



Ciclo hidrológico e reciclagem do vapor d'água

A substância água é indispensável à vida na Terra e faz parte de cerca de três quartos da estrutura dos animais e vegetais. Na natureza, ela pode ser encontrada nos estados sólido, líquido e gasoso. As regiões glaciais do globo terrestre comportam grande volume de água na forma de gelo. Oceanos e mares são os principais reservatórios de água na forma líquida e cobrem três quartos da superfície do planeta Terra. O vapor d'água é armazenado na atmosfera e transportado pela circulação geral.

A mudança de fase da água da forma líquida para a forma de vapor, também chamada evaporação, consome energia que é armazenada na forma de calor latente e liberada quando ocorre condensação. A energia liberada é utilizada para promover o deslocamento do ar, funcionando como parte do combustível para a formação e intensificação dos sistemas convectivos.

Para compreensão do ciclo hidrológico, pode-se imaginá-lo como tendo início com a evaporação da água da superfície dos oceanos e continentes, acrescida da transpiração das plantas e animais (a esses efeitos combinados dá-se o nome de evapotranspiração). O vapor d'água resultante é transportado pelo movimento atmosférico. Sob determinadas condições, o vapor é condensado, formando as nuvens que, por sua vez, podem resultar em precipitação. A precipitação que ocorre sobre a Terra se dispersa de várias formas. A maior parte fica temporariamente retida no solo próximo de onde caiu e, finalmente, retorna à atmosfera na forma de vapor d'água através da evapotranspiração. Uma parte da água restante escoar sobre a superfície do solo, ou através do solo para os rios, enquanto outra parte, penetrando profundamente no solo, vai suprir o lençol d'água subterrâneo. Esses processos são mostrados esquematicamente na Figura 1.



Figura 1 - Esquema gráfico do ciclo hidrológico no sistema Terra-atmosfera



Num esquema gráfico apresentado por Peixoto & Oort (1992), tem-se a distribuição d'água no globo, considerando-se três reservatórios básicos: oceanos, continentes e atmosfera (Figura 2).

Desta forma, $1.350 \times 10^{15} \text{ m}^3$ de água (cerca de 97% do volume total d'água da hidrosfera), estão contidos nos oceanos, enquanto $33,6 \times 10^{15} \text{ m}^3$ (cerca de 2,4%) se encontram nos continentes, incluindo as regiões glaciais Ártica e Antártica. A atmosfera contém $0,013 \times 10^{15} \text{ m}^3$ ou somente 0,001% do total, percentual este que, embora pequeno, representa um volume em torno de 13 trilhões de metros cúbicos, aproximadamente 29 mil vezes a capacidade do açude Epitácio Pessoa (Boqueirão) localizado no Estado da Paraíba, com capacidade de 450 milhões de metros cúbicos. Sobre os continentes, a água é distribuída em reservatórios secundários, da seguinte forma: regiões glaciais $25 \times 10^{15} \text{ m}^3$; água subterrânea $8,4 \times 10^{15} \text{ m}^3$; lagos e rios $0,2 \times 10^{15} \text{ m}^3$ e, finalmente, na biosfera, $0,0006 \times 10^{15} \text{ m}^3$. O volume de água na forma de gelo polar é expressivo, correspondendo a 1,8% de toda a água contida na hidrosfera. Dada a extensão oceânica, o volume d'água evaporada é, em m^3/ano , aproximadamente 6 vezes a evapotranspiração dos continentes, ao passo que a precipitação representa cerca de 3 vezes a precipitação nos continentes.

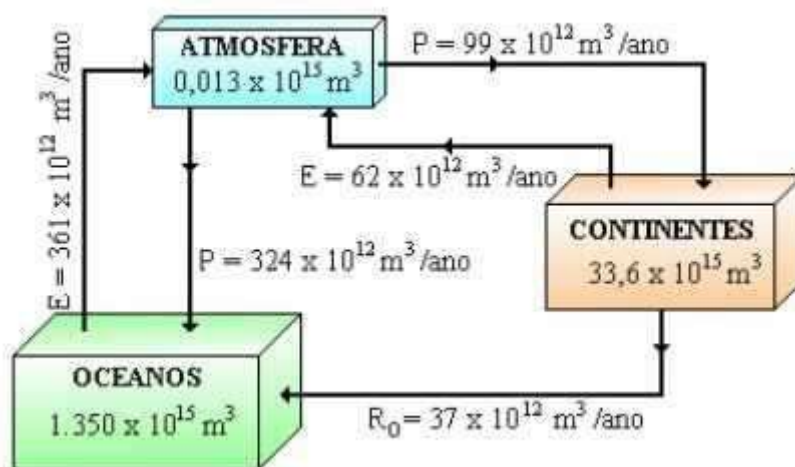


Figura 2 - Volume armazenado d'água nos oceanos, nos continentes e na atmosfera e precipitação pluvial (P), evaporação (E) e "runoff" (R₀). Fonte: Peixoto e Oort (1992)

O transporte d'água na atmosfera constitui componente muito importante do ciclo hidrológico, pois é através deste que grande quantidade de água é levada, na forma de vapor, de uma região para outra. Os oceanos e grandes reservatórios d'água, principais fontes de vapor d'água na superfície da Terra, suprem a atmosfera mediante o processo de evaporação. Os continentes também são afetados por este processo, reduzindo a umidade do solo, até que a precipitação venha repô-la.



O vapor d'água atmosférico, com concentração que varia de 0 a 0,04% do volume total dos componentes do ar, também se constitui num importante gás natural para o efeito estufa, responsável pela manutenção do equilíbrio térmico do planeta.

Segundo Howarth (1983) considerando-se que a água precipitável média global é de 25 mm e que a precipitação média global é de 1.000 mm/ano, verifica-se que o tempo de permanência da água na atmosfera é de aproximadamente 9 a 10 dias. Se o calor latente de condensação for tomado como $2,5 \times 10^6 \text{ J kg}^{-1}$, a quantidade de energia liberada na atmosfera será de aproximadamente $1,28 \times 10^{24} \text{ J ano}^{-1}$, equivalente a 35% da energia solar absorvida pelo sistema terra-atmosfera no mesmo período.

O uso da terra pode afetar a precipitação e a disponibilidade de vapor d'água na atmosfera. A contribuição da evapotranspiração local para a precipitação local é chamada de reciclagem, e portanto, de considerável interesse. As precipitações sobre uma região, essencialmente, provem de duas fontes: 1 – do vapor d'água advectado de uma dada região pela ação dos ventos (P_a) e 2 – pela evapotranspiração local (P_m) susceptível a alterações em superfície (Figura 3). Entre outros, a quantificação desse segundo mecanismo é um indicador da importância dos processos da superfície da terra para o balanço d'água e é também um indicador da sensibilidade climática em relação a esses processos. Portanto, a reciclagem de vapor d'água na atmosfera é um mecanismo de “feedback” climático potencialmente significativo e, desta feita, alterações indevidas em superfície afetam a interação terra-atmosfera e pode contribuir para a manutenção e intensificação de secas.

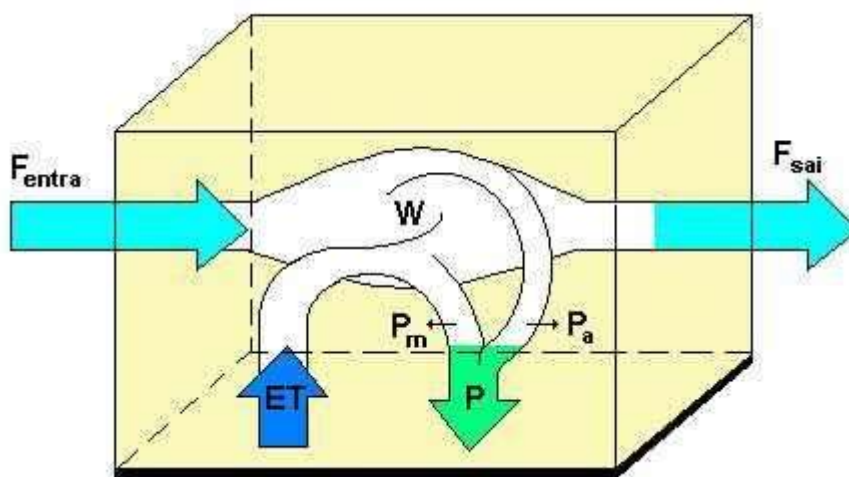


Figura 3 - Reciclagem de vapor d'água na atmosfera.



Referências:

HOWARTH, D.A. Seasonal variations in the vertically integrated water vapor transport fields over the Southern Hemisphere. Monthly Weather Review. AMS, Boston, USA. 111, 1259-1272. 1983.

PEIXOTO, J.P.; OORT, A.H. Physics of climate. New York: American Institute of Physics, 1992. 520 p.