

# Tecnologias disponíveis para controlar o escoamento superficial

Doutorando Alexandre Puglisi Barbosa Franco- ESALQ -USP

Prof. Dr. Gerd Sparovek – ESALQ – USP

Outubro de 2017

- Importância da diferenciação de solos para conservação

- Levantamento Pedológico



- Argissolos com baixa infiltração

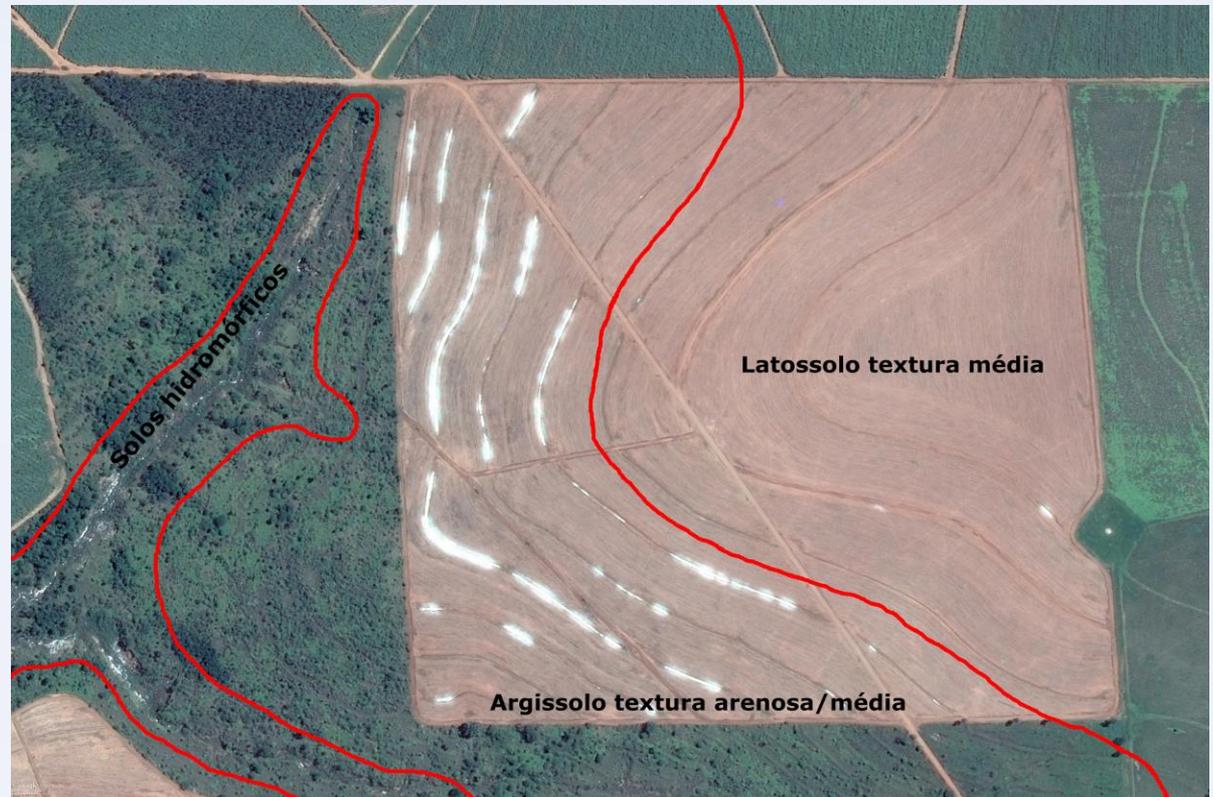


Imagem tirada após precipitação de média intensidade

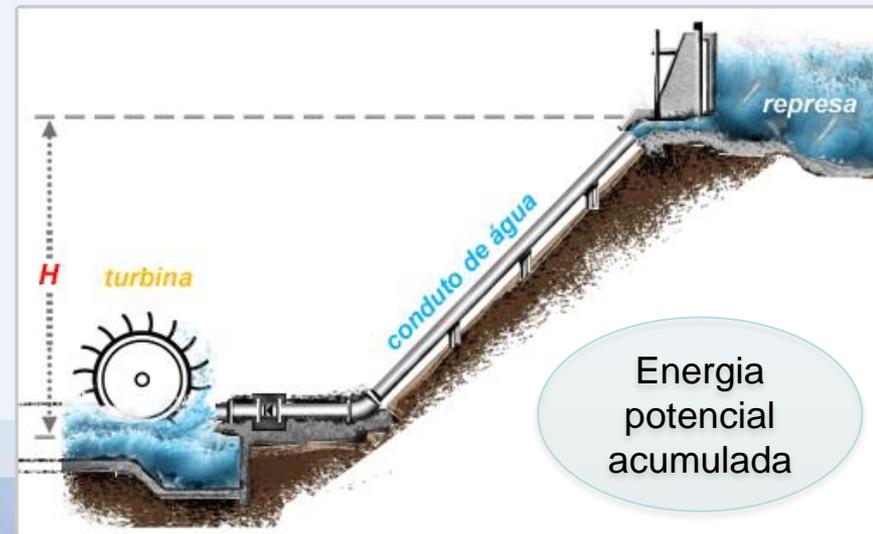
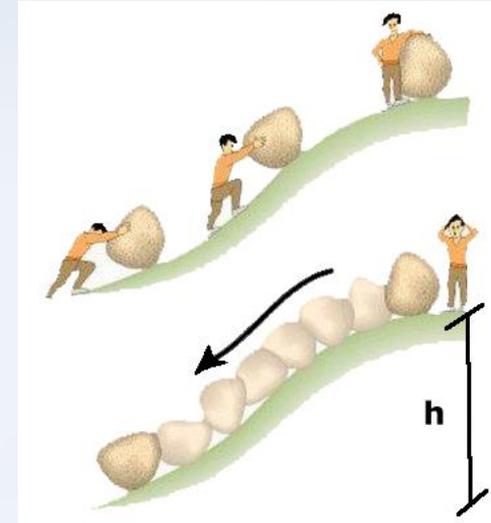
# Sistema de Infiltração

- Incerteza de funcionamento



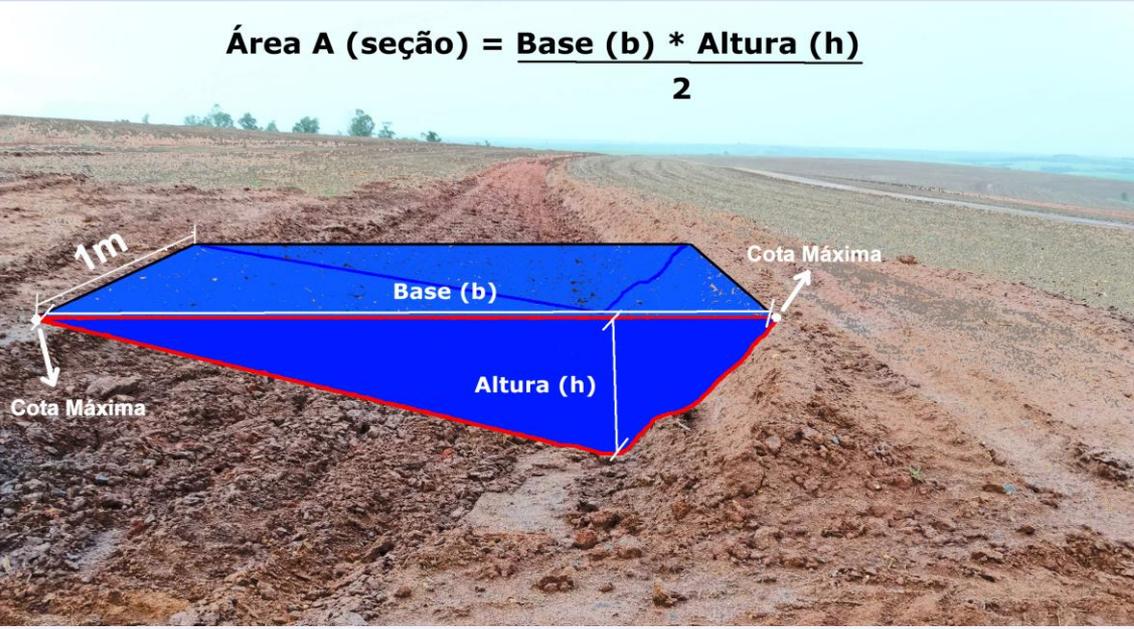
Interceptação do escoamento superficial da enxurrada seguida de falha hidráulica do sistema

# Represamento de enxurrada de vários eventos sequenciais



- Cálculo da capacidade de armazenamento do terraço de infiltração:

$$\text{Área A (seção)} = \frac{\text{Base (b)} * \text{Altura (h)}}{2}$$



Chuva de 100 mmh<sup>-1</sup> e coeficiente de enxurrada de 40%

Espaçamento horizontal entre terraços (m)	Armazenagem (Lm <sup>-1</sup> )	Base (m)	Altura (m)
80	3.200	5	1,28
100	4.000	5	1,60
120	4.800	5	1,92
150	6.000	5	2,40

- Infiltração da água no canal do terraço

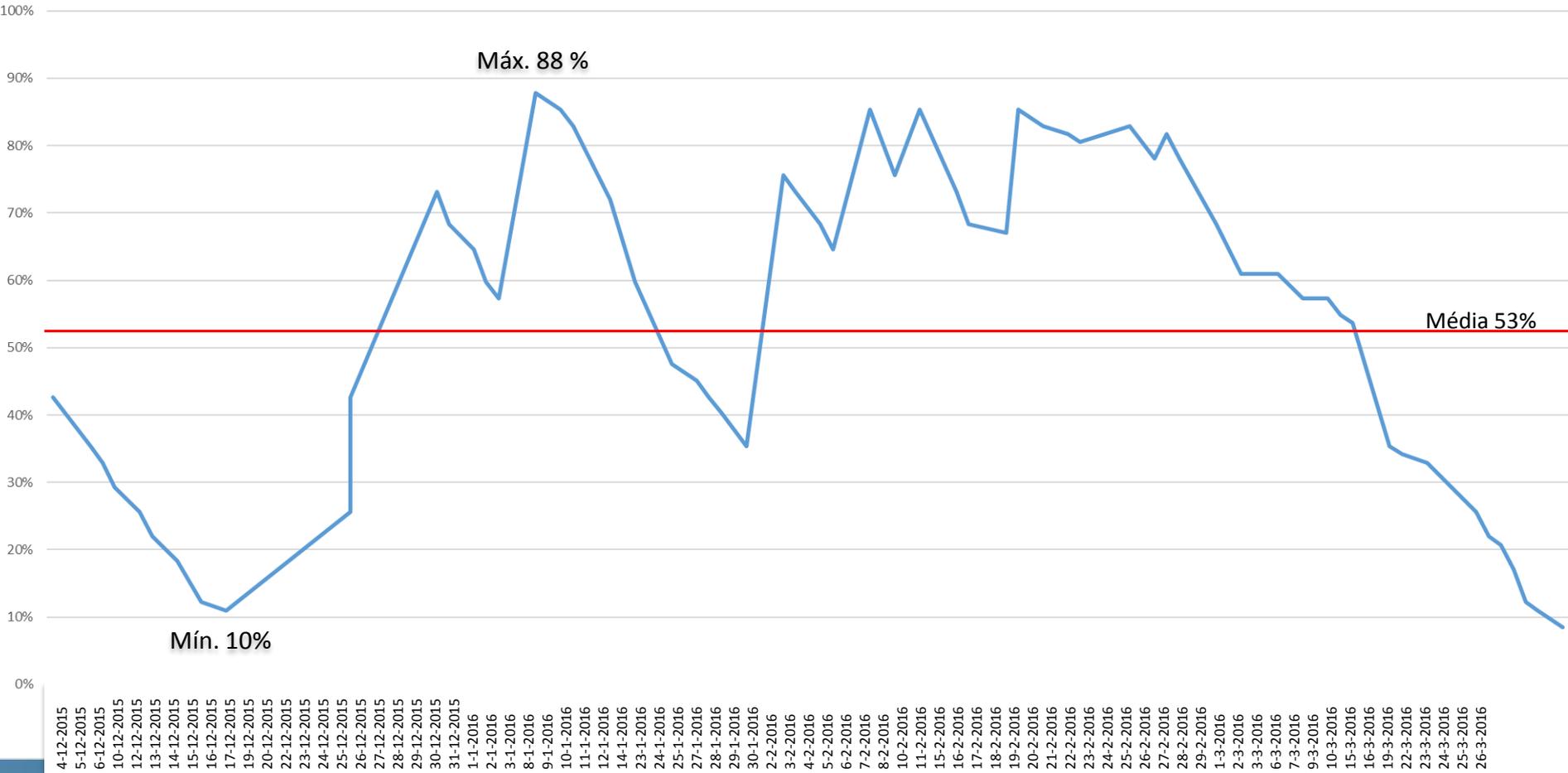


- Ocorrência de chuvas registradas pelo radar do Ipmet

Período de medição 04/12/15 a 04/04/16

Seção do terraço ocupada

% Armazenamento



Data da ocorrência dos eventos de precipitação

# Maioria das recomendações se baseia no que não sabemos

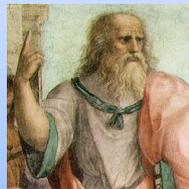
## O que **não** sabemos?

- Funcionamento hidráulico do canal do terraço de infiltração??



- Seção comprometida do canal do terraço de infiltração na hora da chuva

**Só sei que nada sei**, e o fato de saber isso, me coloca em vantagem sobre aqueles que acham que sabem alguma coisa.



Sócrates

## DINÂMICA DA ÁGUA EM TERRAÇOS DE INFILTRAÇÃO

LUCIANA GOMES CASTRO  
Engenheira Agrônoma

Orientador: Prof. Dr. QUIRIJN DE JONG VAN LIER

Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutor em Agronomia, Área de concentração: Solos e Nutrição de Plantas.

PIRACICABA  
Estado de São Paulo - Brasil  
Outubro - 2001

# Enxurrada interceptada não infiltra a tempo

- Falha hidráulica



Incerteza de funcionamento

# Falhas hidráulicas apesar da cobertura do solo



## Falha hidráulica do terraceamento de infiltração



- Fluxo de enxurrada acumulado em talvegue natural

# Transbordamento em áreas cobertas e descobertas



# Recomendações para conservação de solos no Brasil

A organização de uma tabela para determinar os espaçamentos vertical e horizontal entreterraços foi feita com base na equação (1):

$$EV = 0,4518 \cdot K \cdot D^{0,58} \cdot \frac{(u + m)}{2} \quad (1)$$

onde:

EV = é o espaçamento vertical entreterraços expresso em metros.  
O espaçamento horizontal é dado pela equação (2):

$$EH = \frac{100 EV}{D} \quad (2)$$

onde:

EH = é o espaçamento horizontal entreterraços em metros;  
EV = é o espaçamento vertical entreterraços em metros, e;  
D = é a declividade expressa em porcentagem.

Procedendo-se os cálculos para as variáveis de solo e declividade do terreno das equações (1) e (2), construiu-se a Tabela 1, para valores de  $(u + m)/2$  igual a 1,00 (tabela unitária).

# Recomendações não utilizadas devido a inviabilidade de mecanização

Tabela 1 – Espaçamento entreterraços para valores de  $(u + m)/2$  igual a 1,00

Declive %	TERRAÇOS EM NÍVEL				TERRAÇOS EM DESNÍVEIS				Declive%
	SOLO				SOLO				
	A		B		C		D		
	EH	EV	EH	EV	EH	EV	EH	EV	
1	56,50	0,56	49,70	0,50	40,70	0,41	33,90	0,34	1
2	42,20	0,84	37,20	0,74	30,40	0,61	25,30	0,51	2
3	35,60	1,07	31,30	0,94	25,60	0,77	21,40	0,64	3
4	31,60	1,26	27,80	1,11	22,70	0,91	18,90	0,76	4
5	28,70	1,44	25,30	1,26	20,70	1,03	17,20	0,86	5
6	26,60	1,60	23,40	1,40	19,20	1,15	16,00	0,96	6
7	24,90	1,75	22,00	1,54	18,00	1,26	15,00	1,05	7
8	23,60	1,89	20,80	1,66	17,00	1,36	14,20	1,13	8
9	22,40	2,02	19,80	1,78	16,20	1,45	13,50	1,21	9
10	21,50	2,15	18,90	1,89	15,50	1,55	12,90	1,29	10
11	20,60	2,27	18,20	2,00	14,90	1,63	12,40	1,36	11
12	19,90	2,39	17,50	2,10	14,30	1,72	11,90	1,43	12
13	19,20	2,50	16,90	2,20	—	—	—	—	13
14	18,60	2,61	16,40	2,30	—	—	—	—	14
15	18,10	2,72	—	—	—	—	—	—	15
16	17,60	2,82	—	—	—	—	—	—	16

EV – Espaçamento vertical em metros  
EH – Espaçamento horizontal em metros

# Recomendações para cana no estado de São Paulo

$$EV = 0,4518 * K * (D^{0.58}) * \left(\frac{u+m}{2}\right) * p$$

onde: **K** = tipo de solo; **D** = declive (%); **u** = uso de solo; **m** = manejo do solo, incluindo preparo do solo e manejo de resíduos; **p** = técnicas de conservação do solo para aumentar a cobertura vegetal e a infiltração de água no solo.

Boletim técnico, 216, IAC, 2016

**Quadro 6.** Valores de **K** para os grupos hidrológicos de solo para dimensionamento do espaçamento vertical entre terraços

Grupo de resistência à erosão <sup>(1)</sup>		Profundidade <sup>(2)</sup>	Permeabilidade	Textura	Razão textural <sup>(3)</sup>	Solos	Tipo de terraço	K
Anterior	Atual							
A	1	muito profundo a profundo	rápida/rápida moderada/rápida moderada/moderada	média/média argilosa/argilosa m.arg/m.arg	<1,2	Latossolos argilosos	TI e TD	1,25
B	2	profundo	rápida/rápida rápida/moderada moderada/lenta	arenosa/arenosa arenosa/média média/argilosa	1,2-1,5	Latossolos textura média; Argissolos não abruptos; Neossolos Quartzarênico; Nitossolos	TI e TD	1,10
C	3	profundo a moderadamente profundo	rápida/moderada moderada/lenta rápida/lenta	arenosa/média arenosa/argilosa média/argilosa	>1,5	Argissolos abruptos, Cambissolos	TD	0,90
D	4	moderadamente profundo a raso	rápida/lenta moderada/lenta lenta/lenta	variável	variável	Cambissolos rasos, Neossolos litólicos, Argissolos rasos	TD	0,75

Adaptado de Lombardi Neto et al. (1991). TI = Terraço de infiltração. TD = Terraço de drenagem. <sup>(1)</sup>Atualização da nomenclatura do Grupo de Solo para diferenciar de ambientes de produção, conceito que ainda não existia na época da publicação de Lombardi Neto et al. (1994). <sup>(2)</sup>Profundidade do solo: Muito profundo: > 2,0 m; Profundo: 1,0 a 2,0 m; Moderadamente profundo: 0,5 a 1,0 m; Raso: 0,25 a 0,50 m. <sup>(3)</sup>Razão entre os teores de argila dos horizontes B/A.

Boletim técnico, 216, IAC, 2016

Série Tecnologia APTA

Boletim Técnico IAC, 216

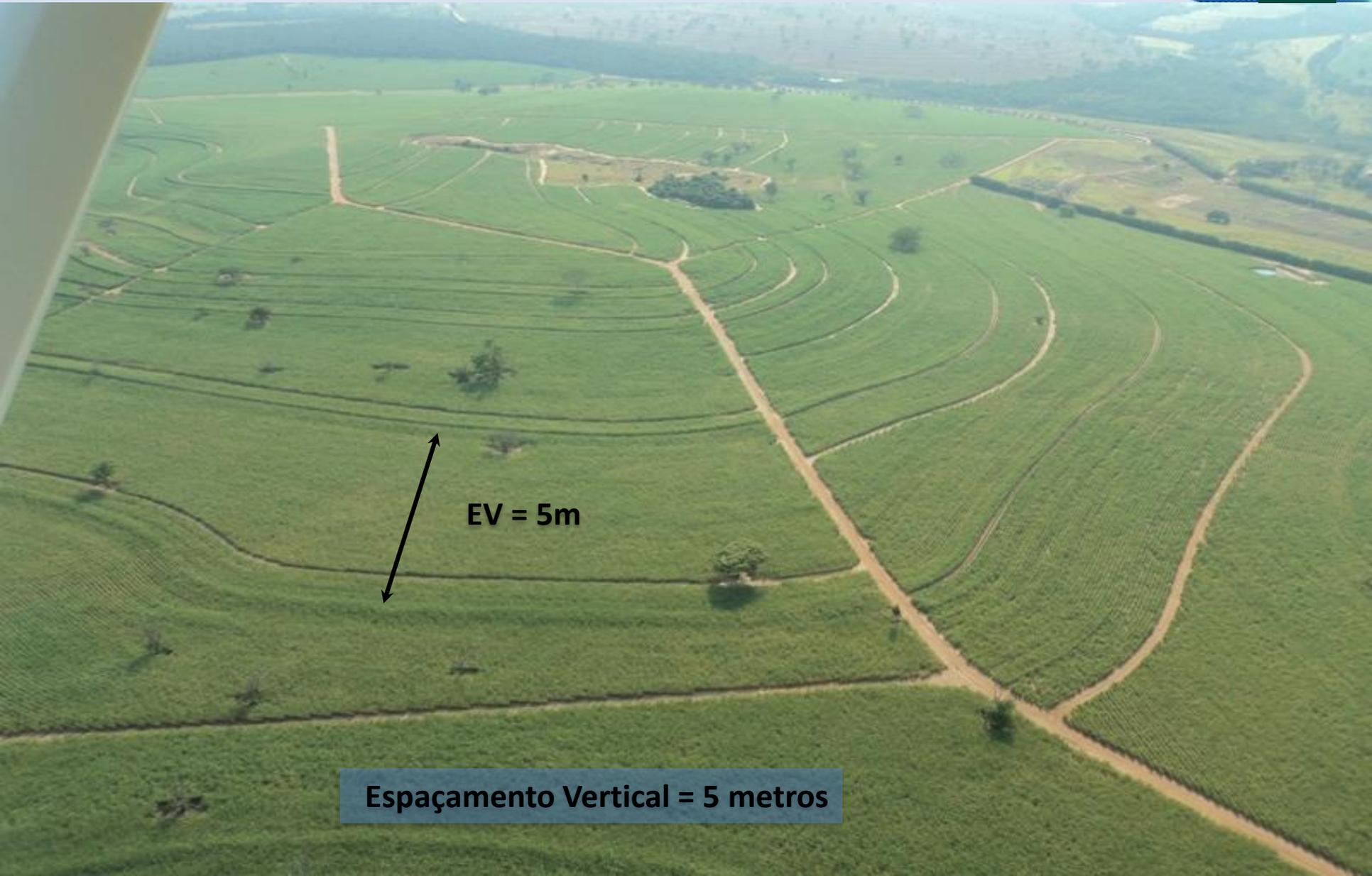
## Recomendações Gerais para a Conservação do Solo na Cultura da Cana-de-açúcar

Isabella Clerici De Maria  
Mário Ivo Drugowich  
José Osmar Bortoletti  
André César Vitti  
Raffaella Rossetto  
José Luiz Fontes  
Jairo Tatchenco  
Silvana Maria Franco Margatho

Instituto Agrônomo (IAC)  
Campinas, outubro de 2016



# Utilização generalizada de espaçamento constante entre terraços



EV = 5m

Espaçamento Vertical = 5 metros

“Linhas mortas” = Manobras



# Aspectos práticos ligados aos sistemas de terraceamento



# As recomendações geram mais problemas que soluções



# EROSÃO na construção de terraços

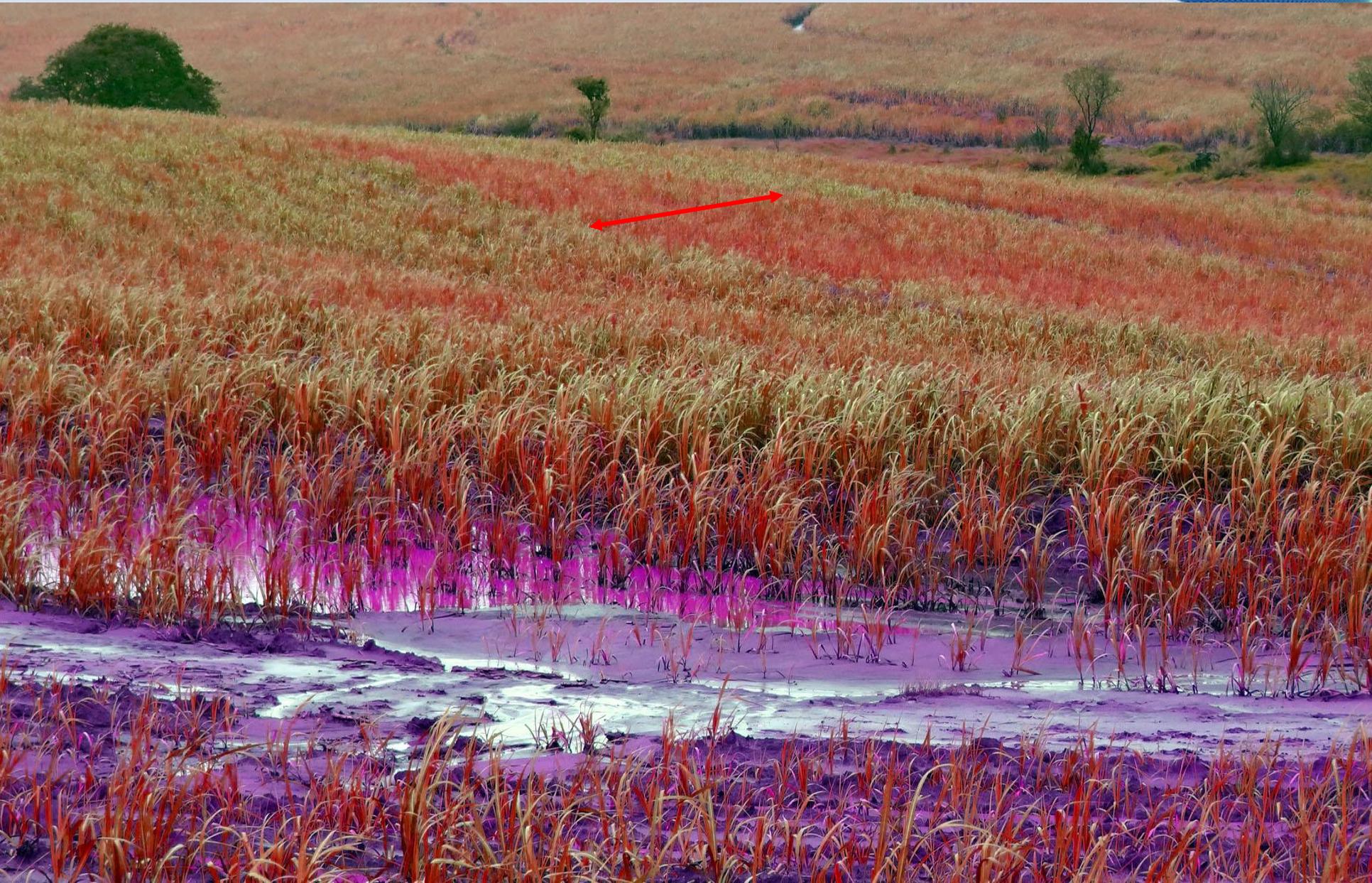
Recuperação da área de corte: Só calagem, adubação, matéria orgânica não resolvem a curto prazo



# Erosão causada na construção de terraços



# Perda de produção de cana ao longo de vários ciclos



# Efeito da erosão devido a construção de terraços

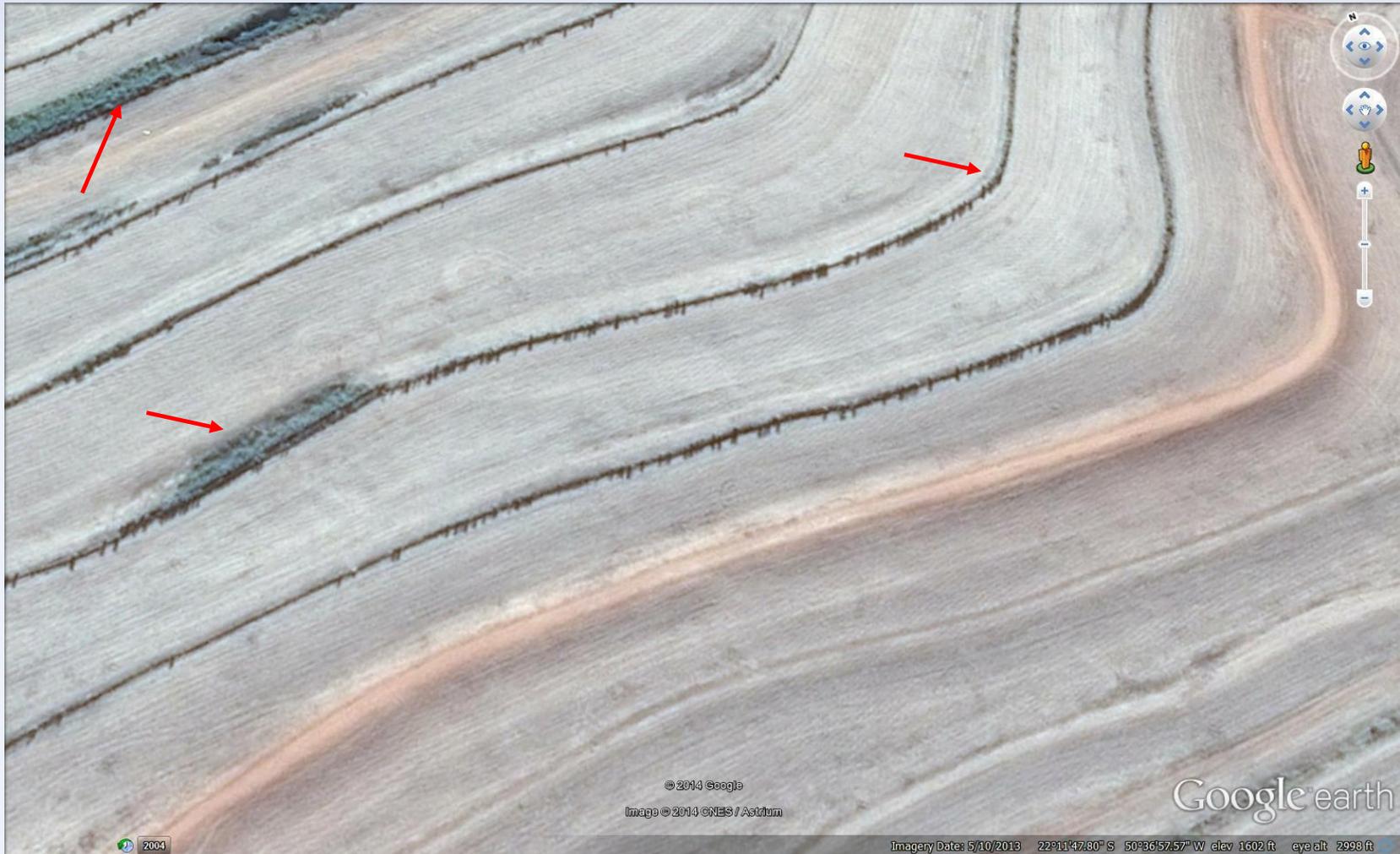


- ACEIROS – Alto custo



Impedimento de colheita mecanizada da cana próxima aos terraços

- ACEIROS – Áreas não colhidas mecanicamente



- Área perdida com raspagens sucessivas



- Áreas improdutivas durante todo o ciclo



Perda de área produtiva

**ENCHARCAMENTO**



# Grande parte da enxurrada concentrada vem da estrada



# Estrada rural sem drenagem



Enquanto esperamos a pesquisa....

A wide-angle photograph of a flooded agricultural field. The water is murky and brown, covering the entire foreground and middle ground. In the distance, there are patches of green and brown vegetation, likely rice plants, partially submerged. The horizon is flat and extends across the entire width of the image under a clear, light blue sky.

**Necessidade de inovações**

- Horticultura

- Adoção de conceitos de drenagem pela experiência empírica da ineficiência do sistema de infiltração



# Sistema de drenagem

Conceito : Sistema de drenagem

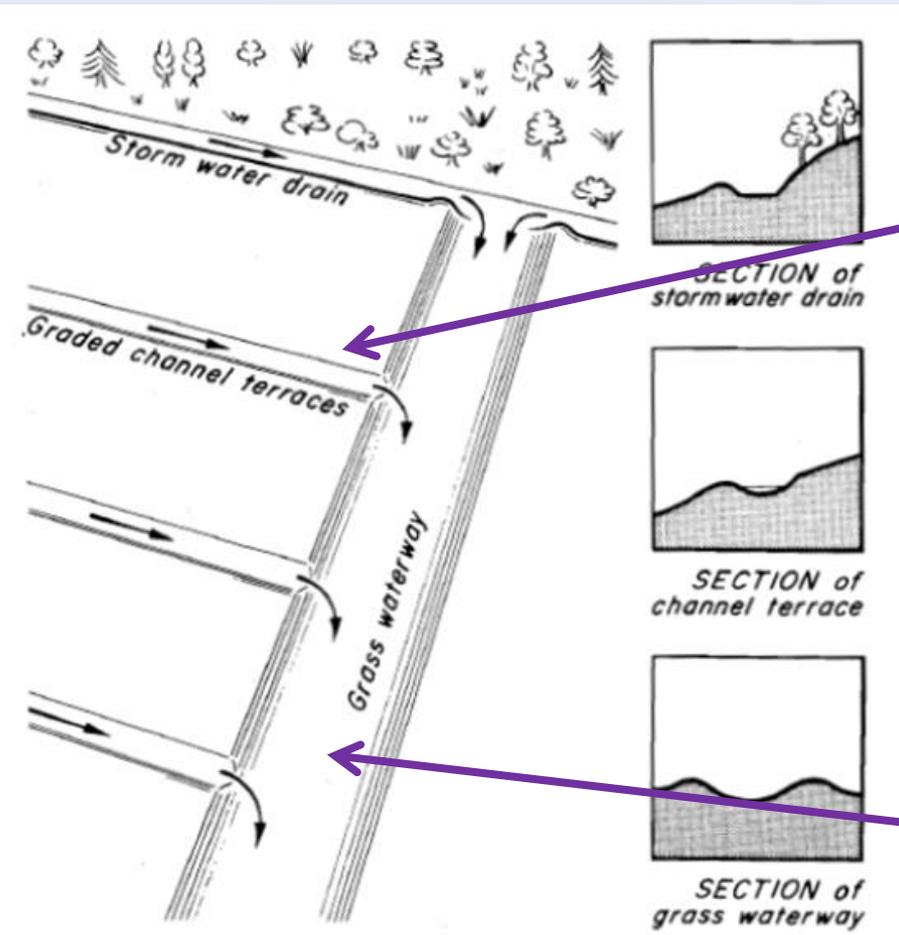
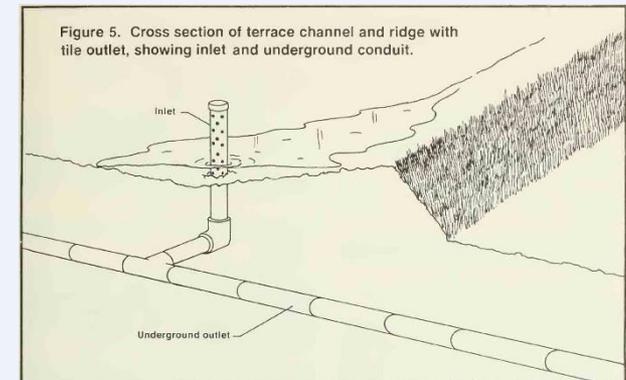
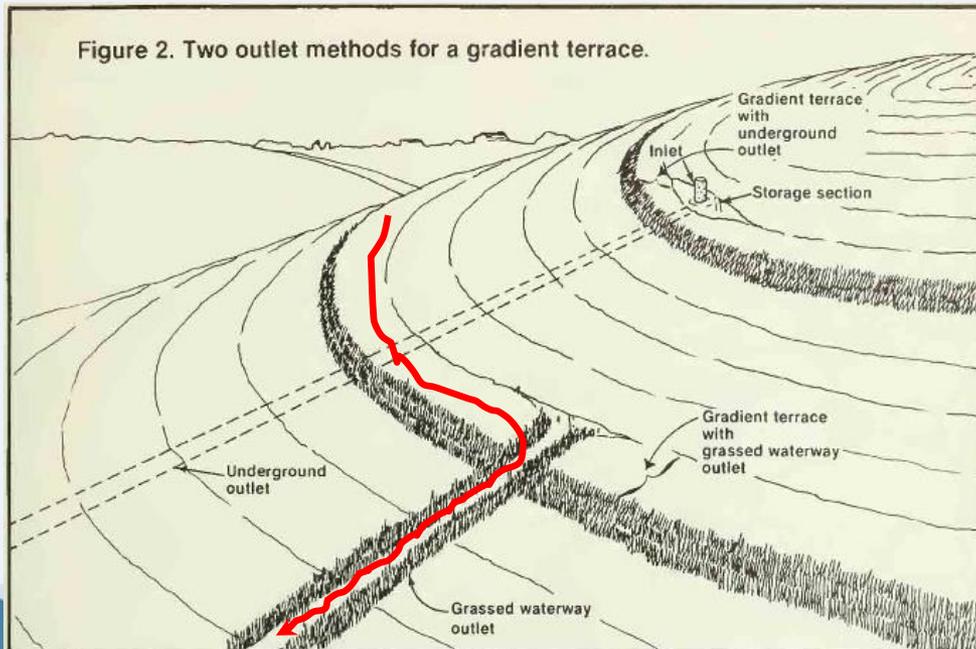


Figure 36. Major kinds of waterways. (Hudson 1971)



# Histórico do terraceamento

- Terraceamento tem origem nos EUA na década de 1960
  - Concepção original: terraços em desnível, sem armazenamento da enxurrada na área
  - Engenheiro agrônomo: definição do espaçamento com base na tolerância à perda de solo
  - Engenheiro agrícola: dimensionamento do sistema de interceptação da enxurrada
  - Engenheiro civil: eventualmente em casos de necessidade de gabiões e/ou estruturas de concreto



• Fonte: USDA

# Projeto: Terraços de drenagem com tubulação de escoamento



# Canal Escoadouro Vegetado (CEV)

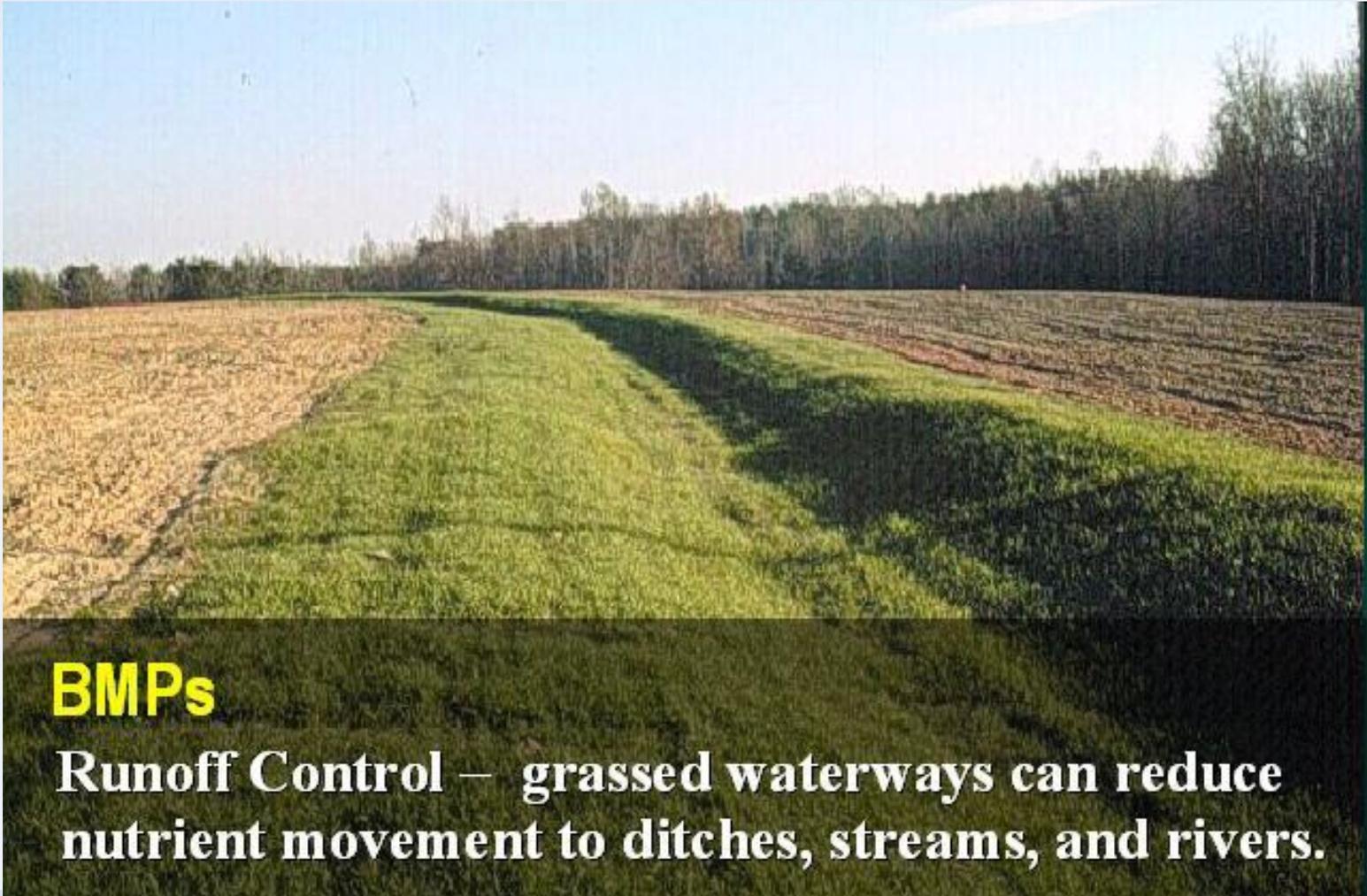


• Fonte: USDA

# Canal Escoadouro Vegetado (CEV)



## Canal Escoadouro para drenagem de enxurrada de áreas de produção



### **BMPs**

**Runoff Control – grassed waterways can reduce nutrient movement to ditches, streams, and rivers.**











# Sistema de drenagem – Goiatuba - GO



# Canal escoadouro vegetado – Goiatuba - GO



# Canal Escoadouro Vegetado (CEV)



# Escoamento Superficial Difuso (ESD)



# SISTEMA DE CONSERVAÇÃO DE SOLO

**PCX – Projeto de Controle de Enxurrada**

**Técnicas de Controle de Enxurrada**

**INFILTRAÇÃO**

**INFILTRAÇÃO/DRENAGEM**

**DRENAGEM**

**Terraço de Infiltração**

**Sem Terraços**

**Canal escoadouro Vazão ( $m^3s^{-1}$ )**

**Armazenamento do terraço ( $m^3m^{-1}$ )**

**Canal escoadouro Vazão ( $m^3s^{-1}$ )**

**Terraço de Drenagem**

**Sem Terraços**

**Plantio paralelo aos terraços**

**Projeto de alinhamento de plantio em nível**

**Vazão no terraço ( $m^3s^{-1}$ )**

**Plantio paralelo aos terraços**

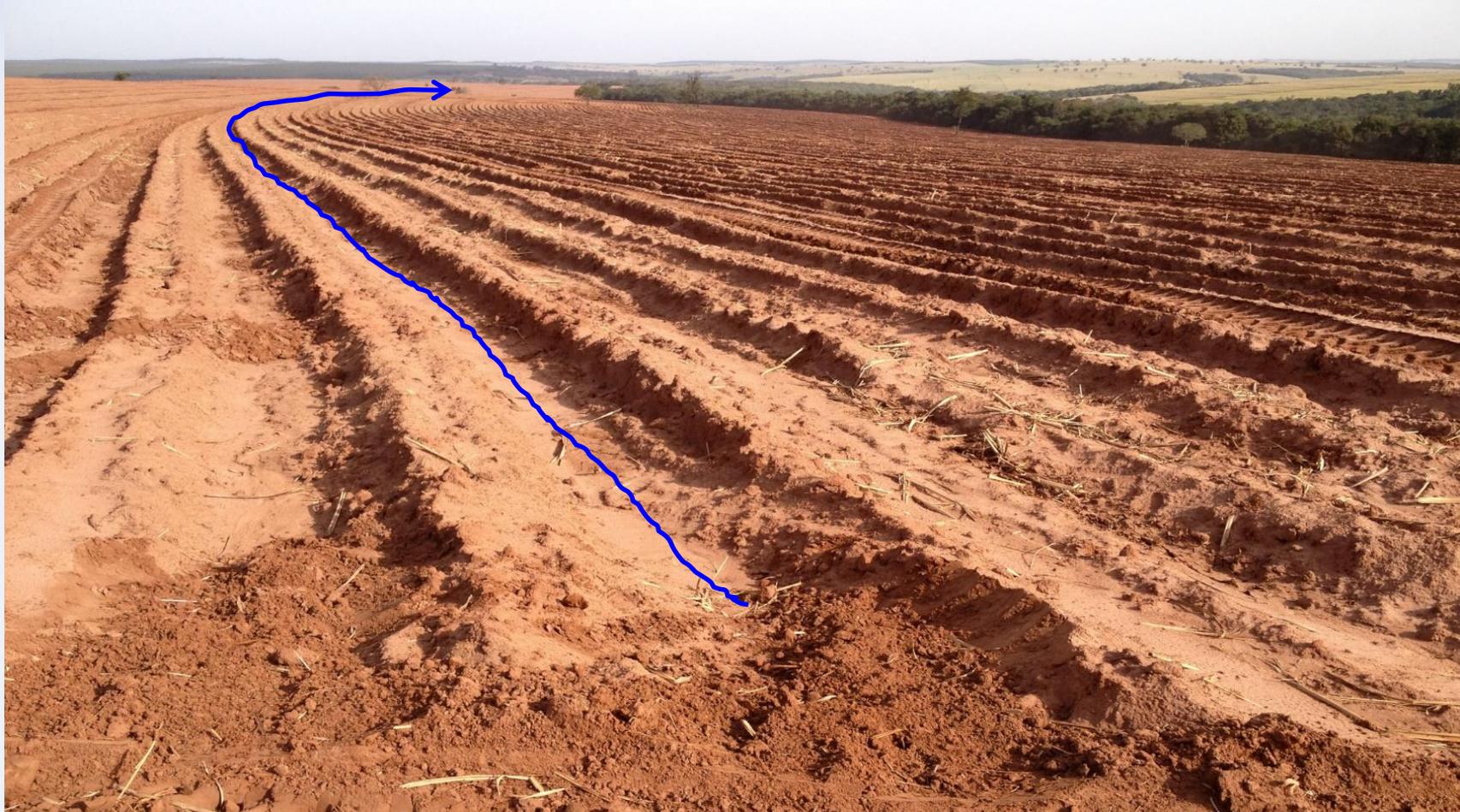
**Projeto de alinhamento de plantio**

**Projeto de Drenagem de Estradas**

**PRESERVAÇÃO E CONSERVAÇÃO DE SOLO**

**Escoamento Superficial Difuso (ESD)**

- Escoamento Superficial Difuso (ESD) - Princípios



- Linhas de plantio projetadas com pequena declividade para convergir a enxurrada no sentido do canal de drenagem (natural ou construído)

- Escoamento Superficial Difuso (ESD) - Princípios



- **Aumento do tempo de percurso da enxurrada na área (tempo de concentração) proporcionando aumento da infiltração**

- Escoamento Superficial Difuso (ESD) – Não há represamento



- Escoamento Superficial Difuso (ESD)





MATERIAL **R\$82.000,00**

MÃO DE OBRA **R\$160.000,00**

Investimento Total  
**R\$242.000,00**



- Adequação de projetos
- Estudo de consumo de energia
- Qualidade em instalação
- Acompanhamento pós-venda

## Agricultura: Cultura da Cana de açúcar

Implantação do Canavial  
**R\$7.500,00** por hectare

Implantação anual de **8.500 ha** (Usina de porte Médio)

Investimento anual  
**R\$63.750.000,00**

- Não há tradição na elaboração e discussão de projetos técnicos para implantação ou reforma



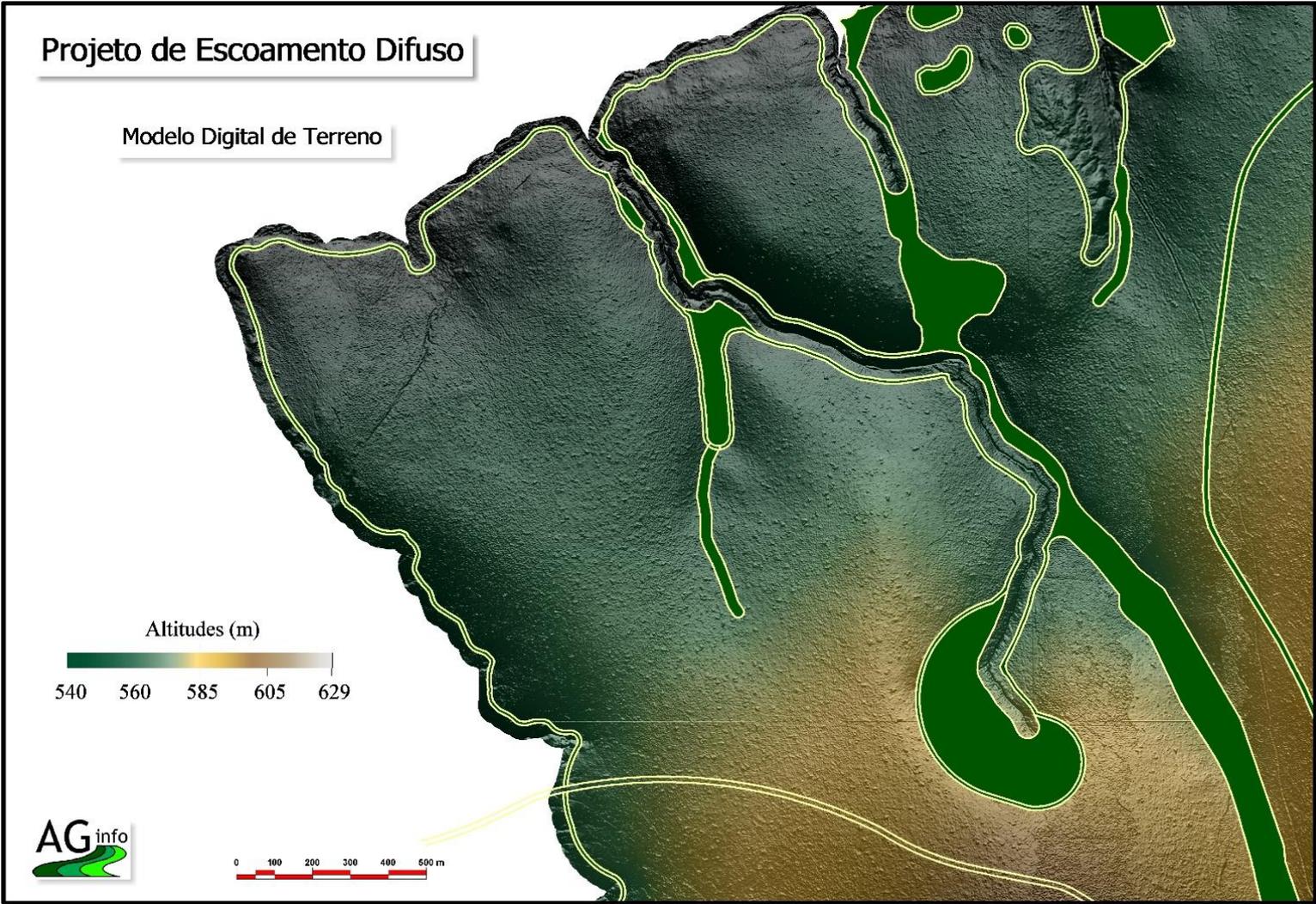
# Etapas de Projeto

- Levantamento Planialtimétrico
- Elaboração da Base de Dados Geográficos
- Projeto Executivo de Conservação de Solo
- Implantação de Canal Escoadouro ( 1 ano antes)
- Implantação do Sistema Viário
- Cobertura do Solo
- Implantação das Linhas Projetadas



-Adequação de projetos  
 -Estudo de consumo de energia  
 -Qualidade em instalação  
 -Acompanhamento pós-venda

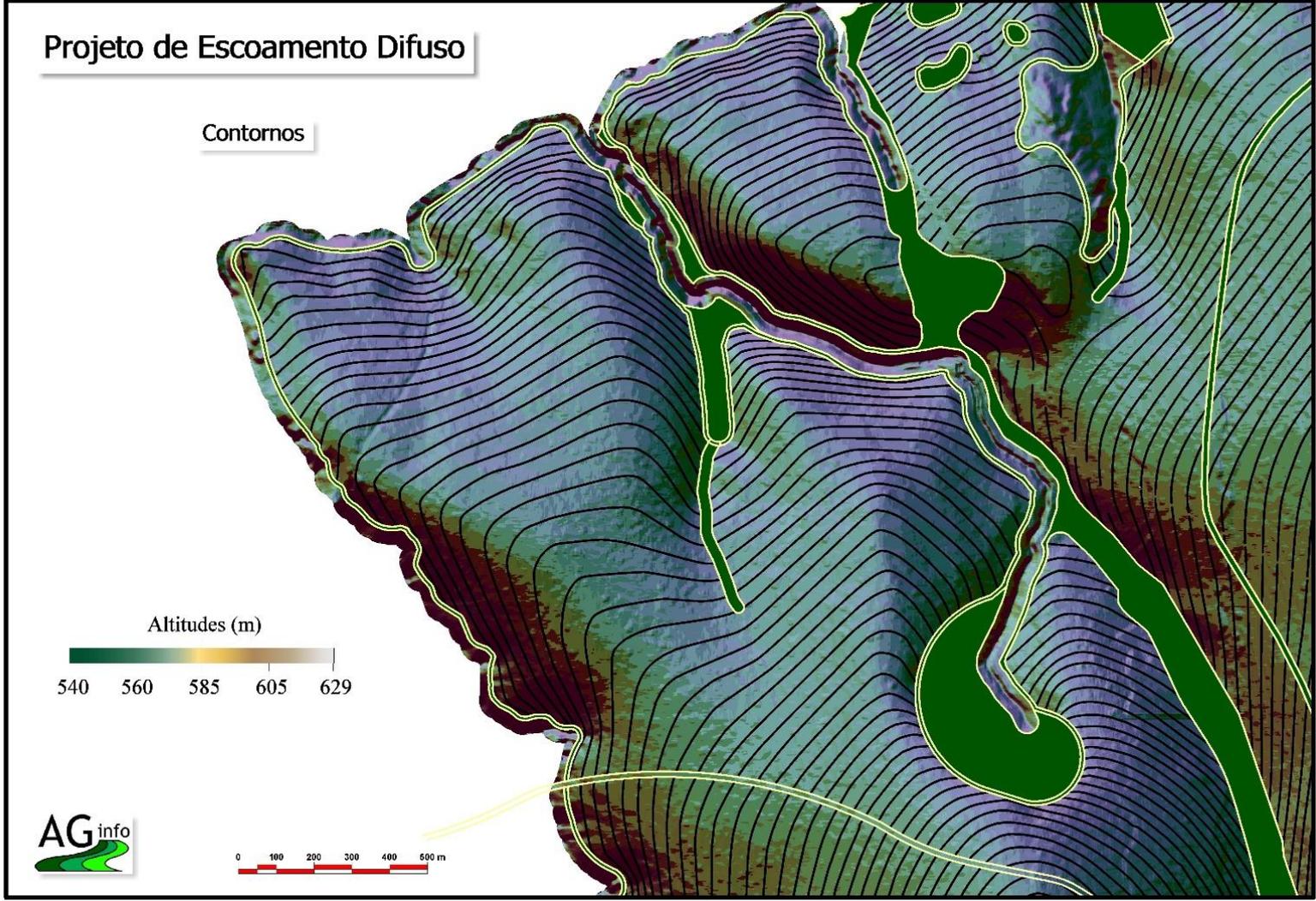
- Modelo Digital de Terreno - MDT



**Modelo Digital  
de Terreno**

- Estereoscopia por Imagem de Satélite , VANT, GPS, LIDAR (LASER)

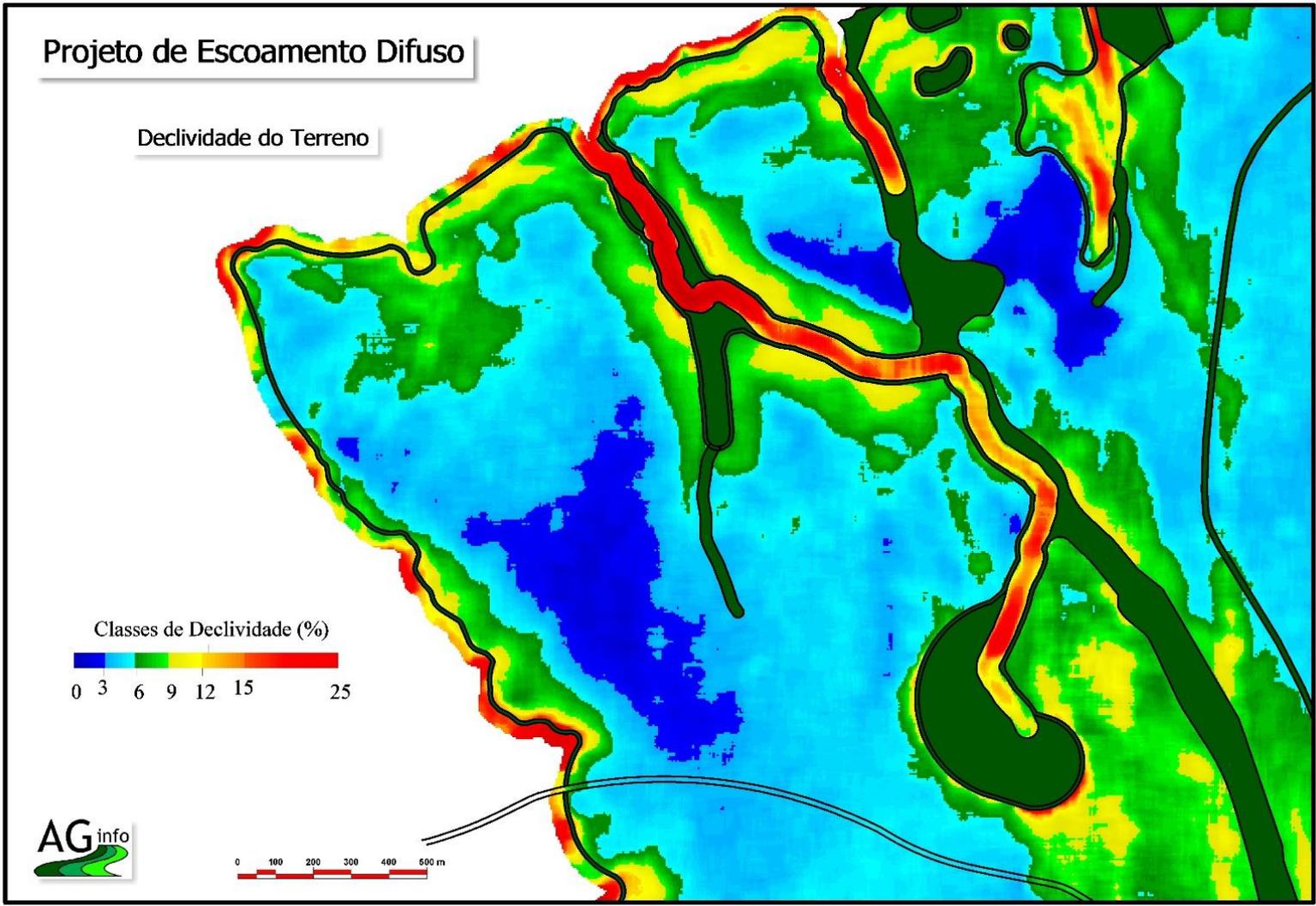
- Contornos



Contornos  
Espaçados de  
**1x1m**

- Alto nível de detalhe

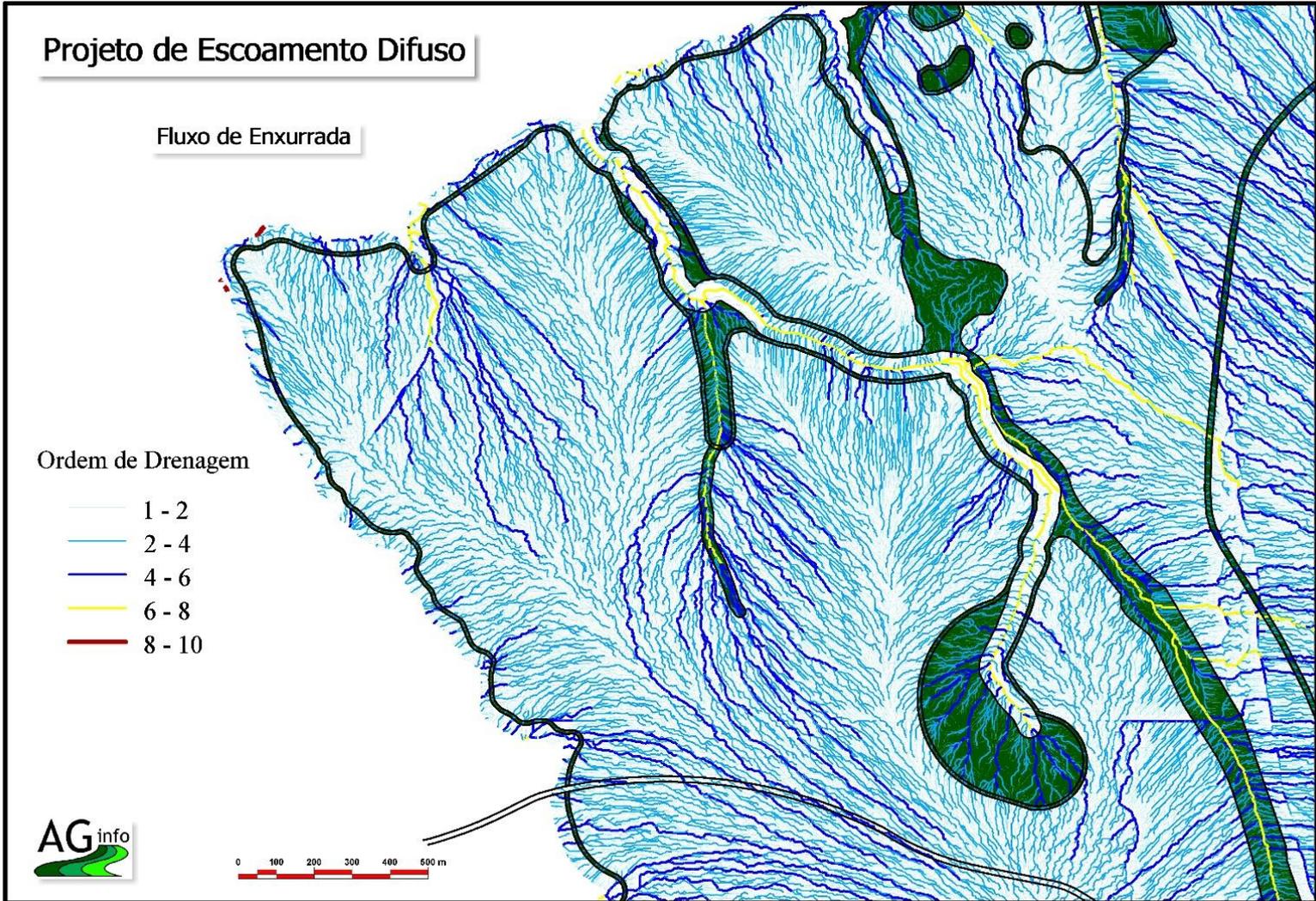
- Classes de declividade



**Classes de Declividade do Terreno**

- Compartimentação do relevo

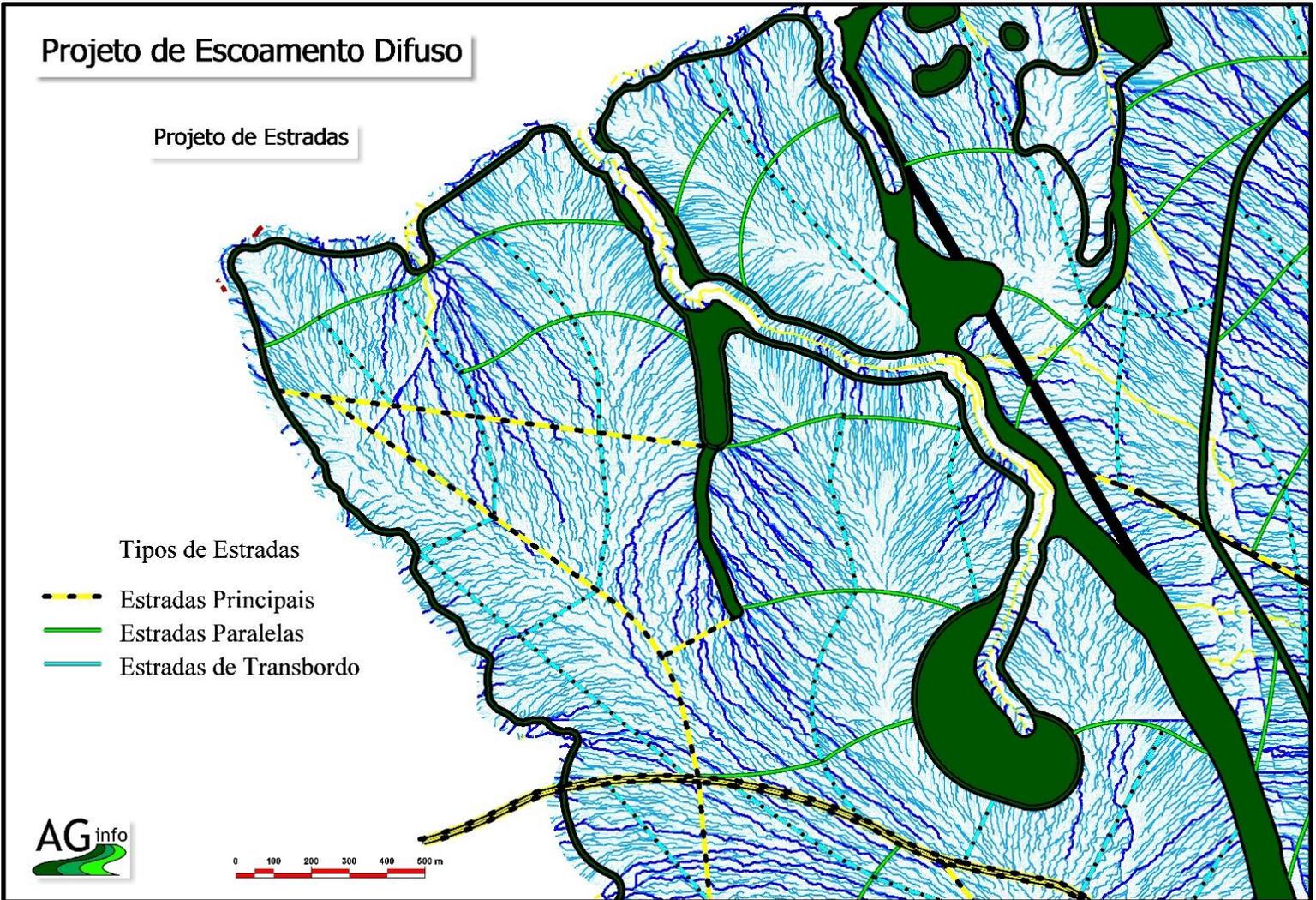
- Fluxo de enxurrada



**Fluxo de Enxurrada**

- Determinação da necessidade de canais escoadouros em áreas de convergência de fluxo

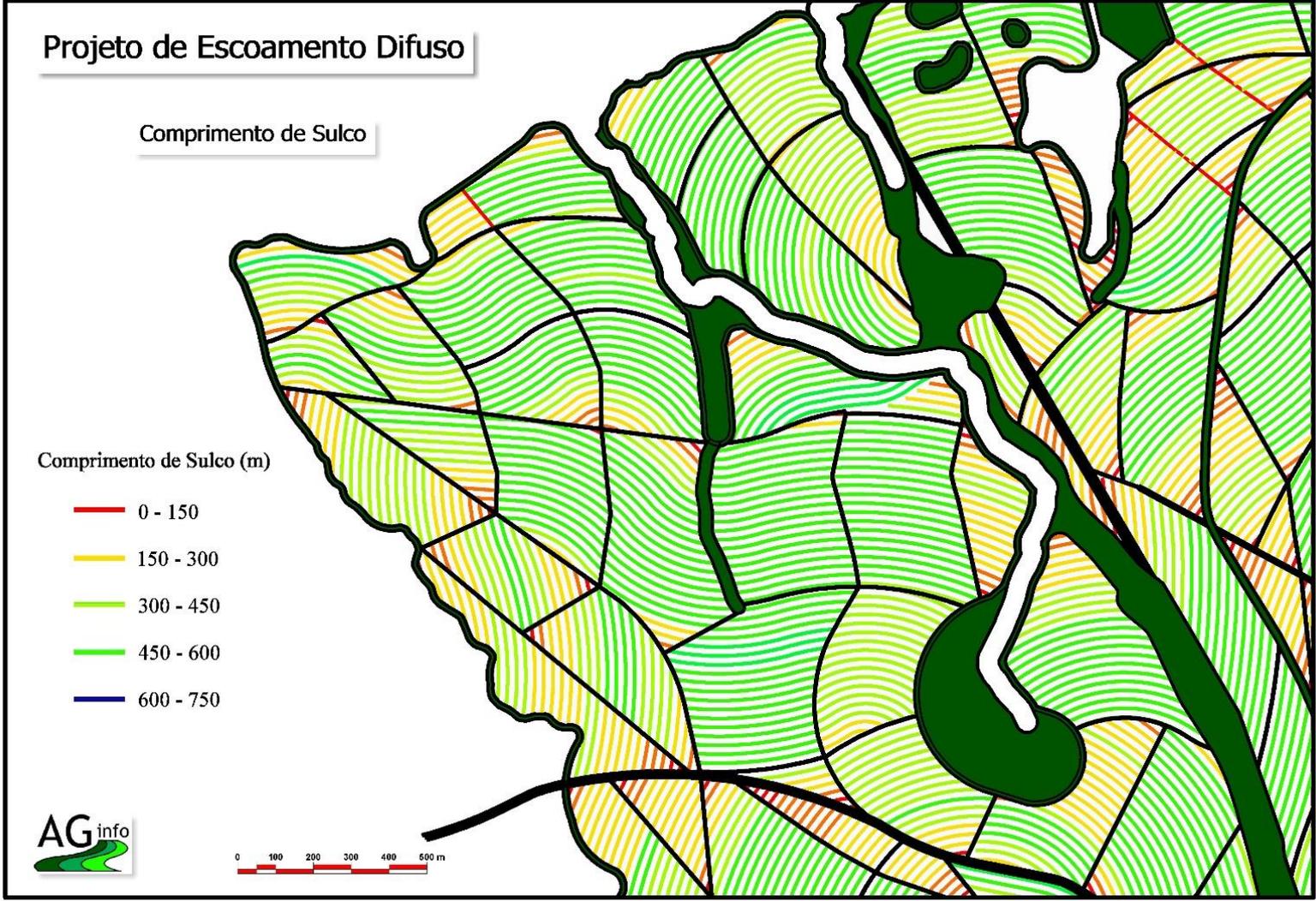
- Projeto de Estradas



**Projeto  
Conservacionista  
de Estradas**

- O posicionamento correto das estradas ajuda na conservação do solo

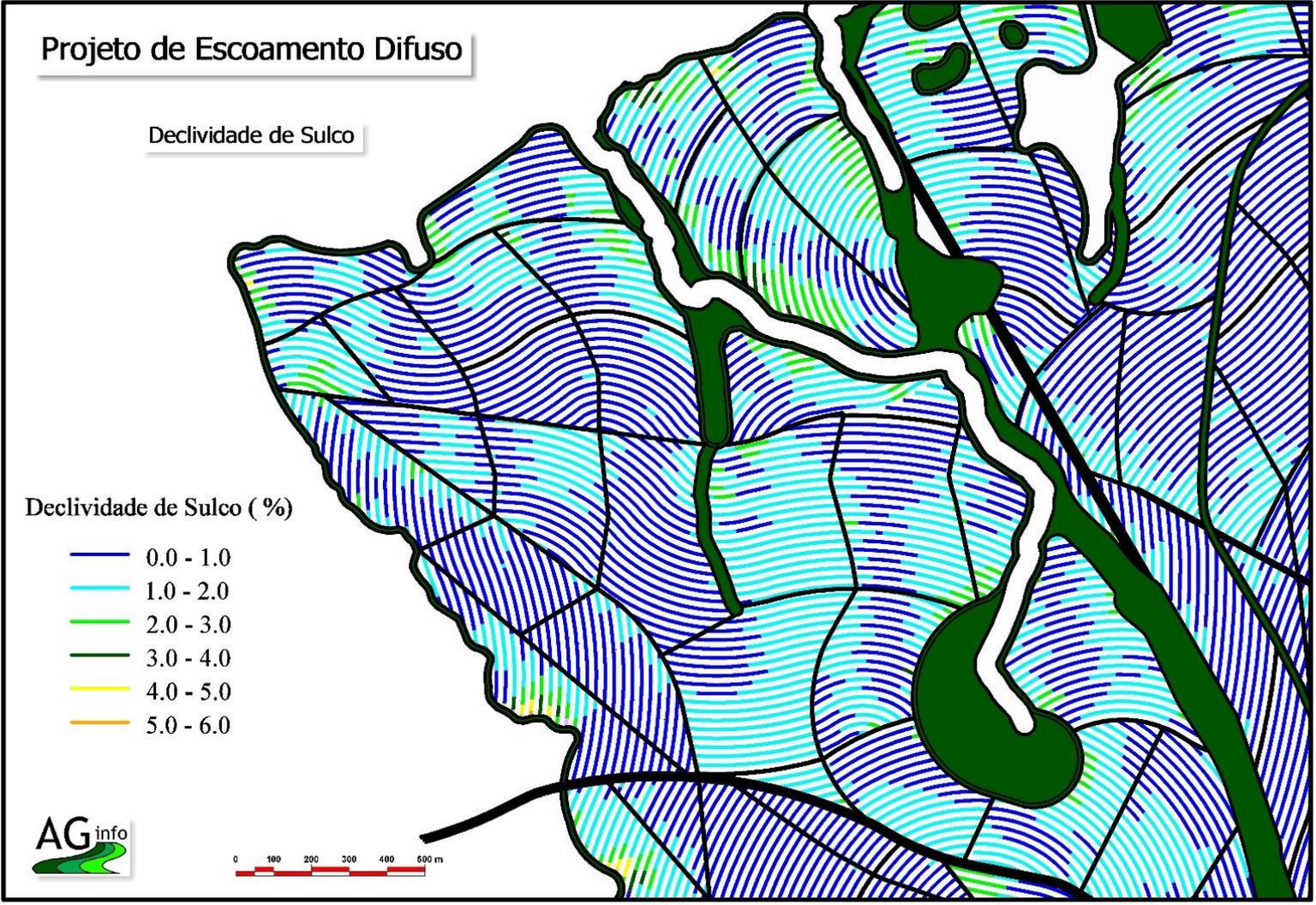
- Linhas de Plantio



**Classes de Comprimento de Sulcos**

- O alinhamento de plantio deve ser feito para conduzir a enxurrada lentamente dentro da área

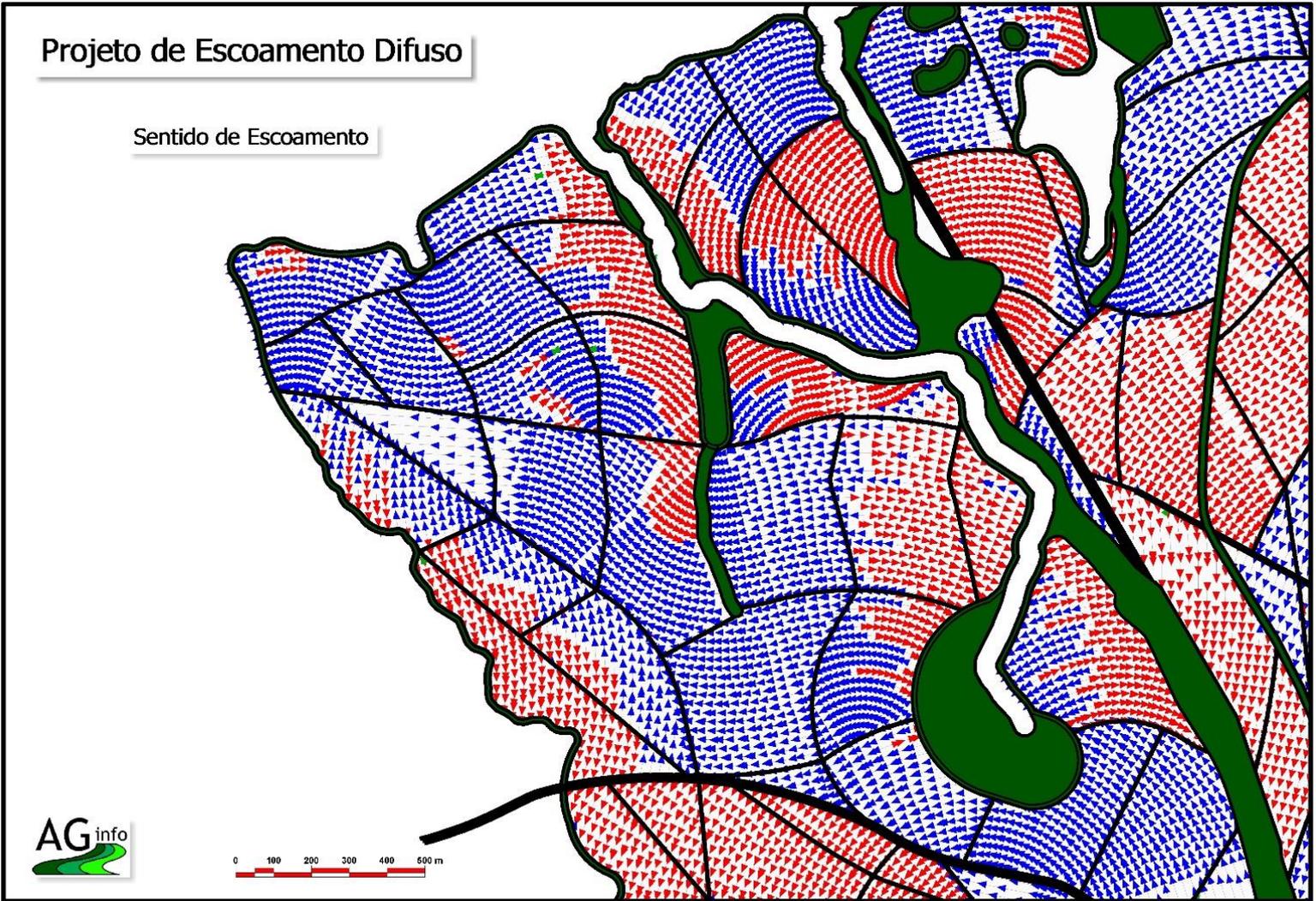
- Declividade de sulcos



**Classes de Declividade de Sulcos**

- O alinhamento de plantio não deve ultrapassar 6% de declividade em solos argilosos

- Sentido de escoamento



**Sentido de Escoamento de Enxurrada**

- O sentido do alinhamento de plantio deve conduzir o fluxo de enxurrada conforme o projeto

# Conservação de Solos = Manejo integrado de práticas



Projeto de Sistematização e Escoamento Controlado - SEC

Projeto Convencional - Terraços



# Sistema convencional



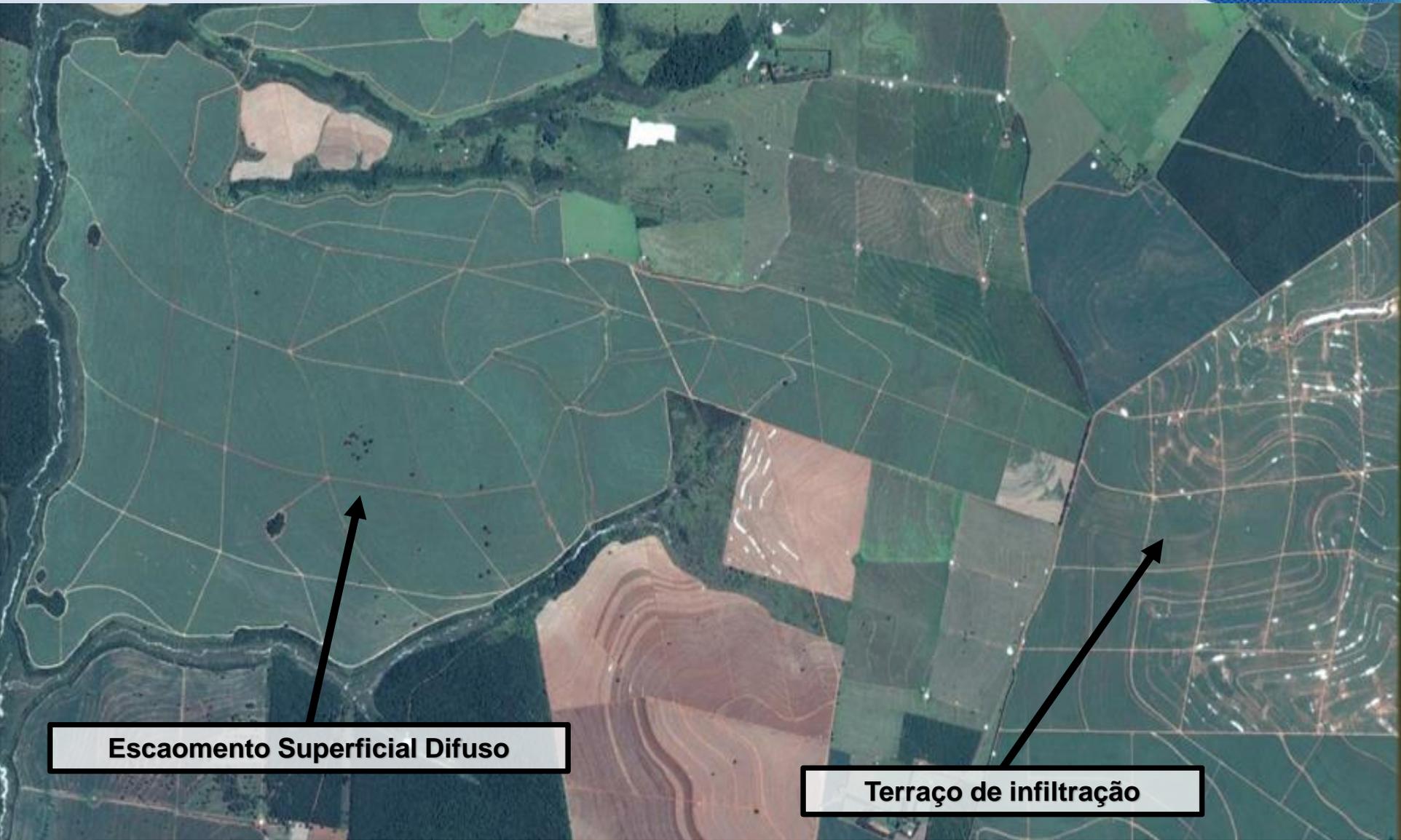
# Sistema de Escoamento Superficial Difuso (ESD)



## Canal escoadouro vegetado implantado com um ano de antecedência



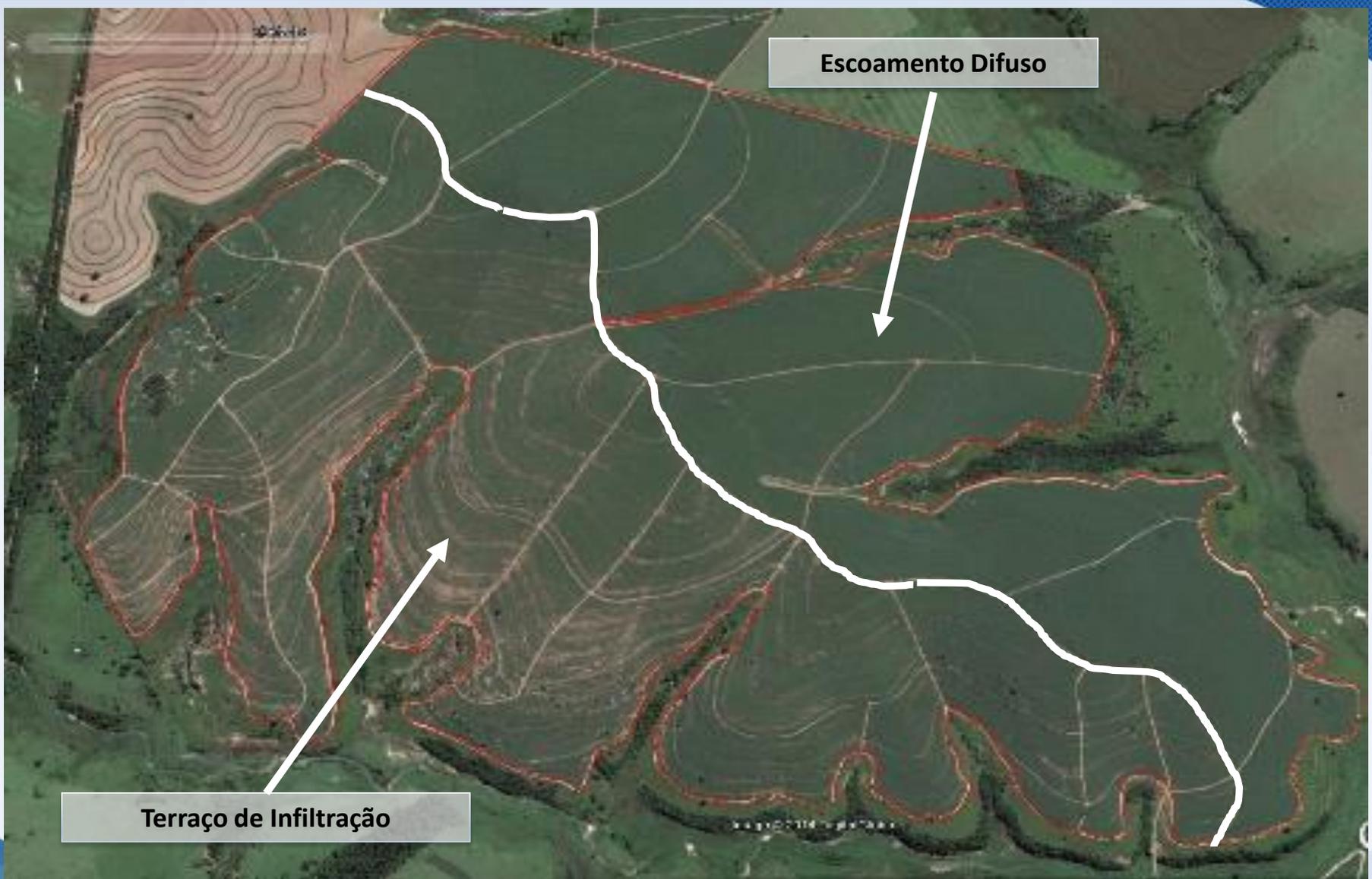
# Comparação entre Sistemas



**Escaamento Superficial Difuso**

**Terraço de infiltração**

- Implantação Simultânea – Fazenda Estrela - 2012



**Escoamento Difuso**

**Terraço de Infiltração**

# Projeto de Canal Escadouro Vegetado (CEV)



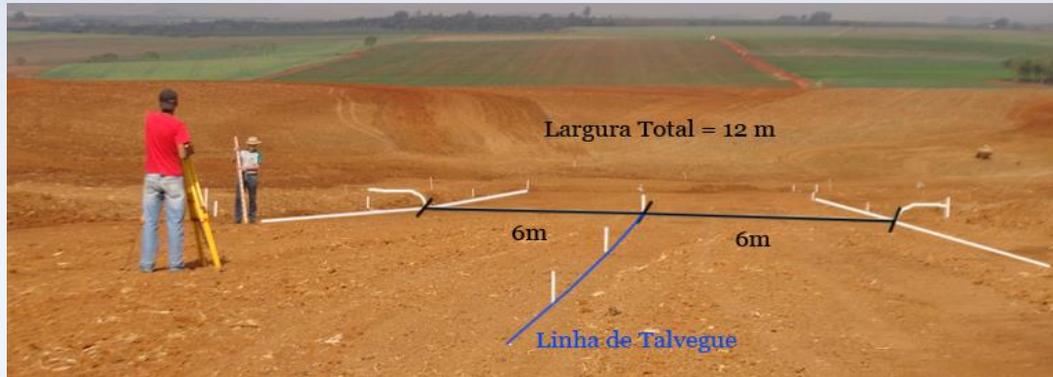
## Projeto de Canal Escoadouro Vegetado (CEV)

- *Dimensionamento Hidrológico*
- *Projeto de Sistematização*
- *Preparo do Terreno*
- *Locação - Nível de Precisão*
- *Construção com Máquinas Adequadas*
- *Implantação da Vegetação*

# Seção de drenagem de canal escoadouro vegetado

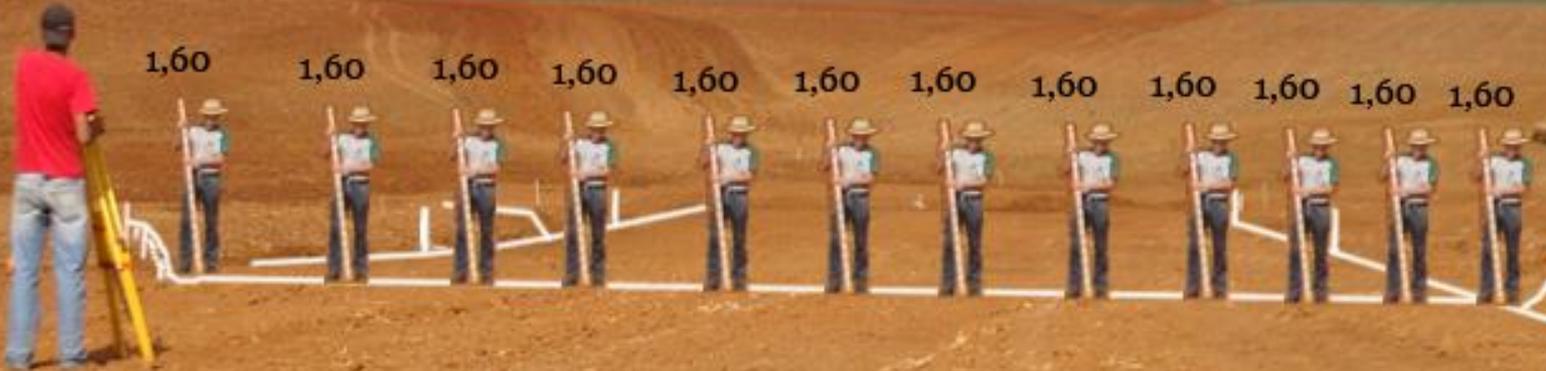


# Locação – Equipe de topografia



As leituras tem que ser idênticas em todo o leito do canal

1,60 1,60 1,60 1,60 1,60 1,60 1,60 1,60 1,60 1,60 1,60 1,60



A photograph showing a surveyor in a red shirt using a yellow level. A line of eleven surveyors in white shirts and blue pants are holding leveling rods across the canal. The number 1,60 is repeated above each rod.

O Leito do Canal Escoadouro deve ser plano e deve estar em nível em relação ao corte transversal

# Sistematização



# Correção química e física do solo



# Adequação de deságue



# Implantação da vegetação



# Implantação da vegetação



# Canal Consolidado



# Principal prática de controle de erosão = Cobertura do solo



“A fazenda bem conservada é aquela que não se vê a cor da terra”



**OBRIGADO PELA ATENÇÃO**