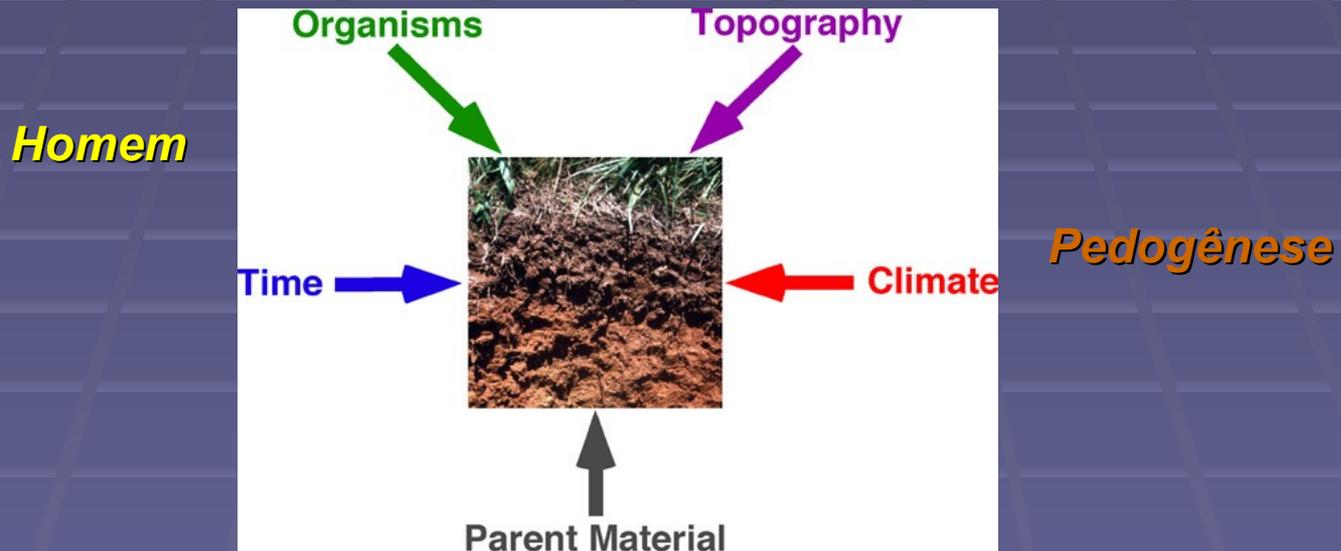


# Solos como componentes de ecossistemas.

Witkamp, 1971

Wellington B. C. Delitti  
Diretor  
Instituto de Biociências, USP  
[www.ib.usp.br](http://www.ib.usp.br)

***O maior desafio para a agricultura do século XXI está no equilíbrio de uma equação que envolve o aumento na produtividade de grãos e o menor custo ambiental.***



A perspectiva das sociedades humanas no sentido da manutenção e do aumento de produtividade nos agro-ecossistemas, de forma sustentável, depende do entendimento dos efeitos do clima, dos mecanismos que determinam os ciclos de nutrientes e dos fatores ambientais que afetam os seus fluxos.

**Para garantir estas metas, é necessário um embasamento científico efetivo e multidisciplinar.**

*Gomes et al. 2008 Nutrientes Vegetais no Meio Ambiente: ciclos bioquímicos, fertilizantes e corretivos*  
Embrapa Meio Ambiente

# Processos da ciclagem de nutrientes no solo:

- Entradas de elementos minerais e de matéria orgânica no solo.
  - Processos de decomposição pela biota edáfica.
- Absorção, retenção e reposição de elementos minerais ao solo pelas plantas superiores, pela microbiota e pelos colóides dos solos.
  - Exportação de elementos (colheitas em agroecossistemas), lixiviação e percolação de elementos minerais (saídas para as águas subterrâneas, e por todo fluxo hidrológico).

- O ciclo hidrológico conecta ecossistemas e paisagens.



O solo é uma enorme riqueza nacional e precisa ser abordado através de uma visão integrada que considere aspectos físicos, químicos e biológicos, tendo-se em conta que se trata de um compartimento do ecossistema onde se estabelece uma ampla e complexa rede de interações, envolvendo variados condicionantes ambientais e diversificados componentes bióticos .

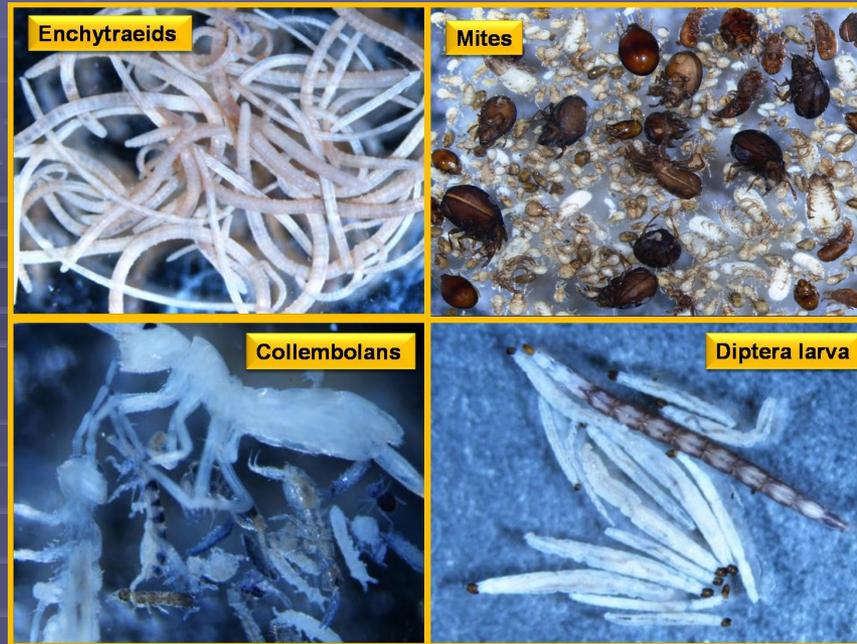


*Gomes et al. 2008* Nutrientes Vegetais no Meio Ambiente: ciclos bioquímicos, fertilizantes e corretivos  
Embrapa Meio Ambiente

**13 trilhões de dólares**

- “Trata-se, de fato, de um universo paralelo. Um único grama de solo possui mais de 10 mil espécies diferentes de microorganismos, cerca de 1 bilhão de bactérias, 1 milhão de actinomicetos e 100 mil fungos. Por essa razão, não é exagero enxergar o solo como um verdadeiro supermercado de genes.”
- 250 g de minhocas/m<sup>2</sup> e 100km de hifas/m<sup>2</sup>





- Estudo de 18 anos de duração demonstrou que Metais pesados afetam a comunidade microbiana qualitativamente e quantitativamente.
- Autores alertam para a falta de réplicas!
- John J. Kelly, Max HaEgblomb, Robert L. Tate III, Soil Biology and Biochemistry 31 (1999)

A adição de quaisquer substâncias nos solos, bem como o estabelecimento de concentrações aceitáveis de poluentes nos mesmos, deve ser antecedida da avaliação científica de seus possíveis efeitos aos diferentes componentes, processos e interações que mantêm os processos ecológicos essenciais, e que dão sustentação à produtividade e ao equilíbrio ambiental.

É preciso analisar o manejo dos solos em termos de seus impactos negativos aos ecossistemas atingidos e à saúde humana, avaliando-se também os efeitos cumulativos e sinérgicos.

- A abordagem simplificada não permite extrapolações para os sistemas complexos!
- Cada Metodologia tem seu próprio limite de previsão!

**“Relatório de estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo (2001)”:**

**“Segundo Cunha (1997), muitos fatores determinam a existência de incertezas associadas à avaliação de risco”:**

## Diversidade de Solos

*“O solo é um compartimento natural constituído por componentes minerais e orgânicos, com suas propriedades físicas químicas e biológicas. As propriedades do solo, entretanto, não podem ser uma simples combinação das propriedades de seus componentes. A composição dos solos é extremamente diversa e governada por muitos fatores, sendo os mais importantes as condições climáticas e o material parental” (fls. 37).*

*Soma-se a isso a história dos solos, com ou sem interferência humana!*

- *“A capacidade de depuração do solo é limitada, podendo ocorrer a alteração da qualidade do solo, devido ao efeito acumulativo de deposição de poluentes atmosféricos, à aplicação de defensivos agrícolas e fertilizantes e à disposição de resíduos sólidos industriais, urbanos, materiais tóxicos e radioativos (MOREIRA-NODERMANN, 1987)” (fls. 13 ).*

*“Cabe ressaltar que o uso de padrões internacionais pode levar a avaliações inadequadas, já que existem diferenças nas condições climáticas, tecnológicas e pedológicas de cada país, justificando o desenvolvimento de listas orientadoras próprias, compatíveis com as características de cada um deles” (fls. 19).*

*Adicionalmente sabe-se que cada solo tem comunidade biótica diferenciada, sendo esta biodiversidade majoritariamente desconhecida!*



*“Uma avaliação da qualidade do solo e das águas subterrâneas dependentes de valores estabelecidos com base somente na questão da **saúde humana**, em detrimento de outros importantes aspectos do meio ambiente, pode desconsiderar efeitos sobre processos biológicos e outras funções do solo”.(fls. 19)*

*“Os metais estão presentes naturalmente nos solos, em concentrações variáveis de acordo com sua gênese. No entanto, estas concentrações podem sofrer incremento devido a processos antrópicos , principalmente por fontes difusas. A maioria das informações disponíveis na literatura brasileira refere-se à **fertilidade do solo e poucos** referem-se à questão ambiental” (fls. 76).*

## Fitotoxicidade

*“Segundo Berton (2000), as espécies vegetais variam grandemente quanto à sua sensibilidade aos metais. A fitodisponibilidade de um metal pode variar com a presença no solo de constituintes orgânicos e inorgânicos como óxidos de FE, Al, silicatos, fosfatos e carbonatos, além da presença de outros metais. “ (fls. 76).*

# Conhecimento científico e

Propostas de Resolução Conama e normas relacionadas à regulamentação pretendida.

O uso de resíduos industriais para formulação de micronutrientes/fertilizantes implica em riscos, para o meio ambiente e para a saúde pública, associados à presença de poluentes orgânicos e inorgânicos nestes resíduos.

Estes poluentes estão sendo dispostos nos solos agrícolas, há várias décadas, via aplicação de micronutrientes/fertilizantes, apesar de serem potencialmente tóxicos e não serem de interesse para as plantas.

Discute-se, no Conama, a viabilidade de regulamentar o uso de resíduos industriais para formular micronutrientes/fertilizantes.

Além disso, também tramita no Conama, proposta de Resolução relativa ao gerenciamento de áreas contaminadas, onde se pretende definir padrões para os solos de todo o país (concentrações admissíveis de substâncias nos solos), com base nos valores de prevenção definidos pela CETESB, em 2005.

(minuta da 33ª CT de Controle e Qualidade Ambiental, 11 e 12/02/2009: ver artigos 8 e 13, parágrafo 2).

# VALORES ORIENTADORES PARA SOLO E ÁGUA SUBTERRÂNEA NO ESTADO DE SÃO PAULO

Substância	CAS Nº	Referência de qualidade	Solo (mg.kg <sup>-1</sup> de peso seco) <sup>(1)</sup>				Água Subterrânea (µg.L <sup>-1</sup> )
			Prevenção	Intervenção			Intervenção
				Agrícola APMax	Residencial	Industrial	
<b>Inorgânicos</b>							
Alumínio	7429-90-5	-	-	-	-	-	200
Antimônio	7440-36-0	<0,5	2	5	10	25	5
Arsênio	7440-38-2	3,5	15	35	55	150	10
Bário	7440-39-3	75	150	300	500	750	700
Boro	7440-42-8	-	-	-	-	-	500
Cádmio	7440-48-4	<0,5	1,3	3	8	20	5
Chumbo	7440-43-9	17	72	180	300	900	10
Cobalto	7439-92-1	13	25	35	65	90	5
Cobre	7440-50-8	35	60	200	400	600	2.000
Cromo	7440-47-3	40	75	150	300	400	50
Ferro	7439-89-6	-	-	-	-	-	300
Manganês	7439-96-5	-	-	-	-	-	400
Mercúrio	7439-97-6	0,05	0,5	12	36	70	1
Molibdênio	7439-98-7	<4	30	50	100	120	70
Níquel	7440-02-0	13	30	70	100	130	20
Nitrato (como N)	797-55-08	-	-	-	-	-	10.000
Prata	7440-22-4	0,25	2	25	50	100	50
Selênio	7782-49-2	0,25	5	-	-	-	10
Vanádio	7440-62-2	275	-	-	-	-	-
Zinco	7440-66-6	60	300	450	1000	2000	5.000
<b>Hidrocarbonetos aromáticos voláteis</b>							
Benzeno	71-43-2	na	0,03	0,06	0,08	0,15	5
Estireno	100-42-5	na	0,2	15	35	80	20
Etilbenzeno	100-41-4	na	6,2	35	40	95	300
Tolueno	108-88-3	na	0,14	30	30	75	700
Xilenos	1330-20-7	na	0,13	25	30	70	500
<b>Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos <sup>(2)</sup></b>							
Antraceno	120-12-7	na	0,039	-	-	-	-
Benzo(a)antraceno	56-55-3	na	0,025	9	20	65	1,75
Benzo(k)fluoranteno	207-06-9	na	0,38	-	-	-	-
Benzo(g,h,i)perileno	191-24-2	na	0,57	-	-	-	-
Benzo(a)pireno	50-32-8	na	0,052	0,4	1,5	3,5	0,7
Criseno	218-01-9	na	8,1	-	-	-	-
Dibenzo(a,h)antraceno	53-70-3	na	0,08	0,15	0,6	1,3	0,18
Fenantreno	85-01-8	na	3,3	15	40	95	140
Indeno(1,2,3-c,d)pireno	193-39-5	na	0,031	2	25	130	0,17

O Ministério da Agricultura (Mapa) editou a Instrução Normativa 27 (MAPA), que estabeleceu limites máximos de poluentes inorgânicos (metais pesados tóxicos), admitidos nos produtos finais em 2006.

**ANEXO I**

**LIMITES MÁXIMOS DE METAIS PESADOS TÓXICOS ADMITIDOS EM FERTILIZANTES MINERAIS QUE CONTENHAM O NUTRIENTE FÓSFORO, MICRONUTRIENTES OU COM FÓSFORO E MICRONUTRIENTES EM MISTURA COM OS DEMAIS NUTRIENTES.**

Metal Pesado	Valor admitido em miligrama por quilograma (mg/kg) por ponto percentual (%) de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> e por ponto percentual da somatória de micronutrientes (%)		Valor máximo admitido em miligrama por quilograma (mg/kg) na massa total do fertilizante	
	Coluna A	Coluna B	Coluna C Aplicável aos Fertilizantes minerais mistos e complexos com garantia de macronutrientes primários e micronutrientes	Coluna D Aplicável aos Fertilizantes fornecedores exclusivamente de micronutrientes e aos fertilizantes com macronutrientes secundários e micronutrientes
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Somatório da garantia de micronutrientes		
Arsênio (As)	2,00	500,00	250,00	4.000,00
Cádmio (Cd)	4,00	15,00	57,00	450,00
Chumbo (Pb)	20,00	750,00	1.000,00	10.000,00
Cromo (Cr)	40,00	500,00		-
Mercúrio (Hg)	0,05	10,00		-

Em ambos os casos (Valores de Prevenção – CETESB, 2005; Instrução Normativa 27/06 – Mapa), cabem amplos questionamentos, especialmente quanto a fragilidade e os riscos das generalizações efetuadas (em nível nacional), e quanto à suficiência do embasamento científico, no sentido de garantir que não haverá degradação da qualidade ambiental e nem prejuízo à saúde pública.

# Algumas questões para analisar o tema:

- 1) Ausência de um diagnóstico suficiente dos solos do país, quanto a sua situação atual, com o uso de metodologias apropriadas.

2) Insuficiência de dados científicos sobre o comportamento e os efeitos (sobre meio biótico, ecossistemas e saúde pública) de poluentes orgânicos (Ex: organoclorados) e inorgânicos (CD, Pb, Cr, As, Hg, etc) nos solos, considerando estudos realizados em ecossistemas brasileiros.

3) É necessária uma análise crítica das informações disponíveis, bem como a identificação das pesquisas e estudos científicos que devem ser empreendidos, e suas metodologias, como pré-requisito para permitir avaliação da viabilidade de regulamentação da matéria em discussão no GT Conama.

4) A abordagem relativa aos riscos da disposição de poluentes orgânicos e inorgânicos no solo, não deve se restringir somente à saúde humana e à fitotoxicidade, em detrimento de outros importantes aspectos do meio ambiente, como os outros organismos, processos biológicos e outras funções do solo.

- **Relembrar**

- 1g de solo possui mais de 10 mil espécies diferentes de microorganismos, cerca de 1 bilhão de bactérias, 1 milhão de actinomicetos e 100 mil fungos.

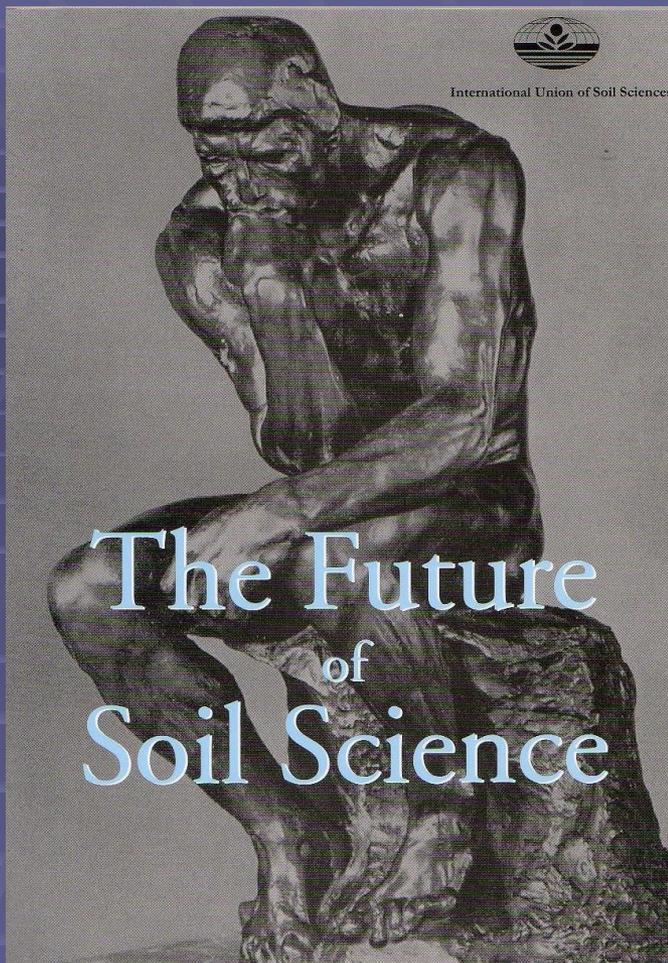
- 250 g de minhocas/m<sup>2</sup>

- 100km de hifas/m<sup>2</sup>



# Proposta de planejamento:

- 1 - Análises integradas e abrangentes dos efeitos de cada substância em cada tipo de solo do Brasil.
- 2 - Utilização de metodologia adequada e padronizada em todos trabalhos, incluindo estudos de campo com réplicas reais e longa duração.
- 3 - Criação de uma “Instituição” de planejamento e monitoramento destas atividades de pesquisas e de futuras aplicações.



- Qual o futuro dos solos?

- Livro em pdf disponível em <http://www.iuss.org/Future.htm>