INPE ePrint: sid.inpe.br/ePrint@80/2006/08.03.17.53 v1 2006-08-04

Capítulo 2 – Ciclos de Água e de Energia

Introdução a Hidrologia de Florestas

A. Ciclo global da água

Energia Solar na superfície: 400 cal/cm^2/dia = 400cal x 4.16J/cal x 10^4 m^2/cm^2= 16.6 MJ/m^2/dia

50% é usado na vaporização da água = 8.4 MJ/m2/dia

São necessários 2.43 MJ para evaporar 1 kg de água (Calor Latente de Vaporização, L=2.43MJ/Kg)

Total evaporado é 3.4 kg/m^2 =3.4 mm/dia em média (latitude 45^o) = 1250 mm/ano

Outros 50% aquecem a terra, o ar e o oceano, produzindo correntes convectivas na atmosfera e no oceano, transferindo calor para os climas moderados e vapor d'água do oceano para o continente.

Distribuição da água no planeta

Água Salgada	%	Água fresca	%
Oceanos	97.1	Gelo e neve	2.2
Lagos salgados e mares	0.01	Solo e subsolo	0.6
		Lagos	0.01
		Atmosfera	0.001
		Rios	0.0001
Total	97.11		2.8111

INPE ePrint: sid.inpe.br/ePrint@80/2006/08.03.17.53 v1 2006-08-04

Mais de 99% da água do mundo não é utilizada diretamente pelo homem; o sol continua renovando 1%.

B. Unidades (sistema métrico)

1. Balanço de água de uma bacia de drenagem é normalmente reportado em medida linear, L, (cm, mm, m), expressando ganho ou perda por precipitação, evaporação e Runoff, como uma coluna uniforme em toda a bacia. A conversão para volume(L^3) se faz conhecendo-se a área da bacia.
2. Volume de água, L^3, em m^3, usa-se também ha-m (10000m^3) para grandes bacias
3. Taxa de fluxo, ou vazão, (L^3T^{-1}) em rios, canais...normalmente expressa em m^3/min, cm^3/h. Taxa linear pode também ser usada (LT^{-1}) como mm de chuva/hora
4. Taxa de fluxo por unidade de área de drenagem (L^3T^{-1} L^{-2}) é peculiar em hidrologia, expressando fluxo de rios relativo a área de captação. Por exemplo, fluxos de rios nos EUA variam de 0.15 a 1500 m^3/min/km^2.

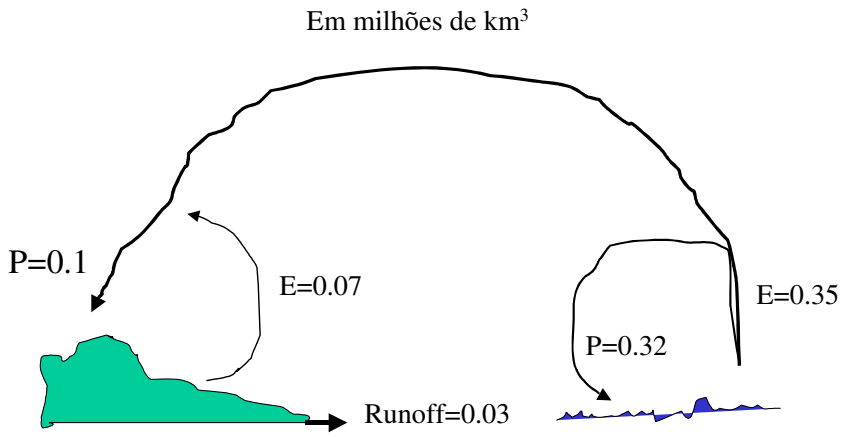
Exercício: Sabendo-se que a área total dos continentes é de 146 x 10^6 km^2 e dos oceanos é de 375 x 10^6 km^2, computar a precipitação anual, evaporação e descarga oceano ->continente e vice-versa, usando o diagrama abaixo:

$$P_{cont} = \frac{0.10\times10^6\,km^3}{146\times10^6\,km^3}\times\left(10^3\,\frac{m}{km}\right)\times\left(10^2\,\frac{cm}{m}\right) = 68.5cm$$

$$E_{cont} = \frac{0.07\times10^6\,km^3}{146\times10^6\,km^3} = 48cm$$

$$Q_{cont} = \frac{0.03\times10^6\,km^3}{146\times10^6\,km^3} = 20.5cm$$

INPE ePrint: sid.inpe.br/ePrint@80/2006/08.03.17.53 v1 2006-08-04

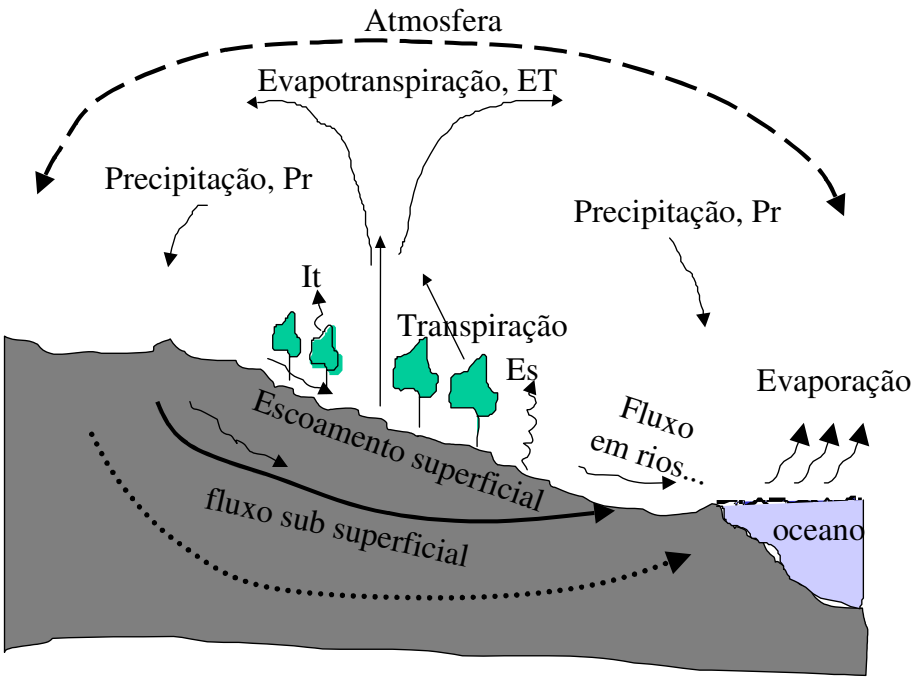


Balanço de água mundial anual em km^3

Quantos cm caem anualmente no oceano ?

Lembrete : 1 mm = 1 l/m^2

C. Balanço de água do território norte-americano.



INPE ePrint: sid.inpe.br/ePrint@80/2006/08.03.17.53 v1 2006-08-04

Figura 2.2. Ciclo geral da água

O que ocorre com a precipitação média anual de 76 cm sobre os 48 estados ? De acordo com o USGS, o balanço (eq. 2.1) para os EUA é:

$$P_r = E_t + Q + \Delta S \qquad (2.1)$$

$$76\text{cm} = 53\text{ cm} + 23\text{ cm} + 0\text{ cm}$$

Num tempo muito longo ΔS tende para 0.

Termos usados para definir “uso de água”:

Retirada : retirada de rios, canais e água subterrânea, temporariamente ou a indefinidamente. Boa parte volta ao lençol freático ou aos rios e canais, mas com qualidade degradada. Uma pequena parte é evaporada

Uso consutivo: uso que envolve evaporação, como por exemplo, retirada para irrigação, resfriamento por evaporação

Água minada: termo usado quando a retirada anual excede a recarga do lençol freático

INPE ePrint: sid.inpe.br/ePrint@80/2006/08.03.17.53 v1 2006-08-04

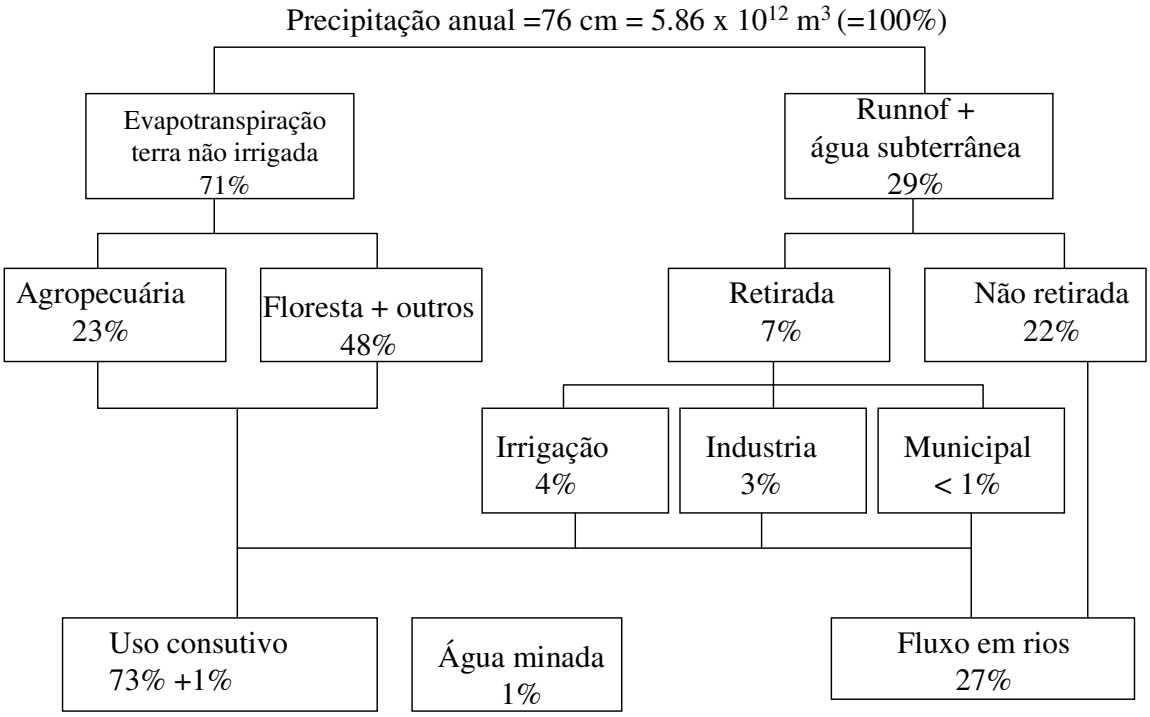


Figura 2.2. Partição do suprimento anual de água no território dos EUA

D. Balanço de água de bacias de drenagem

Qualquer estudo de Hidrologia de Floresta começa com o balanço de água na bacia de drenagem.

INPE ePrint: sid.inpe.br/ePrint@80/2006/08.03.17.53 v1 2006-08-04

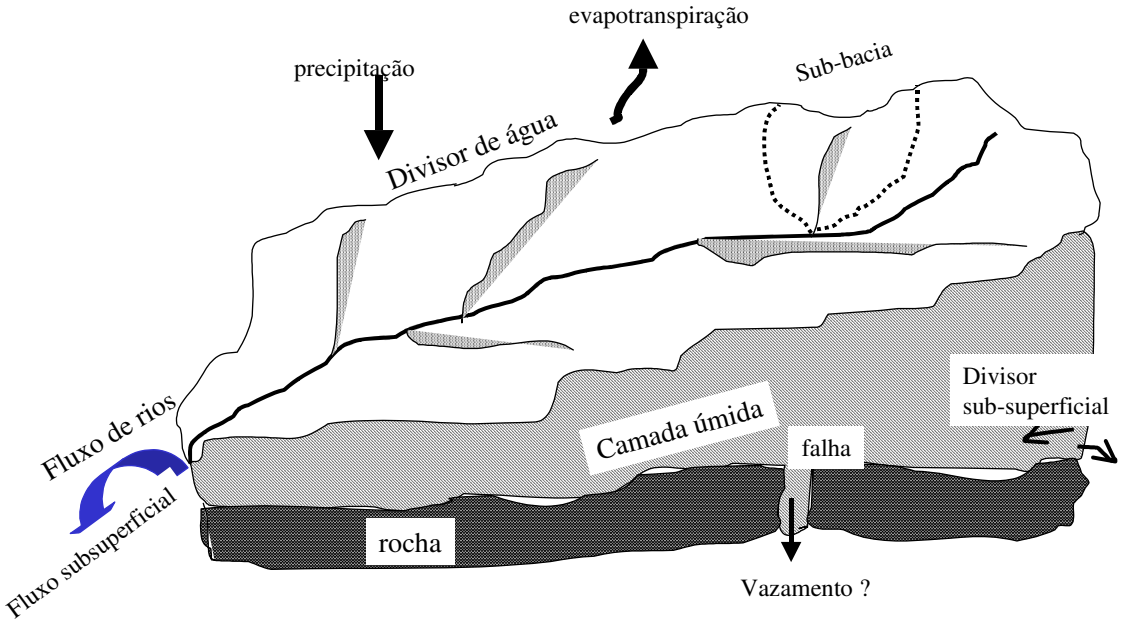


Figura 2.3. Diagrama com os termos essenciais para descrever uma bacia de drenagem e seu balanço de água.

E. Relação entre balanços de água e de energia

Conservação de energia: balanço nulo na superfície

Calor latente de vaporização, L= 586 calorias por grama de água (a 20 ^{o}C) = 2.43 MJ/kg

Aproximadamente 586 vezes a energia requerida para elevar a temperatura de 1 g de água de 1^{o}C

1. 3 formas de energia entram e saem da bacia:
   Energia radiante
   Energia termal advectiva e condutiva de camadas profundas (algumas vezes da chuva)
   Energia Cinética e Potencial da chuva

A equação da continuidade estabelece que:

$$R_n - H - G - LE_t - p = 0$$

INPE ePrint: sid.inpe.br/ePrint@80/2006/08.03.17.53 v1 2006-08-04

R_n é radiação líquida, soma de toda irradiação em ondas curtas e ondas longas, menos a energia em ondas curtas refletida e ondas longas emitida (R_n é normalmente positivo durante o dia e negativo durante a noite)

H é a troca de calor sensível (termal) da superfície com a atmosfera; fluxo para cima, ajudado pela convecção, representando uma perda de energia pela superfície do solo

G é a transferência de calor para o solo: fluxo para baixo é perda, para cima é ganho

LE_t é o calor Latente de Vaporização, produto de L (J/Kg) pela massa evaporada (kg). Et pode ser negativo sob condensação

p representa as conversões químicas de energia em fotossíntese e respiração (desprezíveis do ponto de vista hidrológico, embora biologicamente fundamentais)

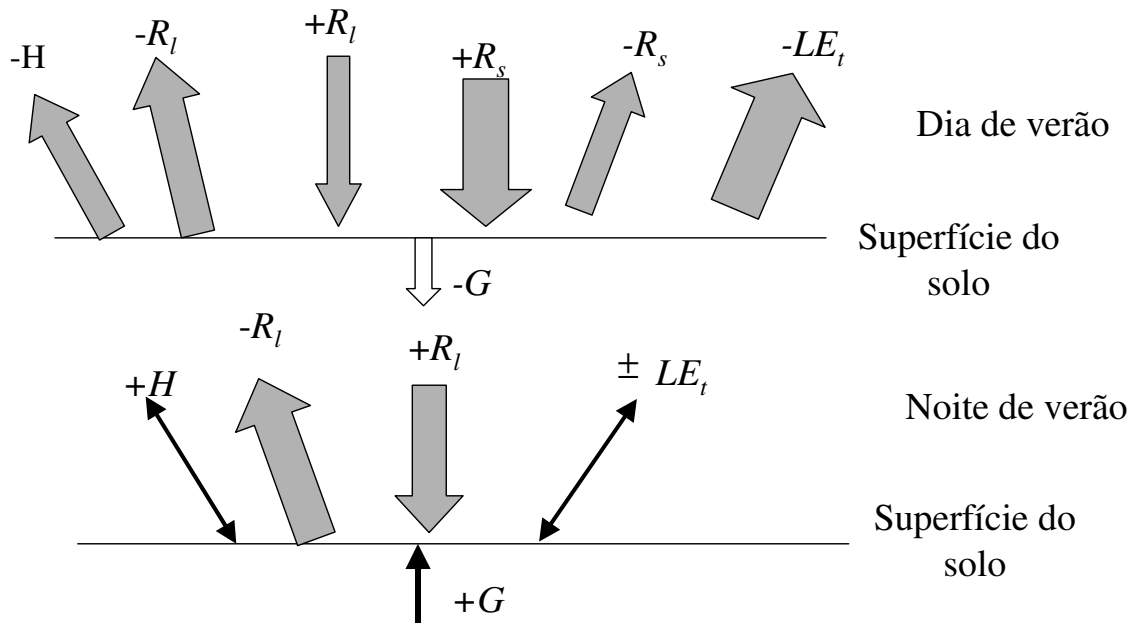


Figura 2.4. Fluxos relativos na superfície do solo no verão durante o dia e durante a noite.

INPE ePrint: sid.inpe.br/ePrint@80/2006/08.03.17.53 v1 2006-08-04

2. Resolvendo o balanço de energia

Somando as equações 2.1 e 2.2 durante vários anos podemos simplificar

$$E_t = P_r - Q$$

negligenciando *p* em 2.2, podemos resolver:

$$E_t = (R_n - H - G)/L \qquad (2.3)$$

de forma que temos:

$$(P_r - Q) \times L = R_n - H - G \qquad (2.4)$$

Medidas dos termos do lado esquerdo constituem o Método do balanço de água, e as medidas do lado direito constituem o chamado Método do balanço de energia.