



III SEMINÁRIO SUL-BRASILEIRO
Gerenciamento de
Áreas Contaminadas

11 e 12 de novembro de 2015
Porto Alegre • RS



UNIVERSIDADE FEDERAL
DE SANTA CATARINA

A Tríade na Avaliação de Risco Ecológico (ARE)

Prof. Dr. Júlia C. Niemeyer
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
Campus de Curitibanos
Brasil



O que vamos ver

- Como estruturar uma ARE baseada na Tríade
- Importância da Ecotoxicologia na ARE
- O que temos no Brasil



Análise de Risco Ecológico (ARE)

- *Processo de coleta, organização e análise de informações para estimar a probabilidade de risco para organismos, populações (não humanas) ou ecossistemas (Sutter II et al, 2000).*
- Estimulada pela USEPA - *Superfund sites* 1989



ARE no Brasil

CONAMA 420/09



MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE
CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE
RESOLUÇÃO Nº 420, DE 28 DE DEZEMBRO DE 2009

Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.

ANEXO II
LISTA DE VALORES ORIENTADORES PARA SOLOS E PARA ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Substâncias	CAS n°	Solo (mg.kg-1 de peso seco) (1)					Água Subterrânea (µg.L-1)
		Referência de qualidade de Prevenção	Investigação			Investigação	
			Agrícola APMax	Residencial	Industrial		
Inorgânicos							
Alumínio	7429-90-5	E	-	-	-	-	3.500**
Antimônio	7440-36-0	E	2	5	10	25	5*
Arsênio	7440-38-2	E	15	35	55	150	10*
Bário	7440-39-3	E	150	300	500	750	700*
Boro	7440-42-8	E	-	-	-	-	500
Cádmio	7440-48-4	E	1,3	3	8	20	5*
Chumbo	7440-43-9	E	72	180	300	900	10*
Cobalto	7439-92-1	E	25	35	65	90	70
Cobre	7440-50-8	E	60	200	400	600	2.000*

Por que avaliar o risco ecológico de locais contaminados?

- Avaliação dos prejuízos/danos
- **Decisões sobre remediação/gestão**
- Comunicação com os órgãos ambientais



Esquemas de ARE

- USEPA
- Holanda
- Reino Unido (*Environmental Agency*)
- Canadá (CCME)
- Outros...

*Nowadays the basic outlines of the various ERA frameworks and derivation of soil quality standards world-wide **seem to converge***

(Swartjes et al. 2008)

Esquema de ARE da USEPA

Planejamento
(Gestores e avaliadores do risco, diálogo entre as partes interessadas)



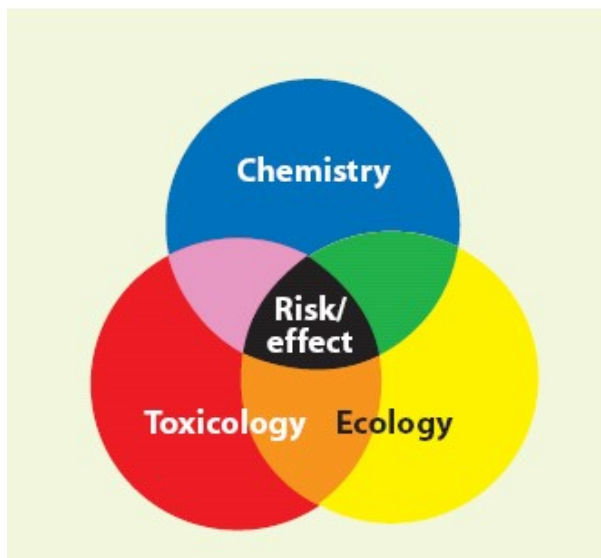
Quando necessário: obter mais dados, monitorar resultados

Comunicação dos resultados aos gestores do risco

Comunicação e gerenciamento do risco

A Tríade na Análise de Risco Ecológico

Originada de Long & Chapman (1985) para sedimentos



Para solos:

Adotada na Holanda desde 2007

Aplicada com sucesso:

- British Environmental Agency
- Dinamarca

Bem aceita em vários países da Europa, p.ex.:
Itália, Portugal, Suécia, Noruega

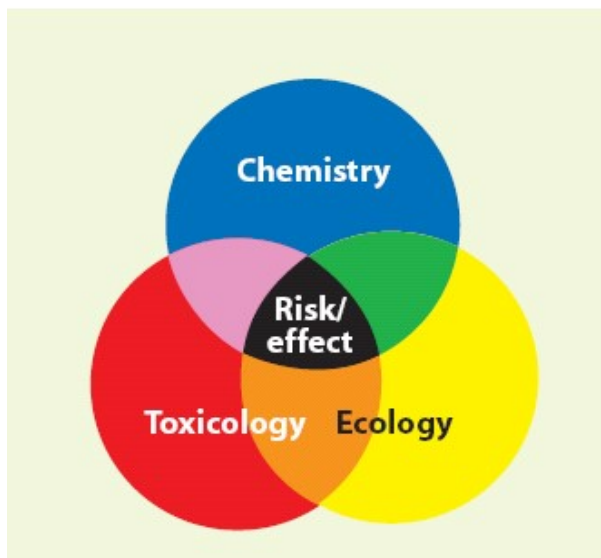
Tríade: uma abordagem promissora

Swartjes et al. (2008) STOTEN 406: 523-529

Já aplicada no Brasil

A Tríade na Análise de Risco Ecológico

Linhas de Evidência (LoE)



Química

Concentrações dos contaminantes e dados da literatura; bioacumulação

Ecotoxicológica

Ensaio ecotoxicológicos

Ecológica

Levantamentos a campo

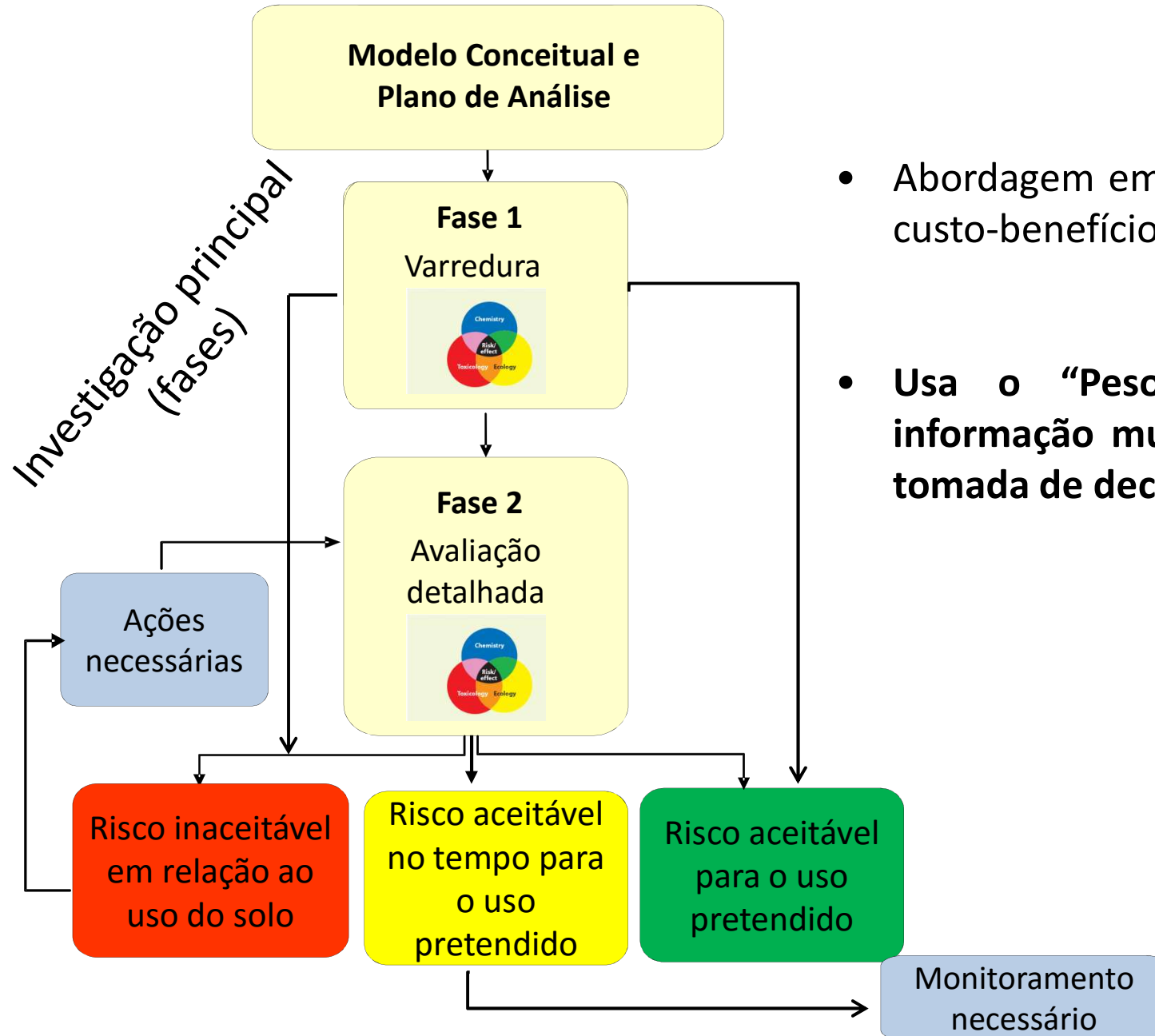


RISCO INTEGRADO

Tríade: uma abordagem promissora

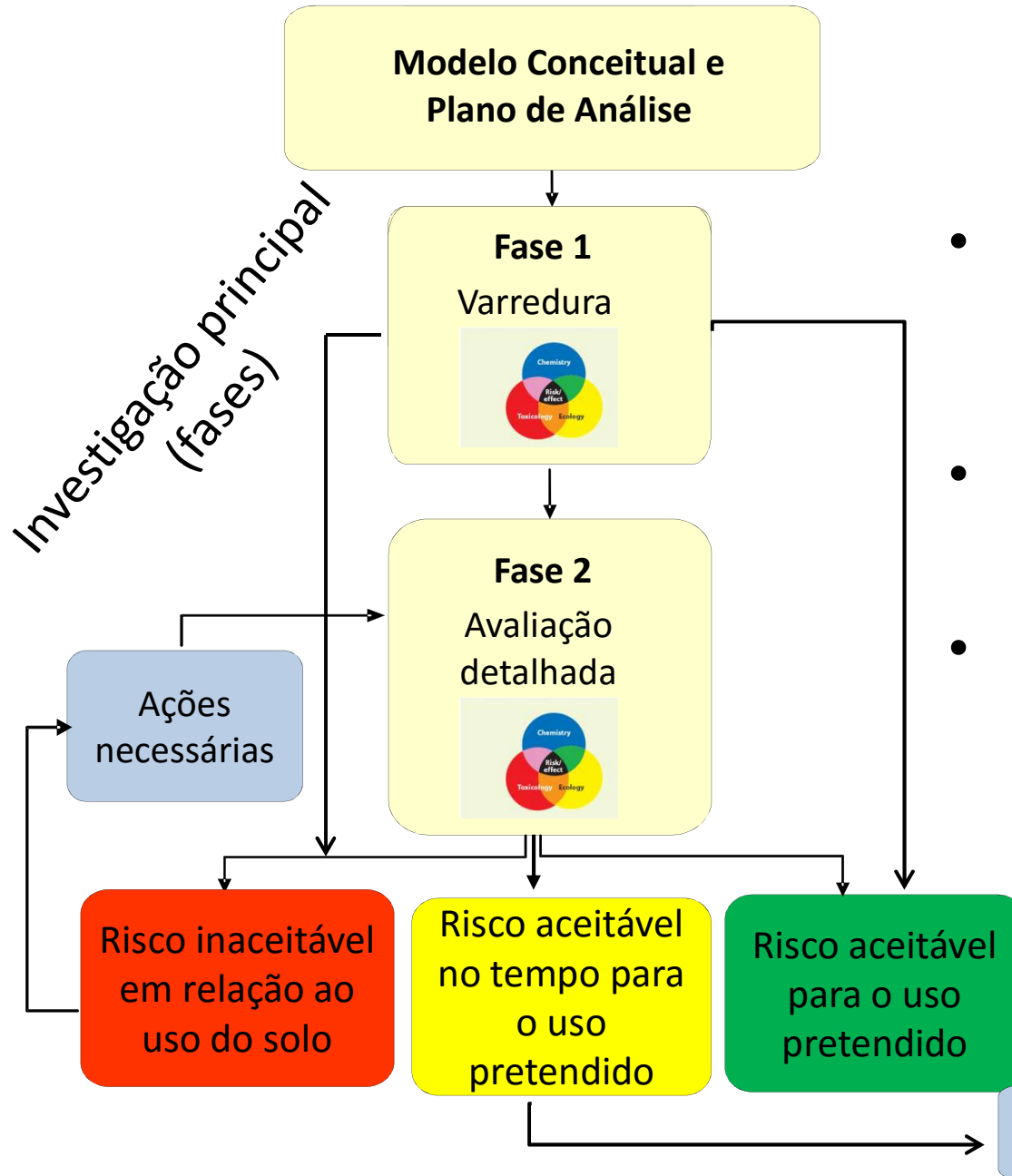
Swartjes et al. (2008) STOTEN 406: 523-529

Esquema de ARE em Etapas



- Abordagem em fases traz melhor custo-benefício
- Usa o “Peso da Evidência”: informação multidisciplinar para tomada de decisão

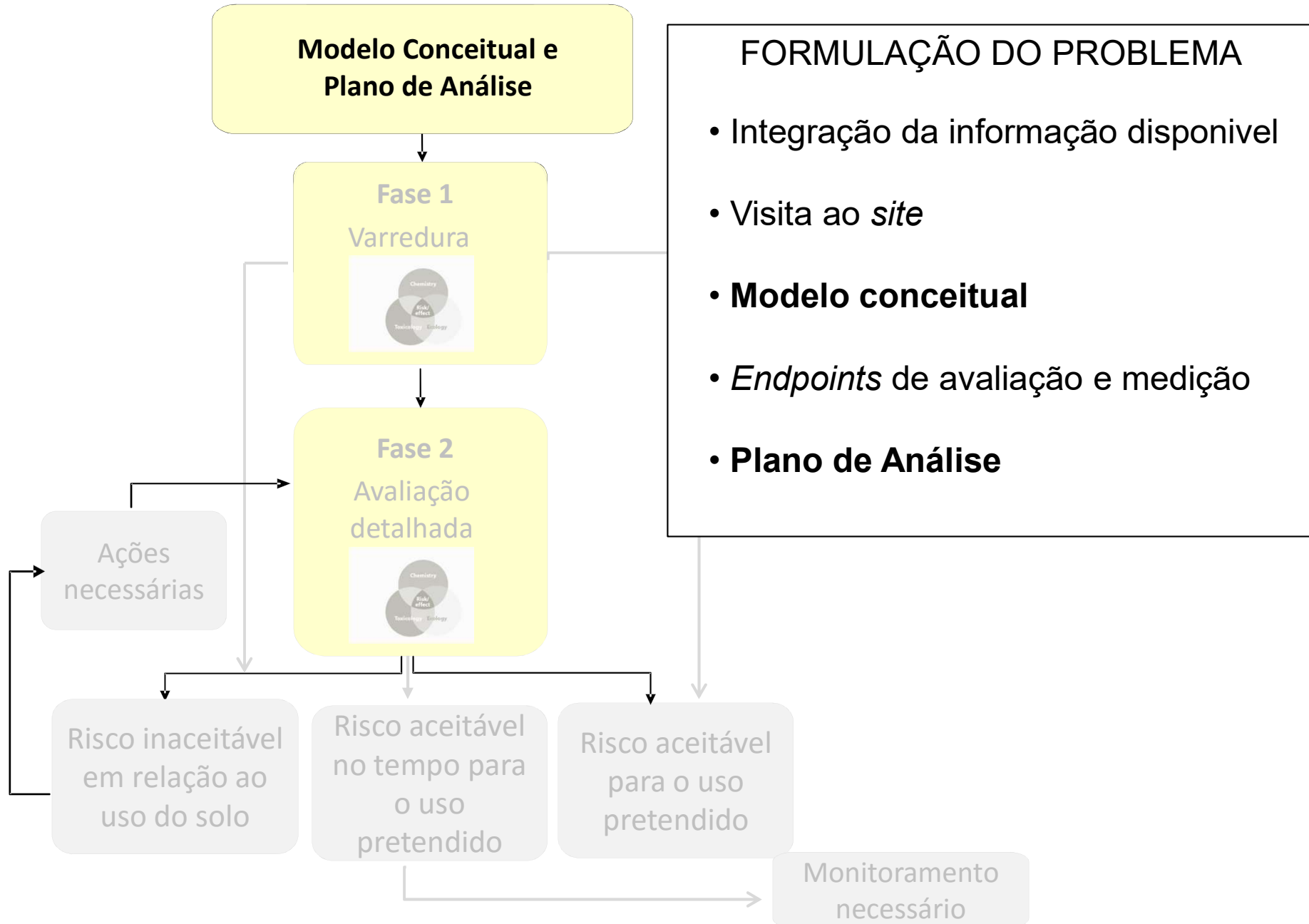
Esquema de ARE em Etapas



- Em cada etapa são calculados **valores de risco**
- Resultados conclusivos: **STOP!**
- Resultados inconclusivos: passar para o **nível seguinte**

Riscos inaceitáveis = medidas de mitigação

Esquema de ARE em Etapas



Visita ao site

Evidências de transporte de contaminantes



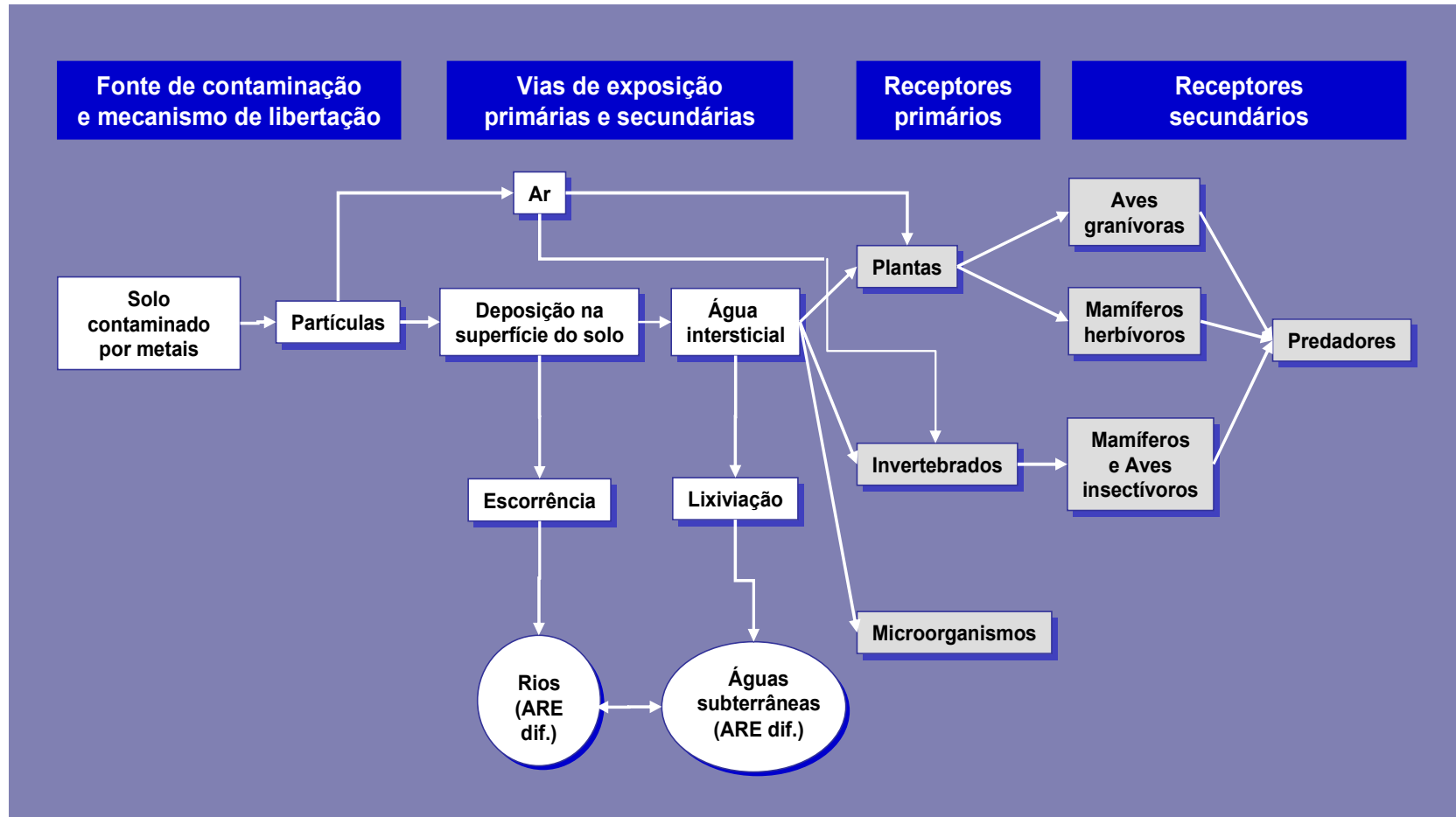
Visita ao *site*



Observação (ou vestígios) de receptores ecológicos



Modelo Conceitual do Local



Funções do solo – Res. CONAMA 420/09

Art. 3º A proteção do solo deve ser realizada de maneira preventiva, a fim de garantir a manutenção da sua funcionalidade ou, de maneira corretiva, visando restaurar sua qualidade ou recuperá-la de forma compatível com os usos previstos.

Parágrafo único. São funções principais do solo:

I - servir como meio básico para a sustentação da vida e de habitat para pessoas, animais, plantas e outros organismos vivos;

II - manter o ciclo da água e dos nutrientes;

III - servir como meio para a produção de alimentos e outros bens primários de consumo;

IV - agir como filtro natural, tampão e meio de adsorção, degradação e transformação de substâncias químicas e organismos;

V - proteger as águas superficiais e subterrâneas;

VI - servir como fonte de informação quanto ao patrimônio natural, histórico e cultural;

VII - constituir fonte de recursos minerais; e

VIII - servir como meio básico para a ocupação territorial, práticas recreacionais e propiciar outros usos públicos e econômicos.

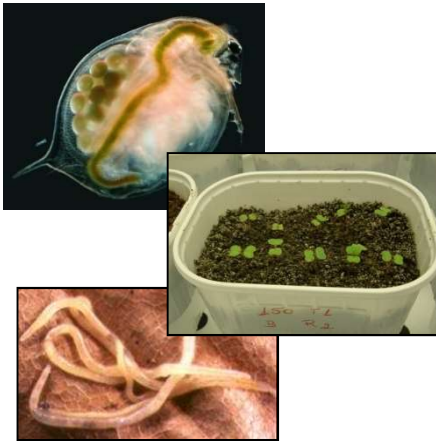
Plano de Análise

Receptores	Relevância	Objetivo de proteção	Endpoint de Medição
Plantas	Biodiversidade Habitat Produtores	Sustentar germinação e crescimento de plantas	Ensaio com plantas % Cobertura vegetal
Invertebrados do solo	Teia alimentar Fertilidade do solo	Diversidade e atividade de invertebrados	Ensaio agudo minhocas Ensaio crônico colêmbolos Bait lamina
Comunidade microbiana	Ciclagem de nutrientes	Sustentar populações microbianas e processos	Atividade enzimática Biomassa microbiana Bolsas de decomposição
Pássaros que comem sementes	Biodiversidade	Fornecer sementes de plantas apropriadas	Resíduos em sementes
Pequenos mamíferos vegetarianos	Roedores	Fornecer plantas para a alimentação	Resíduos em plantas
Pássaros insetívoros	Espécies protegidas	Fornecer insetos como presas	Bioacumulação em minhocas
Predadores de topo	Teia alimentar (águias, urubus, etc.)	Fornecer presas	Modelagem teia trófica

Plano de Análise

Receptores	Relevância	Objetivo de proteção	Endpoint de Medição
Plantas	Biodiversidade Habitat Produtores	Sustentar germinação e crescimento de plantas	Ensaio com plantas % Cobertura vegetal
Invertebrados do solo	Teia alimentar Fertilidade do solo	Diversidade e atividade de invertebrados	Ensaio agudo minhocas Ensaio crônico colêmbolos Bait lamina
Comunidade microbiana	Ciclagem de nutrientes	Sustentar populações microbianas e processos	Atividade enzimática Biomassa microbiana Bolsas de decomposição
Pássaros que comem sementes	Biodiversidade	Fornecer sementes de plantas apropriadas	Resíduos em sementes
Pequenos mamíferos vegetarianos	Roedores	Fornecer plantas para a alimentação	Resíduos em plantas
Pássaros insetívoros	Espécies protegidas	Fornecer insetos como presas	Bioacumulação em minhocas
Predadores de topo	Teia alimentar (águias, urubus, etc.)	Fornecer presas	Modelagem teia trófica

Podemos usar apenas análises químicas na ARE?



Ecotoxicidade x Análises Químicas

- Ecotoxicidade maior do que o previsto com as análises químicas, **ou**
- Ecotoxicidade menor do que o esperado

Alvarenga *et al.* (2012) *EnvPoll* 161: 50-56

Niemeyer *et al.* (2010) *JSS* 10: 1557-1571

Loureiro *et al.* (2005) *Chemosphere* 61: 168-177



Minas de São Domingos, PT.
<http://pt.wikipedia.org/>

Área da Plumbum, Santo Amaro, BA

- Escória considerada “inerte”

- Ecotoxicidade crônica
- Elutriatos com efeitos agudos em dois pontos dentro da área
- Efeitos físicos + ecotoxicidade

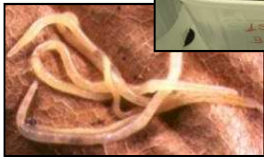
Niemeyer et al. (2010, 2012a, 2012b, 2015)



Vantagem dos Ensaio

It can provide a unique insight into the complex biological functions of bioavailability, trophic energy transfer and nutrient cycling.

(California Environmental Protection Agency)



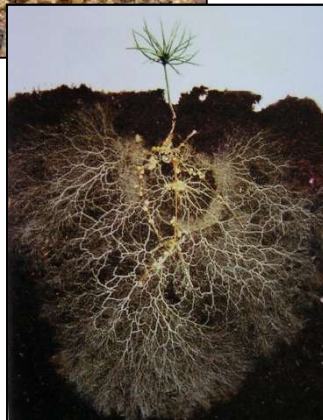
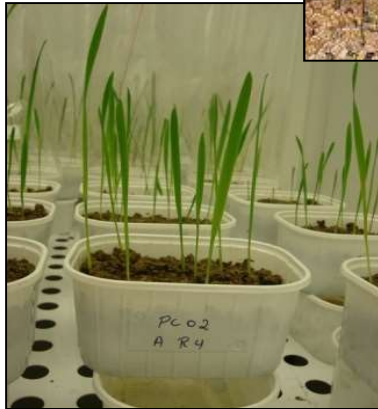
Por que usar ensaios de ecotoxicidade?

- Os *Soil Quality Standards* não consideram o efeito das misturas e seus metabólitos
- Biodisponibilidade depende das características de cada solo
- Possibilidade de efeitos de contaminantes não analisados
- Há contaminantes para os quais ainda não há valores definidos



Redução de incertezas

Organismos-teste



Papel chave em processos
ecossistêmicos

Sensibilidade aos contaminantes

Relevância ecológica

Estrutura do solo

Decomposição

Teia trófica

Produção primária

Estrutura do habitat

≠ níveis tróficos

≠ nichos

≠ exposição

Organismos-teste

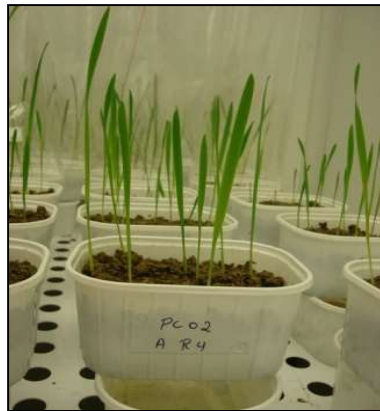
Exemplos terrestres



Estrutura do solo
Decomposição
Cadeia alimentar

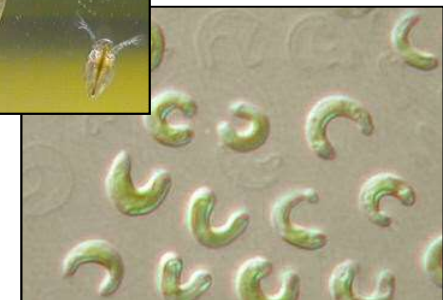


Estrutura do solo
Catalisadores da decomposição
Cadeia alimentar

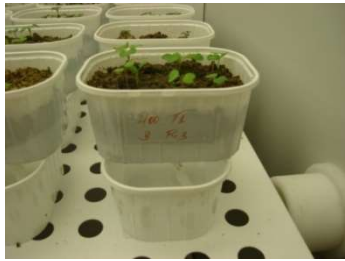


Produtividade primária
Estrutura do solo
Habitat

Exemplos aquáticos



Ecotoxicologia Terrestre – ABNT



ABNT NBR ISO 11269-2:2014
Emergência e crescimento de
vegetais superiores

ABNT NBR ISO 15799:2011
Guia para caracterização ecotoxicológica
de solos e materiais de solo



ABNT NBR ISO 11267:2011
Inibição da reprodução de
Collembola

ABNT NBR ISO 17616:2010
Guia para a seleção de bioensaios para
a caracterização ecotoxicológica de solos
e materiais de solo



ABNT NBR 15537:2014
Ecotoxicidade aguda com minhocas

ABNT NBR ISO 17512-1:2011
Ensaio de fuga com minhocas

Em elaboração:

Ensaio reprodução com minhocas



ABNT NBR ISO 16387:2012
Efeitos sobre a reprodução de
Enchytraeidae

Risco Ecológico de Áreas
Contaminadas

O que avaliar em locais contaminados?



Foto 17: Sinais de erosão e escoamento e lixiviação que atingem o riacho "Riachão", menos de 50 m, afluente do rio Paramirim que por sua vez deságua no rio São Francisco. Boquira-BA. CGVAM/SVS/MS.
Fonte: Ministério da Saúde



Foto 18: Sinais de erosão e escoamento e lixiviação que atingem o riacho "Riachão", menos de 50 m, afluente do rio Paramirim que por sua vez deságua no rio São Francisco. Boquira-BA. CGVAM/SVS/MS.
Fonte: Ministério da Saúde

CONAMA 420/09



MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE
CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE

RESOLUÇÃO Nº 420, DE 28 DE DEZEMBRO DE 2009

Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.

O **CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE**, no uso das atribuições e competências que lhe são conferidas pelo art. 8º, inciso VII, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, tendo em vista o disposto em seu Regimento Interno, e

Considerando a necessidade de prevenção da contaminação do solo visando à manutenção de sua funcionalidade e a proteção da qualidade das águas superficiais e subterrâneas;

Ensaio aquáticos- ABNT

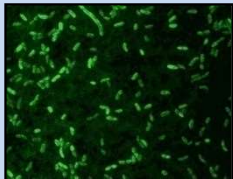
Exemplos



ABNT NBR 12713:2009
Toxicidade aguda - *Daphnia* spp



ABNT NBR 13373:2014
Toxicidade crônica - *Ceriodaphnia* spp.



ABNT NBR 12648: 2011
Toxicidade crônica - algas (Chlorophyceae)

ABNT NBR 15411-1:2012
Bactérias – *Vibrio fischeri*

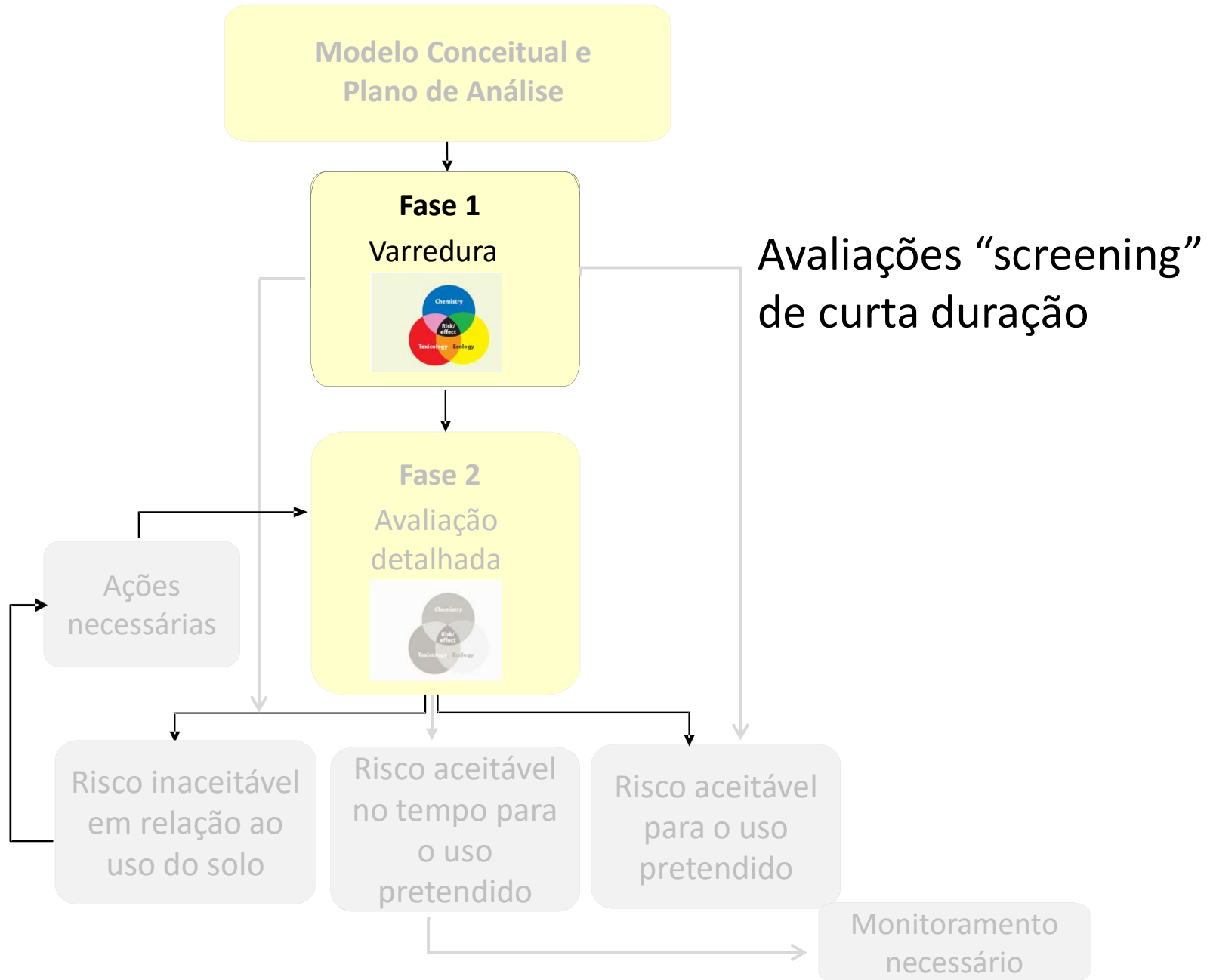


Elutriatos



FUNÇÃO DE RETENÇÃO

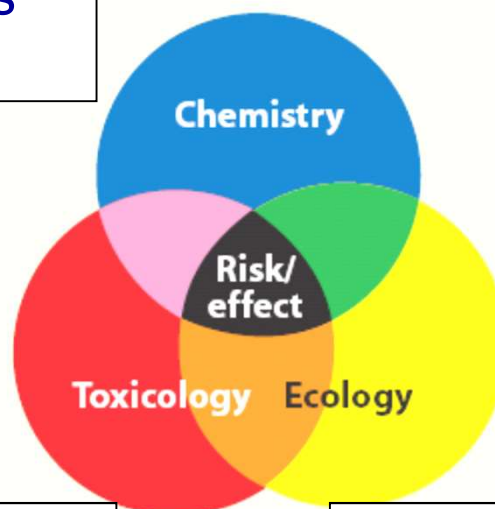
Esquema de ARE em Etapas



ARE – Fase de Varredura

Exemplos

Concentrações Metais Totais
e comparação com valores
de referência



Ensaio Microtox
Ensaio *Daphnia*
Ensaio fuga *Eisenia*
Ensaio fuga *Folsomia*
Ensaio germinação plantas

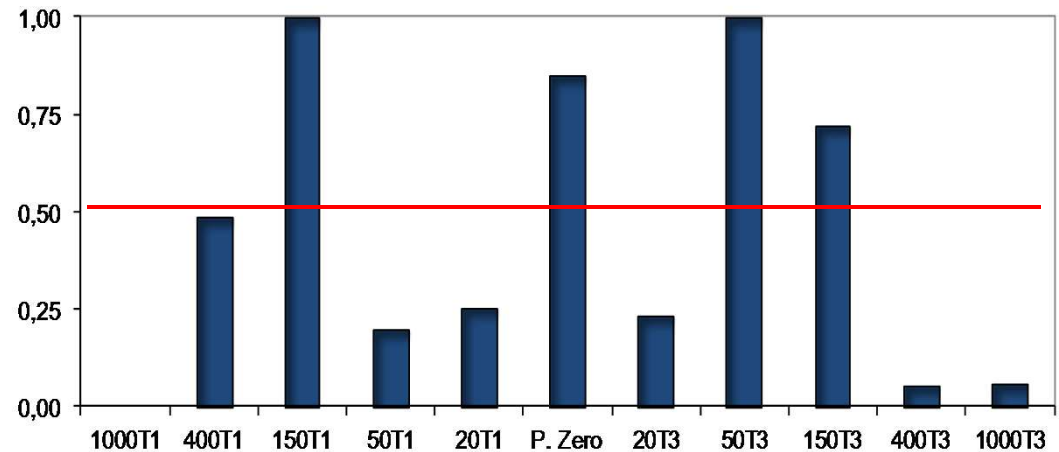
Cobertura vegetal
Respiração e biomassa bacteriana
Bait-lamina

Avaliações químicas

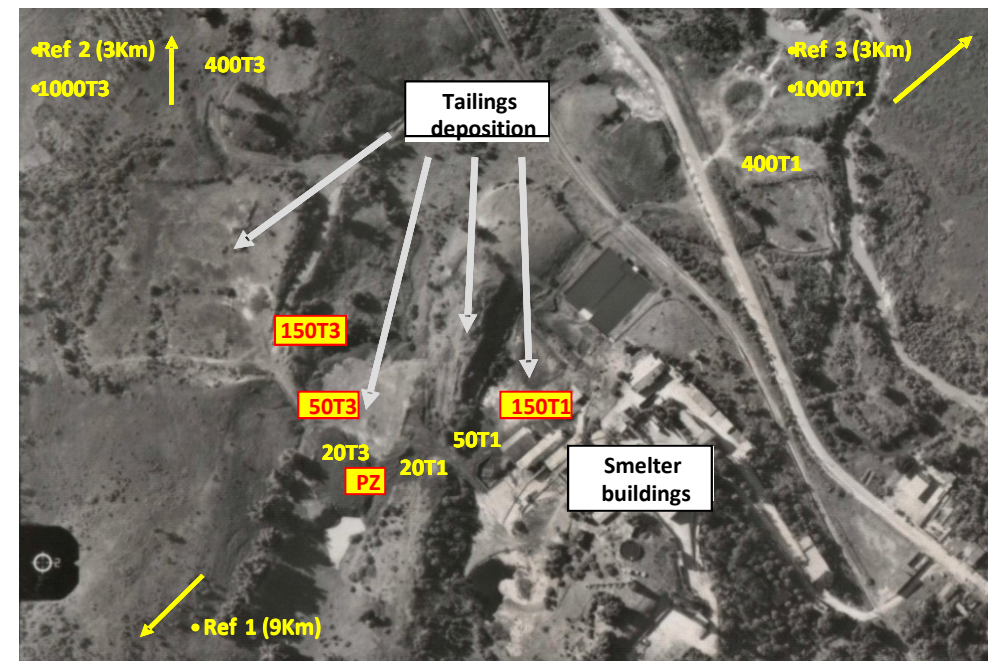
Toxic Pressure (msPAF)

Response addition (RA)
Corrected HC50_{EC50}

Rutgers et al. (2008)
Boivin et al. (2006)



Sites	Total (mg/kg)			
	Pb	Cd	Cu	Zn
Ref. 1	16	<0.2	66	94
Ref. 2	13	<0.2	18	24
Ref. 3	152	<0.2	40	260
P0	1264	<0.2	76	3800
P20T1	133	<0.2	56	220
P20T3	308	<0.2	56	420
P50T1	164	<0.2	60	240
P50T3	26074	62	3196	95940
P150T1	37460	771	594	42200
P150T3	2200	12	108	3300
P400T1	961	8.8	60	840
P400T3	179	0.3	44	90
P1000T1	23	<0.2	60	80
P1000T3	99,0	<0.3	56	156



Ensaaios de fuga



ABNT NBR ISO
17512-1:2011



ISO 17512-2: 2011

Comportamento de fuga e o seu significado ecológico

Se os organismos deixam ou evitam o local contaminado, então teremos a perda da população e de suas atividades nos processos ecológicos.



Christophe Quintin www.insecte.org



Como os ensaios de fuga podem ser usados na análise de risco ecológico?

Usados na fase de varredura, verificando os pontos mais críticos da área

Loureiro et al. (2005) *EnvPol* 138: 121-131

Niemeyer et al. (2010) *JSS* 27:1112-1117

Cuidado na escolha do solo de referência!

As propriedades dos solos precisam ser consideradas na interpretação!

Natal da Luz et al. (2008) *ET&C* 27:1112-1117



Ensaio de letalidade com *Eisenia andrei* (Lumbricidae) (ABNT 15537:2012 e ISO 11268-1)



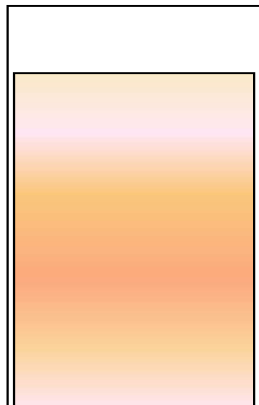
Mortalidade em
7 e 14 dias

10 organismos por réplica
4 ou 5 réplicas

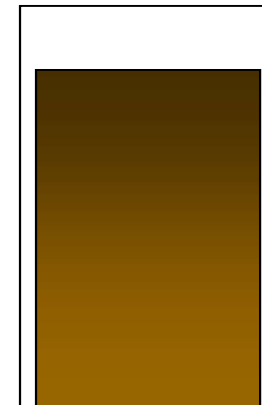
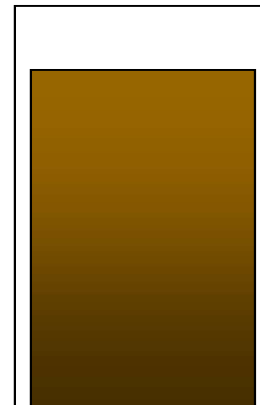
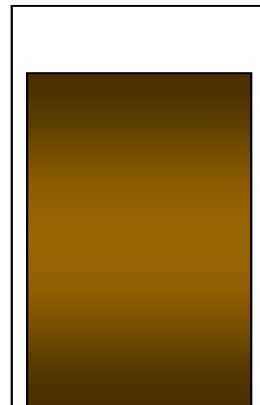
SAT



Referência



Solos da área contaminada



Germinação de plantas (Baseado na ABNT/ISO 11269-2)



Concentração de poluente

- *Função de retenção* elutriado



1:10 (solo:água)
Agitado por 18 h
Centrifugado a 3000 rpm
Armazenado sob refrigeração

Algas



Crescimento em 72 h

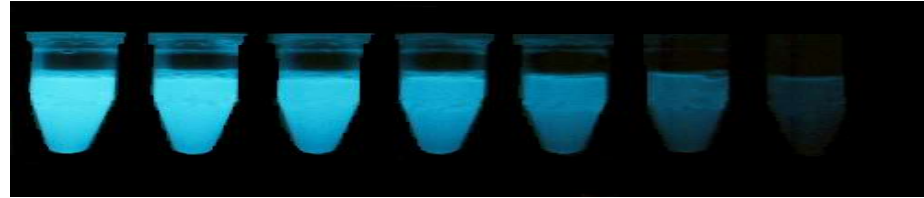
Cladóceros



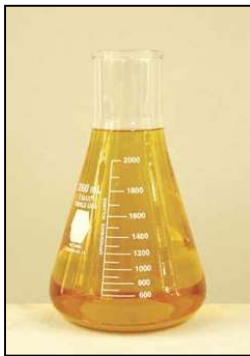
Imobilidade em 48 h
Reprodução em 21 dias

- *Função de retenção* elutriado

Ensaio com biosensores - Microtox



Concentração de poluente



Bactéria luminescente

Vibrio fischeri

Ensaio funcionais

- *Bait lamina*

ISO/DIS 18311

Atividade alimentar de microrganismos e invertebrados do solo.



Cálculos do Risco

DEMONSTRAÇÃO

Escalar valores dos ensaios ecotoxicológicos

NOTAS:

Valores negativos em R2 são corrigidos para zero

Reprodução com <i>Folsomia candida</i>					
	PCO2	1000T1	20T3	400T3	
N° indiv.(méd)	661,8	642	407,8	377	
%	100	97,00816	61,61982	56,96585	
Step 1. $R1=(100-X)/100$					
	PCO2	1000T1	20T3	400T3	
R1	0	0,029918	0,383802	0,430341	
Step 2. $R2= (X-Ref) / (1-Ref)$					
	PCO2	1000T1	20T3	400T3	
R2	0,0000	0,0299	0,3838	0,4303	
	0,00	0,03	0,38	0,43	

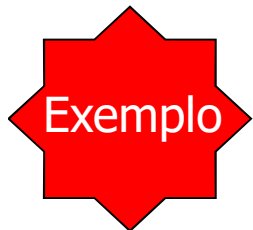
© José Paulo Sousa & Júlia Niemeyer

...procedimento repetido para os restantes ensaios...

Cálculos do Risco

- Usar uma escala uniforme de efeito para cada nível em separado, variando de 0 (sem efeito) a 1 (efeito máx.).
- Exemplos práticos em Jensen and Mesman (2006), Dagnino et al. (2008) e Semenzin et al. (2008).

Cobre				
Passo 1. Concentração medida (mg Kg⁻¹)				
	PCO2	1000T1	20T3	400T3
R1	66	60	56	44
Passo 2. Valores IV ajustados (SSL)				
	PCO2	1000T1	20T3	400T3
R2	231,42	262,105	200,0383	188,1
Passo 3. Razão entre R1 e R2. R3=R1/R2				
	PCO2	1000T1	20T3	400T3
R3	0,285196	0,228916	0,279946	0,233918
Passo 4. Fazer o scalling. R4=1-(1/(1+R3))				
	PCO2	1000T1	20T3	400T3
R4	0,221908	0,186275	0,218717	0,189573
Passo 5. Correção para os valores do solo de referência. R5= (R4-R4ref)/(1-R4ref)				
	PCO2	1000T1	20T3	400T3
R5	0	0	0	0



DEMONSTRAÇÃO

Escalar os valores das concentrações totais

NOTAS:

Valores de intervenção já corrigidos para %argila e %MO

Valores negativos em R5 são corrigidos para zero

Cobre

Passo 1. Concentração medida (mg Kg⁻¹)

	PCO2	1000T1	20T3	400T3
R1	66	60	56	44

Passo 2. Valores IV ajustados (SSL)

	PCO2	1000T1	20T3	400T3
R2	231,42	262,105	200,0383	188,1

Passo 3. Razão entre R1 e R2. R3=R1/R2

	PCO2	1000T1	20T3	400T3
R3	0,285196	0,228916	0,279946	0,233918

Passo 4. Fazer o scalling. R4=1-(1/(1+R3))

	PCO2	1000T1	20T3	400T3
R4	0,221908	0,186275	0,218717	0,189573

Passo 5. Correção para os valores do solo de referência. R5= (R4-R4ref)/(1-R4ref)

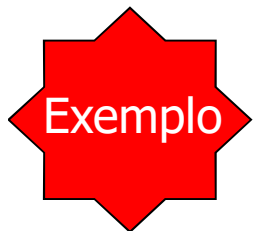
	PCO2	1000T1	20T3	400T3
R5	0	0	0	0

© José Paulo Sousa & Júlia Niemeyer

...procedimento repetido para os restantes metais...

Cálculo do risco combinado para todos os metais. R6= 1-((1-R5)₁X(1-R5)₂X(1-R5)₃...

	PCO2	1000T1	20T3	400T3
R6	0,0000	0,0078	0,5555	0,2719



DEMONSTRAÇÃO

Cálculo do Risco para a Linha de Evidência Química

PCO2

Valores escalados das diferentes medidas

	PCO2	1000T1	20T3	400T3
<i>Concentrações biodisponíveis</i>	0,000	0,244	0,018	0,026
<i>Concentrações totais</i>	0,000	0,008	0,556	0,268
<i>PAF Conc. biodisponíveis</i>	0,000	0,225	0,015	0,021
<i>PAF Conc. Totais</i>	0,000	0,006	0,548	0,257

Passo 1. $R1 = \log(1-X)$

R1	PCO2	1000T1	20T3	400T3
<i>Concentrações biodisponíveis</i>	0	-0,121298	-0,007861	-0,01152
<i>Concentrações totais</i>	0	-0,0034	-0,352162	-0,135614
<i>PAF Conc. biodisponíveis</i>	0	-0,110866	-0,006412	-0,009431
<i>PAF Conc. Totais</i>	0	-0,002755	-0,34453	-0,128719

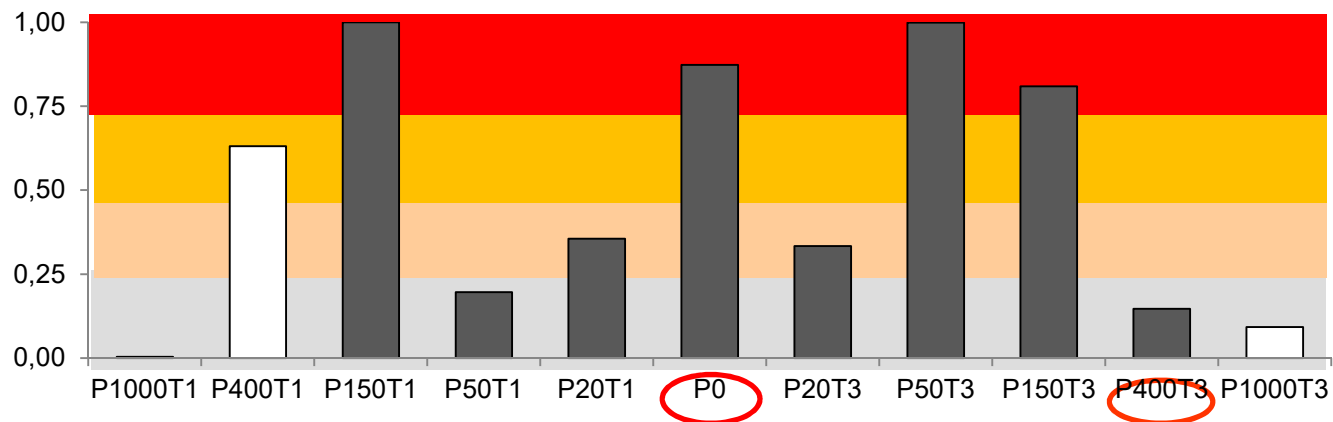
Passo 2. $R2 = \text{Média}(X1... Xn)$

R2	0	-0,059579	-0,177741	-0,071321
----	---	-----------	-----------	-----------

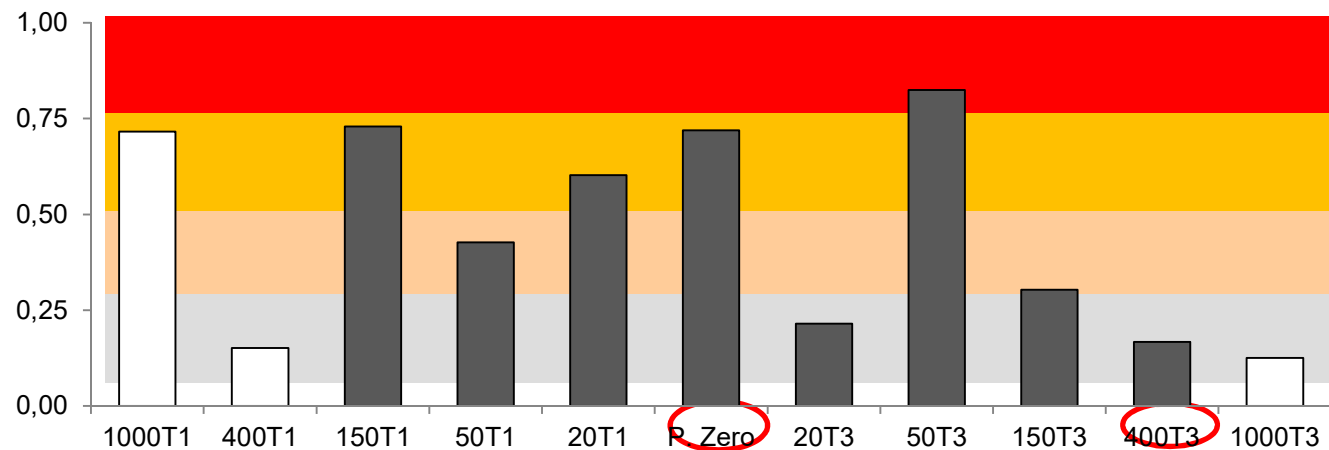
Passo 3. Retro-transformar valores $R3 = 1-(10^X)$

R3	0,000	0,128	0,336	0,151
----	-------	-------	-------	-------

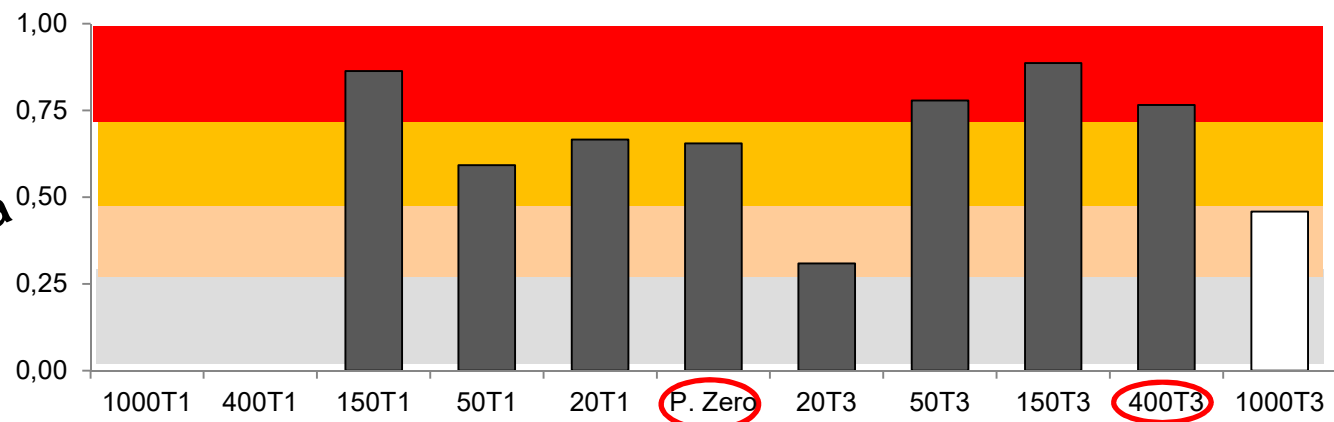
Química



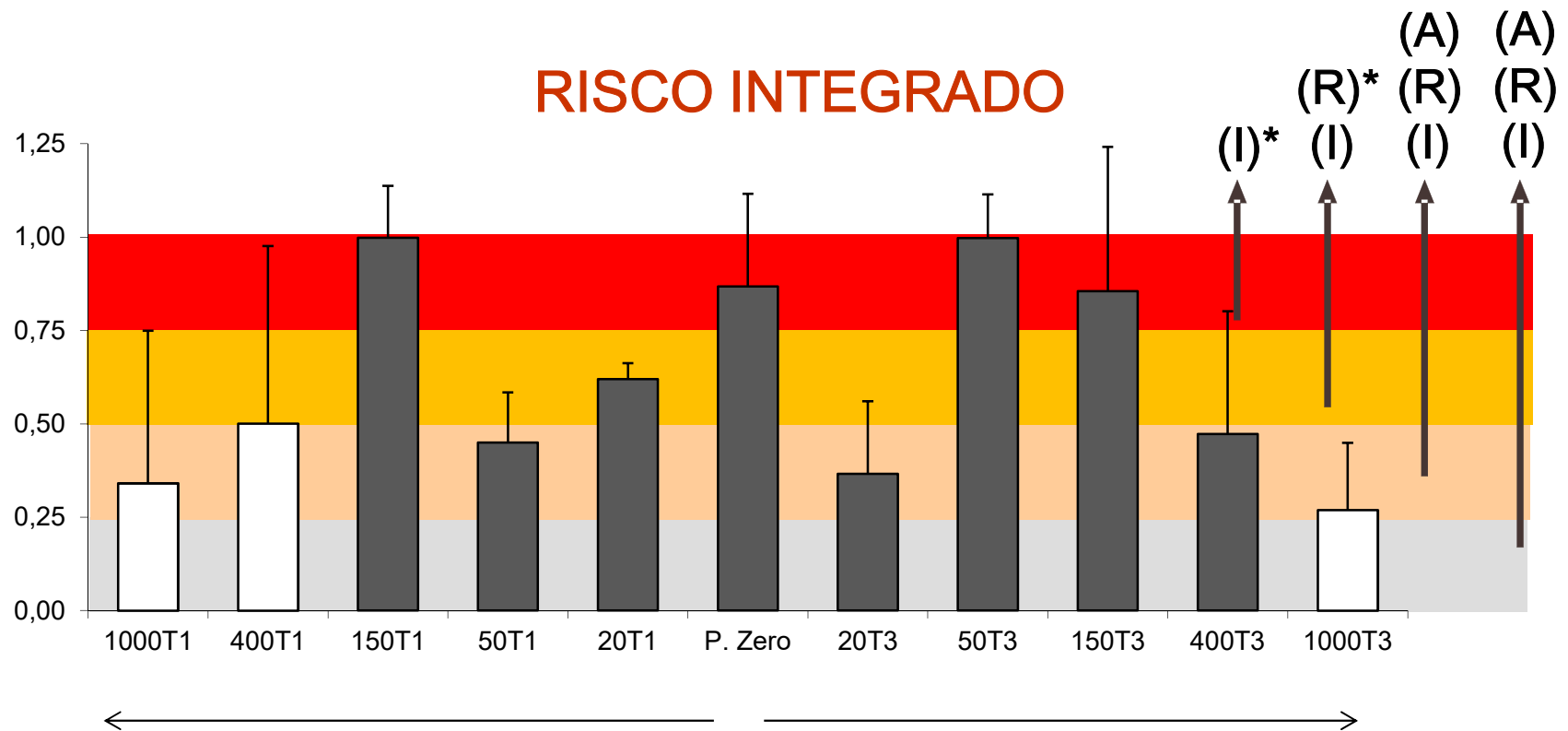
Ecotox



Ecológica



Integrando as linhas de evidência Química, Ecológica e Ecotoxicológica:



- (A) Área agrícola
- (R) Área residencial
- (I) Área Industrial
- * Solos selados



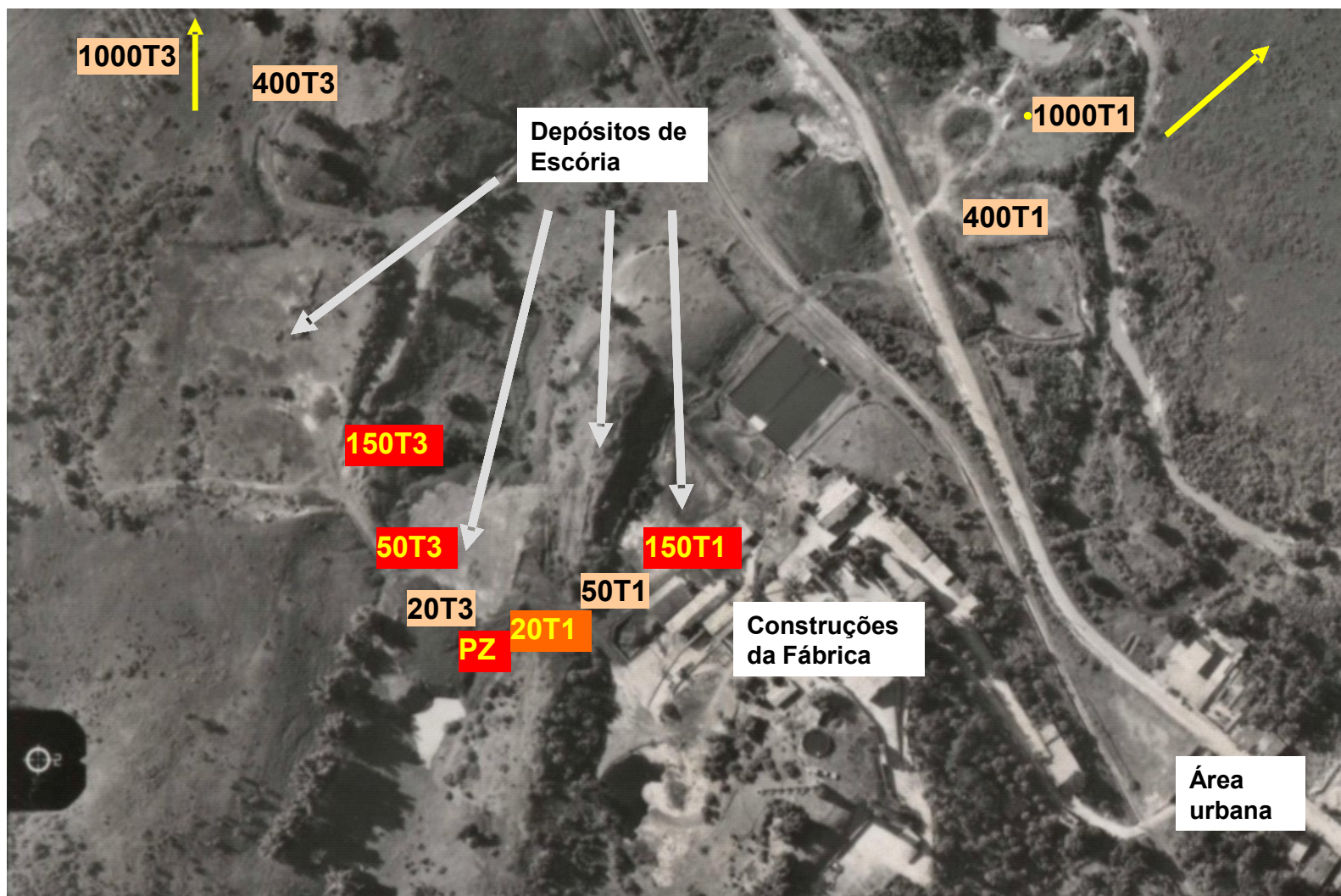
Valores de risco (limites)

Desvio (D)	Risco Integrado (RI)	Conclusão (uso do solo)	
		Aceitável	Não aceitável
D < 0,4	0,00 < IR < 0,25	N, A, R, I	
	0,26 < IR < 0,50	A, R, I	N A (com receptores importantes)
	0,51 < IR < 0,75	I, "R"	N, A R (com funções "verdes")
	0,76 < IR < 1,00	I (solo selados)	N, A, R I (com funções "verdes")
D > 0,4	0,00 < IR < 0,25	A, R, I	N A (com receptores importantes)
	0,26 < IR < 0,50	I, "R"	N, A R (com funções "verdes")
	0,51 < IR < 1,00	I (solo selados)	N, A, R I (com áreas "verdes")

N - Áreas naturais; **A** - Áreas agrícolas; **R** - Áreas residenciais; **I** - Áreas industriais

Adaptado de Jensen & Mesman (2006)

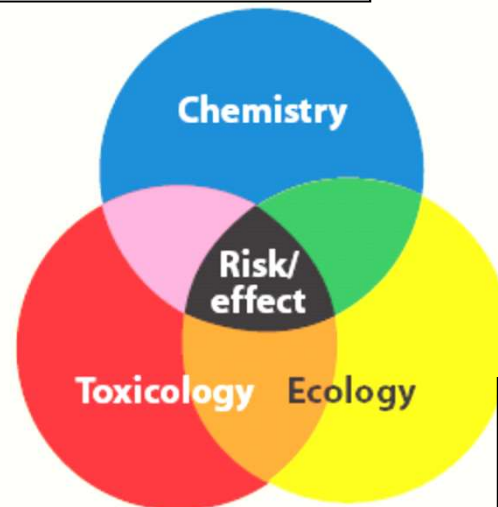
Risco integrado da fase de Varredura:



ARE - Fase de Avaliação Detalhada

Exemplos

Concentrações Metais Disponíveis
Bioacumulação



Ensaio reprodução *Daphnia*
Ensaio reprodução *Eisenia*
Ensaio reprodução *Folsomia*
Ensaio reprodução *Enchytraeus*
Ensaio crescimento plantas

Avaliações microbianas
Índices de diversidade
(plantas, invertebrados,
microrganismos)

Bioacumulação



OECD 317 (2010) *Bioaccumulation in terrestrial oligochaetes*

CESAR et al., 2010 Geoch. Brasil. 24: 41-49

Disposal of residuals or dredged materials in soil

Contaminated sites

Fate of contaminats

Ensaio de reprodução com invertebrados do solo



Lumbricidae (ISO 11268-2)
Eisenia andrei



<http://www.falw.vu.nl>

Enchytraidae (ABNT/ISO 16387:2012)
Enchytraeus albidus ou *E. crypticus*



Collembola (ABNT/ISO 11267:2011)
Folsomia candida

Ensaio de reprodução com invertebrados do solo



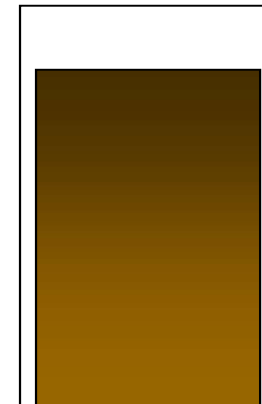
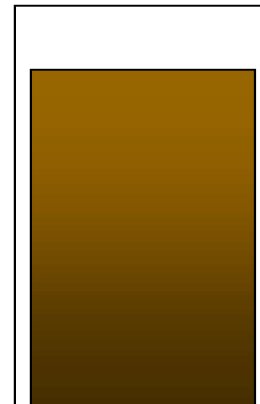
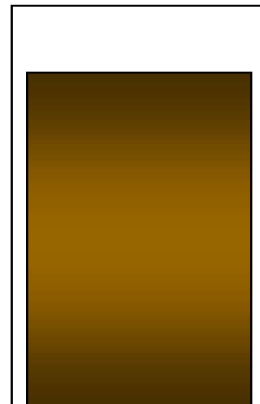
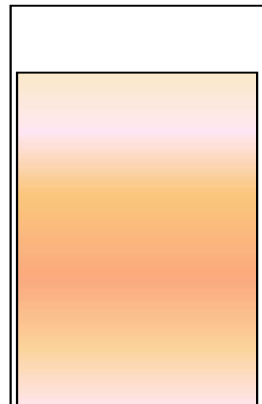
Reprodução (número de juvenis) após 28 dias

10 organismos por réplica
4 ou 5 réplicas

SAT

Referência

Solos da área contaminada

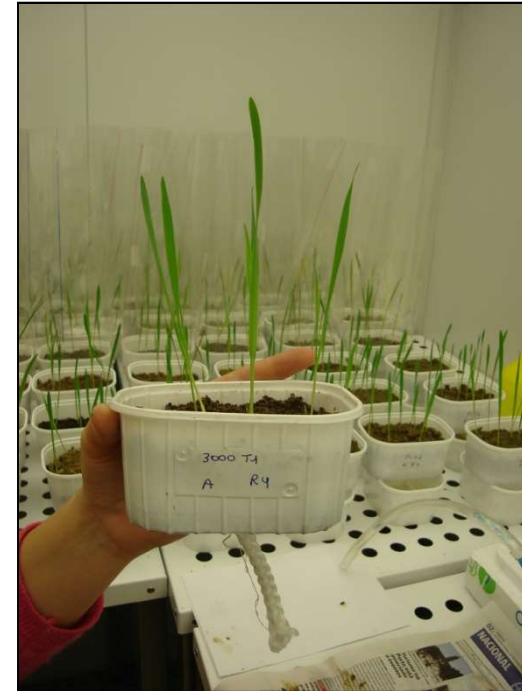


As propriedades dos solos precisam ser consideradas na interpretação

Ensaio com Plantas



Crescimento (ABNT/ISO 11269-2:2012)
(ex.: *Brassica rapa* e *Avena sativa*)



Duração: 5 dias (germinação), 14 a 21 dias (crescimento e biomassa)

% Cobertura Vegetal



**Área da Plumbum, Santo Amaro, BA
Ponto 50T3**



Área de referência (9 km)

Ecotoxicidade e fatores de estresse



**Área da Plumbum, Santo Amaro, BA
Ponto 50T3**

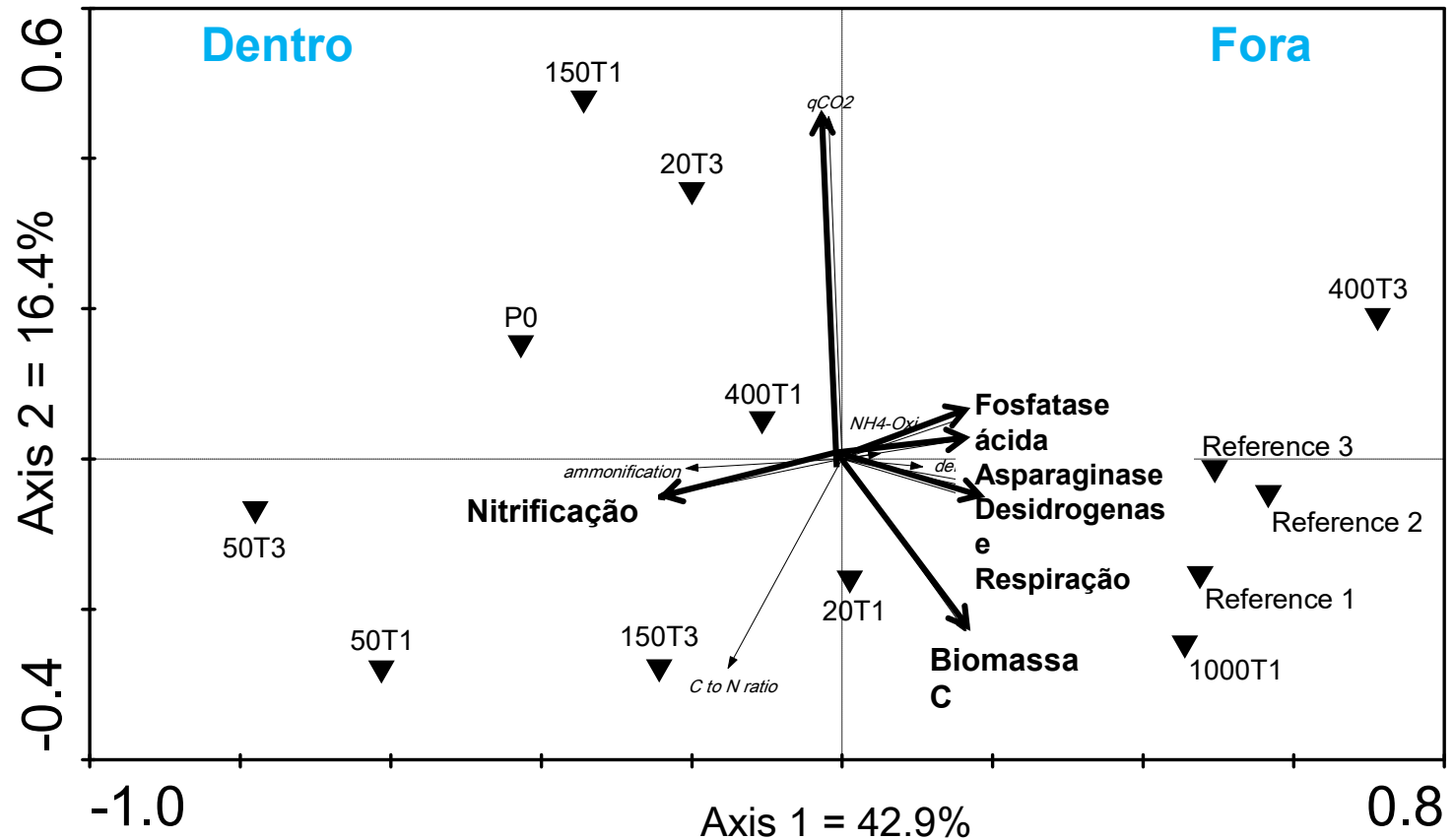
Impacto físico da deposição de escória/resíduo

Efeitos não previstos pelo ensaio laboratorial com plantas.



Área de referência (9 km)

Indicadores microbianos

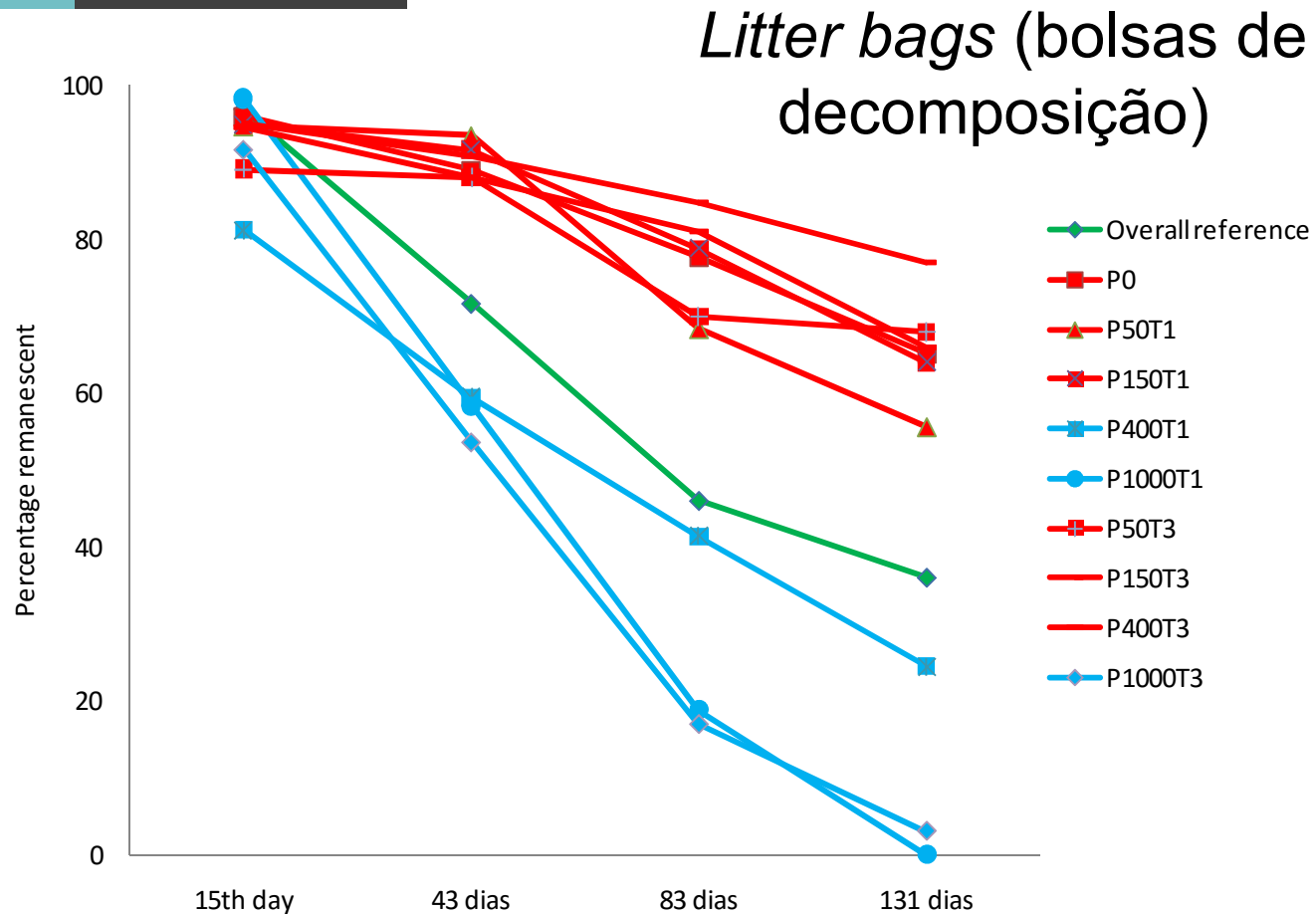


Impacto na respiração e biomassa microbiana, e na atividade enzimática (dentro x fora da área da fábrica)

Litter bags (bolsas de decomposição)



Existe impacto sobre a ciclagem de nutrientes?

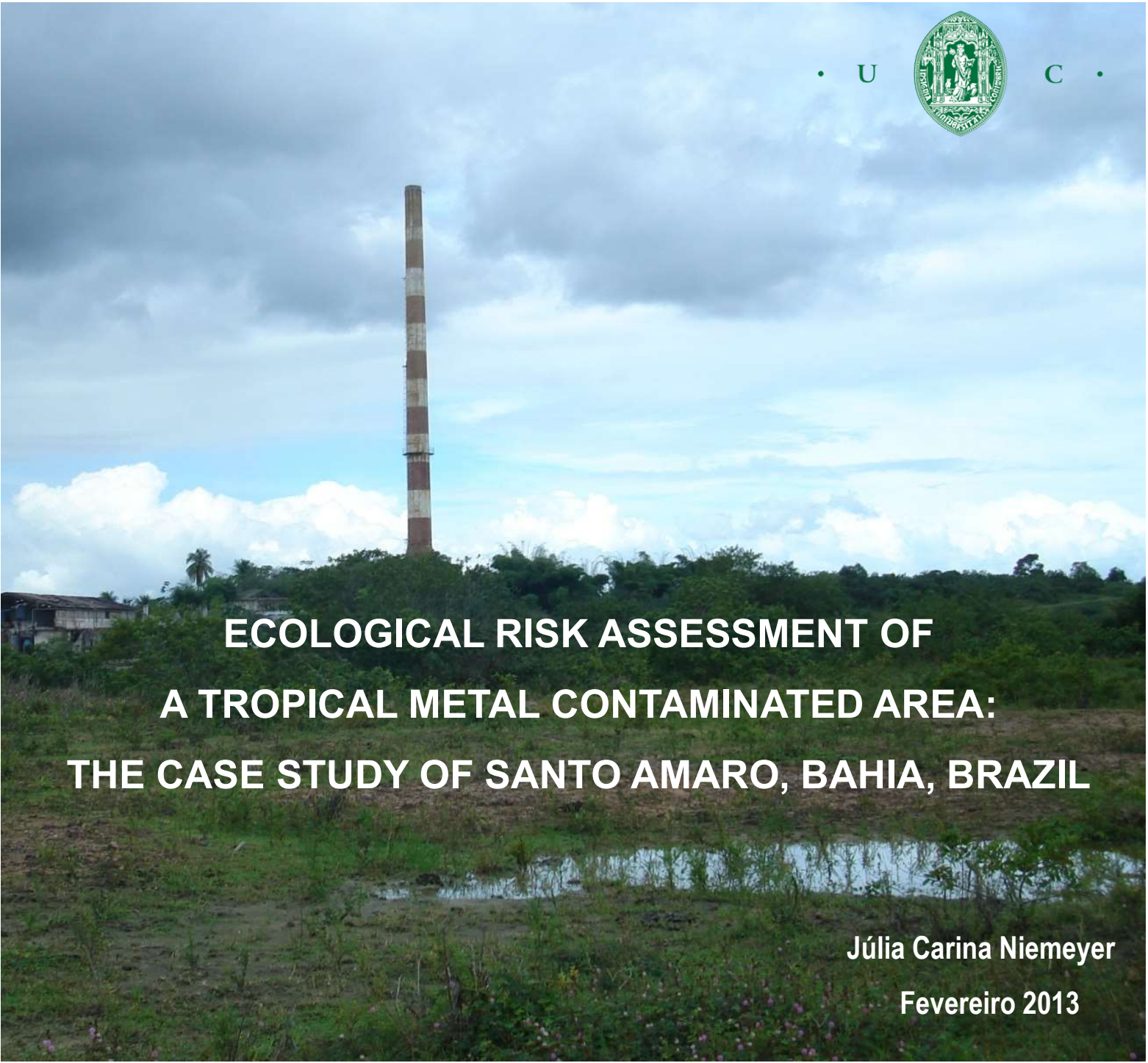


Impacto no processo de decomposição da matéria orgânica.

Vertebrados (fauna silvestre)

- Modelagens para cálculo de exposição
- Comparação com valores de proteção
- O tamanho do *site* tem que ser levado em conta na ARE



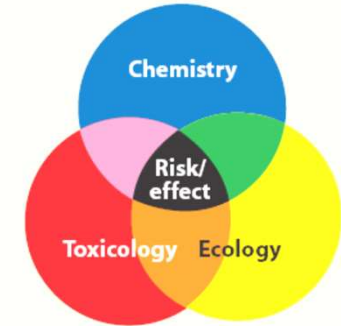


**ECOLOGICAL RISK ASSESSMENT OF
A TROPICAL METAL CONTAMINATED AREA:
THE CASE STUDY OF SANTO AMARO, BAHIA, BRAZIL**

Júlia Carina Niemeyer

Fevereiro 2013

Tríade na ARE



- **Esquema de ARE em fases** otimiza os recursos
 - **Tríade:** diminui incertezas na ARE e facilita a comunicação com o órgão ambiental
 - **Avaliações ecotoxicológicas:** biodisponibilidade dos contaminantes, o efeito das misturas e o efeito de contaminantes não analisados
 - **Avaliações de campo** mostram efeitos não observáveis em laboratório (impacto físico, contexto da paisagem, etc.)
-

*Ecosystems are not more complex than you think,
they are more complex than **you can think***

(Egler, 1977)



Publicações

J Soils Sediments (2010) 10:1557–1571
DOI 10.1007/s11368-010-0255-x

SOILS, SEC 4 • ECOTOXICOLOGY • RESEARCH ARTICLE

Environmental risk assessment of a metal-contaminated area in the Tropics. Tier I: screening phase

Júlia C. Niemeyer • Matilde Moreira-Santos • Marco Antonio Nogueira • Gabriel Machado Carvalho • Rui Ribeiro • Eduardo Mendes Da Silva • José Paulo Sousa



J. Braz. Soc. Ecotoxicol., v. 2, n. 3, 2007, 263-267

JBSE

Desenvolvimento de um Esquema para Avaliação de Risco Ecológico em Ambientes Tropicais: Estudo de Caso da Contaminação por Metais em Santo Amaro da Purificação, Bahia, Brasil

J. C. NIEMEYER,^{1,2*} E. M. da SILVA² & J. P. SOUSA¹

Contents lists available at SciVerse ScienceDirect



Ecotoxicology and Environmental Safety

journal homepage: www.elsevier.com/locate/ecoenv

Applied Soil Ecology 59 (2012) 96–105



Contents lists available at SciVerse ScienceDirect

Applied Soil Ecology

journal homepage: www.elsevier.com/locate/apsoil

Functional and structural parameters to assess the ecological status of a metal contaminated area in the tropics

J.C. Niemeyer^{a,b,*}, M.A. Nogueira^{c,1}, G.M. Carvalho^d, S.J. Cohin-De-Pinho^b, U.S. Outeiro^b, G.G. Rodrigues^e, E.M. da Silva^b, J.P. Sousa^a

Microbial indicators of soil health as tools for ecological risk assessment of a metal contaminated site in Brazil

Júlia Carina Niemeyer^{a,b,*}, Giovana Bortoti Lolata^c, Gabriel Martins de Carvalho^d, Eduardo Mendes Da Silva^b, José Paulo Sousa^a, Marco Antonio Nogueira^{c,1}

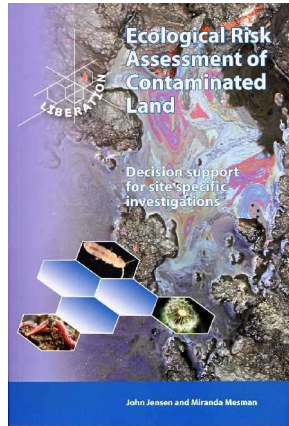


PLOS ONE | DOI:10.1371/journal.pone.0141772 November 3, 2015

RESEARCH ARTICLE

Ecological Risk Assessment of a Metal-Contaminated Area in the Tropics. Tier II: Detailed Assessment

Júlia Carina Niemeyer^{1,2*}, Matilde Moreira-Santos¹, Rui Ribeiro¹, Michiel Rutgers³, Marco Antonio Nogueira⁴, Eduardo Mendes da Silva⁵, José Paulo Sousa¹



Jensen & Mesman 2006

Ecological risk assessment of contaminated land - Decision support for site specific investigations

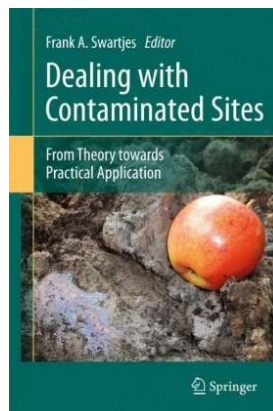
http://www.dmu.dk/en/aboutneri/departments/terrestrialecology/section_of_soil_fauna_and_ecotoxicology/contaminated_sites/



Weeks et al. 2004

Biological test methods for assessing contaminated land. Stage 2 - a demonstration of the use of a framework for the ecological risk assessment of contaminated land

<http://a0768b4a8a31e106d8b0-50dc802554eb38a24458b98ff72d550b.r19.cf3.rackcdn.com/scho0804bicw-e-e.pdf>



Swartjes, 2011

Dealing with Contaminated Sites: from Theory towards Practical Application



Contato: julia.carina@ufsc.br

