 49, 66 , 71, 77), pentaBDE (85, 99, 100, 119, 126), heptaBDE (183, 184), octaBDE (197), nonaBDE (206, 207) e decaBDE (BDE209). O BDE47 foi o metabólito debrominado que apresentou maior ocorrência, seguido pelos congêneres BDE49 e BDE 71, enquanto que o BDE207 foi o metabólito debrominado que apresentou as maiores concentrações, seguido pelo BDE197 e BDE206 (FENG et al., 2010).



O decaBDE foi detectado na biota de diferentes ecossistemas, tanto aquático quanto terrestre, em diversas localizações geográficas. Este composto é capaz de biomagnificar teias alimentares terrestres e aquáticas. O Fator de Biomagnificação (*Biomagnification Factor* – BMF) e o Fator de Magnificação Trófica (*Trophic Magnification Trophic* – TMF) foram usados para avaliar a ocorrência de biomagnificação (BMFs > 1 e TMF > 1). Os valores de BMFs variaram entre 1,4 e 7 em organismos terrestres e entre 0,02 e 34 em organismos aquáticos, enquanto que os valores de TMF variam entre 0,2 e 10,4 em teias alimentares aquáticas. A amplitude dos valores observados de BMFs e TMFs pode ser associada às diferenças interespecíficas, os tipos de amostras (músculo, corpo todo e gordura), dieta, exposição e gênero, comprimento e tipo de cadeia alimentar, etc (UNEP, 2013).

O decaBDE promove efeitos adversos para diferentes organismos, tanto invertebrados quanto vertebrados, incluindo os seres humanos. Os efeitos alcançam diferentes níveis de organização biológica, desde baixos (alterações bioquímicas e celulares) até altos (sobrevivência, crescimento e reprodução). Nos vertebrados, os principais alvos da toxicidade do decaBDE parecem ser o fígado, a tireóide e o sistema nervoso (UNEP, 2013). A Agência Internacional de Pesquisa em Cancer (IARC – *International Agency for Research on Cancer*) classificou o PBDEs como 2A, ou seja, provavelmente carcinogênico para humanos. Entre as justificativas estão: congêneres de PBDEs são indutores potentes e eficazes de enzimas metabolizadoras de xenobióticos; congêneres de PBDEs, assim como seus análogos clorados, são ligantes para vários receptores celulares e nucleares; em estudos de longo prazo, os PBDEs induzem alterações hepáticas microscópicas em roedores (por exemplo: inchaço hepatocelular, desorganização e proliferação do ducto biliar) e alterações microscópicas leves nas glândulas tireóides. Além disso, após exposição ao PBDEs foi observada imunocompetência reduzida em roedores, aves, bovinos, suínos e humanos (IARC, 2016).

## **1.2. Produção**



Os PBDEs começaram a ser produzidos comercialmente na década de 70 e a produção de c-decaBDE (“c-“= produto comercial) foi estimada em mais de 1,1 milhões de toneladas entre 1970 e 2005, sendo considerado o segundo maior retardante de chama bromado já produzido e comercializado mundialmente (SCHENKER et al., 2008 *apud* UNEP, 2014, MMA, 2015a; ATSDR, 2017). Em 2006, um ano depois, o c-decaBDE apresentou o maior consumo mundial, alcançando mais de 56.000 toneladas (ANNUNCIACÃO et al., 2018). Earnshaw e colaboradores (2013) estimaram que 185.000 a 250.000 toneladas de c-decaBDE tenham sido consumidas na Europa entre 1970 a 2010. Vale ressaltar que a produção e o consumo de c-decaBDE aumentaram após as restrições e banimentos do c-pentaBDE e c-octaBDE em diferentes países. A União Européia banuiu o c-pentaBDE e o c-octaBDE em 2003, mas manteve o c-decaBDE (PIERONI et al., 2017). Um ano depois, em 2004, os Estados Unidos da América pararam de produzir o c-pentaBDE e o c-octaBDE, mas também manteve a produção do c-decaBDE (ATSDR, 2017). O volume de c-decaBDE importado e produzido nos Estados Unidos foi de 25.000 a 50.000 toneladas, em 2002 e 2006, respectivamente (MMA, 2015a). Apesar do uso restringido pela Diretiva 2002/95/EU (*EU Directive on the Restriction of the use of certain Hazardous Substances - RoHS*), a União Européia comercializou entre 7.500 e 10.000 toneladas métricas de c-decaBDE em 2010. No entanto, os valores começaram a baixar e a União Europeia comercializou no ano de 2014 entre 1.000 a 2.500 toneladas métricas de c-decaBDE (UNEP, 2013; VECAP, 2014). A RoHS foi emitida em 2003 (Diretiva 2002/95/EU) pelo Parlamento e Conselho da União Europeia e limita, dentre outras substâncias e elementos, o uso de PBDEs em equipamentos eletroeletrônicos (EEE) (JOEU, 2003; MMA, 2019a). Redfern e colaboradores (2017) observaram uma diminuição da produção mundial de c-decaBDE entre os anos de 2007 e 2016, passando de 57.246 para 30.460 toneladas anuais. Essa diminuição dos valores pode ser associada ao encerramento da venda de decaBDE, em 2013, por dois dentre os três maiores produtores mundiais de retardantes de chama bromados (VECAP, 2014).



### 1.3. Aplicações

O decaBDE é um retardante de chama aditivo, ou seja, apenas misturado com os polímeros sem possuírem ligação química com os mesmos, o que é compatível com uma ampla variedade de plásticos/polímeros e têxteis (UNEP, 2013; PIERONI, 2017). Acredita-se que 90% do c-decaBDE é usado em plástico e eletrônicos (UNEP, 2015). A principal aplicação do decaBDE é no Poliestireno de Alto Impacto (HIPS – *high impact polystyrene*), que é usado na confecção de gabinetes de televisão. Além do HIPS, o decaBDE é aplicado em outros polímeros com usos finais em equipamentos elétricos e eletrônicos (ex: computadores, conectores, caixas elétricas, fios, cabos, etc.). Dentre estes polímeros, estão incluídos: polipropileno para eletrônicos; copolímeros de acetato (ex.: etileno-acetato de vinila (EVA - *ethylene-vinyl acetate*)) e outros copolímeros para fios e cabos; terpolímero (monômero) de etileno-propileno-dieno (EPDM - *ethylene-propylene-diene terpolymer(monomer)*) e elastômeros termoplásticos (TPE – *thermoplastic elastomer*) para fios e cabos; e resinas de poliéster para eletrônica. Além disso, outros usos em menor quantidade incluem as borrachas de estireno, policarbonatos, poliamidas e tereftalatos, e pequenas quantidades são relatadas para serem usadas em cola quente (*hot melt*) (UE, 2002; ATSDR, 2017). Porém, a sua utilização não se restringe a eletroeletrônicos e devido à sua ampla utilização, podemos separar o uso deste composto em quatro grupos: os já citados, equipamentos elétricos e eletrônicos (ex: caixas de aparelhos de TV e computadores); o setor de transporte (ex: indústrias automotivas e de aviação); o setor de construção (ex: fios, cabos, tubos, etc.); e o setor têxtil (ex: revestimento de móveis e cortinas), para cumprir com os padrões de segurança contra incêndios em locais públicos e edifícios (BSEF, 2007).

### 1.4. Alternativas

O decaBDE é um retardante de chamas que, por ser um aditivo, tem a vantagem de ser inoculado em diferentes materiais (UE, 2002; ATSDR, 2017). Essa multiplicidade de produtos que o decaBDE pode ser misturado propicia o uso de diferentes substâncias



alternativas para substituir este contaminante. Porém, o uso de novos retardantes de chamas precisa passar por uma série de processos, além da adaptação aos sistemas de produção.

A Agência de Proteção Ambiental (EPA – *Environmental Protection Agency*) da Dinamarca discute a utilização de diferentes retardantes de chamas para eletroeletrônicos, como alternativas ao decaBDE (Danish EPA, 2006). O documento sugere 25 substâncias possíveis de substituir o decaBDE em diferentes materiais e polímeros usados em EEE, separados em: halogenados (por exemplo: poliestireno bromado/trióxido de antimônio (*Brominated polystyrene/ATO*)); organofosforados não halogenados (por exemplo: Resorcinol bis(difenilfosfato) (RDP - *Resorcinol bis(diphenylphosphate)*)) e outros não halogenados (por exemplo: cianurato de melamina). O trióxido de antimônio tem efeito sinérgico quando colocado com os retardantes de chamas. Enquanto que a EPA dos Estados Unidos divulgou informações sobre o risco à saúde humana e ao meio ambiente para substâncias e misturas alternativas ao decaBDE numa variedade de polímeros e aplicações (United States EPA, 2014). Dessa forma, ambos os documentos contribuem para a escolha de substâncias alternativas mais adequadas e menos tóxicas.

A UNEP (2015), em seu documento sobre avaliação de gerenciamento de riscos do decaBDE, sugere oito possíveis produtos químicos alternativos para o c-decaBDE em polímeros plásticos: decabromodifeniletano (DBDPE - *Decabromodiphenyl ethane*); bisfenol A bis(difenilfosfato) (BDP/BAPP - *Bisphenol A bis(diphenyl phosphate)*); RDP; etileno bis(tetrabromoftalimida) (EBTBP - *Ethylene bis(tetrabromophthalimide)*); hidróxido de magnésio (MDH - *Magnesium hydroxide*); trifenilfosfato (TPP - *Triphenyl phosphate*); trihidróxido de alumínio (ATH - *Aluminium trihydroxide*); e fósforo vermelho. Todas as substâncias sugeridas pela UNEP (2015) também foram citadas e descritas pela EPA da Dinamarca (2006).

A UNEP, no mesmo documento, também cita alternativas para o uso do decaBDE em diferentes finalidades (UNEP, 2015), tornando-se uma importante referência. O texto cita alternativas para a área têxtil, tanto sintética quanto de fibras naturais, e para outros usos como selantes, adesivos, espuma arquitetônica e revestimentos, painéis de parede e teto, carpetes, entre outros. O documento cita compostos já especificados para polímeros plásticos, mas que são usados para têxteis e outros usos, tais quais MDH, TPP, ATH,



fósforo vermelho e DBDPE. Cabe ressaltar que o último composto é considerado o mais adequado para o uso têxtil. O trabalho também relata outros compostos, tais quais os polifosfatos de amônio, que são usados em fibras naturais ou de proteínas (UNEP, 2015).

## 2. INVENTÁRIO DO DecaBDE NO BRASIL

Este inventário se propõe a realizar um levantamento sobre a produção, a comercialização nacional e internacional, o uso e o destino final do decaBDE, ou seja, o ciclo de vida do contaminante e dos produtos que o contém em sua composição. Dessa forma, algumas ações foram realizadas para a obtenção das informações necessárias, dentre elas, a criação e a distribuição de um questionário para órgãos públicos das três esferas do governo (municipal, estadual e federal), federações, associações e empresas. Inicialmente, foi realizada uma busca no site <https://www.google.com>, com o objetivo de encontrar associações e empresas que possam estar vendendo o decaBDE, materiais que o contenham em sua composição, ou produtos que o apresentem integrado em alguma subunidade.

A busca foi feita com todos os nomes, sinônimos e nomes comerciais (Quadro 1) isolados e somados a “retardante de chamas” (ex: decaBDE + retardante de chamas). Além disso, a busca foi feita também com “Éter decabromodifenílico” + nomes comerciais + “retardantes de chamas”; e “nomes, sinônimos ou nomes comerciais + “retardantes de chamas” + produção, fabricação, distribuição, venda, compra, exportação ou importação”. A busca ainda foi realizada com foco nos principais produtos em que o decaBDE é conhecidamente usado (ex: polímeros, transporte terrestre e aéreo; mobiliário, colchões e espumas; e construção civil) e suas associações nacionais. Aliás, as associações também serviram como fonte de empresas para mandarmos os questionários. As instituições foram consultadas, via questionário oficial do MMA (Ofício circular nº 171) enviado por correio eletrônico – quando disponível – ou diretamente pelas páginas das empresas na web. Os questionários foram mandados para associações e empresas, federações das indústrias de



diferentes estados da União e secretarias ambientais (Tabela 1). No entanto, apenas uma empresa respondeu, relatando que usou o 1.041 Kg de decaBDE como retardante de chamas por dez anos.

No inventário, também foram obtidas informações sobre produtos contendo decaBDE no Brasil através do Ministério do Meio Ambiente (MMA). O Ministério, durante o processo de construção do RoHS brasileiro, desenvolveu um questionário que abordava o uso no Brasil dos PBDEs, entre outros contaminantes (MMA, 2019a). No relatório, foram especificados os seguintes itens que continham os PBDEs: componente metálico, materiais orgânicos (900 ppm), peças plásticas, retardantes de chamas de peças plásticas com grau de inflamabilidade V00 (UL94), retardantes de chamas em PCBs e peças plásticas e tampas plásticas (Não certa a presença). Porém, o relatório não comenta sobre a quantidade de decaBDE. O RoHS brasileiro se propõe a criar normas que limitem substâncias perigosas que sejam usadas nos equipamentos eletroeletrônicos (EEE) e tem o RoHS da União Europeia como referência (MMA, 2018a, MMA, 2019a).

**Tabela 1:** Lista de instituições potencialmente envolvidas em alguma etapa do ciclo de vida do éter decabromodifenílico (decaBDE - *decabromodiphenyl ether*) consultadas pelo Ministério do Meio Ambiente: Número de ofícios enviados, número de empresas privadas, número de associações e número de respostas.

Setor	Instituições	Envio de ofício	Empresas	Associações	Resposta positiva	Resposta negativa
Adesivo & Selante	84	75	75	—	5	1
Aditivo	9	7	7	—	—	—
Borracha	4	4	4	—	—	—
Combate a incêndio	2	2	—	2	—	—
Construção civil	29	27	27	—	—	—
Eletroeletrônicos	383	274	269	5	8	1
Plástico	1	1	—	1	—	—
Polímero	3	3	3	—	—	—
Química	6	3	1	2	—	1
Reciclagem	11	11	1	10	—	—
Tinta e revestimento	2	2	2	—	—	—
Transformador	2	2	2	—	—	—
Transporte	108	95	91	4	2	—
<b>Total</b>	<b>644</b>	<b>506</b>	<b>482</b>	<b>24</b>	<b>15</b>	<b>3</b>





O Inventário Nacional de Novos Poluentes Orgânicos Persistentes (Novos POPs) de uso industrial (MMA, 2015a), da Convenção de Estocolmo, fez um inventário abarcando o pentaBDE e o octaBDE. Contudo, o inventário também abrangeu o decaBDE e obteve a seguinte resposta: “Uma empresa, ligada ao setor de alimentos e bebidas, declarou que já importou produtos com PBDEs e que utiliza e/ou fabrica produtos com decaBDE, porém não indicou quantidades utilizadas e importadas dessas substâncias. Essa empresa declarou ainda que recicla produtos que podem conter PBDEs e descreveu algumas medidas de gestão ambiental para as operações de reciclagem: coleta seletiva, destinação para empresa autorizada e tratamento de esgoto sanitário.” Além disso, uma empresa informou que não sabe se já importou o decaBDE, outra informou que não sabia se havia importado pentaBDE, octaBDE e decaBDE, e uma última empresa afirmou que não tinha conhecimento sobre a presença de POPs-PBDEs em artigos em uso em suas instalações. Uma indústria de plásticos e polímeros também afirmou que não sabia se já havia importado produtos contendo POPs-PBDEs (MMA, 2015a).

O inventário também relatou respostas de empresas eletroeletrônicas, citando três indústrias que declararam “que partes utilizadas na produção de equipamentos elétricos e eletrônicos foram consideradas como suspeitas de conterem POPs-PBDEs”. Uma das empresas indicou o uso do decaBDE em concentrações não maiores que 0,1% em peso ou homogeneidade do material, que está dentro do limite estipulado pela Instrução Normativa nº 01, de 19 de janeiro de 2010, que dispõe sobre os critérios de sustentabilidade ambiental na aquisição de bens, contratação de serviços ou obras pela Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional e dá outras providências. Esta instrução normativa segue os parâmetros estipulados pela RoHS que foi emitida em 2003 (Diretiva 2002/95/EU), pelo Parlamento e Conselho da União Europeia (BRASIL, 2010). Nessa resposta, a empresa declara o uso de decaBDE e o conhecimento das restrições sobre os PBDEs. Podemos perceber a baixa participação das empresas e associações, tanto no Inventário Nacional de Novos Poluentes Orgânicos Persistentes (Novos POPs) de uso industrial (MMA, 2015a), quanto no atual. Essa baixa interação dificulta ou até impossibilita a obtenção de resultados fidedignos quanto ao ciclo de vida do c-decaBDE no país.



## 2.1. Produção

Pieroni e colaboradores (2017) relatam que pouco se sabe sobre a produção e a comercialização atual e histórica dos retardantes de chamas bromados e dos materiais importados contendo esses produtos no Brasil. Segundo Annuniação e colaboradores (2018), o Brasil não produz c-decaBDE, apenas importa o produto.

## 2.2. Comércio

O Ministério da Economia (ME) relatou que o Brasil importou 1010 toneladas de um produto chamado "éter decabromo difenílico", que provavelmente é o decaBDE, entre 1989 e 1996. Porém, o decaBDE foi inserido em grupo denominado como "outros éteres aromáticos" em 1997, impossibilitando acessar os dados de comércio exterior do decaBDE (ANNUNCIÇÃO et al., 2018). O levantamento de importação e exportação no ME foi refeito, através do portal Comex Stat (<http://comexstat.mdic.gov.br>), com o nome "éter decabromodifenílico" e a Nomenclatura Brasileira de Mercadorias (NBM - 2909301700), entre 1989 e 1996. Os valores de importação e exportação neste período são de 897.346 e 2.700 quilos, respectivamente (tabela 2 e figura 1). O Brasil importou o éter decabromodifenílico de três países: Israel (75,15%), Estados Unidos (23,35) e Holanda (1,5%), enquanto que a exportação foi realizada apenas para a Argentina, em 1995. Os valores de importação crescem ao longo dos anos, até o momento em que foi inserido em uma Nomenclatura Comum do Mercosul (NCM) genérico. Vale ressaltar que os valores de importação foram inferiores aos relatados por Annuniação e colaboradores (2018).

O presente inventário também levantou os dados de comércio exterior do decaBDE no ME, entre 1997 e 2018. Annuniação e colaboradores (2018) relatam que os PBDEs foram incluídos no NCM 29093019 (outros éteres aromáticos). No entanto, a UNEP (2019) relata que decaBDE foi importado sob o NCM 29039929 (outros derivados halogenados, unicamente com bromo), que representa todos os derivados halogenados com bromo. No inventário anterior, que fez o levantamento do pentaBDE e octaBDE, a busca de



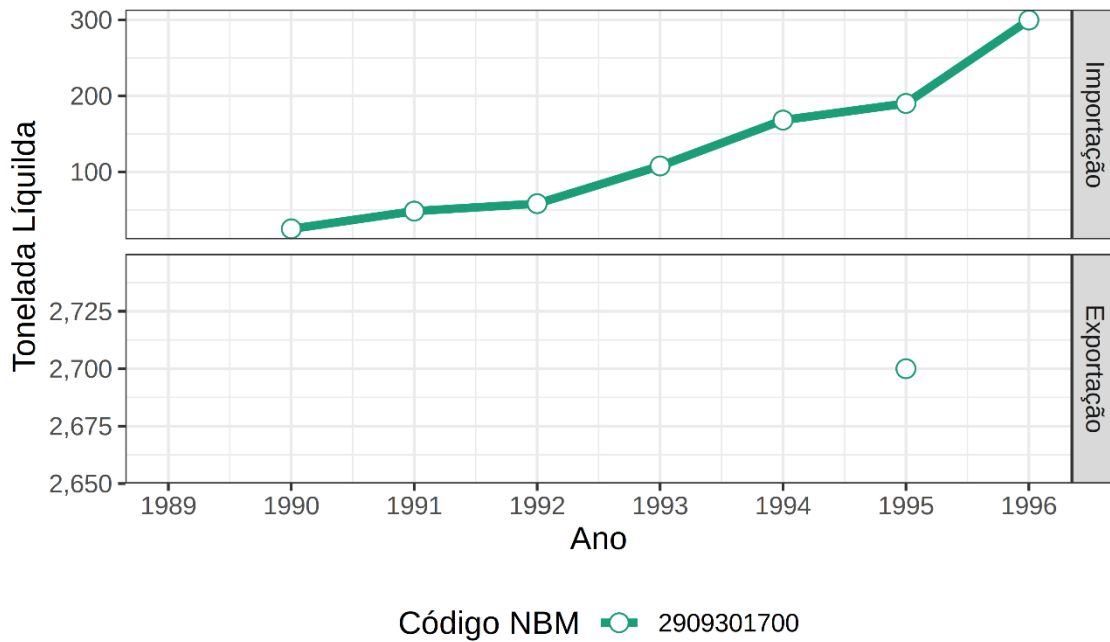
importação e exportação do produto utilizou o NCM 29039929 (Outros derivados halogenados, unicamente com bromo), já relatado pela UNEP (2019) para decaBDE, e o NCM 29033929 (Outros derivados bromados) (MMA, 2015a). A partir dessa informação, foi realizado o levantamento do NCM 29093019 (outros éteres aromáticos), NCM 29033929 (Outros derivados bromados) e NCM 29039929 (outros derivados halogenados, unicamente com bromo). Apesar do Brasil não produzir decaBDE, os dados de exportação também foram investigados (Figura 2). Contudo, estimar a importação e a exportação com valores de NCMs generalistas pode gerar dados errados. Por exemplo, a UNEP (2019) relatou que a quantidade importada de decaBDE sob o NCM 29039929 (outros derivados halogenados, unicamente com bromo) foi de 150 kg, em 2018. No entanto, os valores totais desse NCM são de 187 toneladas. Lembrando que o NCM 29039929 (outros derivados halogenados, unicamente com bromo) representa todos os derivados halogenados com bromo, ou seja, vários produtos podem estar inseridos dentro deste NCM. Por não conseguir informações sobre importação e exportação fidedignas, também foi mandado um pedido, em 20 de maio de 2019, para o Sistema Eletrônico do Serviço de Informações ao Cidadão (e-SIC), que solicitou dados sobre o comércio internacional de decaBDE ao IBAMA. Porém, nenhuma informação foi obtida. O e-SIC informou que consultou o Sistema de Comércio Exterior – SISCOMEX, mas não conseguiu informações sobre o decaBDE e nem de mercadorias que contenham o produto. O Sistema Eletrônico do Serviço de Informações ao Cidadão (e-SIC) permite que qualquer pessoa, física ou jurídica, encaminhe pedidos de acesso à informação, acompanhe o prazo e receba a resposta da solicitação realizada para órgãos e entidades do Executivo Federal (e-SIC, 2019).

**Tabela 2:** Valores de importação e exportação de éter decabromodifenílico (decaBDE - *decabromodiphenyl ether*) em quilograma líquido, no período de janeiro de 1989 a março de 1996.

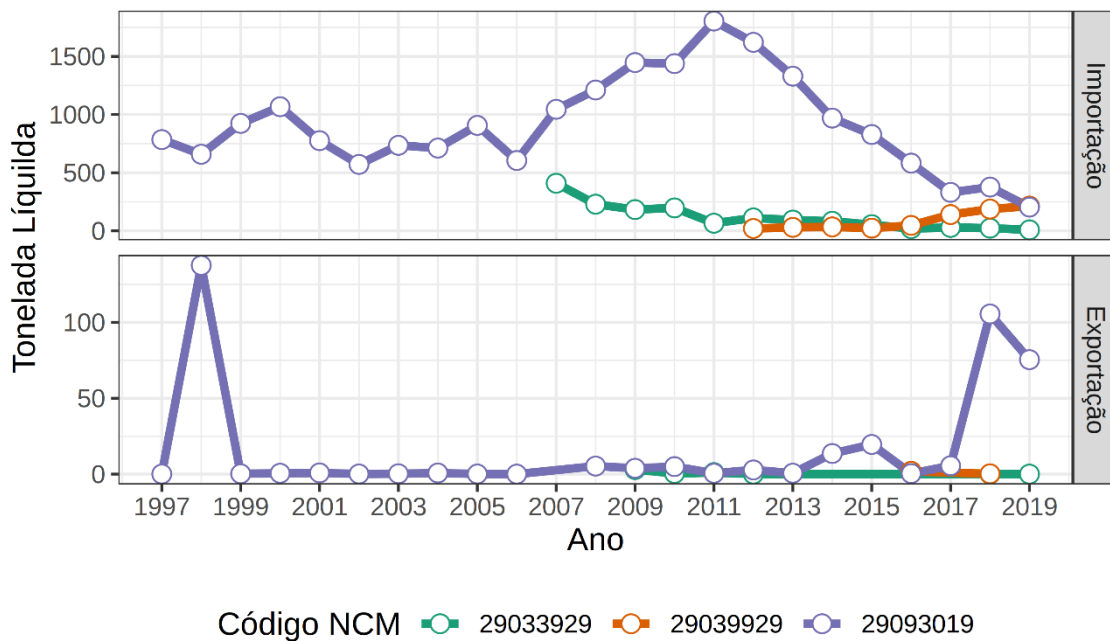
NBM - 2909301700		
Ano	Importação	Exportação
1989	-	-
1990	25106	-
1991	48400	-
1992	58200	-
1993	107840	-



<b>1994</b>	168100	
<b>1995</b>	190000	2700
<b>1996</b>	299700	-
<b>Total</b>	<b>897346</b>	<b>2700</b>



**Figura 1:** Balanço comercial (importação e exportação) de éter decabromodifenílico em tonelada líquida, no período entre 1989 e 1996. Fonte: Comex Stat (<http://comexstat.mdic.gov.br>).





**Figura 2:** Balanço comercial (importação e exportação) de produtos registrados sob os NCM: 29033929 - Outros derivados bromados (verde); 29039929 - Outros derivados halogenados, unicamente com bromo (laranja) e 29093019 - Outros éteres aromáticos (roxo), em tonelada líquida, no período entre 1997 e 2019. Fonte: Comex Stat (<http://comexstat.mdic.gov.br>).

**Tabela 3:** Valores de importação e exportação de éter decabromodifenílico (decaBDE - *decabromodiphenyl ether*) em quilograma líquido, no período de janeiro de 1997 a dezembro de 2019.

Ano	NCM 29093019		NCM 29033929		NCM 29039929	
	Importação	Exportação	Importação	Exportação	Importação	Exportação
1997	784931	47	-	-	-	-
1998	658690	137576	-	-	-	-
1999	924035	228	-	-	-	-
2000	1067555	580	-	-	-	-
2001	775599	810	-	-	-	-
2002	571436	100	-	-	-	-
2003	735433	247	-	-	-	-
2004	711940	735	-	-	-	-
2005	907036	83	-	-	-	-
2006	605010	3	-	-	-	-
2007	1045237	-	409259	-	-	-
2008	1211233	5285	229255	-	-	-
2009	1447286	3850	182871	3000	-	-
2010	1438197	4956	197523	474	-	-
2011	1804334	574	65655	1010	-	-
2012	1621254	2761	111143	6	20202	-
2013	1330233	607	92838	-	30160	-
2014	969680	13587	82502	-	34064	-
2015	828609	19537	53473	-	23151	-
2016	582487	381	18968	-	47004	1850
2017	330913	5514	29234	-	140017	-
2018	376378	105531	23081	25	187007	200
2019	204140	75415	8686	1	213075	-
<b>Total</b>	<b>20931646</b>	<b>378407</b>	<b>1504488</b>	<b>4516</b>	<b>694680</b>	<b>2050</b>

NCM 2909.30.19 (outros éteres aromáticos), NCM 2903.39.29 (Outros derivados bromados) e NCM 2903.99.29 (outros derivados halogenados, unicamente com bromo).

Segundo dados do Ministério da Economia, considerando a escala de tempo avaliada no presente trabalho, a importação de mercadorias inseridas no NCM 29033929 (outros derivados bromados) foi prioritariamente através do Estados Unidos (81,77%), seguido dos Países Baixos (7,3%) e da China (7,17%), enquanto que a Argentina foi responsável por 99,07% da exportação realizada pelo Brasil. Quando consideramos o comércio internacional dos produtos incluídos no NCM 29039929 (outros derivados halogenados, unicamente com bromo), o Brasil importou principalmente da China (59,78%) e dos Estados Unidos (40,16%), já a exportação destes produtos foi feita para o México (90,24%) e o Chile (9,76%). O Brasil importou os produtos inseridos no NCM 29093019 (outros



éteres aromáticos) de diversos países, mas os maiores volumes foram do Japão (33,9%), dos Estados Unidos (30,92%) e da China (9,72%), enquanto que a Alemanha foi a principal responsável pela exportação, seguida pelo México, Paraguai e China com 64,3%, 15,94%; 8,82% e 8,62%, respectivamente.

Segundo Anunciação e colaboradores (2018), pouco se conhece sobre a utilização dos PBDEs no país. Em 2008, o porta-voz de uma das maiores representantes comerciais de retardantes bromados no país relatou que os retardantes de chama no Brasil são empregados principalmente em termoplásticos: HIPS e Acrilonitrila-butadieno-estireno (ABS) (eletroeletrônicos e linha branca), Polietileno de Baixa Densidade (PEBD) (fios e cabos) e compostos de Polipropileno (PP) (principalmente em linha branca, mas também no setor automotivo). Em menor quantidade, aparecem alguns plásticos de engenharia, como as Poliamidas (PAs) (nas suas aplicações clássicas em peças próximas do motor de automóveis), e materiais como o Polióxido de fenileno (PPO) e suas blendas. No entanto, o uso específico do decaBDE não foi discriminado nos diferentes produtos relatados. Porém, dois porta-vozes (incluindo o acima citado) de empresas nacionais, que representam multinacionais, relataram o decaBDE como um dos principais produtos de venda (Azevedo, 2008).

## **2.3. Legislação**

### **2.3.1. Restrições do DecaBDE no Brasil**

Pireroni e colaboradores (2017) ressaltam a deficiência de legislação reguladora dos PBDEs e relatam o projeto de lei do Senado Nº 173, de 2009, que foi arquivada em 2011. Este projeto propunha que os computadores, componentes de computadores e equipamentos de informática em geral comercializados no Brasil deveriam apresentar concentração não superior a 0,1% de PBDEs (BRASIL, 2009). Os autores também ressaltam a Instrução Normativa nº 01, de 19 de janeiro de 2010, que dispõe sobre os critérios de sustentabilidade ambiental na aquisição de bens, contratação de serviços ou obras pela Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional e dá outras



providências. O Art. 5º do capítulo III desta instrução diz que “os órgãos e entidades da Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional, quando da aquisição de bens, poderão exigir os seguintes critérios de sustentabilidade ambiental: IV – que os bens não contenham substâncias perigosas em concentração acima da recomendada na diretiva RoHS, tais como mercúrio (Hg), chumbo (Pb), cromo hexavalente (Cr(VI)), cádmio (Cd), bifenil-polibromados (PBBs), éteres difenil-polibromados (PBDEs)” (BRASIL, 2010). A RoHS foi emitida em 2003 (Diretiva 2002/95/EU) pelo Parlamento e pelo Conselho da União Europeia, posteriormente foi reformulada na Diretiva 2011/65/UE em 8 de junho de 2011 (JOUE, 2003; MMA, 2019a). A RoHS assegura que os EEE colocados no mercado, incluindo os cabos e as peças sobresselentes para a respectiva reparação, reutilização, atualização das funcionalidades ou melhoria da capacidade, não contenham as substâncias acima citadas. Porém, para os fins da presente diretiva, é tolerada uma concentração ponderal máxima nos materiais homogêneos. Na RoHS (Diretiva 2011/65/UE), os éteres difenílicos polibromados (PBDE) podem ter no máximo 0,1% em materiais homogêneos, ou seja, um material de composição inteiramente uniforme, ou um material que consista numa combinação de materiais que não possa ser separado ou fragmentado em materiais diferentes por intermédio de ações mecânicas como desparafusar, cortar, esmagar, moer ou ainda por processos abrasivos (UE, 2011).

No entanto, a Instrução Normativa nº 01 de 19 de janeiro de 2010 não se posiciona sobre as isenções da Diretiva 2011/65/UE, dispostas no artigo 2º, âmbito de aplicação, item 4. (UE, 2011). Vale ressaltar que as categorias de EEE abrangidos pela presente diretiva são: grandes eletrodomésticos, pequenos eletrodomésticos, equipamento de informática e de telecomunicações, equipamento de consumo, equipamento de iluminação, ferramentas elétricas e eletrônicas, brinquedos e equipamento de desporto e lazer, dispositivos médicos, instrumentos de monitoramento e controle, incluindo instrumentos industriais de monitoramento e controle, distribuidores automáticos e outros EEE não incluídos em nenhuma das categorias acima (UE, 2011).

O Ministério do Meio Ambiente relata em sua página que muito ainda deve ser realizado, postando: “Nota-se que o item IV da IN 01/2010 faz menção do cumprimento da diretiva RoHS nas compras públicas. Porém, o Brasil ainda não possui uma norma



específica que restrinja o uso dessas substâncias perigosas em processos de fabricação de equipamentos eletroeletrônicos. Dessa forma, considerando a necessidade de construir mecanismos de proteção da saúde humana, incluídos os trabalhadores que atuam na fabricação, reciclagem e destinação destes equipamentos, e dos consumidores que utilizam os produtos, bem como do meio ambiente como um todo, se faz necessário e urgente o desenvolvimento de estratégias nacionais para a gestão adequada desses produtos. Assim sendo, o Departamento de Qualidade Ambiental e Gestão de Resíduos (DQAR), da Secretaria de Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental (SRHQ) do Ministério do Meio Ambiente está elaborando uma proposta de normativa adequada à realidade nacional em relação ao controle de substâncias notadamente perigosas em EEE” (MMA, 2019a). Objetivando discutir e propor as estratégias, os arranjos institucionais e a minuta da legislação, a Comissão Nacional de Segurança Química (CONASQ) criou o Grupo de Trabalho RoHS Brasileira, em 2018, para a formação de normas adequadas ao país, que sairá como uma resolução CONAMA. Contudo, a última reunião foi realizada em 6 de dezembro de 2018 (MMA, 2018b; MMA, 2019a).

Por outro lado, o Ministério do Meio Ambiente, através do Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR), abriu uma consulta pública, através da Portaria nº 464, de 30 de julho 2019, com prazo entre 01 e 30/08/2019, sobre a proposta de um Acordo Setorial para a implantação de Sistema de Logística Reversa de Produtos Eletroeletrônicos de uso doméstico e seus componentes (BRASIL, 2019). O objeto deste Acordo Setorial é a estruturação, implementação e operacionalização de Sistema de Logística Reversa de Produtos Eletroeletrônicos e seus componentes de uso doméstico colocados no mercado interno (MMA, 2019c).

O Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR) é um dos Instrumentos da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) instituída pela Lei nº. 12.305, de 2 de agosto de 2010, e regulamentada pelo Decreto nº. 7.404, de 23 de dezembro de 2010 (MMA, 2019d). A Lei nº 12.305, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, dispõe sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas a gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos; às responsabilidades dos geradores e do poder público; e aos instrumentos





econômicos aplicáveis (BRASIL, 2010). A Política Nacional de Resíduos Sólidos instituiu o princípio da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, por meio do qual fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes devem tomar as medidas previstas em Lei para assegurar a implementação e operacionalização dos sistemas de logística reversa das cadeias de produtos sob sua responsabilidade (MMA, 2019c). Logística reversa é definida como o instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010).

Vale ressaltar que, no artigo 13, os resíduos sólidos podem ser classificados de acordo com a sua periculosidade, sendo definido como resíduos perigosos aqueles que, em razão de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental, de acordo com lei, regulamento ou norma técnica, abrangendo, dessa forma, resíduos que tenha decaBDE (BRASIL, 2010).

Publicado em 19 de novembro de 2019, o Acordo Setorial para Implantação de Sistema de Logística Reversa de Produtos Eletroeletrônicos de Uso Doméstico e seus Componentes foi realizado entre o MMA e as empresas da Federação das Associações das Empresas Brasileiras de Tecnologia da Informação (ASSEPRO NACIONAL), da Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE) e da Associação Brasileira da Distribuição de Produtos e Serviços de Tecnologia da Informação (ABRADISTI). Empresas associadas e parceiras da Gestora para Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos Nacional (GREEN ELETRON) serão responsáveis pela gestão do sistema coletivo de logística reversa de equipamentos eletroeletrônicos (MMA 2019e). O acordo firmado entre o estado e a sociedade civil propõe a destinação final ambientalmente adequada, preferencialmente a reciclagem de 100% dos equipamentos eletroeletrônicos discriminados no anexo V. O acordo setorial foi dividido em duas fases e espera-se que em 2025, o quinto ano da segunda fase, 17% dos produtos eletrônicos



descartados tenham sido coletados e destinados adequadamente (MMA 2019e, MMA 2019f).

Além disso, o acordo reafirma, mesmo que parcialmente, o compromisso com o Plano Nacional de Implementação da Convenção de Estocolmo, relativa aos Poluentes Orgânicos Persistentes – POPs. No ANEXO IX (Avaliação dos possíveis impactos socioambientais), na fundamentação técnica dos impactos sobre o meio ambiente, está descrito que “uma das preocupações em torno da destinação final dos produtos eletroeletrônicos diz respeito às substâncias químicas que compõem tais produtos e seus componentes e aos potenciais impactos ambientais negativos em caso da destinação final ambientalmente inadequada, notadamente da disposição final ambientalmente inadequada. Uma iniciativa para endereçar essa questão é a regulamentação, sob a forma de proposta de resolução a ser enviada ao Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), de limites de substâncias químicas em equipamentos eletroeletrônicos, elaborada pelo Grupo de Trabalho (GT) “RoHS brasileira” da Comissão Nacional de Segurança Química (CONASQ). A referida proposta abrange limites progressivos para as seguintes substâncias químicas: PBB, PBDE, mercúrio, cádmio, cromo hexavalente, chumbo, e quatro ftalatos (DEHP, BBP, DBP, DIBP). A logística reversa vem reforçar essa iniciativa, pois assegura a destinação final ambientalmente adequada dos produtos eletroeletrônicos que contém essas substâncias, evitando e minimizando, assim, eventuais impactos ambientais associados a uma disposição inadequada dessas substâncias no meio ambiente, tais como contaminação dos meios terrestre, hídrico e aquático, além de riscos à saúde humana” (MMA 2019g). No ANEXO IX, também está destacado “que foi criado um Manual Operacional Básico com a descrição dos procedimentos a serem adotados em todas as etapas inerentes à operação da logística reversa com a finalidade de garantir o adequado manuseio dos produtos eletroeletrônicos por todos os atores da cadeia, em cumprimento aos requisitos legais aplicáveis e visando a prevenir qualquer tipo de contaminação ambiental. Tal operacionalização ocorre em sinergia com o Plano Nacional de Implementação da Convenção de Estocolmo, relativa aos Poluentes Orgânicos Persistentes – POPs. Através da destinação final ambientalmente adequada, será possível assegurar o correto manejo dessas possíveis substâncias presentes em produtos eletrônicos descartados a fim de garantir que



os mesmos não sejam reinseridos na cadeia produtiva” (MMA 2019g). Porém, o Manual Operacional Básico (ANEXO VI) apenas relata que se deve ter cuidado – no manuseio, armazenagem, desmontagem e remoção de partes e peças – para não causar impactos ao meio ambiente e à saúde humana. O manual não apresenta procedimentos específicos para produtos eletroeletrônicos que contenham decaBDE ou outros contaminantes. Em suas considerações finais, o manual deixa isso claro, relatando que o documento se destina a prover uma visão geral de boas práticas que deverão ser observadas ao longo do processo. Não é a intenção deste manual tratar os métodos e tecnologias específicas necessárias ao correto tratamento/reciclagem dos produtos eletroeletrônicos (MMA 2019h). Além disso, como relatado anteriormente, a última reunião foi realizada em 6 de dezembro de 2018 e nenhum cronograma foi disponibilizado. Dessa forma, podemos observar uma falta de consonância entre os textos que compõe o Acordo Setorial para Implantação de Sistema de Logística Reversa de Produtos Eletroeletrônicos de Uso Doméstico e seus Componentes.

As reuniões do Grupo de Trabalho (GT) “RoHS brasileira” devem retornar para que o uso de PBDEs em equipamentos eletroeletrônicos seja proibido ou exceções específicas sejam requisitadas no devido prazo. Além disso, os procedimentos com os produtos eletroeletrônicos descartados devem ser mais específicos, para minimizar os possíveis impactos no ambiente e à saúde humana. Recentemente, em abril de 2019, a Associação de Saúde Ambiental (TOXISPHERA) divulgou uma carta endereçada a membros do governo pedindo a revogação das isenções da Convenção de Estocolmo para reciclagem de tetraBDE, pentaBDE, hexaBDE e heptaBDE, ou seja, os PBDEs. Esse pedido se respalda na migração do PBDE para os materiais reciclados. A associação testou produtos de consumo fabricados com plástico reciclado, que foram coletados no mercado brasileiro em 2019. Após as análises, foi verificada a migração desses contaminantes para o material reciclado, exatamente como previu o comitê de especialistas da Convenção de Estocolmo em 2010. O estudo observou 139, 339, 121 e 147  $\mu\text{g g}^{-1}$  de decaBDE em calculadora de bolso, tiara de cabelo, navalha e carro de brinquedo feitos de material reciclado, respectivamente (TOXISPHERA, 2019). Esses dados tornam clara a necessidade da regulamentação por parte da RoHS brasileira e de procedimentos específicos para a destinação ambientalmente adequada de produtos eletroeletrônicos descartados.



Embora o decaBDE tenha sido menos usado na construção civil do que em equipamentos eletroeletrônicos, é importante ressaltar que o MMA possui resoluções que estabelecem diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. A resolução CONAMA N° 307, de 5 de julho de 2002, define como resíduos da construção civil aqueles provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica e etc. A classificação estabelecida pela resolução coloca resíduos perigosos como classe D, definidos como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde (MMA, 2012). Já a resolução CONAMA n° 448, de 18 de janeiro de 2012, diz que esses resíduos deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas (MMA, 2012). Embora as duas resoluções ressaltem a importância da reciclagem e da destinação final do material sem causar danos ambientais, é necessário abordar a contaminação deste material por decaBDE, devido a sua recente entrada na lista da Convenção de Estocolmo. Não foi encontrada nenhuma normativa governamental que estabeleça uma gestão para resíduos automobilísticos ou têxteis.

### **2.3.2. Convenção de Estocolmo**

Além da formulação da RoHS Brasileira e do Acordo Setorial para a Implantação de Sistema de Logística Reversa de Produtos Eletroeletrônicos de Uso Doméstico e seus Componentes, o Brasil, como signatário da Convenção de Estocolmo, deve adotar medidas de eliminação e/ou restrição de POPs, incluindo o decaBDE. Em 2017, a Conferência das Partes da Convenção de Estocolmo determinou, no anexo A, por meio da decisão SC-8/10, a produção e o uso de éter decabromodifenílico proibidos, exceto para as partes que



notificaram o Secretariado de sua intenção de produzi-lo e/ou utilizá-lo nos termos do Artigo 4 (BRASIL, 2018). As exceções específicas para a produção e o uso do c-decaBDE se encontram no quadro abaixo:

**Quadro 2:** As exceções específicas para a produção e o uso do c-decaBDE da decisão SC-8/10.

<b>Produção</b>	<b>Conforme permitido pelas Partes relacionadas no Registro</b>
<b>Uso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aeronaves para as quais foi solicitada a homologação antes de dezembro de 2018 e recebida antes de dezembro de 2022 e peças de reposição para essas aeronaves;</li> <li>- Produtos têxteis que exigem características anti-inflamáveis, exceto vestuário e brinquedos;</li> <li>- Aditivos em utensílios plásticos e peças utilizadas para consertar eletrodomésticos, ferros, ventiladores, aquecedores de imersão que contenham ou estejam em contato direto com peças elétricas ou que devem seguir os padrões de retardamento de chamas, em concentrações inferiores a 10 por cento do peso da peça;</li> <li>- Espuma de poliuretano para isolamento de edifícios;</li> <li>- Peças para uso nos veículos especificados no parágrafo 2 da Parte IX deste Anexo.</li> </ul>

O parágrafo 2 da Parte IX da decisão SC-8/10 consta abaixo:

“Parte IX

2. Poderão estar disponíveis exceções específicas para a produção e o uso do éter decabromodifenílico comercial em peças utilizadas em veículos, limitadas às seguintes especificações:

(a) Peças utilizadas em veículos antigos, definidos como veículos que pararam de ser produzidos em massa, e cujas peças se encaixam em uma ou mais das seguintes categorias:

(i) Peças da cadeia cinemática e peças sob o capô, como cabos de massa da bateria, cabos de interconexão da bateria, tubos de ar-condicionado portáteis (MAC), cadeias cinemáticas, buchas do escapamento, isolamento do capô, fiação e chicote sob o capô (fiação do motor, etc.), sensores de velocidade, mangueiras, módulos de ventiladores e sensores de detonação;



(ii) Peças do sistema de combustível, como mangueiras de combustível, tanques de combustível e tanques de combustível sob a carroceria;

(iii) Dispositivos pirotécnicos e peças afetadas por dispositivos pirotécnicos, como cabos de ignição de airbags, capas/tecidos de assentos (apenas se possuir airbag) e airbags (dianteiros e laterais);

(iv) Peças de suspensão e do interior do veículo, como materiais de acabamento, materiais acústicos e cintos de segurança.

(b) Peças de veículos especificados nos parágrafos 2 (a) (i)-(iv) acima e as que se encaixem em uma ou mais das seguintes categorias:

(i) Plásticos reforçados (painéis de instrumentos e acabamento interior);

(ii) Sob o capô ou painel (blocos de terminal/fusível, fios de alta amperagem e revestimento de cabos (cabos de velas));

(iii) Equipamentos elétricos e eletrônicos (caixas de bateria e bandejas de bateria, conectores elétricos do motor, componentes de rádio, de sistemas de navegação por satélite, de sistemas de posicionamento global (GPS) e de sistemas de computador);

(iv) Tecidos como o revestimento do porta-malas, o estofamento, o revestimento do teto, os assentos de automóveis, os encostos de cabeça, os para-sóis e os tapetes.

3. As exceções específicas para as peças especificadas no parágrafo 2 (a) acima expirarão no término da vida útil dos veículos antigos ou em 2036, o que ocorrer primeiro.

4. As exceções específicas para as peças especificadas no parágrafo 2 (b) acima expirarão no término da vida útil dos veículos ou em 2036, o que ocorrer primeiro.

5. As exceções específicas para as peças de reposição de aeronaves para as quais foi solicitada a homologação antes de dezembro de 2018 e recebida antes de dezembro de 2022 expirarão no término da vida útil dessas aeronaves” (BRASIL, 2018).

O Brasil pediu isenção específica em peças para uso em veículos listados no parágrafo 2, da parte IX, do anexo A, até o final da vida útil dos veículos, ou até 2036, o que ocorrer primeiro. A razão da exceção foi que o Brasil está trabalhando no desenvolvimento, validação e homologação de peças que não usam o BDE-209. Portanto, será necessário importar peças para uso em veículos até que a substituição seja possível (UNEP, 2019).



#### 2.4. Casos Reportados Pela Literatura Científica em Território Brasileiro

A busca por artigos que avaliaram decaBDE tanto no meio ambiente, quanto na população humana foi realizada com as palavras-chave “*polybrominated diphenyl ether*” + Brazil; “*decabromodiphenyl ether*” + Brazil; decaBDE + Brazil; “*polybrominated diphenyl ether*” + Brasil; “*decabromodiphenyl ether*” + Brasil; decaBDE + Brasil. As buscas foram realizadas entre 20 e 28 de novembro de 2019, nas seguintes bases de dados: Google acadêmico (<https://scholar.google.com/?oi=gsb&hl=pt-BR>); sciencedirect (<https://www.sciencedirect.com/>); e Periódicos Capes/MEC (<http://www-periodicos-capes.gov.br.ez29.periodicos.capes.gov.br/>), que engloba a Scopus e Web of Science, entre outras bases.

Três revisões foram encontradas no levantamento sobre a ocorrência de decaBDE no ambiente e em seres humanos em território nacional, sendo que duas delas traziam valores de PBDEs no ambiente. Infelizmente, os valores foram relatados como PBDE total e, quando individualizados, não traziam informações sobre o decaBDE (RODRIGUES et al., 2015; PIRERONI et al., 2017; ANNUNCIACÃO et al., 2018). Um fato importante no levantamento bibliográfico é a baixa quantidade de informações sobre o decaBDE no Brasil. Embora alguns estudos tenham avaliado os PBDEs em território brasileiro, as concentrações do decaBDE não foram estimadas (DORNELES et al., 2010; QUINETE et al., 2011; YOGUI et al., 2011; LEONEL et al., 2012; MAGALHÃES et al., 2012; ROSENFELDER et al., 2012; Da SILVA et al., 2013; LAVANDIER et al., 2013; CASCAES et al., 2014; LEONEL et al., 2014; MOHR et al., 2014; De MOURA et al., 2015; LAVANDIER et al., 2015; LAVANDIER et al., 2016; ANNUNCIACÃO et al., 2017; MAGALHÃES et al., 2017; ALONSO et al., 2018; LAVANDIER et al., 2019; RIGUETTI et al., 2019). Além de amostras ambientais, um estudo foi realizado com a população humana, avaliando PBDEs em gordura de áreas adjacentes à retirada de tumor por mastectomia. Contudo, como os estudos acima, o decaBDE não foi analisado. Os autores justificam que o desenho do estudo epidemiológico não foi construído para analisa-



lo (KALANTZI et al., 2009). Apenas seis estudos avaliaram o decaBDE, sendo quatro em ambiente marinho e dois em ecossistemas dulcícolas. Em ecossistema marinho foram avaliadas duas espécies de peixes, bonito (*Katsuwonus pelamis*) e corvina (*Micropogonias furnieri*), e um mamífero aquático, representado pela franciscana (*Pontoporia blainvillei*). Em ambiente dulcícola, os dois estudos avaliaram sedimento superficial no estado de São Paulo. Os dados estão disponíveis na tabela 4.

Na avaliação realizada por De La Torres e colaboradores (2012), o decaBDE foi o terceiro congêneres com maiores concentrações entre os dez estudados, nos espécimens de franciscana do litoral brasileiro. Os autores observaram uma correlação entre o padrão das concentrações de BDE-209, BDE-207 e BDE-206 nas amostras com o padrão de misturas técnicas (Saytex 102E e Bromkal 82-0DE), sugerindo o seu uso e a sua dispersão no meio ambiente marinho costeiro do sul e sudeste do Brasil (DE LA TORRES et al., 2012). Enquanto que Pizzochero e colaboradores (2019), ao estudarem 35 congêneres de PBDEs em amostras de corvina de duas baías do litoral do Rio de Janeiro, observaram que o decaBDE apresentou os maiores valores.

**Tabela 4:** Dados de éter decabromodifenílico (decaBDE - *decabromodiphenyl ether*) em amostras ambientais no território brasileiro. As amostras biológicas estão em ng g<sup>-1</sup>p.l. e as amostras de sedimento em ng g<sup>-1</sup> p.s.

Matriz/ano	Área (nº ind.)	Média	Mín. – Máx.	Referências
<b>Ambiente marinho</b>				
<b>Biota</b>				
<b>Oceânico</b>				
Bonito (2000)	Atlântico Sul (pool – 5)	<5,0 *1	---	Ueno et al., 2004
<b>Costeiro</b>				
Franciscana (1994-2009)	Rio de Janeiro (1)	n.d.	---	Alonso et al., 2012*2
	Espírito Santo (13)	13,74	n.d. - 60,27	Alonso et al., 2012
	São Paulo (12)	13,02	n.d. - 29,87	Alonso et al., 2012
	Paraná (3)	n.d.	---	Alonso et al., 2012
	Santa Catarina (11)	24,99	n.d. – 124,35	Alonso et al., 2012
Franciscana (1994-2008)	Rio Grande do Sul (13)	8,03	n.d. – 20,57	Alonso et al., 2012
	Espírito Santo (3)	n.d.	---	De La Torre et al., 2012
	São Paulo (12)	10,2	n.d.- 45,39	De La Torre et al., 2012
	Santa Catarina (2)	---	3,69	De La Torre et al., 2012
	Rio Grande do Sul (3)	3,4	2,67 - 4,1	De La Torre et al., 2012
Corvina (2014)	B. de Guanabara (RJ) (14)	15,24	0,35 – 45,18	Pizzochero et al., 2019
	B. de Sepetiba (RJ) (6)	284,02	1,32 – 566,71	Pizzochero et al., 2019
<b>Ambiente Dulcícola</b>				
<b>Sedimento</b>				





Lago Saibro (2014)	Ribeirão Preto (SP) (3)	< 0,48 * <sup>3</sup>	---	Ferrari et al., 2019
Rios e reservatórios (2018)	São Paulo (22)	118,42* <sup>4</sup>	0,30 – 673,77	Tominaga et al., 2019

\*1 – abaixo do limite de detecção; \*2 – Os dados brutos de decaBDE foram sedidos gentilmente pela autora principal do artigo; \*3 – abaixo do limite de quantificação; \*4 – Os dados brutos de decaBDE foram sedidos gentilmente pela autora principal do artigo; p.l. - peso em lipídeos; p.s. – peso seco; n.d. – não detectado; Min. – Mínimo; Máx. – Máximo.

Segundo os autores, vale ressaltar a ocorrência do decaBDE no músculo da corvina branca, o que indica o uso do decaBDE comercial (c-decaBDE) no sudeste do Brasil (PIZZOCHERO et al., 2019). Tominaga e colaboradores (2019) observaram que o decaBDE ocorreu em todas as amostras de sedimento em rios e reservatórios de São Paulo avaliadas e o composto apresentou as maiores concentrações em relação aos outros 18 congêneres. Os autores compararam os resultados do decaBDE observados com o valor limite (19 ng g<sup>-1</sup>) sugerido pelo *Canadian Environmental Quality Guidelines*, e 40,9% dos resultados de decaBDE estavam acima do valor sugerido pela instituição. Quase todas as amostras foram coletadas em áreas industriais (TOMINAGA et al., 2019). O Brasil não possui regulação ou valores padrões de qualidade para PBDE para o monitoramento da qualidade ambiental. Este resultado pode indicar as mudanças no uso das misturas técnicas dos PBDEs, decorrente da proibição das misturas pentaBDE e octaBDE. Os poucos estudos que abordaram o decaBDE foram claros em apontar valores superiores deste composto em relação aos outros congêneres estudados, sendo que, em dois destes, o decaBDE apresentou os maiores valores observados.

### 3. PLANOS DE AÇÃO

#### 3.1. Regulamentação

O governo brasileiro, junto com representantes da sociedade civil, ou seja, o Grupo de Trabalho RoHS Brasileira, devem retomar o processo - a última reunião foi em 8 de dezembro de 2018 (MMA, 2020) -, e finalizar as normas específicas que restringem o uso de substâncias perigosas em processos de fabricação de equipamentos eletroeletrônicos. A



norma objetiva construir mecanismos de proteção da saúde humana, incluídos os trabalhadores que atuam na fabricação, reciclagem e destinação destes equipamentos, e dos consumidores que utilizam os produtos, bem como do meio ambiente como um todo. Vale ressaltar que a norma também busca adequar as restrições à realidade nacional, tornando-a um marco importante para a gestão adequada desses produtos e, conseqüentemente, da melhoria da qualidade da vida humana e do meio ambiente. Além disso, o governo também deve criar normas para os outros setores produtivos que usam ou usaram o decaBDE, ou seja, os setores de transporte, construção e têxtil.

O Brasil não possui regulação ou valores padrões de qualidade ambiental para PBDEs (TOMINAGA et al., 2008). Conseqüentemente, sugerimos a criação de valores de referência para o decaBDE para amostras ambientais, assim como solo, sedimento, água e ar. Valores de dose referência para alimentos também devem ser sugeridos, por exemplo, para pescado.

### **3.2. Novos Estudos**

Estudos abordando o decaBDE devem ser estimulados devido às baixas informações existentes. O presente inventário encontrou vinte seis estudos após uma busca por artigos relacionando decaBDE, PBDEs e Brasil. Destes, apenas seis abordavam o decaBDE, ou seja, 23% dos estudos. Estudos abordando o decaBDE em amostras ambientais e em seres humanos, incluindo aqueles afetados por exposição ocupacional (por exemplo: trabalhadores que atuam em centros de reciclagem), devem ser estimulados pelos órgãos de fomento das diferentes esferas de governo, ou seja, tanto federal quanto estaduais. Esta ação é necessária para que tenhamos uma visão consistente do atual cenário de contaminação ambiental e da exposição humana a este contaminante.

### **3.3. Reciclagem**



O uso do decaBDE pode ser separado em quatro grupos: equipamentos elétricos e eletrônicos (ex: caixas de aparelhos de TV e computadores); setor de transporte (ex: indústrias automotivas e de aviação); setor de construção (ex: fios, cabos, tubos, etc.); e setor têxtil (ex: revestimento de móveis e cortinas) (BSEF, 2007).

Quanto aos produtos eletroeletrônicos, em 19 de novembro de 2019 foi publicado o Acordo Setorial para Implantação de Sistema de Logística Reversa de Produtos Eletroeletrônicos de Uso Doméstico e seus Componentes. O acordo firmado entre o estado e a sociedade civil propõe a destinação final ambientalmente adequada, preferencialmente a reciclagem, de 100% dos equipamentos eletroeletrônicos. Indiscutivelmente, um passo importante para a resolução do descarte de eletroeletrônicos. A logística reversa é um instrumento de desenvolvimento econômico e social composta por ações, procedimentos e meios que viabilizam o reaproveitamento do material descartado ou outra destinação final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010). No entanto, o acordo deixa lacunas quanto aos procedimentos específicos para o tratamento dos produtos que tenham PBDEs e outros contaminantes, informações que já foram explicitadas no subitem 2.2.1 (RESTRIÇÕES DO DecaBDE NO BRASIL). Além disso, os processos de reciclagem de materiais de outros setores produtivos que usaram o decaBDE também devem considerar a possível contaminação por este composto, criando procedimentos específicos para o tratamento do material de descarte.

Dessa forma, sugerimos como plano de ação para a reciclagem do material com PBDE seguir as recomendações do UNEP/POPS/POPRC.6/2 e do anexo da decisão, intitulados: “*Technical Review of the Implications of Recycling Commercial Pentabromodiphenyl Ether and Commercial Octabromodiphenyl Ether - DRAFT*”, e “*Recommendations on the elimination of brominated diphenyl ethers from the waste stream and on risk reduction for perfluorooctane sulfonic acid (PFOS) and its salts and perfluorooctane sulfonyl fluoride (PFOSF)*”, respectivamente. Logicamente, adaptando-as à realidade nacional. O objetivo é eliminar os éteres difenil bromados dos fluxos de reciclagem o mais rápido possível. Para atingir esse objetivo, a principal recomendação é separar os artigos que contenham éter difenil bromado o mais rápido possível antes da reciclagem. Caso contrário, inevitavelmente resultará em maior contaminação humana e ambiental e na dispersão de



éteres difenílicos bromados em matrizes a partir das quais a recuperação não é técnica ou economicamente viável, e na perda da credibilidade em longo prazo da reciclagem (UNEP, 2010).

### **3.4. Comércio Exterior do DecaBDE**

A Convenção de Estocolmo proíbe ou restringe a produção e utilização dos Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs) que estão listadas nos anexos da Convenção. Além disso, a Convenção de Estocolmo também regula a importação e exportação de produtos químicos produzidos intencionalmente, que estão listados nos anexos A e B (UNIDO/UNIPAR/UNEP, 2012). Ao observar os parâmetros colocados pela Convenção, reconhecemos que o Brasil ainda precisa regular a importação e exportação dos novos POPs listados na Convenção, neste caso mais específico, do decaBDE. As operações de importação e exportação são processadas no Sistema Integrado de Comércio Exterior (Siscomex), administrado pelo Ministério da Economia (ME), junto com a Receita Federal e o Banco Central. As mercadorias são classificadas de acordo com a Nomenclatura Comum do Mercosul (NCM), também adotada pela Argentina, Paraguai e Uruguai (MMA, 2015b). O ME disponibiliza as informações de importação e exportação no Comex Stat, um portal de acesso gratuito às estatísticas de comércio exterior do Brasil. O presente inventário fez as buscas do decaBDE sob diferentes NCMs genéricos, em que o decaBDE poderia estar inserido, nos baseando nas informações de Annuniação et al., (2018) e UNEP (2019). Porém, a colocação em NCMs genéricos gera resultados superestimados, como pode ser visto no caso em que UNEP (2019) relatou que a quantidade importada de c-decaBDE sob o NCM 2903.99.29 (outros derivados halogenados, unicamente com bromo) foi de 150 kg, em 2018. No entanto, os valores totais sob esse NCM neste ano são de 187 toneladas. A discrepância é clara ao comparar os valores totais disponibilizados pelo ME, através de um NCM abrangente, com os valores reais como os obtidos pela UNEP. O uso dos valores do ME levará a números superestimados e a um cenário não realista da



importação ou exportação deste produto. Dessa forma, sugerimos que, no plano de ação do decaBDE, conste ajustes no procedimento de comercialização na plataforma Siscomex para garantir dados corretos sobre a importação e exportação de decaBDE, através da criação de um NCM próprio, e de produtos que possam conter o contaminante.

#### **4. REFERÊNCIAS**

- AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY (ATSDR) TOXICOLOGICAL PROFILE FOR POLYBROMINATED DIPHENYL ETHERS (PBDEs), March 2017, 592p.
- ALONSO, M.B. et al. Natural and anthropogenically-produced brominated compounds in endemic dolphins from Western South Atlantic: another risk to a vulnerable species. *Environmental pollution*, v. 170, p. 152-160, 2012.
- ALONSO, M.B. et al. Mais do que Ômega-3: Compostos Orgânicos Bromados (Antrópicos e Naturais) em albacora-laje (*Thunnus albacares*) do Arquipélago de São Pedro e São Paulo. In: Jorge Eduardo Lins Oliveira; Danielle de Lima Viana; Marco Antônio Carvalho de Souza. (Org.). *ARQUIPÉLAGO DE SÃO PEDRO E SÃO PAULO: 20 anos de Pesquisa*. 1ed. Recife: Via Design Publicações, p. 160-173, 2018.
- ANNUNCIACÃO, D.L.R.; ALMEIDA, F.V.; SODRÉ, F.F. Method development and validation for the determination of polybrominated diphenyl ether congeners in Brazilian aquatic sediments. *Microchemical Journal*, v. 133, p. 43-48, 2017.



ANNUNCIACÃO, D.L.R. et al. Éteres Difenílicos Polibromados (PBDE) como contaminantes persistentes: ocorrência, comportamento no ambiente e estratégias analíticas. Química Nova, São Paulo, v. 41, n. 7, p. 782-795, July 2018.

ASSOCIAÇÃO DE SAÚDE AMBIENTAL (TOXISPHERA) - Revogação das isenções da Convenção de Estocolmo para reciclagem de TetraBDE, PentaBDE, HexaBDE e HeptaBDE, 16 de abril de 2019.

AZEVEDO, M. – Retardantes de Chamas – Descaso legislativo e falta de informação dos consumidores mantêm consumo de plásticos antichama em baixa no Brasil. – QD Editora., [plastico.com.br](http://plastico.com.br) – O portal da revista Plástico Moderno, 10 de Junho de 2008. <https://www.plastico.com.br/retardantes-de-chama-descaso-legislativo-e-falta-de-informacao-dos-consumidores-mantem-consumo-de-plasticos-antichama-em-baixa-no-brasil/> visualizado em 10 de dezembro de 2018.

BRASIL. Projeto de Lei do Senado Nº173, 2009 - Estabelece prazo para que computadores, componentes de computadores e equipamentos de informática em geral, comercializados no Brasil, atendam a requisitos ambientais e de eficiência energética.

BRASIL. Instrução Normativa nº 01, de 19 de janeiro de 2010 - Dispõe sobre os critérios de sustentabilidade ambiental na aquisição de bens, contratação de serviços ou obras pela Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional e dá outras providências. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2010a.

BRASIL. Lei Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Casa Civil - Subchefia para Assuntos Jurídicos, 2010b.

BRASIL. CONVENÇÃO DE ESTOCOLMO SOBRE POLUENTES ORGÂNICOS PERSISTENTES ESTOCOLMO, 22 DE MAIO DE 2001 - EMENDAS AOS ANEXOS A E C. Ministério das Relações Exteriores. Diário Oficial da União, Nº 177, quinta-feira, 13 de Setembro de 2018. Pag. 92.

BRASIL. Portaria nº 464, de 30 de Julho de 2019. Torna pública a abertura de processo de consulta pública da proposta de Acordo Setorial para a implantação de Sistema de Logística Reversa de Produtos Eletroeletrônicos de uso doméstico e seus componentes.



BROMINE SCIENCE AND ENVIRONMENTAL FORUM (BSEF). 2007. Fact sheet: brominated flame retardant DecaBDE. Bromine Science and Environmental Forum, [http://icl-ip.com/wp-content/uploads/2012/03/230\\_45\\_FR1210\\_BSEF\\_factsheet\\_Deca-BDE\\_oct07.pdf](http://icl-ip.com/wp-content/uploads/2012/03/230_45_FR1210_BSEF_factsheet_Deca-BDE_oct07.pdf), visualizado em 02/12/2018.

CASCAES, M.J. et al. Persistent organic pollutants in liver of Brazilian sharpnose shark (*Rhizoprionodon lalandii*) from southeastern coast of Brazil. *Marine pollution bulletin*, v. 86, n. 1-2, p. 591-593, 2014.

CHRISTIANSOON, A. et al. Identification and quantification of products formed via photolysis of decabromodiphenyl ether. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 16, n. 3, p. 312-321, 2009.

DA SILVA, S.F. Gonçalves et al. Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) and polychlorinated biphenyls (PCBs) in mussels and two fish species from the estuary of the Guanabara Bay, southeastern Brazil. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, v. 91, n. 3, p. 261-266, 2013.

DANISH ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (Danish EPA) Deca-BDE and Alternatives in Electrical and Electronic Equipment - Environmental Project No. 1141 2006 – Miljøprojekt, 93p.

DE LA TORRE, A. et al. Dechlorane-related compounds in franciscana dolphin (*Pontoporia blainvillei*) from southeastern and southern coast of Brazil. *Environmental science & technology*, v. 46, n. 22, p. 12364-12372, 2012.

DORNELES, P.R. et al. Anthropogenic and naturally-produced organobrominated compounds in marine mammals from Brazil. *Environment International*, v. 36, n. 1, p. 60-67, 2010.

EARNSHAW, M.R.; JONES, K.C.; SWEETMAN, A.J. Estimating European historical production, consumption and atmospheric emissions of decabromodiphenyl ether. *Science of the total environment*, v. 447, p. 133-142, 2013.

EUROPEAN CHEMICALS AGENCY (ECHA) Substance Name: Bis(pentabromophenyl) ether, EC Number: 214-604-9, CAS Number: 1163-19-5 - MEMBER STATE COMMITTEE SUPPORT DOCUMENT FOR IDENTIFICATION OF BIS(PENTABROMOPHENYL) ETHER AS A SUBSTANCE OF VERY HIGH



- CONCERN BECAUSE OF ITS PBT/vPvB PROPERTIES - Adopted on 29 November 2012, 188p.
- EUROPEAN CHEMICALS AGENCY (ECHA) Draft background document for Bis(pentabromophenyl)ether (decabromodiphenyl ether; DecaBDE) – DRAFT, 24 June 2013. 6p.
- EUROPEAN COMMISSION (EC) -EUR 20402EN - European Union Risk Assessment Report Bis(pentabromophenyl) ether, Volume 17. Editors: B.G. Hansen, S.J. Munn, J.de Bruijn, M. Luotamo, S. Pakalin, F. Berthault, S. Vegro, G. Pellegrini, R. Allanou, S. Scheer. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2002, 282 pp.
- FENG, C. et al. Debrominated and methoxylated polybrominated diphenyl ether metabolites in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) after exposure to decabromodiphenyl ether. *Journal of Environmental Sciences*, v. 22, n. 9, p. 1425-1434, 2010.
- FERRARI, R.S. et al. Assessing surface sediment contamination by PBDE in a recharge point of guarani aquifer in Ribeirão Preto, Brazil. *Water*, v. 11, n. 8, p. 1601, 2019.
- INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER (IARC) - Polychlorinated biphenyls and polybrominated biphenyls / IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans (2013: Lyon, France) (IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans ; volume 107), 510p., 2016.
- KALANTZI, O.I. et al. Polybrominated diphenyl ethers and polychlorinated biphenyls in human breast adipose samples from Brazil. *Environment international*, v. 35, n. 1, p. 113-117, 2009.
- JORNAL OFICIAL DA UNIÃO EUROPEIA. DIRECTIVA 2002/95/CE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO - relativa à restrição do uso de determinadas substâncias perigosas em equipamentos eléctricos e electrónicos. 27 de Janeiro de 2003. PT.
- LA GUARDIA, M.J. et al Detailed Polybrominated Diphenyl Ether (PBDE) Congener Composition of the Widely Used Penta-, Octa-, and Deca-PBDE Technical Flame-retardant Mixtures. *Environ. Sci. Technol.* 40, p.6247-6254, 2006.





- LAVANDIER, R. et al. Polychlorinated biphenyls (PCBs) and polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in three fish species from an estuary in the southeastern coast of Brazil. *Chemosphere*, v. 90, n. 9, p. 2435-2443, 2013.
- LAVANDIER, R. et al. An assessment of PCB and PBDE contamination in two tropical dolphin species from the Southeastern Brazilian coast. *Marine pollution bulletin*, v. 101, n. 2, p. 947-953, 2015.
- LAVANDIER, R. et al. PCB and PBDE levels in a highly threatened dolphin species from the Southeastern Brazilian coast. *Environmental pollution*, v. 208, p. 442-449, 2016.
- LAVANDIER, R. et al. PCB and PBDE contamination in *Tursiops truncatus* and *Stenella frontalis*, two data-deficient threatened dolphin species from the Brazilian coast. *Ecotoxicology And Environmental Safety*, v. 167, p. 485-493, 2019.
- LEONEL, J. et al. Contamination by chlorinated pesticides, PCBs and PBDEs in Atlantic spotted dolphin (*Stenella frontalis*) in western South Atlantic. *Chemosphere*, v. 86, n. 7, p. 741-746, 2012.
- LEONEL, J. et al. PBDE levels in franciscana dolphin (*Pontoporia blainvillei*): temporal trend and geographical comparison. *Science of the Total Environment*, v. 493, p. 405-410, 2014.
- MAGALHÃES, C.A. et al. PCBs, PBDEs and organochlorine pesticides in crabs *Hepatus pudibundus* and *Callinectes danae* from Santos Bay, State of Sao Paulo, Brazil. *Marine pollution bulletin*, v. 64, n. 3, p. 662-667, 2012.
- MAGALHÃES, C.A. et al. Pesticidas organoclorados, PCB e PBDEs no fígado e tecidos musculares de *Paralichthys brasiliensis*, *Trichiurus lepturus* e *Cathorops spixii* na Baía de Santos e arredores, São Paulo, Brasil. *Estudos regionais em ciências marinhas*, v. 16, p. 42-48, 2017.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA) RESOLUÇÃO No 307, DE 5 DE JULHO DE 2002- "Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil". - Data da legislação: 05/07/2002 - Publicação DOU nº 136, de 17/07/2002, págs. 95-96



MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA) RESOLUÇÃO Nº 448, DE 18 DE JANEIRO DE 2012. Altera os arts. 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10 e 11 da Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente- CONAMA, 2012.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Inventário Nacional de Novos Poluentes Orgânicos Persistentes (Novos POPs) de uso industrial Convenção de Estocolmo. Brasília, 2015a, 166p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Plano de Ação para a gestão dos novos poluentes orgânicos persistentes (POPs) de uso industrial: Convenção de Estocolmo / Ministério do Meio Ambiente. Brasília: MMA, 2015b. 96 p

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Análise do questionário RoHS Brasil - Relatório quantitativo das respostas do questionário sobre a proposta de normativo adequada à realidade nacional em relação ao controle de substâncias perigosas em equipamentos eletroeletrônicos (EEE). 2018a, 31p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). MEMÓRIA DE REUNIÃO - 2ª Reunião Ordinária do Grupo de Trabalho RoHS Brasileira (GT-RoHS). 23 e 24 de julho de 2018b.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). RoHS Brasileira <https://www.mma.gov.br/seguranca-quimica/gestao-das-substancias-quimicas/rohs-brasileira.html> 02 de setembro de 2019a.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA) Grupos de Trabalho para a implementação do NIP Brasil <https://www.mma.gov.br/seguranca-quimica/convencao-de-estocolmo/grupos-de-trabalho-para-a-implementa%C3%A7%C3%A3o-do-nip-brasil.html> 20 de novembro de 2019b.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA) Resultado da consulta pública sobre a proposta de acordo setorial para implantação de sistema de logística reversa de produtos eletroeletrônicos de uso doméstico e seus componentes. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - SECRETARIA DE QUALIDADE AMBIENTAL (2019c)

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA) - Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos – SINIR - <https://sinir.gov.br/>, 02 de dezembro de 2019d.



MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA) Acordo setorial para implantação de sistema de logística reversa de produtos eletroeletrônicos de uso doméstico e seus componentes - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - SECRETARIA DE QUALIDADE AMBIENTAL (2019e)

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA) Acordo setorial para implantação de sistema de logística reversa de produtos eletroeletrônicos de uso doméstico e seus componentes – ANEXO V – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - SECRETARIA DE QUALIDADE AMBIENTAL (2019f)

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA) Acordo setorial para implantação de sistema de logística reversa de produtos eletroeletrônicos de uso doméstico e seus componentes – ANEXO XI – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - SECRETARIA DE QUALIDADE AMBIENTAL (2019g)

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA) Acordo setorial para implantação de sistema de logística reversa de produtos eletroeletrônicos de uso doméstico e seus componentes – ANEXO VI – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - SECRETARIA DE QUALIDADE AMBIENTAL (2019h)

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). RoHS Brasileira <https://www.mma.gov.br/seguranca-quimica/gestao-das-substancias-quimicas/rohs-brasileira>, 24 de abril de 2020.

MOHR, S. et al. Levels of brominated flame retardants (BFRs) in honey samples from different geographic regions. *Science of the Total Environment*, v. 472, p. 741-745, 2014.

NATIONAL CENTER FOR BIOTECHNOLOGY INFORMATION (NCBI). PubChem Compound Database; CID=14410, <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/14410> (accessed Dec 13, 2018).

PESTANA, C.R. et al. Risco ambiental da aplicação de éteres de difenilas polibromadas como retardantes de chama. *Revista Brasileira de Toxicologia* 21, n.2, p.41-48, 2008.

PIERONI, M.C.; LEONEL, J.; FILLMANN, G. Retardantes de chama bromados: uma revisão. *Quimica Nova*, São Paulo, v. 40, n. 3, p. 317-326, abr. 2017.



- PIZZOCHERO, A.C. et al. Occurrence of legacy and emerging organic pollutants in whitemouth croakers from Southeastern Brazil. *Science of The Total Environment*, v. 682, p. 719-728, 2019.
- QUINETE, N. et al. Specific profiles of polybrominated diphenylethers (PBDEs) and polychlorinated biphenyls (PCBs) in fish and tucuxi dolphins from the estuary of Paraíba do Sul River, Southeastern Brazil. *Marine pollution bulletin*, v. 62, n. 2, p. 440-446, 2011.
- REDFERN, F.M. et al. Overview and perspectives on emissions of polybrominated diphenyl ethers on a global basis: Evaporative and fugitive releases from commercial PBDE mixtures and emissions from combustion sources. *Aerosol Air Qual. Res*, v. 17, n. 5, p. 1117-1131, 2017.
- RIGHETTI, B.P.H. et al. Biochemical and molecular biomarkers in integument biopsies of free-ranging coastal bottlenose dolphins from southern Brazil. *Chemosphere*, v. 225, p. 139-149, 2019.
- RODRIGUES, E. M. et al. The occurrence of polybrominated diphenyl ethers in Brazil: a review. *International Journal of Environment and Health*, v. 7, n. 3, p. 247-266, 2015.
- ROSENFELDER, N. et al. Thorough analysis of polyhalogenated compounds in ray liver samples off the coast of Rio de Janeiro, Brazil. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 19, n. 2, p. 379-389, 2012.
- SCHENKER, U. et al. Modeling the Environmental Fate of Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDE): The Importance of Photolysis for the Formation of Lighter PBDE. *Environmental Science and Technology* 42, 9244-9249, 2008.
- SISTEMA ELETRÔNICO DO SERVIÇO DE INFORMAÇÕES AO CIDADÃO (e-SIC) [https://esic.cgu.gov.br/sistema/site/aceso\\_info.aspx](https://esic.cgu.gov.br/sistema/site/aceso_info.aspx) , 20 de maio de 2019.
- TOMINAGA, M.Y. et al. PBDE LEVELS IN SEDIMENT SAMPLES FROM SÃO PAULO STATE, BRAZIL. *Organohalogen Compound*, Vol. 81, 514-517, 2019.
- UENO, D. et al. Global pollution monitoring of polybrominated diphenyl ethers using skipjack tuna as a bioindicator. *Environmental science & technology*, v. 38, n. 8, p. 2312-2316, 2004.



UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP) - Technical Review of the Implications of Recycling Commercial Pentabromodiphenyl Ether and Commercial Octabromodiphenyl Ether – DRAFT. UNEP/POPS/POPRC.6/2, Geneva, 11–15 October 2010.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP) - Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants - Proposal to list decabromodiphenyl ether (commercial mixture, c-DecaBDE) in Annexes A, B and/or C to the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants - Persistent Organic Pollutants Review Committee Ninth meeting - UNEP/POPS/POPRC.9/2, Rome, 14–18 October 2013, 20p.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP) Conference of the Parties to the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants Seventh meeting. Guidance for the inventory of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) listed under the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants. Geneva, 2014. (UNEP/POPS/COP.7/INF/27).

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP) - Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants. Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its eleventh meeting – Addendum - Risk management evaluation on decabromodiphenyl ether (commercial mixture, c-decaBDE). Persistent Organic Pollutants Review Committee Eleventh meeting Rome, 19-23 October 2015. (UNEP/POPS/POPRC.11/10/Add.1)

UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION/UNITED NATIONS INSTITUTE FOR TRAINING AND RESEARCH/UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNIDO/UNIPAR/UNEP) Guidance for the control of the import and export of POPs under the Stockholm Convention – Draft - April 2017, 22p.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). Stockholm Convention - Register of Specific Exemptions: Decabromodiphenyl ether. <http://chm.pops.int/Implementation/Exemptions/SpecificExemptions/DecabromodiphenyletherRoSE/tabid/7593/Default.aspx> , acessado em 3 de fevereiro de 2019.



UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (United States EPA).  
AN ALTERNATIVES ASSESSMENT FOR THE FLAME RETARDANT  
DECABROMODIPHENYL ETHER (DecaBDE) FINAL REPORT - January 2014,  
901p.

UNIÃO EUROPEIA. DIRECTIVA 2011/65/UE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO  
CONSELHO de 8 de junho de 2011 relativa à restrição do uso de determinadas  
substâncias perigosas em equipamentos eléctricos e electrónicos (reformulação) (Texto  
relevante para efeitos do EEE) - Jornal Oficial da União Europeia L 174/88, 1.7.2011,  
23p.

VOLUNTARY EMISSIONS CONTROL ACTION PROGRAMME (VECAP) European  
Progress Report 2014 (Anniversary Issue) - Published on May 5, 2015 -  
[https://issuu.com/burson-marsteller-emea/docs/vecap\\_2015\\_bro\\_light](https://issuu.com/burson-marsteller-emea/docs/vecap_2015_bro_light) , acessado em 30  
de agosto de 2019.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). 1994. Brominated diphenyl ethers.  
International Programme on Chemical Safety, Environmental Health Criteria Document  
Number 162. Geneva.