



Aplicação de resíduos ao solo: a microbiologia pode ajudar no monitoramento?

Marco Antonio Nogueira
(marco.nogueira@embrapa.br)

Florianópolis
Julho de 2013



Embrapa

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

O quê abordaremos nesta manhã ?

- Atividades humanas vs. geração de resíduos;
- Qual o destino ?
- Constituintes dos resíduos e potencial de uso;
- Microrganismos e processos microbiológicos no monitoramento;
- Como interpretar os comportamentos ?
- Considerações finais.



Os ambientes naturais



Embrapa

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

O homem e o ambiente



Embrapa

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

O desenvolvimento e suas consequências



Embrapa

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

Degradação do solo



Nogueira (2013)



Embrapa

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

Degradação da água



<http://calandradocernadago.blogspot.com.br>



Área rural →

Área urbana →



Nogueira (2004)



Embrapa

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

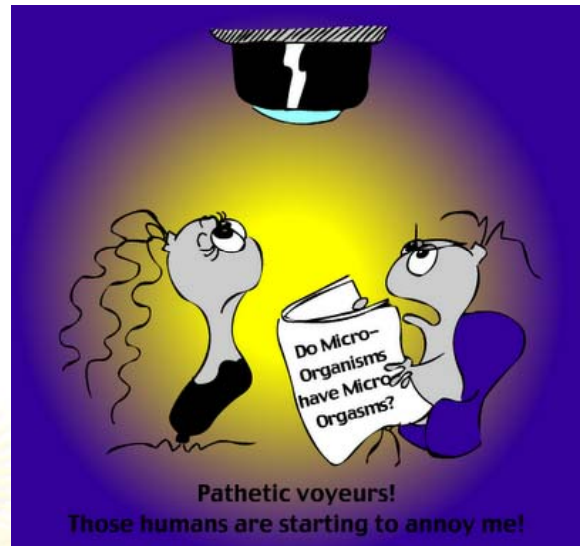
GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

A maior parte da vida não está ACIMA, mas
DENTRO do solo

Martins (2009)

O que os olhos não veem o coração não sente?
Nem a mente compreende? (Dra. Elke Cardoso)

Em 1 g de terra: número de microrganismos equivalente à população do planeta: atividade. (Doran et al., 1996)



<http://picasaweb.google.com/lh/view?g=microorganism&psc=G&filter=1&hl=pt-BR#5748592490233185138>

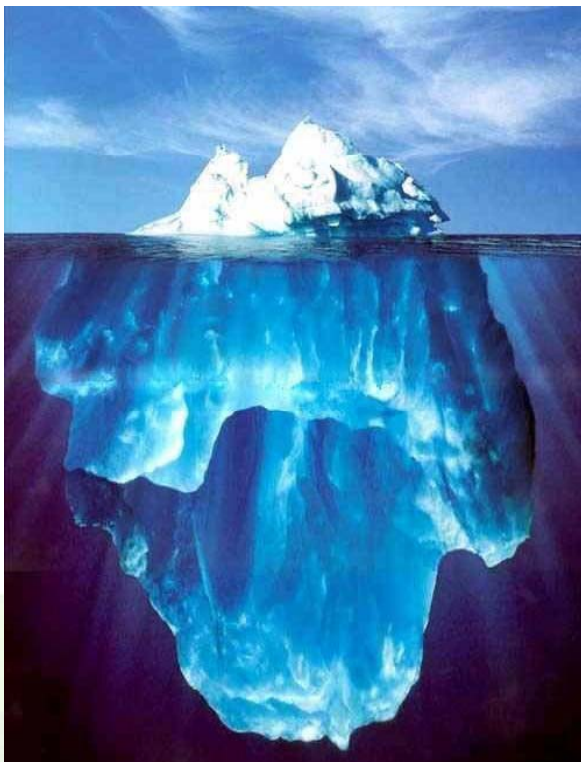


Embrapa

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

Só conhecemos a ponta do iceberg...



Embrapa

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

Consequências da degradação do solo e da água

- Perda de diversidade;
 - Perda da funcionalidade;
 - Pressão sobre novas áreas.
- Custos Ambientais
- Maior dependência externa;
 - Menor eficiência;
 - Menor produção.
- Custos Econômicos



Embrapa

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

Resíduos: da geração à destinação

Agroindústria da cana.



Nogueira (2001)



Nogueira (2001)

Água, N, K.



Nogueira (2001)



Embrapa

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

Resíduos: da geração à destinação

Estações de
tratamento de esgoto.



Nogueira (2001)



Nogueira (2001)

C, N, P, Ca, efeito corretivo



Carmo (2011)



Embrapa

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

Resíduos: da geração à destinação

Lodo de curtume.



Martins (2009)

C, N, S, Ca, efeito corretivo



Martins (2009)



Embrapa

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

Resíduos: da geração à destinação

Lixiviado de aterros sanitários



Fonte: <http://www.cntuld.com.br>



Fonte: <http://www.cntuld.com.br>

N, K, Na



Santos, 2010



Embrapa

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

Resíduos: da geração à destinação

"Composto" de lixo urbano



Nogueira (2001)



Nogueira (2001)

C, N



Nogueira (2001)



Embrapa

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

Resíduos: da geração à destinação

Efluente de esgoto tratado



Água, N, K, Na



Embrapa

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

Relação DQO/DBO de alguns resíduos

Resíduo	DQO (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	DQO/DBO ₅
Esgoto doméstico bruto	500	300	1,7
Esgoto doméstico tratado	50	10	5
Vinhaça	60.000	30.000	2
Resíduo de curtume	13.000	1.270	10,2
Res. ind. papel e celulose	620	226	2,7
Res. tratado ind. papel e celulose	250	30	8,3
Lixiviado de aterro	2.325	150	15,5

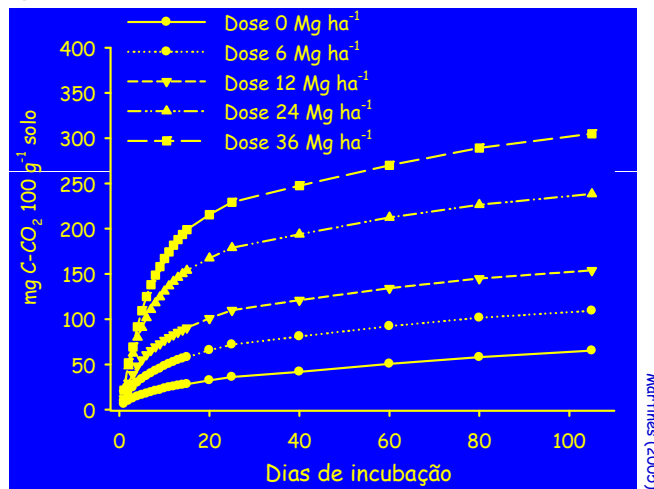


Embrapa

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

Mineralização do resíduo



Cuidado com carbonatos!

Doses de Lodo (Mg ha^{-1})	C-degradado = $C_0(1-e^{-kt})$			
	C_0 ($\text{mg 100g}^{-1} \text{ solo}$)	k (dia^{-1})	Meia-vida (dia)	R^2
6	41,58	0,0924	8	0,99**
12	82,68	0,1072	6	0,99**
24	160,40	0,1128	6	0,99**
36	221,90	0,1022	7	0,99**

Martins (2005)

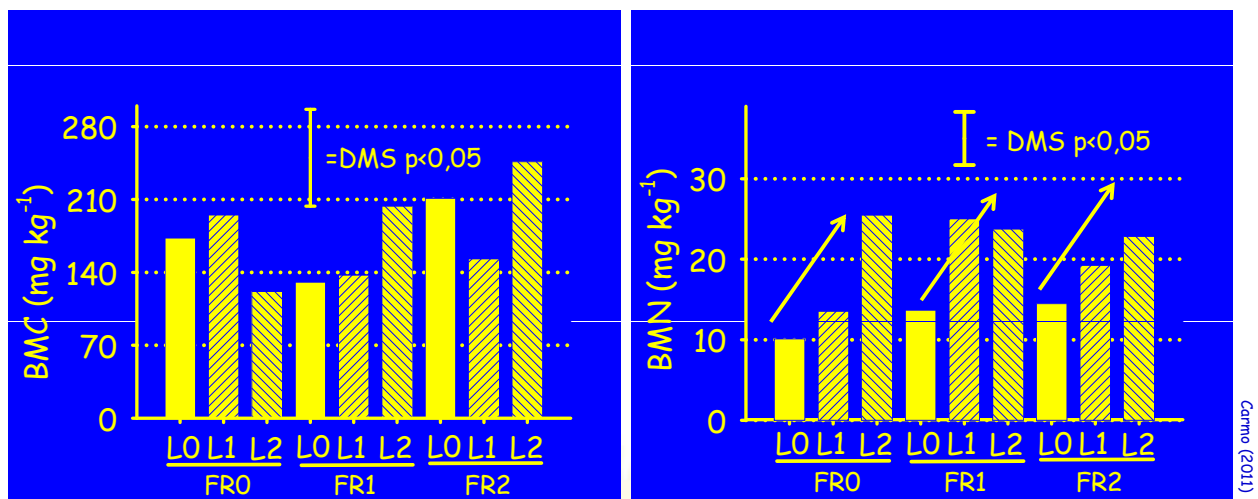


Embrapa

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

Atributos microbiológicos



Biomassa microbiana de carbono (BMC) e de nitrogênio (BMN) em solo tratado com biossólido (L0 = 0; L1 = 46; L2 = 92 g kg⁻¹) e fosfato de Gafsa (FR0 = 0; FR1 = 0,7; FR2 = 1,4 g kg⁻¹). DMS representa a diferença mínima significativa (Tukey).

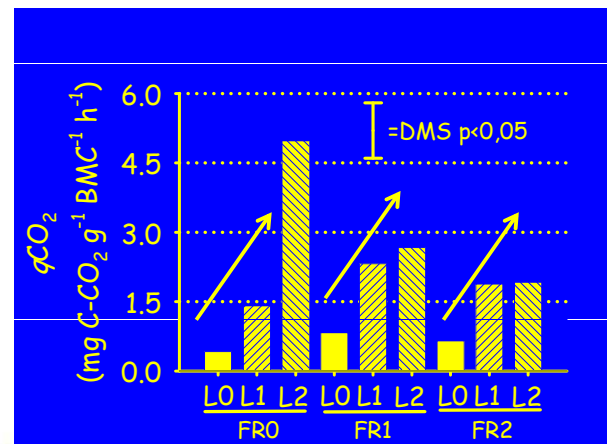
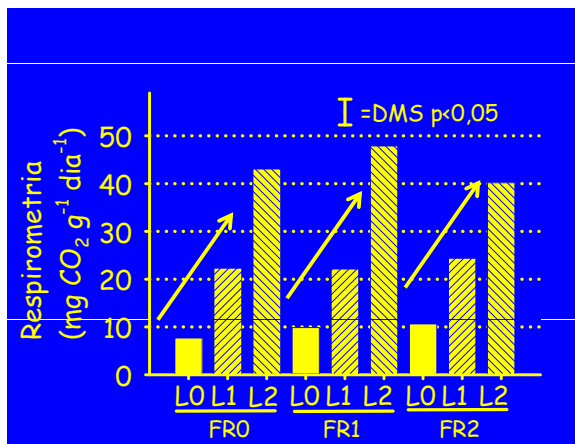


Embrapa

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

Atributos microbiológicos



Carmo (2011)

Respirometria basal e quociente metabólico em solo tratado com biossólido (L0 = 0; L1 = 46; L2 = 92 g kg⁻¹) e fosfato de Gafsa (FR0 = 0; FR1 = 0,7; FR2 = 1,4 g kg⁻¹). DMS representa a diferença mínima significativa (Tukey).



Embrapa

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

Atributos bioquímicos

C total, atividades enzimáticas e condutividade elétrica em solo tratado com biossólido (L0 = 0; L1 = 46; L2 = 92 g kg⁻¹) e fosfato de Gafsa (FR0 = 0; FR1 = 0,7; FR2 = 1,4 g kg⁻¹). Letras distintas indicam diferença estatística (Tukey, p<0,05).

Variáveis	Fosfato de Rocha			Biossólido		
	FR0	FR1	FR2	L0	L1	L2
C total (g kg ⁻¹)	14,8 A	14,7 A	14,3 A	11,5 C	15,0 B	17,4 A
Desidrogenase (μg TTF g ⁻¹ 24 h ⁻¹)	2,5 B	3,0 AB	3,9 A	1,1 B	6,4 A	1,8 B
Urease (μg N-NH ₄ ⁺ g ⁻¹ 2 h ⁻¹)	42,0 A	49,3 A	41,6 A	22,3 C	62,6 A	48,0 B
Celulase (μg g ⁻¹ AR 24 h ⁻¹)	473,3 A	405,1 A	432,3 A	447,7 A	438,2 A	424,8 A
Fosfatase ácida (μg g ⁻¹ PNF h ⁻¹)	574 A	569 A	576 A	567 A	572 A	581 A
Condutividade elétrica (μS cm ⁻¹)	1493 A	1443 A	1395 A	258 C	1327 B	2746 A

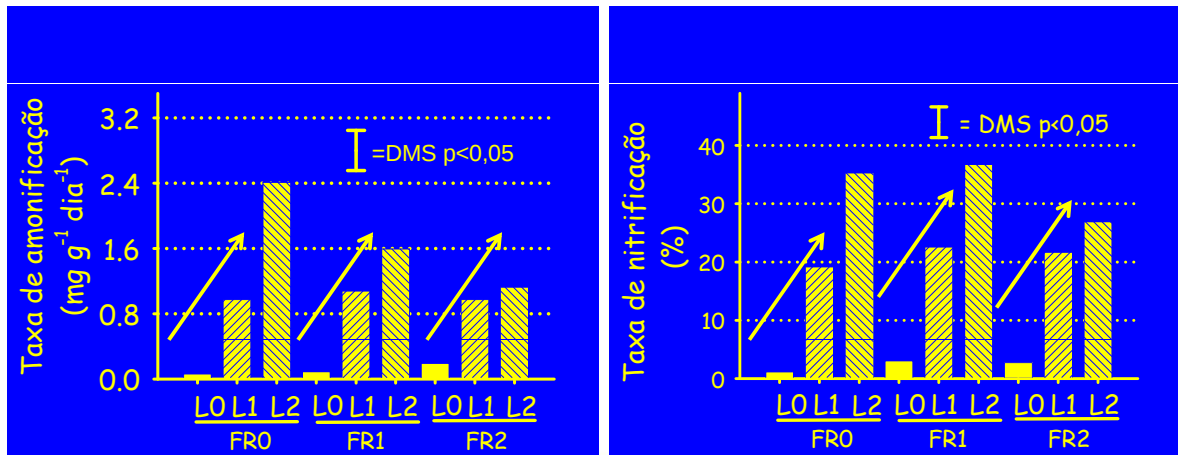
Carmo (2011)


Embrapa

 Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

 GOVERNO FEDERAL
BRASIL
 PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

Dinâmica do Nitrogênio



Taxas de amonificação e de nitrificação em solo tratado com biossólido (L0 = 0; L1 = 46; L2 = 92 g kg⁻¹) e fosfato de Gafsa (FR0 = 0; FR1 = 0,7; FR2 = 1,4 g kg⁻¹). DMS representa a diferença mínima significativa (Tukey).

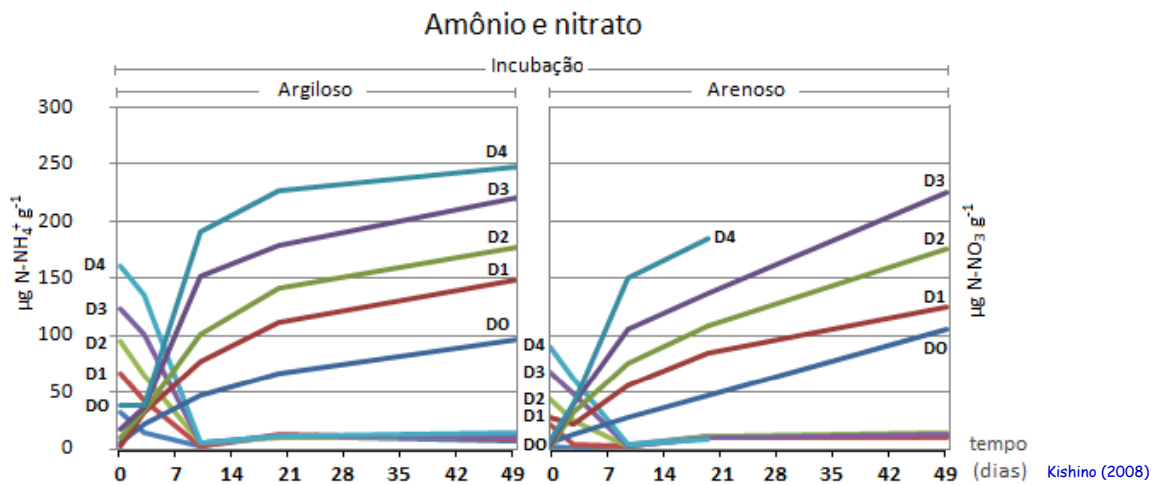


Embrapa

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

Dinâmica do Nitrogênio



Teores de amônio e nitrato em solo argiloso e arenoso tratados com lixiviado de aterro sanitário (D0 = 0; D1 = 30; D2 = 60; D3 = 90; D4 = 120 kg ha⁻¹ de N. Lixiviado contendo 918 mg L⁻¹ (N total) = 850 mg L⁻¹ N-NH₄⁺ + 13 mg L⁻¹ N-NO₃⁻



Embrapa

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

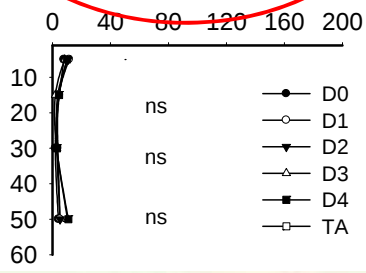
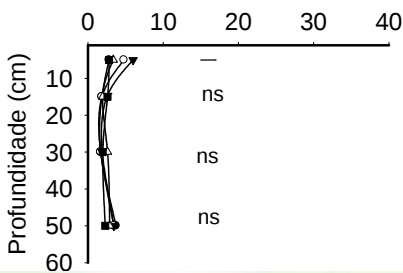
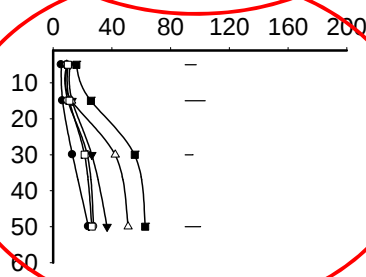
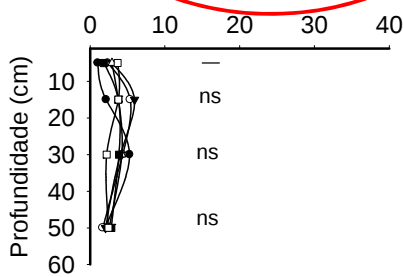
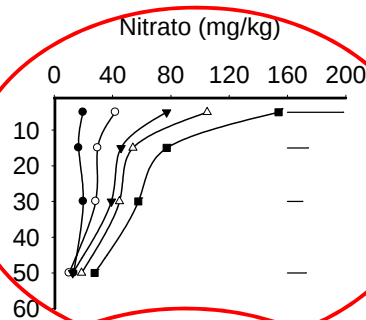
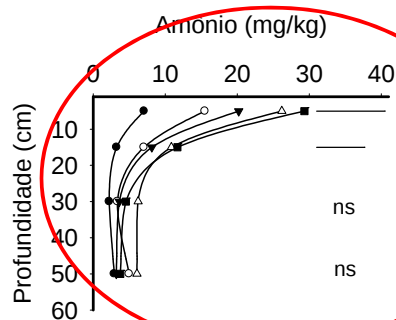
GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

Ano 1

Amostragem 1

Amostragem 2

Amostragem 3



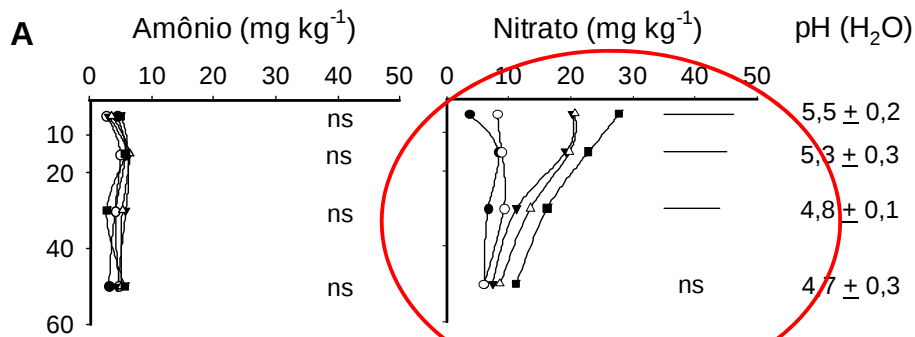
Santos et al., 2013


Embrapa

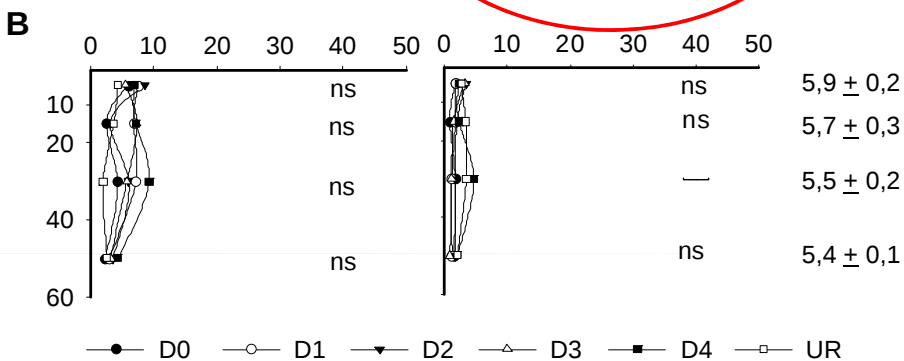
 Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

 GOVERNO FEDERAL
BRASIL
 PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

Ano 2



Amostragem 4



Amostragem 5

Panchoni, 2011

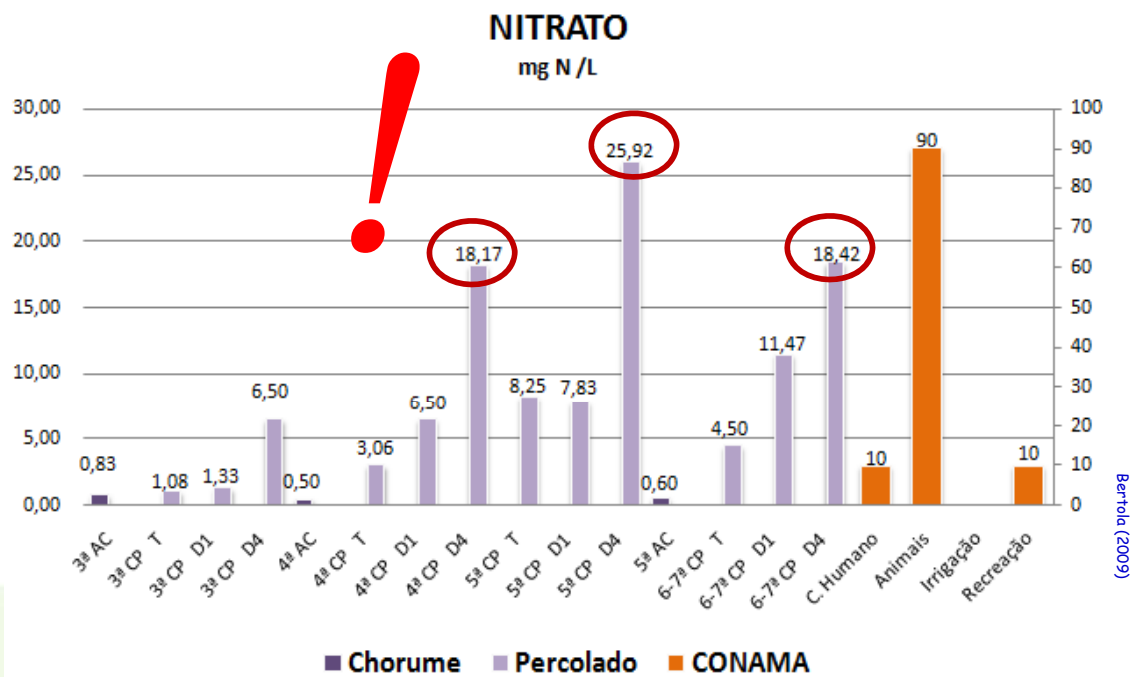


Embrapa

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PANCHONI, 2011
PAÍS RICO É PAÍS SEM PÓBREZA

Consequência...

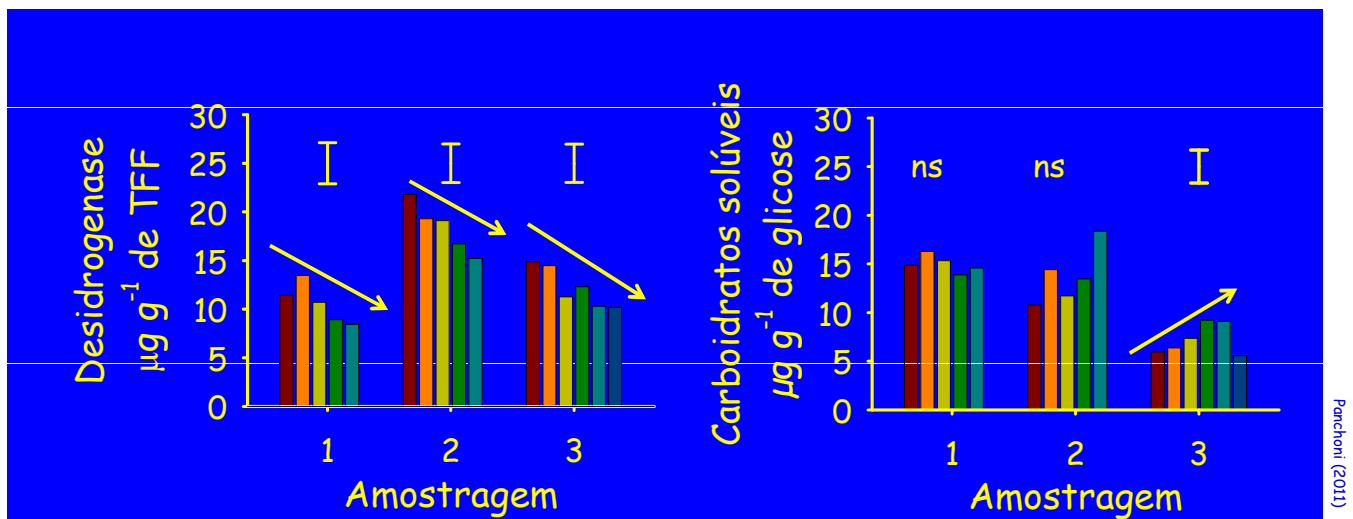


Embrapa

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

Atributos bioquímicos



Parchoni (2011)

Atividade de desidrogenase e teores de carboidratos solúveis em solo argiloso após 4, 5 e 6 aplicações de lixiviado de aterro sanitário (D0 ■ = 0; D1 ■ = 30; D2 ■ = 60; D3 ■ = 90; D4 ■ = 120 kg ha⁻¹ de N como lixiviado; TA ■ = 120 kg ha⁻¹ de N como ureia. Barras de erro representam a diferença mínima significativa (Tukey p<0,05).



Embrapa

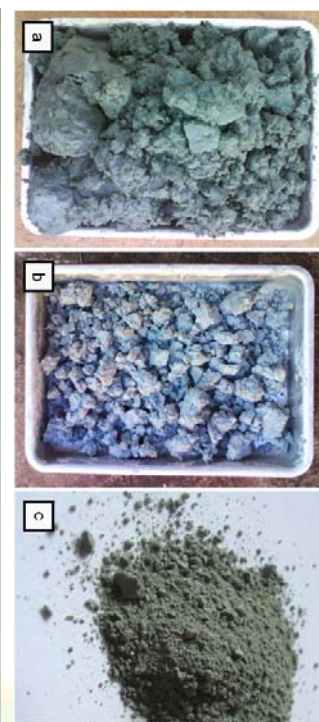
Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

E quanto a contaminantes tóxicos?

Ex.: lodo galvânico

Elementos	Teores totais (g kg ⁻¹)
Ca	329,5
Mg	236,3
Ni	143,1
Cr	83,5
Fe	56,9
Cu	49,4
Si	37,8
Al	24,7
S	19,3
Zn	16,9
K	2,1
V	0,6



Kishino (2011)



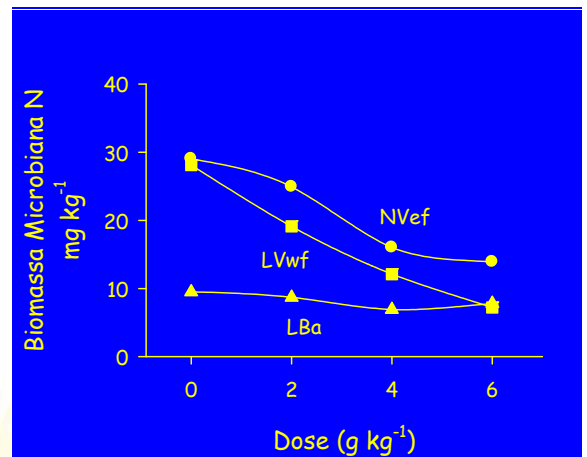
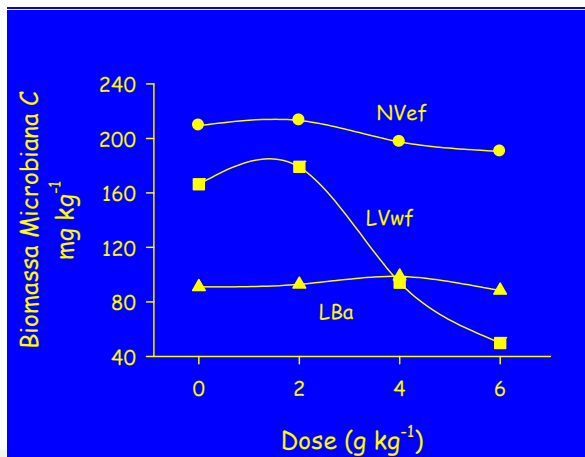
Embrapa

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

E quanto a contaminantes tóxicos?

Atributos microbiológicos



Kishino (2011)

Biomassa microbiana de C e de N em três tipos de solo que receberam doses crescentes de lodo galvânico.



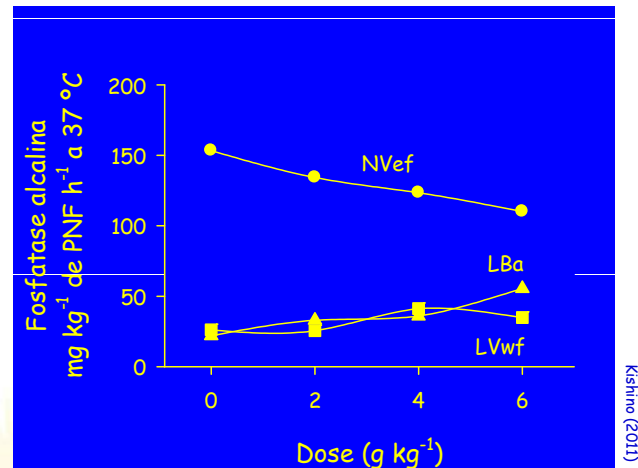
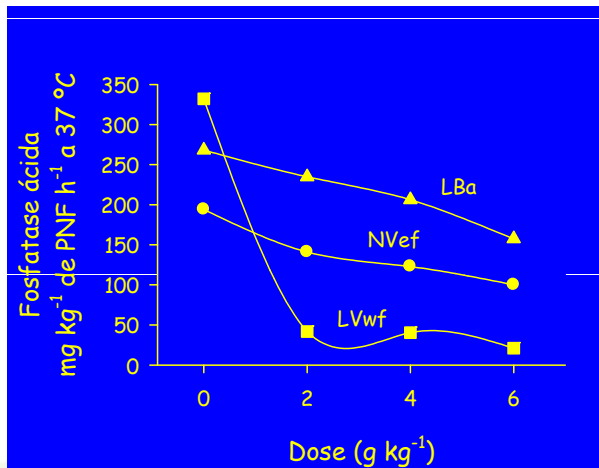
Embrapa

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

E quanto a contaminantes tóxicos?

Atributos bioquímicos



Kishino (2011)

Atividade de fosfatase ácida e de fosfatase alcalina em três tipos de solo que receberam doses crescentes de lodo galvânico.



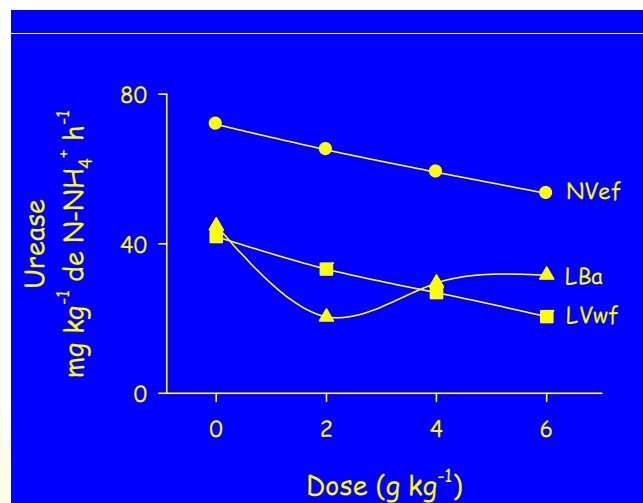
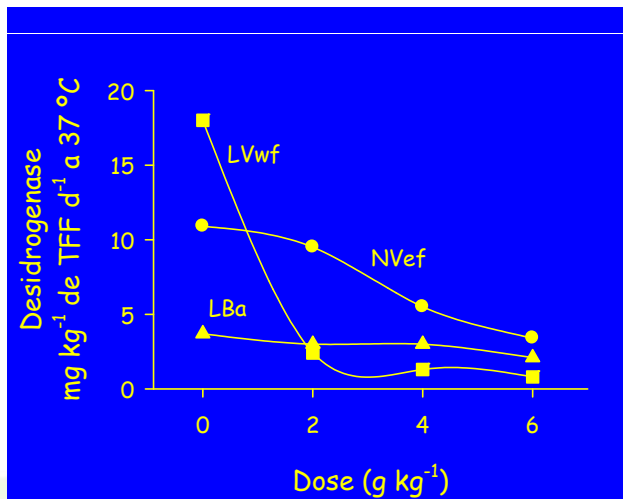
Embrapa

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

E quanto a contaminantes tóxicos?

Atributos bioquímicos



Kishino (2011)

Atividade de desidrogenase e de urease em três tipos de solo que receberam doses crescentes de lodo galvânico.



Embrapa

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

Considerações finais

- Efeitos podem ser positivos ou negativos;
- Interpretar conforme a função, com cautela;
- Conjunto mínimo de indicadores;
- Ajustar dose para cada condição;
- Aplicações parceladas de resíduos, fator mais limitante, legislação;
- Interdisciplinaridade de áreas do conhecimento;
- Monitoramento constante.



Embrapa

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

Agradecimentos

- Comissão organizadora do XXXIV CBCS;
- CNPq e CAPES;
- Atuais e ex-alunos de graduação e pós-graduação;
- Universidade Estadual de Londrina;
- Embrapa Soja.

