

Ministério do Meio Ambiente  
Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano  
Departamento de Qualidade Ambiental na Indústria  
Plano Nacional de Implementação da Convenção de Estocolmo

**Inventário Nacional de Emissões de Dioxinas e Furanos**  
Ano base 2008

Apoio  
PNUMA      João V. de Assunção  
GEF              Brasília 21/5/2013

**Obrigações das Partes – Convenção de Estocolmo sobre POPs**

- Cada Parte deverá tomar medidas para reduzir as emissões totais provenientes de fontes antropogênicas de cada um dos produtos químicos incluídos no anexo C, com o objetivo de sua contínua minimização e, quando possível, sua eliminação.
- Substâncias químicas não intencionalmente formadas listadas no Anexo C: **PCDD, PCDF, PCB, HCB, PeCBz**
- Somente Dioxinas e Furanos necessitam de inventário detalhado.

**Dioxinas e Furanos Clorados (PCDD/PCDF)**

- Existem **75** possíveis dioxinas cloradas e **135** furanos clorados. Somente **17** delas são consideradas de interesse toxicológico atualmente
- PCDD / PCDF são substâncias formadas não intencionalmente
- Formadas em processos térmicos em geral (incineração de resíduos, queimadas, combustão de material fóssil) e em alguns processos químicos industriais
- A formação é favorecida pela temperatura (200C a 450C), meio alcalino, presença de metais catalisadores, radiação UV ou de substâncias que formam radicais.

**Dioxina de Referência**

- A dioxina utilizada mundialmente como referência é a **2,3,7,8-TCDD (2,3,7,8-tetracloro-dibenzo-para-dioxina)**
  - Ela é das substâncias mais tóxicas conhecidas atualmente
  - Principal evento de liberação acidental: Seveso (Itália), 1976
  - Fazia parte do Agente Laranja, herbicida utilizado no Vietnã

**Envenenamento por Dioxina**

Cloroacne

Na campanha para a presidência da Ucrânia, Viktor Yushchenko foi envenenado por dioxina colocada em algum alimento ingerido, o que poderia tê-lo levado à morte.

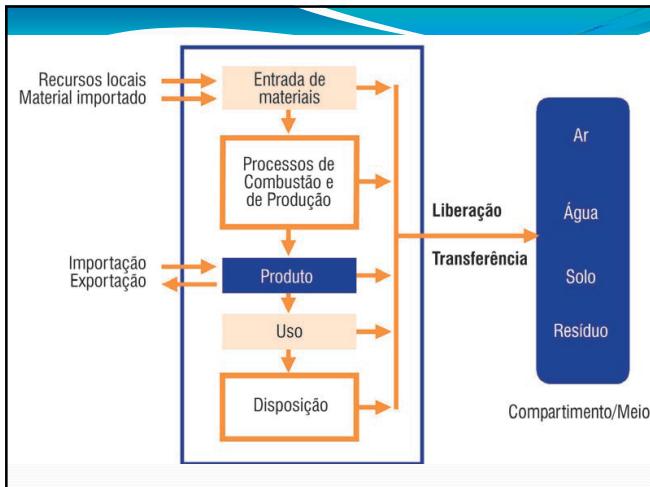
Fonte: Wikipédia, acesso 18.5.2013

Este é um efeito agudo a "altas concentrações", mas caracteristicamente as dioxinas e furanos promovem efeitos a médio prazo e também a longo prazo pela persistência no meio e nos tecidos adiposos.

Efeitos conhecidos: câncer, sistema imune, sistema reprodutivo, diabetes

**Bases do Inventário**

- As principais fontes estão listadas no Anexo C da Convenção de Estocolmo.
- Cinco rotas ou vetores são considerados para a liberação de PCDD/PCDF: ar, água, solo, produtos e resíduos.



## Bases do Inventário

- Os cálculos são feitos com a utilização do *Toolkit* e os resultados são expressos em toxicidade equivalente (TEQ), com base na 2,3,7,8-TCDD.
- $g\ TEQ = (\text{gramas liberados/emitidos}) \times (\text{TEF})$
- TEF = Fator de Toxicidade Equivalente (I-TEF, TEF-WHO1998, TEF-WHO2005)
- Adotou-se não distinguir entre TEF adotados para efeito de FE.
- Recomenda-se atualmente o WHO2005.

Fatores de Equivalência Toxicológica (TEF)			
Composto	I-TEF (1988)	WHO-TEF 1998	WHO-TEF 2005
2,3,7,8-TetraCDD	1	1	1
1,2,3,7,8-PentaCDD	0,5	<b>1</b>	<b>1</b>
1,2,3,4,7,8-HexaCDD	0,1	0,1	0,1
1,2,3,6,7,8-HexaCDD	0,1	0,1	0,1
1,2,3,7,8,9-HexaCDD	0,1	0,1	0,1
1,2,3,4,6,7,8-HeptaCDD	0,01	0,01	0,01
1,2,3,4,6,7,8,9-OctaCDF	0,001	<b>0,0001</b>	<b>0,0003</b>
2,3,7,8-TetraCDF	0,1	0,1	0,1
1,2,3,7,8-PentaCDF	0,05	0,05	<b>0,03</b>
2,3,4,7,8-PentaCDF	0,5	0,5	<b>0,3</b>
1,2,3,4,7,8-HexaCDF	0,1	0,1	0,1
1,2,3,6,7,8-HexaCDF	0,1	0,1	0,1
1,2,3,7,8,9-HexaCDF	0,1	0,1	0,1
2,3,4,6,7,8-HexaCDF	0,1	0,1	0,1
1,2,3,4,6,7,8,9-HeptaCDF	0,01	0,01	0,01
1,2,3,4,7,8,9-HeptaCDF	0,01	0,01	0,01
1,2,3,4,6,7,8,9-OctaCDF	0,001	<b>0,0001</b>	<b>0,0003</b>

Nota: Em negrito estão os valores do WHO-TEF que diferem do I-TEF. Em negrito e itálico estão os valores WHO-TEF 2005 que diferem do WHO-TEF 1998.  
Fonte: UNEP 2005 (Toolkit) e Van den Berg et al (1998; 2006).

## Ferramenta Principal

- Standardized Toolkit for Identification and Quantification of Dioxin and Furan Releases- ed. 2.1, December 2005, revised April 2011 (COP5)*  
UNEP Chemicals, Genebra.

Obs.: nova versão do Toolkit foi lançada em 2013 (Toolkit 2013)



## Conteúdo do Toolkit 2005

- Introdução
- Propósito e limitações
- Formação e liberação de PCDD/PCDF
- Protocolo para o inventário
- Apresentação do inventário
- Fatores de Emissão default
  - 10 Categorias (**Grupos**)
    - Subcategorias (a,b,c,...) (**Categorias**)
      - Classes (1,2,3..)
- Referências
- Anexos

## Protocolo do Inventário

- O Toolkit 2005 recomenda que o inventário seja feito adotando os seguintes passos:
  - Aplicar a matriz de **screening** para identificar as principais categorias de fontes;
  - Verificar subcategorias para identificar atividades e fontes no país;
  - Obter informações detalhadas sobre os processos e classificá-los em grupos similares pela aplicação do Questionário Padrão;
  - Quantificar as fontes identificadas com fatores de emissão medidos ou **default**;
  - Aplicar no país como um todo para estabelecer inventário completo e reportar os resultados.

## Identificação e Quantificação

- Identificação por categoria/subcategoria/classe
- Levantamento das fontes
- Quantidade produzida / armazenada / disposta / incinerada etc. (**atividade da fonte**)
- Seleção do Fator de Emissão (em geral em  $\mu\text{g TEQ/t}$ )
- Quantificação da emissão/liberação
  - Atividade da fonte x fator de emissão
- Uso da planilha padronizada da UNEP
- Listagem de **hot spots**

## Categorias segundo Toolkit 2005

No.	Categoria de Fonte Principal (Grupo de Fontes)	Ar	Água	Solo	Produto	Resíduo
1	Incineração de resíduos	X				X
2	Produção de metais ferrosos e não-ferrosos	X				X
3	Geração de calor e energia	X		X		X
4	Produção de produtos minerais não-metálicos	X				X
5	Transporte	X				X
6	Queima a céu aberto	X	X	X		X
7	Produção e uso de produtos químicos e bens de consumo	X	X		X	X
8	Miscelânea	X	X	X	X	X
9	Disposição/Aterros	X	X	X		X
10	Identificação de <b>hot-spots</b> potenciais	Registro somente para ser seguido para possível avaliação de sítios específicos				

## Estatísticas sobre Atividade da Fonte

### Entidades

- Ministério (MME, MDIC, MAPA)
- IBGE (saneamento)
- OEMAS
- Corpo de Bombeiros
- Receita Federal
- INPE (queimadas)
- ABICLOR (produção de cloro)
- ICZ (galvanização)
- SNIC e ABCP (cimento)
- ABIVIDRO
- SINCEP (crematórios)
- etc

### Publicações e relatórios

- MMA
- IBGE
- ABRELPE
- SINDICEL
- PNSB/IBGE
- SNIS
- ABIQUIM
- INPE (queimadas)
- ANFACER
- IABr
- BRACELPA
- ANTAQ
- ABETRE
- Relatório sobre incineradores perigosos
- Várias indústrias/setores industriais
- Relatórios de consultorias
- etc

## Reuniões de Discussão com Stakeholders

16 e 17 março 2011

- ABIQUIM
- ONG FBOMS/TOXIPHERA
- FUNDACENTRO
- IBAMA
- MAPA
- MCT
- MDIC
- MMA
- MTE
- CONSULTORES

10 e 11de maio de 2011

- PNUMA/DTIE
- ABIQUIM
- IBAMA
- MME
- MDIC
- MMA
- MTE
- FIOCRUZ
- ICZ
- UMZ
- FEAM
- SEMA/PR
- SEMA/PA
- SEMA/ES
- INEA/RJ
- IBGE
- UNB
- INPE
- PETROBRÁS
- INSTITUTO DO PVC
- VOTORANTIM ICZ
- CONSULTORES

## Planilha Padronizada para Cálculos

- A UNEP disponibiliza Planilha Padronizada para quantificação das emissões / consolidação do inventário, onde os valores de atividade são inseridos e o cálculo é feito automaticamente com totalização também automática

## Resultados do Inventário Ano Base 2008\*

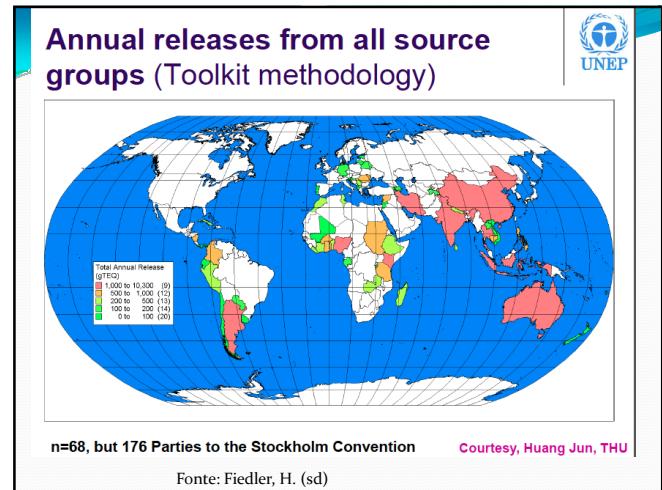
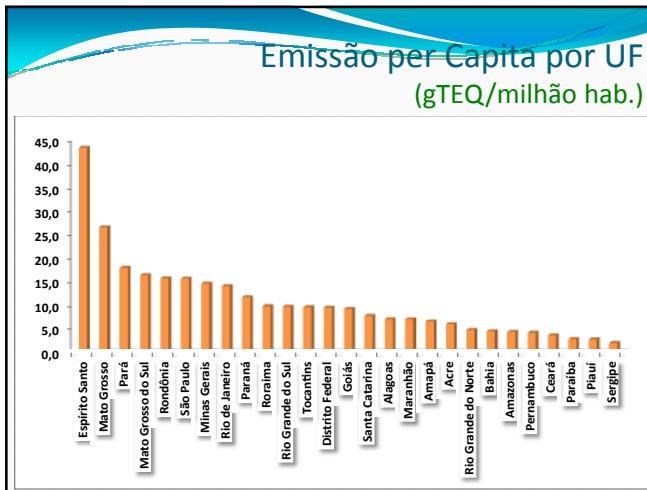
\*adotado por razões práticas de disponibilidade de dados e por não ser um ano atípico.

### Liberações/Emissões Brasil em 2008

**Total: 2.235 gramas TEQ**  
**(11,8 gTEQ/milhão de habitantes)\***

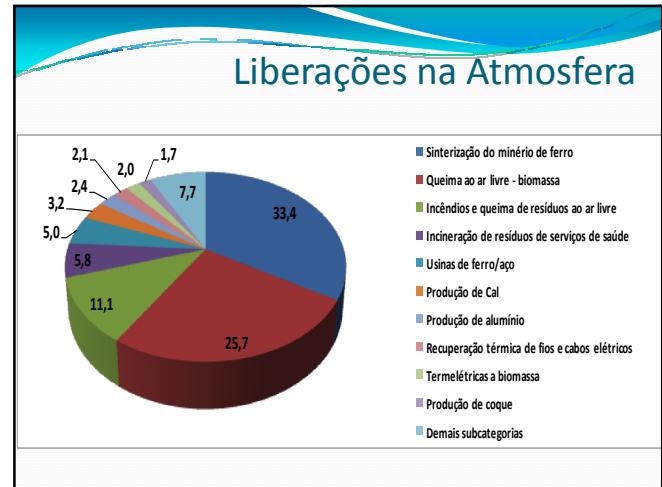
- No ar: 1.168 g TEQ (52,3%)
- Nas águas: 23 g TEQ (1,0%)
- No solo: 79 g TEQ (3,5%)
- No produto: 419 g TEQ (18,7%)
- Nos resíduos: 546 g TEQ (24,4%)

\*Mediana per capita de 67 países = 25 (Fiedler H., sd)



### Tabela Geral

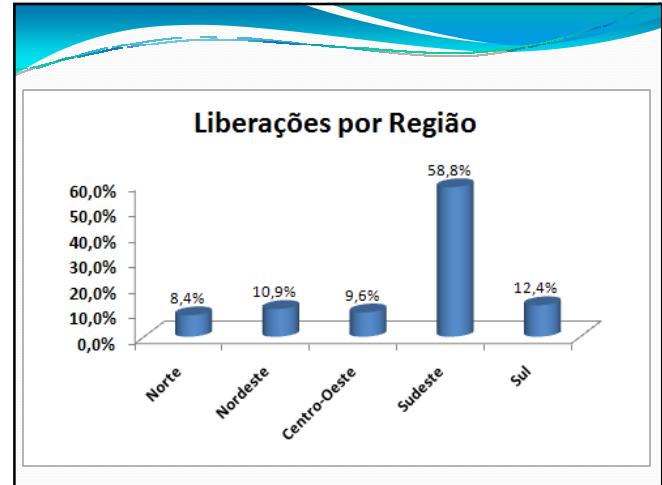
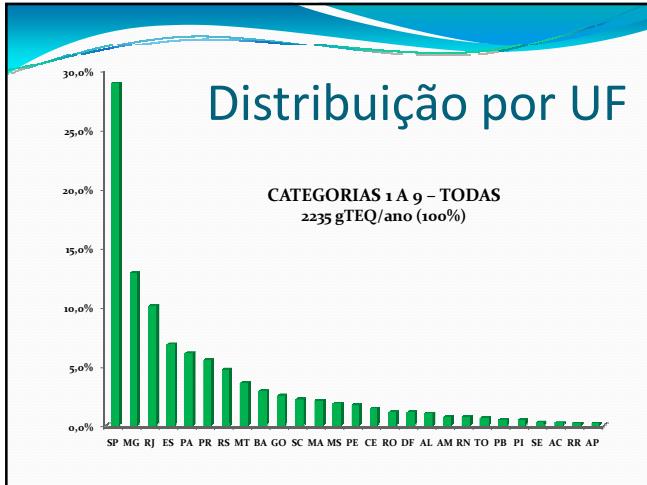
Categoria (Grupo)	Descrição	Ar	Água	Solo	Produto	Resíduo	Total	(%)
1	Incineração de Resíduos	72,8	-	-	-	38,7	111,5	5
2	Produção de Metais Ferrosos e Não-Ferrosos	557,4	0,4	-	-	296,8	854,6	38,2
3	Geração de Calor e Energia	41,6	-	-	-	11,6	53,2	2,4
4	Produção de produtos minerais não metálicos	54,4	-	-	9,1	7,2	70,7	3,2
5	Transportes	8,3	-	-	-	-	8,3	0,4
6	Queima a céu aberto	430	-	79	-	-	509	22,8
7	Produção de produtos químicos e bens de consumo	2,7	10,5	-	356,4	21,3	390,8	17,5
8	Miscelânea	0,9	-	-	-	2,7	3,7	0,2
9	Disposição de efluentes e resíduos	-	12,1	-	53,1	168	233,2	10,4
Total		1.168	23	79	419	546	2.235	100
Contribuição de cada meio (%)		52,3	1	3,5	18,7	24,4	100	
Emissão per capita (μg-TEQ/ano)		6,1	0,1	0,4	2,2	2,9	11,8	



Liberações na Água			
Ordem	Fonte	g TEQ/ano	%
1	Produção de celulose e papel	10,1	43,9
2	Disposição de efluentes não tratados em águas superficiais	9,9	43,2
3	Tratamento e disposição de esgoto tratado	1,8	8,0
4	Produção de coque	0,4	1,8
5	Indústria química	0,4	1,7
6	Chorume de aterros	0,3	1,4
	Total	23,0	100,0

Liberações no Solo			
Ordem	Fonte	g TEQ/ano	%
1	Incêndios e queima de resíduos ao ar livre, acidentais ou não	42,7	54,0
2	Queima ao ar livre de biomassa	36,3	46,0
	Total	79,0	100

Liberações no Produto			
Ordem	Fonte	g TEQ/ano	%
1	Indústria do couro	253,5	60,6
2	Compostagem	53,1	12,7
3	Indústria têxtil	52,1	12,4
4	Produção de celulose e papel	36,9	8,8
5	Indústria química	13,9	3,3
6	Produção de Tijolos	8,9	2,1
7	Processamento de Óleo de Xisto	0,2	0,0
	Total	418,6	100,0



Posição das UFs por Categoria					
Categoria	1º Lugar	2º Lugar	3º Lugar	4º Lugar	5º Lugar
1	SP	RJ	DF	MG	PE
2	SP	MG	RJ	ES	RS
3	SP	PR	SC	MG	RS
4	MG	PR	SP	RJ	CE
5	SP	RS	ES	PR	MG
6	SP	PA	MA	MT	PR
7	SP	RS	MT	PR	MS
8	SC	RS	PR	MG	SP
9	SP	RJ	MG	PR	BA
1-9	SP	MG	RJ	ES	PA

Hot Spots
• O Inventário apresenta lista de locais contaminados e potencialmente contaminados (pgs. 103 a 111) inclusive com mapas de localização de potenciais atividades contaminadoras

Considerações sobre as bases de cálculo (Fatores de Emissão e Atividade)	
• Fatores de Emissão são baseados primariamente em publicações científicas	

Alterações Ocorridas nos Fatores de Emissão em dezembro de 2010 Exemplos	
---	--

Obrigado pela Atenção
-----------------------

Ex: Categoria 2 – Subcategoria c Usinas de ferro/ação (siderúrgicas e aciarias) Fatores de Emissão			
Classe	Condição	Ar ( $\mu$ g TEQ/t produzida)	Resíduo ( $\mu$ g TEQ/t produzida)
1	Sucata suja, sucata pré-aquecida, controle limitado	10	15
2	Sucata limpa/ferro gusa, ou sucata suja com pós-queimador, filtro de tecido	3	15
3	Sucata limpa/ferro gusa, ou sucata suja, forno elétrico a arco com controle de POPs ou forno BOF	0,1	(1,5) 0,1
4	Alto fornos com SCPAr	0,01	ND

ND: não determinado

Nota: Entre parêntesis estão os valores antigos, substituídos em Dez/2010.  
Em vermelho alterações de Dez/2010.

Ex: Categoria 6 – Subcategoria a Queima de Biomassa ao Ar Livre Fatores de Emissão			
Classe	Condição	Ar (µg TEQ/t queimada)	Solo (µg TEQ/t queimada)
1	Queima de resíduos agrícolas no campo material impactado (contaminado)	30	10
2	Queima de resíduos agrícolas no campo material não impactado	0,5	(10) 0,05
3	Queima de canaviais	4	0,05
4	Incêndios florestais	(5) 1	(4) 0,15
5	Incêndios de vegetação rasteira	(5) 0,5	(4) 0,15

Nota: Entre parêntesis estão os valores antigos, substituídos em Dez/2010  
e em vermelho as alterações

Ex: Categoria 6 Subcategoria b Queima de resíduos e incêndios acidentais Fatores de Emissão				
Classe	Condição	Ar (µg TEQ/t queimada)	Solo (µg TEQ/t queimada)	Resíduo (µg TEQ/t queimada)
1	Incêndios em aterros sanitários de lixo em geral	(1000) 300	(600) 3	(600) ND
2	Incêndios acidentais domésticos e em fabricas	400	400	(400) ND
3	Queima não controlada de resíduos domésticos (lixões)	(300) 40	(600) 0,3	(600) ND
4	Incêndios de veículos (por veículo incendiado)	(94) 100	18	(18) ND
5	Queima de madeira ( de construção / demolição) ao ar livre	60	10	(10) ND

Nota: Entre parêntesis estão os valores antigos, substituídos em Dez/2010