

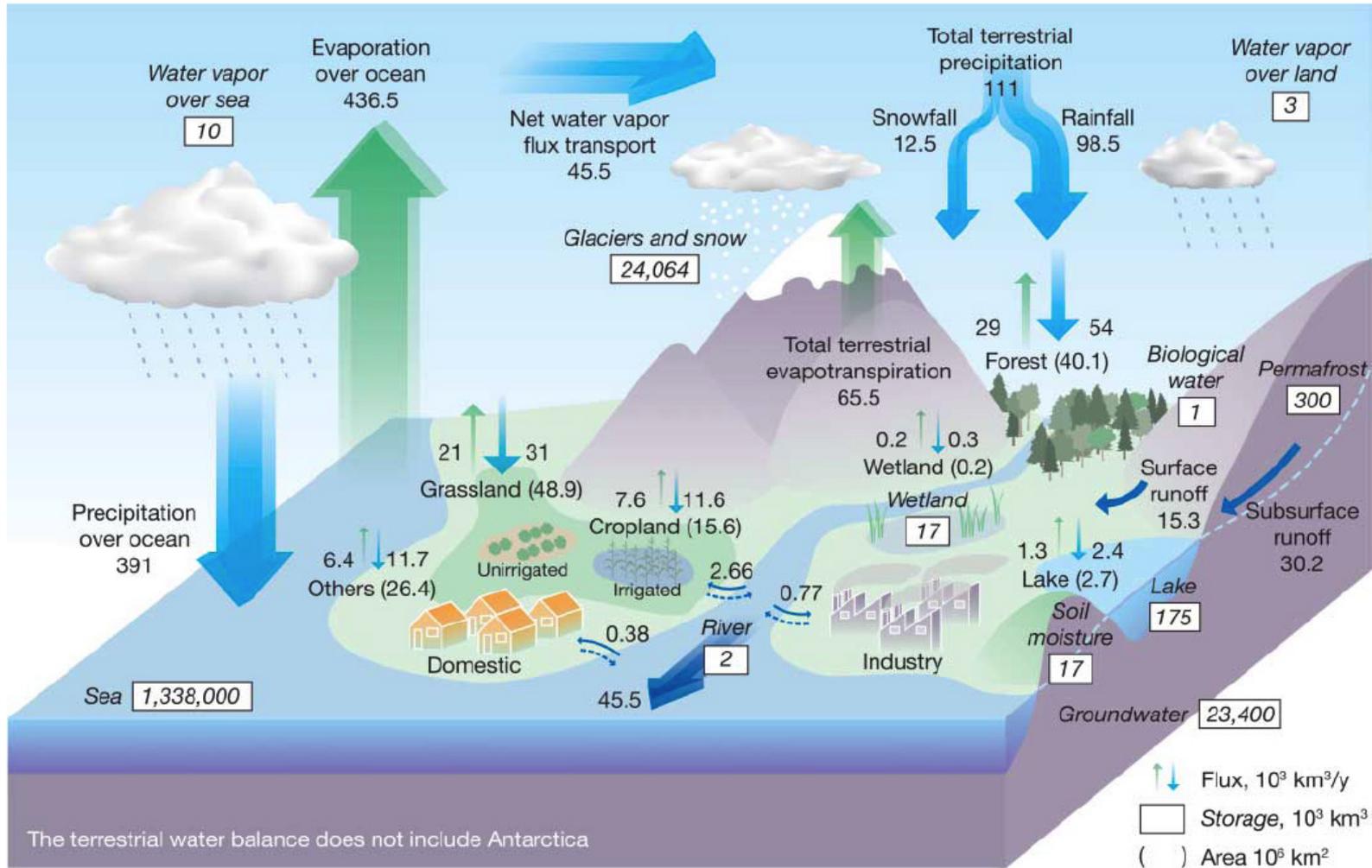
BACIAS HIDROGRÁFICAS

Dinâmica do Sistema Terra 2

LiGEA - 2020

AULA ONLINE MINISTRADA VIA
GOOGLE MEET, DIA 16/10/2020,
DEVIDO A PANDEMIA DE COVID 19

Ciclo hidrológico



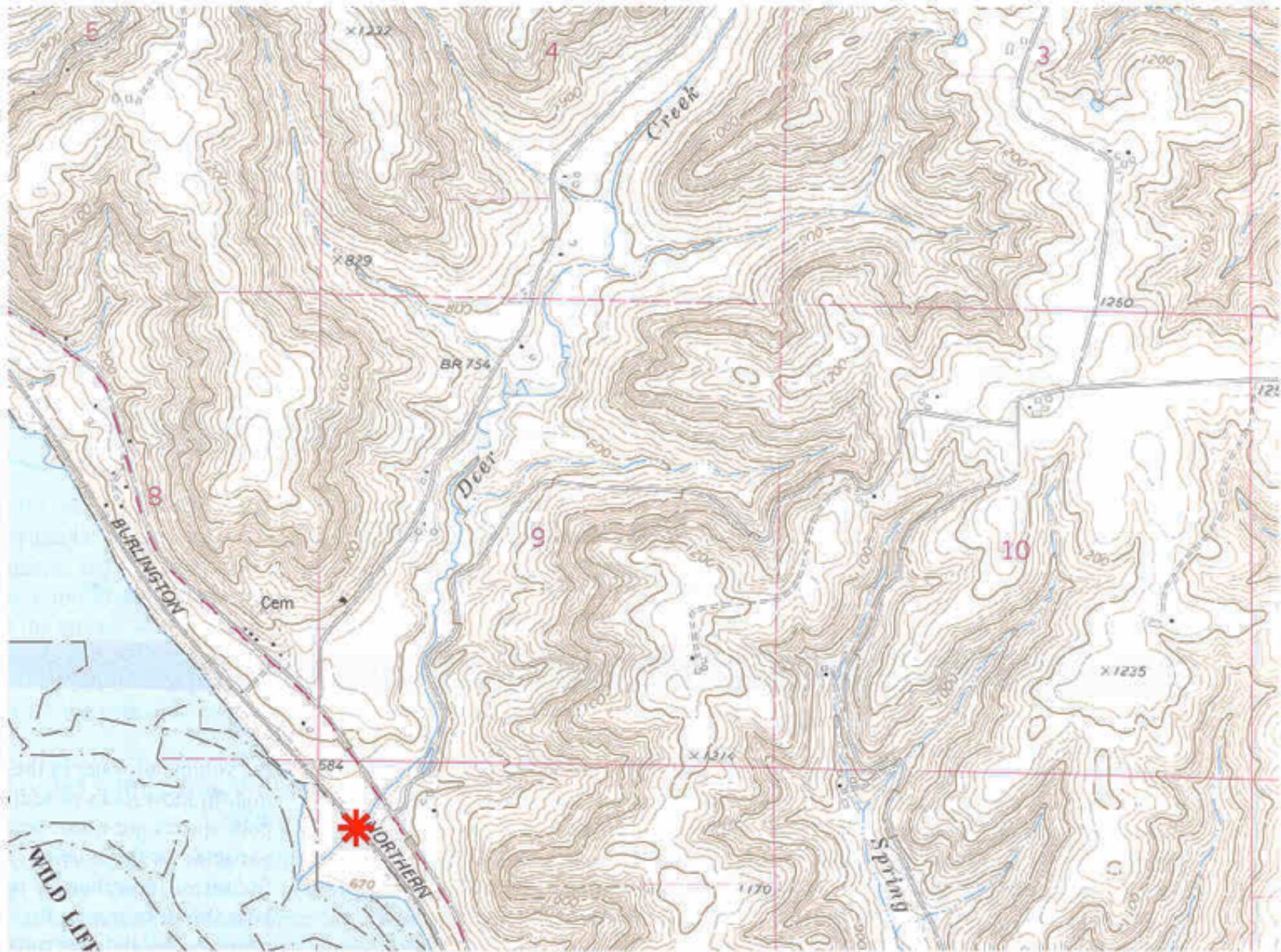
Downloaded from www.sciencemag.c

Fig. 1. Global hydrological fluxes (1000 km³/year) and storages (1000 km³) with natural and anthropogenic cycles are synthesized from various sources (1, 3–5). Big vertical arrows show total annual precipitation and evapotranspiration over land and ocean (1000 km³/year), which include annual

precipitation and evapotranspiration in major landscapes (1000 km³/year) presented by small vertical arrows; parentheses indicate area (million km²). The direct groundwater discharge, which is estimated to be about 10% of total river discharge globally (6), is included in river discharge.

Bacia hidrográfica

- Unidade geográfica para a quantificação do ciclo hidrológico
- Área de captação natural da água da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, seu exutório
- Limites demarcados por divisores topográficos

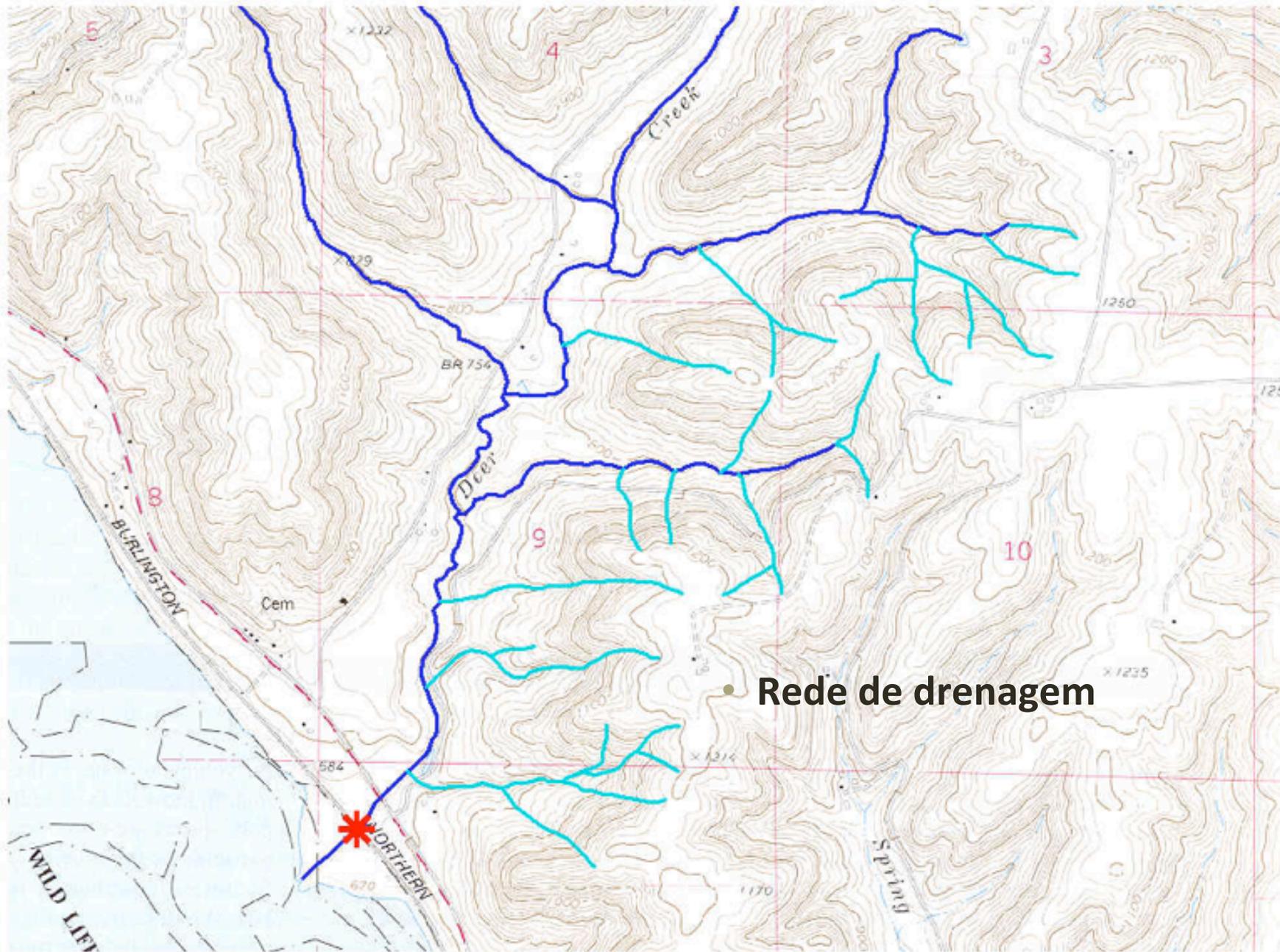


Elementos da bacia hidrográfica





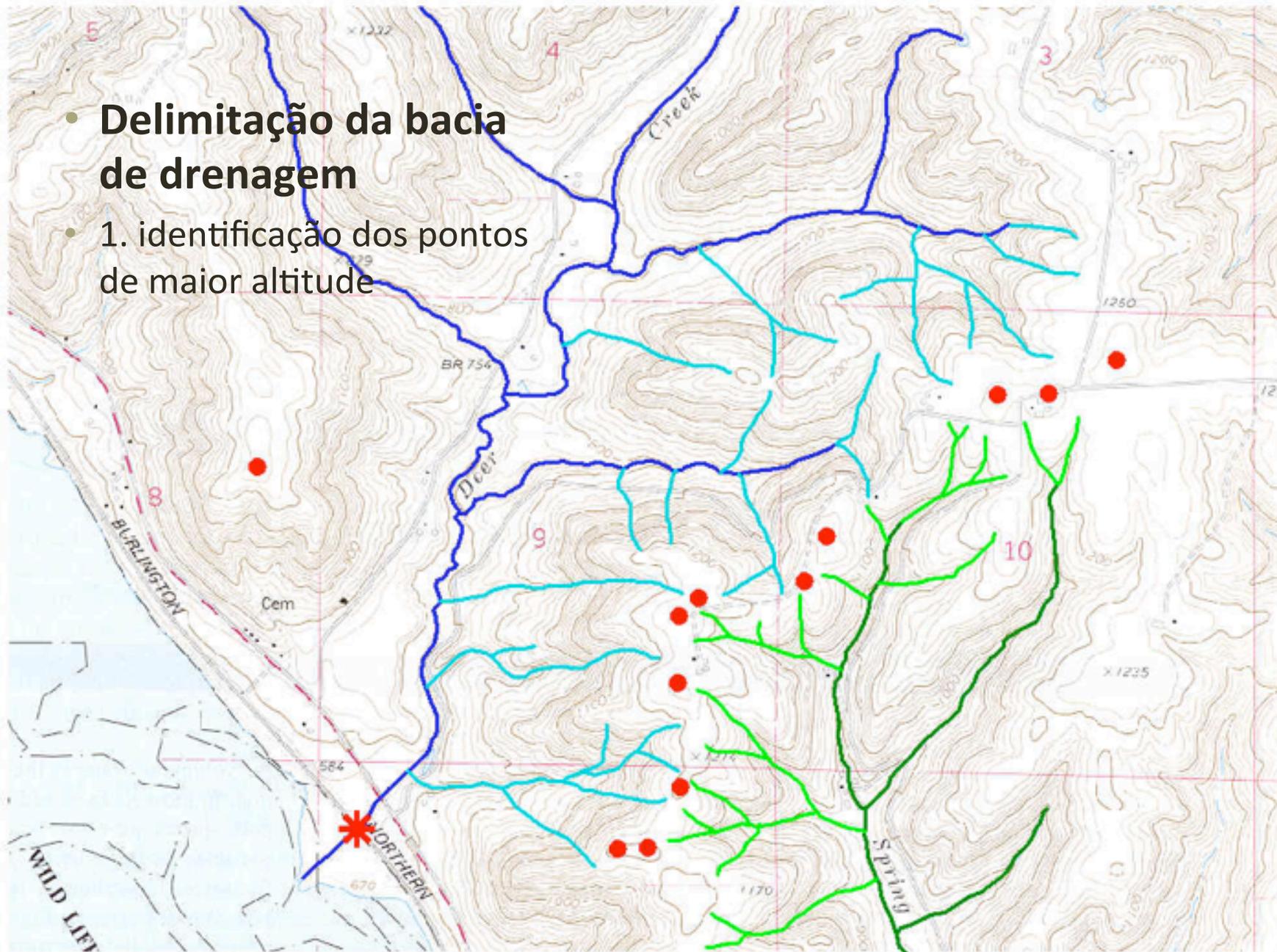
- Rio principal e principais tributários



• Rede de drenagem

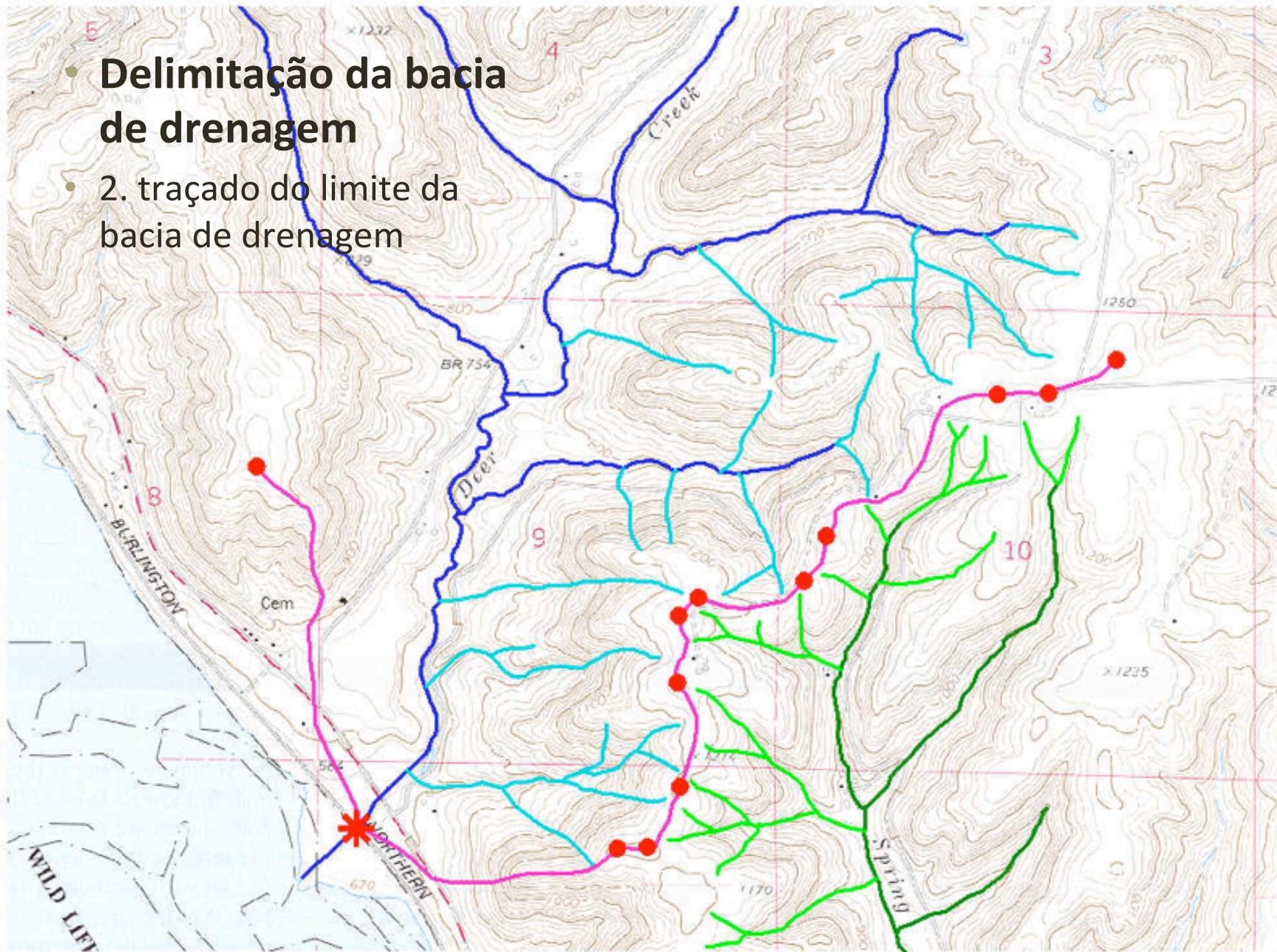
- **Delimitação da bacia de drenagem**

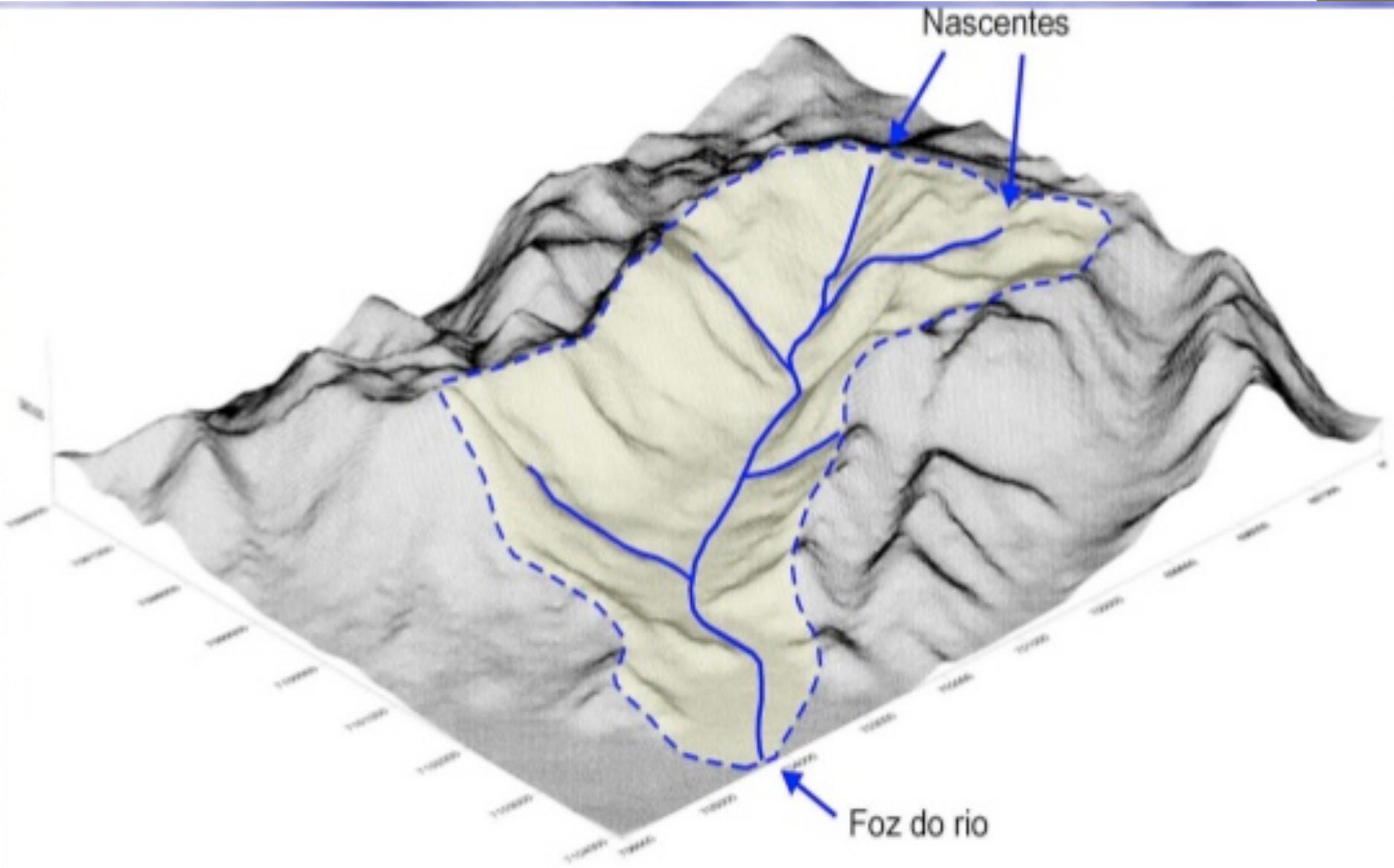
- 1. identificação dos pontos de maior altitude

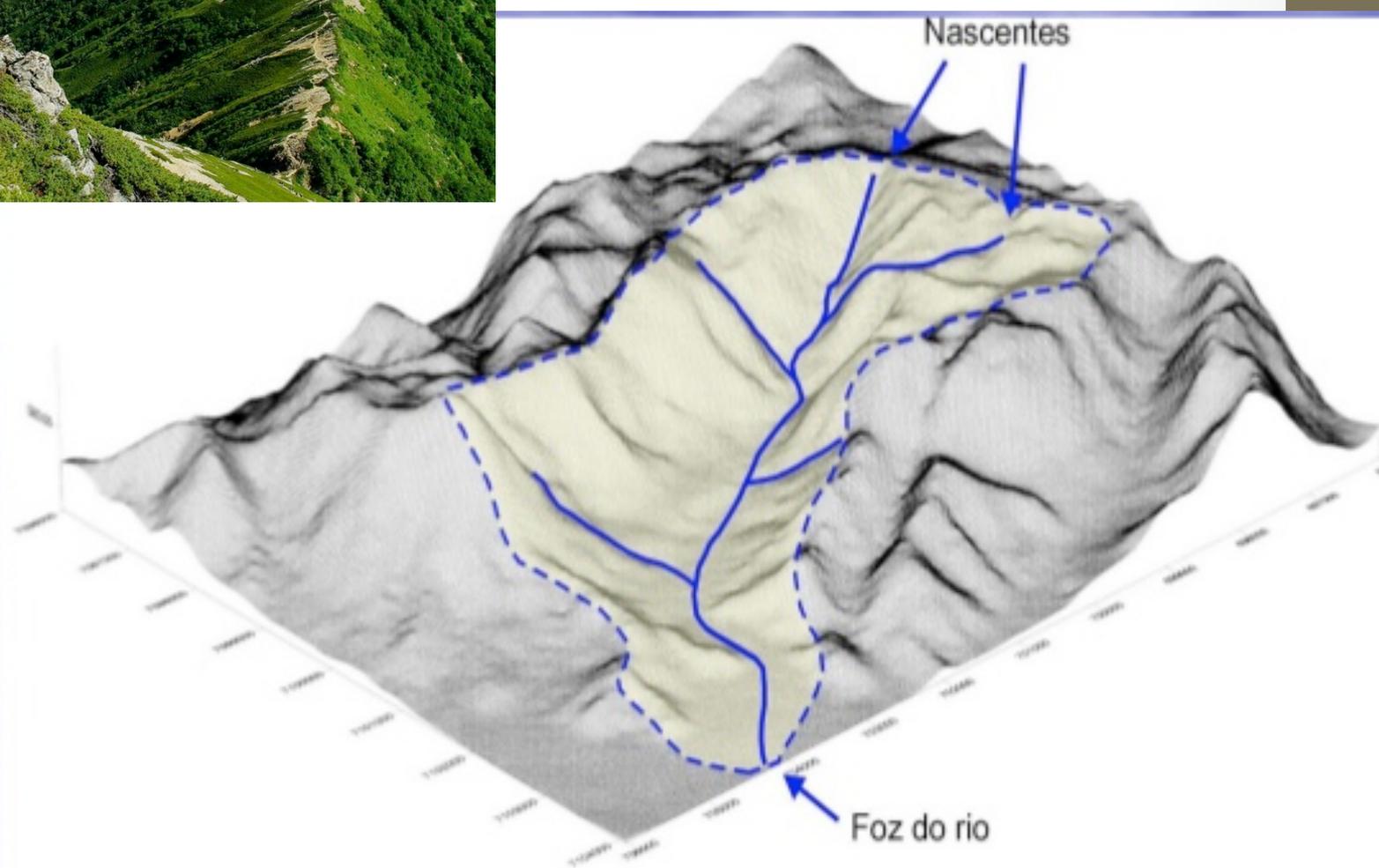


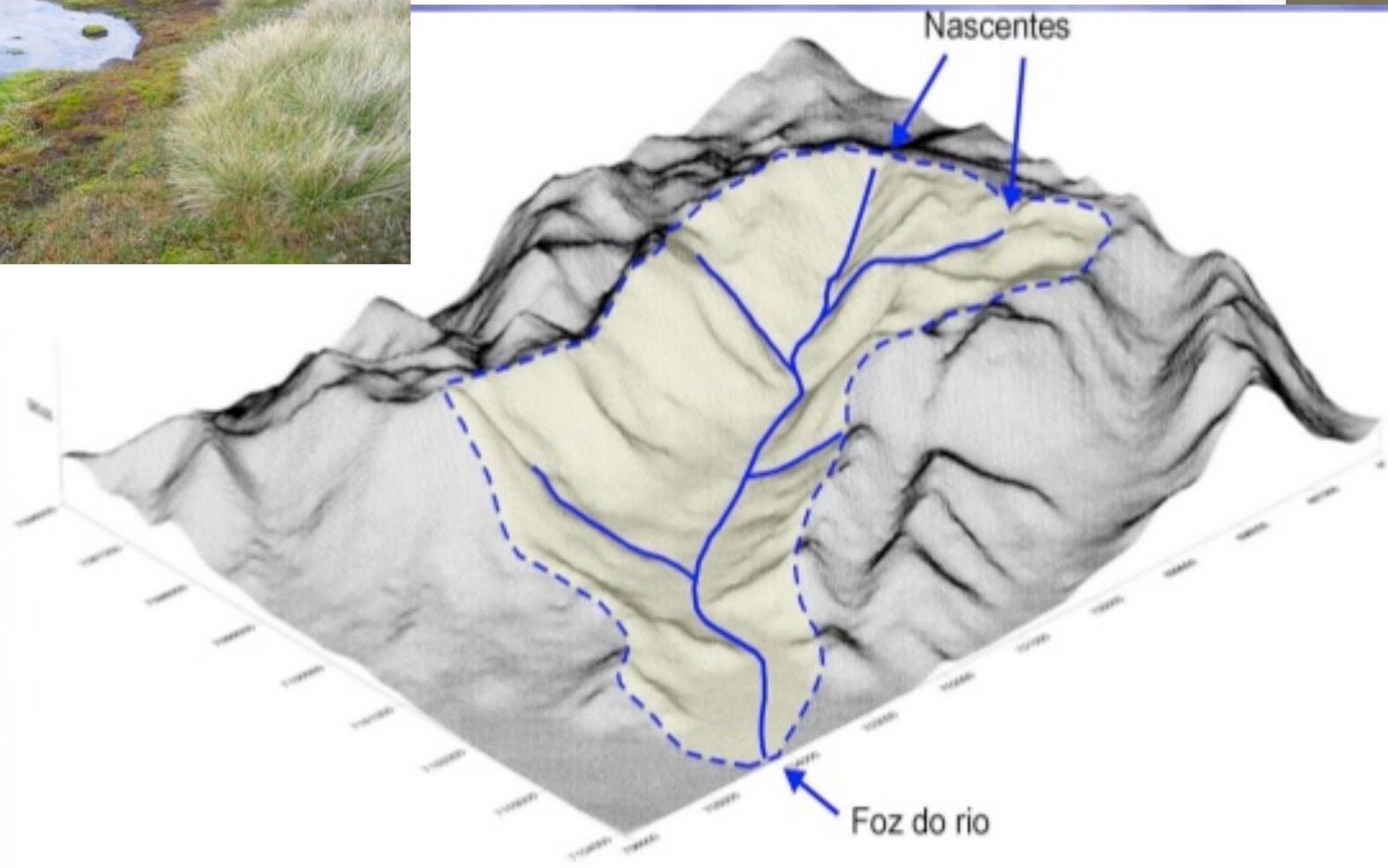
- **Delimitação da bacia de drenagem**

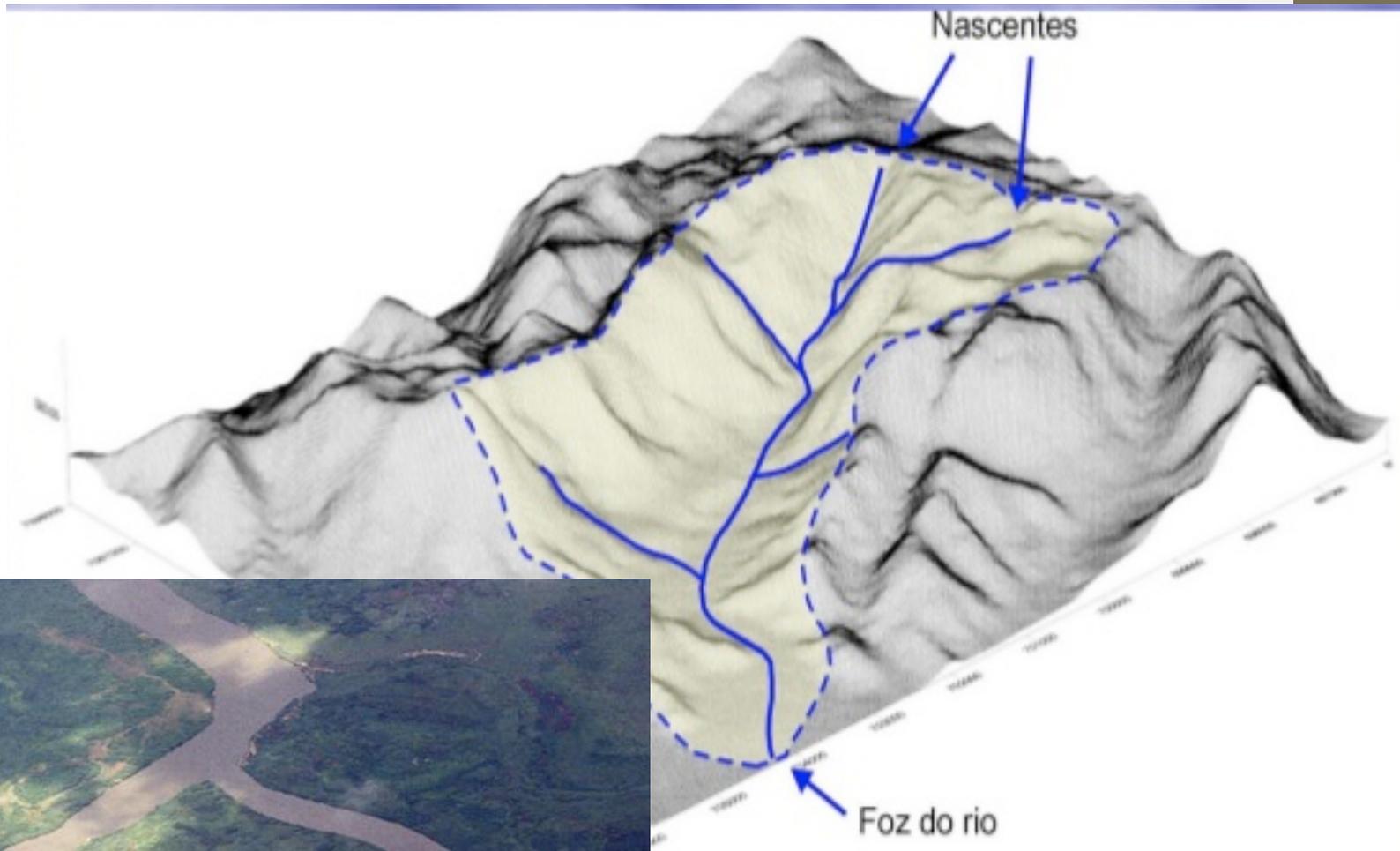
- 2. traçado do limite da bacia de drenagem

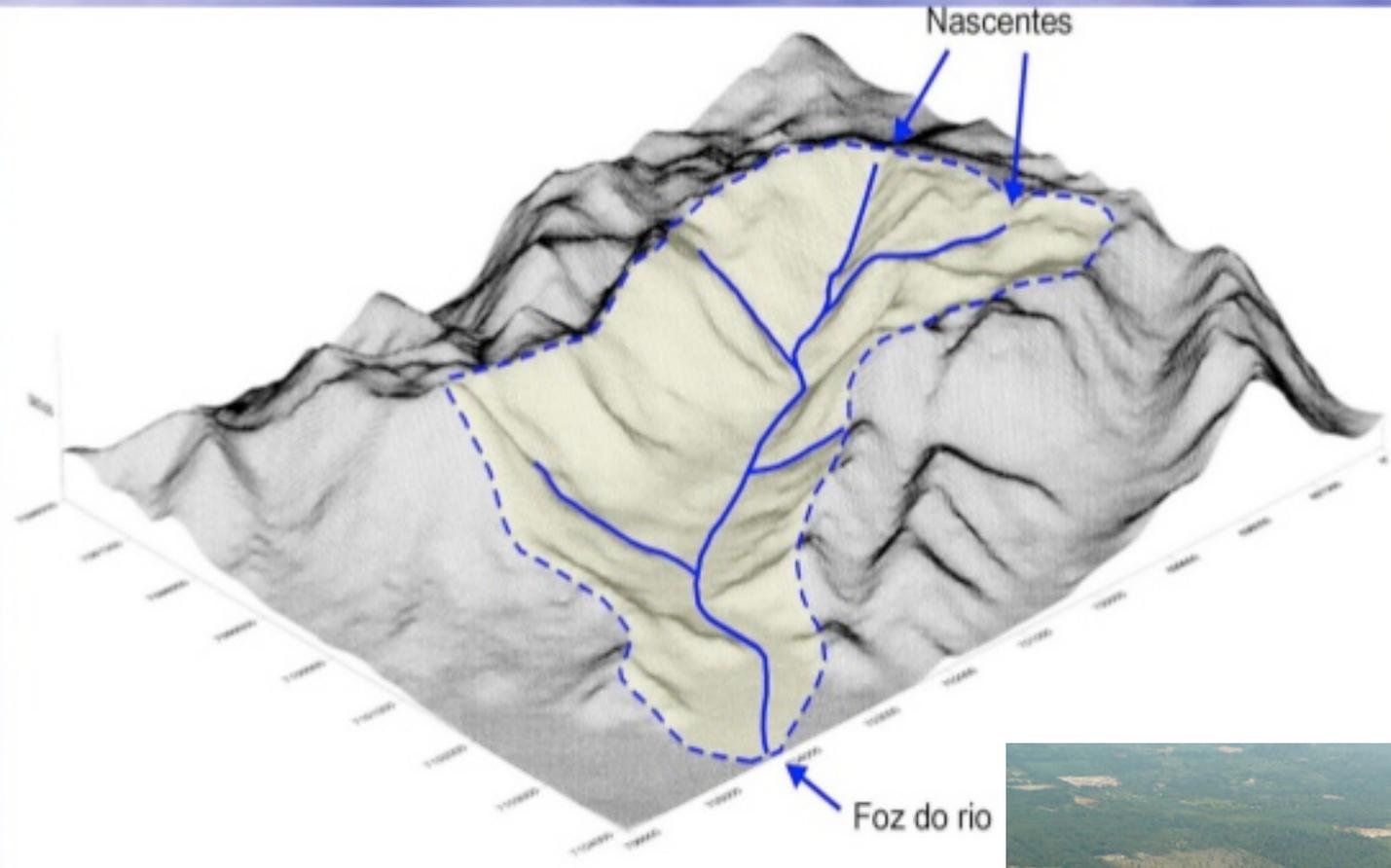


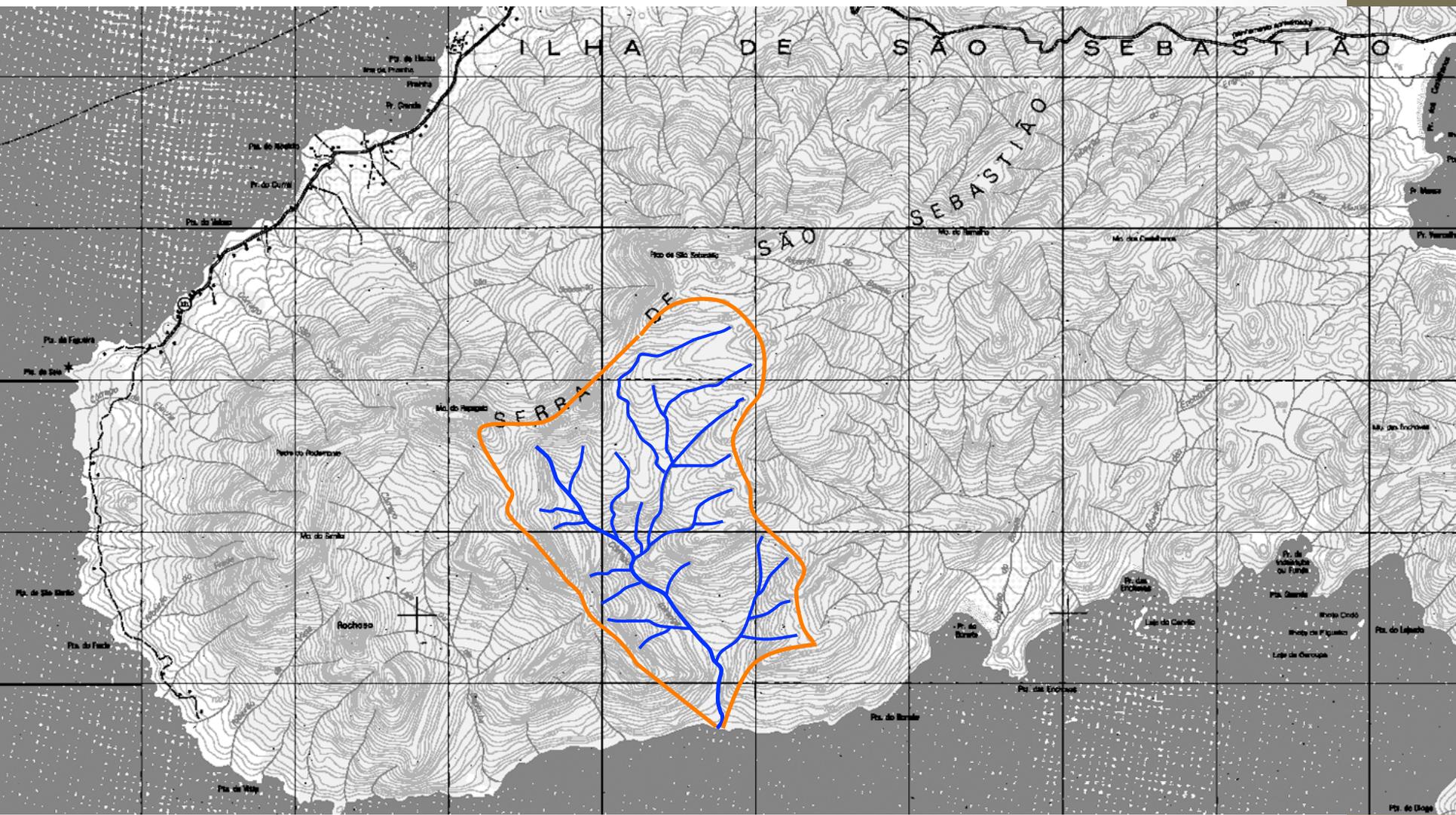












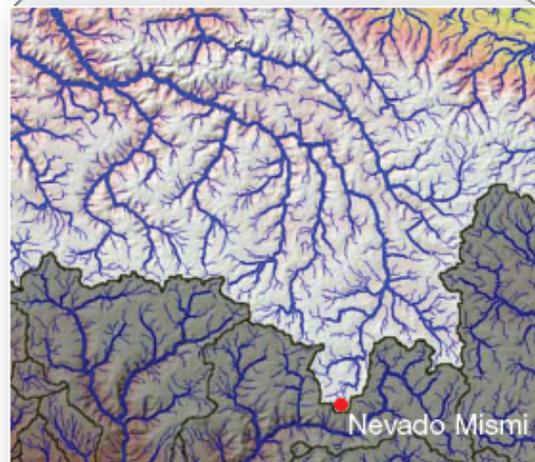
Amazonas



https://eoimages.gsfc.nasa.gov/images/imagerrecords/92000/92450/amazon_grw_2018_lrg.png



(b) A foz do Amazonas tem 160 km de largura e dá vazão a um quinto de toda a água doce que ingressa nos oceanos do mundo. Grandes ilhas de sedimento são depositadas onde a corrente entra no Atlântico.



a) Imagens de radar mostrando elevação são combinadas com canais fluviais digitalmente mapeados nesta visão da bacia do Rio Amazonas. As elevações variam do nível do mar, em verde, para mais de 4500 m, em branco. Em 2007, pesquisadores brasileiros informaram ter encontrado uma nova nascente para o Amazonas (caixa branca), perto do Nevado Mismi, no sul do Peru, e uma nova medição de extensão de 6800 km, tornando-o mais longo do que o Nilo.

▲Figura 15.1 Bacia de drenagem e foz do Rio Amazonas. [(a) Imagem do NASA SRTM por Jesse Allen, University of Maryland, Global Land Cover Facility; dados fluviais por World Wildlife Fund, projeto HydroSHEDS (vide <http://hydrosheds.cr.usgs.gov/>). (b) Imagem Terra, NASA/GSFC/JPL.]



GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
 CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS
 SECRETARIA DE PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO REGIONAL
 COORDENADORIA DE PLANEJAMENTO E AVALIAÇÃO
 INSTITUTO GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO
 SECRETARIA DE SANEAMENTO E RECURSOS HÍDRICOS
 COORDENADORIA DE RECURSOS HÍDRICOS
 DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA

Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo - UGRHI



UNIDADES HIDROGRÁFICAS DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS - UGRHI

- 1 MANTIQUEIRA
- 2 PARAIBA DO SUL
- 3 LITORAL NORTE
- 4 PARDO
- 5 PIRACICABA/CAPIVARI/JUNDIAÍ
- 6 ALTO TIETÊ
- 7 BAIKADA SANTISTA
- 8 SAPUCAÍ/GRANDE
- 9 MOGI-GUAÇU
- 10 TIETÊ/SOROCABA
- 11 RIBEIRA DE IGUAPE/LITORAL SUL
- 12 BAIXO PARDO/GRANDE
- 13 TIETÊ/JACARE
- 14 ALTO PARANAPANEMA
- 15 TURVO/GRANDE
- 16 TIETÊ/BATALHA
- 17 MÉDIO PARANAPANEMA
- 18 SÃO JOSÉ DOS DOURADOS
- 19 BAIXO TIETÊ
- 20 AGUAPEÍ
- 21 PEIXE
- 22 PONTAL DO PARANAPANEMA

Unidades de Gestão de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas de rios de domínio da União (Porção Paulista)

- RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ
- RIO PARAIBA DO SUL
- RIO GRANDE
- RIO PARANAPANEMA

Escola
 0 10 20 30 40 50 km

1:1.000.000
 1 cm = 10 km
 Projeto: Escola Carteira de Limites
 Ministério Estadual de Recursos Hídricos
 Parâmetros: Projeção 20° 45' S e 24° 20' W

Documentação

IGC - Conselho Municipal do Estado de São Paulo - São Paulo, 2010. Escala 1:1.000.000
 IGC - Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo - São Paulo, 2003. Escala 1:1.000.000
 Lei Estadual nº 8.334, de 27 de dezembro de 1994. O Plano Estadual de Recursos Hídricos.



- CURSO D'ÁGUA/BARRAGEM/REPRESA
- SEDE MUNICIPAL
- DIVISA MUNICIPAL

Oceano Atlântico

Divisão de Cartografia

Unidade Geoplânica e Cartográfica
 Diretor: Celso Roberto Saitano
 Gerente de Cartografia: Alexandre Henrique Costa
 Subgerente de Cartografia Técnica: Sérgio Maria Coimbra Tomazini
 Cartógrafo: Mateus Pedrossi Romaneli

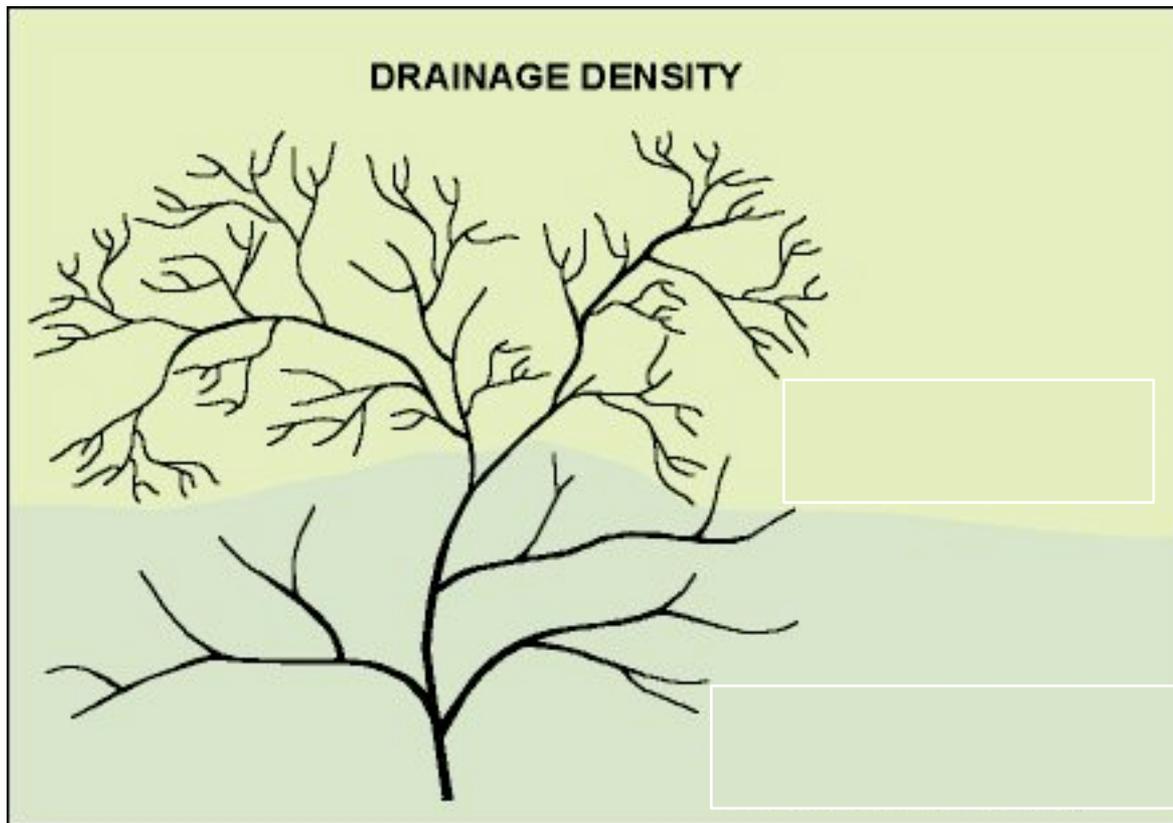
DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA
 Diretoria de Recursos Hídricos - DRRH
 Avenida Professor Luiz Heitor Rodrigues, 120
 Cidade Universitária - São Paulo - SP - Cep 05508-000
 Tel. (11) 3038-3201 - www.dae.eia.sp.gov.br

INSTITUTO GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO
 A. Sardenha, 1.181 - Consórcio Eclair
 São Paulo - SP - Cep 01419-002
 Tel. (11) 3302-4422
 www.igi.sp.gov.br

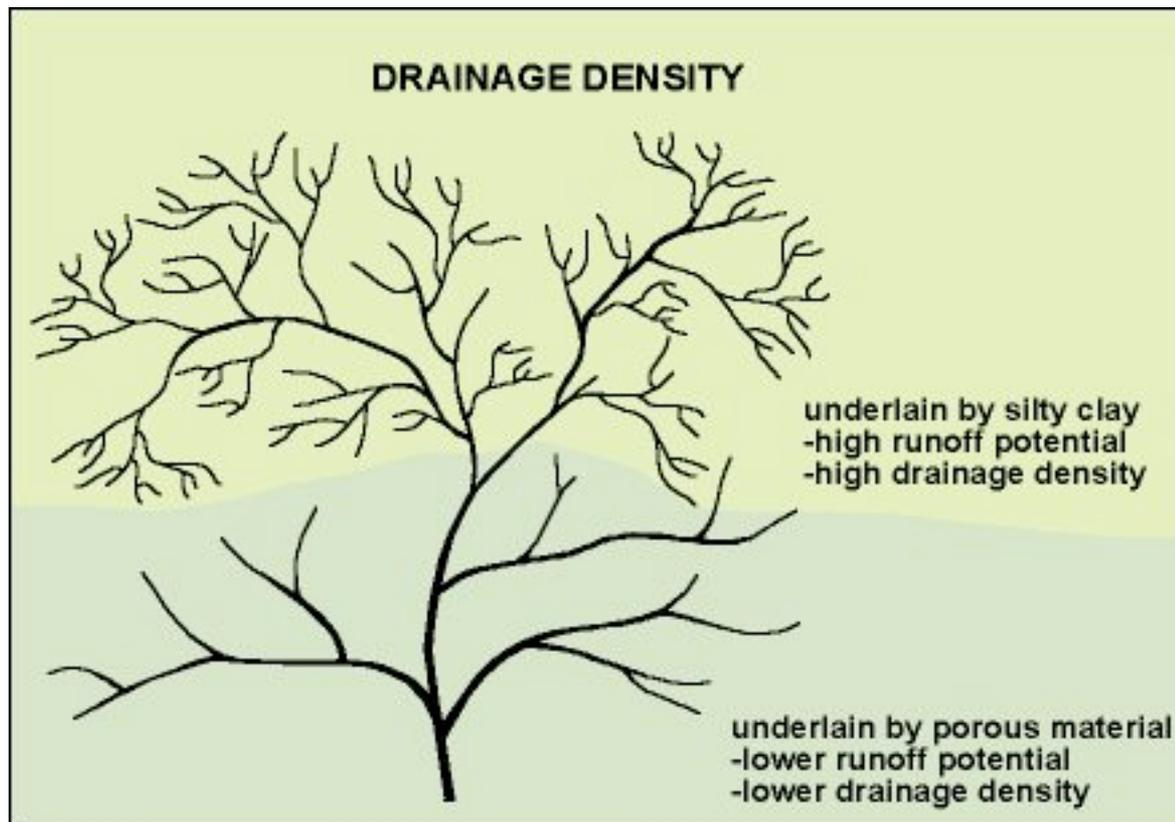
Direitos reservados.
 Agradecemos a colaboração de eventuais
 fontes ou imagens verificadas neste mapa

Edição 2014

Fatores de controle da rede de drenagem



Fatores de controle da rede de drenagem



High density

Low density

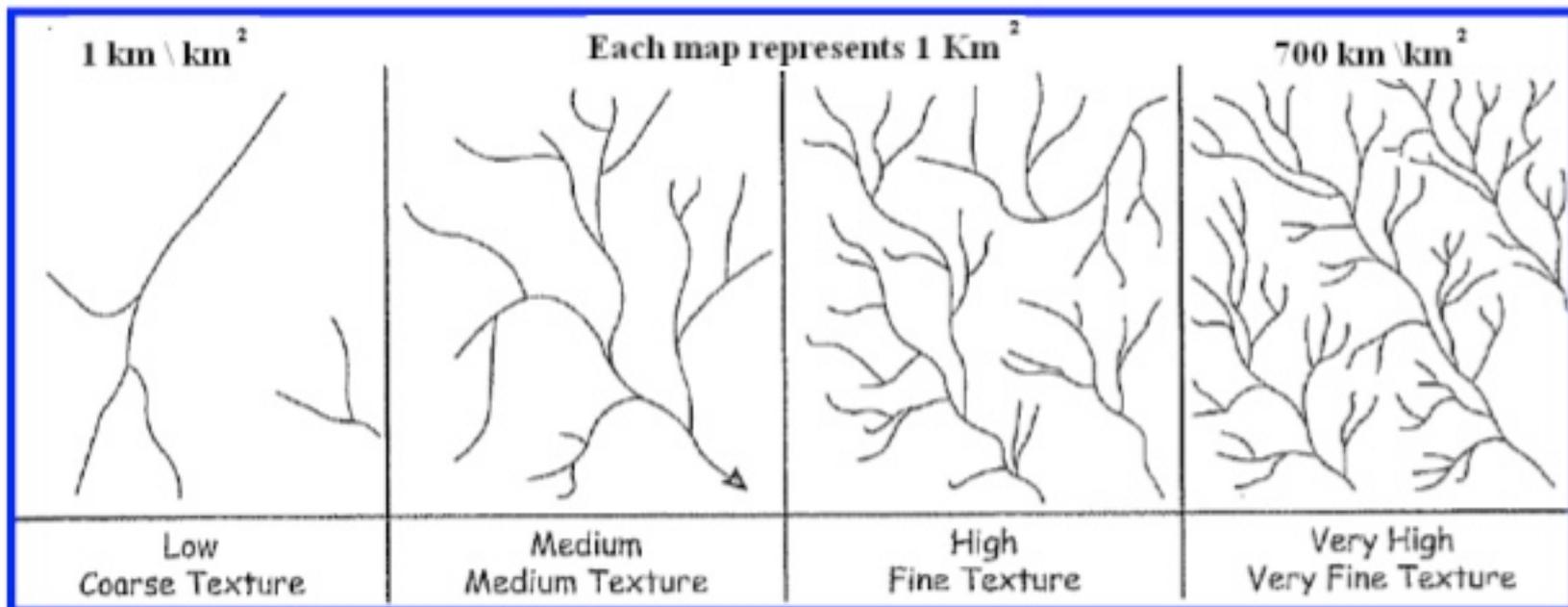
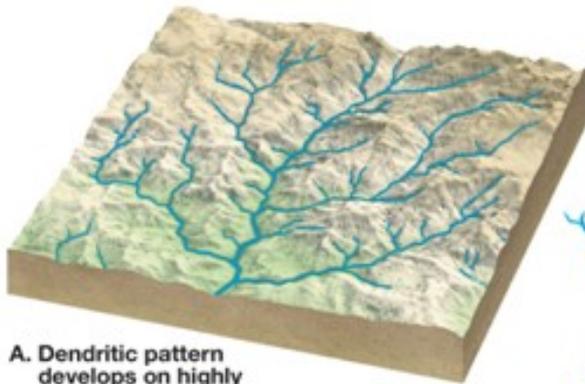


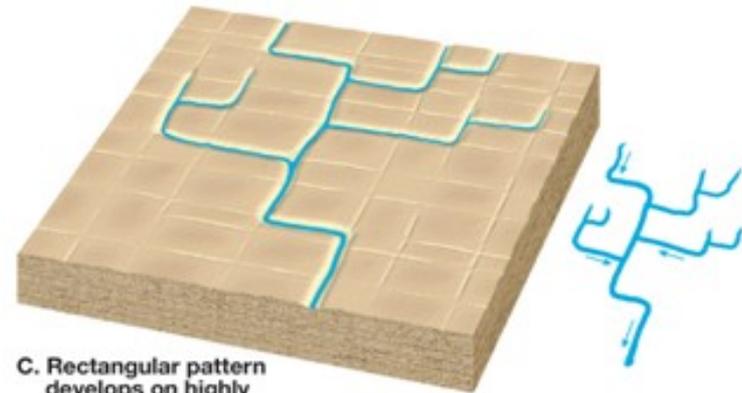
Table 2 *The relationship between drainage density and texture*



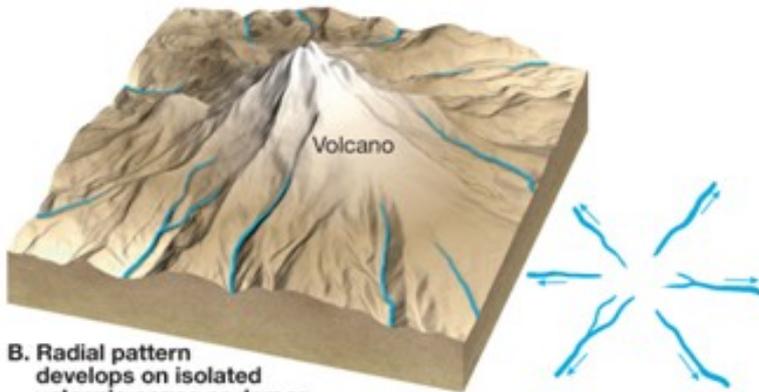
Forma de drenagem: controlada pela geologia
Densidade de drenagem: controlada pela geologia e pelo clima



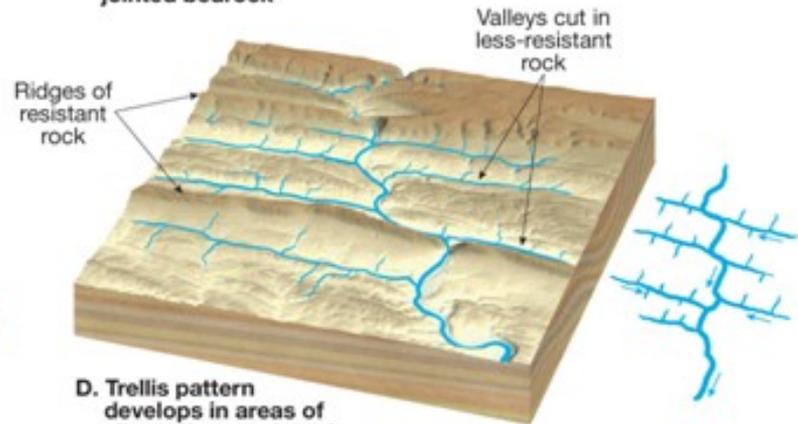
A. Dendritic pattern develops on highly uniform bedrock



C. Rectangular pattern develops on highly jointed bedrock



B. Radial pattern develops on isolated volcanic cones or domes



D. Trellis pattern develops in areas of alternating weak and resistant bedrock

<https://earthobservatory.nasa.gov/images/85354/musa-bay-iran>



Before draining into the Persian Gulf, several rivers and streams in southern Iran converge into Musa Bay, a shallow estuary with a long history as a port.

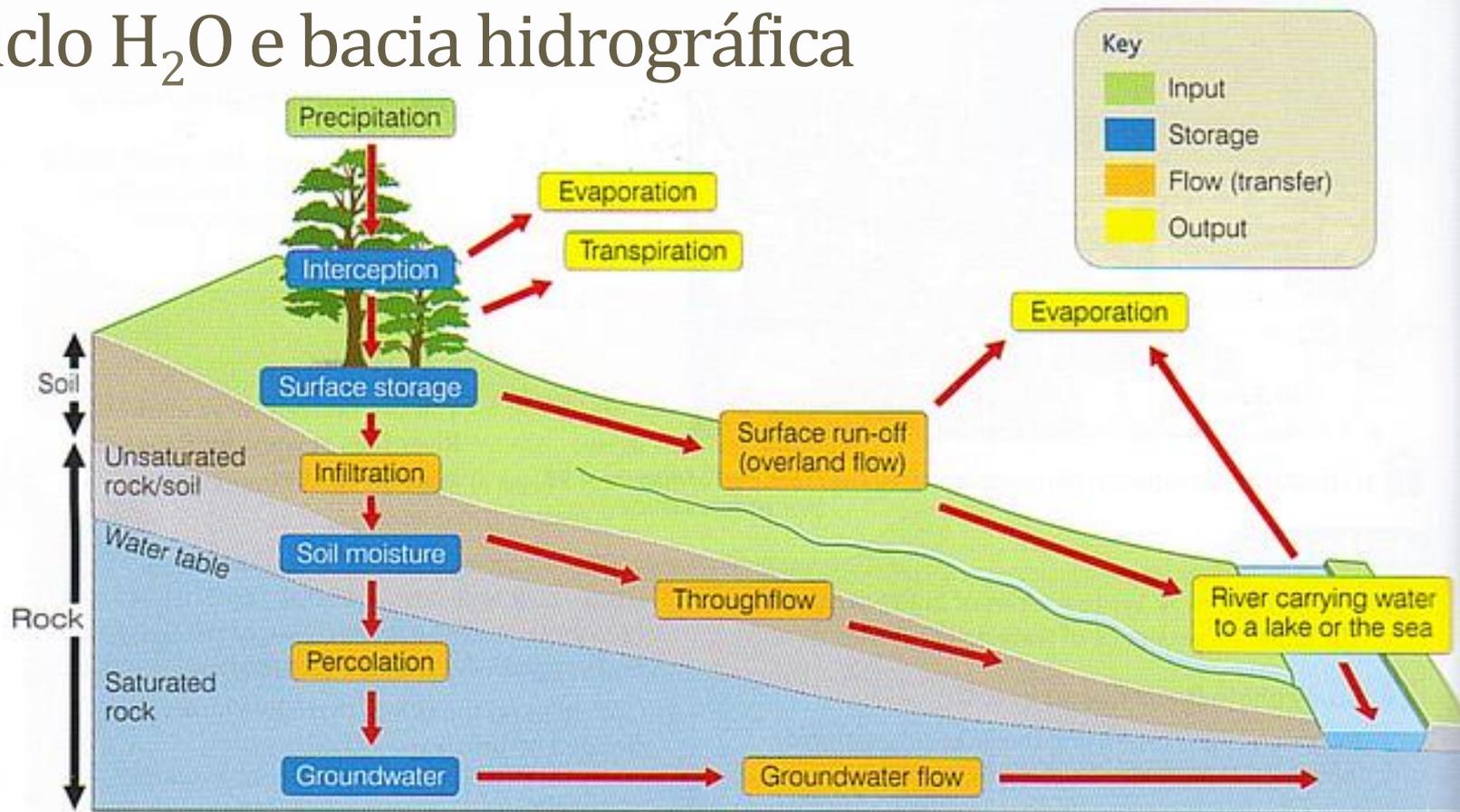


<https://earthobservatory.nasa.gov/images/8611/dendi-caldera-ethiopia>

The Dendi Caldera is located on the Ethiopian Plateau, approximately 86 kilometers southwest of Addis Ababa.

- Uma bacia de drenagem é um sistema aberto complexo que transfere energia e matéria como parte do ciclo da água.
- A água está continuamente entrando e saindo de uma bacia de drenagem, criando um equilíbrio dinâmico.
- Junto com o rio uma bacia, a água flui por infiltração e fluxo subterrâneo.
- Uma bacia de drenagem tem 4 mecanismos - entradas, saídas, armazenamentos e transferências e fluxos.
- Uma bacia de drenagem funciona como parte do ciclo hidrológico.

Ciclo H₂O e bacia hidrográfica



Precipitation: any source of moisture reaching the ground, e.g. rain, snow, frost

Interception: water being prevented from reaching the surface by trees or grass

Surface storage: water held on the ground surface, e.g. puddles

Infiltration: water sinking into soil/rock from the ground surface

Soil moisture: water held in the soil layer

Percolation: water seeping deeper below the surface

Groundwater: water stored in the rock

Transpiration: water lost through pores in vegetation

Evaporation: water lost from ground/vegetation surface

Surface run-off (overland flow): water flowing on top of the ground

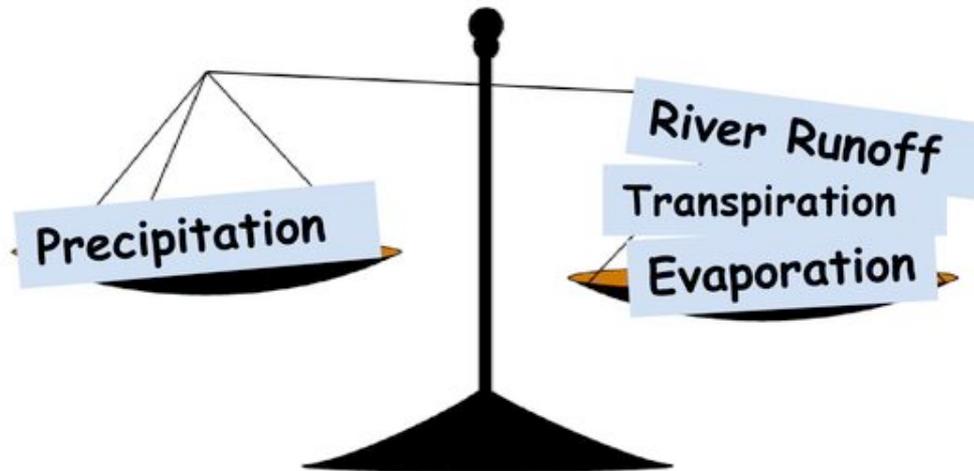
Throughflow: water flowing through the soil layer parallel to the surface

Groundwater flow: water flowing through the rock layer parallel to the surface

Water table: current upper level of saturated rock/soil where no more water can be absorbed

Balanço hídrico

O que acontece com a água que entra na bacia hidrográfica?

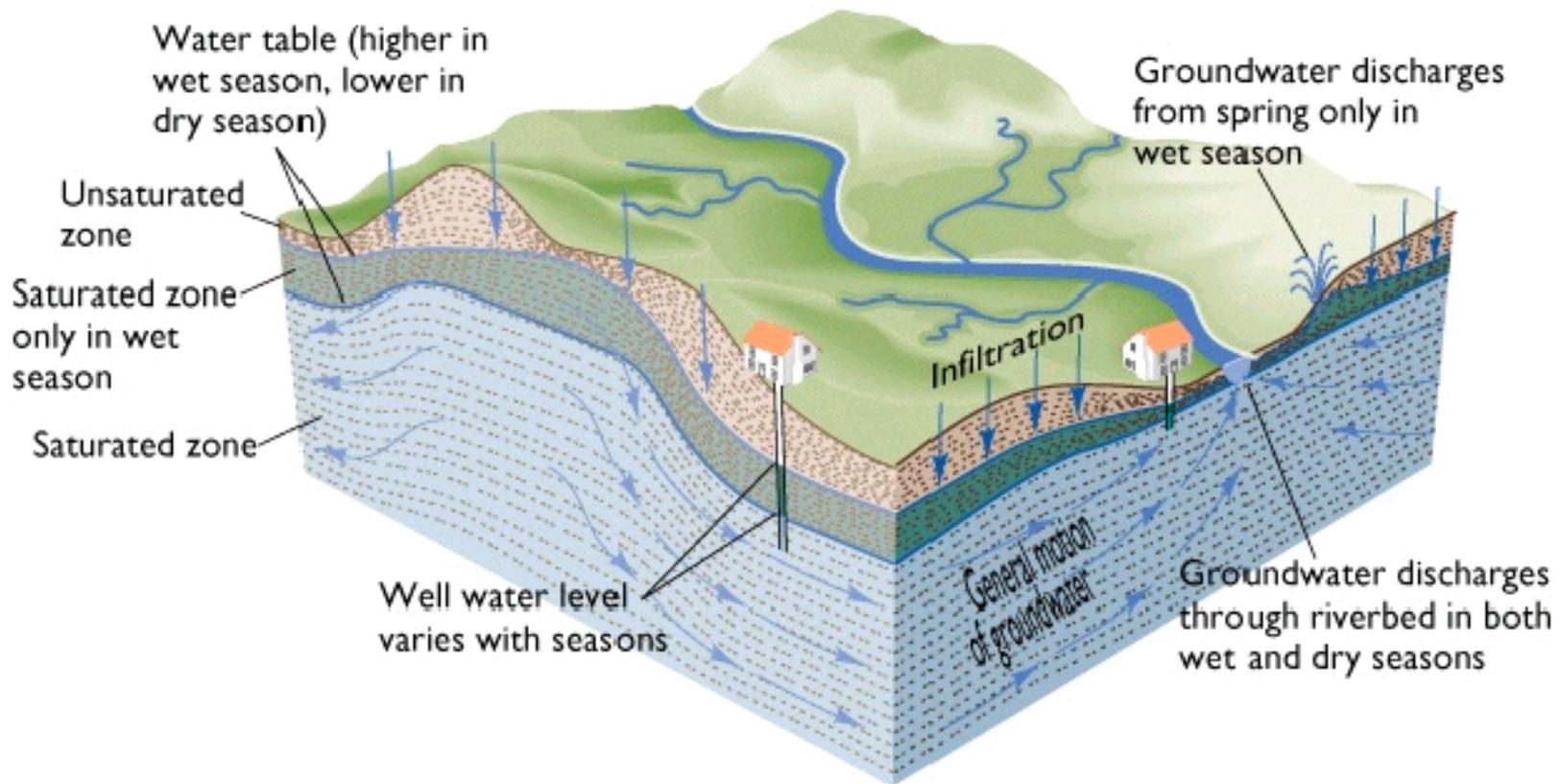


Balanço hídrico – quantificação do ciclo hidrológico

$$P = E + Q + \Delta S$$

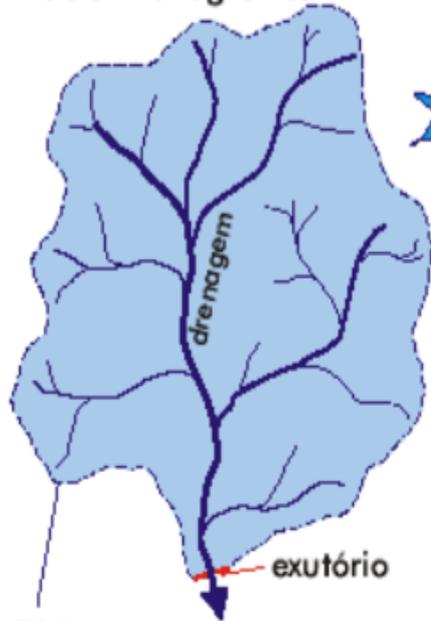
- **P** = precipitação (volume de água precipitado sobre a bacia)
- **E** = Evaporação + transpiração (volume de água volta para a atmosfera)
- **Q** = Escoamento superficial + Escoamento de base (contribuição da água subterrânea) (volume total de água escoado pela bacia durante um intervalo de tempo = produção de água pela bacia)
- **ΔS** = variação de armazenamento (+ ou -, mas tende a zero a longo prazo) (= água retida nas formações geológicas do subsolo cujo fluxo é muito mais lento que o do escoamento superficial direto) + quando alimentação pela água subterrânea (períodos de estiagem), - reflete períodos de recarga (época de chuvas) quando parte da precipitação sofre infiltração, realimentando a água subterrânea, em vez de escoar diretamente da bacia).
- Na prática: $P = E + Q$
- **Q** é obtido medindo-se a vazão do rio no exutório, ao longo do tempo: hidrograma

Escoamento base (constitui o escoamento da zona de saturação (água subterrânea). Após uma chuva, e depois que todo o escoamento direto já tenha deixado a bacia, o escoamento base é o único componente do deflúvio.



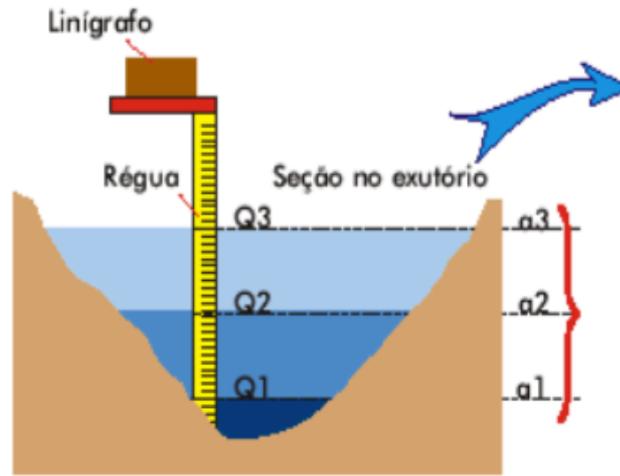
Como obter um hidrograma?

Bacia hidrográfica



Divisor topográfico

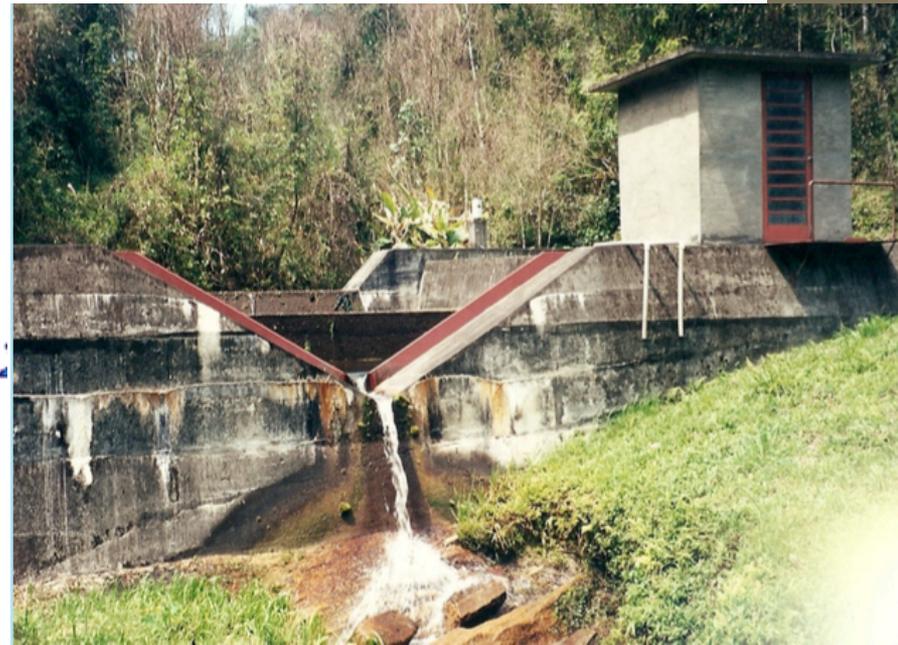
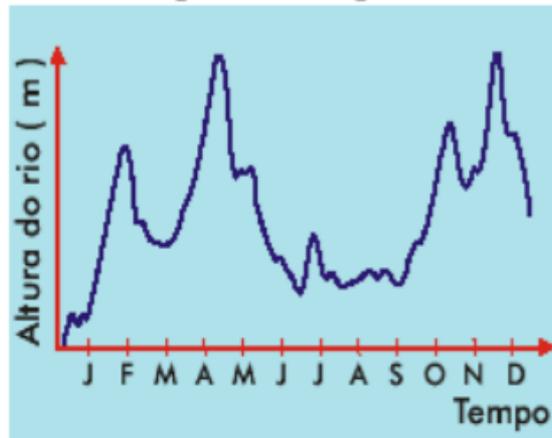
exutório



- 1) Medição de diferentes vazões do rio ao longo do ano para obter a curva chave que relaciona a altura com a vazão do rio

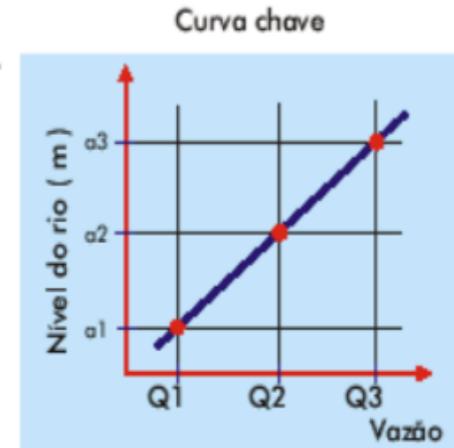
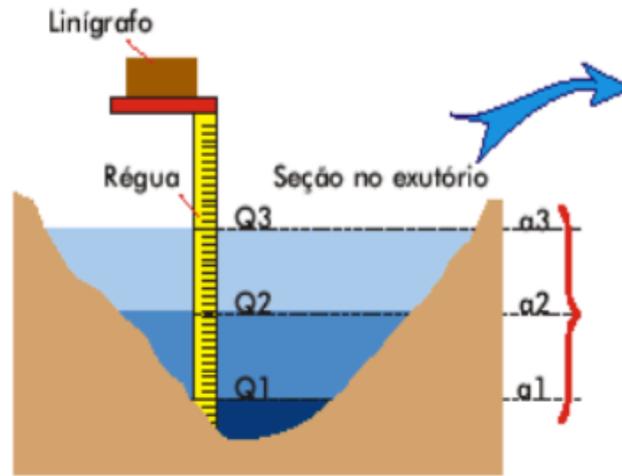
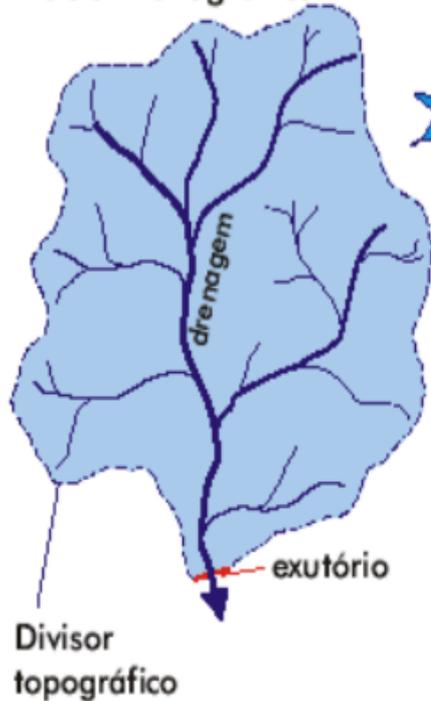
- 2) Obtenção do traçado da variação do nível do rio ao longo do período de monitoramento por meio de um linígrafo

Registro do linígrafo



Como obter um hidrograma?

Bacia hidrográfica

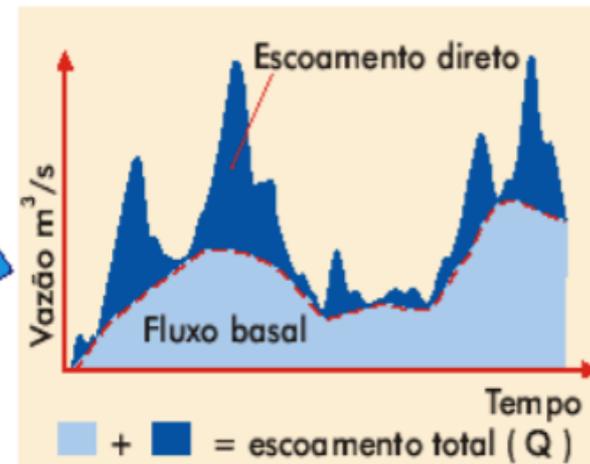


$$Q = A \times V$$

Registro do linígrafo

- 3) Transformação do registro da variação do nível do rio em curva de vazão (hidrograma), pela substituição de cada ponto de altura do rio pelo seu correspondente valor de vazão
- 4) Cálculo da vazão total da bacia por meio da área sob a curva do hidrograma ($m^3/s \times \text{tempo}$, em s = vol total)

Hidrograma



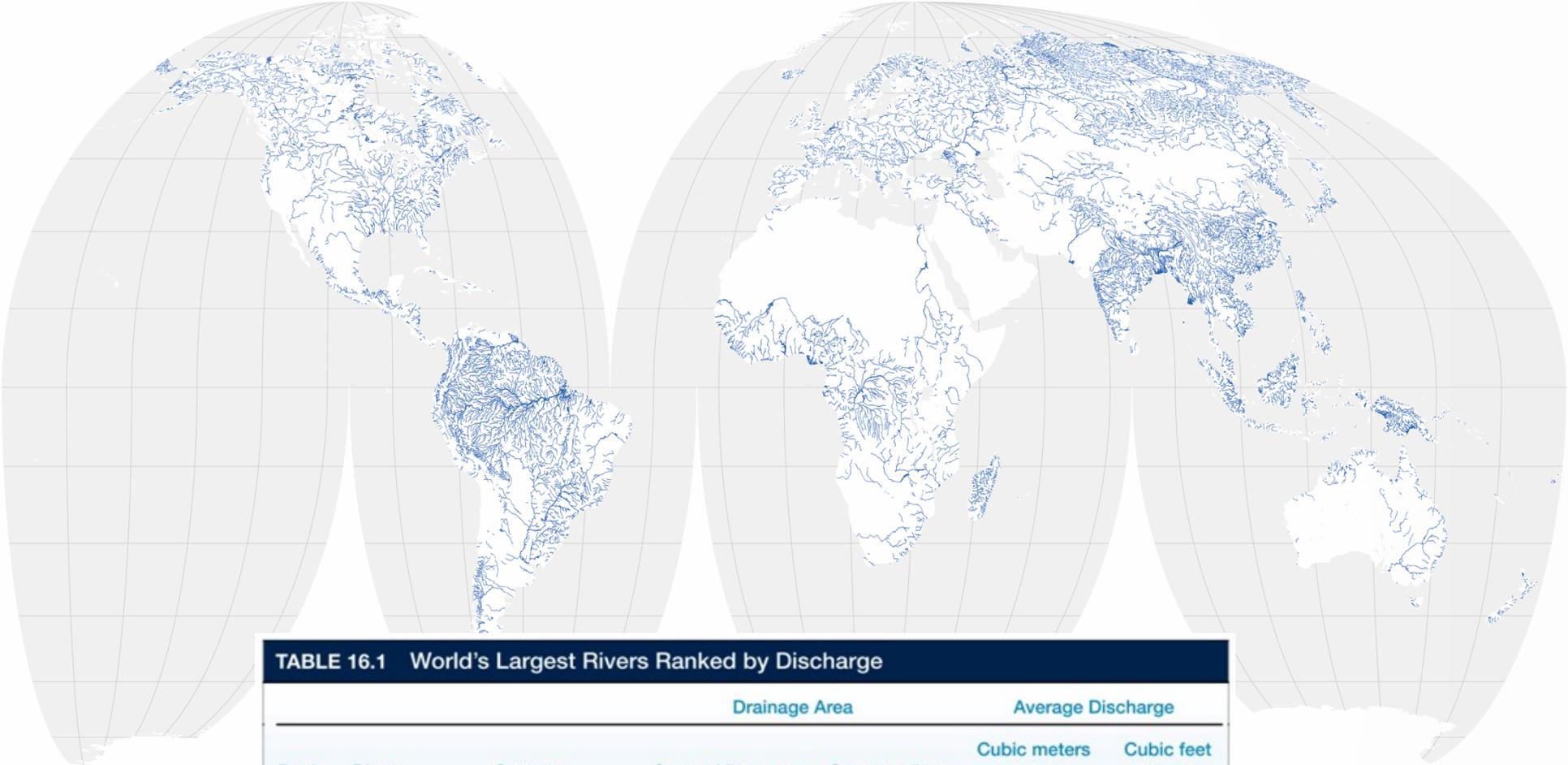


TABLE 16.1 World's Largest Rivers Ranked by Discharge

Rank	River	Country	Drainage Area		Average Discharge	
			Square kilometers	Square miles	Cubic meters per sec.	Cubic feet per sec.
1	Amazon	Brazil	5,778,000	2,231,000	212,400	7,500,000
2	Congo	Rep. of Congo	4,014,500	1,550,000	39,650	1,400,000
3	Yangtze	China	1,942,500	750,000	21,800	770,000
4	Brahmaputra	Bangladesh	935,000	361,000	19,800	700,000
5	Ganges	India	1,059,300	409,000	18,700	660,000
6	Yenisei	Russia	2,590,000	1,000,000	17,400	614,000
7	Mississippi	United States	3,222,000	1,244,000	17,300	611,000
8	Orinoco	Venezuela	880,600	340,000	17,000	600,000
9	Lena	Russia	2,424,000	936,000	15,500	547,000
10	Parana	Argentina	2,305,000	890,000	14,900	526,000

© 2011 Pearson Education, Inc.

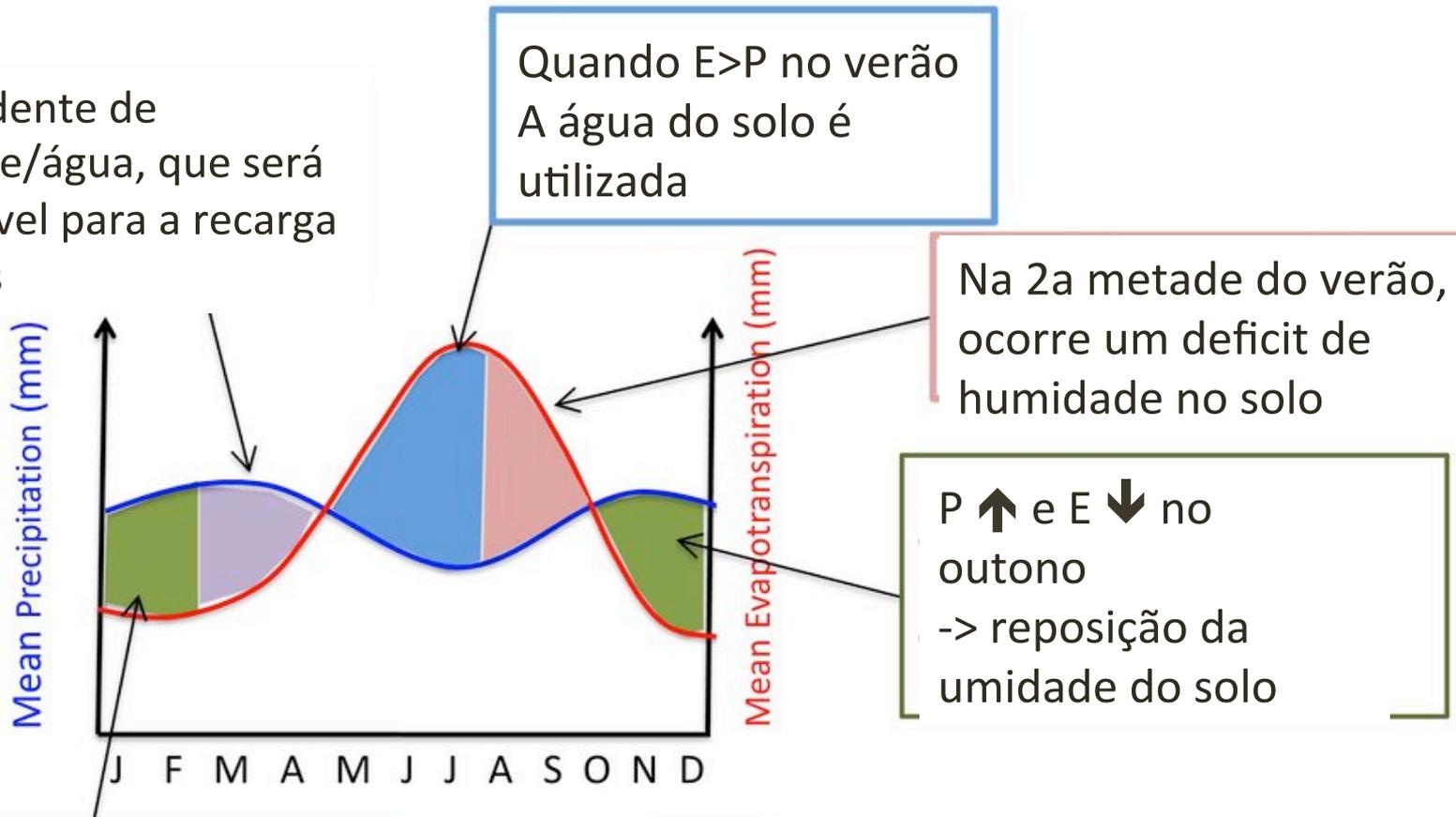
... balanço hídrico ...

- O balanço hídrico nada mais é do que a computação das entradas e saídas de água de um sistema.
- Várias escalas espaciais podem ser consideradas para se contabilizar o balanço hídrico. Na escala macro, o “balanço hídrico” é o próprio “ciclo hidrológico”, cujo resultado nos fornecerá a quantidade de água disponível no sistema (no solo, rios, lagos, vegetação úmida e oceanos).

Balanço hídrico

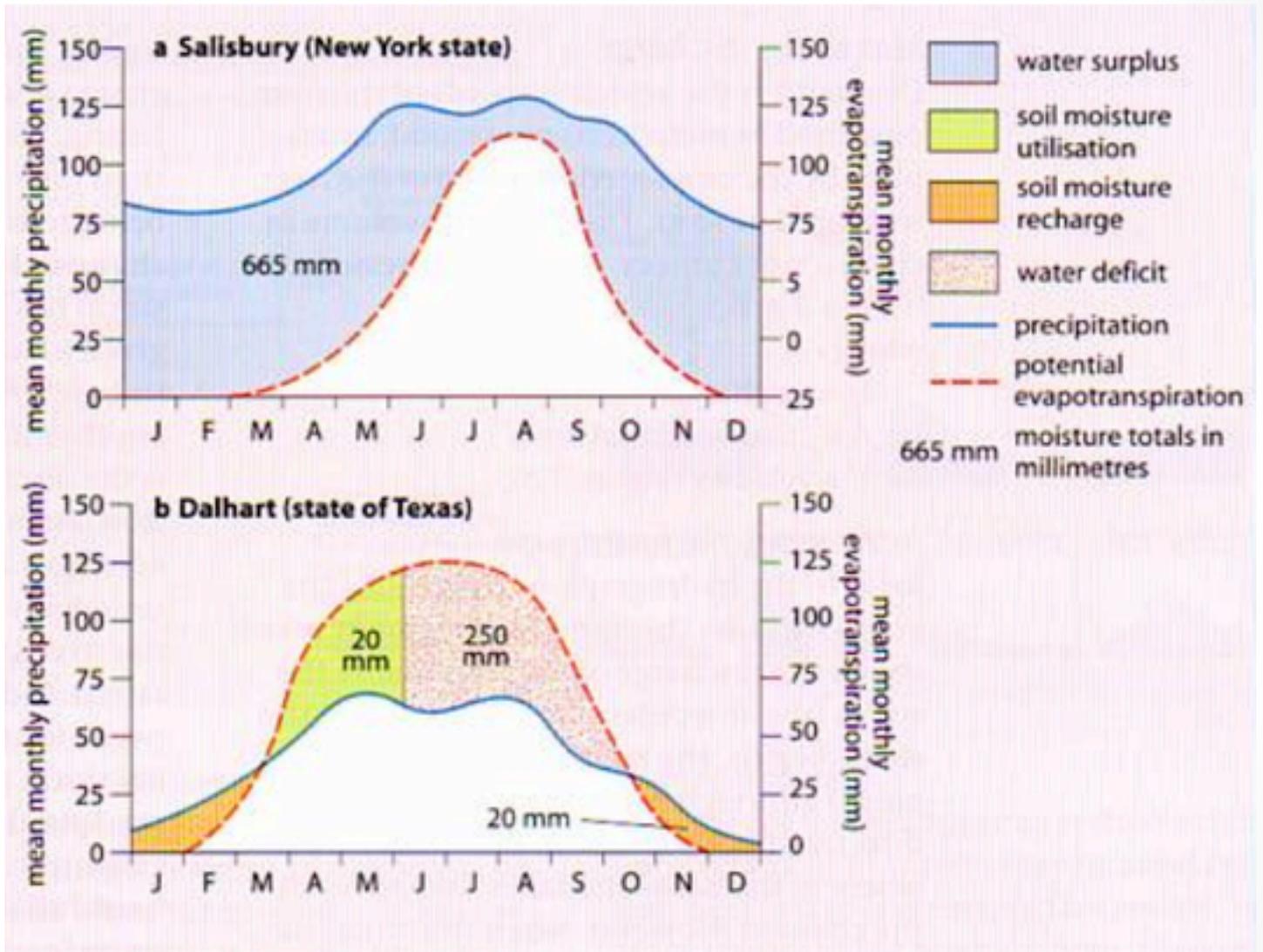
$$P = E + Q + \Delta S$$

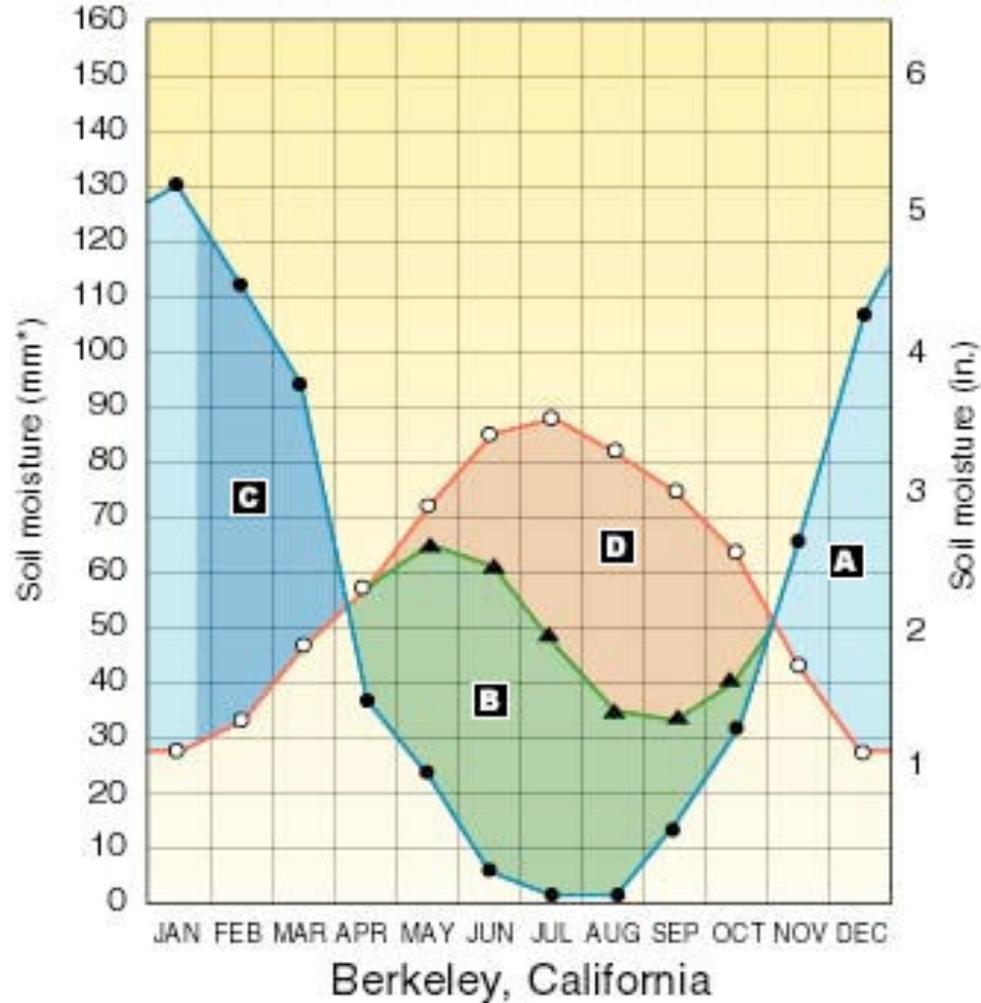
... excedente de umidade/água, que será disponível para a recarga dos rios



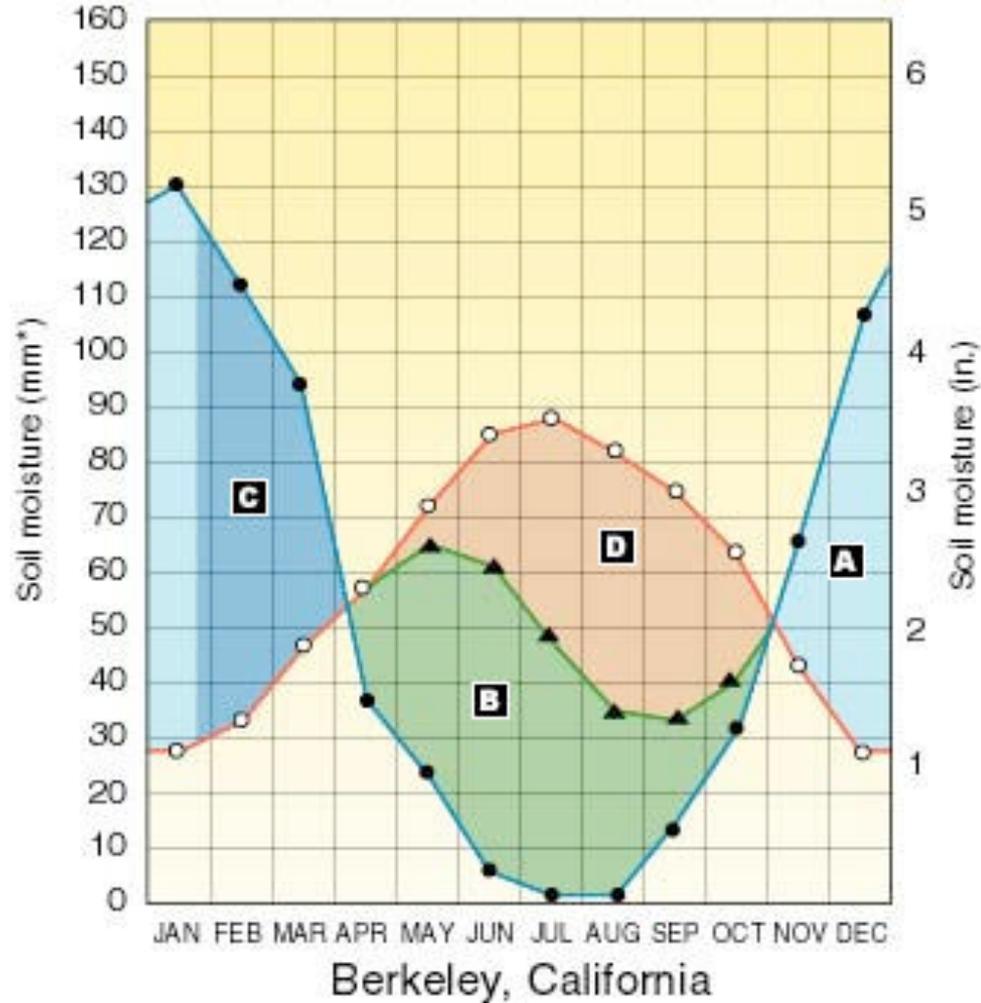
No inverno, $P > E$
Reposição da umidade do solo até...

- Soil moisture recharge
- Soil moisture utilisation
- Soil moisture deficit
- Soil moisture surplus





Recarga umidade solo
 excedente
 deficit
 Uso umidade solo

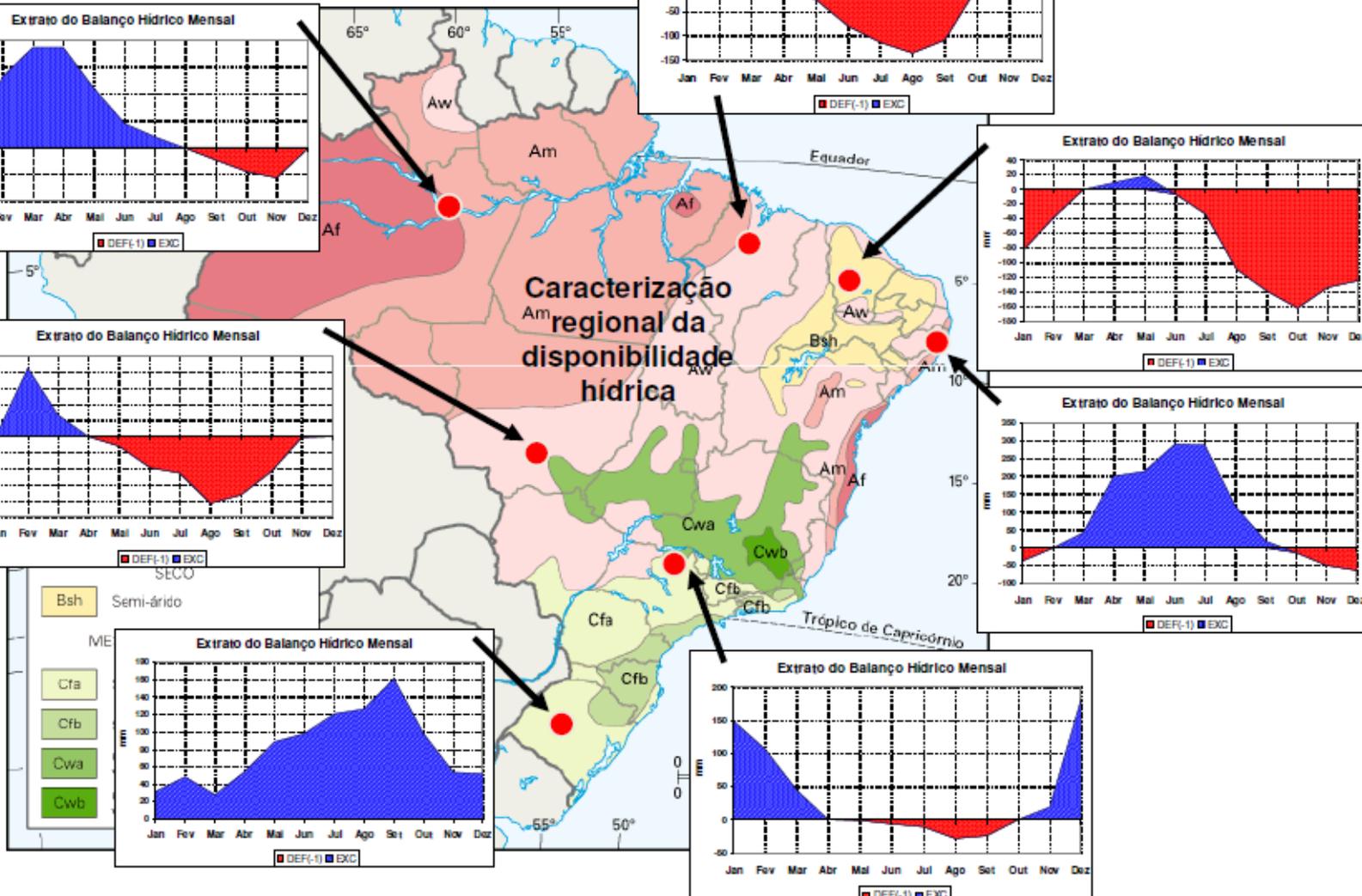
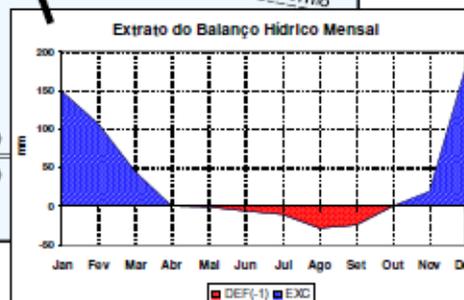
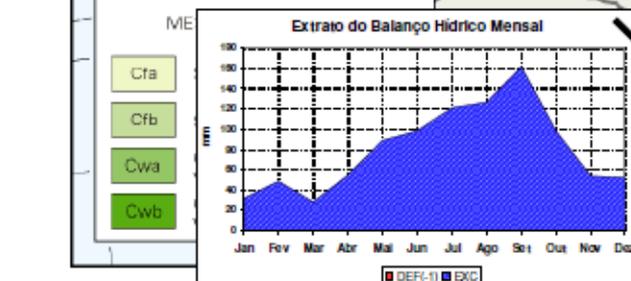
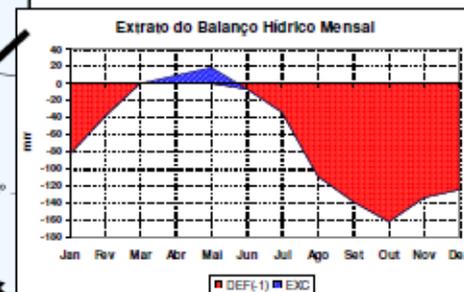
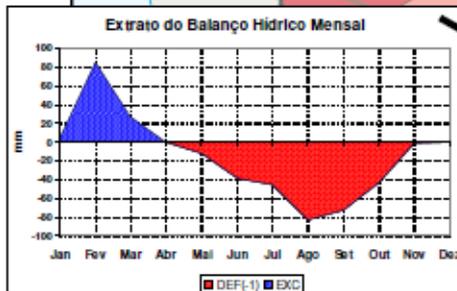
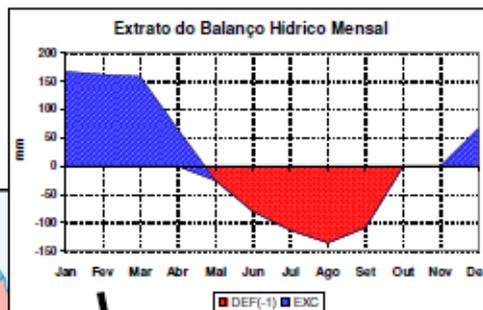
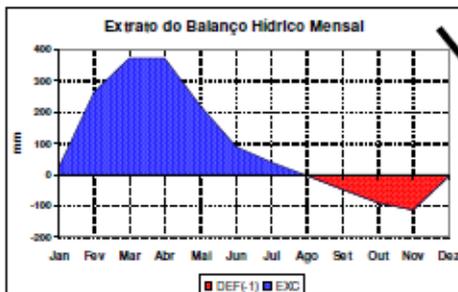


- Recarga umidade solo A
- excedente C
- deficit D
- Uso umidade solo B

Precipitação Anual

Porto Alegre	1347
Cuiabá	1314
Petrolina	608
Londres	611

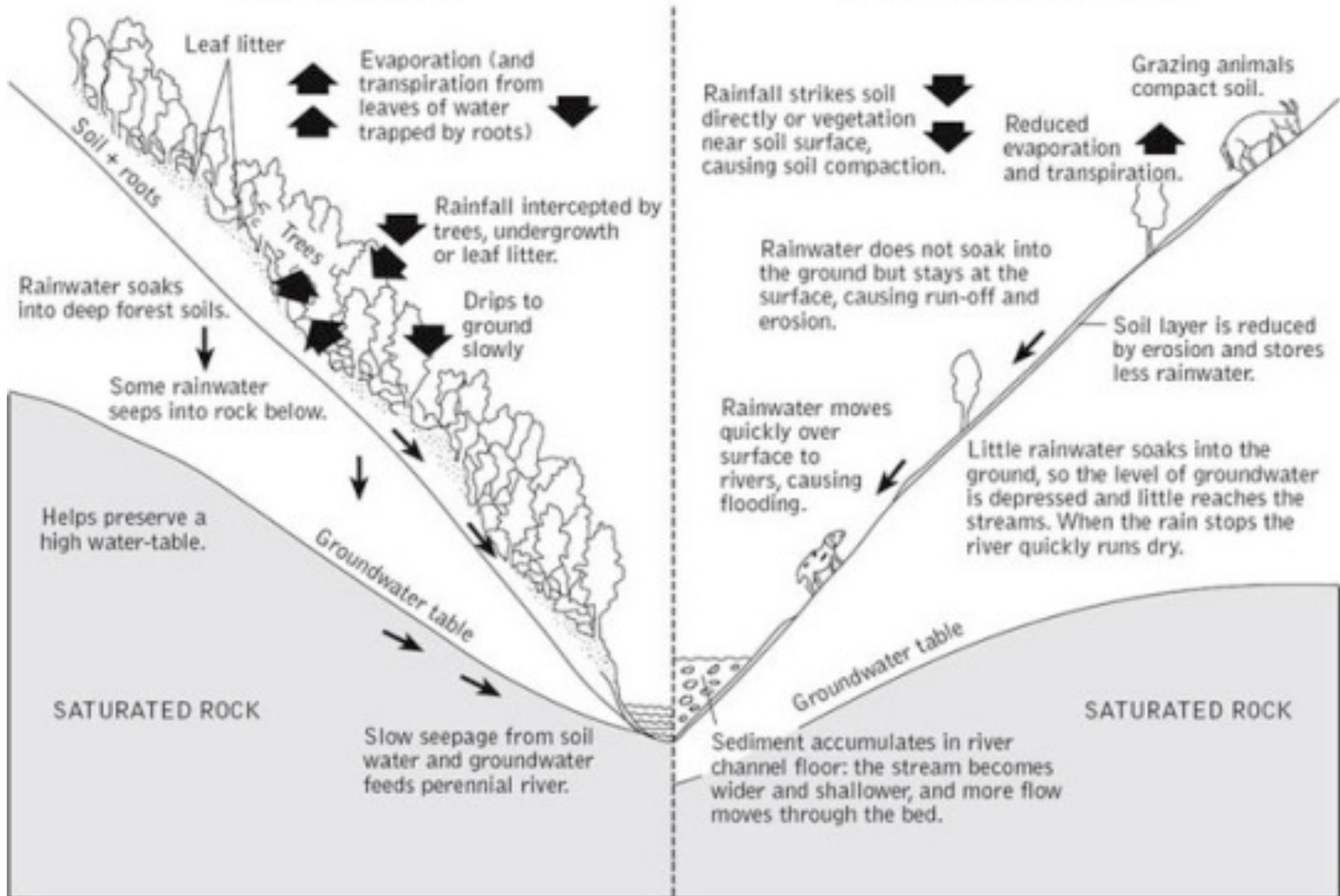
Aplicações do Balanço Hídrico Climatológico Normal

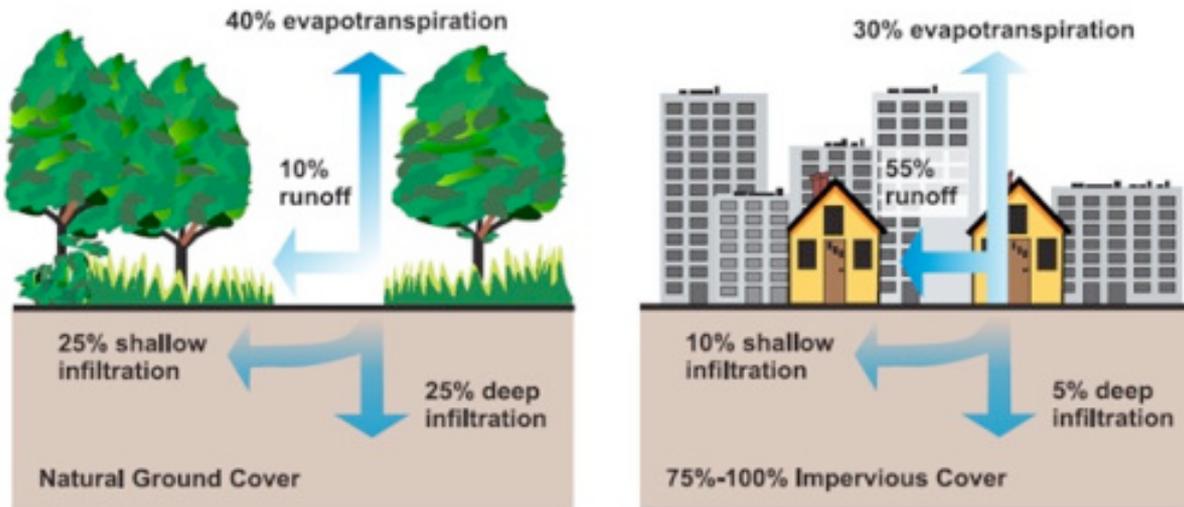


- Bsh Semi-árido
- ME
- Cfa
- Cfb
- Cwa
- Cwb

Undisturbed forest

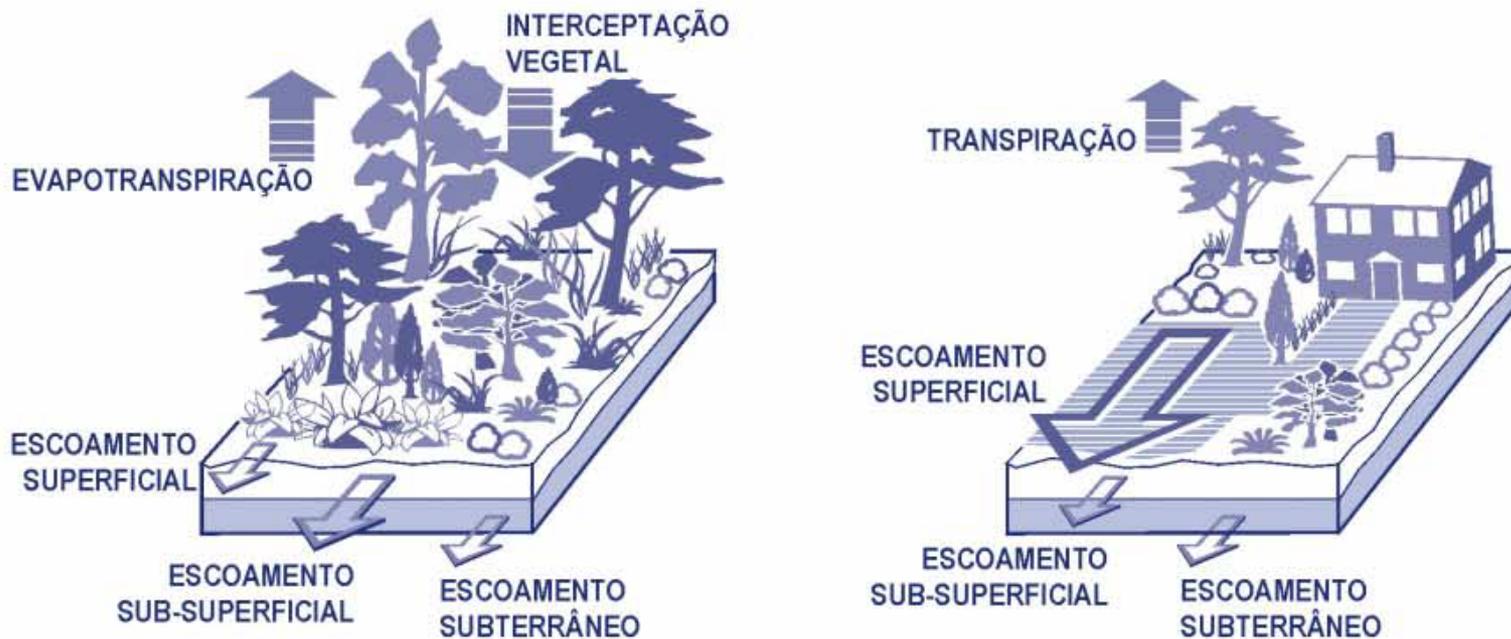
Degraded 'deforested' slope

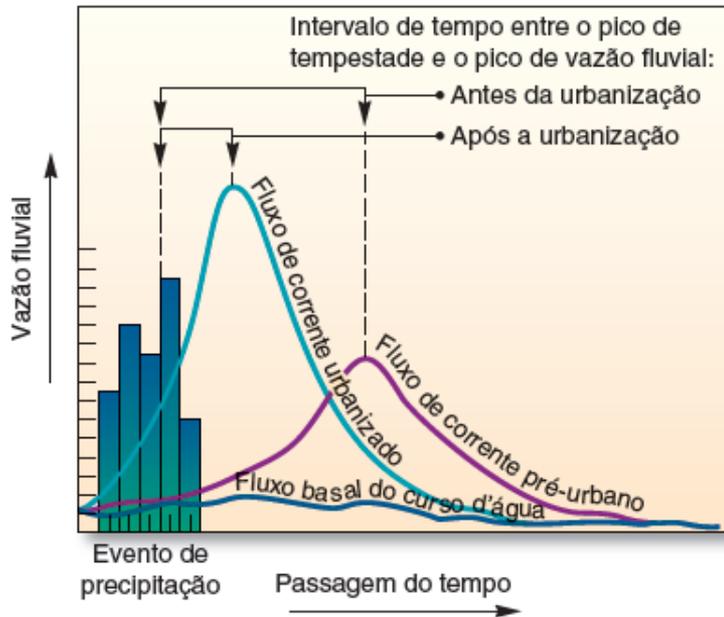




Relationship between impervious cover and surface runoff. Impervious cover in a watershed results in increased surface runoff. As little as 10 percent impervious cover in a watershed can result in stream degradation.

a. BALANÇO HÍDRICO





(a) O fluxo basal normal é indicado com uma linha azul-escura. A linha violeta indica a vazão pós-tempestade antes da urbanização. Após a urbanização, a vazão do rio sobe drasticamente, conforme mostrado pela linha azul-claro.



(b) O aumento da urbanização piorou as enchentes em muitas partes da Ásia, incluindo Bangcoc, Tailândia, mostrada aqui em 2011.

▲ **Figura 15.9** Efeito da urbanização sobre um hidrográfico fluvial típico. [(b) Apichart Weerawong/AP.]