



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA LUIZ DE QUEIROZ
Recuperação de Áreas Degradadas



APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS NA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

Prof. Dr. Rafael Otto

Piracicaba, SP
14 de setembro de 2016

ÁREAS DEGRADADAS

Sofreram profundas alterações físicas e/ou químicas, após um distúrbio, perdendo a capacidade de regeneração natural e, portanto, havendo a necessidade da intervenção humana.

Uma das alternativas é a utilização de resíduos para a sua recuperação, associados a espécies vegetais de crescimento rápido para revegetação que proporciona um rápido recobrimento do solo, reduzindo o impacto direto das gotas de chuvas e, conseqüentemente, a formação de crosta superficial que dificulta a infiltração de água no solo.

ÁREAS DEGRADADAS

- Industriais
- Agrícolas ou florestais
- Mineração
- Desastres naturais







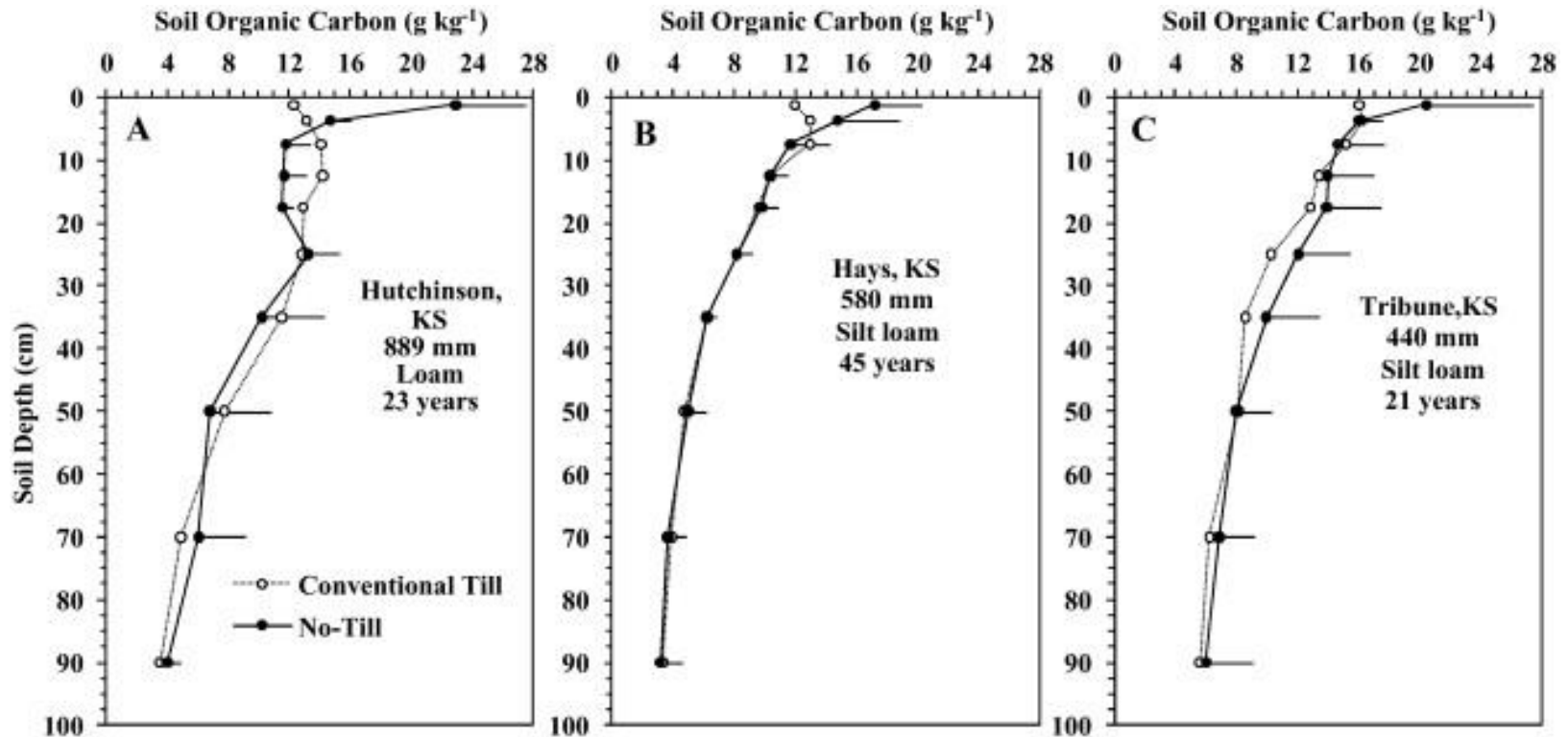






A CAMADA MAIS RICA DO SOLO

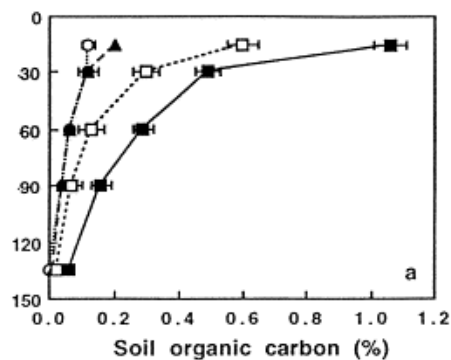
Distribuição do C orgânico no perfil do solo



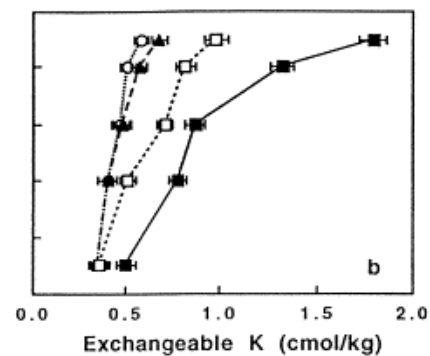
Fonte: Blanco-Canqui et al., 2011

Distribuição do C e nutrientes no perfil do solo

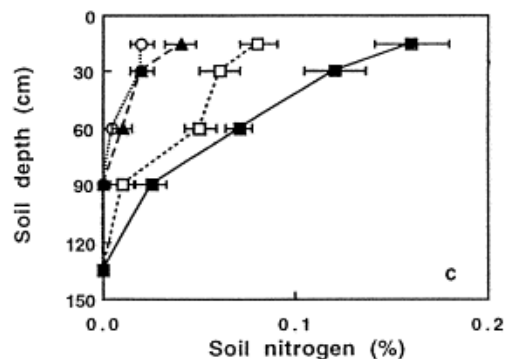
C



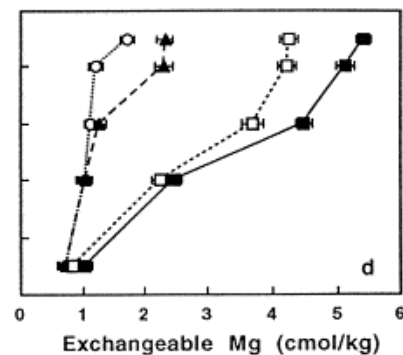
K



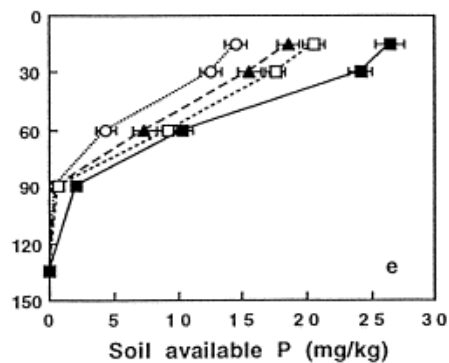
N



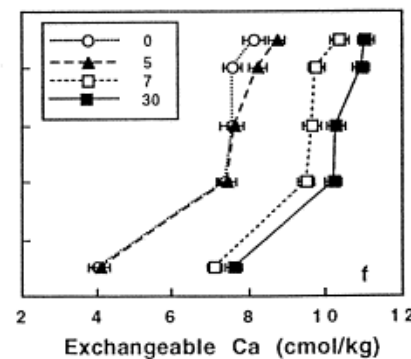
Mg



P



Ca



Fonte: Bhojvaid and Timmer (1998)

EFEITO DA MATÉRIA ORGÂNICA NAS CARGAS DO SOLO

Solos		Contribuição relativa (%)	
	CTC (mmol _c /kg)	Argila	M.O.S.
Clima temperado¹			
Espodossolos	55	4	96
Neossolos	56	19	81
Cambissolos	82	31	69
Chernossolos	130	34	66
Clima tropical²			
Argissolos	32	31	69
Argissolos	37	27	73
Nitossolos	244	38	62
Latossolos	39	26	74

¹Yuan et al. (1967)

²Raij (1969)

MINERALIZAÇÃO DE NUTRIENTES

Nutriente	Taxa de mineralização	Quantidade mineralizada	
		kg ha ⁻¹ dia ⁻¹	kg ha ⁻¹ ano ⁻¹
N	0,03-3,00	0,6-6,0	100-1000
P	0,02-0,19	0,4-3,6	73-648
S	0,09-0,12	1,8-2,4	320-430

Fonte: Moreira e Siqueira (2006)

Controle da erosão – práticas mecânicas

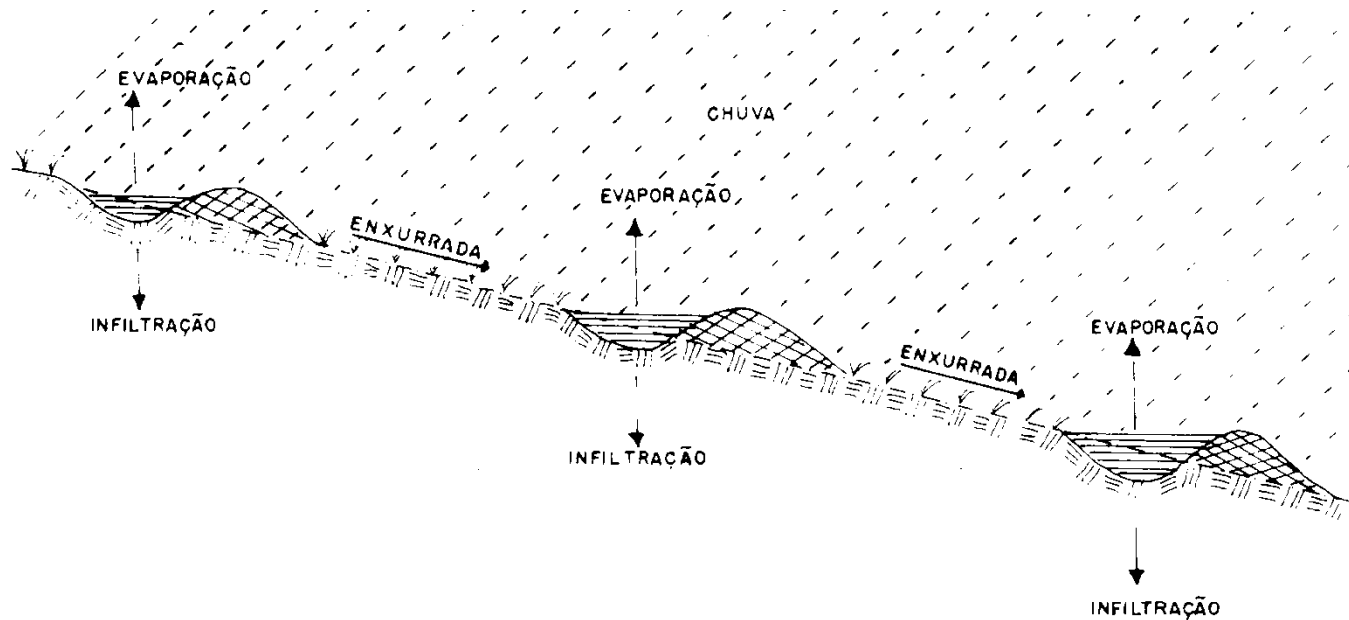


FIGURA 2 – Representação esquemática de um terraceamento mostrando a retenção das águas da enxurrada e o parcelamento do declive.















Foto: R. Otto (2008)





Uso associado de adubos orgânicos e adubos verdes



Dissertação de mestrado

Toma, R.S. Efeito da aplicação de composto orgânico sobre o processo de encrostamento e a recuperação de solos degradados pela erosão hídrica. 2008

Tratamentos

- Com ou sem erosão (remoção de 50 cm da superfície do solo)**
- 4 doses de composto orgânico: 0, 20, 40 e 100 Mg ha⁻¹**

Plantio de tremoço branco e crotalária

Adição de composto orgânico

- Melhorou as propriedades químicas e físicas do solo
- Diminuiu a densidade do solo
- Aumentou a infiltração de água
- Diminuiu o encrostamento superficial
- Aumentou o crescimento das plantas



FERTILIZANTES ORGÂNICOS E SEU EMPREGO

**Uma das formas mais
rápidas e econômica de
recuperar áreas degradadas!**

1. CONCEITOS IMPORTANTES

- **Resíduo orgânico:** todo material de origem vegetal ou animal, no estado cru ou apresentando graus diferentes de decomposição. Exemplos: esterco, palhas, turfas, tortas vegetais, bagaço de cana, etc.
- **Matéria orgânica:** conjunto de compostos ou substâncias orgânicas existentes nos resíduos orgânicos. Exemplos: celulose, hemicelulose, lignina, açúcares, proteínas, lipídeos, substâncias húmicas, etc.
- **Húmus:** fração da matéria orgânica (e também dos resíduos orgânicos) submetida à intensa transformação microbiana e que adquiriu estabilidade, foi reduzida a dimensões coloidais e passou a ter intensa atividade físico-química.

- **Fertilizantes orgânicos:** resíduos orgânicos naturais, tratados ou não, que possuem características físicas, químicas e biológicas tais que possibilitam seu emprego na agricultura com a finalidade de melhorar as características do solo e aumentar a produtividade das culturas.



ADUBAÇÃO ORGÂNICA

- ***EFEITOS NO SISTEMA SOLO X PLANTA***
- **Ação conjunta das propriedades:**
 - ➔ **FÍSICAS**
 - ➔ **QUÍMICAS**
 - ➔ **BIOLÓGICAS**

ADUBAÇÃO ORGÂNICA - EFEITOS

FÍSICOS:

- aumento da capacidade de retenção de umidade do solo
- melhoria na taxa de infiltração de água no solo
- proporciona boa porosidade ao solo, principalmente macroporos
- redução da densidade do solo
- amortecimento térmico

ADUBAÇÃO ORGÂNICA - EFEITOS

QUÍMICOS:

- aumento da capacidade de retenção de cátions – CTC
- fornecimento de nutrientes: macro e micro
- teores dos nutrientes geralmente baixos
- liberação lenta dos nutrientes
- redução da fixação de P, pois os radicais orgânicos bloqueiam os sítios de fixação

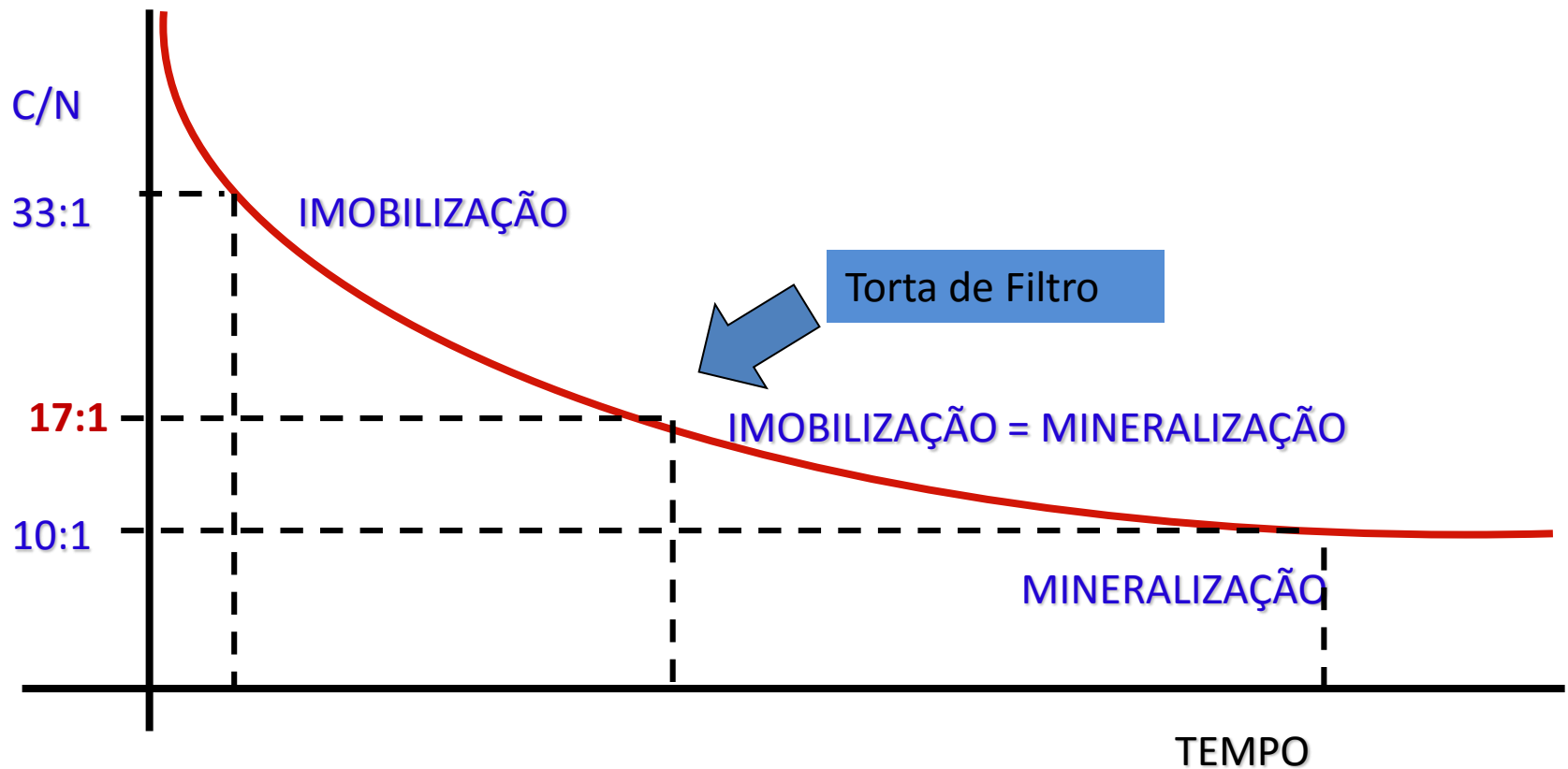
ADUBAÇÃO ORGÂNICA - EFEITOS

BIOLÓGICOS:

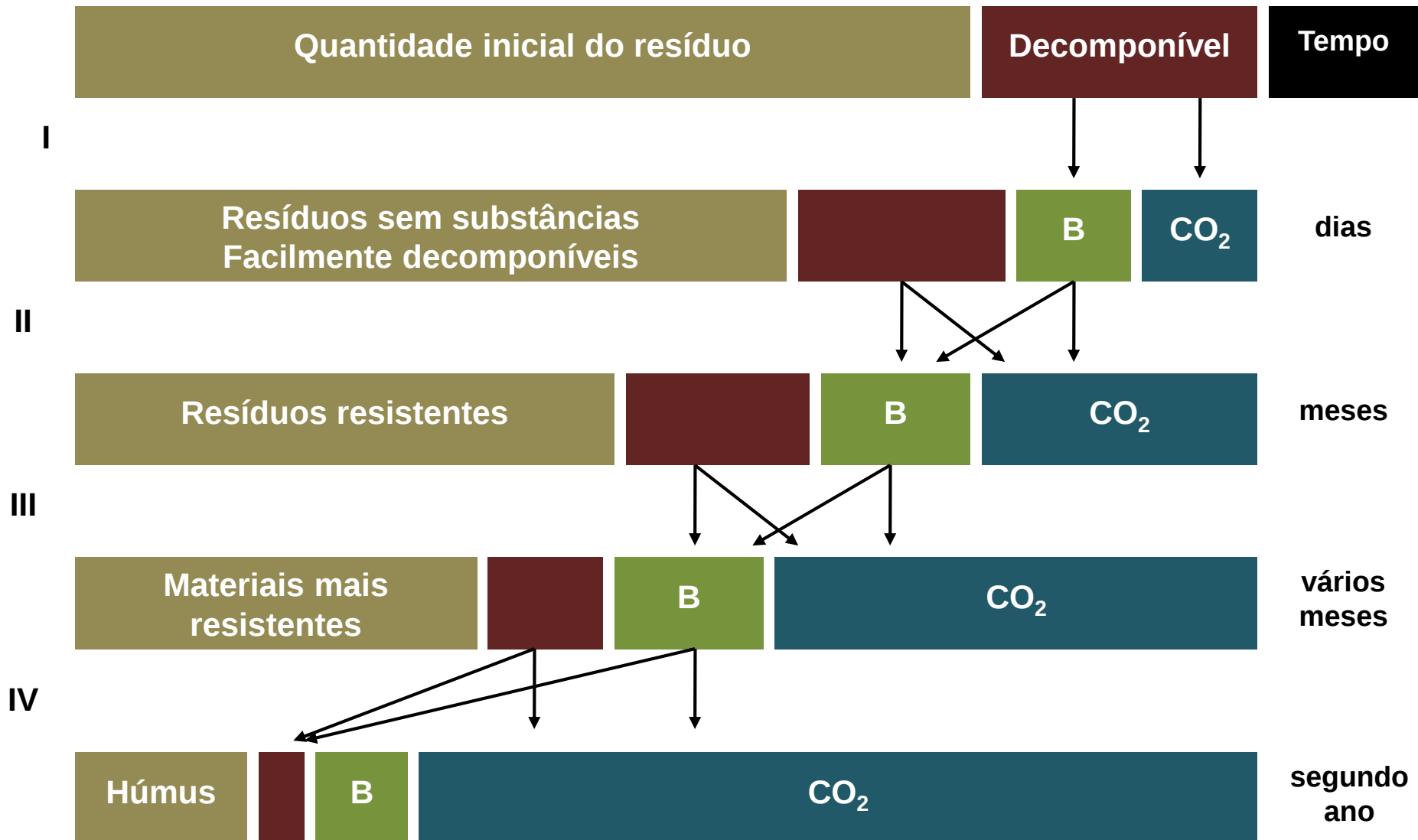
- melhoria da microbiota do solo
- disponibilização de nutrientes

PROCESSO DA COMPOSTAGEM

COMPORTAMENTO DA RELAÇÃO C:N



Progressão de utilização de resíduo orgânico



B: biomassa microbiana

Fonte: Stevenson (1986)

Materiais orgânicos	Relação C:N
Microrganismos do solo	8:1
Matéria orgânica do solo	10:1
Lodo de esgoto	9:1
Resíduos de alfafa	16:1
Dejeto bovino	20:1
Palha de milho	60:1
Palha de cana	100:1
Casca de árvore	200:1
Madeira	625:1

Fonte: Tisdale et al., 1993

O PROCESSO DA COMPOSTAGEM

ETAPAS

- 1- SELEÇÃO DE MATÉRIAS PRIMAS**
- 2- ESTABELECIMENTO DA MISTURA**
- 3- PÁTIO DE COMPOSTAGEM**
 - MONTAGEM DAS LEIRAS**
- 4- REVOLVIMENTO**
 - AERAÇÃO**
 - MOLHAMENTO**
- 5- MONITORAMENTO**
 - TEMPERATURA E UMIDADE**
- 6- COMPOSTO PRONTO - UTILIZAÇÃO**

MANUAL: PEQUENOS VOLUMES



MECANIZADO: GRANDES VOLUMES



1,0m

4,0m

Montagem das Leiras

Us Pioneiros



FÁBRICA DE FERTILIZANTES A CÉU ABERTO!

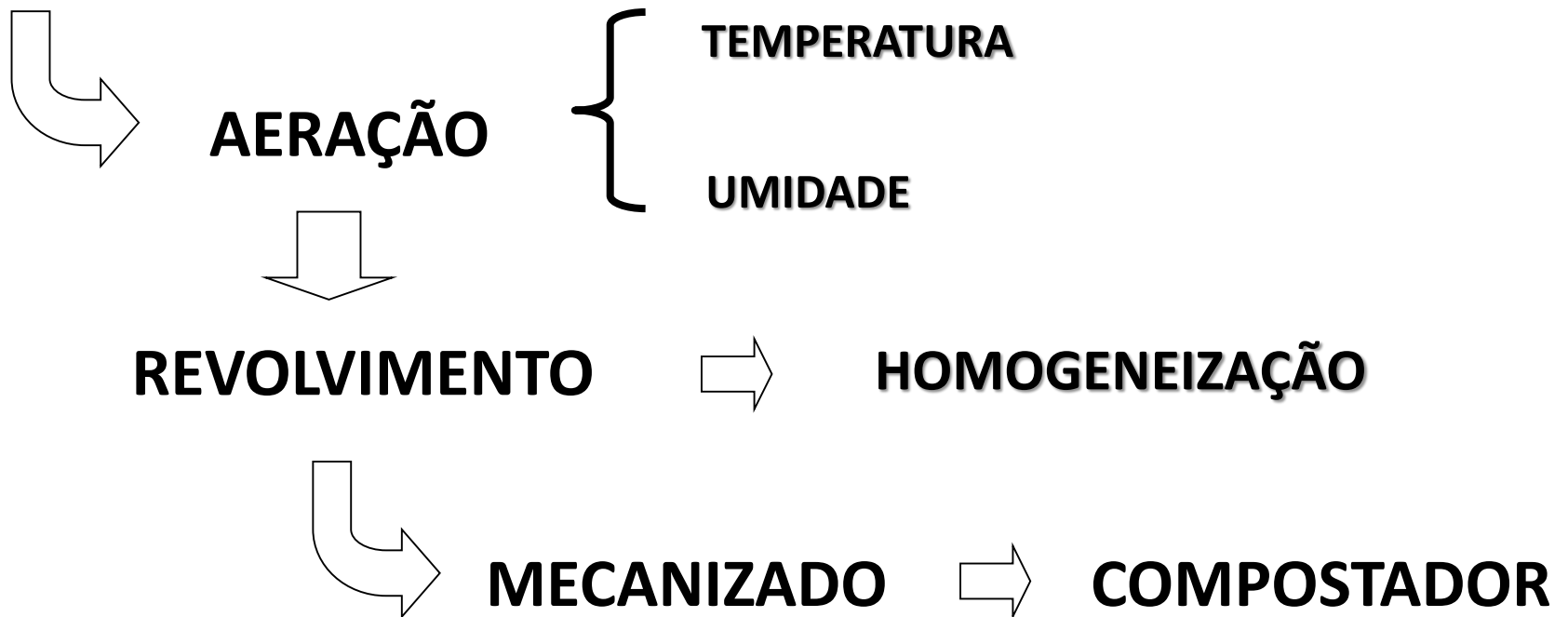


Us S.J. Estiva – W. de Biasi

10 6 2008

REVOLVIMENTO DA LEIRA

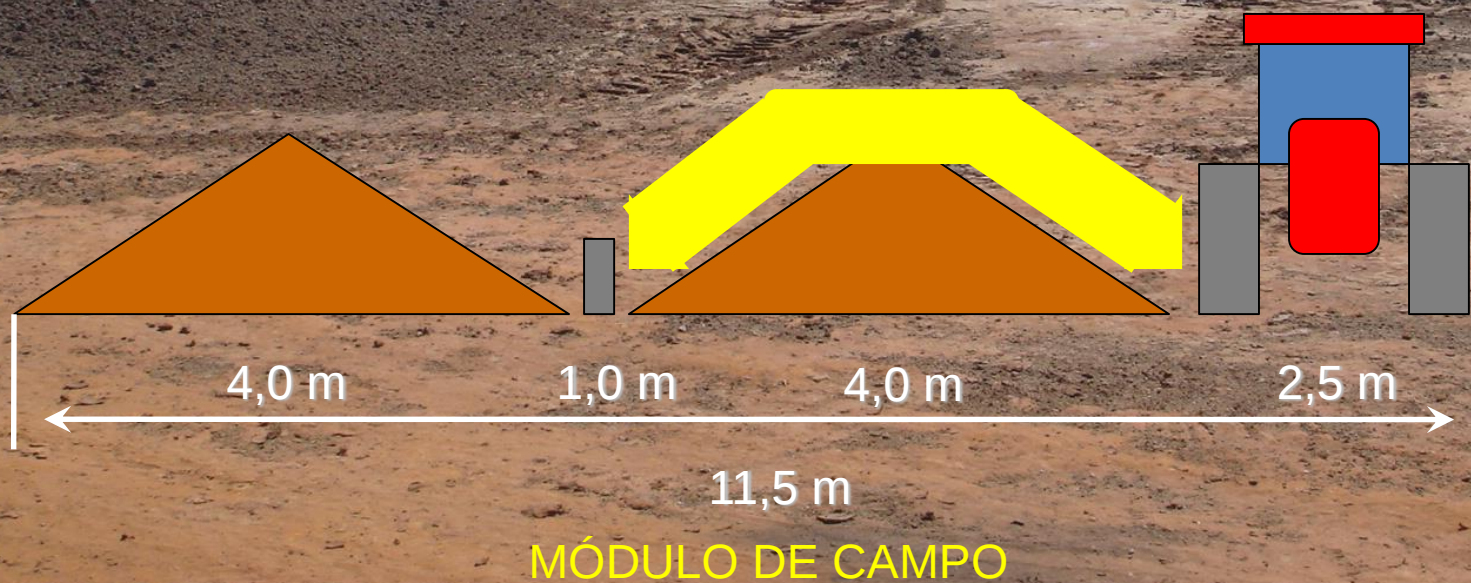
PROCESSO AERÓBIO



COMPOSTADOR SANTA IZABEL



DISPOSIÇÃO DAS LEIRAS





COMPOSTADOR AUTOMOTRIZ PROJETO CTC

MONITORAMENTO DA TEMPERATURA

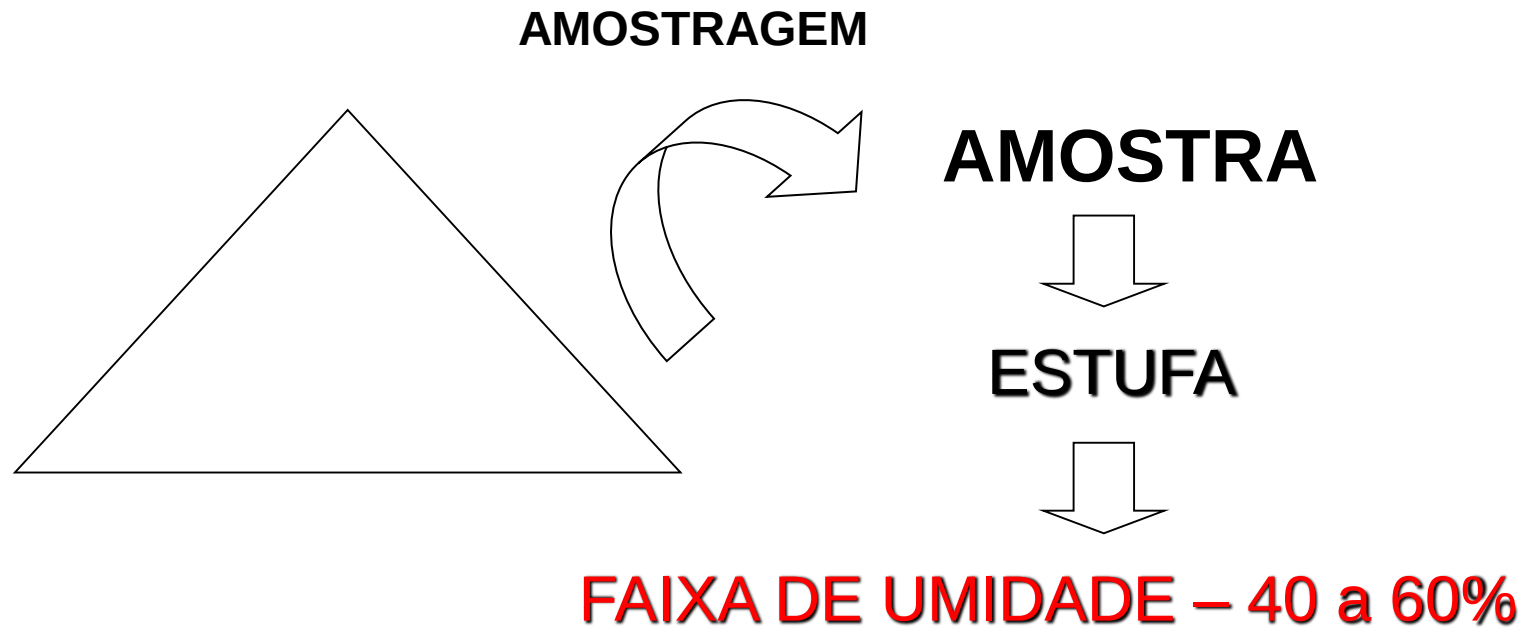
Fase	Temperatura	Características
Mesófila	40 a 50 °C	Bactérias eficientes na decomposição
Termófila	50 a 65 °C	Eliminação de patógenos e sementes de daninhas



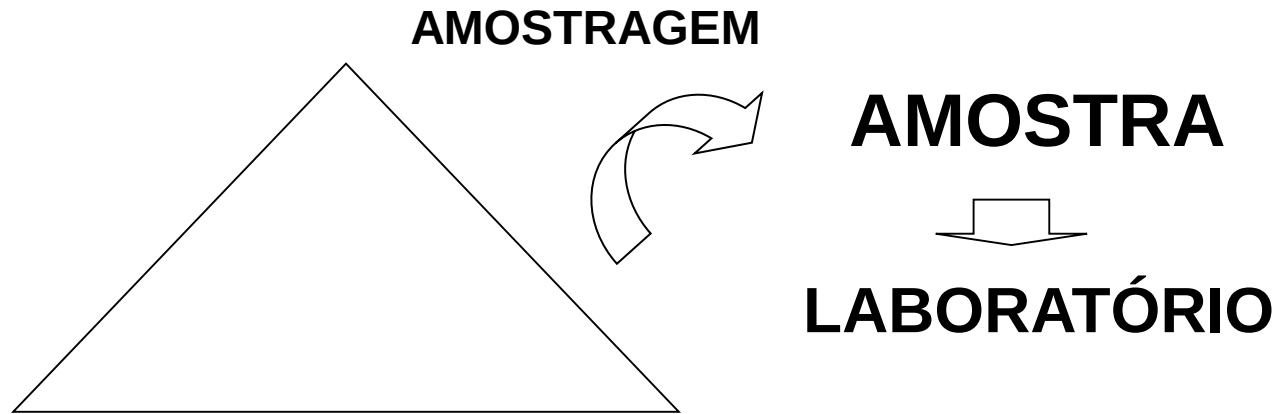
TEMPERATURA FAIXA GERAL – 40 a 70 °C

TEMPERATURA IDEAL – 50 a 55 °C

MONITORAMENTO DA UMIDADE



MONITORAMENTO DO pH



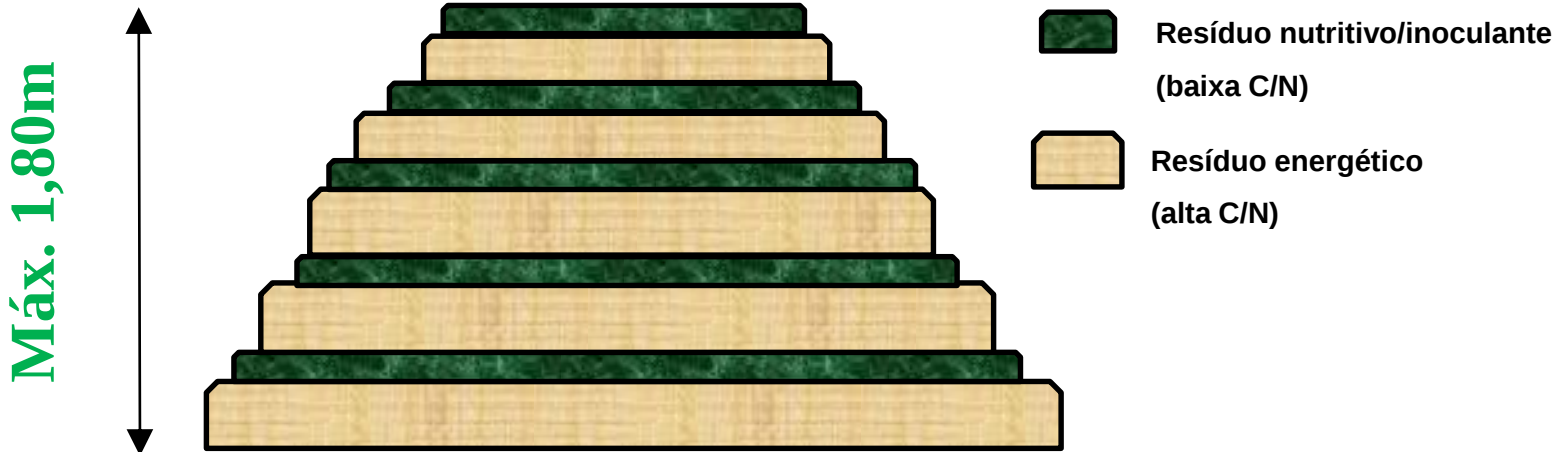
FAIXA

CARACTERÍSTICAS

< 6,0	Composto cru ou início de decomposição – fitotóxico
6,0 a 7,6	Composto semi curado, pode ser usado sem contato com as sementes/raízes
> 7,6	Composto maturado ou humificado pode ser usado sem problemas

No caso de materiais com elevada relação C/N:

- a) 1 camada resíduos energéticos - 15 cm
- b) 1 camada resíduos nutritivos/inoculantes - 5 cm
- c) 1 camada resíduos energéticos- 15 cm
- d) Repetir camadas de modo alternado até altura de 1,60-1,80 m











3. MODOS DE APLICAÇÃO DOS ADUBOS ORGÂNICOS

REGRA GERAL: aplicados da mesma maneira dos fertilizantes minerais

a) **Em culturas anuais**: aplicação no sulco de plantio

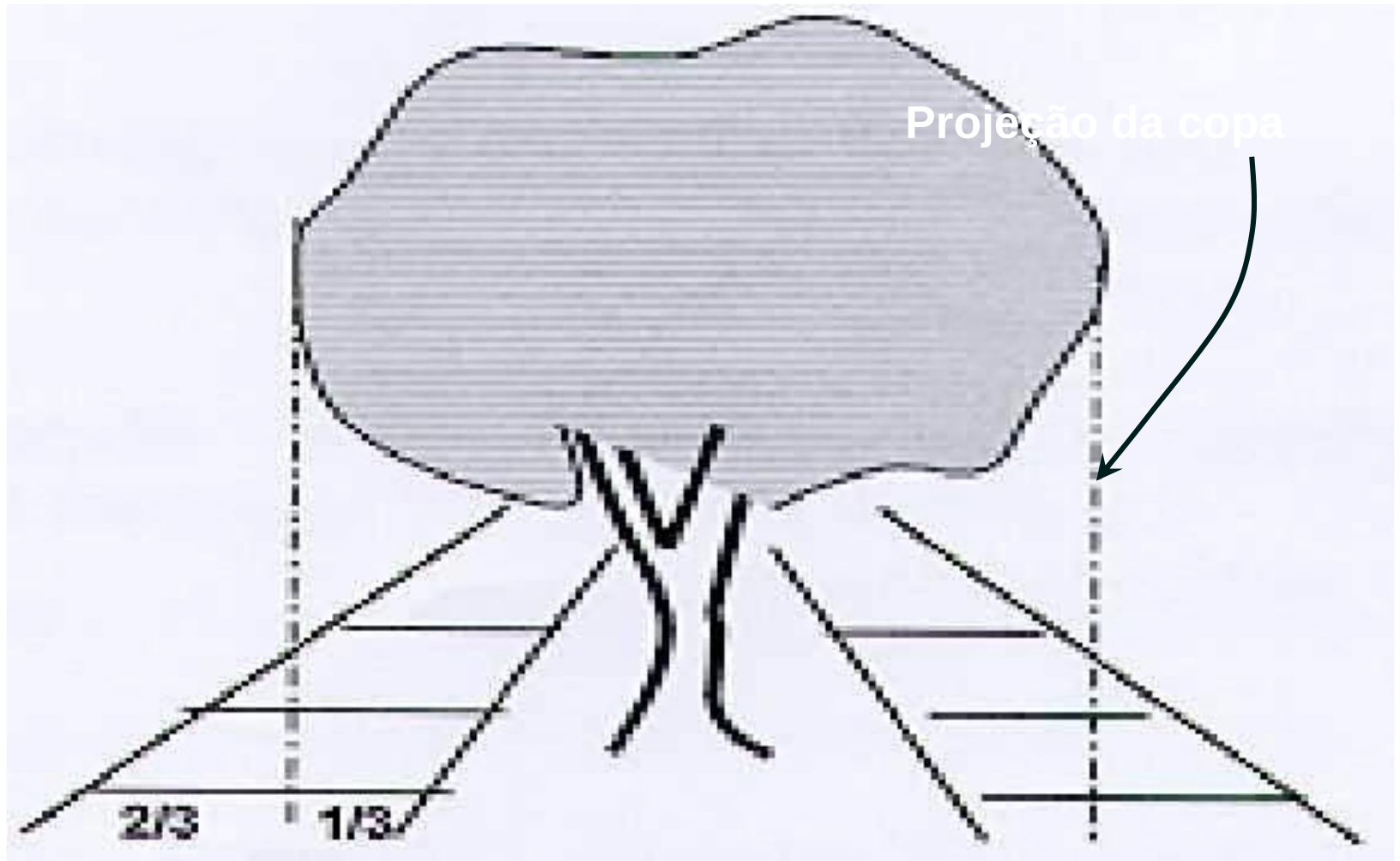
b) **Em culturas perenes**:

- Na instalação: no fundo das covas de plantio
- Em culturas instaladas: em coroa, meia coroa e faixa lateral contínua
- Em pastagens: em área total

APLICAÇÃO E NÃO DESCARTE!!!



APLICAÇÃO DO FERTILIZANTE ORGÂNICO EM FAIXA LATERAL CONTÍNUA EM CULTURAS ARBÓREAS EM PRODUÇÃO





Distribuidora de adubo orgânico a lanço



USINA MARACAJU

4. DOSES DE APLICAÇÃO (GERAL)

- **Adubos “fracos” (curtidos)**

Exemplos: compostos, turfa, biofertilizante

- Qualquer dose
- Em geral: de 5 a 20 t por hectare

- **Adubos “fortes” não curtidos**

Exemplos: esterco de galinha, torta de mamona, farinha de cascos e chifres

- Em solos arenosos: máximo 2 t por hectare
- Em solos argilosos: máximo 4 t por hectare

LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

DEFINIÇÃO DA DOSAGEM MÁXIMA

$$\text{Taxa de aplicação (t/ha)} = \frac{\text{N recomendado (kg/ha)}}{\text{N dispon. (kg/t)}}$$

Para o cálculo do nitrogênio disponível (**N_{disp}**) no lodo de esgoto ou produto derivado, deverão ser utilizadas as seguintes frações de mineralização (**FM**):

Lodo de esgoto não digerido	40%
Lodo de esgoto digerido aerobiamente	30%
Lodo de esgoto digerido anaerobiamente	20%
Lodo de esgoto compostado	10%

Fórmula para cálculo do **N_{disp}** (mg/kg) para aplicação superficial

$$\text{N}_{\text{disp}} = (\text{FM}/100) \times (\text{K}_{\text{KJ}} - \text{N}_{\text{NH}_3}) + 0,5 \times (\text{N}_{\text{NH}_3}) + (\text{N}_{\text{NO}_3} + \text{N}_{\text{NO}_2})$$

Fórmula para cálculo do **N_{disp}** (mg/kg) para aplicação subsuperficial

$$\text{N}_{\text{disp}} = (\text{FM}/100) \times (\text{N}_{\text{KJ}} - \text{N}_{\text{NH}_3}) + (\text{N}_{\text{NO}_3} + \text{N}_{\text{NO}_2})$$

LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

DEFINIÇÃO DA DOSAGEM MÁXIMA

Tabela 4. Cargas acumuladas teóricas permitidas de substâncias inorgânicas pela aplicação de lodo de esgoto ou produto derivado em solos agrícolas.

Substâncias inorgânicas	Carga acumulada teórica permitida de substâncias inorgânicas pela aplicação do lodo de esgoto ou produto derivado (kg/ha)
Arsênio	30
Bário	265
Cádmio	4
Chumbo	41
Cobre	137
Cromio	154
Mercurio	1,2
Molibdênio	13
Níquel	74
Selênio	13
Zinco	445

[Fonte: Resolução CONAMA Nº 375/2006](#)

USO AGRONÔMICO DE ADUBOS ORGÂNICOS

Para saber a quantidade exata a aplicar de adubo orgânico, devem ser seguidos os seguintes procedimentos:

1º passo: analisar o material orgânico

2º passo: transformar os resultados para base úmida:

$$\text{Teor Base Úmida} = \frac{(100 - \text{Umidade})}{100} \times \text{Teor Base Seca}$$

3º passo: Calcular a quantidade de nutrientes que serão aplicados

4º passo: se for necessário, calcular a quantidade de nutrientes que deverão ser complementados com fertilizantes minerais

Exercício: Um produtor deseja utilizar composto orgânico para implantação de espécies nativas na reserva legal de sua propriedade e quer saber se o uso do adubo orgânico supre a necessidade nutricional. O resultado de análise do material orgânico apresenta:

Subproduto	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S	C/N	Um.
	_____ % (base seca) _____							%
Composto orgânico	1,20	1,50	0,60	4,17	0,53	0,34	17	24

Pergunta-se: Qual o teor de nutrientes em base úmida?

Subproduto	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S
	_____ % (base úmida) _____					
Composto orgânico	0,91	1,14	0,46	3,17	0,40	0,26
	_____ kg/t (base úmida) _____					
Composto orgânico	9,1	11,4	4,6	31,7	4,0	2,6

Recomendação de adubação de reflorestamentos mistos com espécies típicas da Mata Atlântica

Calagem: aplicar calcário para elevar V% para 50% (dose máxima = 2 t/ha)

Materia orgânica (g/dm ³)			P resina, mg/dm ³			K trocável, mmol _c /dm ³		
0-15	16-40	> 40	0-5	6-12	> 12	0-0,7	0,8-1,5	> 1,5
N, kg/ha			P ₂ O ₅ , kg/ha			K ₂ O, kg/ha		
60	40	20	80	50	0	60	30	0

Aplicar 1 kg/ha de B em solos com B < 0,6 mg/dm³ e 1 kg/ha de Zn em solos com Zn < 0,6 mg/dm³

Adubação de plantio

Aplicar todo fósforo, zinco e boro e 50% do N e 50% do K no plantio, nos sulcos ou covas

Adubação de cobertura

Aplicar o restante do N e K entre 3 e 6 meses do plantio, na forma de filete contínuo, ao redor da projeção da copa. Aplicar, de preferência, no início da estação chuvosa.

O produtor deseja aplicar:

Época	N, kg/ha	P ₂ O ₅ , kg/ha	K ₂ O, kg/ha
Plantio	30	80	25
Cobertura	30	0	25
Total	60	80	50

Ele irá aplicar 5 t/ha do composto orgânico no plantio. Qual a quantidade de nutrientes que serão fornecidos?

Subproduto	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S
	kg/t (base úmida)					
Composto orgânico	9,1	11,4	4,6	31,7	4,0	2,6
kg/ha (base úmida)						
Composto orgânico	46	57	23	160	20	13
Suplementação	0	23	0	-	-	-
Cobertura	14	0	27	-	-	-

A criatividade nasce da angústia, como o dia nasce da noite escura. É na crise que nascem as invenções, os descobrimentos e as grandes estratégias.

(Albert Einstein)



Obrigado!

**Prof. Dr. Rafael Otto
E-mail: rotto@usp.br**