



# CONTROLE DE VOÇOROCAS EM ÁREAS RURAIS



Alexander Silva de Resende  
Pesquisador Embrapa Agrobiologia

# OBJETIVOS

Caracterizar o problema da erosão por voçorocas e demonstrar o passo a passo de uma estratégia para estabilização do processo.

# APRESENTAÇÃO DO CONTEÚDO

- ▶ Os processos erosivos.
- ▶ Histórico de formação de voçorocas no vale do Paraíba-RJ.
- ▶ Volume de sólidos de uma voçoroca e seu destino.
- ▶ Estratégia para o controle de voçorocas em áreas rurais.
- ▶ Custos envolvidos.

# EROSÃO HÍDRICA

Processos:

Erosão natural x erosão acelerada

Importância:

- ▶ Degradação do solo: perda de nutrientes, MO, água.
- ▶ Poluição da água: nutrientes minerais, matéria orgânica, agrotóxicos, etc., além do assoreamento.

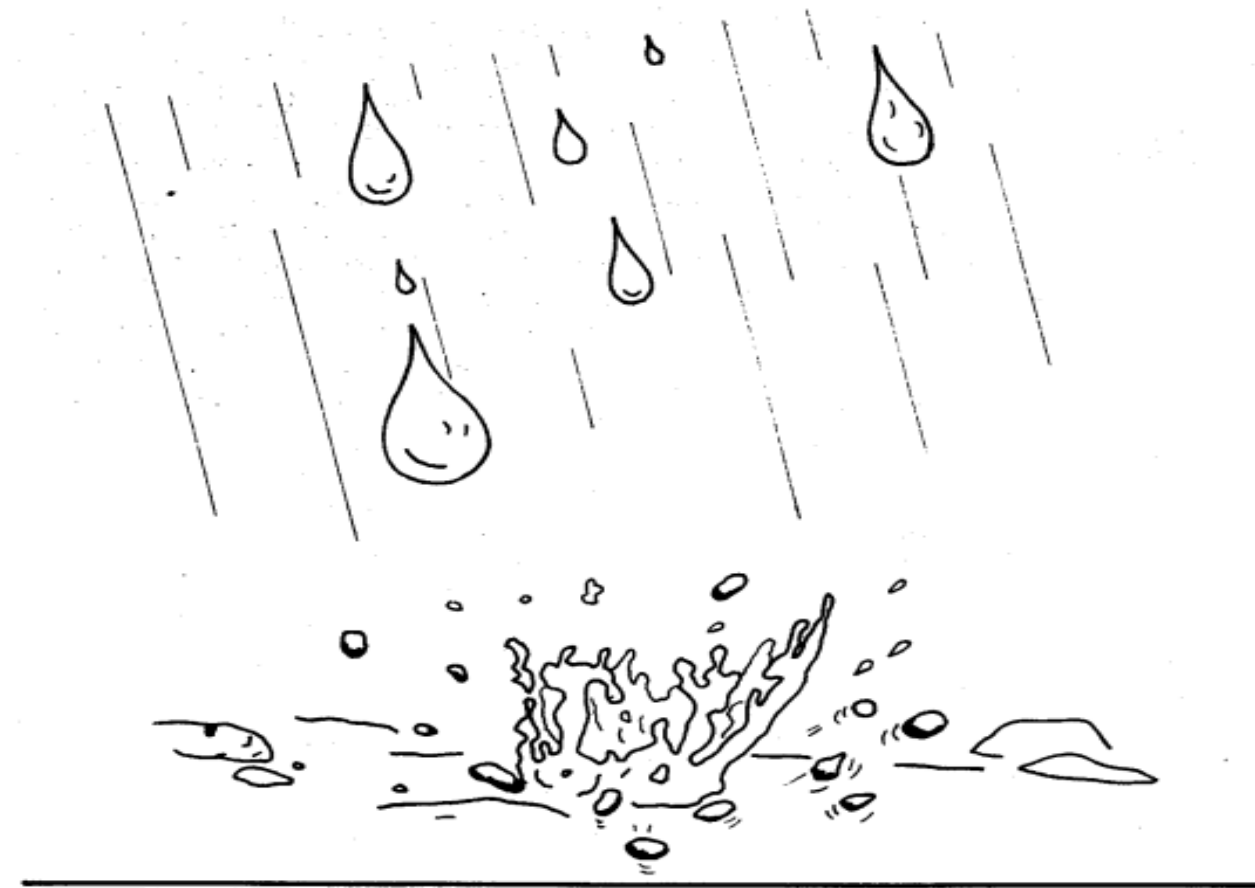


Figura 2.1. Impacto da água de chuva na superfície do solo (fonte: DAEE/IPT, 1990 - pg. 22)

# FORMAS EROSIVAS

Laminar



Foto: Embrapa Algodão

Sulcos



Foto: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Solo>

# VOÇOROCA



# VOÇOROCA “TERRA RASGADA”

Imensas “crateras” formadas com a evolução dos sulcos. Dimensão superior a 0,5 m de largura e profundidade, podendo chegar a mais de 30 m de comprimento (Guerra, 2003).



Escoamento superficial



# CAUSAS

## **Naturais**

Climáticas: intensidade, duração precipitação; cobertura do solo.

Fisiográficas:

Forma do relevo/bacia, declividade, comprimento de rampa.

Propriedades do solo: físicas e químicas, material de origem, etc.

## **Antrópicas**

Todas as atividades que alteram a infiltração da água e modificam a cobertura do solo.

# CONSEQÜÊNCIAS VOÇOROCAS

Assoreamento



Foto: René Boulet

Perda de área agricultável



# PROCESSOS EROSIVOS NO MÉDIO VALE PARAÍBA DO SUL

Fazenda de café no século XIX.



# PROCESSOS EROSIVOS NO MÉDIO VALE PARAÍBA DO SUL



Relevo acidentado



Baixa cobertura do solo



Horizonte C espesso e altamente erodível

# SUSCETIBILIDADE DO SOLO À EROSÃO NO MÉDIO PARAÍBA DO SUL

- ▶ Vulnerabilidade alta a muito alta à erosão: 20% da área Bacia Paraíba do Sul (1 milhão de hectares).
- ▶ Pinheiral-RJ: 88 % da área considerada na categoria alta a muita alta vulnerabilidade à erosão (CEIVAP, 2002).



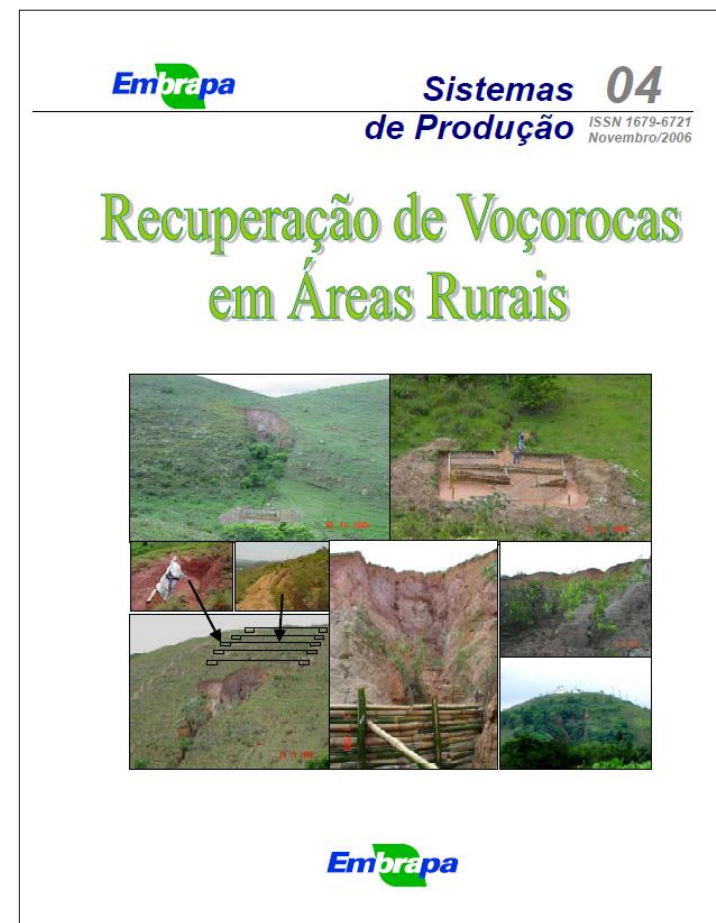
# INFLUÊNCIA NA QUANTIDADE E QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO PARAÍBA DO SUL

Fornecimento de água para agricultura, atividades industriais e consumo doméstico de mais de 9 milhões de pessoas no Grande Rio, através do Sistema Ligth-Cedae.



# COMO RECUPERAR UMA VOÇOROCA A BAIXO CUSTO?

- ▶ Controle da erosão na área à montante ou cabeceira da encosta.
- ▶ Retenção de sedimentos na parte interna da voçoroca com práticas simples e materiais de baixo custo.
- ▶ Revegetação das áreas de captação (cabeceira) e interna da voçoroca com espécies vegetais que consigam se desenvolver adequadamente nesses locais.



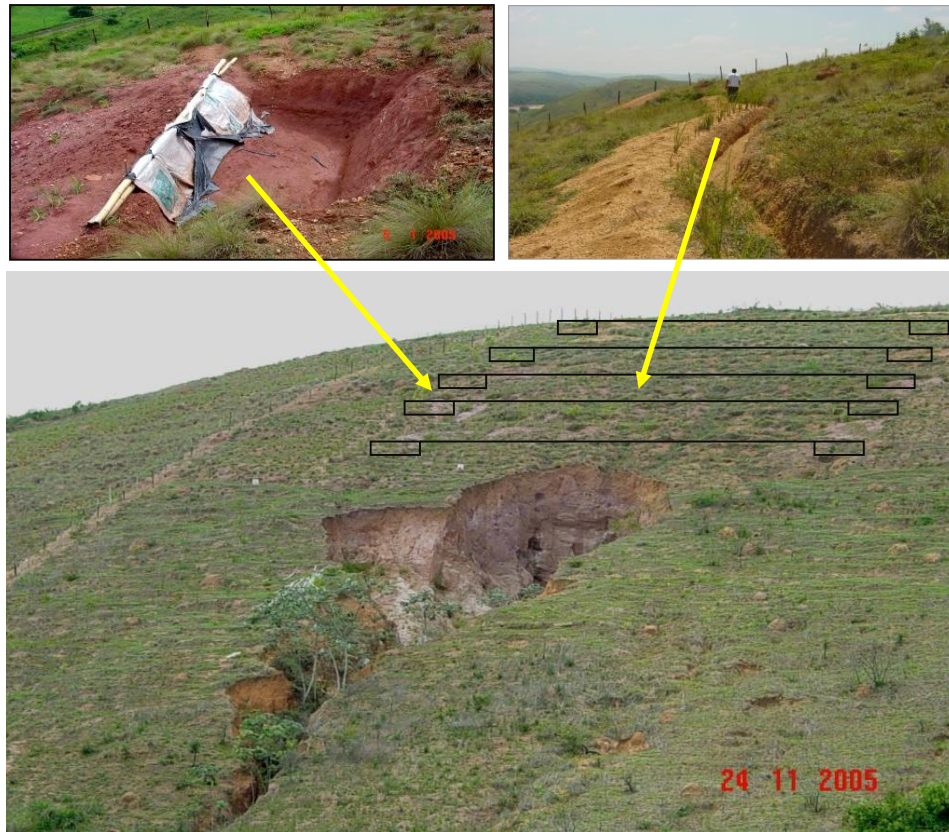
# ATIVIDADES INICIAIS

- ▶ Análises de solo (textura e fertilidade).
- ▶ Isolamento área do pastoreio.
- ▶ Construção de aceiros.
- ▶ Controle de formigas cortadeiras.



# CONTROLE DA EROSÃO COM PRÁTICAS FÍSICAS

Terraços e bacias de retenção



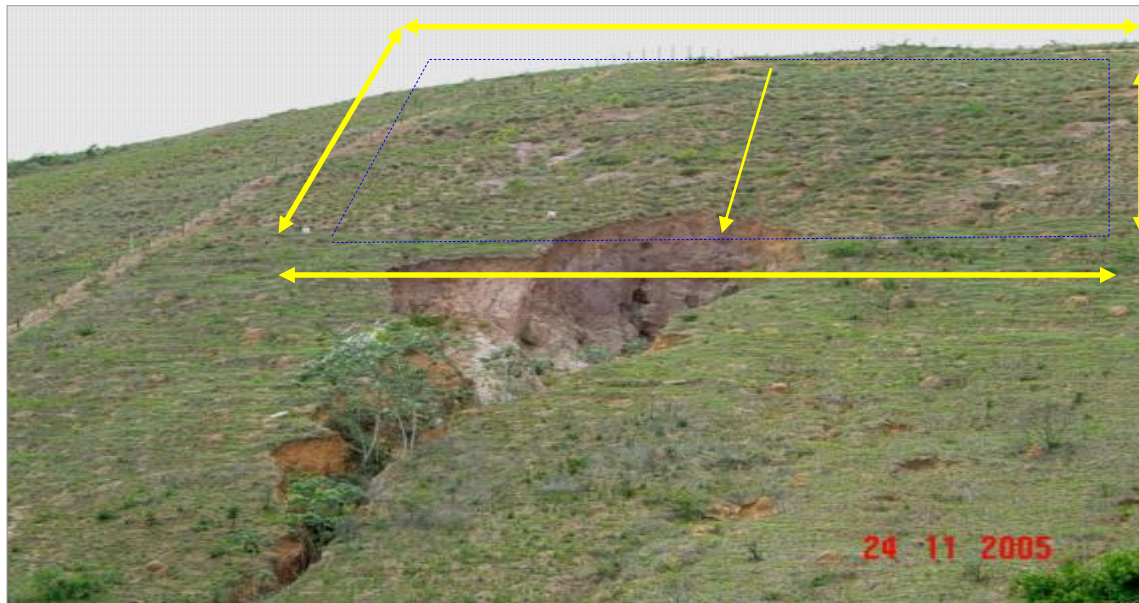
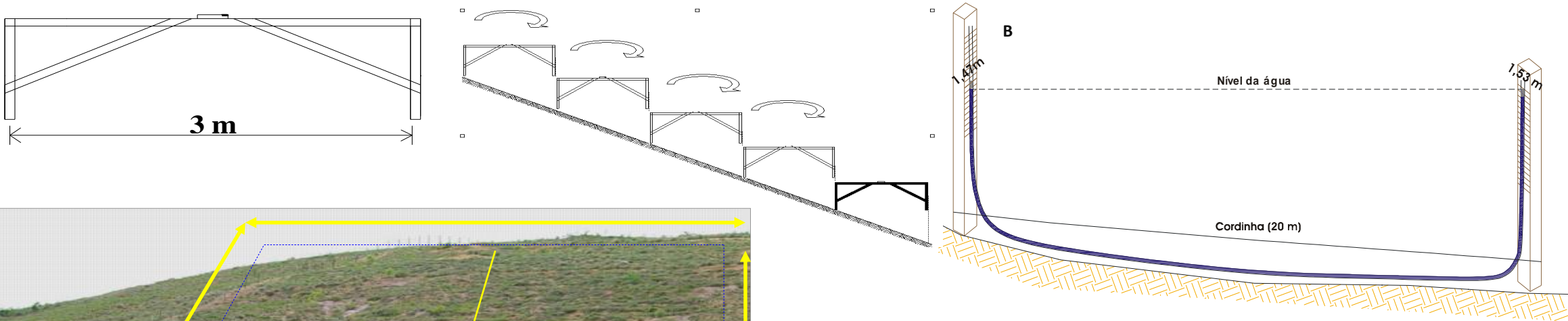
Paliçadas de bambu e pneus usados com sacos de rafia



Fotos: Roriz L Machado

# DIMENSIONAMENTO DE PRÁTICAS FÍSICAS

Topografia: largura, comprimento, área, declividade.

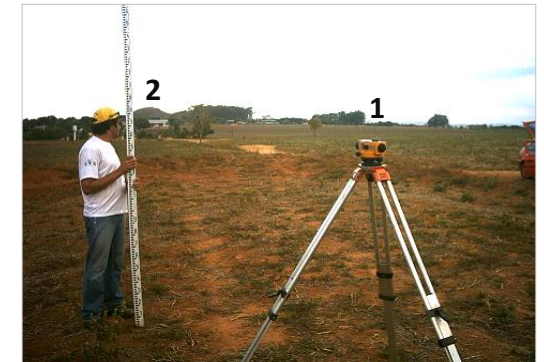


Fotos: Roriz L Machado

$$15 \text{ m} \text{-----} 4,5 \text{ m}$$

$$100 \text{ m} \text{-----} x$$

$$x = \frac{100 \times 4,5}{15} = 30 \% \text{ de declividade}$$





# DIMENSIONAMENTO DE TERRAÇOS

$$EV = \left( 2 + \frac{\% D}{X} \right) \times 0,305 \quad EH = \frac{EV \times 100}{D}$$

Espaçamento para terraços do tipo cordões em contorno em desnível para solos com diferentes declividades e texturas.

Declividade %	Textura do solo					
	Argilosa		Média		Arenosa	
	EV	EH	EV	EH	EV	EH
5	0,99	19,8	0,95	19,0	0,92	18,3
10	1,37	13,7	1,29	12,9	1,22	12,2
15	1,75	11,7	1,63	10,8	1,53	10,2
20	2,14	10,7	1,97	9,8	1,83	9,2
25	2,52	10,1	2,30	9,2	2,14	8,5
30	2,90	9,7	2,64	8,8	2,44	8,1
35	3,28	9,4	2,98	8,5	2,75	7,8
40	3,66	9,2	3,32	8,3	3,05	7,6
45	4,04	9,0	3,66	8,1	3,36	7,5
50	4,42	8,8	4,00	8,0	3,66	7,3
60	5,19	8,6	4,68	7,8	4,27	7,1

# DIMENSIONAMENTO DE TERRAÇOS E BACIAS DE RETENÇÃO

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

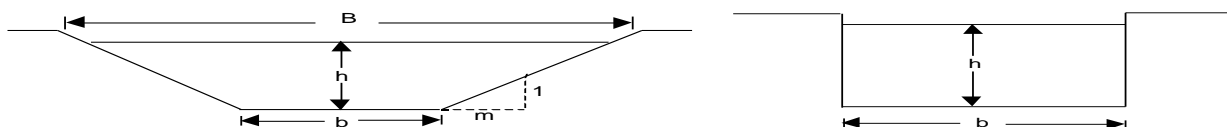
Onde:

$Q$  = vazão do escoamento superficial ( $m^3 s^{-1}$ )

$C$  = coeficiente de escoamento

$I$  = intensidade da precipitação pluviométrica ( $mm h^{-1}$ )

$A$  = área de contribuição (ha)



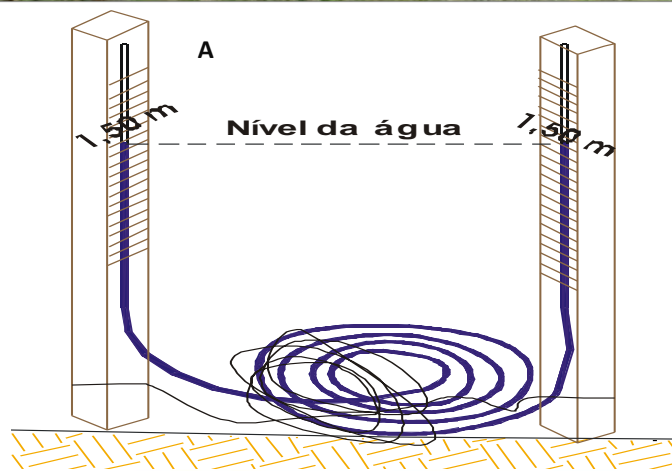
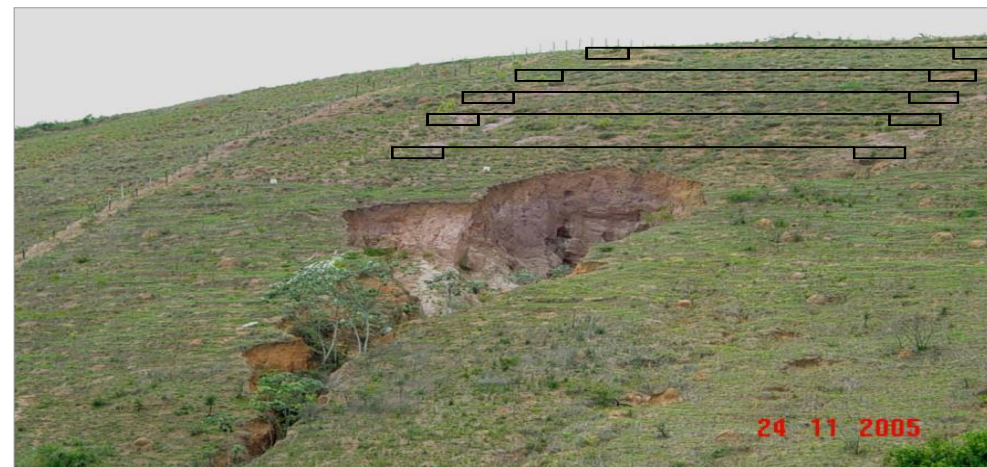
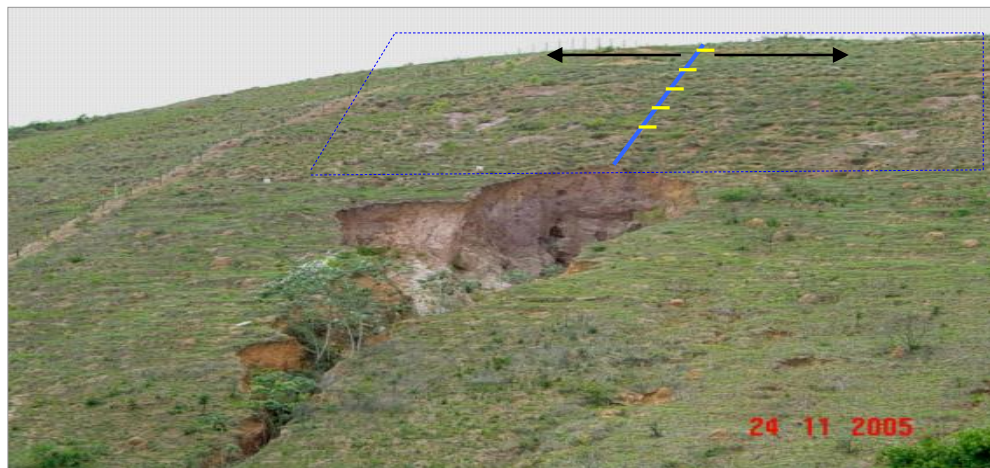
**Quadro 5:** Valores de b e h para canais trapezoidais com diferentes vazões de projetos.

<b>b</b>	<b>h</b>	<b>h+borda</b>	<b>A (m<sup>2</sup>)</b>	<b>P (m)</b>	<b>Rh (m)</b>	<b>V (m s<sup>-1</sup>)</b>	<b>Q calc</b>	<b>Qprojet</b>
	(m)						<b>(m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>)</b>	
<b>0,15</b>	0,15	<b>0,25</b>	0,05	0,57	0,08	0,40	0,018	<b>0,015</b>
<b>0,20</b>	0,15	<b>0,25</b>	0,05	0,62	0,08	0,42	0,022	<b>0,020</b>
<b>0,25</b>	0,15	<b>0,25</b>	0,06	0,67	0,09	0,44	0,026	<b>0,025</b>
<b>0,30</b>	0,15	<b>0,25</b>	0,07	0,72	0,09	0,45	0,030	<b>0,030</b>
<b>0,35</b>	0,15	<b>0,25</b>	0,08	0,77	0,10	0,46	0,035	<b>0,035</b>
<b>0,40</b>	0,15	<b>0,25</b>	0,08	0,82	0,10	0,47	0,039	<b>0,040</b>
<b>0,25</b>	0,20	<b>0,30</b>	0,09	0,82	0,11	0,50	0,045	<b>0,045</b>
<b>0,30</b>	0,20	<b>0,30</b>	0,10	0,87	0,12	0,52	0,052	<b>0,050</b>
<b>0,48</b>	0,20	<b>0,30</b>	0,14	1,05	0,13	0,56	0,076	<b>0,075</b>
<b>0,45</b>	0,25	<b>0,35</b>	0,18	1,16	0,15	0,62	0,109	<b>0,100</b>
<b>0,50</b>	0,30	<b>0,4</b>	0,24	1,35	0,18	0,69	0,166	<b>0,150</b>
<b>0,50</b>	0,35	<b>0,45</b>	0,30	1,49	0,20	0,75	0,223	<b>0,200</b>



# DIMENSIONAMENTO DE PRÁTICAS FÍSICAS

- ▶ Marcação e Localização dos terraços - Em nível ou desnível (0,3 a 0,5%)



# PRÁTICAS FÍSICAS (PALIÇADAS)

Construção de paliçadas de bambu e pneus usados.



Fotos: Roriz L Machado

Dimensões das paliçadas: 5m entre si; altura: 1,20m (Machado et al., 2005).

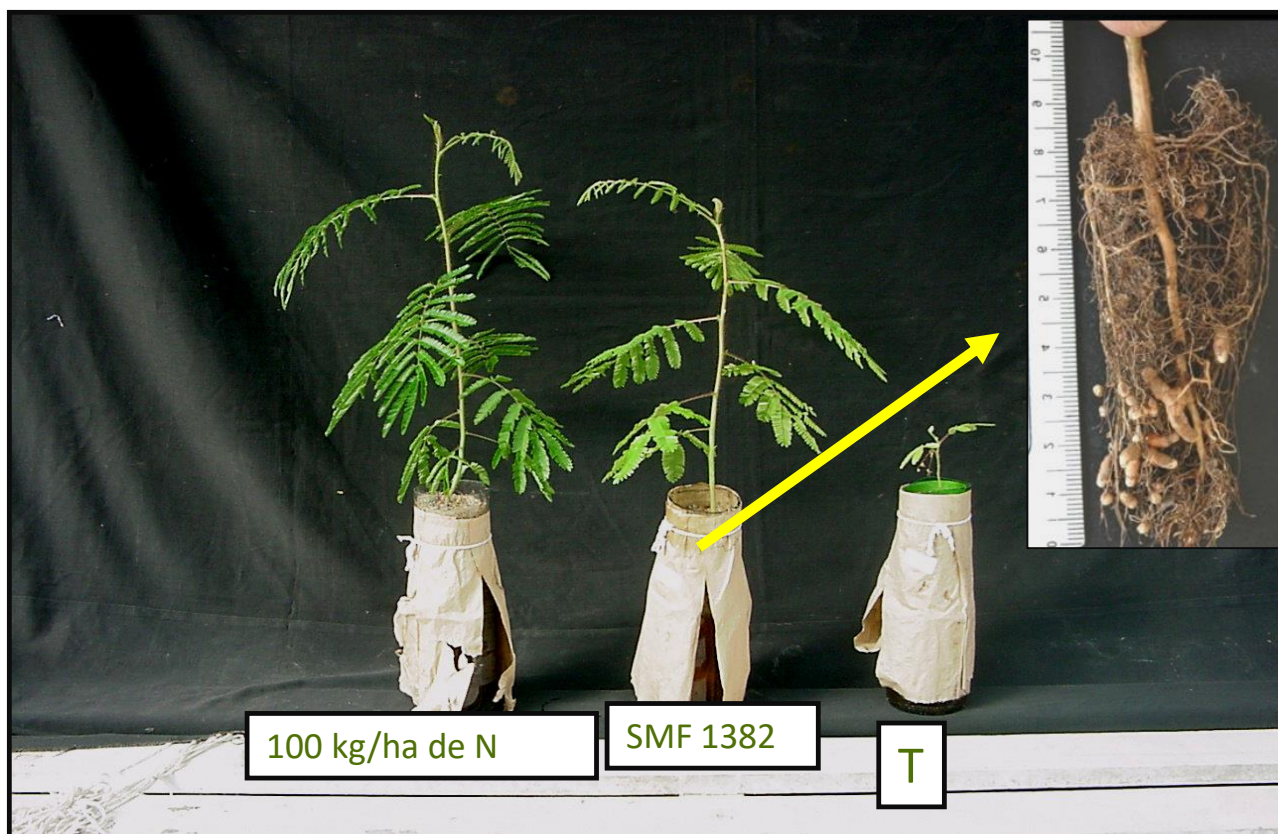
# PRÁTICAS BIOLÓGICAS (REVEGETAÇÃO)

Revegetação da área com leguminosas noduladas e micorrizadas:



# ASSOCIAÇÃO ENTRE PLANTAS E MICRORGANISMOS

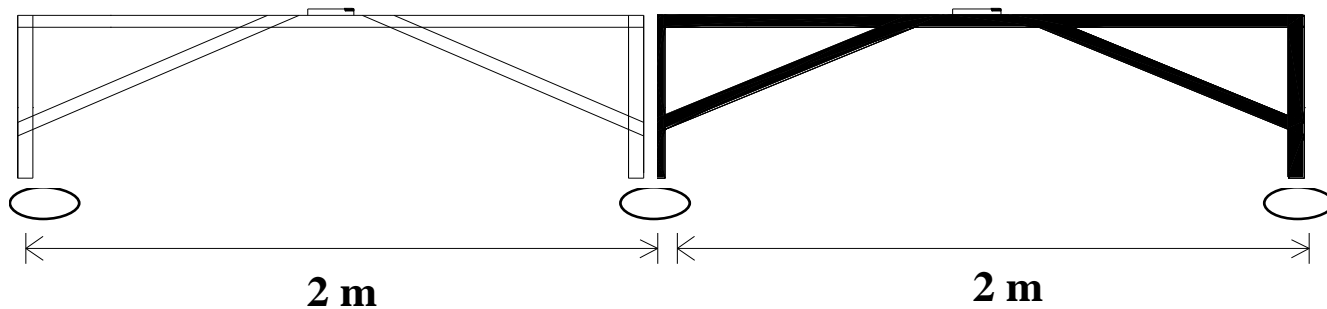
Fotos: Roriz L Machado



# PLANTIO DAS LEGUMINOSAS

- ▶ Época plantio: entorno (início chuvas) parte interna (final).
- ▶ Espaçamento: 2 x 2 m (2500 plantas/ha).
- ▶ Adubação: fosfato de rocha e micronutrientes.
- ▶ Plantio em nível.

Tratos culturais: Controle de formigas, replantio, coroamento, roçada, etc.



# RECUPERAÇÃO DE VOÇOROCAS EM PINHEIRAL-RJ

Em 2000



6 anos depois



# SELEÇÃO DE LEGUMINOSAS PARA RECUPERAÇÃO DE VOÇOROCAS

Leguminosas que melhor se estabeleceram na área: *Acacia mangium*, *Mimosa artemisiana*, *Mimosa caesalpiniiifolia*, e *Pseudosamanea guachapele*.



# EFICIÊNCIA DA TÉCNICA

VR - Voçoroca recuperada



VSI – Voçoroca sem intervenção



VER – Voçoroca em recuperação



# EFICIÊNCIA DA METODOLOGIA

Práticas Físicas + biológicas



Práticas Físicas



Sem intervenção

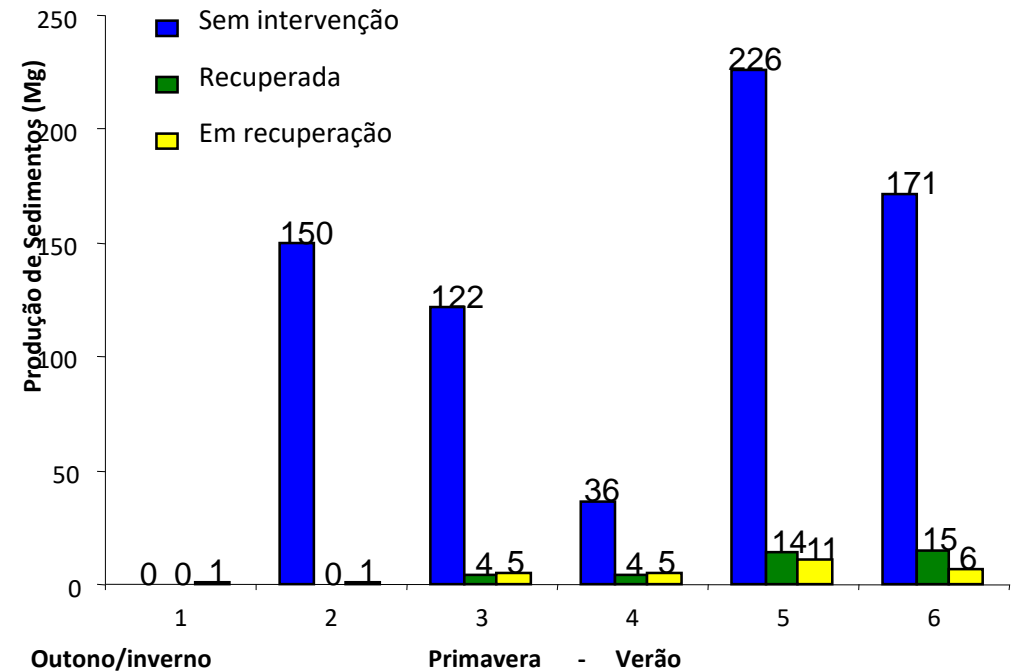
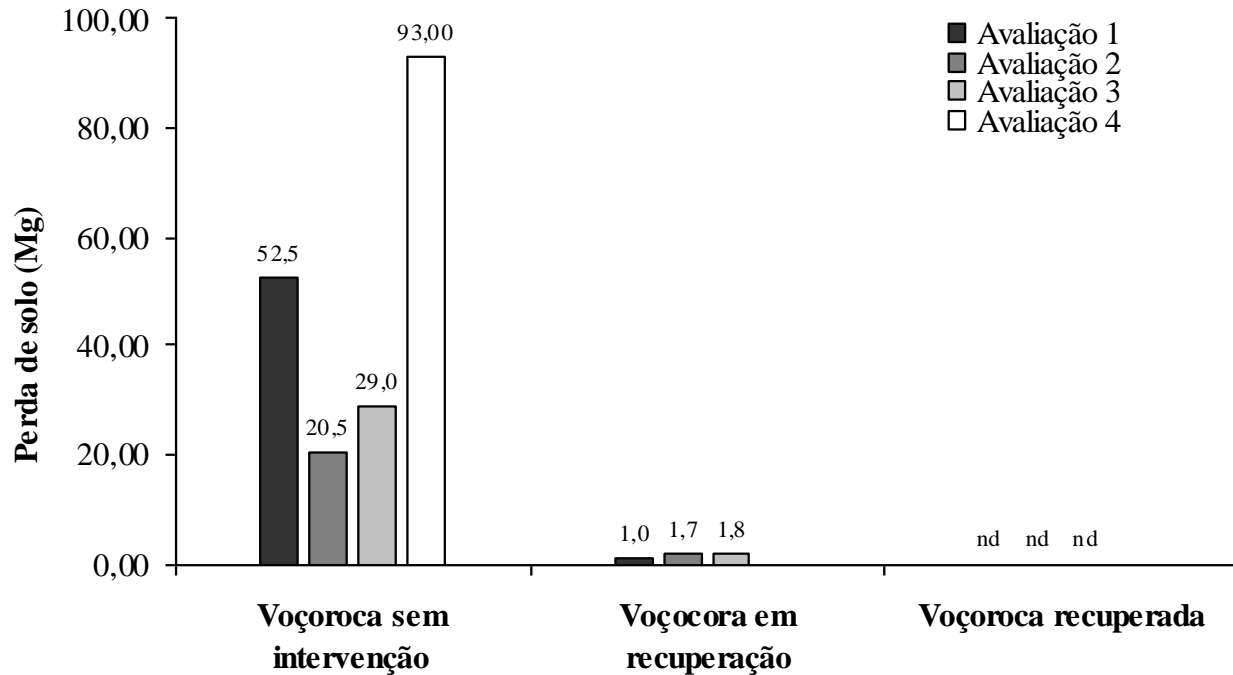


# EFICIÊNCIA DA TÉCNICA

Na voçoroca recuperada, 40 dias depois...

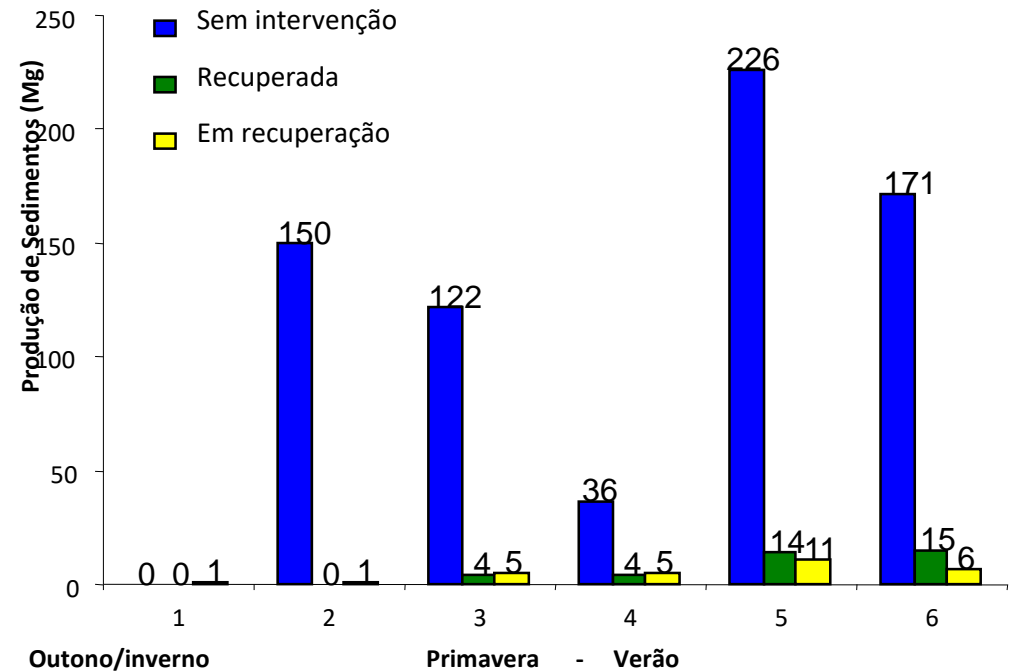
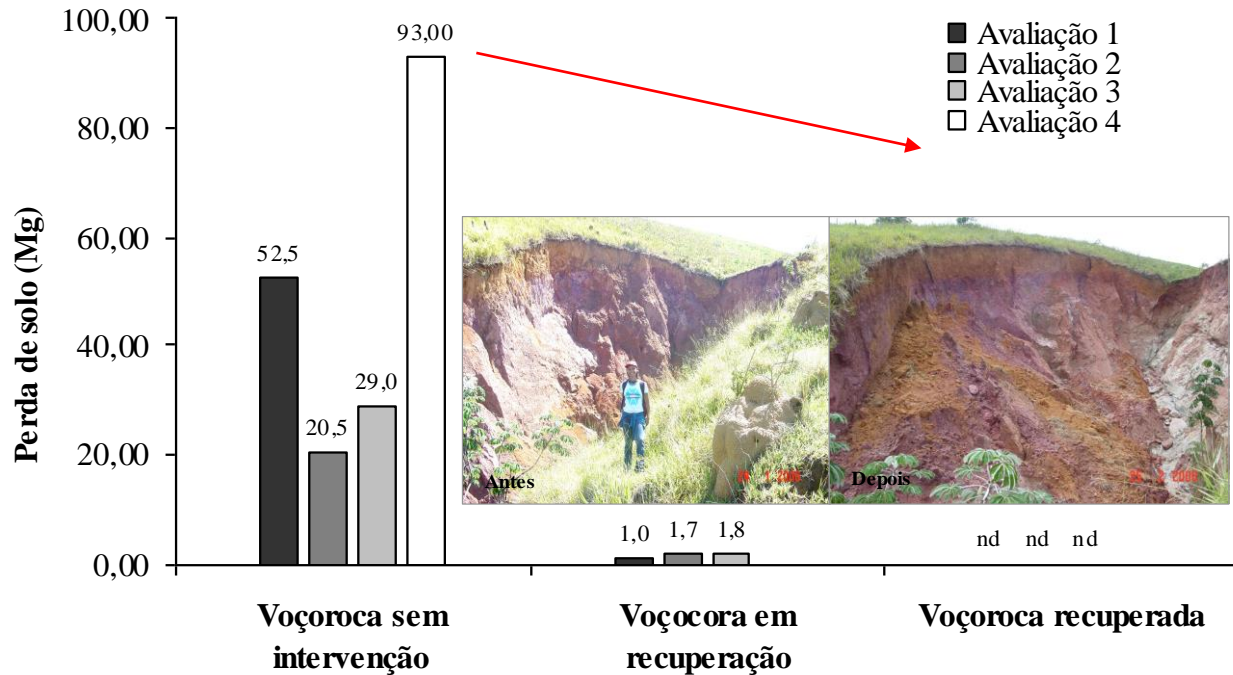


# EFICIÊNCIA DA METODOLOGIA



- ▶ 195 ton sedimentos (metade período do verão).
- ▶ Práticas físicas: 96 % redução na perda de solo.

# EFICIÊNCIA DA METODOLOGIA



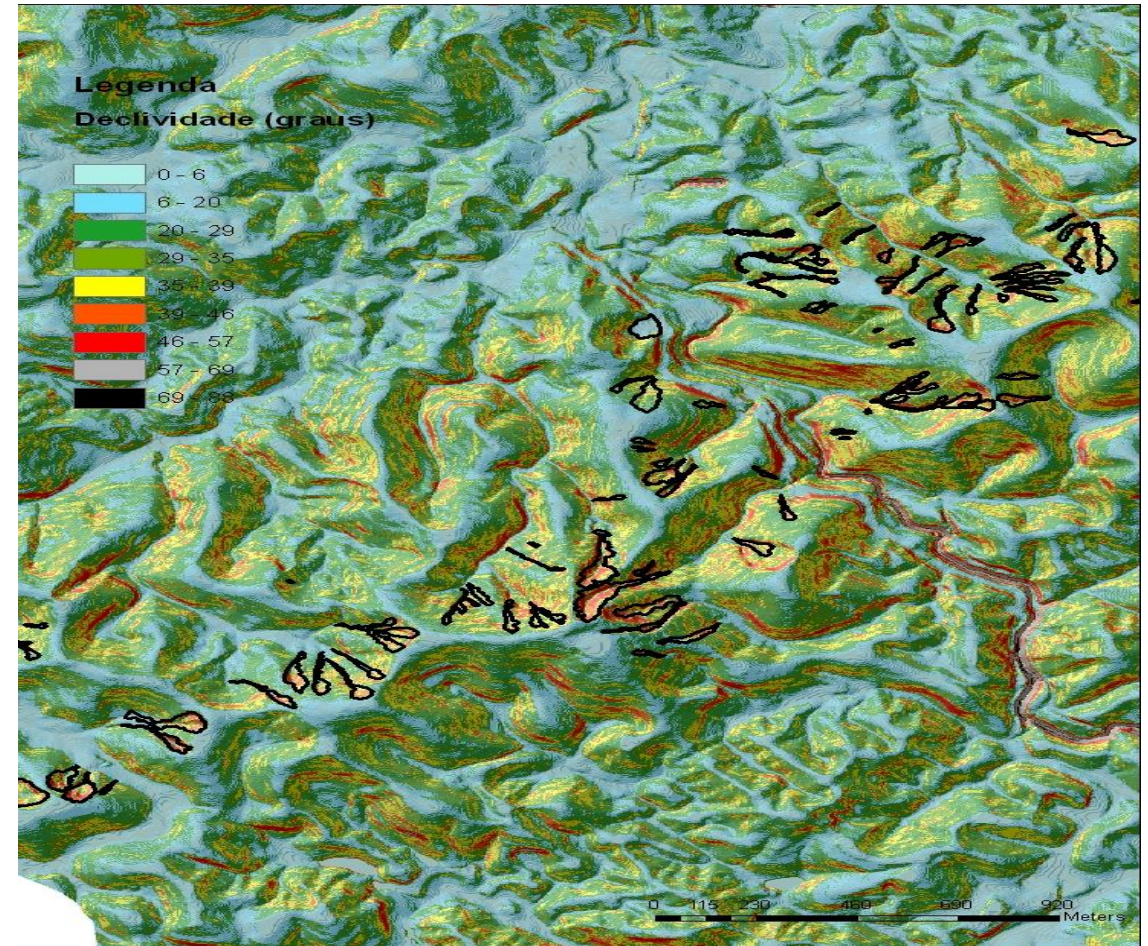
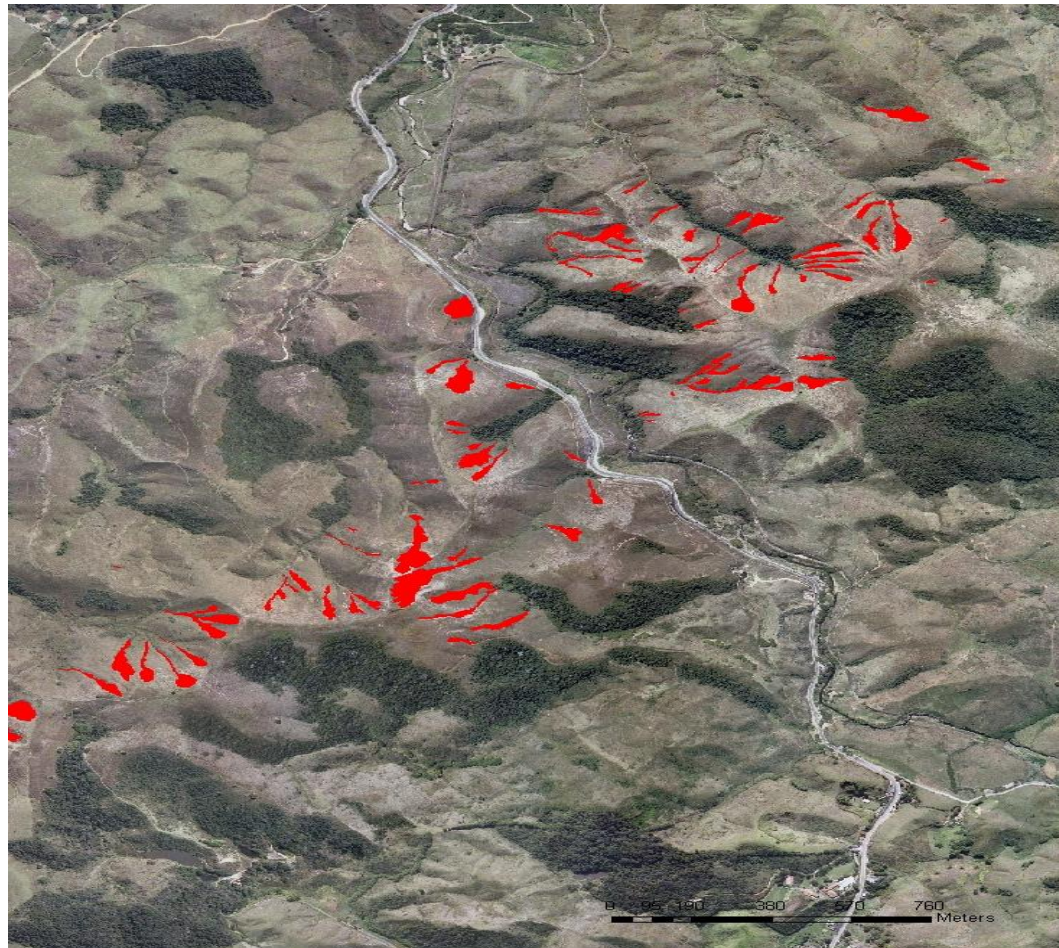
- ▶ 195 ton sedimentos (metade período do verão).
- ▶ Práticas físicas: 96 % redução na perda de solo.

# PERDA DE NUTRIENTES

Avaliação	Ca	Mg	K	P	C*	N*
.....kg.....						
Voçoroca sem intervenção						
1	3,42	236,70	261,43	6,18	7,14	1,33
2	1,34	86,45	97,28	2,33	2,47	0,48
3	3,19	131,50	152,75	3,77	2,66	0,52
4	10,7	368,68	432,69	9,17	6,08	1,40
Sub-total (1 a 3)	7,95	454,65	511,46	12,28	12,27	2,33
Total	18,71	823,33	944,15	21,45	18,36	3,73
Voçoroca em recuperação						
1	0,32	4,32	6,30	0,13	0,41	0,04
2	0,35	10,60	11,01	0,47	0,44	0,05
3	0,17	11,76	13,22	0,34	0,22	0,03
Total	0,84	26,68	30,53	0,93	1,07	0,12
Voçoroca recuperada						
1	1,32	35,06	29,44	0,30	0,45	0,06
Total	1,32	35,06	29,44	0,30	0,45	0,06

- ▶ 0,5 Mg de P e K para cada 100 Mg sedimentos perdidos.
- ▶ Redução de 90 % nas 3 avaliações na voçoroca com práticas físicas.
- ▶ 96 % comparando na perda total nas voçorocas rec e em recuperação.

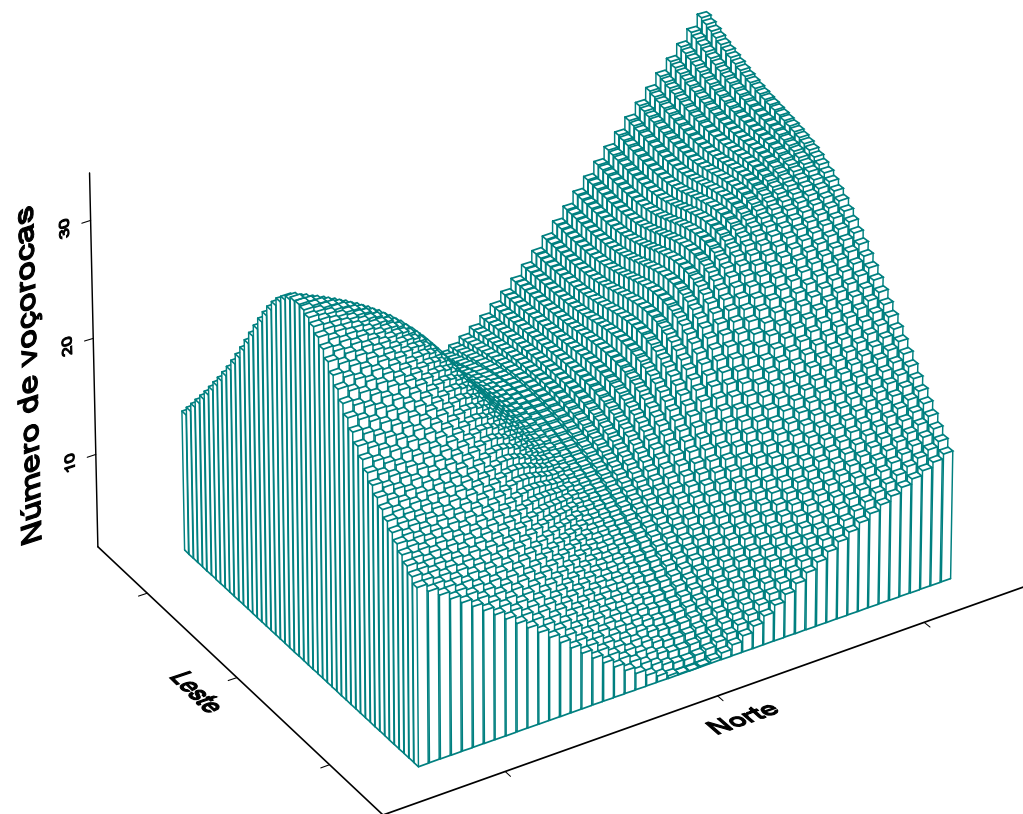
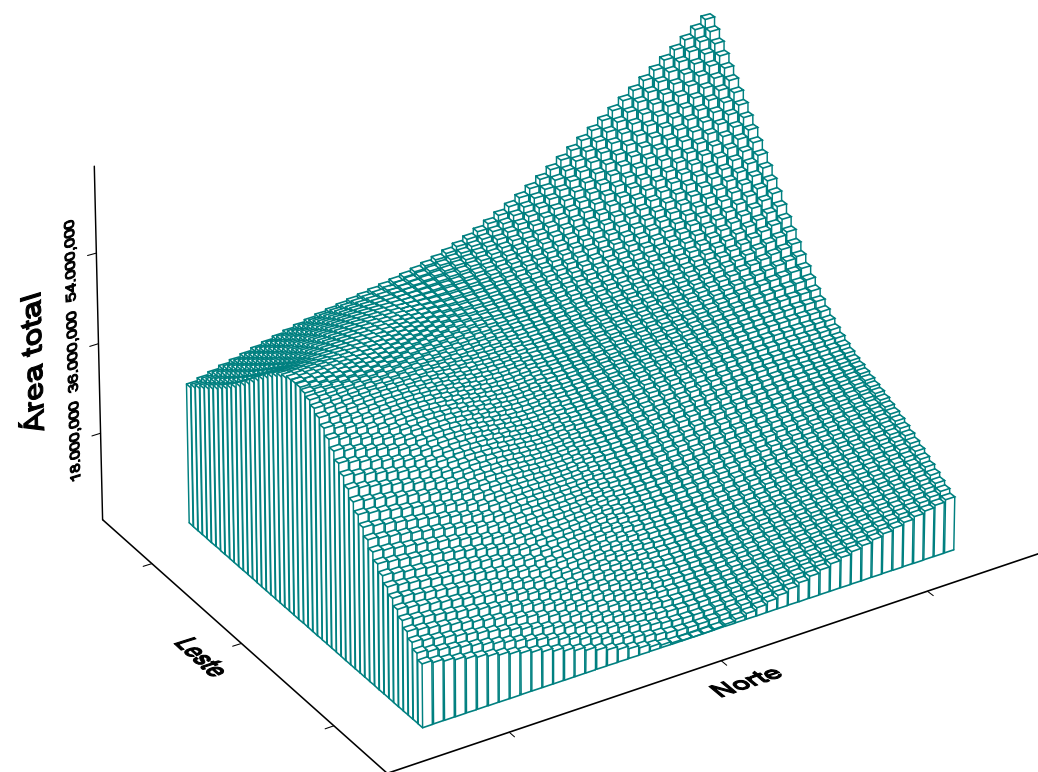
# 154 VOÇOROCAS NA BACIA DO RIO BARRA MANSA - EQUIVALENTE A 404 MIL CAMINHÕES DE ATERRO!



# PADRÃO DE FORMAÇÃO DE VOÇOROCAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BARRA MANSA



# ÁREA TOTAL E NÚMERO DE VOÇOROCAS EM CADA FACE DE EXPOSIÇÃO



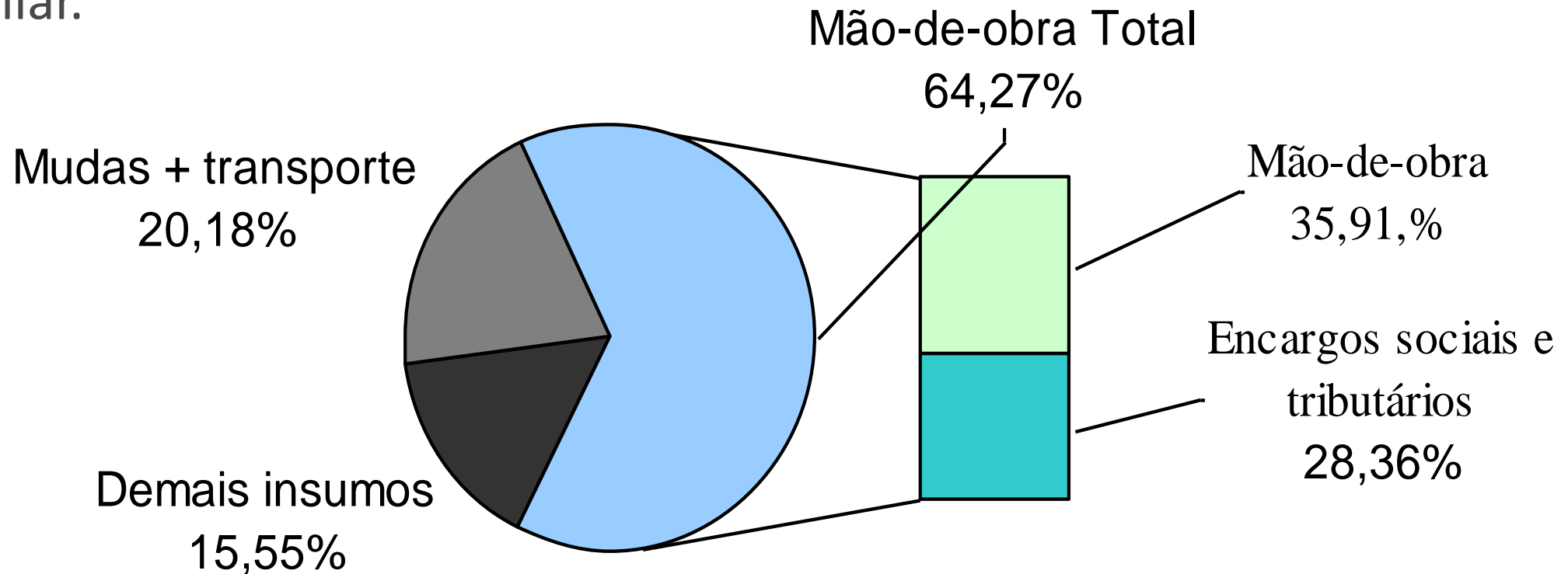
# CUSTOS DE RECUPERAÇÃO VOÇOROCA EM PINHEIRAL-RJ.

<b>Especificação</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Valor unitário (R\$)</b>	<b>Valor Total (R\$)</b>	<b>% Valor total</b>
<b>Insumos</b>					
Moirão cerca	un	130,0	11,00	1.430,00	5,79
Arame farpado	rolo	5,0	95,00	475,00	1,92
Arame queimado	kg	2,0	10,00	20,00	0,08
Grampo	kg	2,5	8,00	20,00	0,08
Mudas + transporte	un	4000,0	1,50	6.000,00	24,29
Esterco de curral	L	3500,0	0,10	350,00	1,42
Fosfato de rocha	saca (25 kg)	7,0	30,00	210,00	0,85
FTE BR 12	saca (25 kg)	1,0	100,00	100,00	0,40
Formicida (sulfluramida)	½ kg	10,0	7,00	70,00	0,28
Saco de ráfea	un	100,0	0,50	50,00	0,20
<b>SUB-TOTAL</b>				<b>8.725,00</b>	<b>35,32</b>
<b>Mão-de-obra</b>					
Construção de cerca	moirão	130,0	5,00	650,00	2,63
Abertura de valetas e bacias	Valetas + bacias	5,0	400,00	2.000,00	8,10
Corte de bambu + construção paliçadas	paliçada	10,0	60,00	600,00	2,43
Abertura de covas	cova	3500,0	0,25	875,00	3,54
Plantio e adubação de mudas	cova	4000,0	0,15	600,00	2,43
Combate à formigas	diária	10,0	60,00	600,00	2,43
1º Coroamento	diária	30,0	60,00	1.800,00	7,29
1º Aceiro	diária	30,0	60,00	1.800,00	7,29
*Encargos (79%)				7.050,75	<b>28,54</b>
<b>SUB-TOTAL</b>				<b>15.975,75</b>	<b>64,68</b>
<b>TOTAL</b>				<b>24.700,75</b>	<b>100,00</b>

# ITENS MAIS ONEROSOS

► Possibilidade de redução dos custos:

produção das mudas, insumos produzidos na propriedade, mão-de-obra familiar.



# RESUMO

- ▶ A associação entre baixa cobertura vegetal, classes de solos susceptíveis e relevo acentuado são características que favorecem o surgimento de voçorocas.
- ▶ Para estabilizar esse processo erosivo se faz necessário o ordenamento de água na paisagem, a criação de barreiras e filtros para contenção dos sedimentos dentro da voçoroca e a revegetação com espécies adaptadas a essa condição.
- ▶ Faces de exposição mais úmidas e maiores áreas de captação tendem a favorecer o surgimento de voçorocas.
- ▶ Os custos que envolvem a estabilização do processo erosivo são elevados e prevenir, é bem melhor do que remediar!

# VOÇOROCA RECUPERADA





**OBRIGADO!**

Alexander Silva de Resende



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento

