

Dimensionamento Altair (SP) - região de São José do Rio Preto

Apresentação da resolução de cálculo do projeto conservacionista

Objetivo: converter áreas de pastagem em cana-de-açúcar

Pastagem bem formada

Planejamento sendo feito no mês de agosto

Visão: maior eficiência possível da colheita mecanizada

Aversão a risco: baixa

Receptividade à inovação: elevada

Desafio: comparar custo dos TD com sistema tradicional de TI



Avalie os objetivos e a condição inicial da área

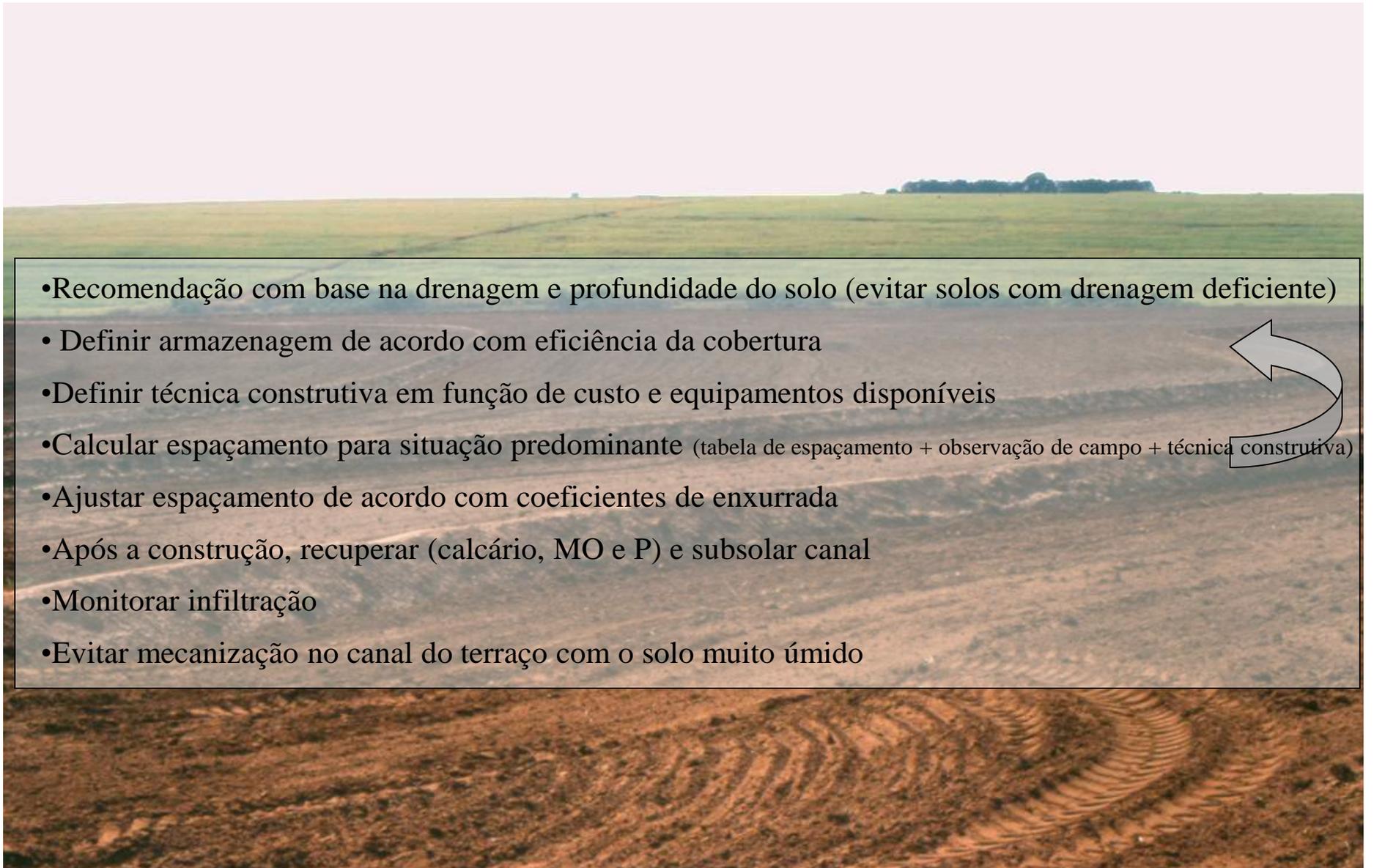
Custo e rendimento de construção em função do tipo de terraço e seção

	Seção		Rendimento			Custo		
	$L m^{-1}$	$m h^{-1}$	$R\$ h^{-1}$	$R\$ m^{-1}$	$R\$ m^{-3}$			
Com aterro feito com terracedor	900	390	35	0,09	0,10			
Com aterro feito com terracedor e acabamento de canal com motoniveladora	2.500	200	60	0,30	0,12			
Embutido feito com terracedor e motoniveladora	1.500	220	75	0,34	0,23			
Embutido feito com motoniveladora	1.200	150	75	0,50	0,42			
Embutido feito com terracedor e esteira	2.500	50	65	1,30	0,52			
Embutido feito com esteira	3.500	30	55	1,83	0,52			

Data de referência 2004

Dependendo do espaçamento e tamanho pode variar de R\$ 200 a 350/ha

Recomendação de terraço de infiltração

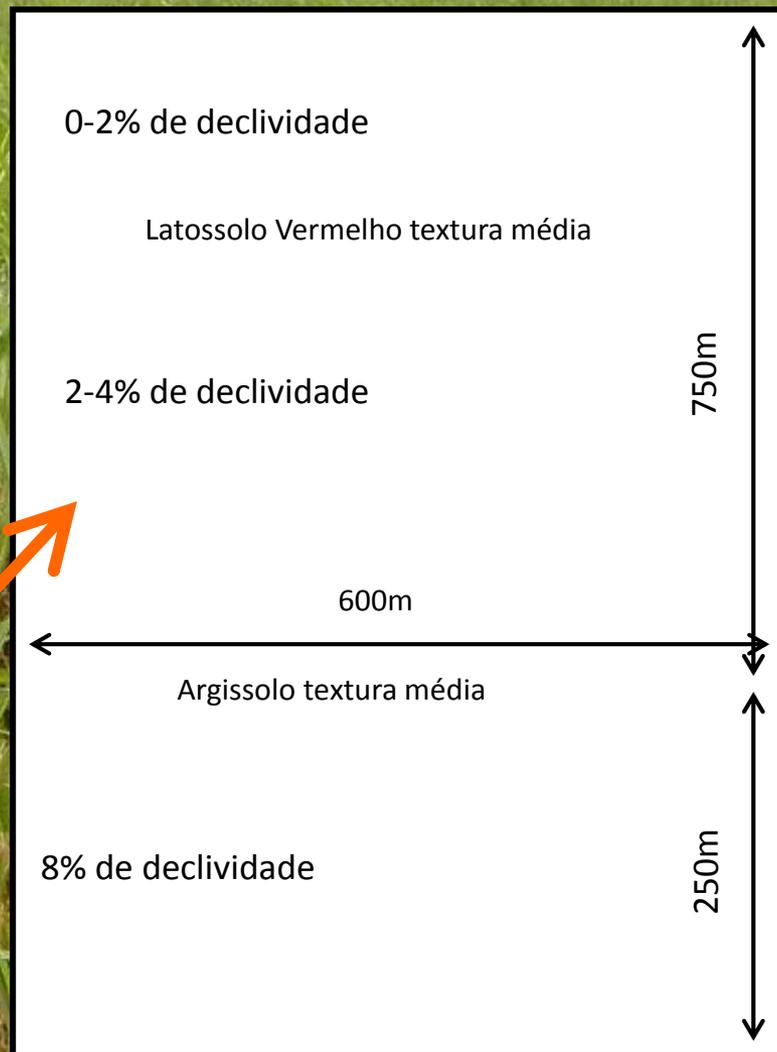
- 
- An aerial photograph of a terraced agricultural field. The terraces are visible as curved lines across the landscape, which is a mix of green vegetation and brown soil. A semi-transparent text box is overlaid on the middle of the image, containing a list of recommendations. A curved arrow on the right side of the text box points from the text back towards the terraced field.
- Recomendação com base na drenagem e profundidade do solo (evitar solos com drenagem deficiente)
 - Definir armazenagem de acordo com eficiência da cobertura
 - Definir técnica construtiva em função de custo e equipamentos disponíveis
 - Calcular espaçamento para situação predominante (tabela de espaçamento + observação de campo + técnica construtiva)
 - Ajustar espaçamento de acordo com coeficientes de enxurrada
 - Após a construção, recuperar (calcário, MO e P) e subsolar canal
 - Monitorar infiltração
 - Evitar mecanização no canal do terraço com o solo muito úmido

$$AR_1 = AR_2 \quad \text{Seção (L/m) / AR (mm) = DH (m)}$$

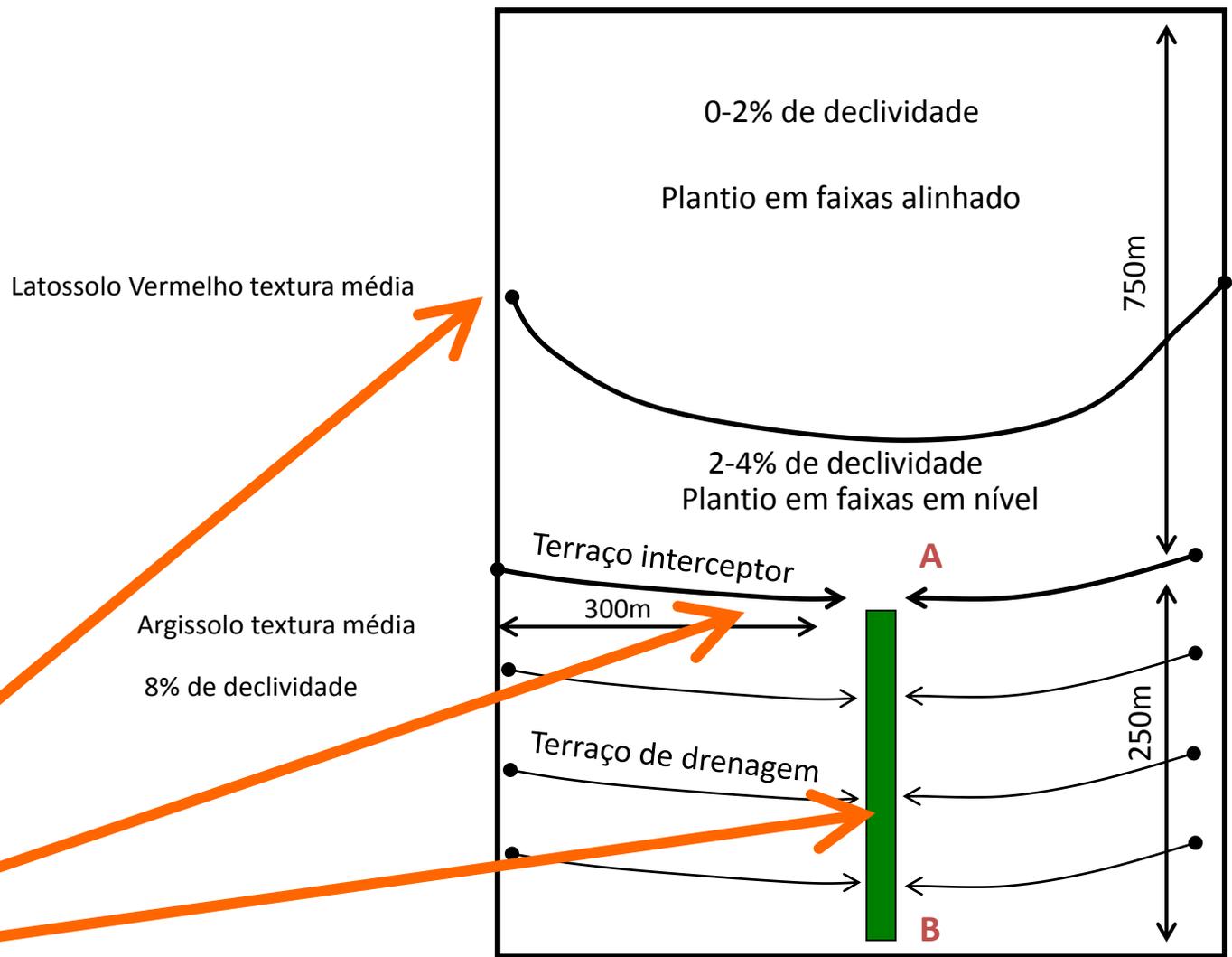
Valores de referência: 25 a 45 mm de enxurrada (60 a 100 mm de precipitação)

AR = capacidade de armazenagem de enxurrada no terraço ($L m^{-1}$)





Analise o croqui da área, anote os principais detalhes



Observe os seguintes detalhes do projeto, você vai vê-los em fotos

Canal escoadouro



Plantio em nível

Plantio em faixas sem terraceamento

Olhando a partir do divisor de águas, plantio sem terraços e alinhado (sulcação reta)

Observe o plantio em faixas (cana de ano e meio) e pense como obter este efeito!

Plantio alinhado



Vista lateral do divisor de águas, sulcação reta e efeito de faixas. Ao fundo área preparada em sistema convencional com terracimento em nível.



Primeiro terraço da área (interceptor) e início do canal escoadouro. Plantio em nível sem terraços a montante do terraço interceptor

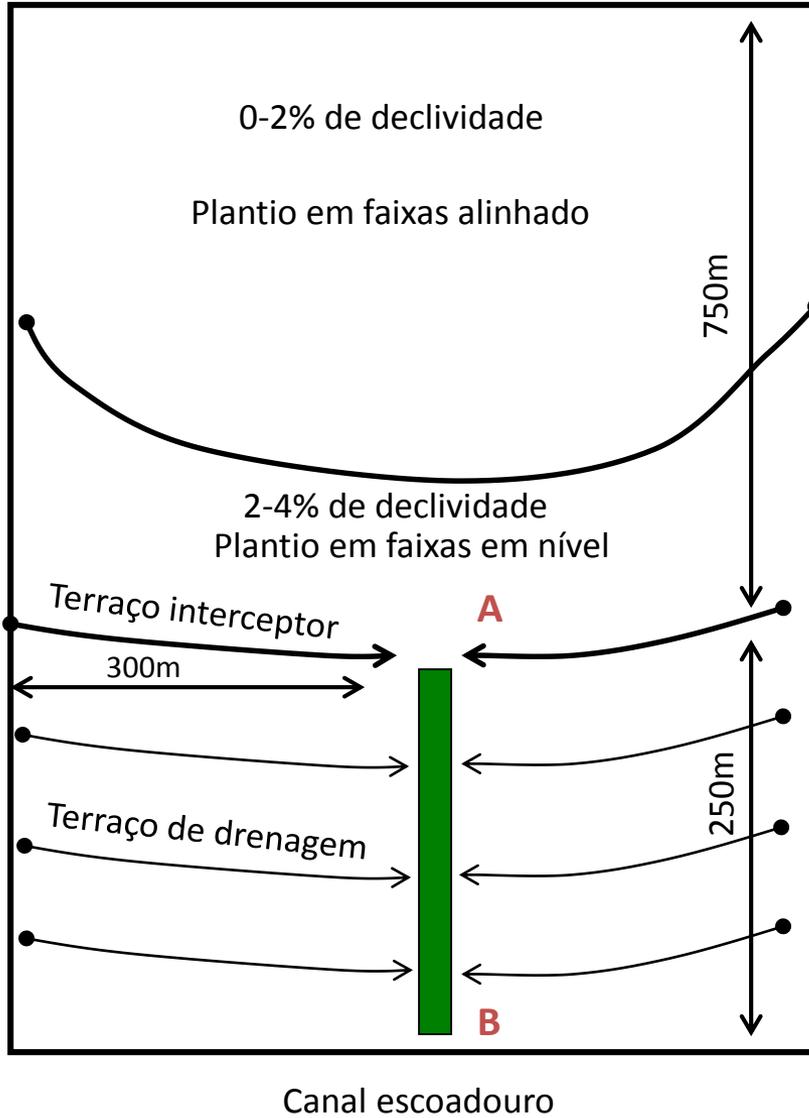


Vista lateral do terraço interceptor, canal escoadouro e terraços paralelos a jusante.

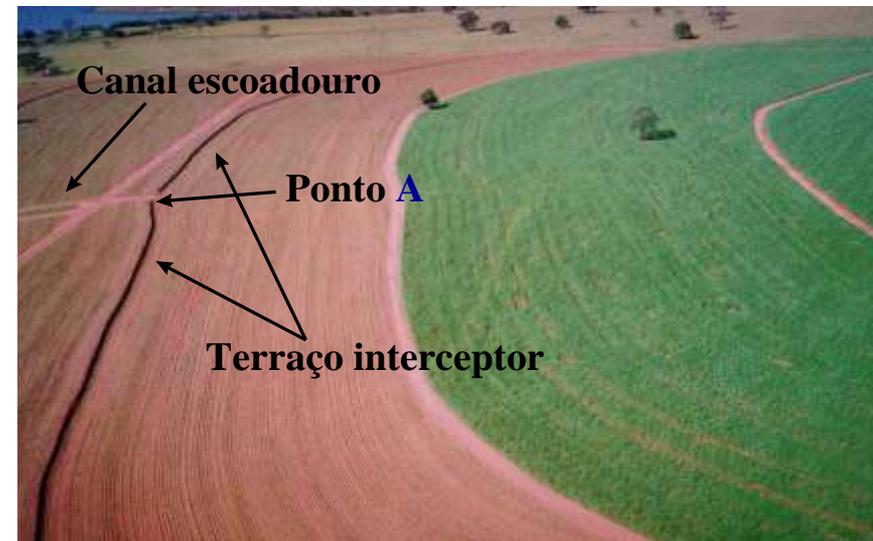


Terraços paralelos: sem interferência na sulcação!
Pense em como implantar esta técnica!





Segue o cálculo das dimensões no ponto A e B, passo a passo!



Estimativa do tempo de concentração e intensidade da chuva:

Velocidade da água no terraço interceptor: 0,8 m/s

Velocidade da água no canal escoadouro: 1,2 m/s

Tempo de recorrência: 15 anos

Terraço interceptor: cultivado com cana-de-açúcar: $n = 0,06$

Canal escoadouro: plantado com grama: $n = 0,08$

Construção do terraço interceptor: motoniveladora ($L = 4m$)

Veja os dados que você vai precisar! Alguns vem de tabelas, outros você precisa definir, e outros dependem das condições operacionais locais. Procure identificar cada grupo de variáveis, dependendo de sua origem! **Anote os valores, você vai precisar deles durante os cálculos.**

Embutido



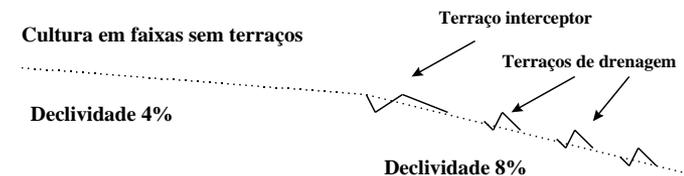
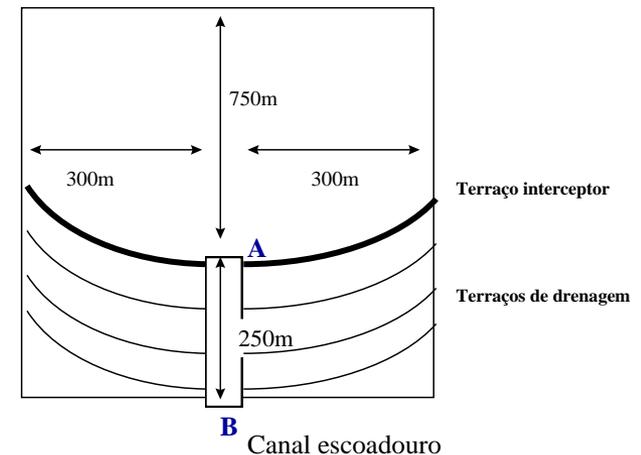
Calcule o Tempo de Concentração nos pontos A e B:

16/28

Velocidade de escoamento superficial (V , $m s^{-1}$) em função do tipo de superfície e do declive (I , %)

Uso da terra	Velocidade, $m s^{-1}$
Florestas ou mata natural	$V=0,08 I^{1/2}$
Área reflorestada ou em cultivo mínimo	$V=0,15 I^{1/2}$
Pastagens	$V=0,21 I^{1/2}$
Áreas cultivadas	$V=0,27 I^{1/2}$
Solo descoberto	$V=0,30 I^{1/2}$
Canais vegetados de formato irregular	$V=0,45 I^{1/2}$
Áreas pavimentadas	$V=0,60 I^{1/2}$

O primeiro cálculo é o do Tempo de Concentração. Além da velocidade da água no terraço e no canal escoadouro, você precisa estimar a velocidade da enxurrada não concentrada na área a montante! Utilize as equações acima e faça os cálculos de tempo de concentração em A e B!



Calcule o Tempo de Concentração nos pontos A e B:

$$\frac{750}{0,54} + \frac{300}{0,8} = 1.764s \quad (\text{TC no ponto A}) \quad \text{Equivalente a } 29,4'$$

$$\frac{750}{0,54} + \frac{300}{0,8} + \frac{250}{1,2} = 1.972s \quad (\text{TC no ponto B}) \quad \text{Equivalente a } 32,8'$$

Confira os valores do tempo de concentração em A e B!

Calcule a intensidade da precipitação extrema com duração igual ao Tempo de Concentração em A e B:

$$P = \left\{ T^{\left(\alpha + \frac{\beta}{T^{0,25}} \right)} \right\} \times \{ a \times t + b \times \log(1 + c \times t) \}$$

P = Precipitação máxima, mm

T = tempo de recorrência, anos

t = tempo de duração da chuva, h

α = constante que depende da duração precipitação (ver anexo)

β = constante que depende da duração da precipitação e da localidade (ver anexo)

a, b, e c = constantes que dependem da localidade (ver anexo)

				α								
5min	15min	30min	1h	2h	4h	8h	14h	24h	48h	3d	4d	6d
0,108	0,122	0,138	0,156	0,166	0,174	0,176	0,174	0,17	0,166	0,16	0,156	0,152
				β								
Local	UF	5min	15min	30min	1h	a	6d	a	b	c		
Estado de São Paulo	SP	-0,01	0,09	0,11	0,11	0,38	26,73	21,75				

Calcule as precipitações (Intensidade, mm/h) correspondentes aos Tempos de Concentração para os pontos A e B!

Calcule a intensidade da precipitação extrema com duração igual ao Tempo de Concentração em A e B:

19/28

Ponto A: $P = 49\text{mm}$ e $I = 99 \text{ mm/h}$

Ponto B: $P = 53\text{mm}$ e $I = 97 \text{ mm/h}$

Confira os valores as intensidades de precipitação em A e B!

Chuvas Extremas (Pfafstetter, 1957)

	Local	Estado	
Número do Local:	31	Estado de São Paulo	SP
Duração da Precipitação:			<u>Verificar número na planilha locais</u>
min	29,4		
horas			
dias			
Tempo de Recorrência:	15	anos	
Precipitação Máxima:	49	mm	
Intensidade Máxima:	99	mm h ⁻¹	

Calcule as precipitações (Intensidade, mm/h) correspondentes aos Tempos de Concentração para os pontos A e B, utilizando a planilha de cálculo. Verifique se os resultados são semelhantes!

Calcule a vazão máxima em A e B:

$$Q_{\max} = \frac{\bar{C} \times I_{t=TC} \times A}{360}$$

Q_{\max} = vazão máxima esperada, $m^3 s^{-1}$

\bar{C} = coeficiente de enxurrada médio (ponderado pela área de ocorrência) da área (A).

$I_{t=TC}$ = intensidade ($mm h^{-1}$) da precipitação máxima esperada com certo período de retorno (T, anos) de duração igual ao Tempo de Concentração (TC) da área de captação do ponto em que está sendo calculada Q_{\max} .

A = área de captação no ponto de dimensionamento, ha

Coeficiente de enxurrada em função da cobertura vegetal, permeabilidade do solo e declividade.

Agora vem o cálculo da vazão provocada pelas chuvas que você definiu anteriormente. Para isto, basta substituir os valores na equação acima. Para o cálculo do fator C médio, utilize a tabela ao lado e faça a média ponderada pela área de ocorrência de cada solo

Cobertura vegetal e declividade	Permeabilidade do Solo		
	Alta	Média	Baixa
Matas			
0-5%	0,10	0,30	0,40
5-10%	0,25	0,35	0,50
10-30%	0,30	0,50	0,60
Pastagens			
0-5%	0,10	0,30	0,40
5-10%	0,16	0,36	0,55
10-30%	0,22	0,42	0,60
Culturas			
0-5%	0,30	0,50	0,60
5-10%	0,40	0,60	0,70
10-30%	0,52	0,72	0,82
Áreas Urbanas			
0-5%	0,40	0,55	0,65
5-10%	0,50	0,65	0,80

Calcule a vazão máxima em A e B:

C do ponto A: 0,3

C ponto B:
$$\frac{0,3 \times 45ha + 0,6 \times 15ha}{45ha + 15ha} = 0,38$$

Q ponto A: 1,86 m³/s

Q ponto B: 6,14 m³/s

Confira o cálculo do valor C e as vazões nos pontos A e B!

Arquivo Editar Exibir Inserir Formatar Ferramentas Dados Janela ?

Vazão de Entrada assumindo tempo de recorrência de 15 anos

Número do Local: 31 Estado de São Paulo Verificar número na planilha locais

Área de Captação: 22,5 ha

Tempo de Concentração: 29,4 min

Intensidade da Precipitação: 99 mm h⁻¹

Coefficiente de Enxurrada: 0,3

Vazão de Entrada: 1,86 m³s⁻¹

Vazão de Entrada definindo a Intensidade de Precipitação

Área de Captação: 60 ha

Intensidade da Precipitação: 97 mm h⁻¹

Coefficiente de Enxurrada: 0,38

Vazão de Entrada: 6,14 m³s⁻¹

Repita os cálculos na planilha e veja se os valores são semelhantes. Verifique se os resultados são semelhantes!

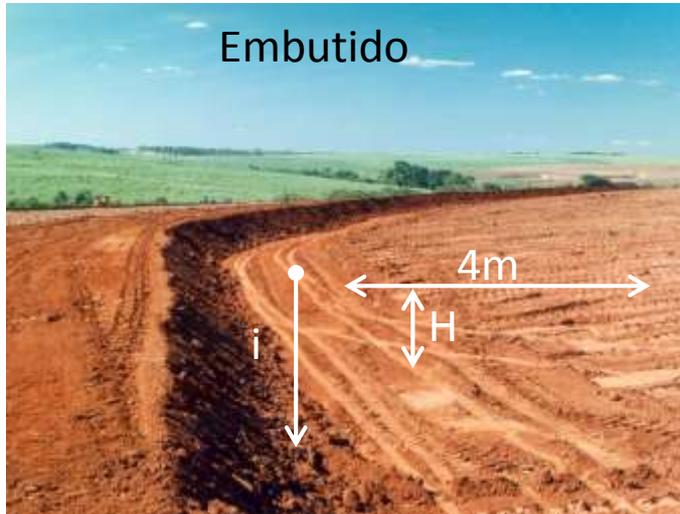
Vazão Canal Vazão Terraço **Vazão Entrada** Locais

Dimensione o terraço no Ponto A:

$$L = 4\text{m}$$

$$H = ??$$

$$d = ??$$



$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{d}$$

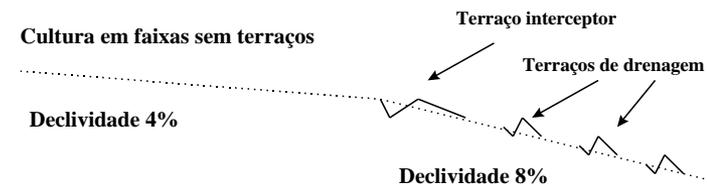
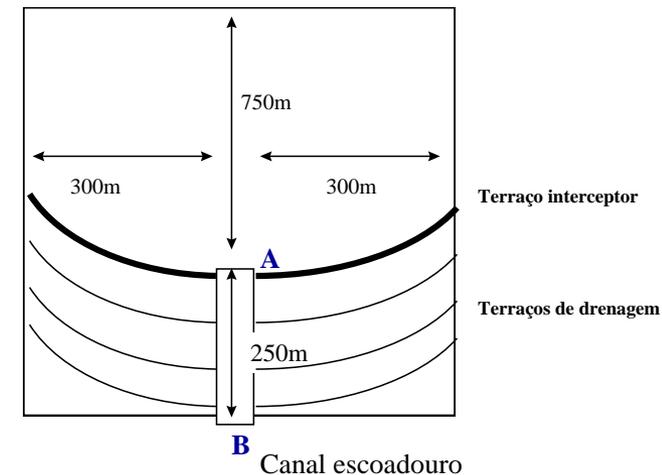
V = velocidade da água em canal aberto, m s^{-1} (vel. máxima em terraços = $1,0 \text{ m s}^{-1}$ e em canais vegetados $1,5 \text{ m s}^{-1}$)

n = coeficiente de rugosidade, varia de 0,06 a 0,1 em canais de terra vegetados.

R = raio hidráulico do canal (área molhada / perímetro molhado)

d = declividade do canal, m/m

Vamos calcular primeiro o terraço!
Perceba que há duas variáveis faltando (H e d). Como H é função de L e Q , fica fácil de resolver! Basta resolver a equação de Manning para d !



Dimensione o terraço no Ponto A:

Terraço

Dados:

$v = 0,8 \text{ m s}^{-1}$

$Q = 1,86 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$

$L = 4 \text{ m}$

$n = 0,06$

$S = \frac{L \times H}{2}$ $Q = S v$

$v = \frac{1}{n} \left(\frac{L \times H}{L + H} \right)^{2/3} \sqrt{i}$

Dimensões a encontrar:

$1,86 = S \cdot 0,8 \rightarrow S = 2,325 \text{ m}^2$

$2,325 = \frac{4 \cdot H}{2} \rightarrow H = 1,163 \text{ m}$

$0,8 = \frac{1}{0,06} \left(\frac{4 \cdot 1,163}{4 + 1,163} \right)^{2/3} \sqrt{i}$

$0,8 = 16,67 \cdot 0,588 \sqrt{i} \rightarrow$

$i = 0,0067 \text{ m m}^{-1} \text{ ou } 0,67\%$



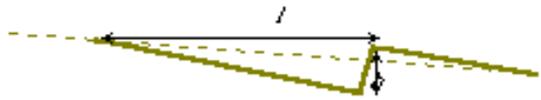
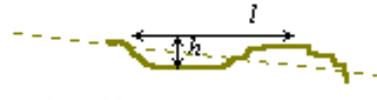
$L = 4 \text{ m}$
 $H = 1,2 \text{ m}$
 $i = 0,67\%$

Veja a solução ao lado!

Arquivo Editar Exibir Inserir Formatar Ferramentas Dados Janela ?

Terraço sem aterro (embutido) m^3s^{-1} **Terraço com aterro (parbólico)**

Vazão de Entrada 1 **1,86**
Vazão de Entrada 2 **6,14**

Velocidade e Vazão de Escoamento

l	<input type="text" value="4"/>	m			
h	<input type="text" value="1,16"/>	m			
Área Molhada		m^2			
Raio Hidráulico		m			
Coefficiente Rugosidade	<input type="text" value="0,06"/>	Valor assumido 0,08			
Declividade					
	<input type="text" value="0,007"/>	m m^{-1}			
	<input type="text" value="0,67"/>	%			
Velocidade Escoamento	<input type="text" value="0,8"/>	m s^{-1}			
Vazão		m^3s^{-1}			

Estimativa a partir da Velocidade

	<input type="text" value="4"/>				
	<input type="text" value="1,16"/>				

Vazão Canal Vazão Terraço Vazão Entrada Locais

Repita os cálculos na planilha e veja se os valores são semelhantes. Verifique se os resultados são semelhantes!

Dimensione o cana escoadouro no Ponto B:

$$L = ??$$

$$H = ??$$

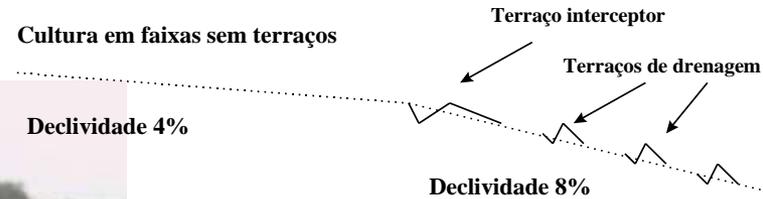
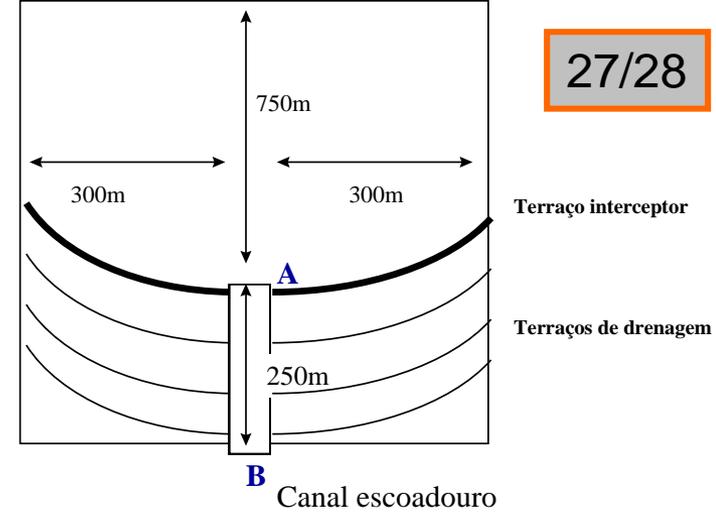
$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{d}$$

V = velocidade da água em canal aberto, m s⁻¹ (vel. máxima em terraços = 1,0 m s⁻¹ e em canais vegetados 1,5m s⁻¹)

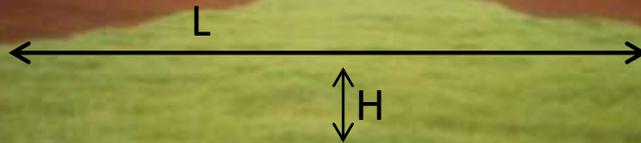
n = coeficiente de rugosidade, varia de 0,06 a 0,1 em canais de terra vegetados.

R = raio hidráulico do canal (área molhada / perímetro molhado)

d = declividade do canal, m/m



No caso do canal escoadouro há duas variáveis (L e H). Você vai ter que definir duas equações para resolver L em função do valor de H (ou ao contrário!) Pense em como fazer isto!



Dimensione o cana escoadouro no Ponto B:

Canal
Dado

$$v = 1,2 \text{ m s}^{-1}$$

$$Q = 6114 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$$

$$n = 0,08$$

$$d = 8\% \text{ ou } 0,08 \text{ m m}^{-1}$$

$$S = L \cdot H$$

$$Q = S \cdot v$$

$$v = \frac{1}{n} R^{2/3} \sqrt{S}$$

$$R = \frac{L \cdot H}{L + 2H}$$

$$6114 = S \cdot 1,2 \rightarrow S = \frac{6114}{1,2} = 5117 \text{ m}^2 = L \cdot H$$

$$1,2 = \frac{1}{0,08} \left(\frac{5117}{L + 2H} \right)^{2/3} \sqrt{0,08} \rightarrow$$

$$\rightarrow \left(\frac{5117}{L + 2H} \right)^{2/3} = \frac{1,2}{0,283125} = 4,239 \rightarrow$$

$$\rightarrow \left(\frac{5117}{L + 2H} \right)^{1/2} = (4,239)^{3/2} \rightarrow$$

$$\frac{5117}{L + 2H} = 0,198 \rightarrow 5117 = 0,198L + 0,3957H$$

$$H = \frac{5117}{L} \rightarrow 5117 = 0,198L + 0,395 \frac{5117}{L} \rightarrow$$

$$5117L = 0,198L^2 + 2,021 \rightarrow 0,198L^2 - 5117L + 2,021 = 0$$

$$L' = \frac{5117}{2 \cdot 0,198} \pm \sqrt{\frac{5117^2}{4 \cdot 0,198^2} - 0,198 \cdot 2,021} = 25,44$$

$$L'' = 12,921 - 12,520 = 0,40$$

$$H = \frac{5117}{25,44} = 0,20 \quad \begin{cases} L = 25 \text{ m} \\ H = 0,2 \text{ m} \end{cases}$$

$$L = 25$$

$$H = 0,2$$

Veja os cálculos ao lado e repita os na planilha!

Parabéns, você chegou ao final do exercício!