

**Prof. Ilyas Siddique,  
Universidade Federal de  
Santa Catarina (UFSC)  
[ILYAS.S@UFSC.BR](mailto:ILYAS.S@UFSC.BR)**

# **Princípios e processos agroecológicos**

# Transição: Agricultura industrial → Agroecologia



T.L.Sicard/SOCLA

Não é apenas substituição de insumos (agroquímicos por fertilizantes orgânicos ou biopesticidas)

É mudança de princípios de manejo, realçando e utilizando processos ecológicos



T.L.Sicard/SOCLA

# Princípios da Agroecologia: Produção sustentável...

...abordagem  
sistêmica que  
equilibra:

- integridade ambiental,
- equidade social e
- viabilidade econômica

(Gliessman 2007)

...baseada em agroecossistemas  
que:

- Preservam qualidade ambiental,
- Sustentam conexões sociais saudáveis, e
- Reciclam eficientemente o capital natural e social em vez de depender de insumos comerciais

(Ben Stinner Endowment 2006)



## Industrial:

- Produção em pulsos,
- Exportação,
- Monocultivo

## Agroecológica:

- Produção contínua,
- Regional,
- Variada

- Adequação temporal & espacial;
- Diversificação funcional

...muito além de aspectos técnico-biofísico-ecológicos:

Comunicação e planejamento (processo social-cultural-econômico):

# Princípios Concretos para Realçar Processos Naturais

Realçar e utilizar processos naturais em plantas, animais, microbios, solos, e ecossistemas para fornecer múltiplos benefícios e reduzir insumos externos:

- Responder à demanda contínua, regional por uma variedade de produtos
  - Fechar ciclos de nutrientes, aumentar captura
  - Auto-regulação de doenças, pragas
  - Amortecimento de fluxos hídricos
  - Mitigação de extremos microclimáticos
  - Conservação *in situ* de agrobiodiversidade
- ...Equilibrar princípios (não sobrevalorizar um só)

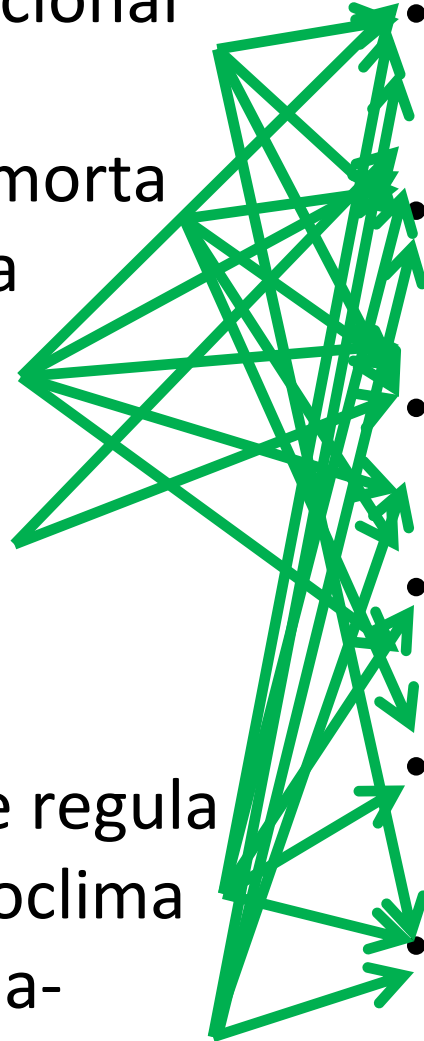
# Práticas para Manejar Processos Naturais

## Diretrizes no manejo:

- Diversificação funcional
- Continuidade de cobertura viva & morta
- Aumentar matéria orgânica do solo
- Favorecer inimigos naturais
- Estabelecer “infraestrutura” ecossistêmica que regula hidrologia & microclima
- Integração agrícola-pecuária

## Processos favorecidos:

- Produção contínua, regional, variada
- Fechar ciclos, aumentar captura de nutrientes
- Auto-regulação de doenças, pragas
- Amortecimento de fluxos hídricos
- Mitigação de extremos (micro)climáticos
- Conservação *in situ* de agrobiodiversidade



# Fechar ciclos & aumentar captura biológica

Sincronização & 'Sinlocalização' } Mineralização/ captura vs. demanda

## Retenção *in situ*:

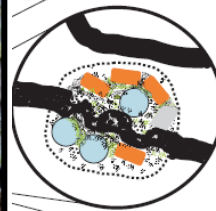
- Complementaridade
- Armazenamento biológico
- Reciclagem;
- Qualidade (C:N, lenhosidade)

## Captura biológica:

- Fixação de N
- Mobilização biológica de P, bases, S etc.



[www.soilstabilisation.com.au](http://www.soilstabilisation.com.au)



Rillig & Mummey (2006) *New Phytol.*

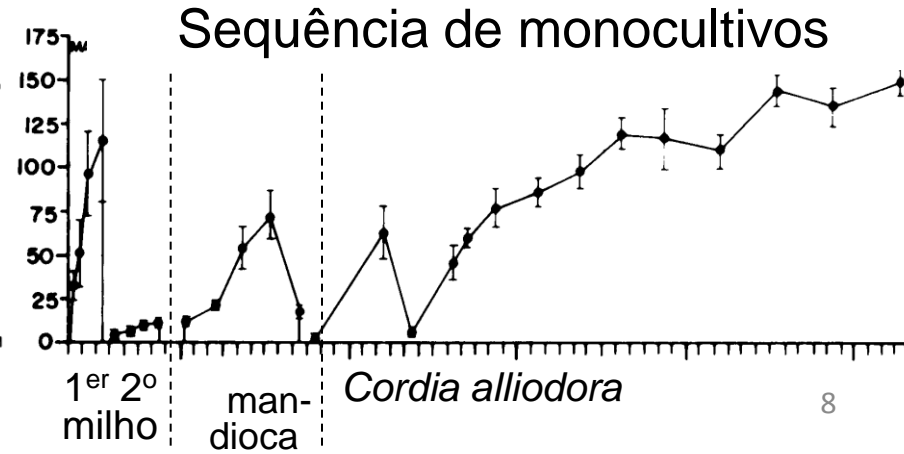
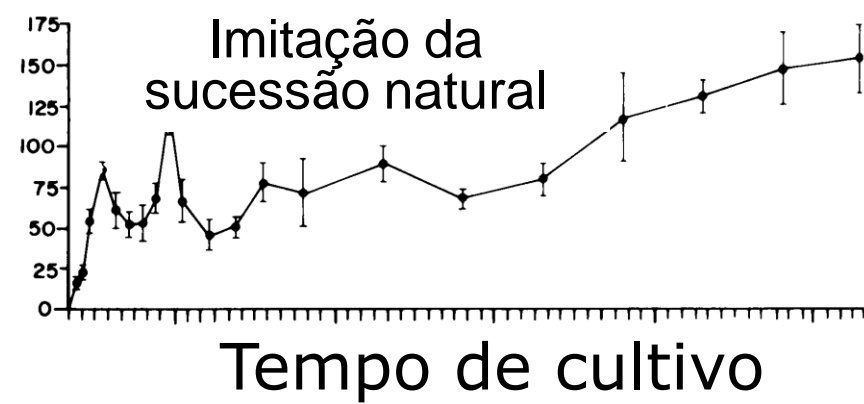
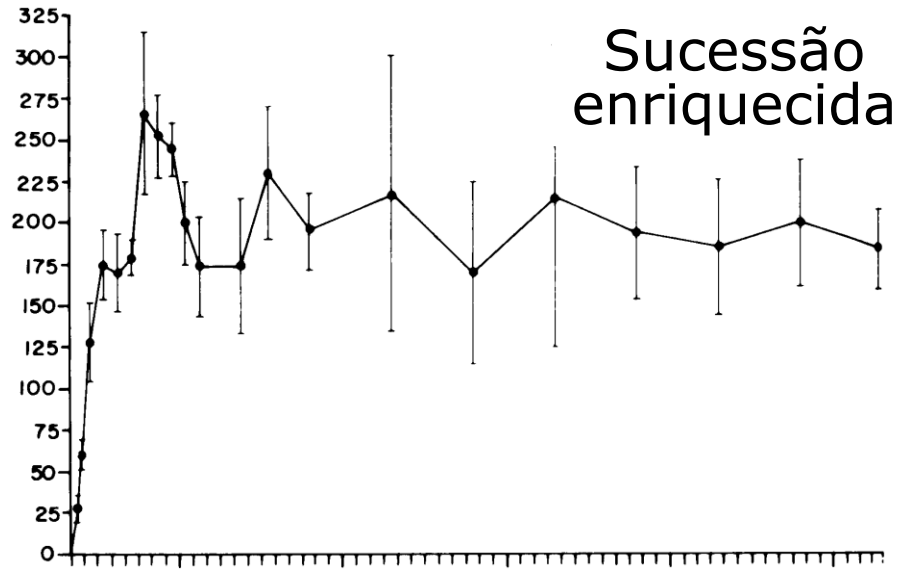
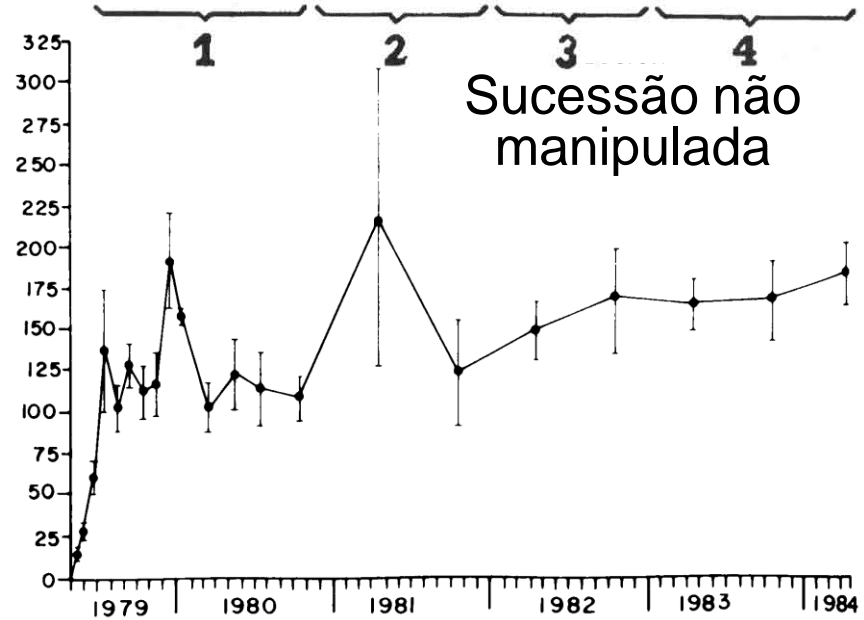


Biomassa de raízes finas em solo superficial [ $\text{g m}^{-2}$ ]



# Biomassa vegetal como sumidouro de nutrientes

Berish & Ewel 1988 *Plant & Soil* **106**:73





# Autoregulação e controle biológico de pragas

## Diversificação geral:

⇒ Herbívoros ↓

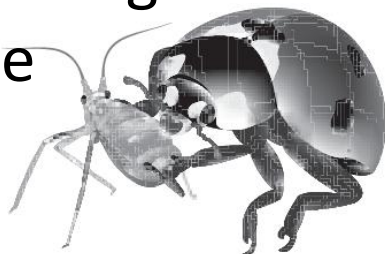
⇒ Inimigos naturais ↑

⇒ Especialização ↑

## Estimulação direta



## Aplicação de agentes de controle biológico

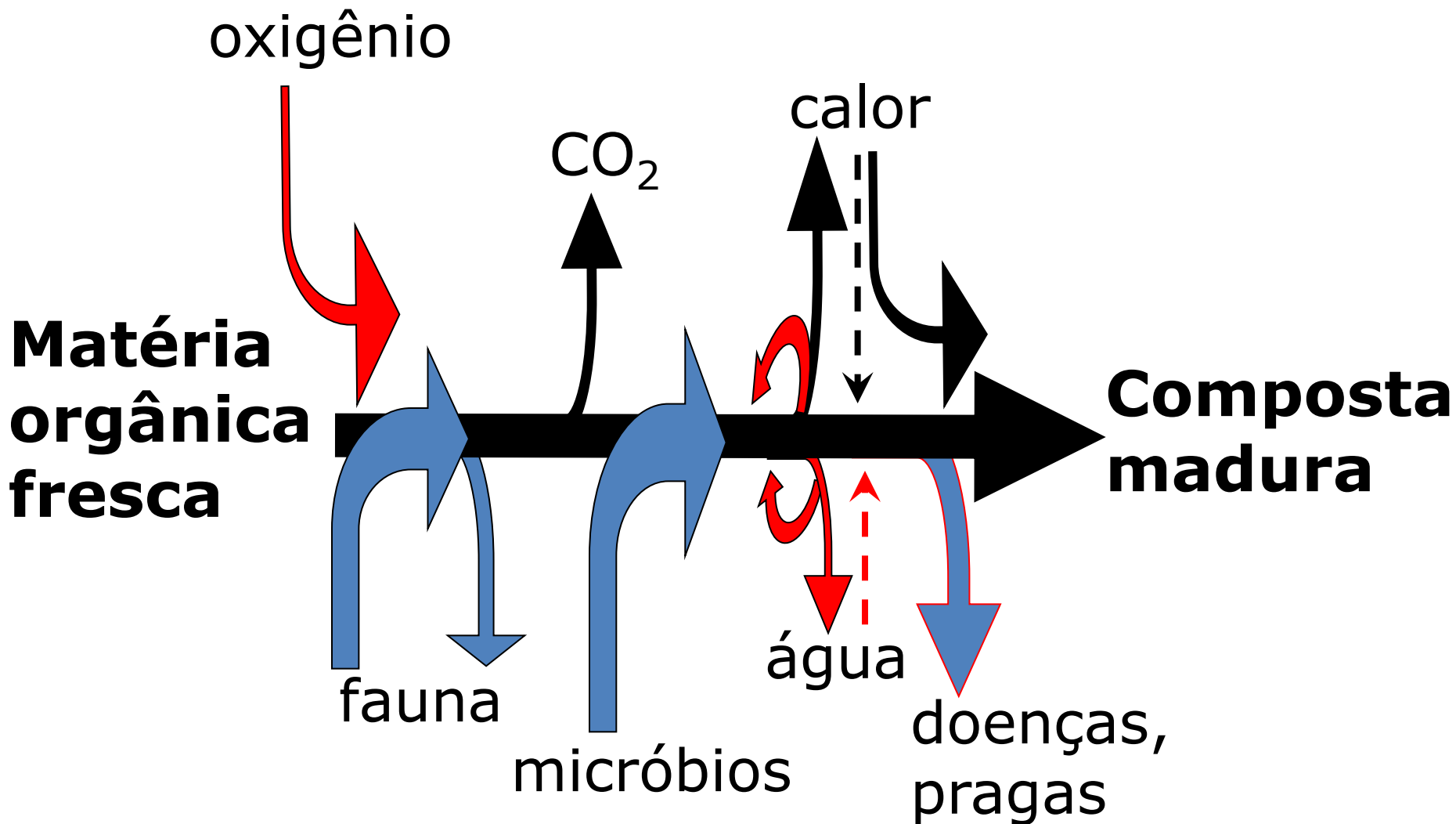


Densidad de población de las especies de artrópodos en policultivos comparada con un monocultivo <sup>a</sup>				
	Variable <sup>b</sup>	Mayor	Sin cambio	Menor
Herviboros	58 (20,2)	44 (15,3)	36 (12,5)	149 (51,9)
Monófagos	42 (19,1)	17 (7,7)	31 (14,1)	130 (59,1)
Polífagos	16 (23,9)	27 (40,3)	5 (7,5)	19 (28,4)
Enemigos naturales	33 (25,9)	68 (52,7)	17 (13,2)	12 (9,3)
Depredadores	27 (30,3)	38 (42,7)	14 (15,7)	11 (12,4)
Parasitoides	6 (15,0)	30 (75,0)	3 (7,5)	1 (2,5)

<sup>a</sup> Porcentaje del número total de especies en paréntesis.  
<sup>b</sup> Una respuesta variable significa que la especie de artrópodo no tuvo una densidad de población mayor o menor consistentemente en el policultivos comparada con el monocultivos cuando la respuesta de la especie fue estudiada varias veces.

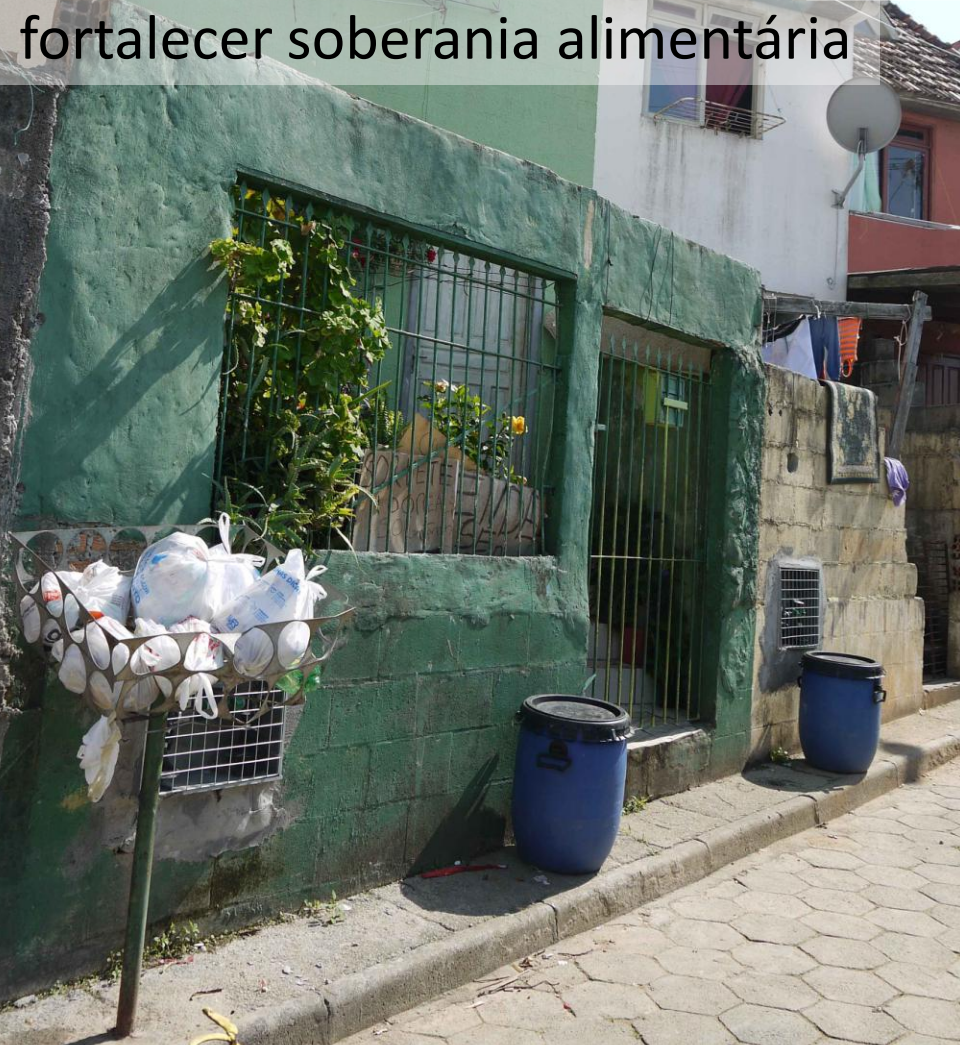
**Fonte: Altieri & Nicholls (2010) SOCLA**

# Compostagem: converter resíduo nocivo em recurso para aumentar matéria orgânica e regular pragas e doenças



Humidade e oxigênio precisam chegar a todos microsítios dentro da composta para assegurar eliminação confiável de patógenos

Compostagem: trabalho participativo com comunidades urbanas onde lixo orgânico atrai ratos, para convertê-lo em condicionador de solos para fortalecer soberania alimentária



Compostagem: trabalho participativo com comunidades urbanas onde lixo orgânico atrai ratos, para convertê-lo em condicionador de solos para fortalecer soberania alimentária



# Utilizar algas, samambaias, ervas aquáticas “daninhas” como adubo verde ou bioenergia



# Amortecimento de fluxos hídricos

Captura, armazenamento e liberação de água

- Aumentar taxa de infiltração
- Alentar fluxo de escoamento superficial
- Armazenar água no solo, em biomassa e em açudes

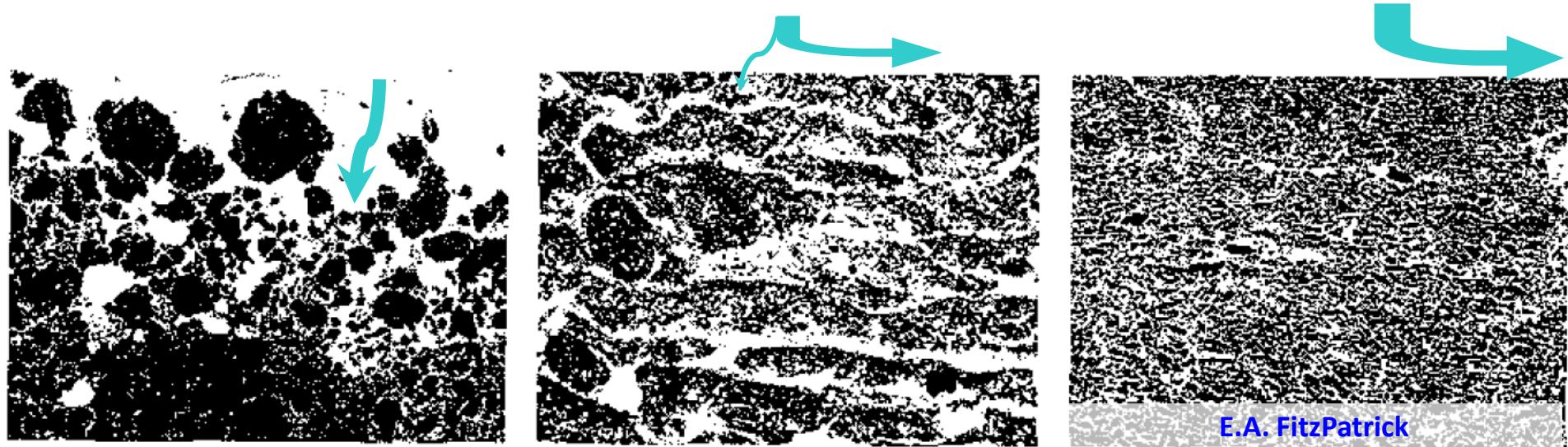
# Funções físicas e hidrológicas do solo dependem da estruturação biológica

Agregação das partículas cria:

**Grandes poros** facilitam infiltração e drenagem de chuva, aeração

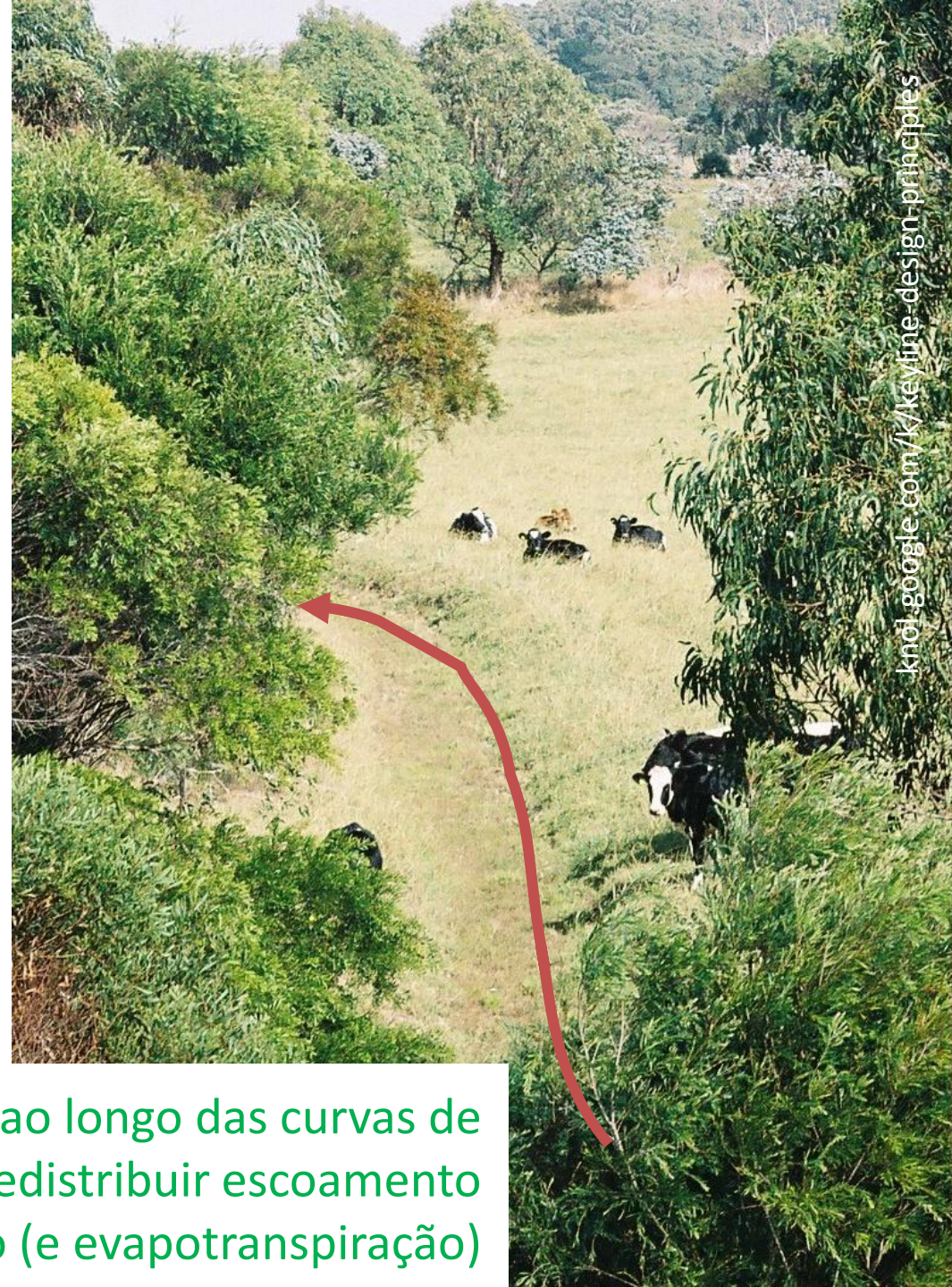
**Pequenos poros** absorvem e retêm água em secas,

**Agregados de todos tamanhos** facilitam crescimento de raízes, movimentação de micróbios, controle de erosão do solo, etc



Susceptível a: compactação por gado/maquinária, adubo inorgânicos, falta de adubo orgânico, insecticidas y fungicidas

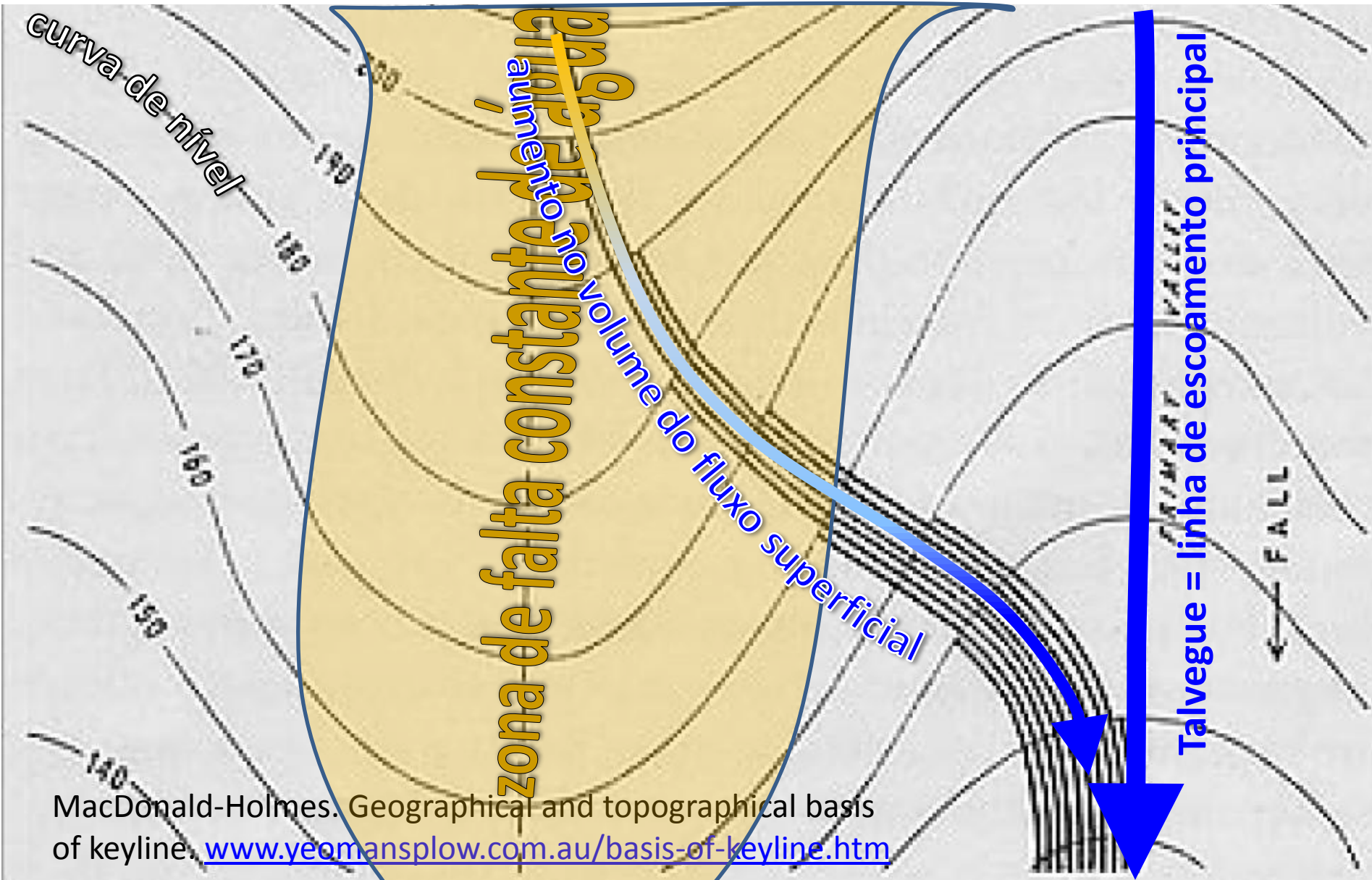
Mitigar extremos nos fluxos hídricos para minimizar perdas do recurso água e sua capacidade destrutiva pela erosão do solo, sedimentação nos cursos da água, inundações, etc



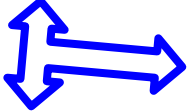

Linhas de vegetação perene útil ao longo das curvas de nível para desacelerar e redistribuir escoamento superficial e aumentar a infiltração (e evapotranspiração)

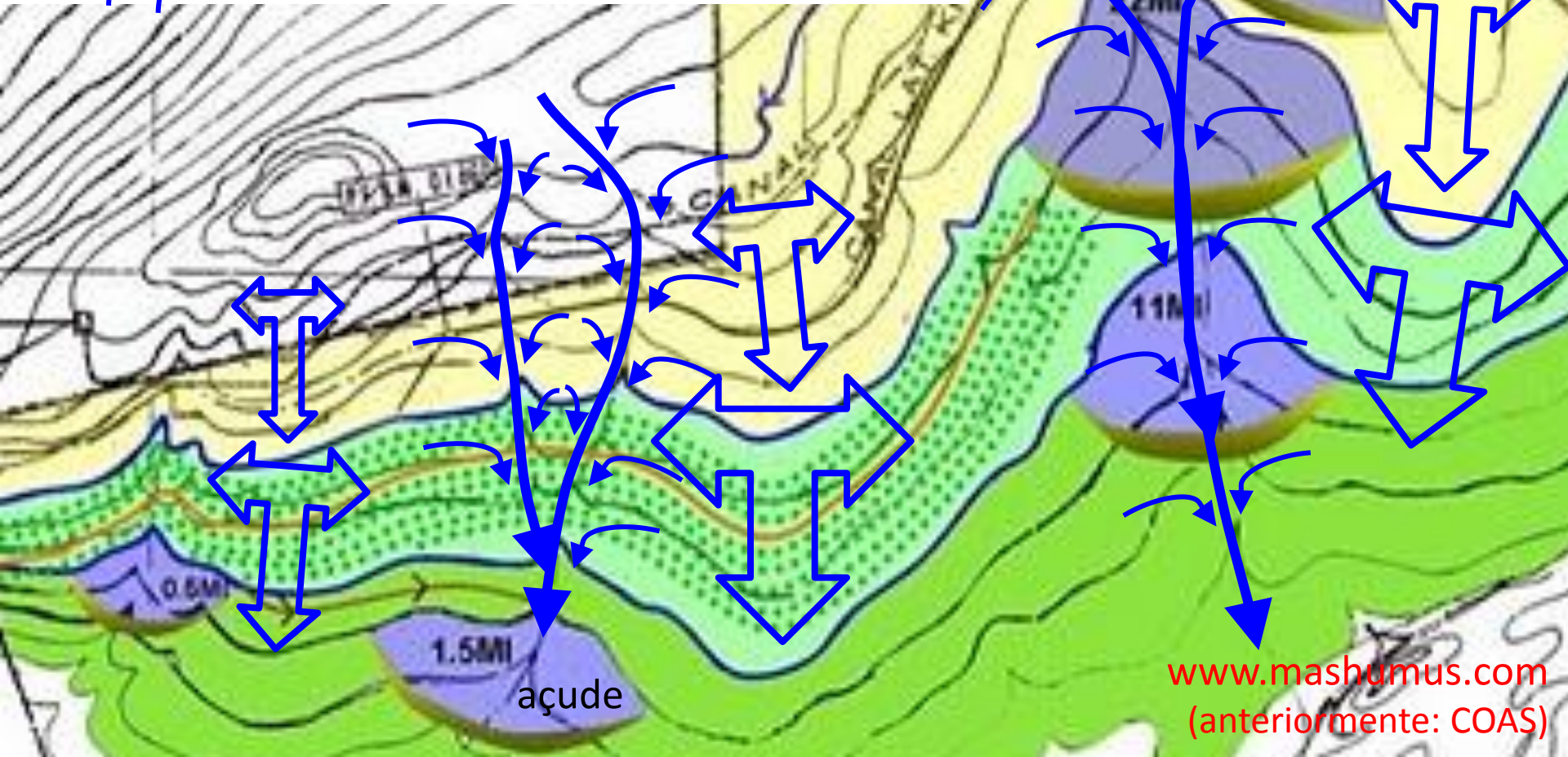


# Padrões espaciais de perda e redistribuição de escoamento superficial da água em encostas



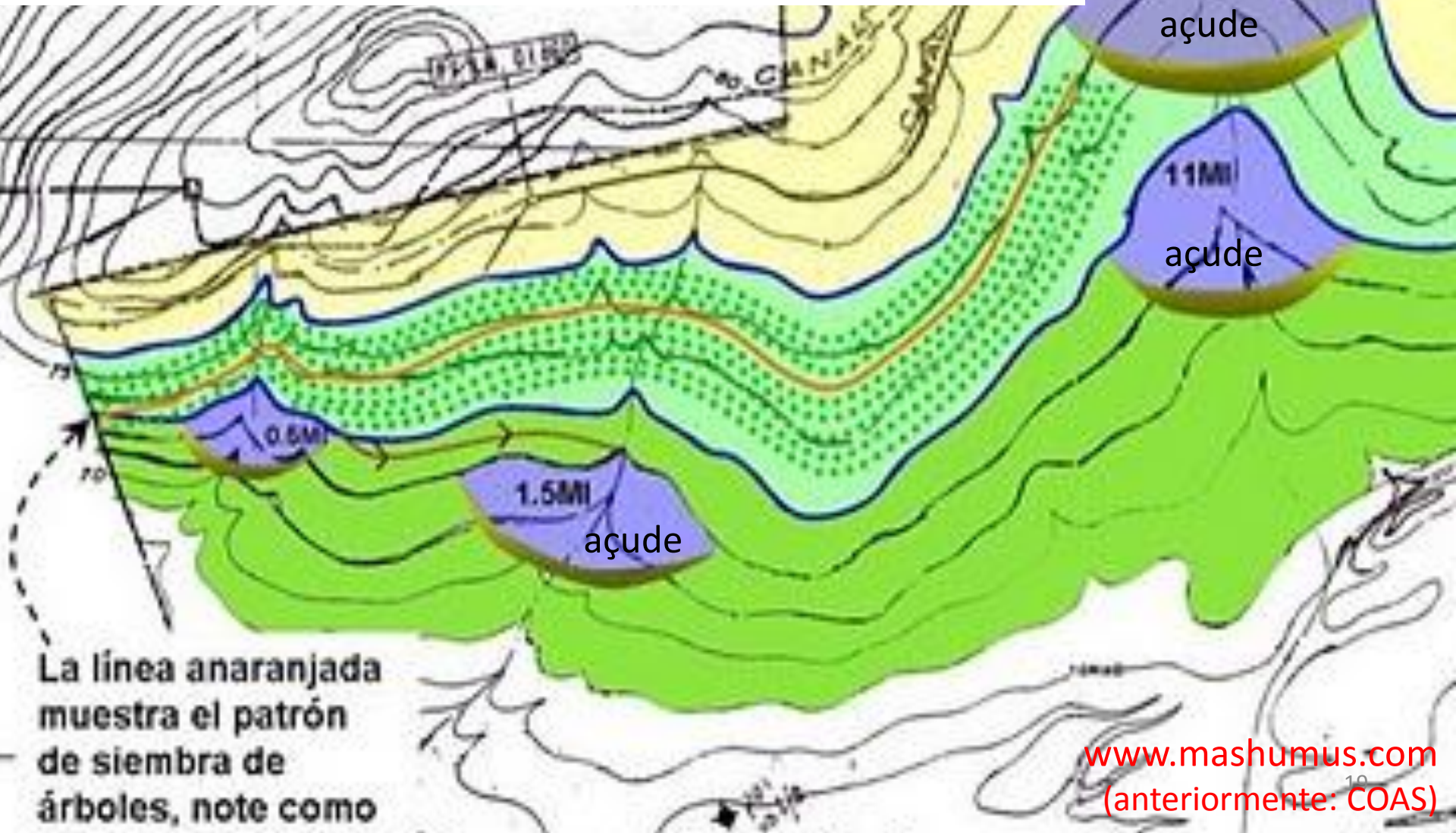
# Concentração natural de água pluvial nos talvegues (escoamento superficial e fluxo lateral no solo):

-  Zonas de perda de água
-  Zonas de concentração



# Amortecimiento de fluxos hídricos com Planejamento Hidrológico “Linha Chave”

Linhas pretas = curvas de nível



# Planeamento hidrológico para inverter redistribuição natural de água:

**—** Linha de árvores de referência  
(não exatamente paralela às curvas de nível:  
sobe nas vertentes e baixa nos divisores de água)

**⋯** Padrão de linhas de árvores

**- - ->** Redireção de água pluvial

**⋯ - - ->** Irrigação por valetas (por gravidade)

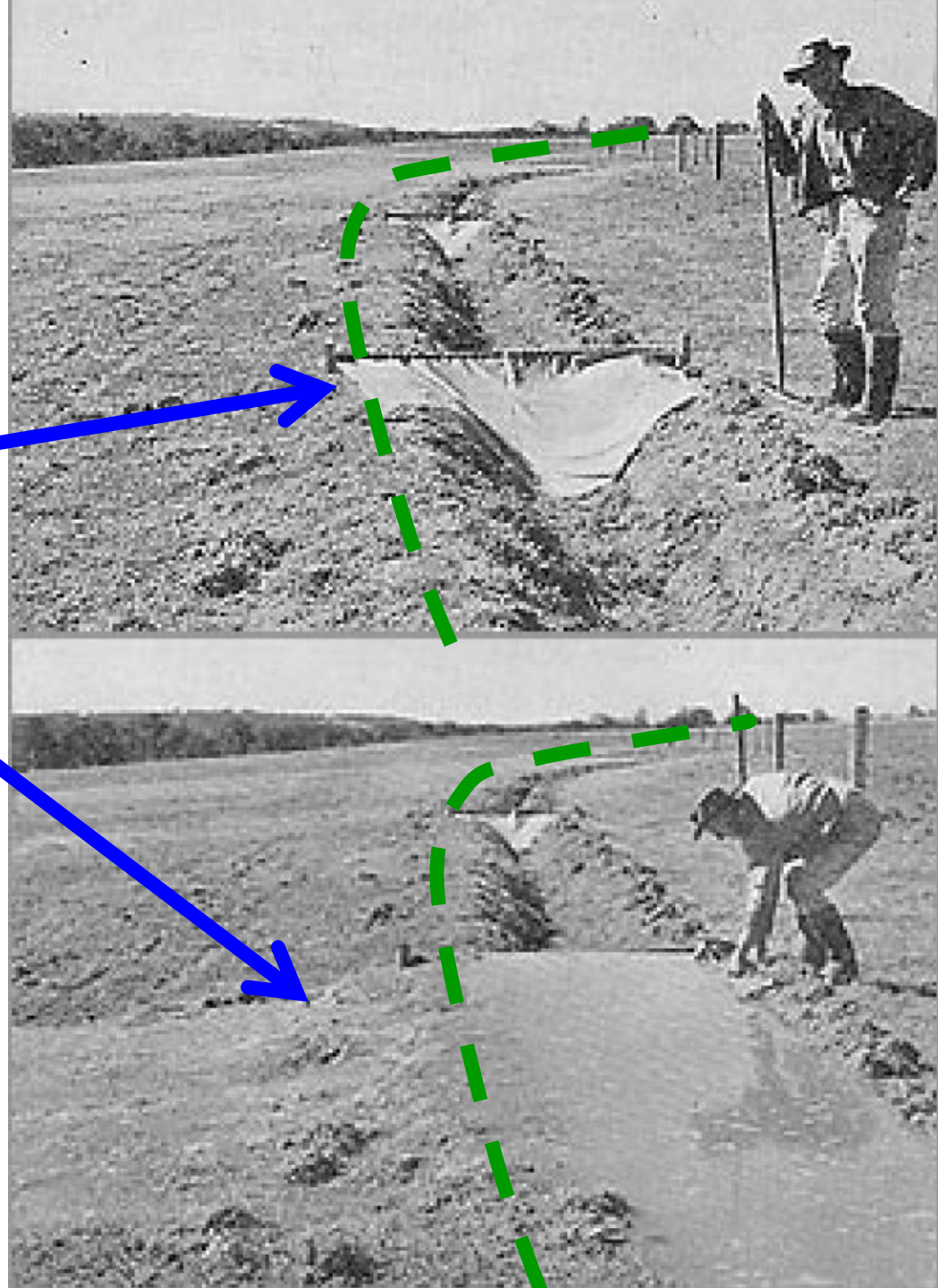


# Planejamento Hidrológico “Linha Chave”

Estruturas leves e móveis para distribuir água das valetas para os campos a serem irrigados

...mas falta proteger as valetas com vegetação perene (útil)

MacDonald-Holmes. Geographical and topographical basis of keyline.  
[www.yeomansplow.com.au/basis-of-keyline.htm](http://www.yeomansplow.com.au/basis-of-keyline.htm)



# Planejamento Hidrológico “Linha Chave”

Desacelerar e  
redirecionar vazão  
superficial desde  
zonas de excesso  
(talvegue) para  
zonas de falta  
(crestas/cumes)

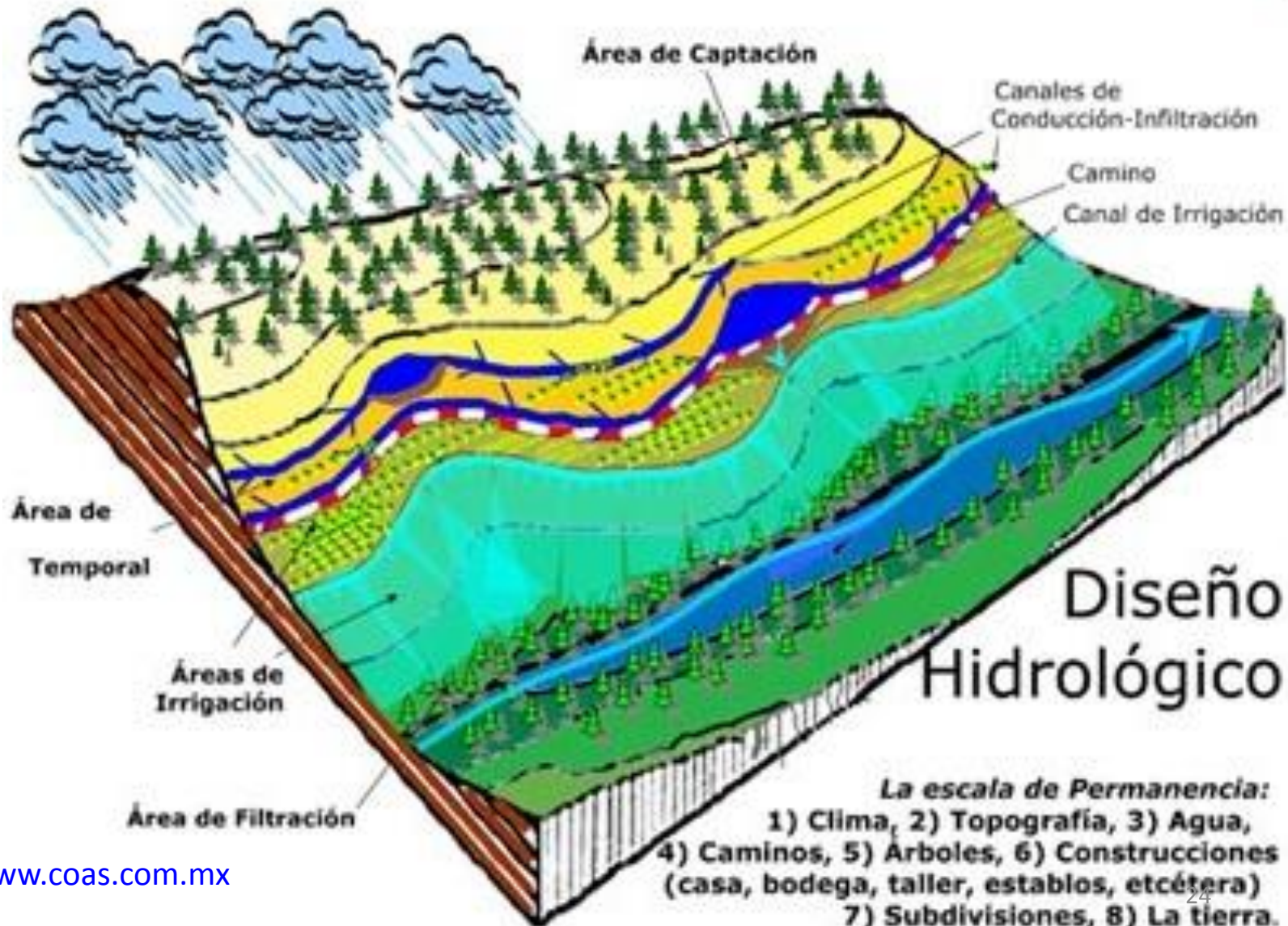




MacDonald-Holmes. Geographical and topographical basis of keyline. [www.yeomansplow.com.au/basis-of-keyline.htm](http://www.yeomansplow.com.au/basis-of-keyline.htm)

# Amortecimiento de fluxos hídricos

Captura, almacenamiento e liberación de água

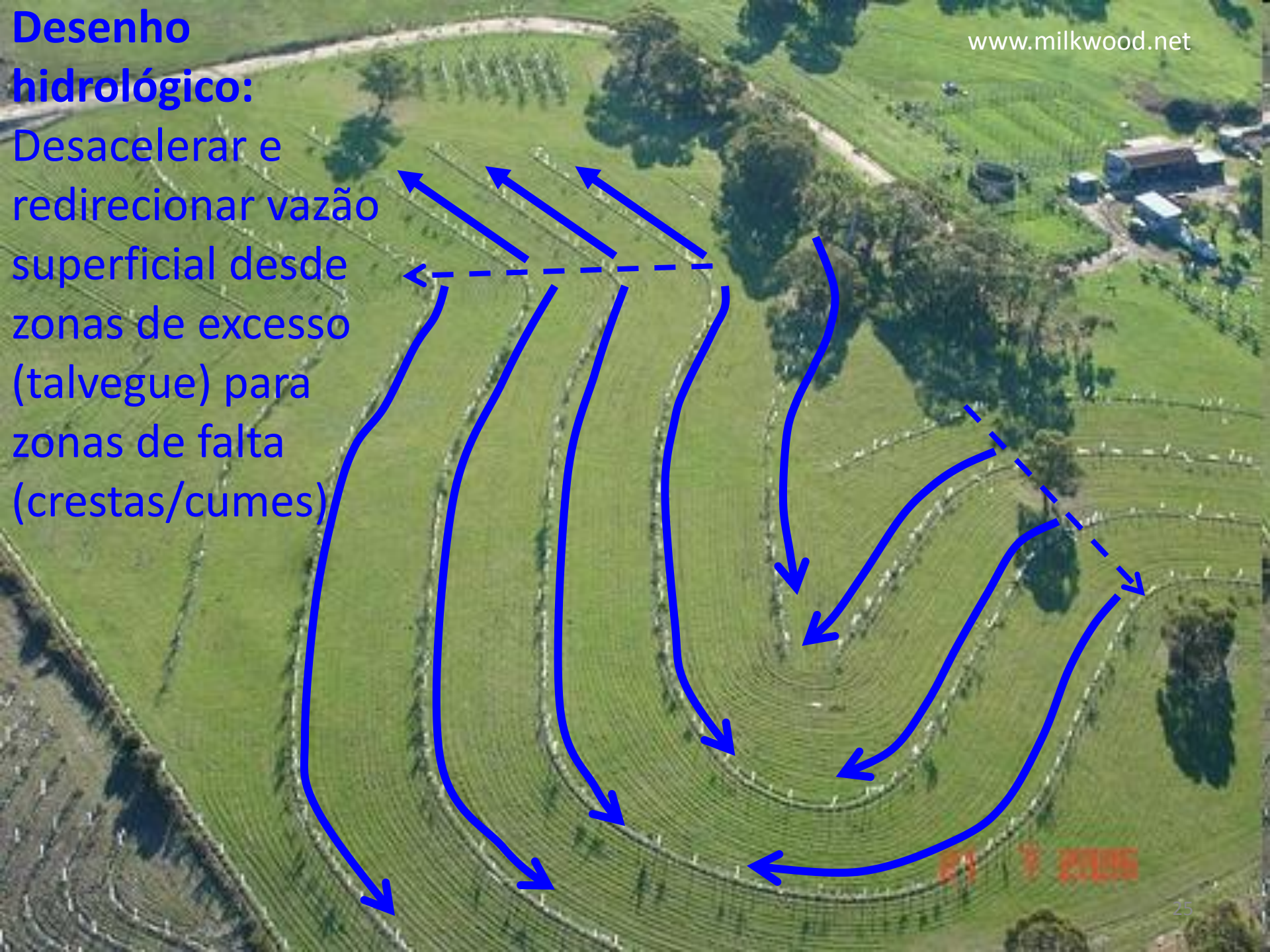









# Desenho

## hidrológico:

Desacelerar e redirecionar vazão superficial desde zonas de excesso (talvegue) para zonas de falta (crestas/cumes)



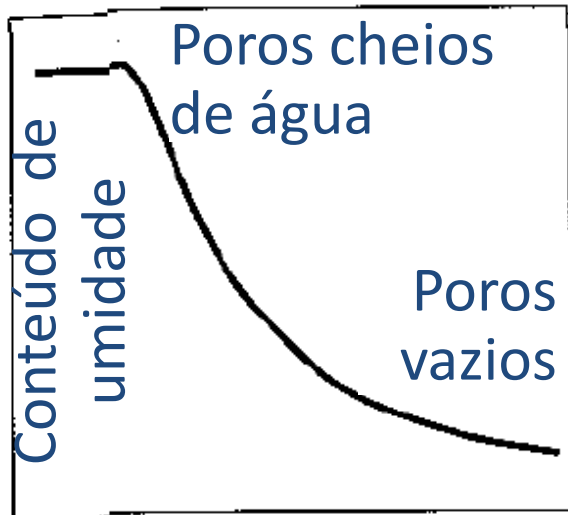


Qualidade Estrutural	Tamanho e aparência dos agregados	Porosidade visível e raízes	Aparência depois do manuseio: vários solos	Aparência depois do manuseio: mesmo solo diferentes manejos	Característica distintiva	Aparência e descrição de agregados naturais ou fragmento reduzido de ~ 1,5 cm de diâmetro
<p><b>Qe1 Friável</b></p> <p>Agregados quebram facilmente com os dedos</p>	<p>Maioria &lt; 6 mm após a quebra</p>	<p>Alta porosidade</p> <p>Raízes por todo solo</p>			 <p>Agregados pequenos</p>	 <p>A ação de quebrar o bloco é suficiente para revelá-los. Agregados grandes são compostos por agregados menores, presos pelas raízes.</p>
<p><b>Qe2 Intacto</b></p> <p>Agregados quebram facilmente com uma mão</p>	<p>Uma mistura de agregados porosos e redondos entre 2 mm – 7 cm</p> <p>Sem presença de torrões</p>	<p>Maioria dos agregados são porosos</p> <p>Raízes por todo solo</p>			 <p>Agregados altamente porosos</p>	 <p>Agregados quando obtidos são redondos, muito frágeis, despedaçam muito facilmente e são altamente porosos.</p>
<p><b>Qe3 Firme</b></p> <p>Maioria dos agregados quebram com uma mão</p>	<p>Uma mistura de agregados porosos entre 2mm -10 cm; menos de 30% são &lt;1 cm. Alguns torrões angulares não porosos podem estar presentes</p>	<p>Macroporos e fissuras presentes</p> <p>Porosidade e raízes: ambas dentro dos agregados</p>			 <p>Agregados com baixa porosidade</p>	 <p>Fragmentos de agregados são razoavelmente fáceis de serem obtidos. Apresentam poucos poros e são arredondados. Raízes geralmente crescem através dos agregados.</p>
<p><b>Qe4 Compacto</b></p> <p>Quebrar agregados com uma mão requer esforço considerável</p>	<p>Maioria &gt; 10 cm e são sub-angulares não porosos; possibilidade de horizontalização; menos que 30% são &lt;7 cm</p>	<p>Poucos macroporos e fissuras</p> <p>Raízes agrupadas em macroporos e ao redor dos agregados</p>			 <p>Macroporos bem distintos</p>	 <p>Fragmentos de agregados são fáceis de serem obtidos quando o solo está úmido, em forma de cubo muito angulosos e pontudos e apresentam fissuras internamente.</p>
<p><b>Qs5 Muito compacto</b></p> <p>Difícil quebra</p>	<p>Maioria são maiores que &gt; 10 cm, muito poucos &lt; 7 cm, angular e não poroso</p>	<p>Porosidade muito baixa.</p> <p>Macroporos podem estar presentes. Pode conter zonas anaeróbicas</p> <p>Poucas raízes e restritas a fissuras</p>			 <p>Cor azul-acinzentada</p>	 <p>Fragmentos de agregados são fáceis de serem obtidos quando o solo está úmido, no entanto, considerável força é necessária. Geralmente não apresentam poros ou fissuras.</p>

# Conservação in situ de agrobiodiversidade: Solo como hábitat para micróbios

A estruturação do solo tem influência crucial sobre a distribuição dos tamanhos de poros e sua conectividade

Curva de drenagem do solo

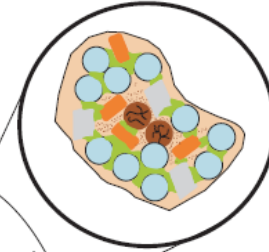
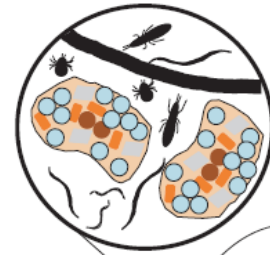
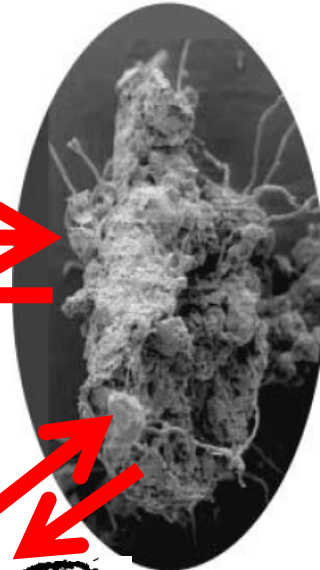


Difusão de gases	Condutividade hidráulica	Atividade microbiana aeróbica	Crescimento de raízes
<1cm d <sup>-1</sup>	10 <sup>-6</sup> m s <sup>-1</sup>	baixa	pobre
aumenta ↓ aeração	baixa fluxo ↓ de água	alta	máximo
>60cm d <sup>-1</sup>	10 <sup>-9</sup> m s <sup>-1</sup>	baixa	pobre

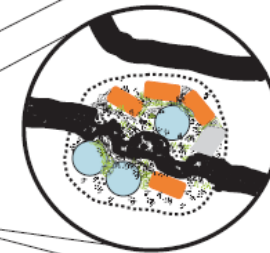
Modificado de: **Young & Ritz (2005)** en Bardgett et al.

***Biological diversity and function in soils.*** Cambridge Univ. Press<sup>28</sup>

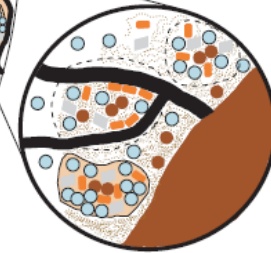
# Agregação do solo: Processo biológico



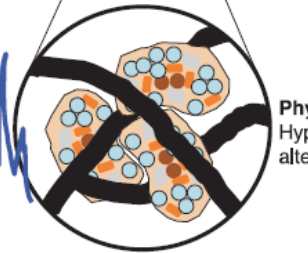
Influência sobre outros micróbios



Liberação de compostos de micélio vivo e morto

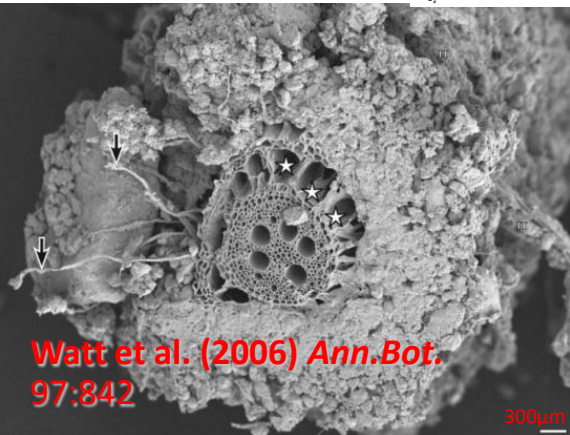


Alinhamento de partículas, exercendo pressão



Micélio enreda partículas, muda regimes hídricos

Modificado de:  
**Rillig & Mummey (2006)**  
*New Phytologist* 171:45



Microagregados 53-250µm

Microagregados <53µm

Argila (<2µm)

Silte/aréia

Partículas de MO

Hifas de fungo

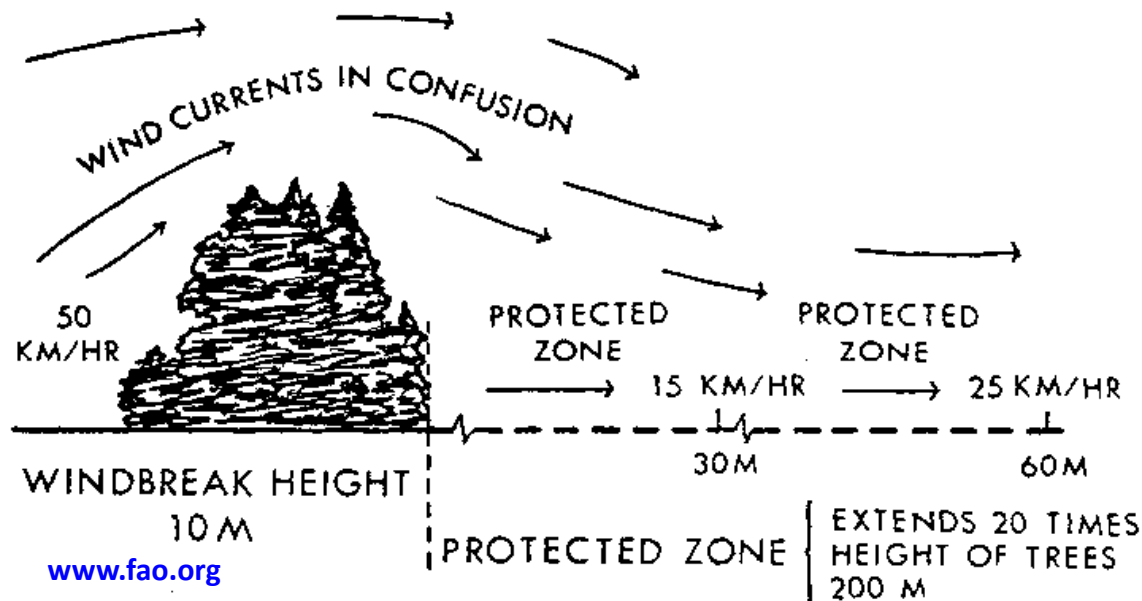
Exudados de raízes

Produtos de micélio

# Mitigação de extremos (micro)climáticos

Reduzir frequência e severidade de extremos de:

- Irradiação na superfície do solo
- Evaporação do solo
- Déficit hídrico atmosférico
- Vento



# Ampliar a biodiversidade aproveitada

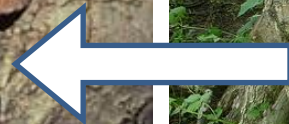
Favorecer e incorporar espécies “menores” com usos benéficos



[www.aftaweb.org](http://www.aftaweb.org)



[ary9.com/tag/shiitake](http://ary9.com/tag/shiitake)



[flordeouro.com](http://flordeouro.com)

Mel de abelhas nativas



*Colinus sp.*

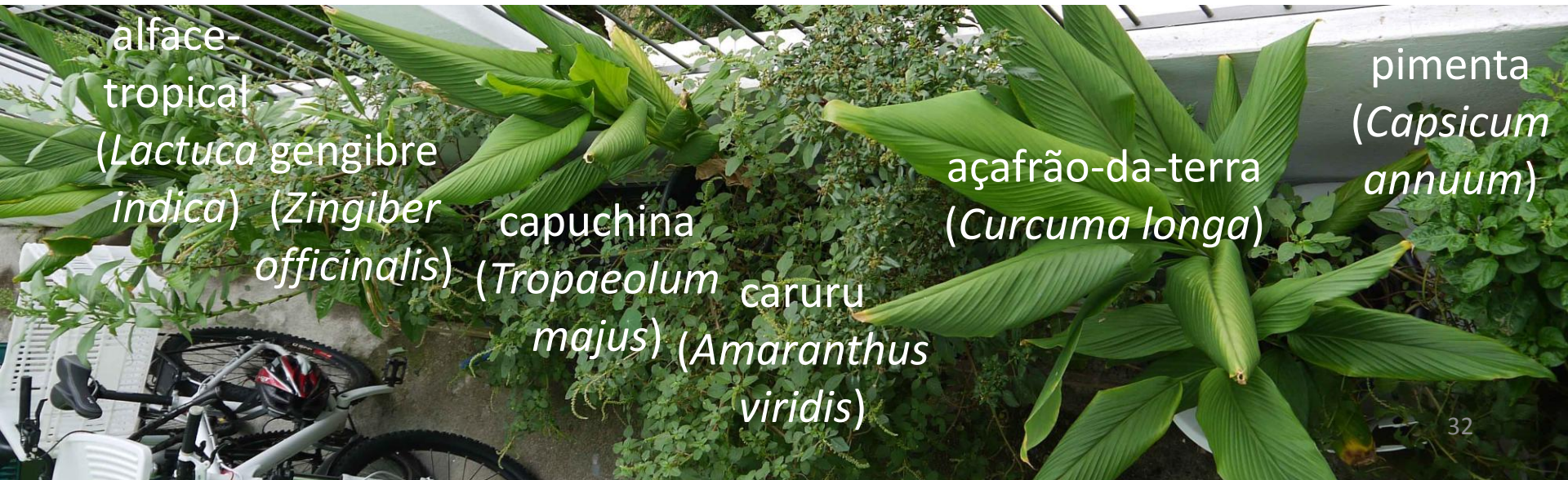
[eatingout.tasteonline.info](http://eatingout.tasteonline.info)



[eatingasia.typepad.com](http://eatingasia.typepad.com)

# Ampliar a biodiversidade aproveitada sem ameaçar sua regeneração

- Diversificar o cultivo e integrar funções de alimento, medicina, recreação e ornamento





# Ampliar a biodiversidade aproveitada sem ameaçar sua regeneração

- Aproveitar espécies consideradas pragas



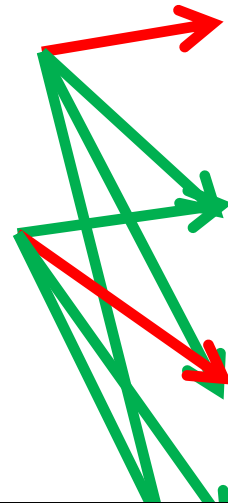
# Conclusão: Realçar Processos Naturais Fundamental para Sucesso da Agroecologia

## Diretrizes no manejo:

- Diversificação funcional
- Continuidade de cobertura viva & morta
- Aumentar matéria orgânica do solo
- Favorecer

## Processos favorecidos:

- Produção contínua, regional, variada
- Fechar ciclos, aumentar captura de nutrientes
- Autoregulação de pragas, doenças



- **Um princípio chave: Práticas de manejo que reforçam múltiplos processos simultaneamente** (efeitos sinérgicos)
- **Porém, algumas práticas reforçam um processo desejável e inibem outro** (*'tradeoff'* ou demandas conflitivas)
- **É importante analisar os processos agroecológicos em conjunto ao nível agroecossistêmico para maior sucesso**