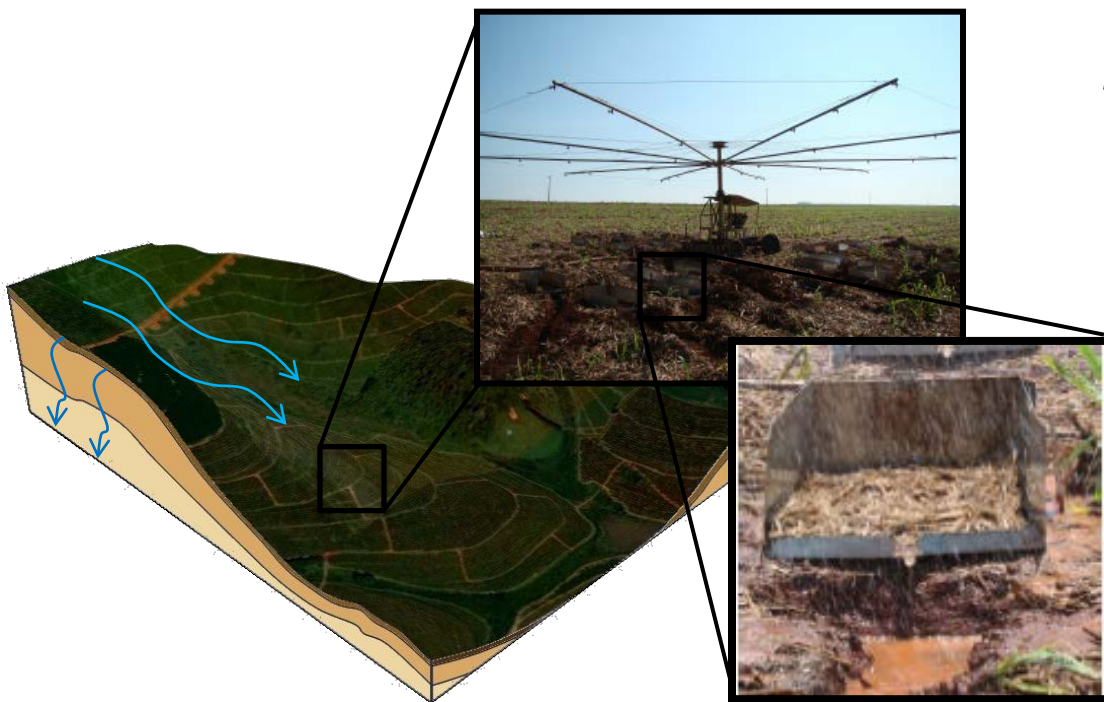


Sistematização e Conservação do Solo e da Água em Cana de Açúcar:

“Hidrologia: Infiltração de Água no Solo”

Prof. Dr. Marcilio Vieira Martins Filho
Diagramação: Dr. Diego Silva Siqueira



GRUPO DE PESQUISA

CSME

Caracterização do Solo para
Fins de Manejo Específico

STAB

Hidrologia: Infiltração de Água no Solo

Como está a taxa de conversão conhecimento-inovação?



Pergamon

Int. Comm. Heat Mass Transfer, Vol. 28, No. 7, pp. 963–972, 2001

Copyright © 2001 Elsevier Science Ltd

Printed in the USA. All rights reserved

0735-1933/01/\$—see front matter

PII: S0735-1933(01)00300-1

UNSTEADY HEAT CONDUCTION IN 3D ELLIPTICAL CYLINDERS

M.S. Ferreira and J.I. Yanagihara

Department of Mechanical Engineering

Polytechnic School – University of São Paulo

São Paulo, SP 05508-900, Brazil

(Communicated by J.P. Hartnett and W.J. Minkowycz)



Hidrologia: Infiltração de Água no Solo

Como está a taxa de conversão conhecimento-inovação?



Int. Comm. Heat Mass Transfer, Vol. 28, No. 7, pp. 963-972, 2001
Copyright © 2001 Elsevier Science Ltd
Printed in the USA. All rights reserved
0735-1933/01/\$-see front matter

PII: S0735-1933(01)00300-1

UNSTEADY HEAT CONDUCTION IN 3D ELLIPTICAL CYLINDER

M.S. Ferreira and J.I. Yanagihara
Department of Mechanical Engineering
Polytechnic School – University of São Paulo
São Paulo, SP 05508-900, Brazil

(Communicated by J.F. Hartnett and W.J. Minkowycz)

8 anos depois...



International Communications in Heat and Mass Transfer
journal homepage: www.elsevier.com/locate/ichmt

A transient three-dimensional heat transfer model of the human body

M.S. Ferreira^a, J.I. Yanagihara^{b,*}

^a Department of Mechanical Engineering, FEI (Fundação Educacional Itapicuru), São Bernardo do Campo, Brazil
^b Department of Mechanical Engineering, Polytechnic School, University of São Paulo, Av. Prof. Mello Moraes, 2231, 05508-900, São Paulo, SP, Brazil

ARTICLE INFO

Available online 16 April 2009

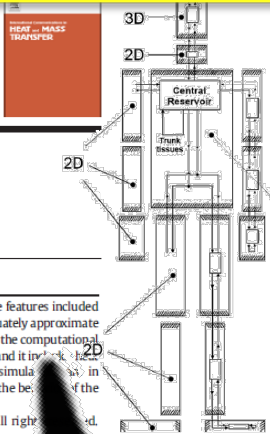
Keywords:
Human body thermal model
Human thermal system
Bio-heat transfer
Thermoregulation
Thermal comfort

ABSTRACT

The objective of this work is to develop an improved model of the human thermal system. The features included are important to solve real problems: 3D heat conduction, the use of elliptical cylinders to adequately approximate body geometry, the careful representation of tissues and important organs, and the flexibility of the computational implementation. Focus is on the passive system, which is composed by 15 cylindrical elements and it involves heat transfer between large arteries and veins. The results of thermal neutrality and transient simulation show an excellent agreement with experimental data, indicating that the model represents adequately the behavior of the human thermal system.

© 2009 Elsevier Ltd. All rights reserved.

Qual a diferença entre tecnologia e inovação?
“Tecnologia é um monte de dinheiro para gerar conhecimento e inovação é um monte de conhecimento para gerar dinheiro”
Diretor da 3M



Inauguração do Centro de Engenharia de Conforto em Aviação(CEC)

Investimento

- R\$ 3,2 milhões (FAPESP)
- R\$ 7,4 milhões (Embraer)
- R\$ 4,3 milhões (Finep)
- Total: 14,9 milhões



3 anos depois...

Hidrologia: Infiltração de Água no Solo

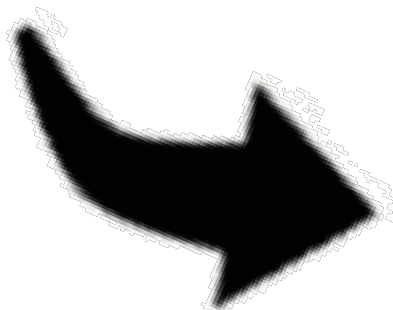
Como está a taxa de conversão conhecimento-inovação?



Ideia → conhecimento → tecnologia

Qual a diferença entre tecnologia e inovação?
“Tecnologia é um monte de dinheiro para gerar conhecimento e inovação é um monte de conhecimento para gerar dinheiro”

Diretor da 3M



*Condução de calor em cilindros → conforto em cabines de avião
12 anos...*

E no setor agrícola, como está a taxa de conversão: conhecimento → Inovação ?

Soma de conhecimentos → Inovação



Hidrologia: Infiltração de Água no Solo

Como está a taxa de conversão conhecimento-inovação?

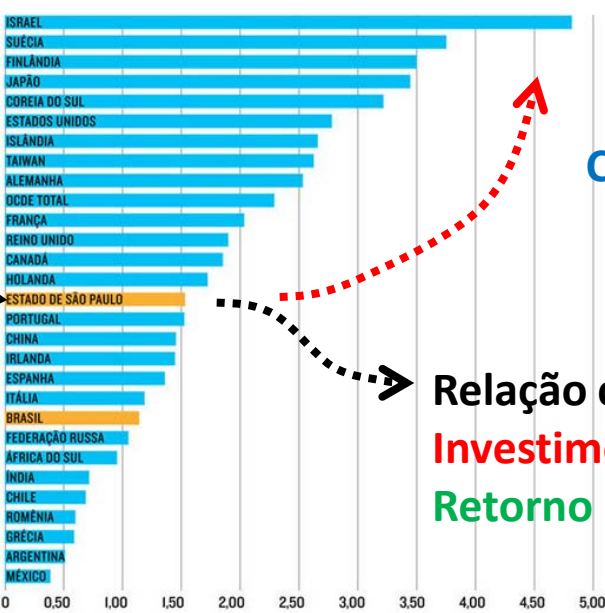
O ESFORÇO DE CADA SETOR NO ESTADO

Dispendios em pesquisa e desenvolvimento (P&D) no estado de São Paulo - em R\$ milhões de 2008



O INVESTIMENTO COMPARADO

Dispendio total em P&D em relação ao PIB 2008 - em %



Inovação Fechada
(endogamia de idéias)

Inovação Aberta
(Agências de inovação)



Como aumentar a relação:
R\$ 1 para R\$ 50 ????

Relação custo-benefício:
Investimento R\$ 1
Retorno de R\$ 5,98 a R\$ 10,50

Hidrologia: Infiltração de Água no Solo

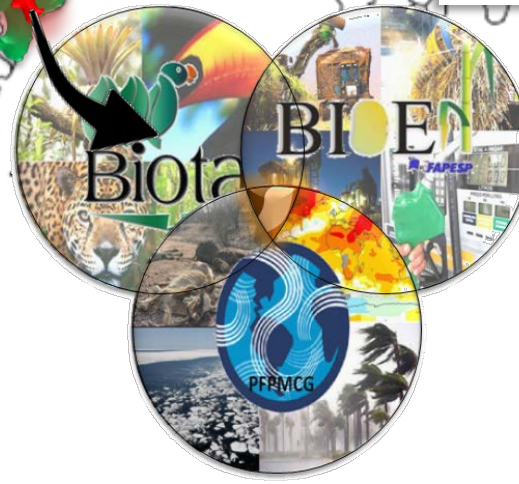
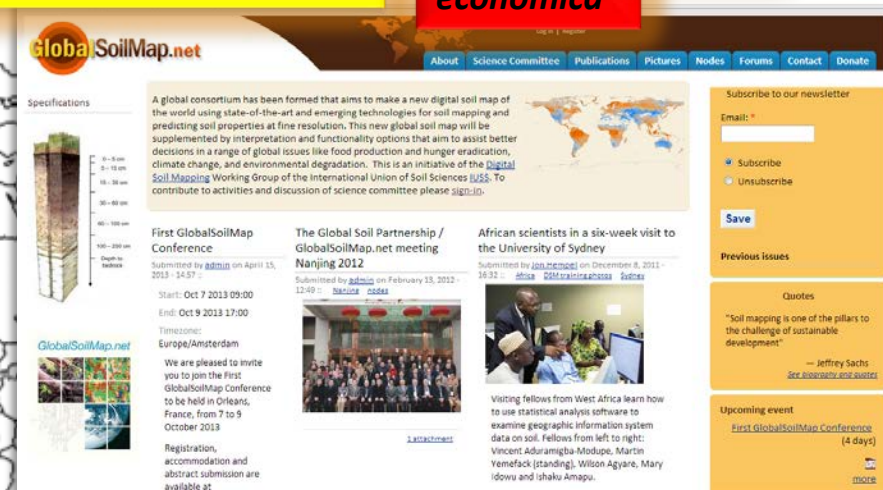
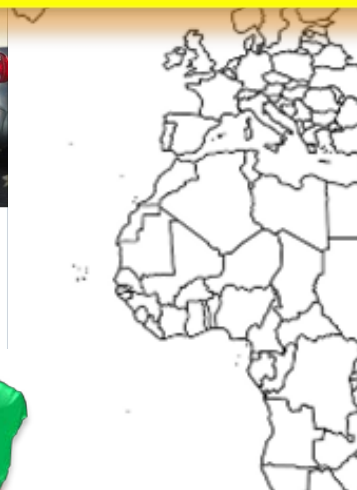
Panorama da Ciência do Solo e área correlatas

Informação → métricas → relevância

científica

social

econômica



Hidrologia: Infiltração de Água no Solo

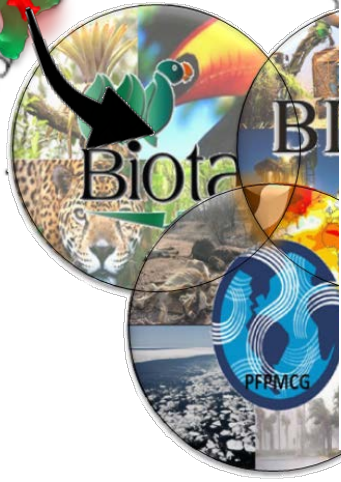
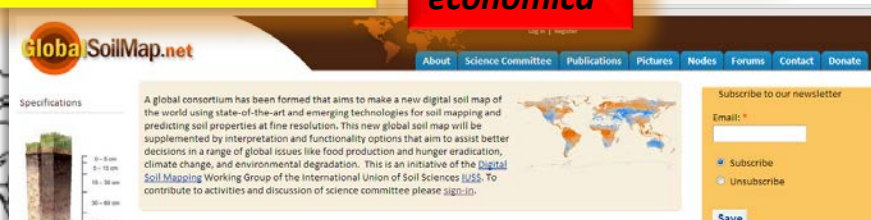
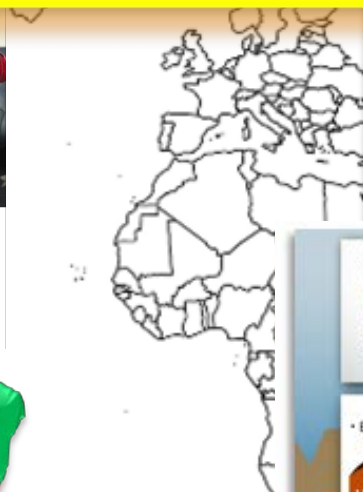
Panorama da Ciência do Solo e área correlatas

Informação → métricas → relevância

científica

social

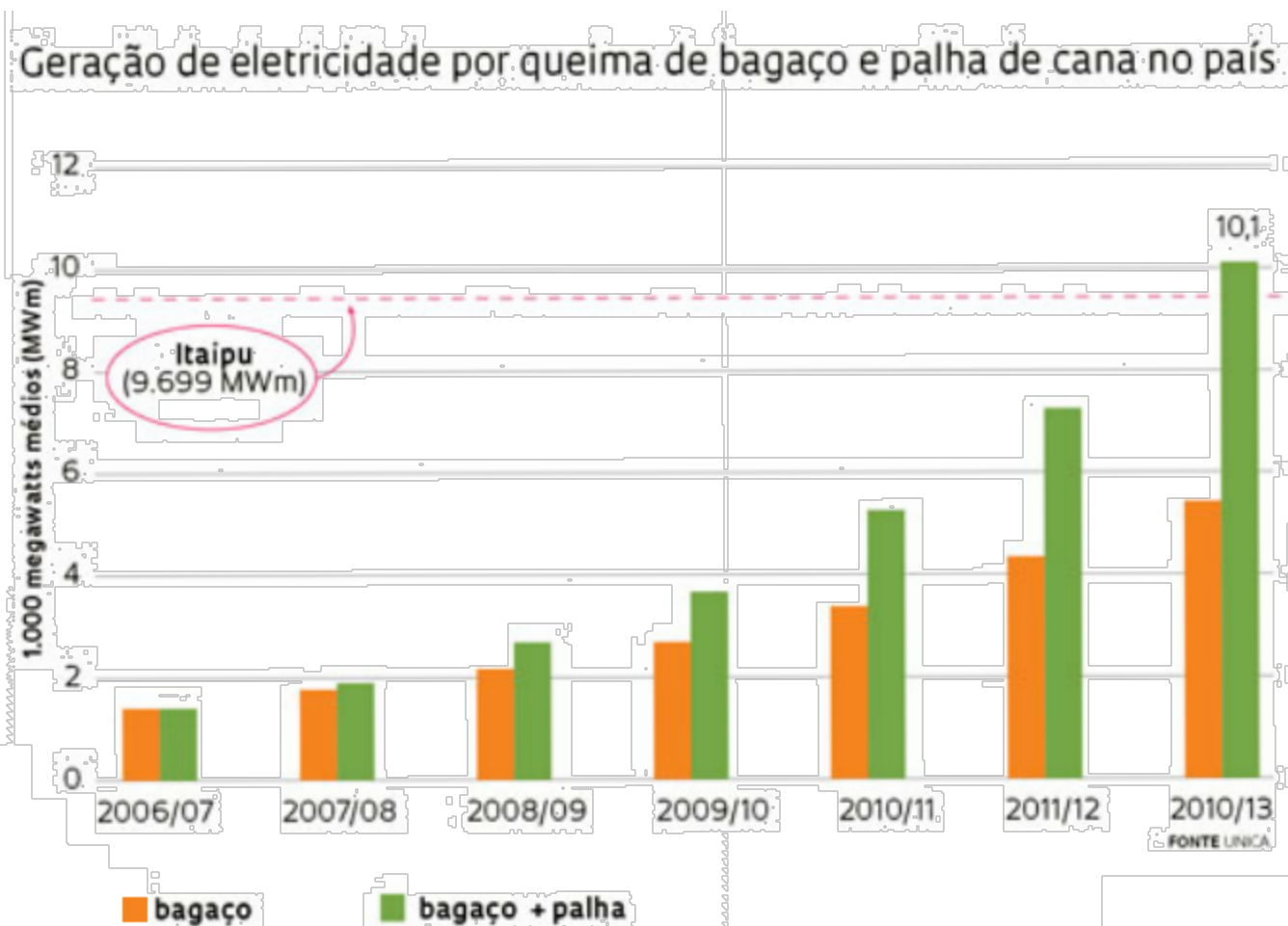
econômica



Hidrologia: Infiltração de Água no Solo

Panorama da Ciência do Solo e área correlatas

Cogeração de energia elétrica Vs Perda de Solo



Quanto de palha deixar
no campo para controlar
a erosão do solo?

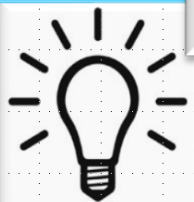
Hidrologia: Infiltração de Água no Solo

Panorama da Ciência do Solo e área correlatas

A grande pergunta é...
Qual a relação entre...

“?”

Hidrologia: Infiltração
Como está a taxa de conversão



Inovação...

Qual a diferença entre tecnologia e inovação?
"Tecnologia é um monte de dinheiro para gerar conhecimento e inovação é um monte de conhecimento para gerar dinheiro"
Diretor da 3M

Ideia → conhecimento → tecnologia

Condução de calor em cilindros → conforto em cabines de avião
12 anos...

E no setor agrícola, como está a taxa de conversão: *conhecimento → inovação?*

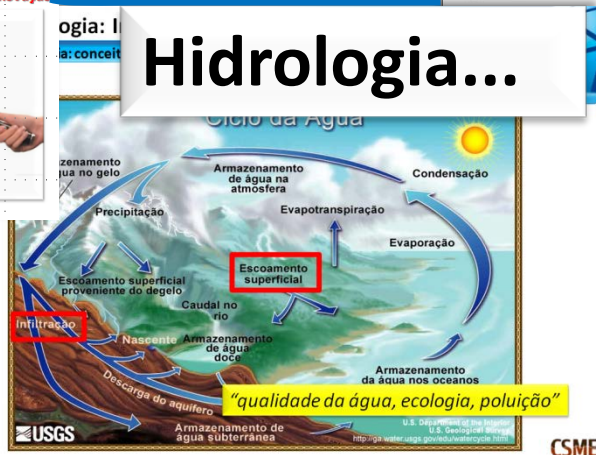
Hidrologia: Panorama da Ciência

Métricas...

Informação → métricas → relevância

científica econômica social

Cogeração e Erosão...



Hidrologia: Infiltração de Água no Solo

Hidrologia: conceitos e pesquisa básica



*“**Hidrologia** é a ciência que estuda a ocorrência, distribuição e movimentação da água no planeta Terra. A **definição atual** deve ser ampliada para incluir aspectos de **qualidade da água, ecologia, poluição e descontaminação**”*

Hidrologia: Infiltração de Água no Solo

Hidrologia: conceitos e pesquisa básica



*“**Hidrologia** é a ciência que estuda a ocorrência, distribuição e movimentação da água no planeta Terra. A **definição atual** deve ser ampliada para incluir aspectos de **qualidade da água**, **ecologia**, **poluição** e **descontaminação**”*

Hidrologia: Infiltração de Água no Solo

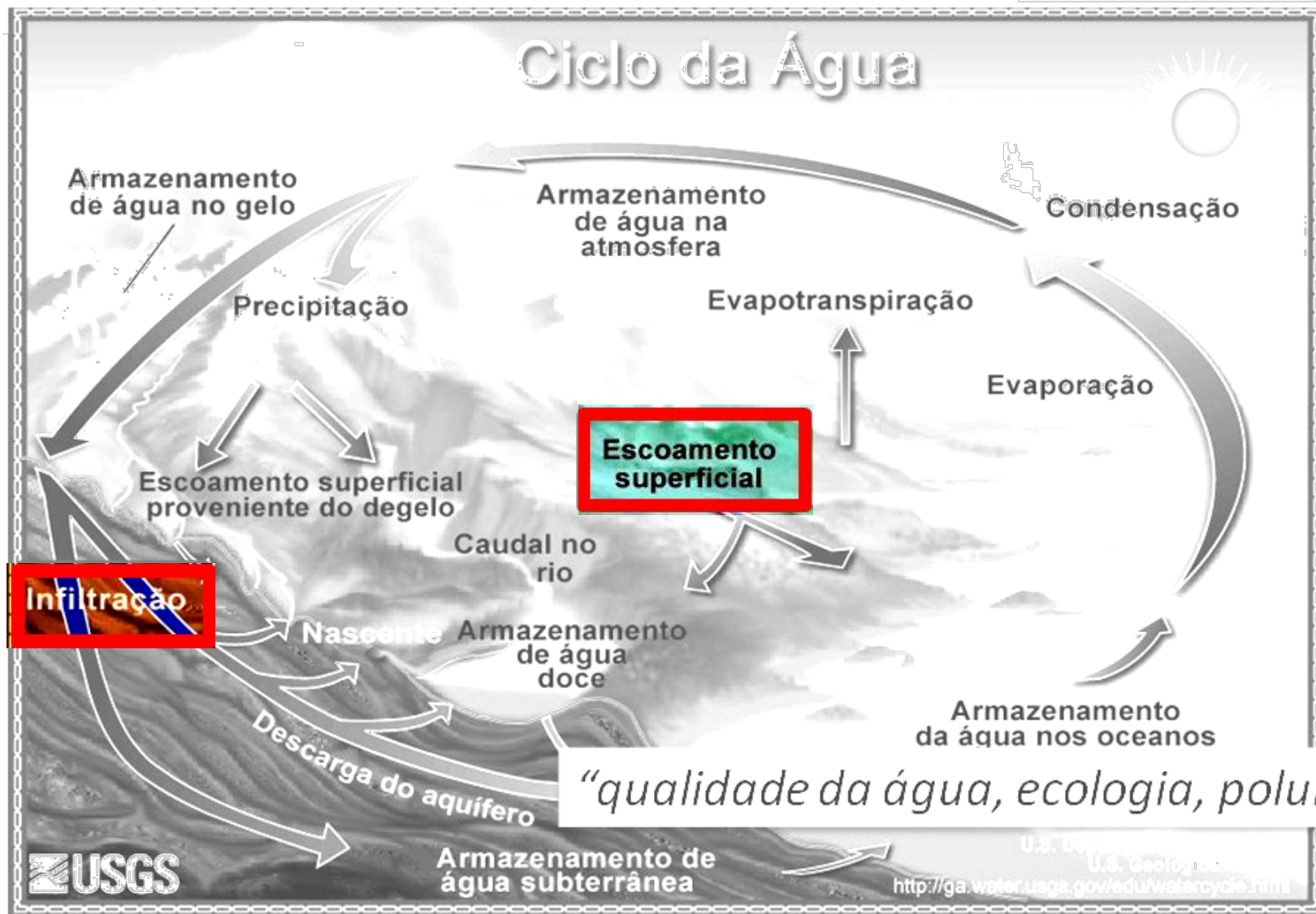
Hidrologia: conceitos e pesquisa básica



"qualidade da água, ecologia, poluição"

Hidrologia: Infiltração de Água no Solo

Hidrologia: conceitos e pesquisa básica



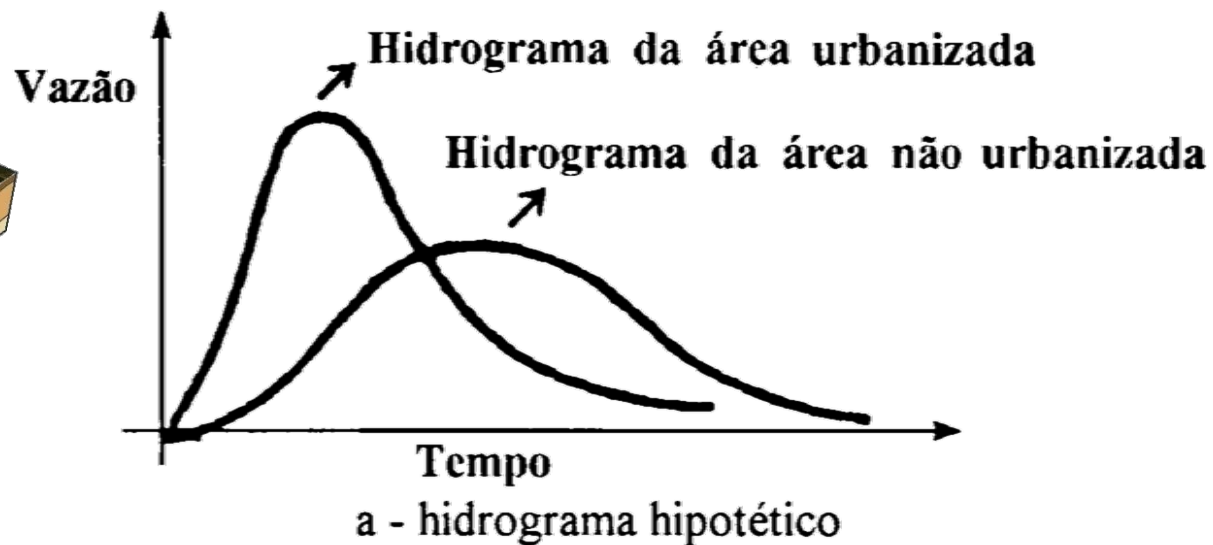
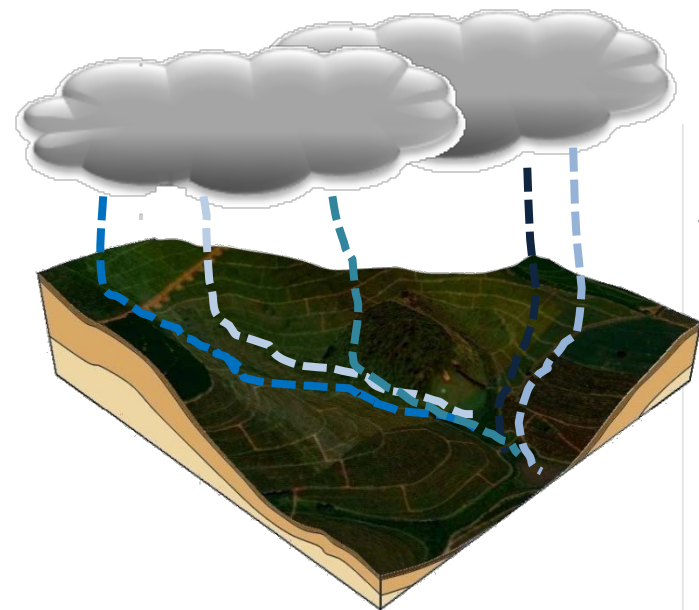
Hidrologia: Infiltração de Água no Solo

Hidrologia: conceitos e pesquisa básica

Escoamento Superficial e Infiltração

Tempo de Concentração (T_c)

"Tempo necessário para que toda a área da bacia contribua para o escoamento superficial na seção de saída"



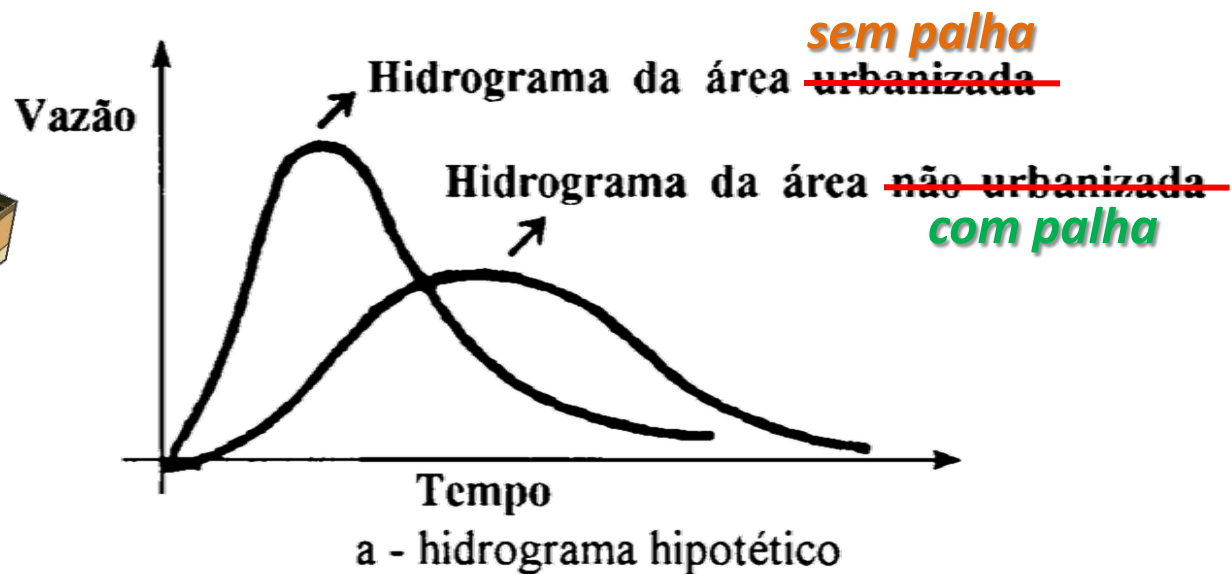
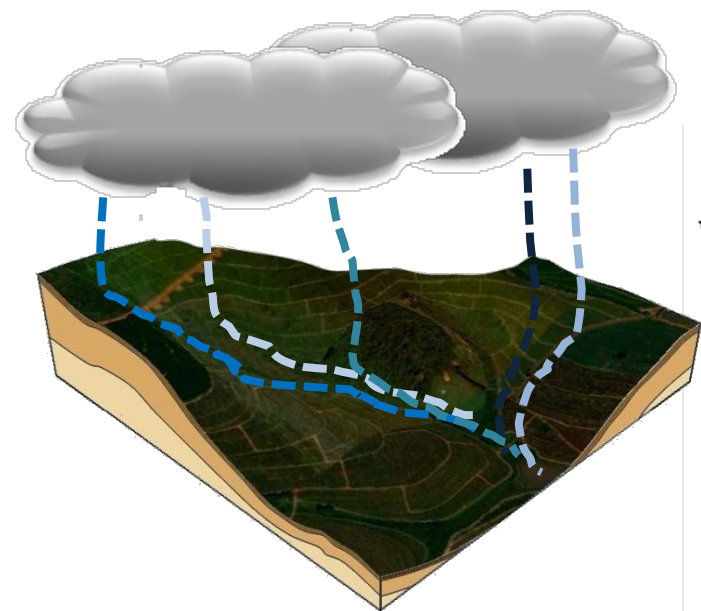
Hidrologia: Infiltração de Água no Solo

Hidrologia: conceitos e pesquisa básica

Escoamento Superficial e Infiltração

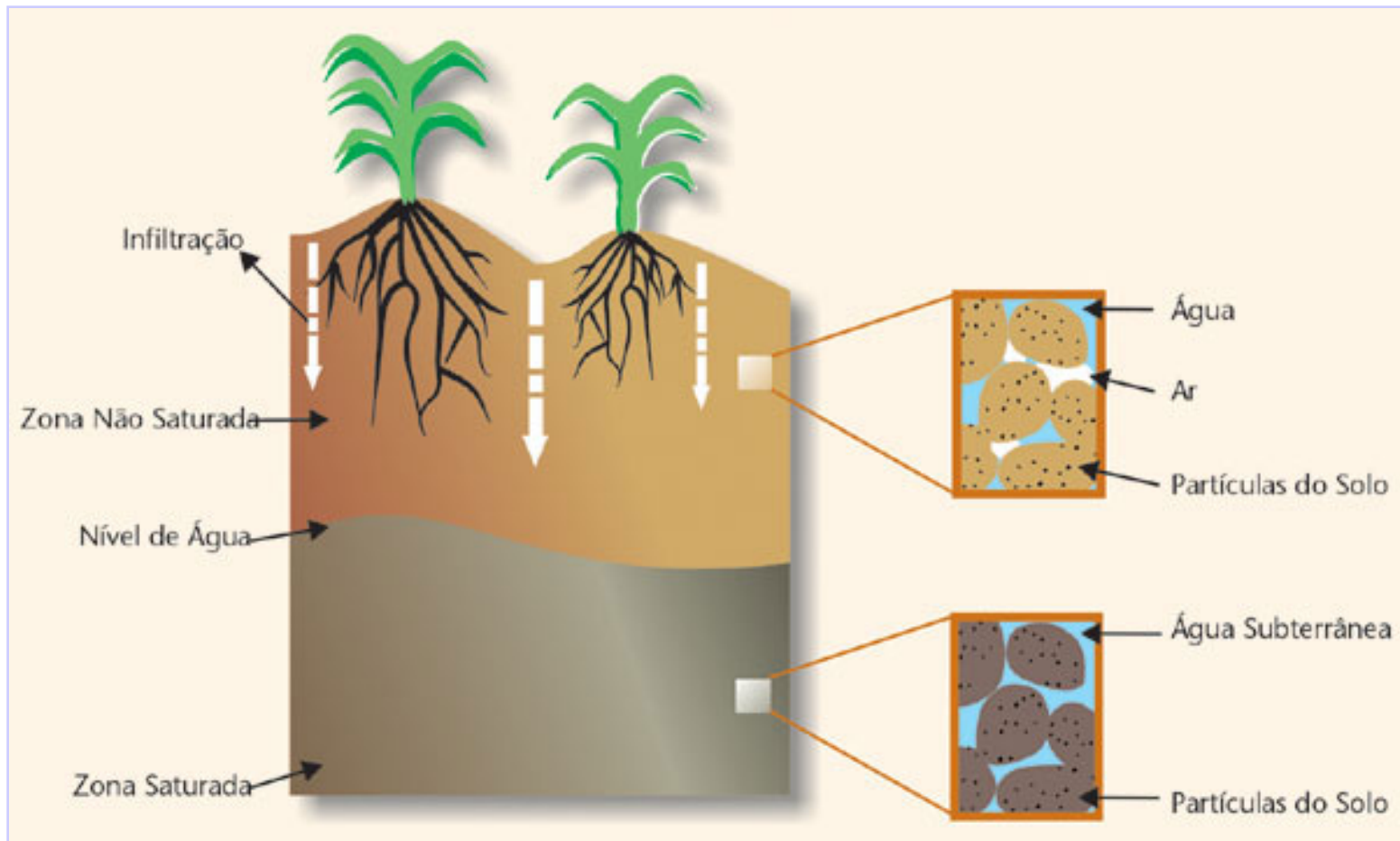
Tempo de Concentração (T_c)

"Tempo necessário para que toda a área da bacia contribua para o escoamento superficial na seção de saída"

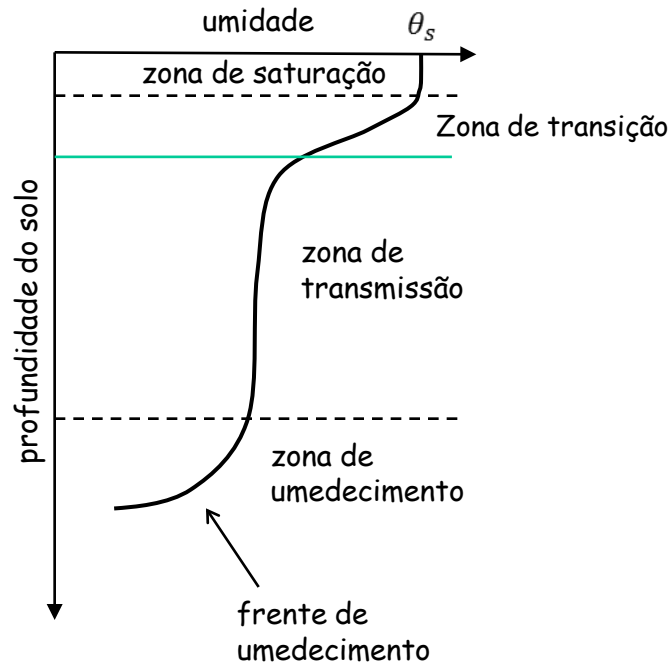


Processo de Infiltração

Infiltração: é a passagem de água da superfície para o interior do solo



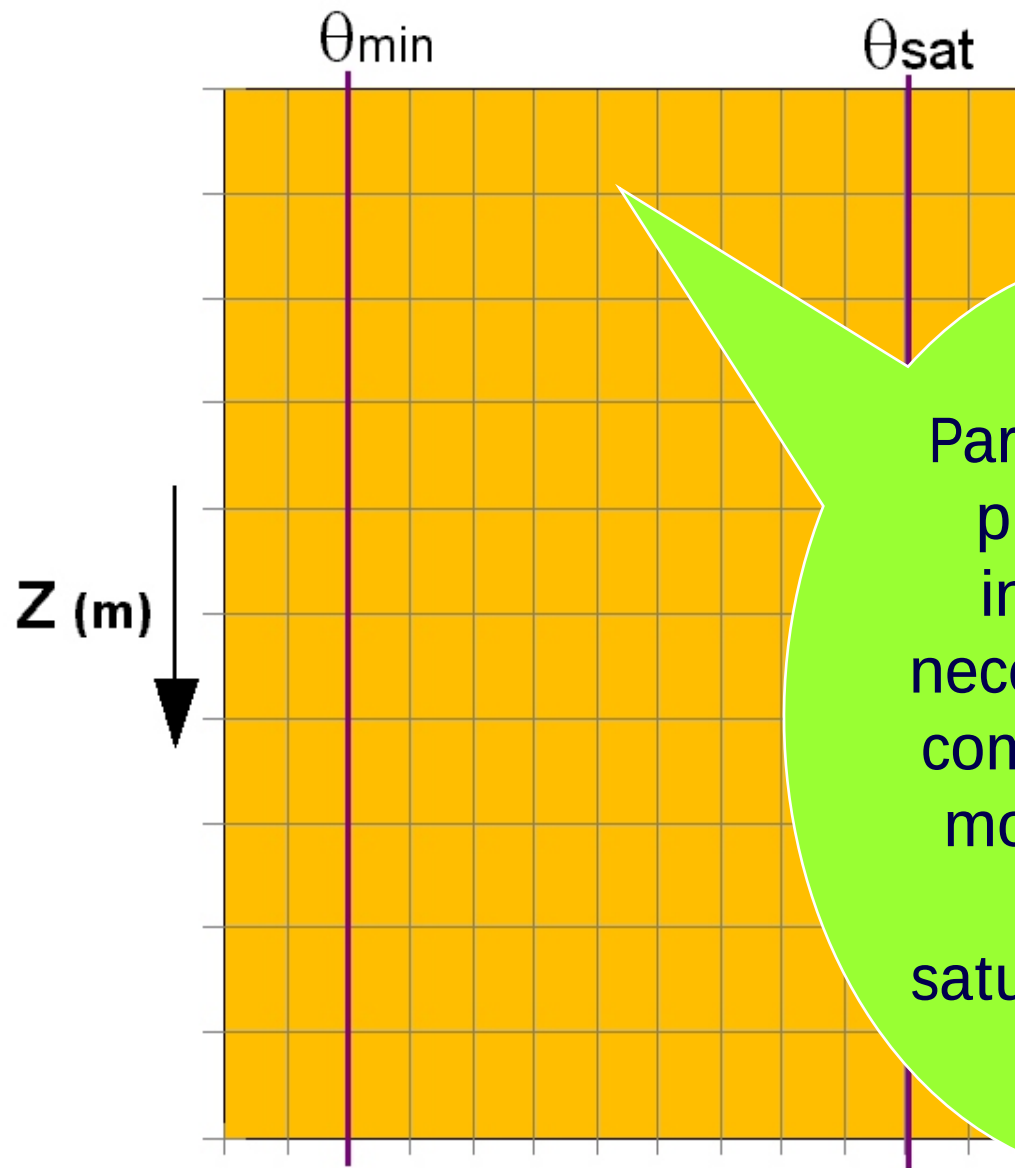
Processo de Infiltração



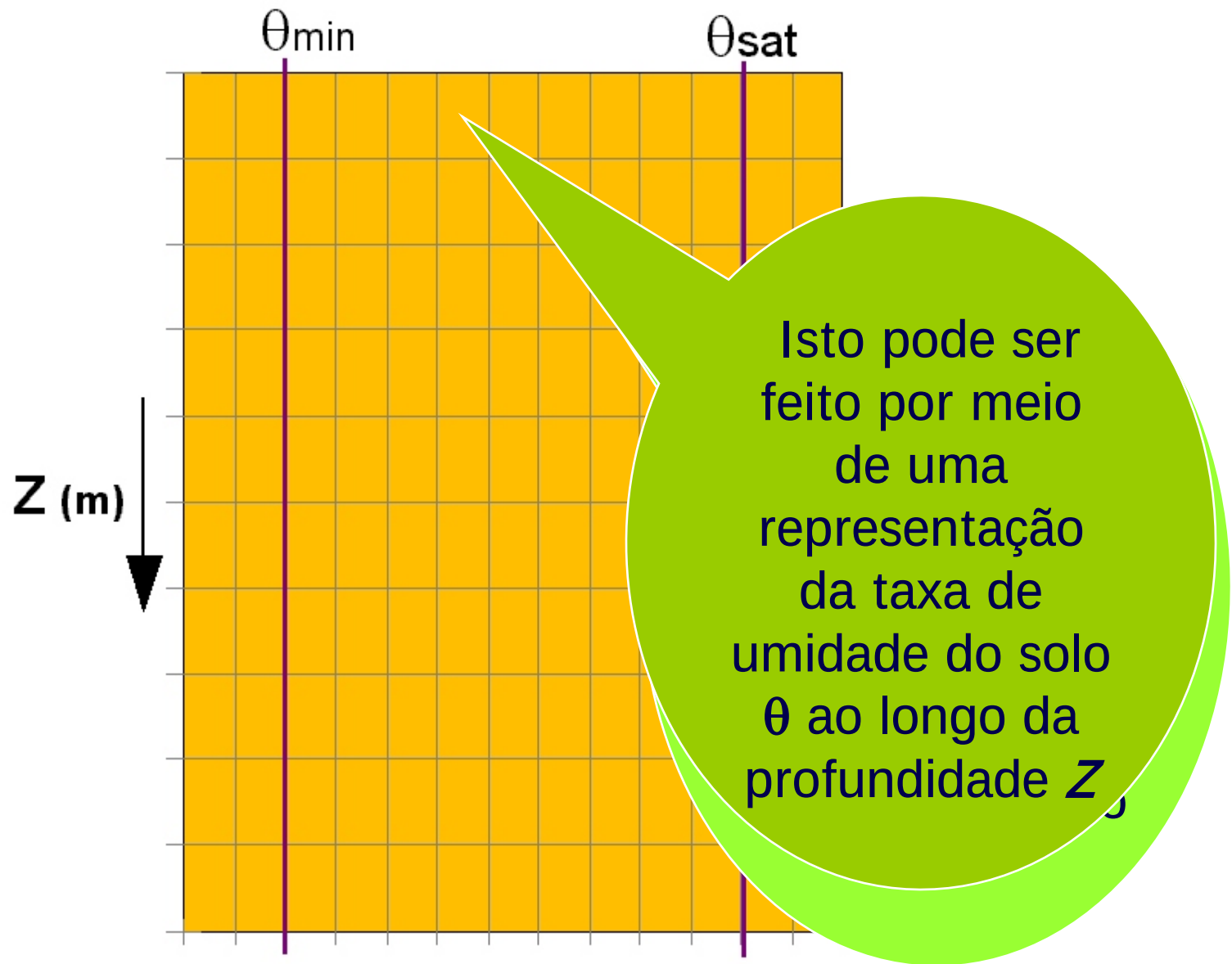
A umidade varia com a profundidade a medida que a água vai preenchendo os espaços porosos do solo.

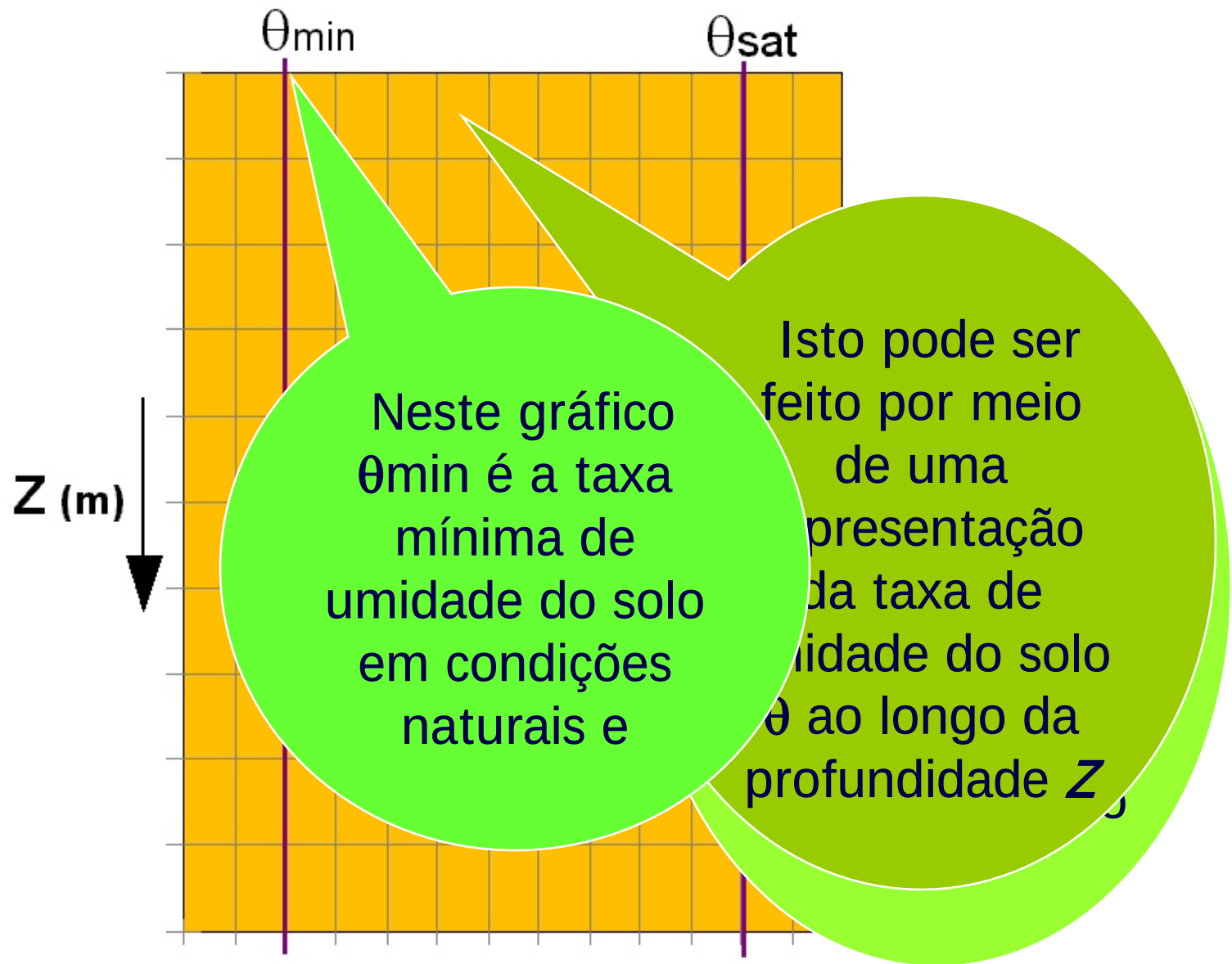
A medida que o tempo passa, aumenta-se a zona de transmissão e portanto a profundidade da área de umedecimento.

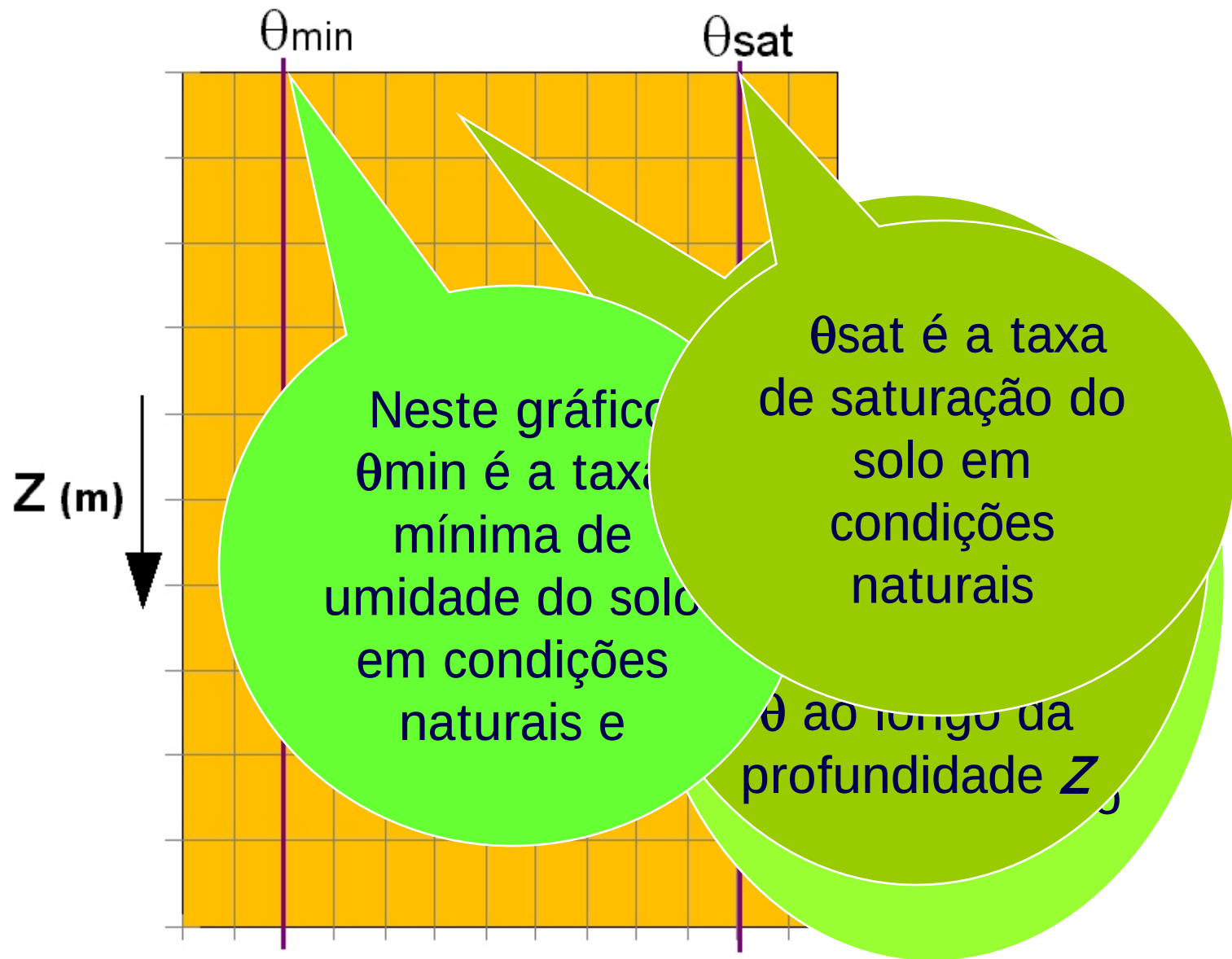
Perfil de umidade durante a infiltração

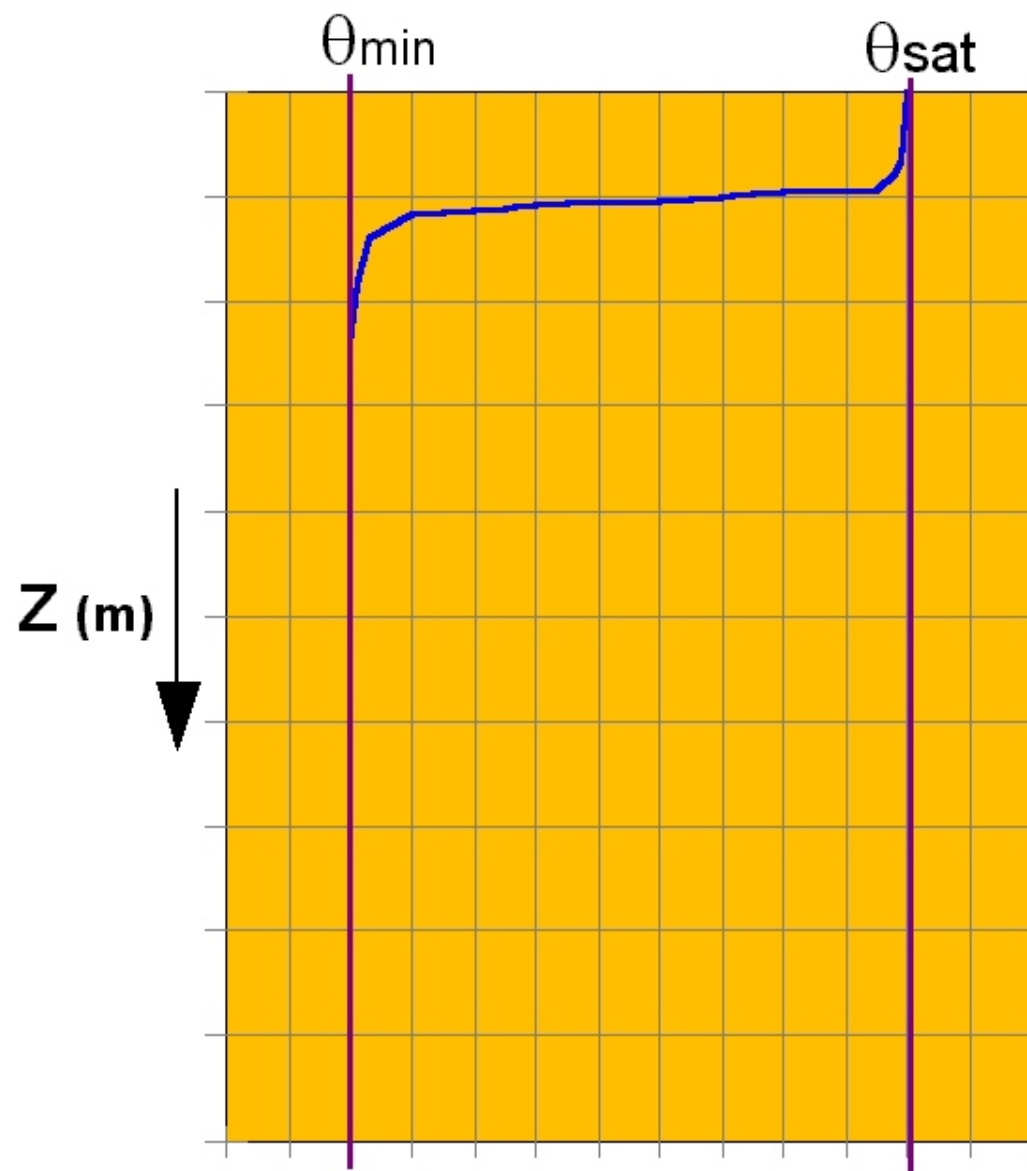


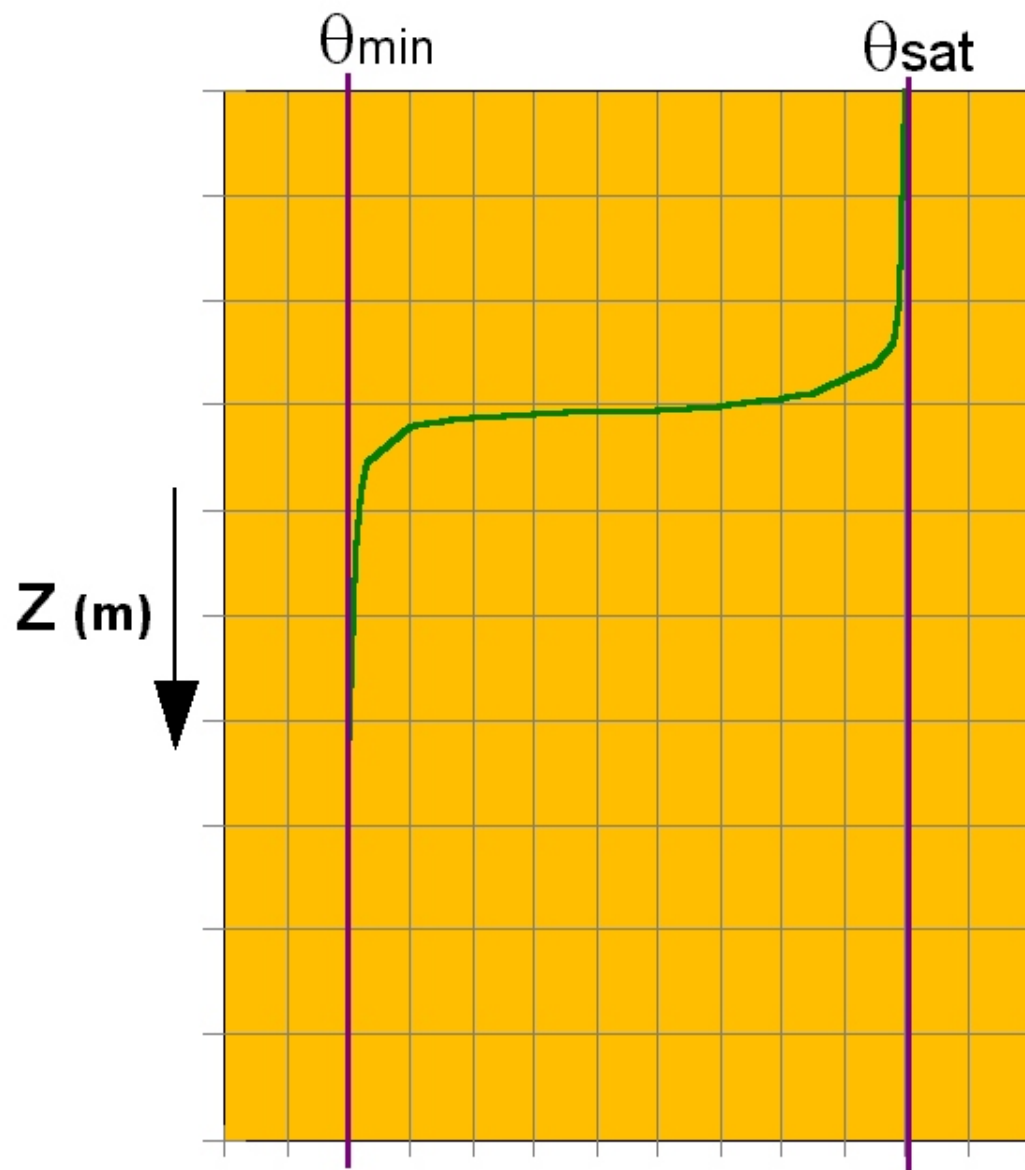
Para entender o processo de infiltração é necessário saber como a água se movimenta na zona não saturada do solo

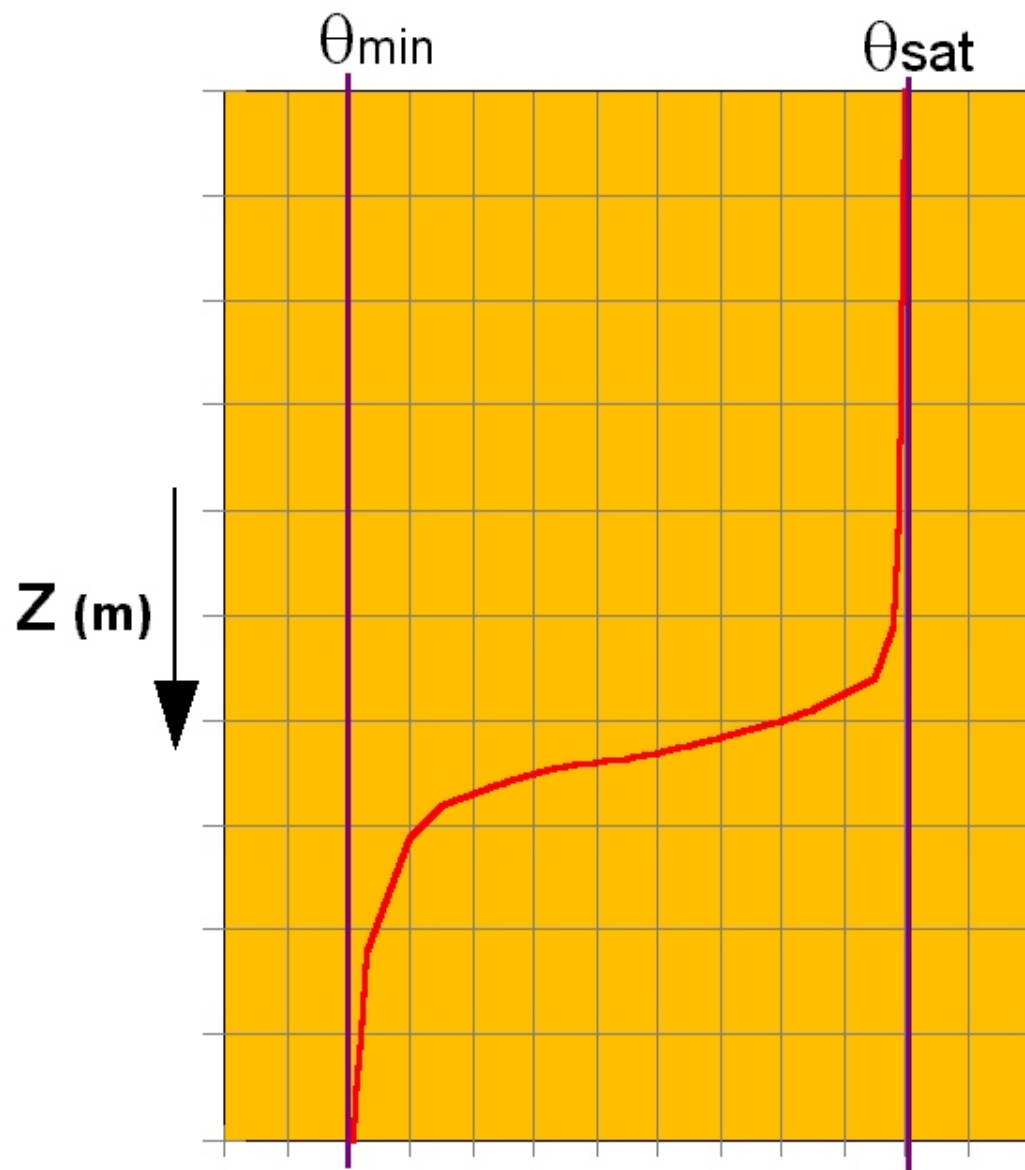




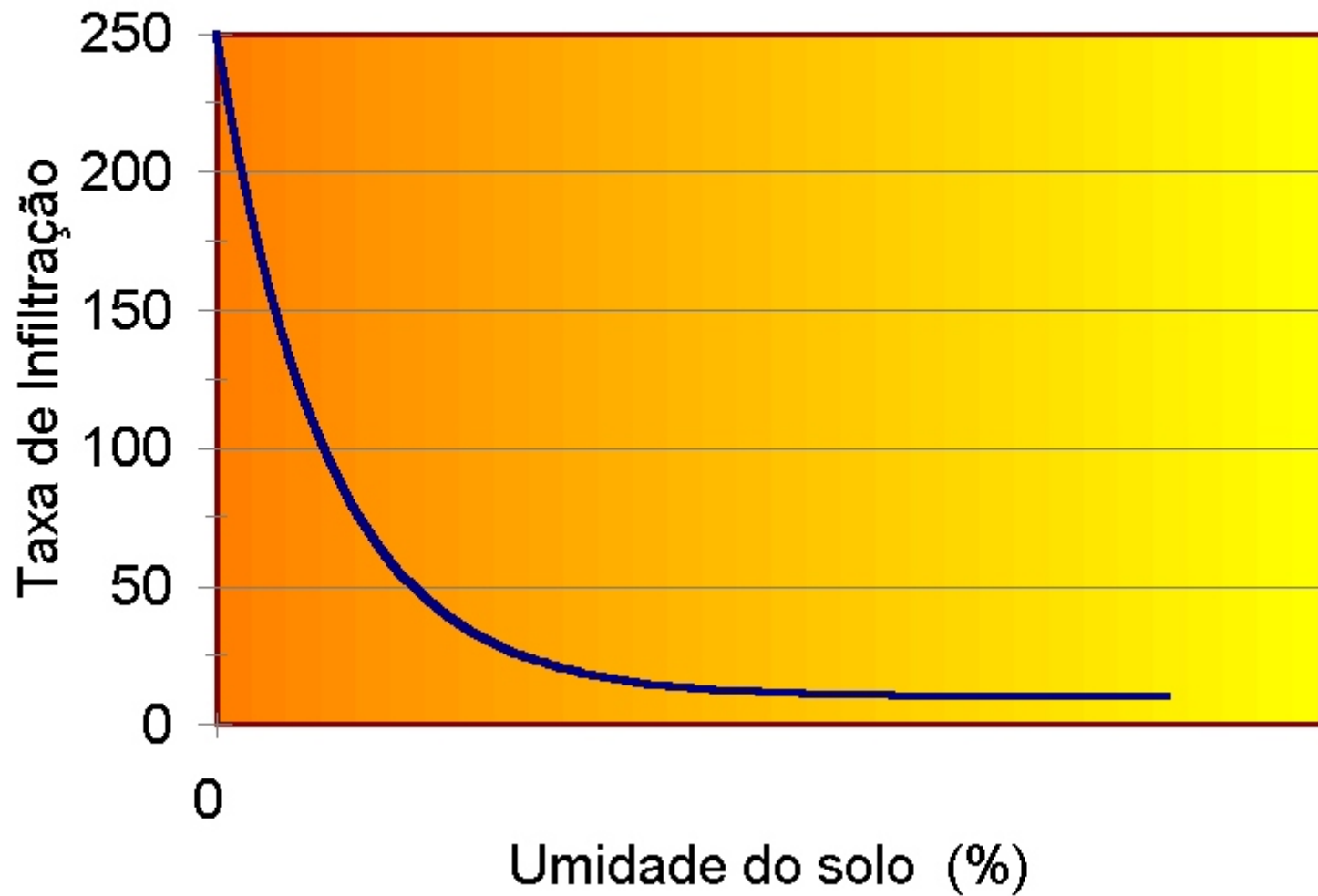




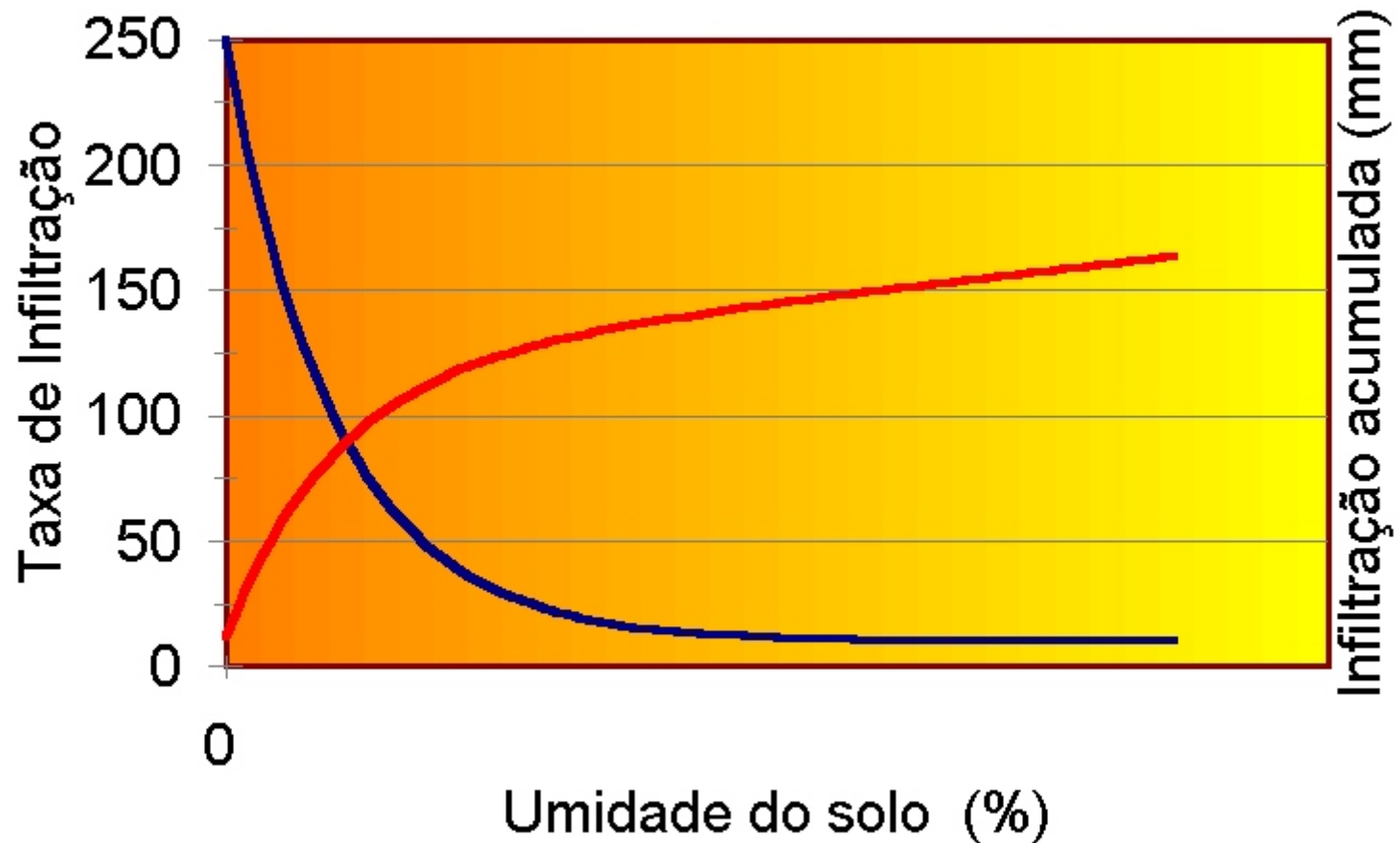




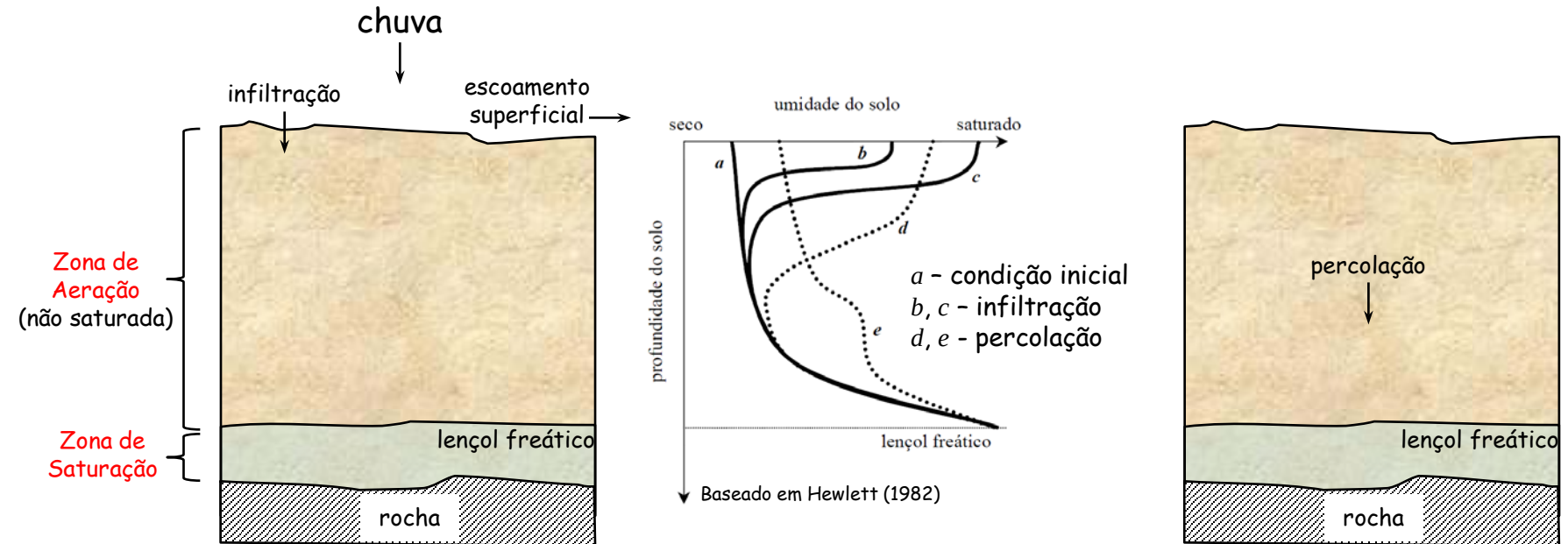
Variação da taxa de infiltração com a umidade do solo



Variação da taxa de infiltração com a umidade do solo



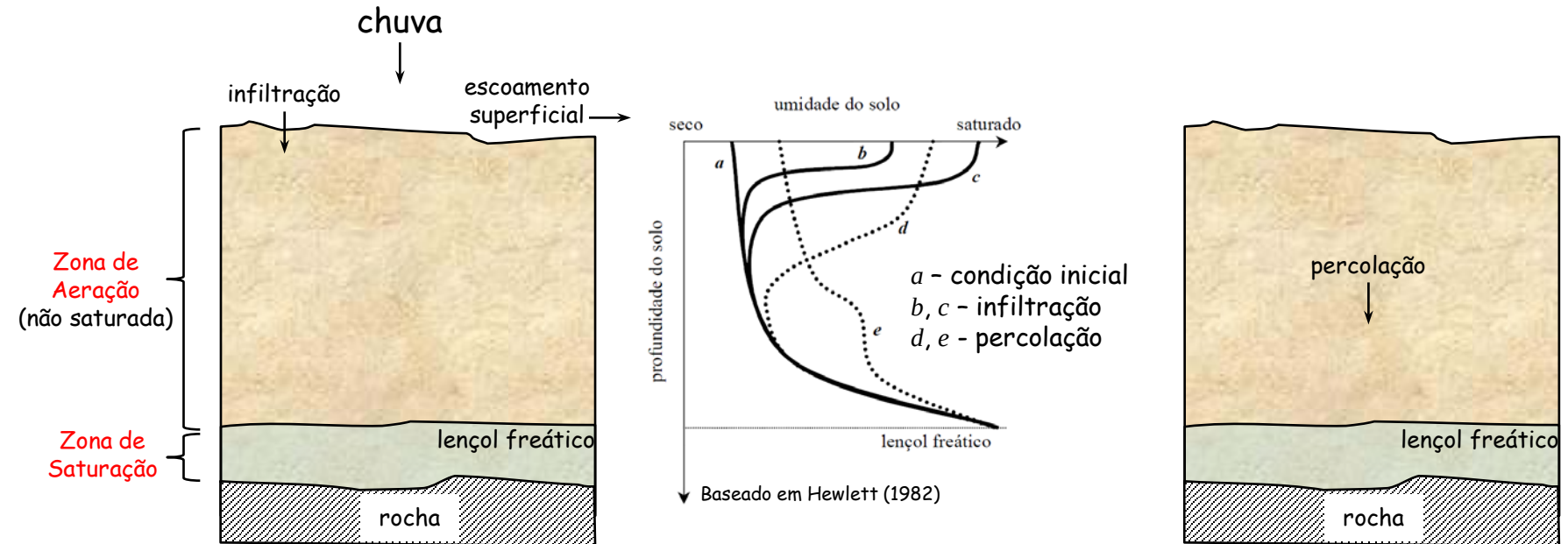
Infiltração



Infiltração é o processo de passagem da água pela superfície do solo.

Percolação é o avanço descendente da água na zona não saturada.

Infiltração

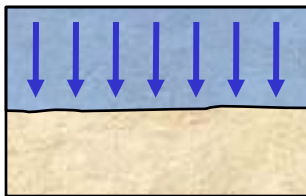


Infiltração é o processo de passagem da água pela superfície do solo.

Percolação é o avanço descendente da água na zona não saturada.

Frente de Umedecimento

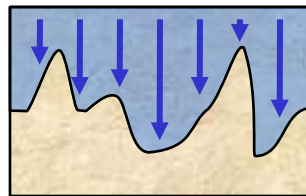
Frente
uniforme



Solos
permeáveis
bem agregados



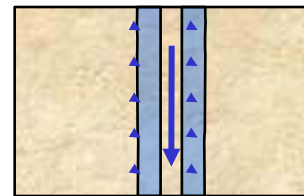
Frente
heterogênea



Solos
heterogêneos



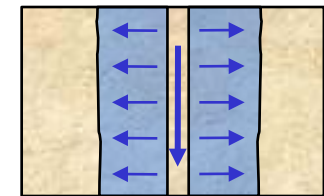
Frente lateral
em macroporos
com pouca
interação



Solo com
macroporos
com pouca
permeabilidade



Frente lateral
em macroporos
com alta
interação



Solos com
macroporos
com muita
permeabilidade

Etapas da Infiltração

Considerando-se uma condição inicial não saturada, a infiltração é função dos potenciais matricial e gravitacional.

Inicialmente, o potencial matricial domina o processo succionando a água para dentro do perfil. Com a redistribuição da água ao longo do perfil do solo, a umidade tende a aumentar e este potencial perde progressivamente sua importância.

Próximo à saturação, o potencial gravitacional torna-se predominante.

Caso a intensidade de chuva ultrapasse a capacidade de infiltração, ocorre o escoamento superficial por excesso de precipitação.

O empoçamento da água cria uma lâmina de água à superfície que passa a exercer uma pressão adicional (potencial de carga) importante no processo de infiltração.

Fatores que afetam a Infiltração

Textura e estrutura do solo: porosidade, densidade e compactação do solo

maior quantidade de poros grandes → maior infiltração

maior compactação → maior densidade → menor infiltração

Condição antecedente de umidade do solo

mais úmido → menor infiltração

Atividade biológica e matéria orgânica

mais matéria orgânica → melhor estruturado é o solo → maior infiltração

Presença de cobertura morta e vegetação

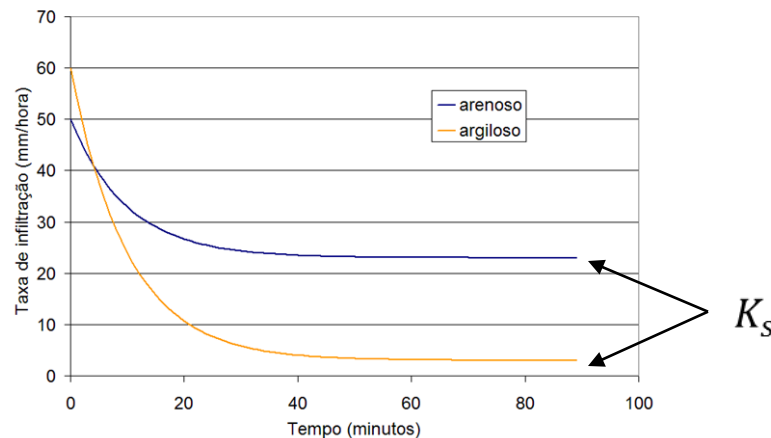
menor cobertura → maior desagregação das partículas → menor infiltração

Outros: hidrofobia do solo, congelamento superficial

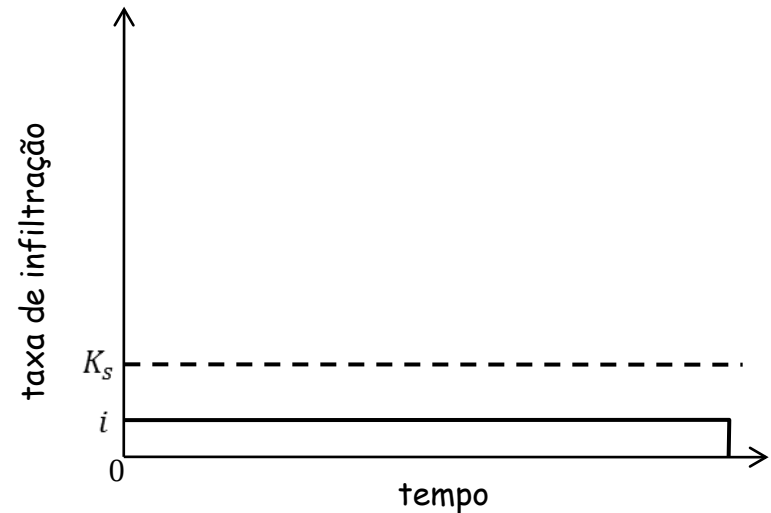
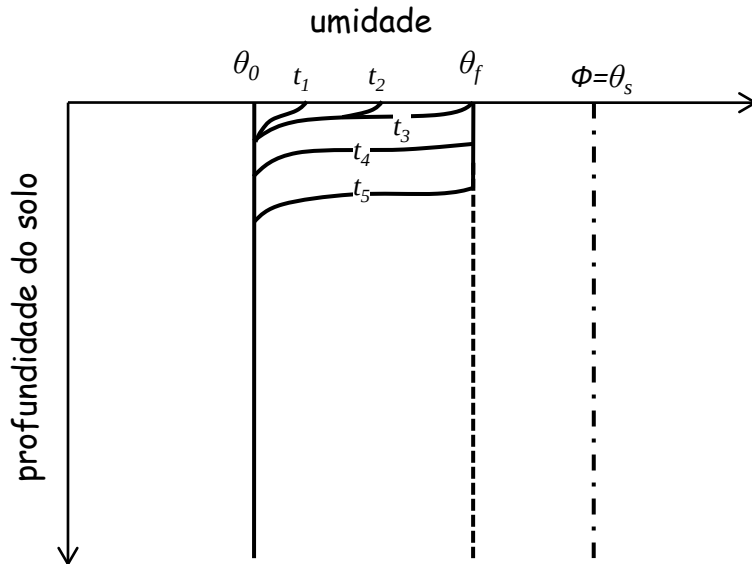
Taxa e Capacidade de Infiltração

Taxa de infiltração: é a taxa na qual a água penetra no solo, expressa em termos de lâmina, ou seja, cm/h, mm/s, etc. Esta taxa é limitada pela capacidade de infiltração do solo e pela intensidade da chuva. É o volume de água que penetra no perfil do solo expresso por unidade de área, por unidade de tempo.

Capacidade de infiltração: é a taxa máxima na qual a água consegue se infiltrar no solo sob condições ideais.



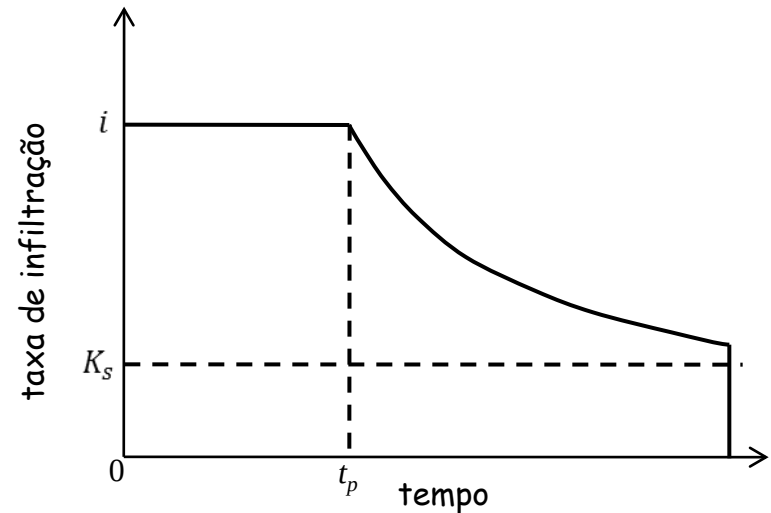
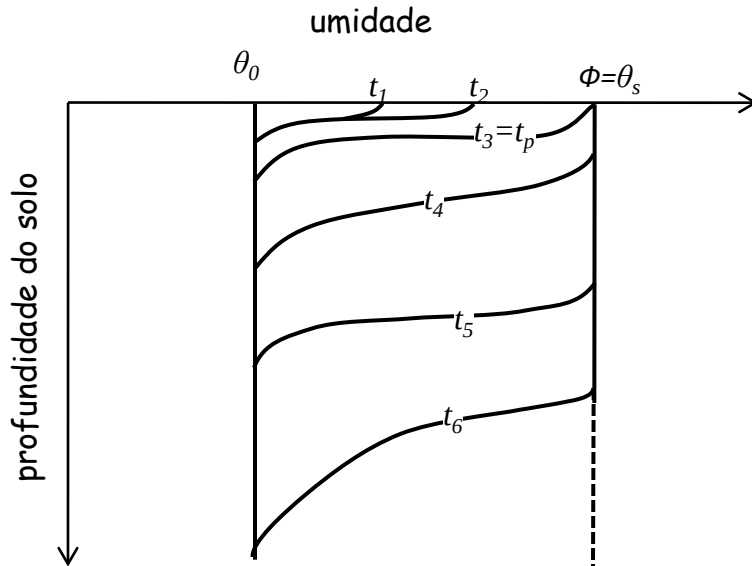
Infiltração sem encharcamento



Ocorre quando a intensidade da precipitação (i) é menor do que a condutividade hidráulica considerando uma condição de saturação (K_s).

A umidade final não atinge a condição de saturação ($\theta_f < \theta_s$)

Infiltração com encharcamento (Horton)

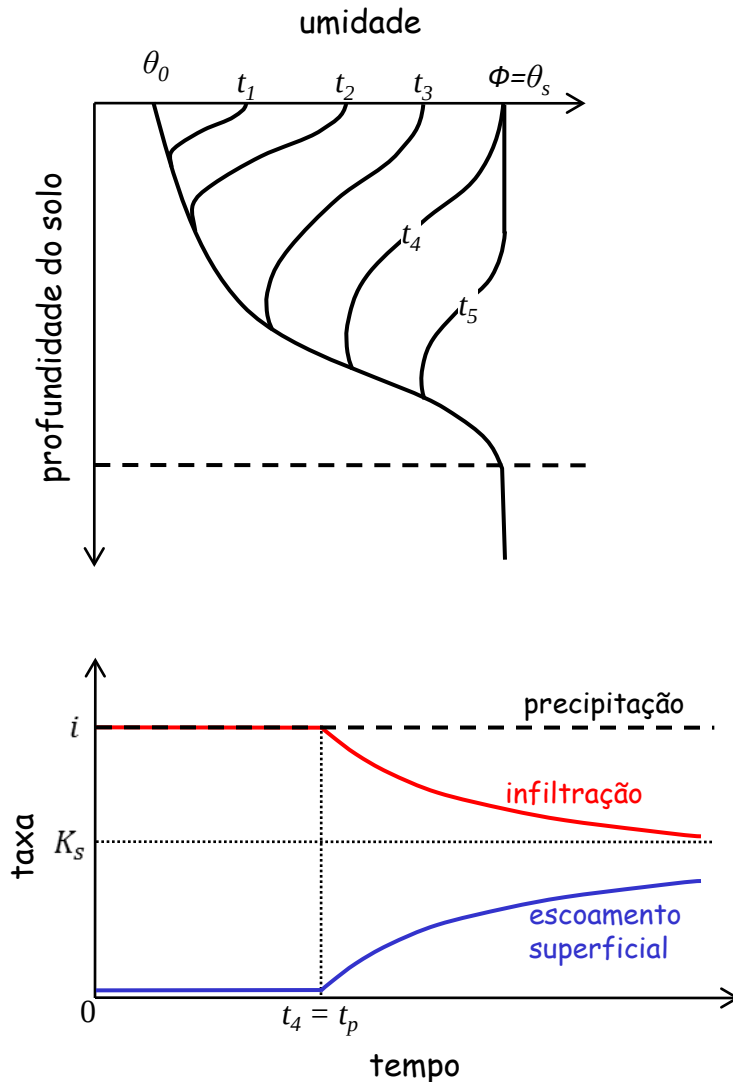


Ocorre quando a intensidade da precipitação (i) é maior do que a condutividade hidráulica considerando uma condição de saturação (K_s).

A umidade final atinge a condição de saturação no tempo t_p

A taxa de infiltração decai até atingir valores próximos a K_s

Infiltração x Escoamento Superficial



Considerando um solo cuja superfície está seca (condição inicial - t_0) e uma chuva cuja intensidade é constante i :

O potencial matricial (sucção) é muito negativo na superfície gerando gradientes de potencial total muito baixos

A capacidade de infiltração é alta

Toda a precipitação transforma-se em infiltração

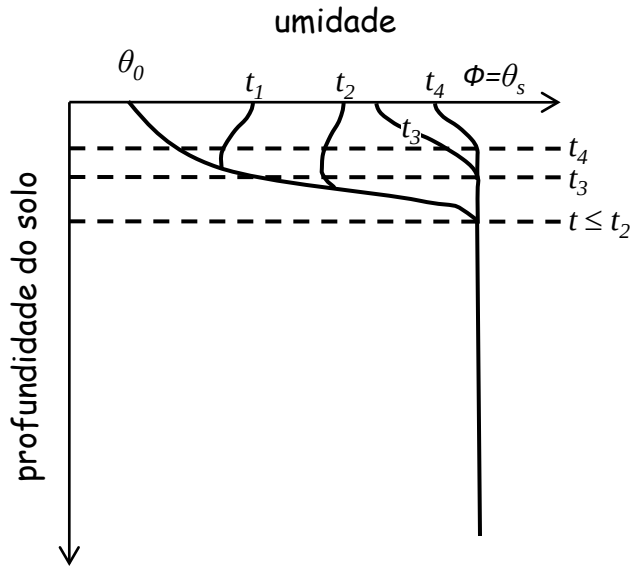
A medida que a água se distribui ao longo do perfil:

O potencial matricial torna-se menos negativo e a taxa de infiltração diminui

Há saturação da camada superficial

A precipitação em excesso origina escoamento superficial (Horton)

Infiltração x Escoamento Superficial

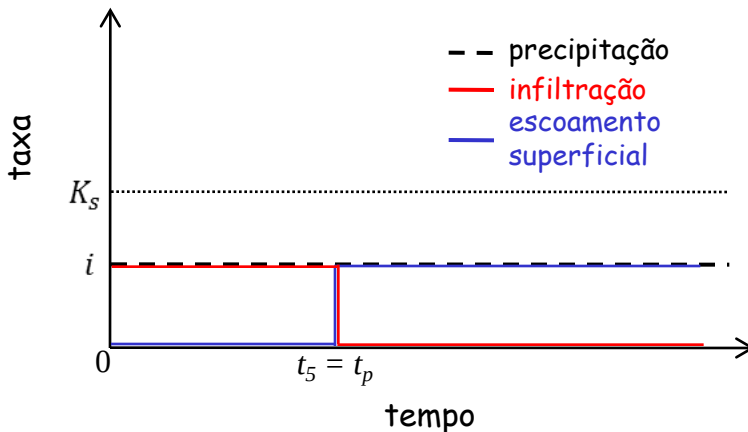


Com o lençol freático próximo a superfície:

Um pequeno volume de água infiltra e rapidamente o solo se torna completamente saturado (elevação do lençol freático)

Com a saturação, a infiltração é interrompida

Toda a precipitação transforma-se em escoamento direto (Dunne)



Ocorre geralmente nas áreas de várzea e áreas com topografia convergente ("grotas")

Está relacionado com o conceito de área de contribuição variável (áreas de escoamento direto)

Modelos de Infiltração

A estimativa da infiltração é feita através de equações baseadas em modelos físicos ou em relações empíricas.

Em geral baseiam-se em algumas das propriedades do solo e permitem a estimativa de infiltração a partir de poucas observações.

Green - Ampt (1911)

Equação de infiltração desenvolvida a partir de um modelo aproximado que se baseia na lei de Darcy

Foi desenvolvido quando há o empoçamento da água em solos profundos e homogêneos com conteúdo inicial de água com distribuição uniforme.

Horton (1940) e Philip (1957)

Equações de infiltração baseadas em soluções aproximadas da equação de Richards

Equação de Horton (1940)

Este modelo é aplicável somente quando a intensidade de precipitação (i) é superior a condutividade hidráulica em condição de saturação (K_s)

Foi deduzido a partir da equação de Richards considerando constantes os valores de difusividade hidráulica e a condutividade hidráulica, chegando-se a seguinte relação:

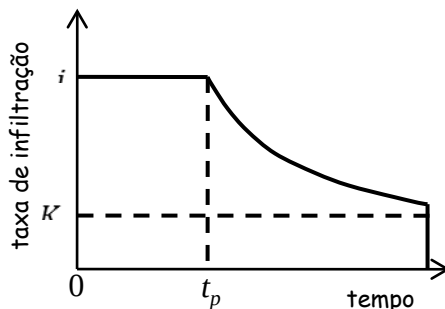
$$f_c(t) = f_1 + (f_0 - f_1)e^{-kt}$$

f_c é a capacidade de infiltração

f_0 é a capacidade de infiltração inicial

f_1 é a capacidade de infiltração final ($\sim K_s$)

k é a constante de recessão



$$F_p = \frac{f_0 - i}{k} - \frac{f_1}{k} \ln \left(\frac{i - f_1}{f_0 - f_1} \right)$$

F_p é a infiltração acumulada até o empoçamento

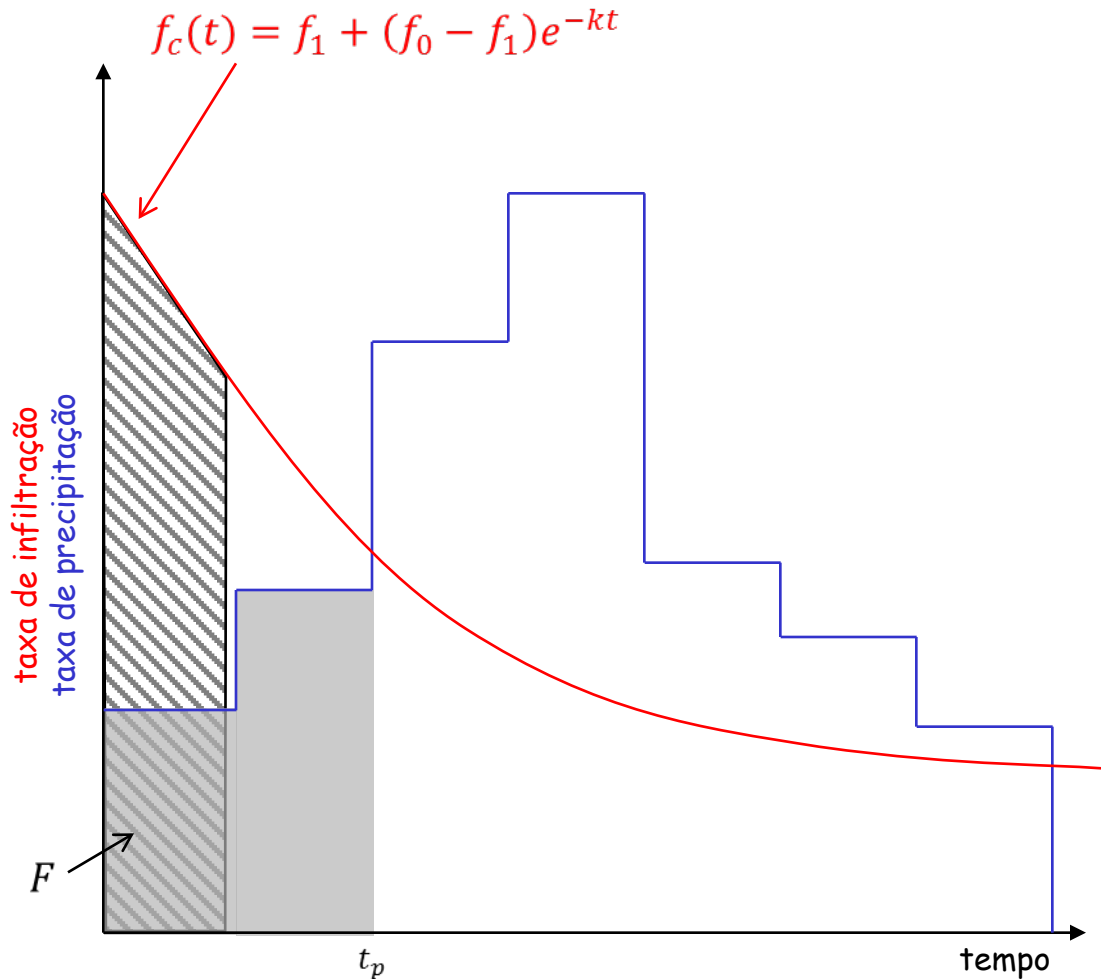
t_p é o tempo para o início do empoçamento

F é a infiltração acumulada após o empoçamento

$$t_p = \frac{F_p}{i} = \frac{f_0 - i}{ki} - \frac{f_1}{ki} \ln \left(\frac{i - f_1}{f_0 - f_1} \right)$$

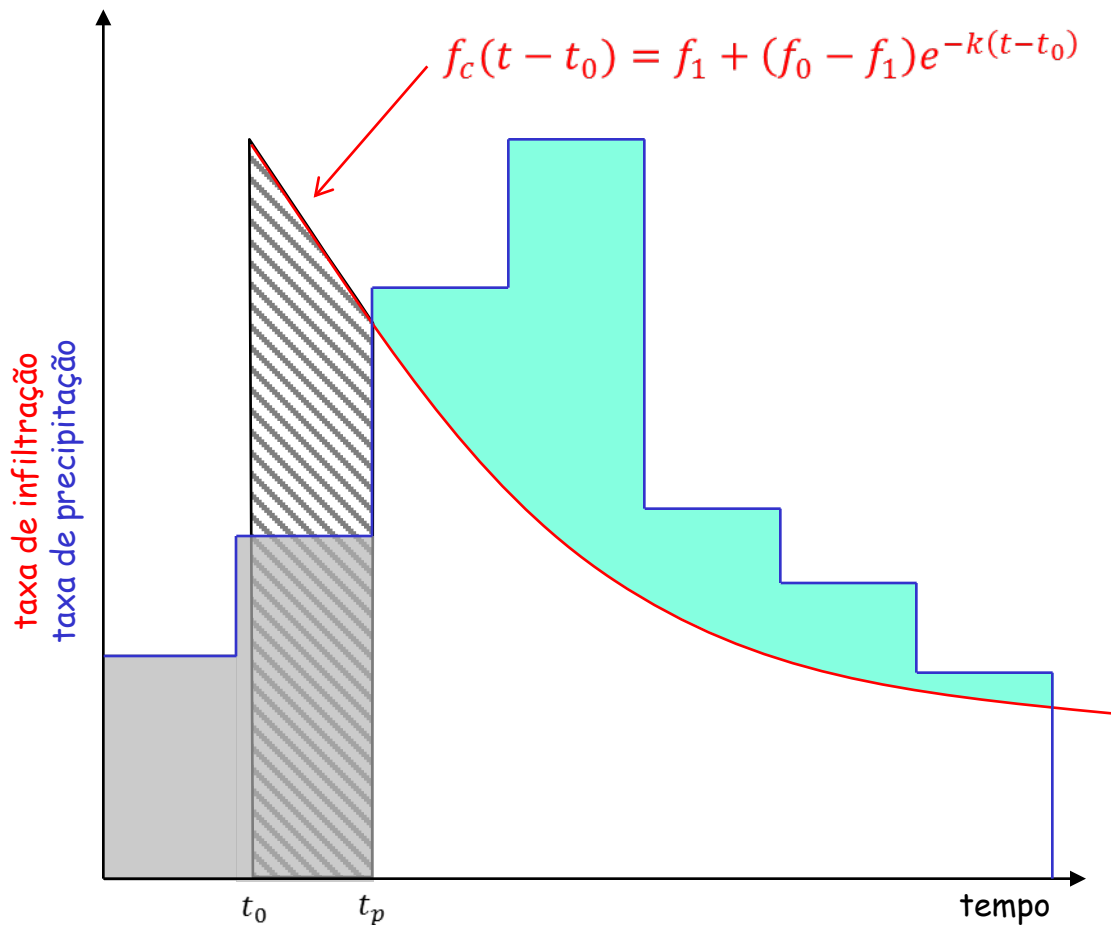
$$F(t) = \int_{t_p}^t f_c(t) dt = f_1(t - t_p) + \frac{f_0 - f_1}{k} (1 - e^{-k(t-t_p)})$$

Particionamento de Fluxo (Horton)



O processo de empoçamento inicia-se no tempo t_p
A lâmina de água infiltrada até este momento corresponde a área cinza (F)
Como esta área é menor do que a área sobre a curva de capacidade de infiltração (f_c), esta função não pode ser diretamente empregada

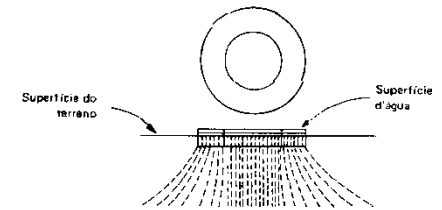
Particionamento de Fluxo (Horton)



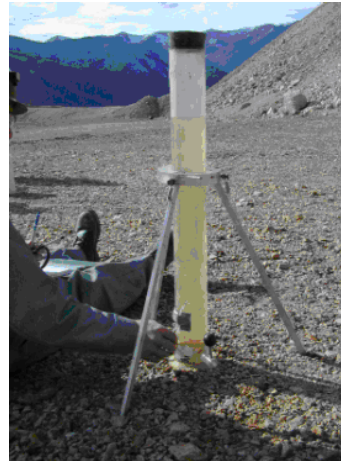
- O processo de empoçamento inicia-se no tempo t_p
- A lâmina de água infiltrada até este momento corresponde a área cinza (F)
- Como esta área é menor do que a área sobre a curva de capacidade de infiltração (f_c), esta função não pode ser diretamente empregada
- Para contornar este problema, a curva $f_c(t)$ é deslocada no tempo de maneira a que a infiltração acumulada entre t_0 e t_p (área hachurada) seja igual a F .
- O escoamento está representado pela área entre $f_c(t - t_0)$ e a precipitação (área azul).

Medição da Infiltração

- Infiltrômetros
Simples
Duplo Anel



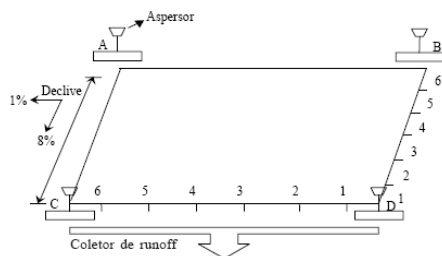
- Infiltrômetro de carga constante



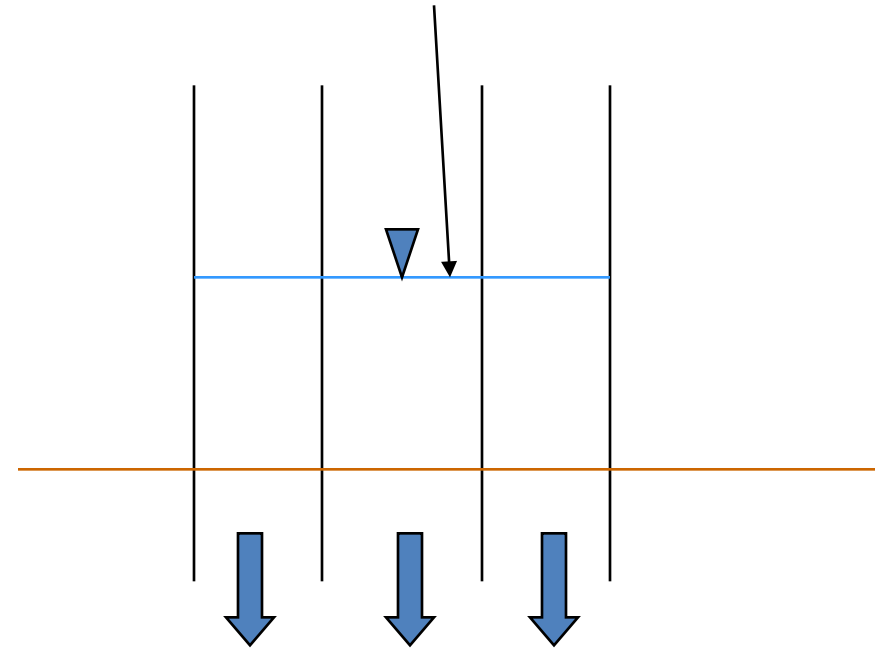
- Infiltrômetros de tensão



- Infiltrômetros em parcelas de escoamento

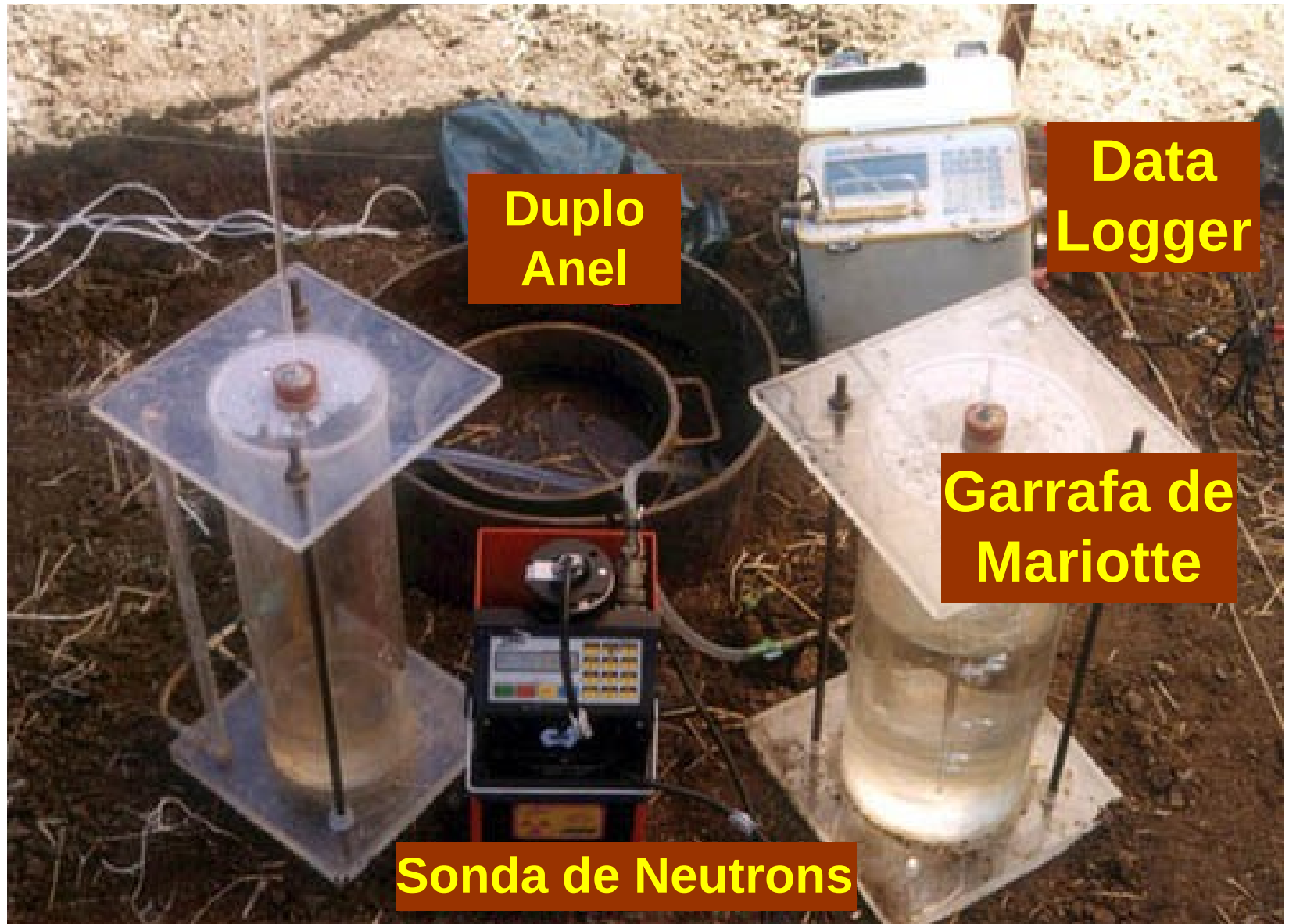


Medição: Infiltrômetro de Duplo Anel



fonte: <http://www.alwi.com/wastewater.php>

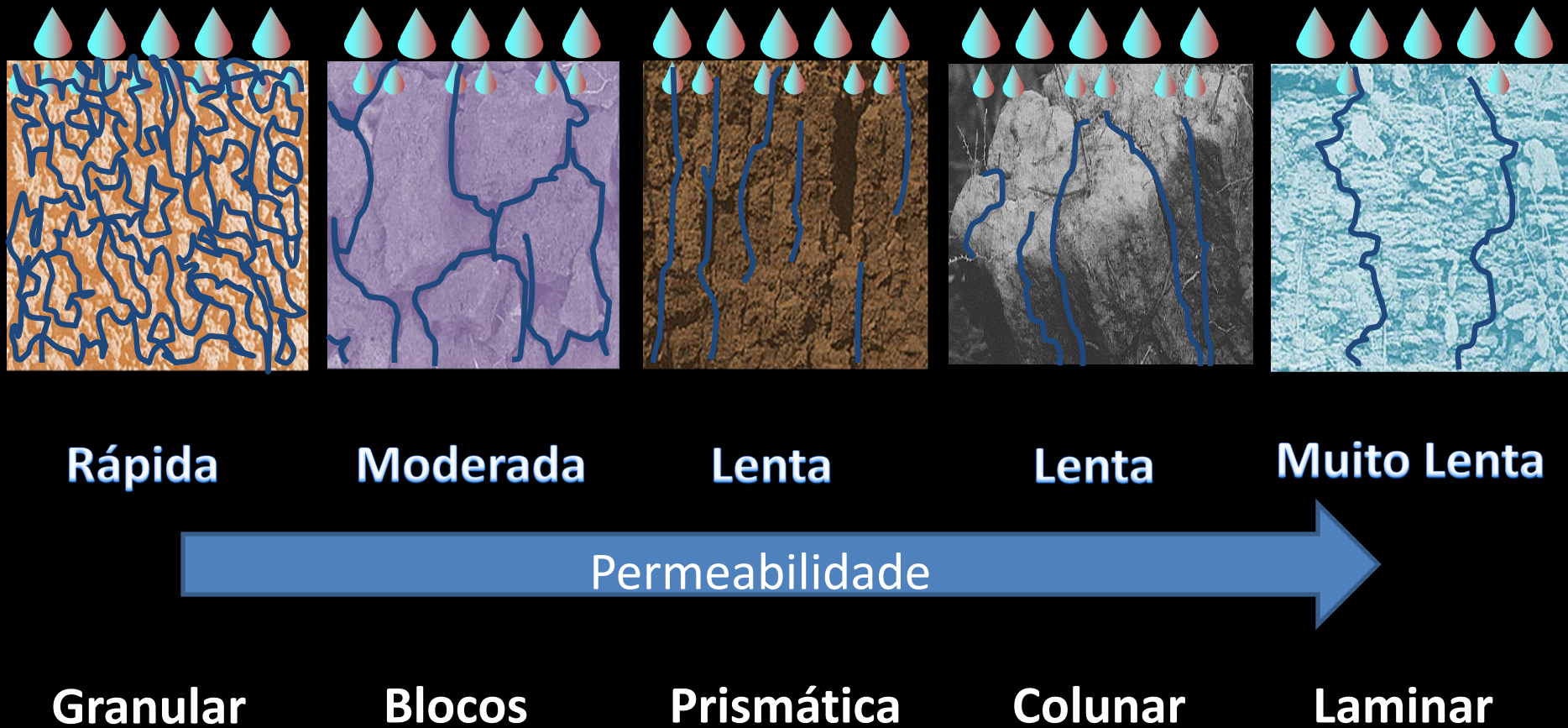
Medição: Infiltrômetro de Duplo Anel



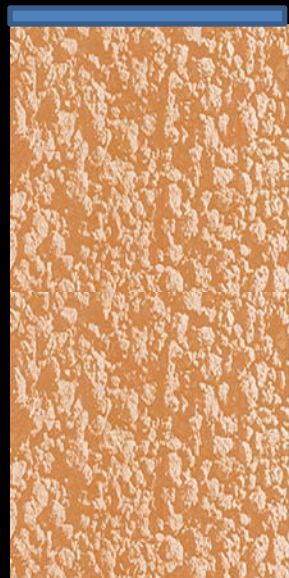
Simuladores de chuvas



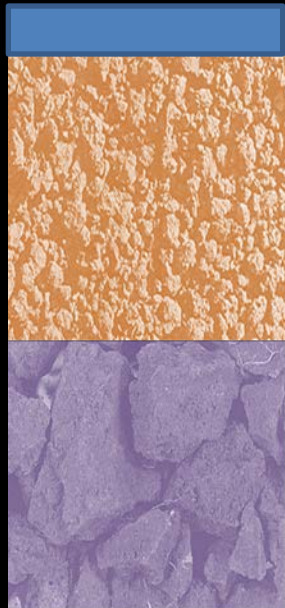
Tipos de Estrutura do Solo



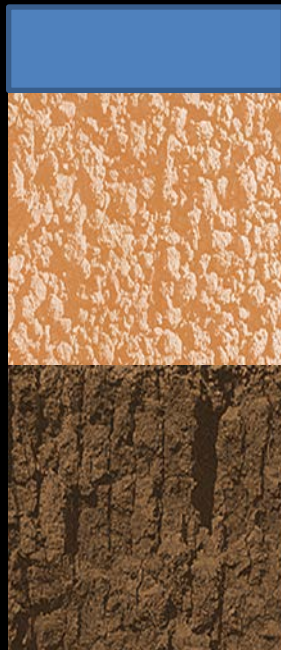
Aumento do volume do escoamento superficial



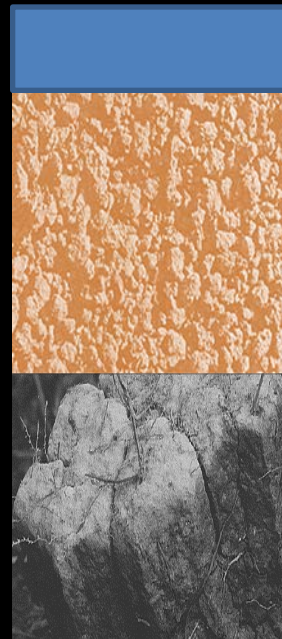
A



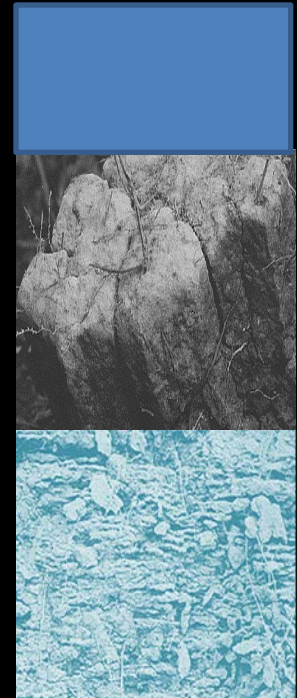
B



C



D

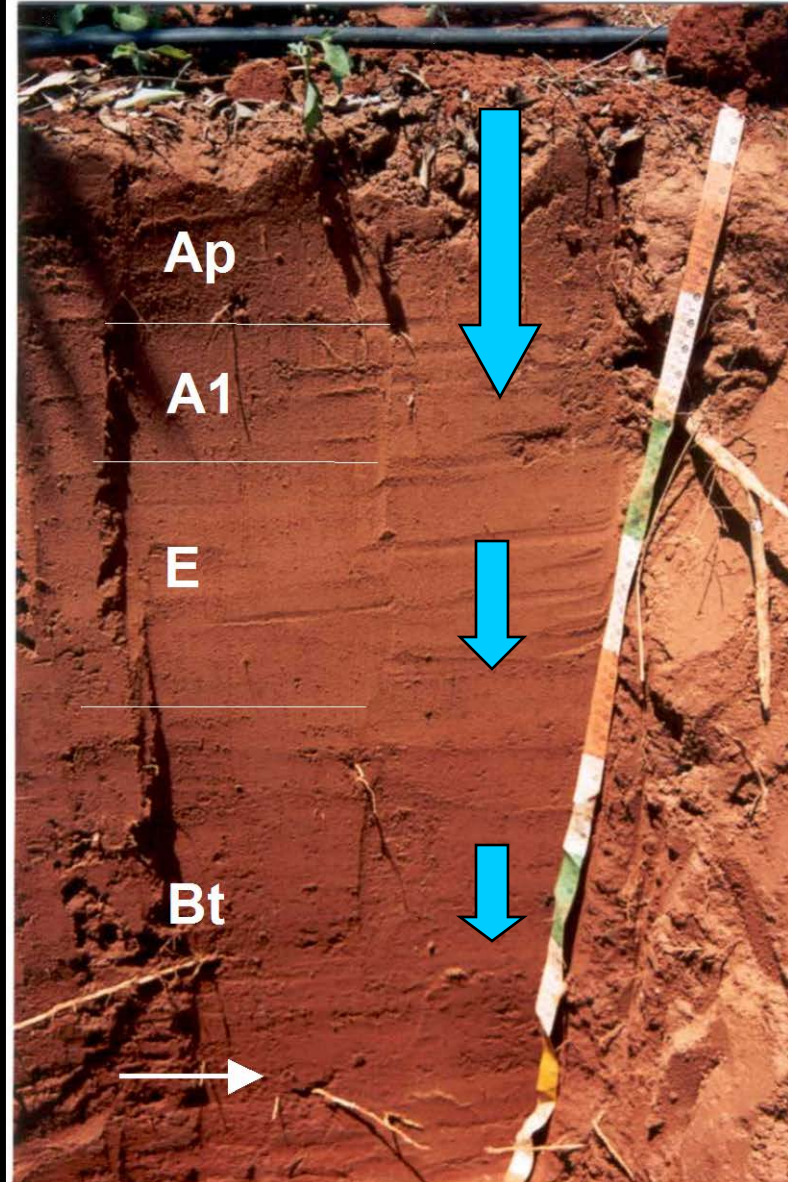


E

Erosão Hídrica



Argissolo



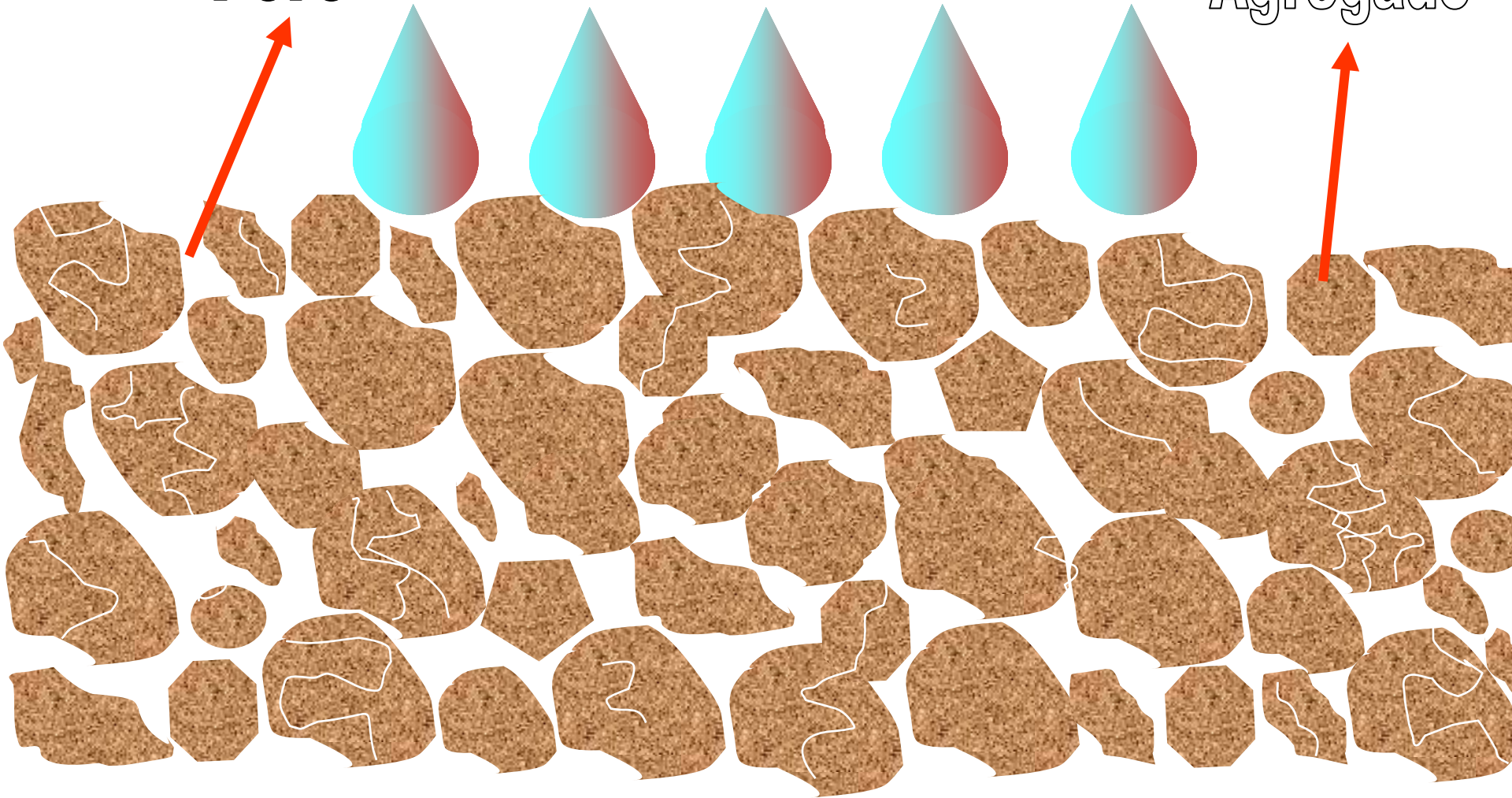
↓ Infiltração de água

Solo descoberto

Chuva

Poro

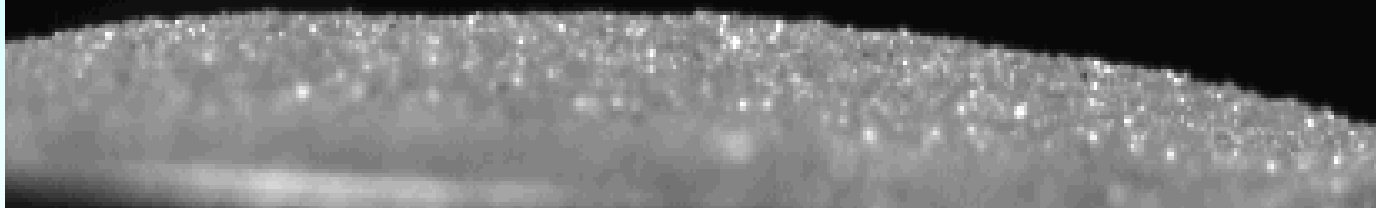
Agregado



O quê ocorre com a superfície do solo?

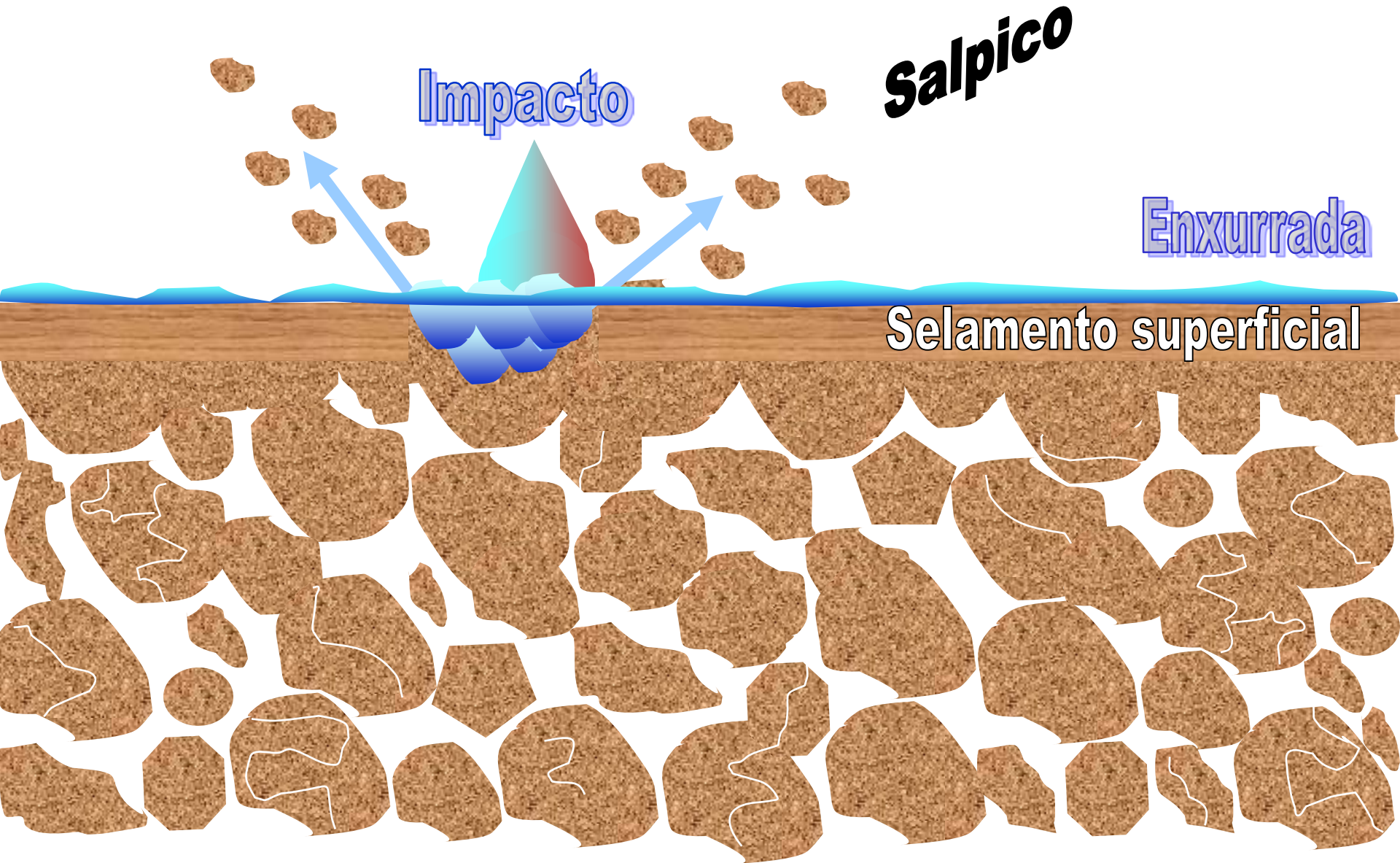


Erosão em Entressulcos



Este vídeo apresenta uma seqüência do impacto da gota d'água da chuva. O tempo entre quadros individuais é de $1/240$ centésimos de segundos. A seqüência do vídeo completa é de 0,1 s em tempo real.

Erosão em Entressulcos



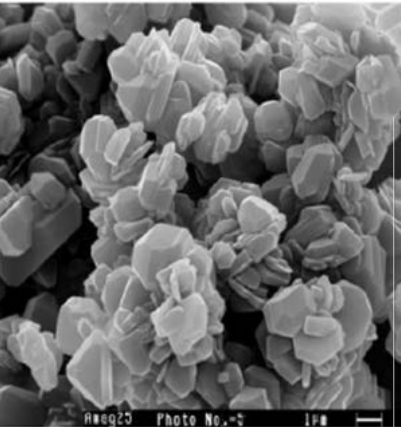
Hidrologia: Infiltração de Água no Solo

Hidrologia: conceitos e pesquisa básica

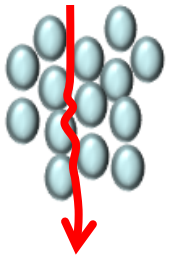
Escoamento Superficial e infiltração

Solos Oxídicos

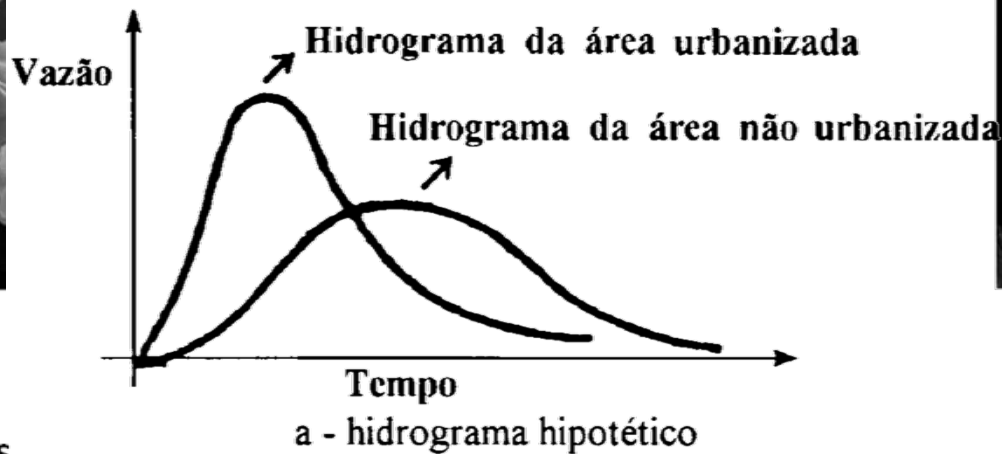
(Óxidos de Fe, Gibbsita)



Arranjo dos cristais
em forma de granulos

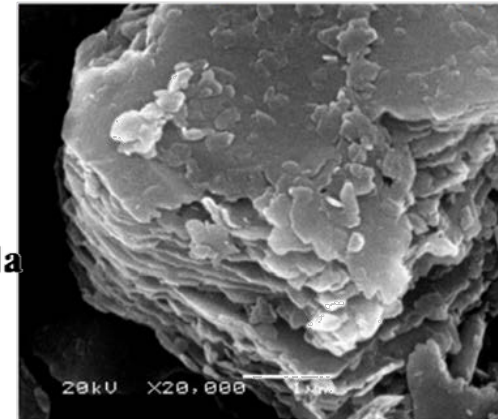


**Velocidade de infiltração
da água no solo**

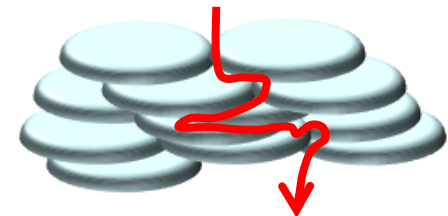


Solos cauliniticos

(Mineral de argila filossilicatado)



Arranjo dos cristais
em forma de placas



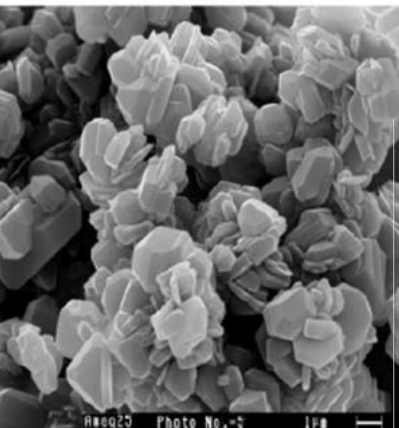
Hidrologia: Infiltração de Água no Solo

Hidrologia: conceitos e pesquisa básica

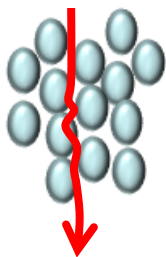
Escoamento Superficial e infiltração

Solos Oxídicos

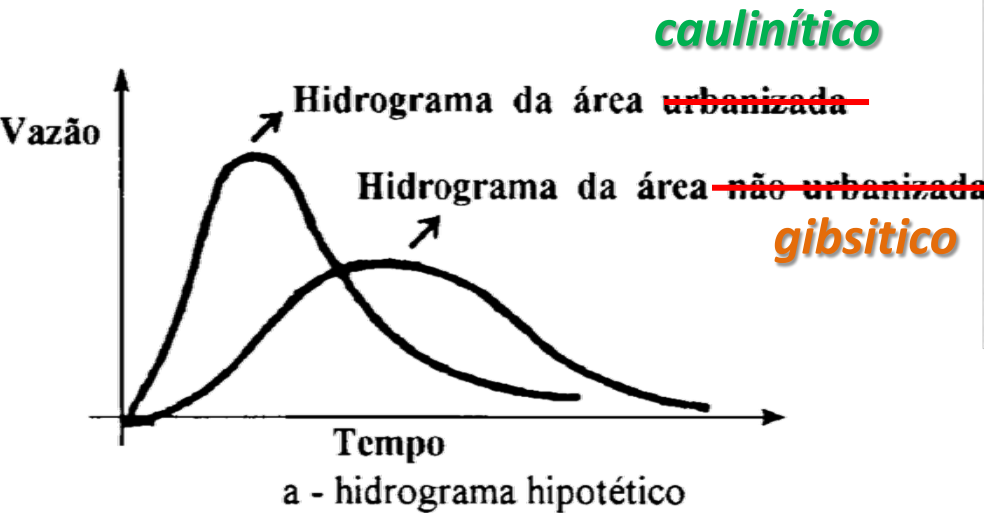
(Óxidos de Fe , Gibbsita)



Arranjo dos cristais
em forma de granulos

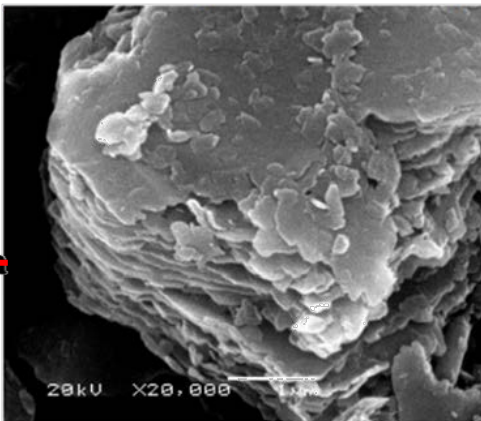


Velocidade de infiltração
da água no solo

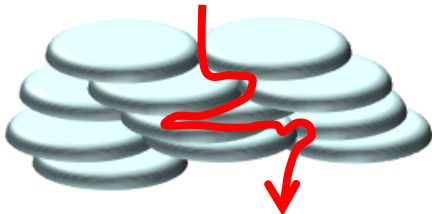


Solos cauliniticos

(Mineral de argila filossilicatado)



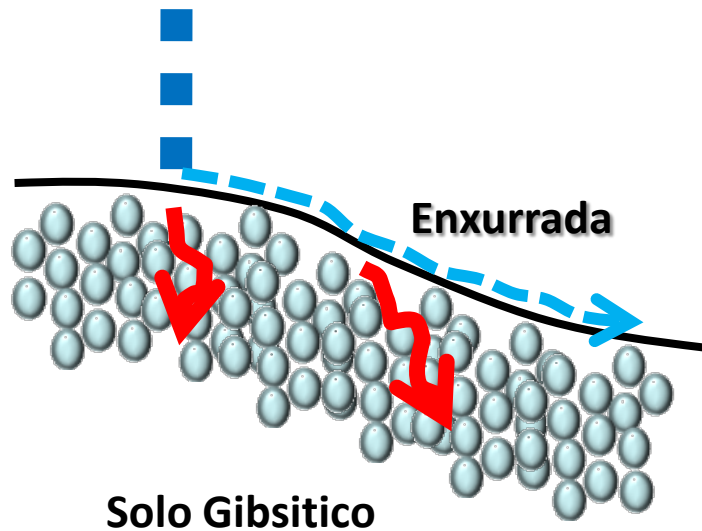
Arranjo dos cristais
em forma de placas



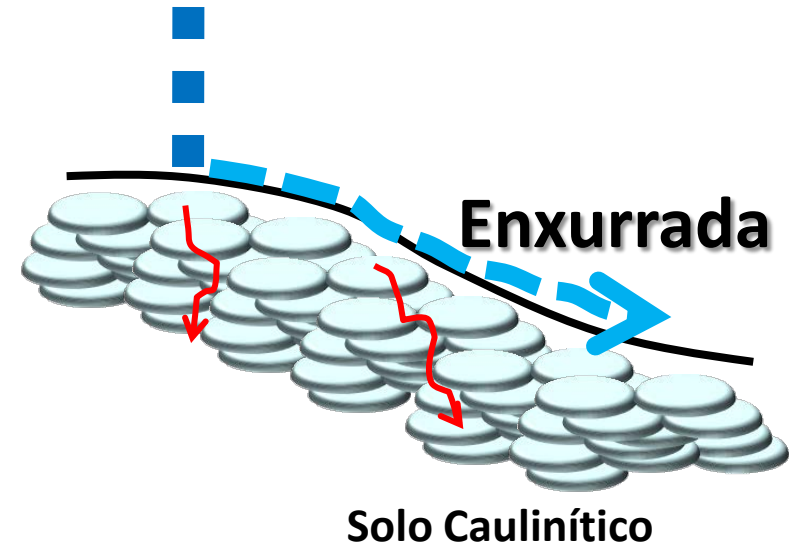
Hidrologia: Infiltração de Água no Solo

Hidrologia: conceitos e pesquisa básica

Escoamento Superficial e infiltração



Perda de Solo



Perda de Solo

Hidrologia: Infiltração de Água no Solo

Hidrologia: conceitos e pesquisa básica

Precipitação (Chuva)

Período de retorno (T)

“Período de retorno, também conhecido como período de recorrência ou tempo de recorrência, é o intervalo de tempo estimado de ocorrência de um determinado evento.

Ex.: se uma cheia é igualada ou excedida a cada 20 anos, $T = 20$ anos



Tempo de concentração (Tc)

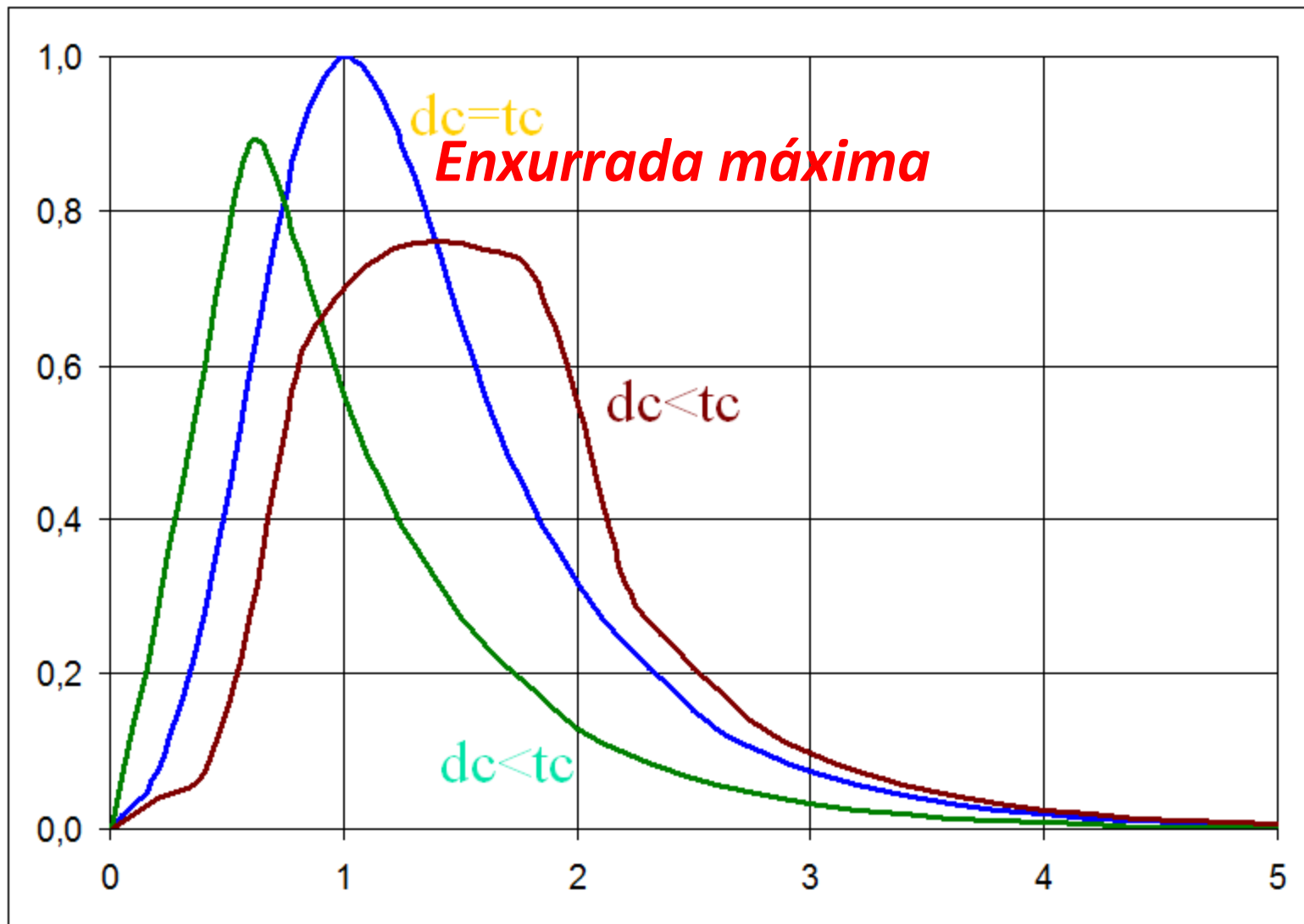
“É o tempo que a água demora em sair de um extremo ao outro mais distante da bacia”

*“Quando uma chuva particular tem o tempo de duração **igual** ao tempo de concentração da bacia, esta chuva terá enxurrada máxima”*

Hidrologia: Infiltração de Água no Solo

Hidrologia: conceitos e pesquisa básica

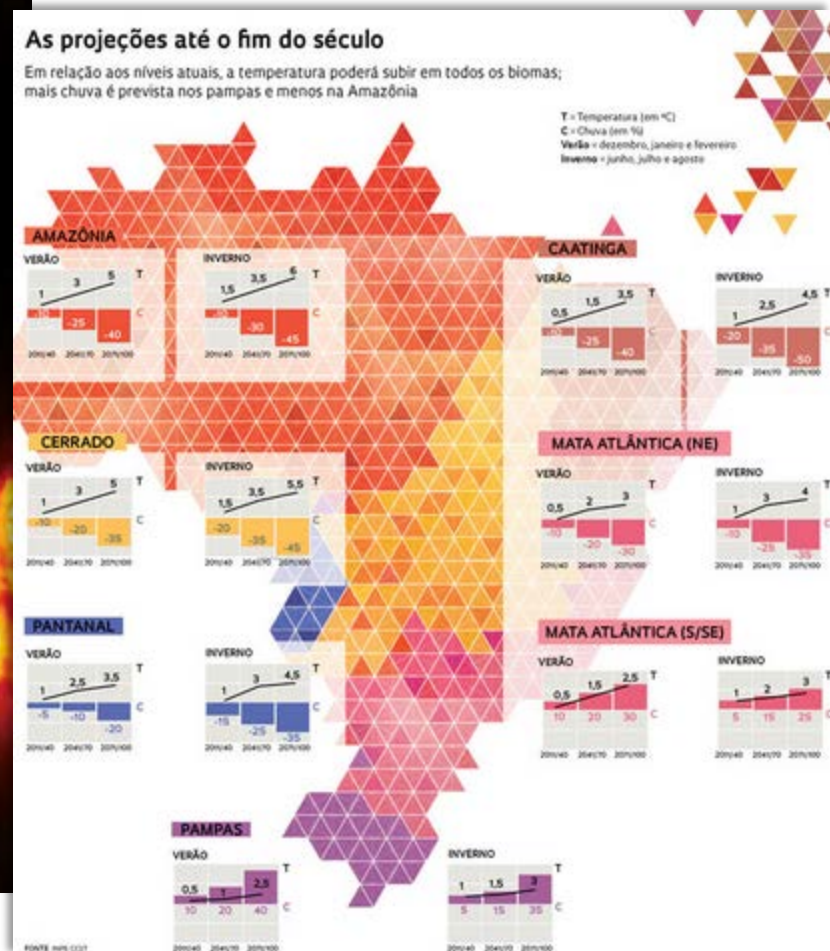
Precipitação (Chuva)



Hidrologia: Infiltração de Água no Solo

Hidrologia: conceitos e pesquisa básica

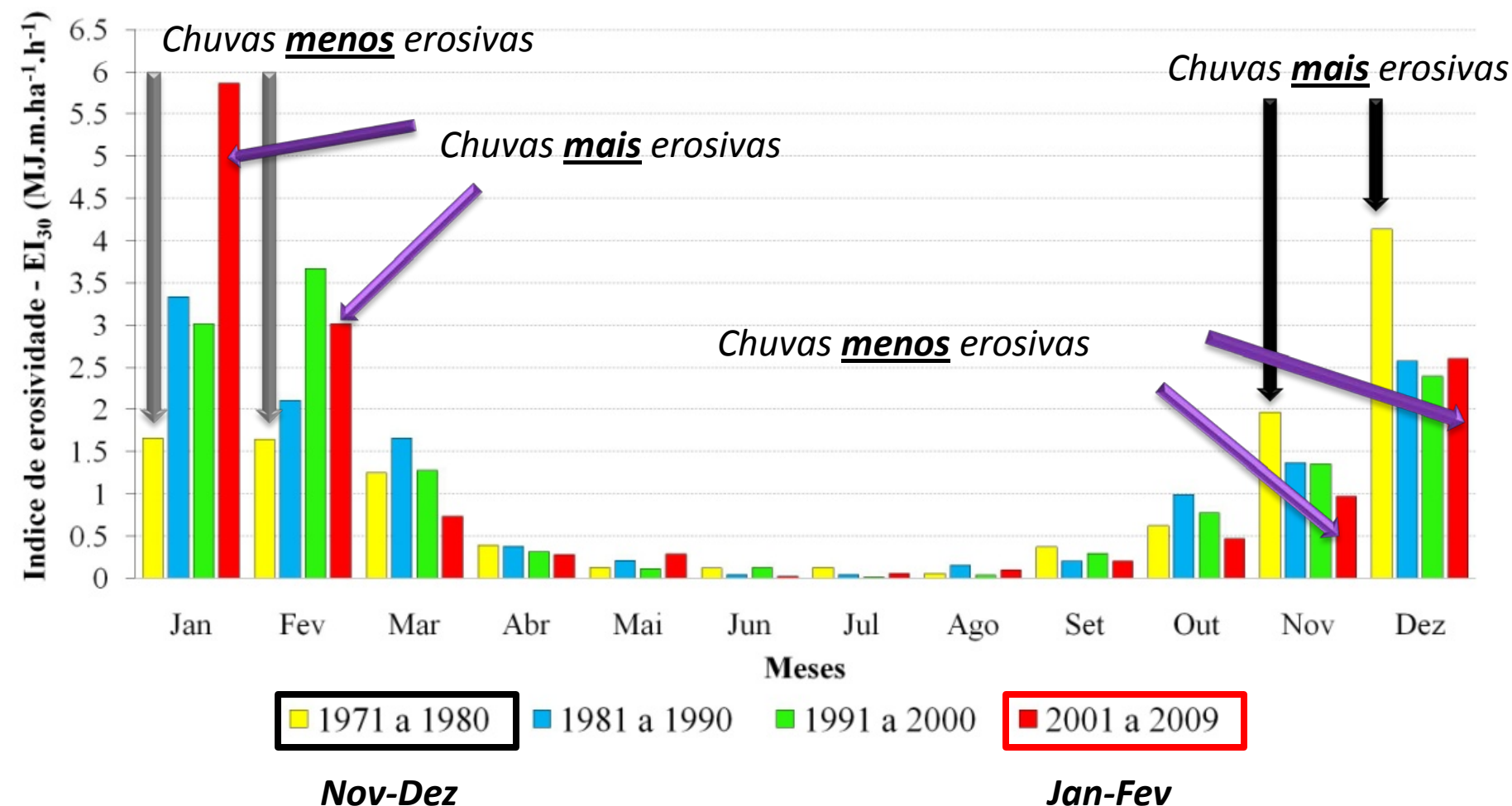
Precipitação (Chuva)



Hidrologia: Infiltração de Água no Solo

Hidrologia: conceitos e pesquisa básica

Precipitação (Chuva)



Fonte: Estação agroclimatológica da UNESP (Jaboticabal) (Resp.: Prof. Dr. Glauco de Souza Rolim)

Hidrologia: Infiltração de Água no Solo

Hidrologia: conceitos e pesquisa básica

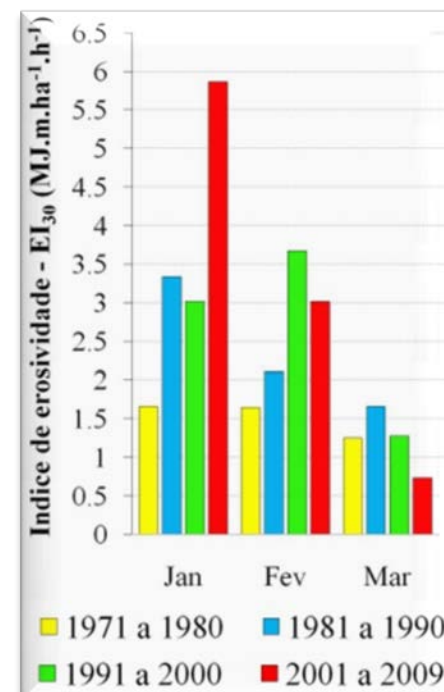
Precipitação (Chuva)

Recommended Planting Time in Different Countries

S.No.	Country	Season	Planting time
1	Brazil	Central-South	May to October
		Northeastern	September to March
2	India	Tropical	October to March
		Subtropical	September to April
3	China	---	November to April
4	USA	Hawaii	Year round
		Southeastern	August to March
5	Mexico	---	November to June
6	South Africa	---	May to November
7	Australia	---	June to December
7	Argentina	---	May to November
8	Cuba	---	November to May
9	Thailand	---	June to July and November
10	Philippines	---	October to May
11	Pakistan	---	February to March

Fonte: <http://www.sugarcane crops.com/>

O planejamento do preparo e plantio, está adaptado para a mudança dos meses com chuvas mais erosivas?



Hidrologia: Infiltração de Água no Solo

Hidrologia: conceitos e pesquisa básica



Hidrologia: Infiltração de Água no Solo

Hidrologia: aplicação do conhecimento em inovação

Exemplo 1. Município de Pradópolis, Latossolo Vermelho, cana-de-açúcar

Atributos químicos e granulométricos do solo na profundidade de 0,00-0,20 m

pH	MO	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V	AT	Argila	Silte
	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----mmol _c dm ⁻³ -----							%		-----g kg ⁻¹ -----	
4,7	19,4	21,6	1,2	18,4	5,2	1,2	36,2	24,8	60,9	40,5	344	525	132

MO = matéria orgânica; P = fósforo; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; Al = alumínio; H+Al = hidrogênio+alumínio; SB = soma de bases; CTC = capacidade de troca catiônica; V = saturação por bases; AT = areia total.

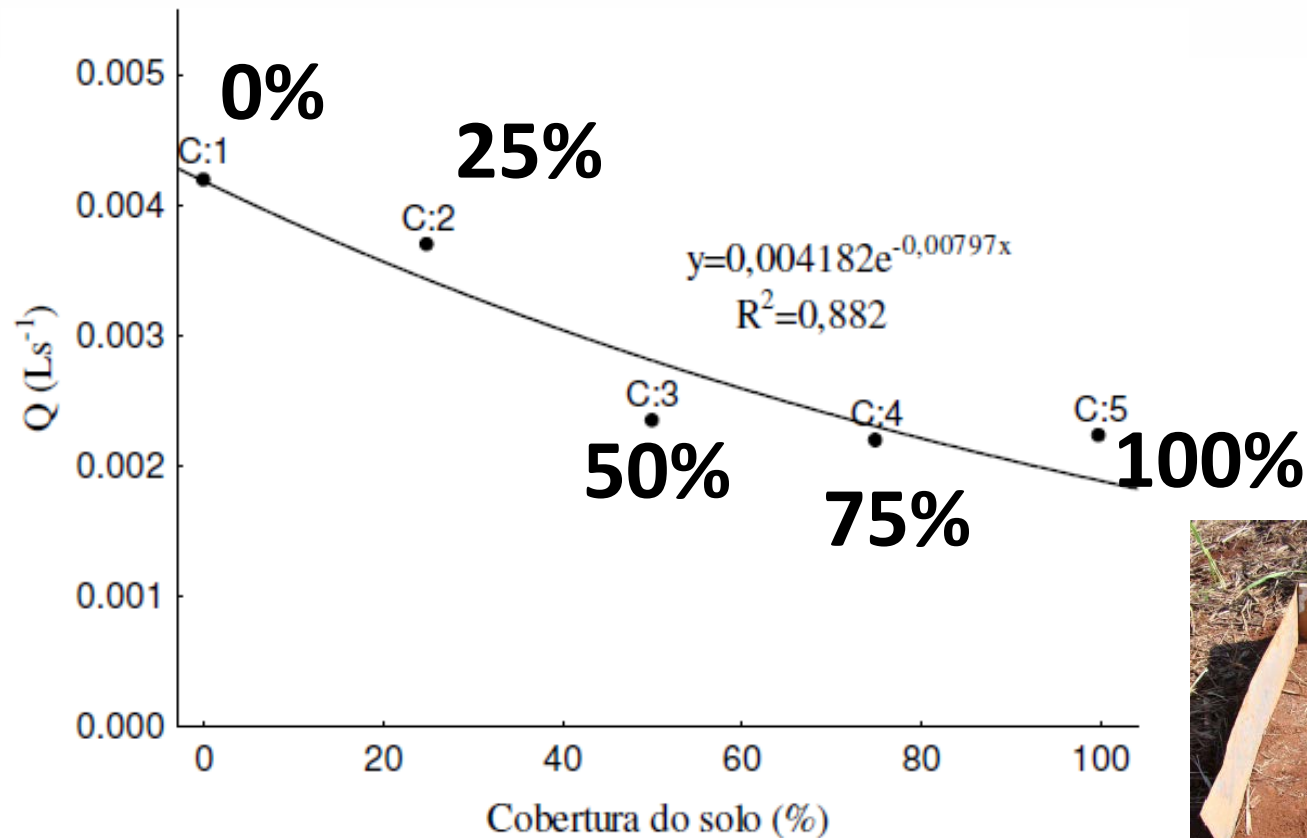


Quantidade de palha
0%
25%
50%
75%
100%

Tese (Doutorado) 2011:
G. R. Vasconcelos Da Silva

Hidrologia: Infiltração de Água no Solo

Hidrologia: aplicação do conhecimento em inovação

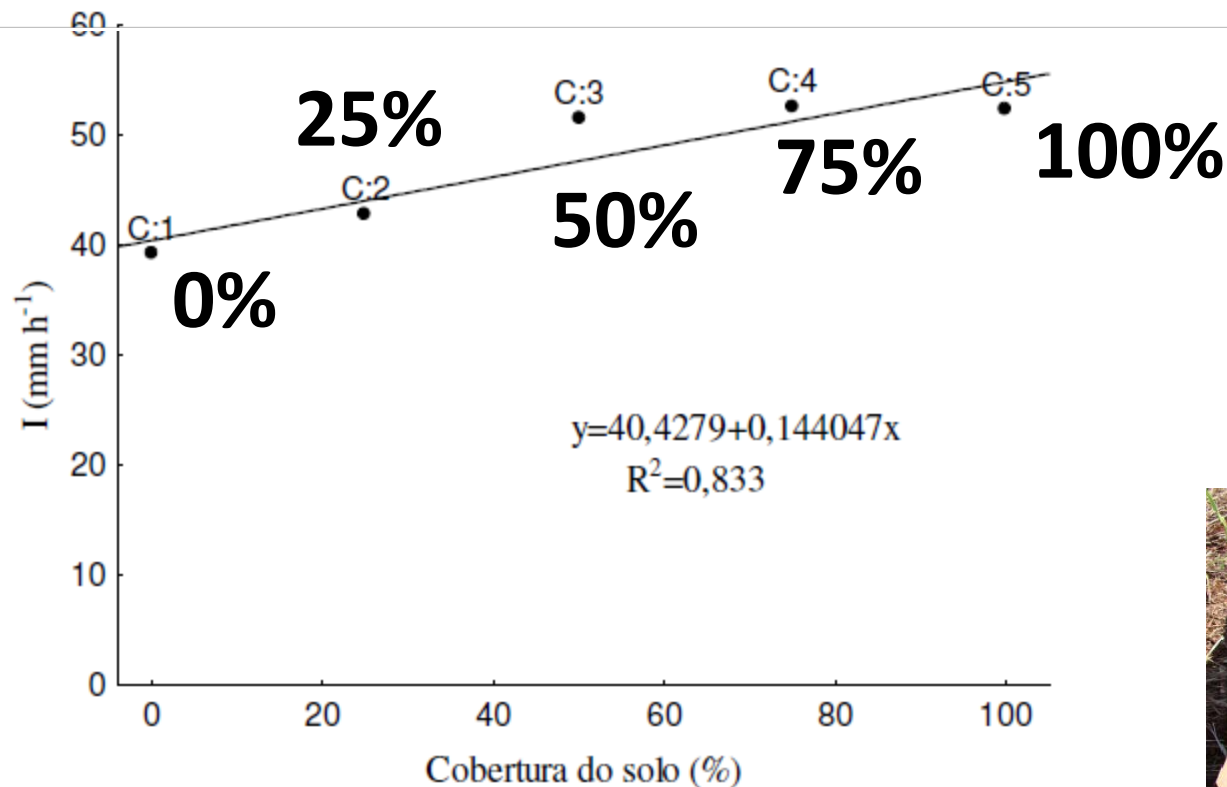


Vazão do escoamento laminar, em função da cobertura do solo por palha de cana-de-açúcar



Hidrologia: Infiltração de Água no Solo

Hidrologia: aplicação do conhecimento em inovação

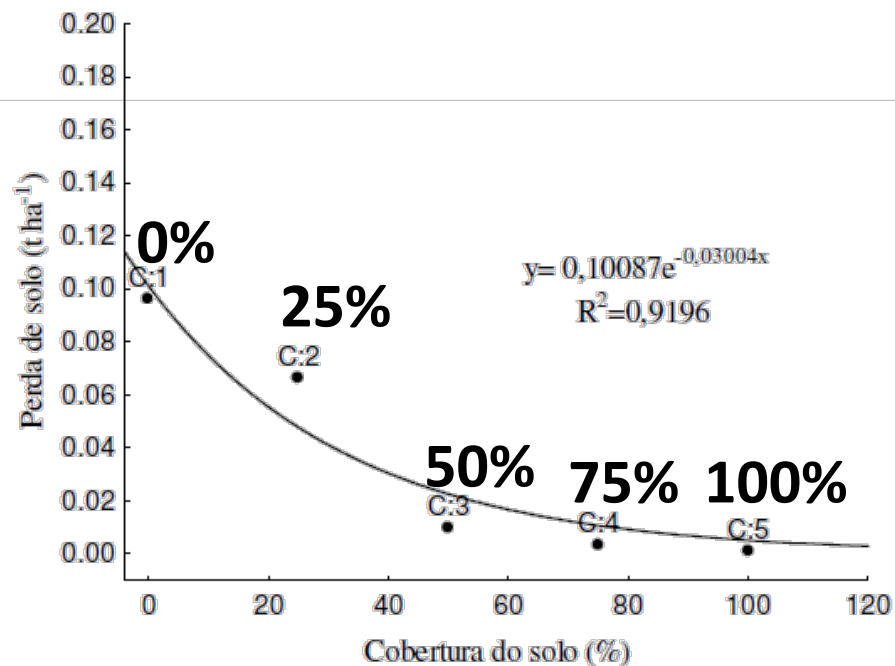


Taxa média de infiltração da água no solo,
em função da cobertura do solo por palha de cana-de-açúcar

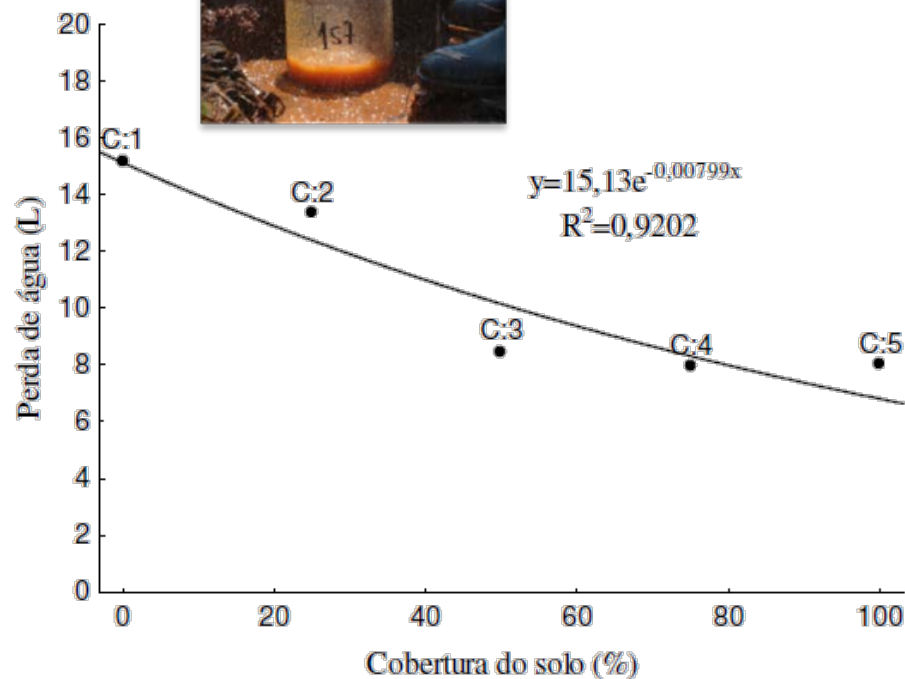


Hidrologia: Infiltração de Água no Solo

Hidrologia: aplicação do conhecimento em inovação



Perda de solo total, em função da cobertura do solo por palha de cana-de-açúcar



Perda de água total, em função da cobertura do solo por palha de cana-de-açúcar

Hidrologia: Infiltração de Água no Solo

Hidrologia: aplicação do conhecimento em inovação



Perda de matéria orgânica e de nutrientes, equivalente em adubos, presentes no material erodido da área de estudo

Cobertura (%)	MO kg ha ⁻¹	P ₂ O ₅ kg ha ⁻¹	K ₂ O kg ha ⁻¹	CaO kg ha ⁻¹	MgO kg ha ⁻¹
0	217 x	130 x	110 x	227 x	297 x
25	84 x	28 x	41 x	1,6 x	2 x
50	8 x	5 x	4 x	2,4 x	3 x
75	1,5 x	1,7 x	1,8 x	1,3 x	1,5 x
100	1,8070 b	0,000013 b	0,000017 b	0,000090 b	0,00002 b



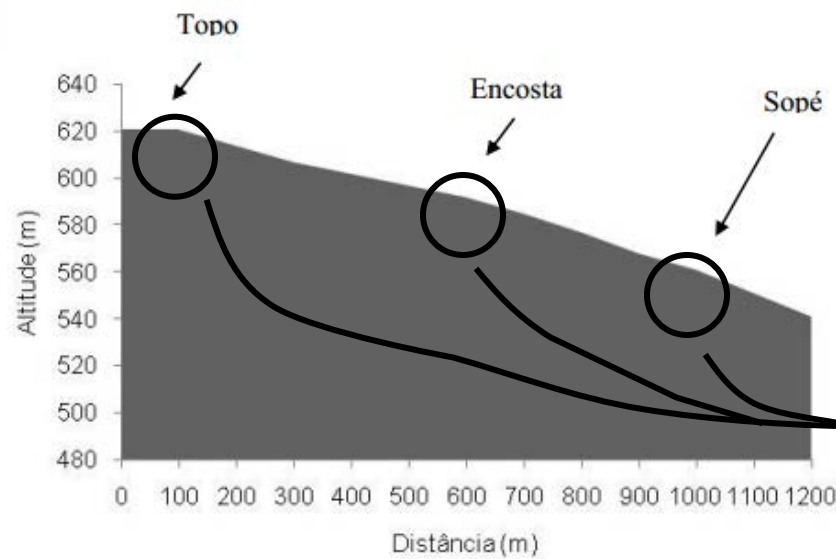
Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Tese (Doutorado) 2011:
G. R. Vasconcelos Da Silva

Hidrologia: Infiltração de Água no Solo

Hidrologia: aplicação do conhecimento em inovação

Exemplo 2. Município Guariba, o Latossolo Vermelho-Amarelo, cana-de-açúcar



Atributos físicos do solo na profundidade 0,00 a 0,20m					
Posição	Argila	Silte	AT	AG	AF
	-----%-----				
Topo	30	6	64	38	26
Encosta	26	7	67	34	33
Sopé	34	8	58	48	10

AT – Areia total; AG – Areia grossa e AF – Areia fina

Cobertura
0%
25%
50%
75%
100%

Hidrologia: Infiltração de Água no Solo

Hidrologia: aplicação do conhecimento em inovação



Perdas de solo por erosão (A) e matéria orgânica (MO)

Parâmetros	Vertente			
	Cobertura	Topo	Encosta	Sopé
A t ha ⁻¹	0%	0,0460 aB	0,0636 aAB	0,0959 aA
	25%	0,0186 abB	0,0393 abAB	0,0660 aA
	50%	0,0086 bA	0,0332 abA	0,0097 aA
	75%	0,0033 bA	0,0061 bA	0,0033 bA
	100%	0,0010 bA	0,0027 bA	0,0011 bA
MO kg ha ⁻¹	0%	216,30 aB	169,67 aB	391,42 aA
	25%	67,16 bA	83,29 abA	83,47 bA
	50%	32,81 bA	0,00 bA	13,88 bA
	75%	8,39 bA	3,06 bA	2,71 bA
	100%	4,06 bA	3,57 bA	0,00 bA

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan, para tipos de cobertura e segmentos de vertente.

Hidrologia: Infiltração de Água no Solo

Hidrologia: aplicação do conhecimento em inovação

Perdas de nutrientes em diferentes percentuais de cobertura por palha de cana-de-açúcar

Parâmetros	Vertente			
	Cobertura	Topo	Encosta	Sopé
P kg ha ⁻¹	0%	0,0012 aA	0,0011 aA	0,0016 aA
	25%	0,0004 abA	0,0002 bA	0,0003 bA
	50%	0,0002 bA	0,0000 bA	0,00006 b A
	75%	0,00007 bA	0,00001bA	0,00002 bA
	100%	0,0000 bA	0,0000 bA	0,00001 bA
K kg ha ⁻¹	0%	0,0011 aA	0,0028 aA	0,0018 a A
	25%	0,0004 aA	0,0014 bA	0,0007 bA
	50%	0,0002 aA	0,0001 cA	0,00006 bA
	75%	0,0000 aA	0,0000 cA	0,00003 bA
	100%	0,0000 aA	0,0000 cA	0,00001 bA
Ca kg ha ⁻¹	0%	0,0130 a A	0,01656 aA	0,0203 aA
	25%	0,0046 b A	0,0088a bA	0,0000 bA
	50%	0,0000 bA	0,0000 bA	0,0002 bA
	75%	0,00008 bA	0,0000 bA	0,0001 bA
	100%	0,0000 bA	0,0000 bA	0,00009 bA
Mg kg ha ⁻¹	0%	0,0037 aA	0,0045 aA	0,0059 aA
	25%	0,0012 bA	0,0025 bA	0,0000 bA
	50%	0,0000 bA	0,0000 bA	0,00006 bA
	75%	0,00005 bA	0,0000 bA	0,00003 bA
	100%	0,0000 bA	0,0000 bA	0,00002 bA

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan, para tipos de cobertura e segmentos de vertente.

Resultados indicam que o ponto de equilíbrio esteja por volta de 50-75% cobertura

Hidrologia: Infiltração de Água no Solo

Hidrologia: aplicação do conhecimento em inovação

Exemplo 3. Município Catanduva, Argissolo Vermelho-Amarelo, cana-de-açúcar

Atributos químicos do Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico A moderado.

Horizonte	Profundidade m	MO g dm ⁻³	pH CaCl ₂	P mg dm ⁻³	K -----	Ca	Mg	H+Al mmol _c dm ⁻³	Al -----	SB	CTC -----	V% %
A	0,0-0,20	15,7	5,1	34,2	2,3	19,6	8,7	24,2	0,7	30,8	55,1	55,4
B	0,0-0,80	8,7	5,0	7,9	0,9	20,8	8,1	22,9	1,5	30,5	52,8	55,7

Atributos físicos do Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico A moderado

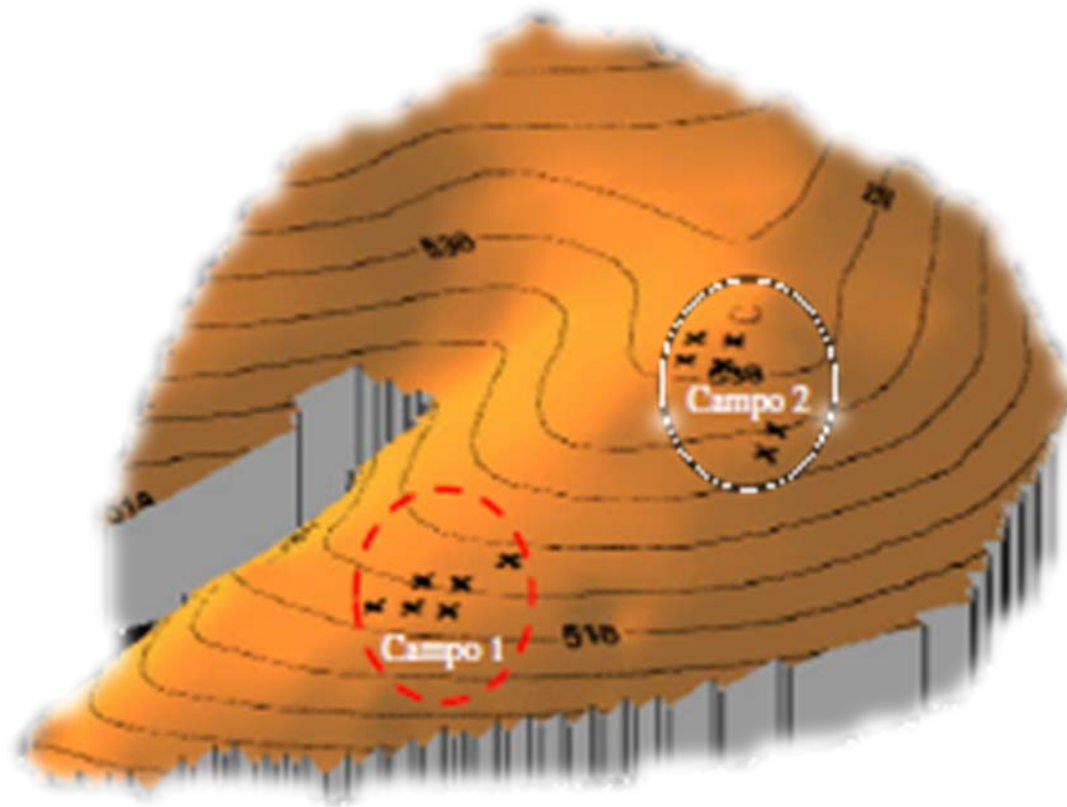
Horizonte	Profundidade m	Argila	Silte	AT	AMG	AG	AM	AF	AMF
					g kg ⁻¹				
A	0,0-0,20	180	31	789	0	4	73	531	181
B	0,60-0,80	325	28	647	0	0	49	435	163

AT = areia total; AMG = areia muito grossa; AG = areia grossa; AM = areia média; AF = areia fina e AMF = areia muito fina.

Hidrologia: Infiltração de Água no Solo

Hidrologia: aplicação do conhecimento em inovação

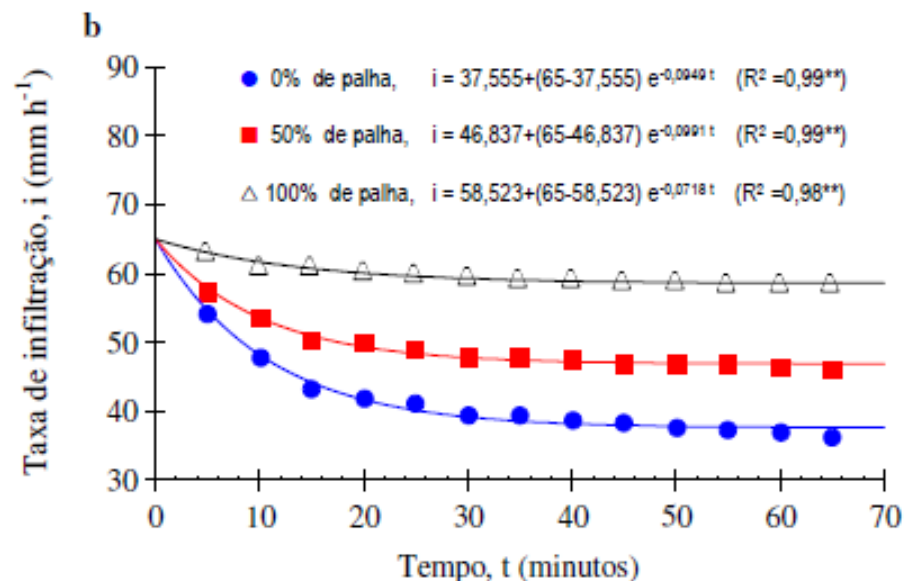
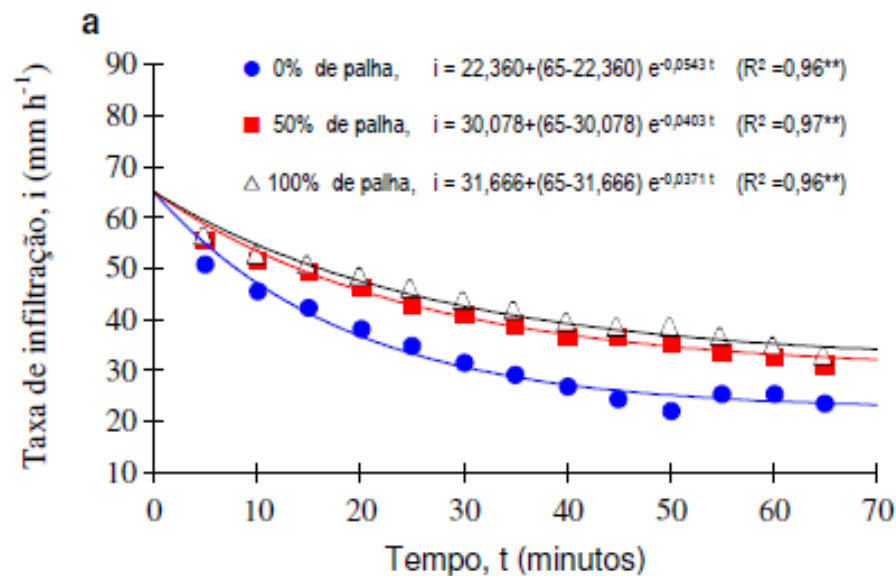
Exemplo 3. Município Catanduva, Argissolo Vermelho-Amarelo, cana-de-açúcar



Hidrologia: Infiltração de Água no Solo

Hidrologia: aplicação do conhecimento em inovação

Exemplo 3. Município Catanduva, Argissolo Vermelho-Amarelo, cana-de-açúcar



Taxa de infiltração de água no solo (i), no tempo (t), sem e com cobertura por palha em superfície: a) Campo 1, e b) Campo 2. Em que, $i = i_0 + (I - i_0) e^{-zt}$, i_0 é a taxa mínima de infiltração de água no solo, I é a intensidade da chuva e z é uma constante.



Hidrologia: Infiltração de Água no Solo

Hidrologia: aplicação do conhecimento em inovação

Exemplo 3. Município Catanduva, Argissolo Vermelho-Amarelo, cana-de-açúcar

Valores médios do subfator C_{III} observados nos Campos 1 e 2.

Cobertura do Solo (CS)		Campo 1	Campo 2	Campo 3
	%			
CS ₀	0	1,000 a A	1,000 a A	1,000 a A
CS ₅₀	50	0,551 b A	0,522 b A	0,211 b A
CS ₁₀₀	100	0,350 c B	0,521 b A	0,199 b C

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente, pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

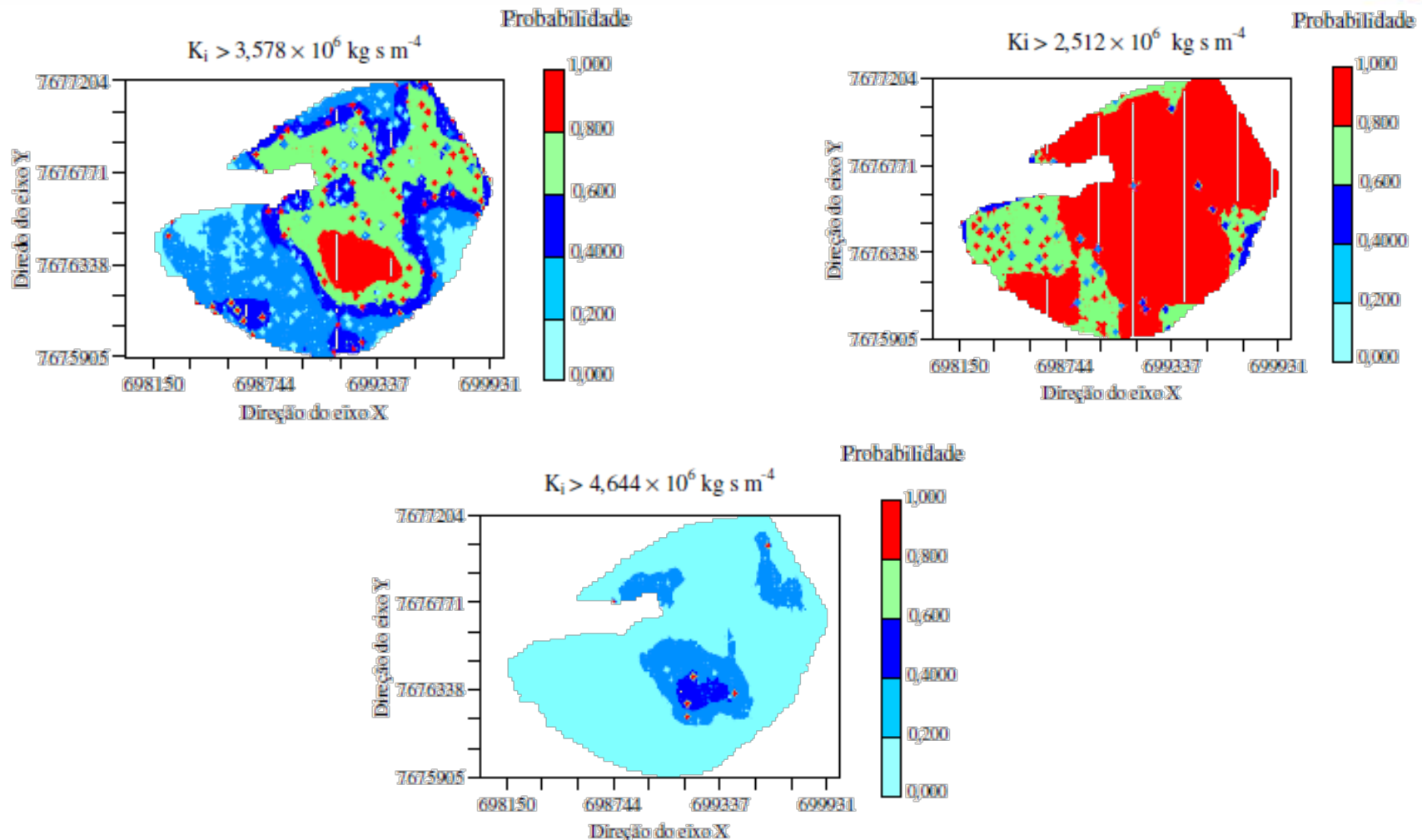
Resultados indicam que ideal seja cobertura $\geq$ 50%

Hidrologia: Infiltração de Água no Solo

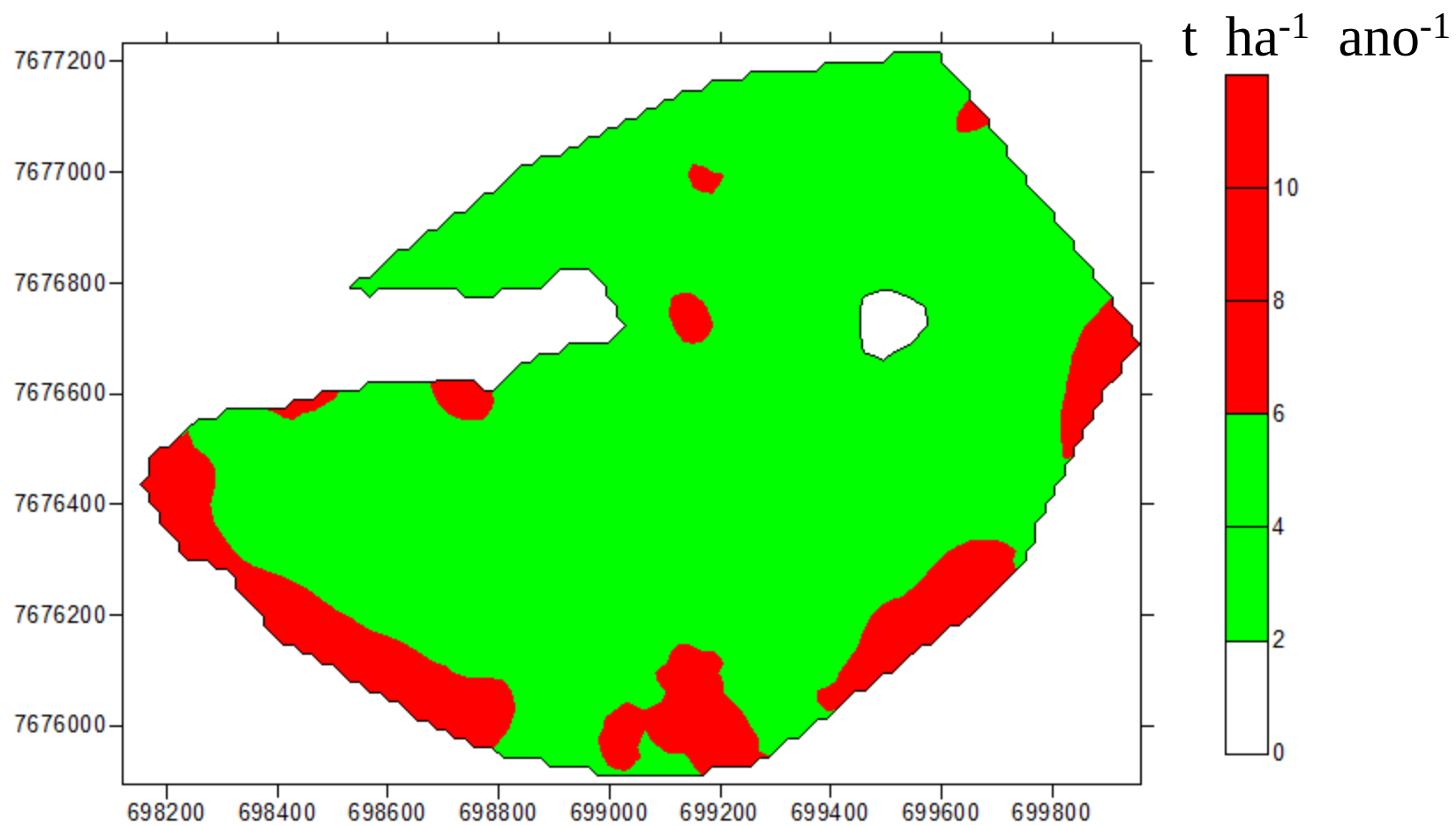
Hidrologia: aplicação do conhecimento em inovação



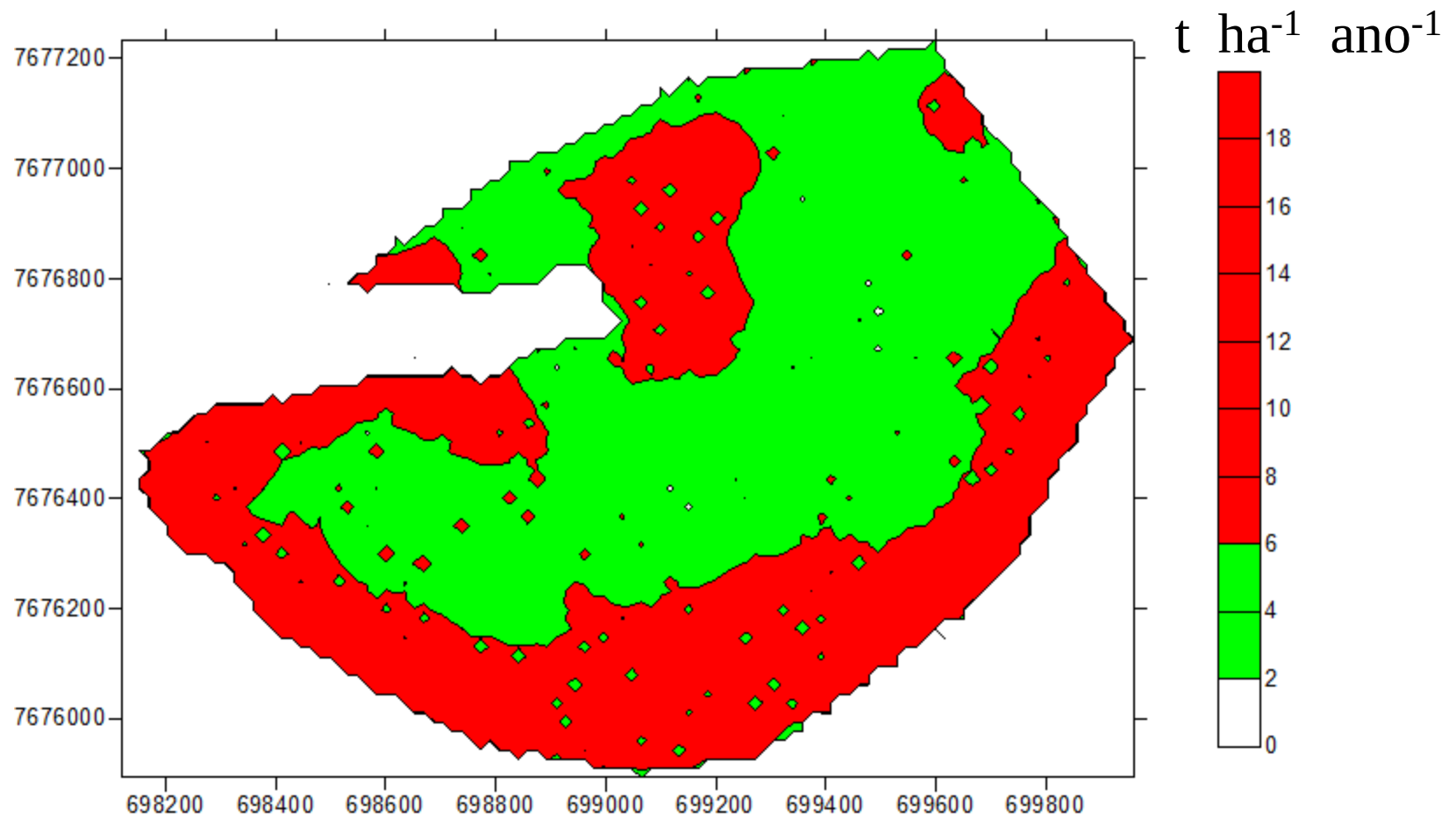
Calculo da probabilidade de erodibilidade em entressulcos



Cana Crua



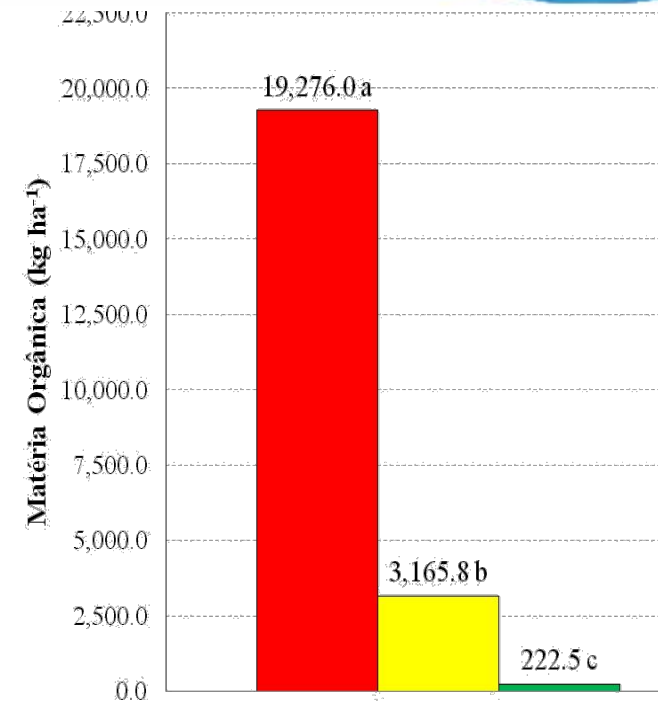
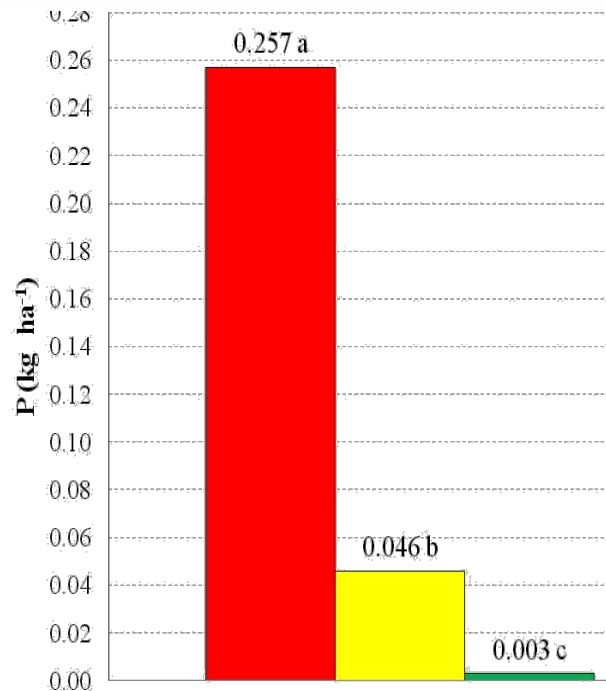
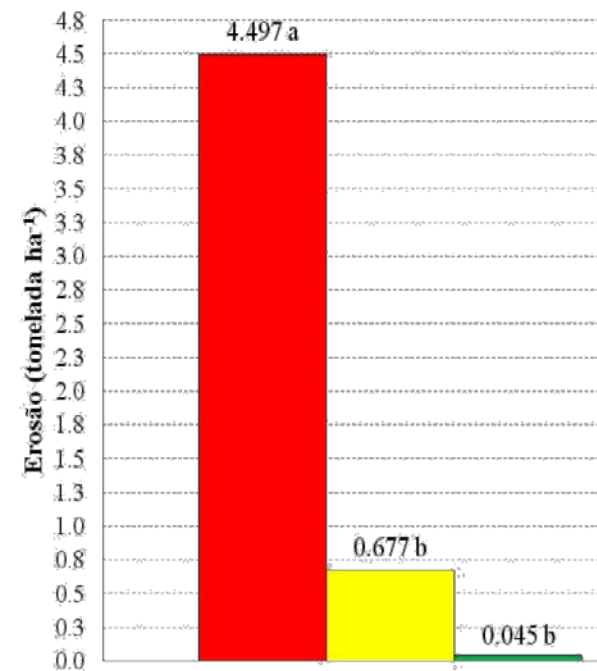
Cana Queimada



Hidrologia: Infiltração de Água no Solo

Hidrologia: aplicação do conhecimento em inovação

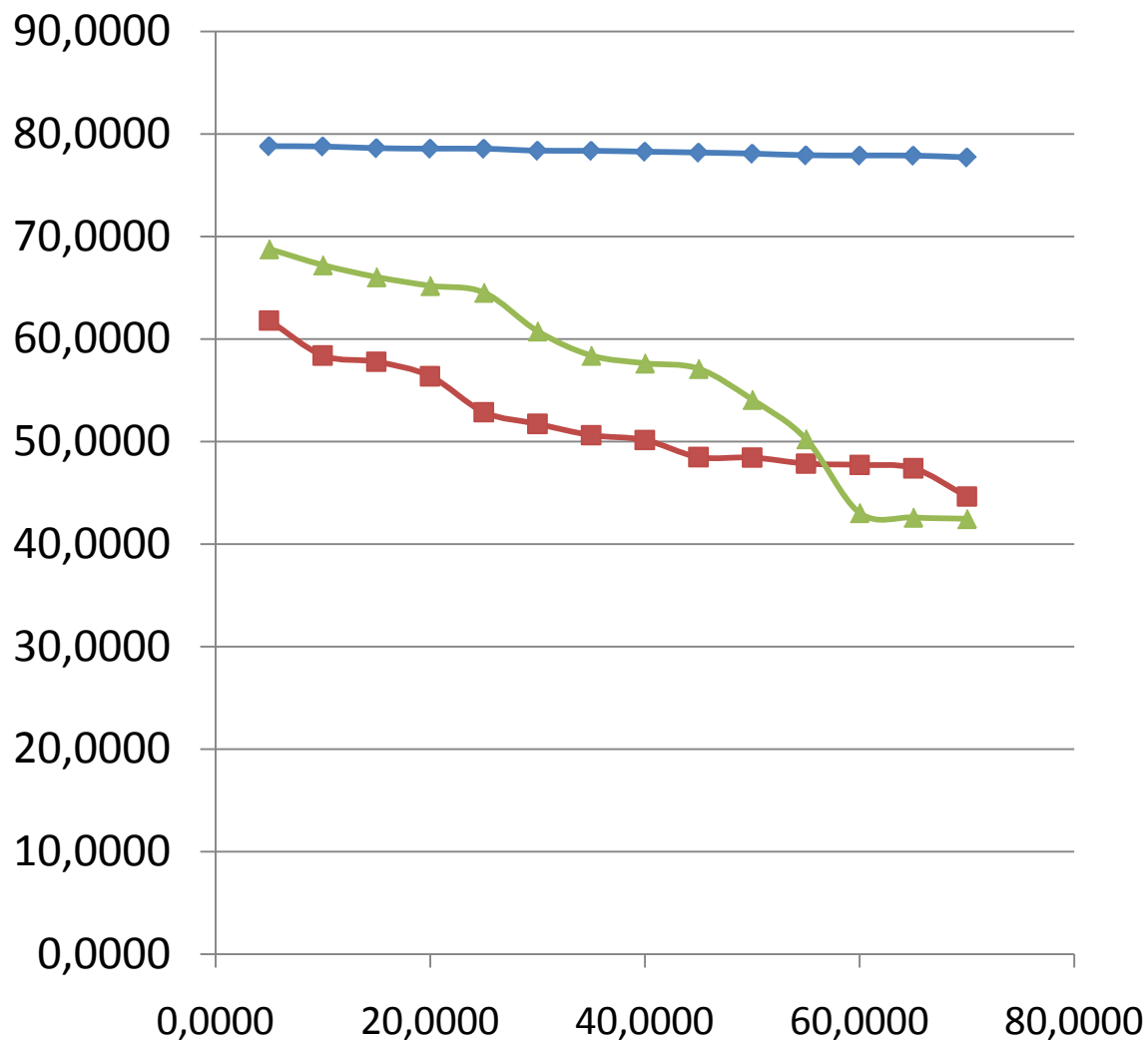
Exemplo 4. Latossolo, argiloso



Sistemas de Preparo do Solo



Taxa de infiltração, mm h⁻¹



—◆— Convencional
—■— Reduzido
—▲— Localizado

Tempo, minutos

Preparo do Solo x Erosão

TABELA 2. Teste de médias para erosão (A, t ha⁻¹), concentração de sedimento (C, g L⁻¹), matéria orgânica (MO, kg ha⁻¹) e perda de água (L).

Tratamento	A	C	MO	Água
CC	4,4970a	150,77a	19276,0a	68,179c
RD	0,67671b	3,0336b	3165,8b	662,48b
PL	0,04472b	0,19997c	222,51c	905,75a

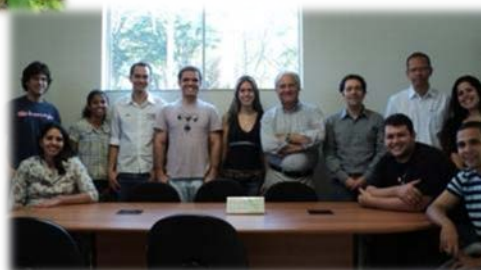
CC – Preparo convencional; RD – Preparo reduzido; PL – Preparo localizado do solo.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Duncan a 5%.



Créditos:

Grupo de Pesquisa CSME



OBRIGADO!

www.csme.com.br

mfilho@fcav.unesp.br

16-3209.2680 / 16-3209.2673

GRUPO DE PESQUISA

CSME

Caracterização do Solo para
Fins de Manejo Específico

