

VARIAÇÃO SAZONAL DA RECICLAGEM DE VAPOR D'ÁGUA NO NORDESTE DO BRASIL

João Hugo Baracuy da Cunha CAMPOS¹, Ranyére Silva NÓBREGA²
Enilson Palmeira CAVALCANTI³, Enio Pereira de SOUZA³

Introdução

Acreditava-se que a água precipitável sobre os continentes tinha como origem a evapotranspiração no próprio continente. Com o início das sondagens atmosféricas, tornou-se possível estudar o comportamento e o transporte do vapor d'água na atmosfera e a influências desses parâmetros no ramo atmosférico do ciclo hidrológico. BENTON *et al.* (1950) criticaram essa idéia ressaltando que movimentos verticais na atmosfera são necessários para produzir precipitação significativa e que como a atmosfera está continuamente em movimento, existe um transporte de grande quantidade de vapor d'água dos oceanos para os continentes, com isso a umidade adicionada na atmosfera pela evapotranspiração pode viajar por grandes distâncias para depois precipitar novamente.

RAO e MARQUES (1984) analisaram as características do vapor d'água sobre o Nordeste do Brasil para um ano chuvoso (1974) e um ano seco (1976). Os resultados apresentados afirmam que o sentido do fluxo na parte leste da região é entrando e na parte oeste saindo. Esse fato ressalta a importância do Oceano Atlântico no fornecimento de vapor d'água para a região.

CAVALCANTI *et al.* (2002) analisaram aspectos da distribuição espacial, da variação interanual da água precipitável, do transporte de vapor d'água e do balanço d'água para a atmosfera da região Nordeste do Brasil para o trimestre março-abril-maio de anos contrastantes (1983 – seco e 1986 – chuvoso). No ano chuvoso a importação de vapor d'água foi de 1,7 mm/dia, enquanto no ano seco foi observada uma exportação de 1,8 mm/dia. Os autores também concluíram que as condições dinâmicas no período chuvoso do norte do Nordeste do Brasil favoreceram a convecção no ano chuvoso, com importação de massa nos níveis baixos e médios, e exportação nos níveis altos; enquanto que no ano seco, ocorreu exportação de massa nas camadas baixas e altas, e importação nas camadas intermediárias, o que inibiu ou reduziu a convecção. Com relação a variação do fluxo de vapor d'água, a componente meridional foi a que apresentou maior variação entre os anos contrastantes, quando no ano chuvoso ocorreu uma redução de 83% do fluxo de vapor d'água na face norte da área estudada, comparando com o ano seco.

Outro aspecto importante diz respeito a reciclagem de vapor d'água na atmosfera. A origem da precipitação dentro de uma região tem como fontes a umidade existente na atmosfera, a convergência de umidade advectada pelo vento e a evapotranspiração da superfície naquela região. A

evapotranspiração depende da disponibilidade de umidade na superfície (BRUBAKER *et al.*, 1993, BURDE e ZANGVIL, 2001), portanto, a contribuição da evaporação local, que pode ser alterada pelas mudanças nas características da superfície, afetam o ramo atmosférico do ciclo hidrológico e pode contribuir para a manutenção e intensificação de secas.

A reciclagem de vapor d'água é definida como a água que evaporada da superfície terrestre, dentro de uma dada região, irá cair novamente como precipitação dentro dessa mesma região. Em outras palavras, a reciclagem de vapor d'água refere-se ao mecanismo de realimentação do sistema Terra-Atmosfera onde uma certa fração da umidade evaporada sobre uma região cai novamente como precipitação na mesma região.

O grau da reciclagem de vapor d'água nas regiões continentais determina o papel hidrológico no clima da região, ou o papel do clima na formação de recursos hídricos. Devido a esta realimentação do vapor d'água é possível verificar se este mecanismo pode contribuir para a persistência e intensificação de secas.

Material e métodos

Considerando a precipitação composta por duas partes: parte devido à contribuição advectiva (P_a) e a parte devido à contribuição local (P_m). Com isso, temos que $P = P_a + P_m$. A razão de reciclagem (ρ) mede a contribuição da evapotranspiração local para a precipitação total sobre a região (BUDIKO, 1974) e é dado por: $\rho = P_m/P$. Segundo TRENBERTH (1999) esse índice pode ser avaliado por

$$\rho = \frac{ET.L}{ET.L + 2F_e} \quad (1)$$

em que F_e é o fluxo, integrado verticalmente, que entra na região, ET é a evapotranspiração e L é um comprimento característico da escala espacial. Para simplificar a avaliação da reciclagem TRENBERTH (1999) escreveu a expressão (1) da seguinte forma

$$\rho = \frac{ET.L}{P.L + 2\bar{F}}; \quad (2)$$

em que P é a precipitação e $\bar{F} = \sqrt{Q_\lambda^2 + Q_\phi^2}$ é o fluxo médio integrado verticalmente. Os termos Q_λ (zonal) e Q_ϕ (meridional) são avaliados por

$$Q_\lambda = \frac{1}{g} \int_{Sup.}^{300} qu \, dp \quad (3)$$

$$Q_\phi = \frac{1}{g} \int_{Sup.}^{300} qv \, dp \quad (4)$$

¹ Aluno do Curso de Graduação em Meteorologia da UFCG, Bolsista CNPq. E-mail: jhugobaracuy@bol.com.br

² Aluno do Programa de Pós-Graduação em Meteorologia da UFCG, Bolsista CAPES.

³ Professor do Departamento de Ciências Atmosféricas da UFCG. E-mail: enilson@dca.ufcg.edu.br

em que g é a aceleração da gravidade, q é a umidade específica, u e v são as componentes do vetor velocidade e dp é um elemento infinitesimal de pressão na vertical. A integração é feita da superfície até o nível de 300 hPa.

A reciclagem foi avaliada com base em dados climáticos de reanálise do NCEP/NCAR (*National Center for Atmospheric Research/National Center for Environmental Prediction*), referente ao período de 1979 a 1998. Maiores informações sobre esses dados consultar KALNAY *et al.* (1996).

Vale ressaltar que dada a dependência de L , ocorre que, para a escala do globo toda precipitação é devido a evapotranspiração e para um ponto toda precipitação é de origem advectiva.

Resultados e discussão

Na Figura 1 tem-se a distribuição da reciclagem de vapor d'água, média do período de 1979 a 1998, para os trimestres: a) dezembro-janeiro-fevereiro, b) março-abril-maio, c) junho-julho-agosto e d) setembro-outubro-novembro. Pode-se observar, para uma escala característica de 500 km, que os valores de reciclagem são relativamente baixos para todos os trimestres estudados. Isso indica que a precipitação na região Nordeste do Brasil é essencialmente de origem advectiva. O abastecimento de vapor d'água para a região é feito a partir do Oceano Atlântico Sul, uma vez que o transporte de vapor d'água sobre essa região se dá, principalmente, de leste para oeste (CAVALCANTI *et al.*; 2002).

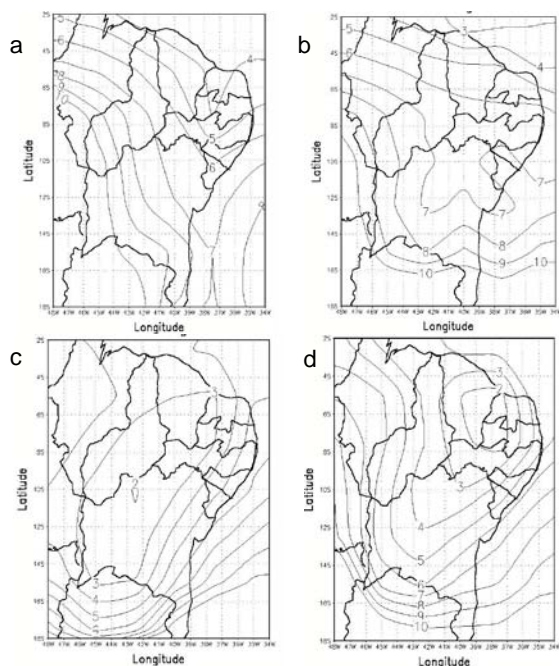


Figura 1. Reciclagem de vapor d'água (%), média de 1979-1998, para os trimestres: a) dezembro-fevereiro, b) março-maio, c) junho-agosto, d) setembro-novembro

Analisando a variação sazonal observa-se que os maiores valores de reciclagem de vapor d'água concentram-se no trimestre março-abril-maio, época de maior ocorrência de precipitação na parte norte da região. Os mínimos valores de

reciclagem de vapor d'água são observados para o trimestre junho-julho-agosto. Os outros trimestres ficam em situação intermediária, sendo que, no trimestre setembro-outubro-novembro os valores são menores que no trimestre dezembro-janeiro-fevereiro.

Quanto a distribuição espacial, em geral, os maiores valores da reciclagem de vapor d'água são observados na parte sul da região, estendendo-se um pouco para a parte oeste da região. Esse fato deve-se aos comportamentos do fluxo de vapor d'água integrado verticalmente que diminui de intensidade em direção ao sul, tendo como consequência a intensificação da reciclagem de vapor d'água que chega a casa dos 10% para uma escala característica de 500 km. Na região Sudeste do Brasil pode-se obter valores da ordem de 30%, considerando essa mesma escala. Evidentemente, caso se considere uma escala maior esses valores aumentarão de intensidade.

Conclusão

Comprova-se que a precipitação da região Nordeste do Brasil é essencialmente de origem advectiva. Para uma escala de 500 km, 90% ou mais da precipitação sobre a região tem como fonte o vapor d'água advectado do Oceano Atlântico Sul. Forte fluxo de vapor d'água integrado verticalmente está relacionado a baixo valor de reciclagem.

Agradecimento

Agradecimento ao CNPq pela bolsa de Iniciação Científica concedida ao primeiro autor.

Referências bibliográficas

- BENTON, G.S.; BLACKBURN, R.T.; SNEAD, V.O. The role of the atmosphere in the hydrologic cycle. *Trans. Am. Geophys. Union.* 31, 61-73. 1950.
- BRUBAKER, L.K.; ENTEKHABI, D.; EAGLESON, P.S. Estimation of continental precipitation recycling. *Journal of Climate.* 6, 1077-1089. 1993.
- BUDIKO, M.I. *Climate and Life.* Academic Press. 508 p. 1974.
- BURD, G.I.; ZANGVIL, A. The estimation of regional precipitation recycling. Part I: Review of recycling models. *Journal of Climate.* 14, 2497-2508. 2001.
- CAVALCANTI, E.P.; GANDU, A.W.; AZEVEDO, P.V. de *Revista Brasileira de Meteorologia.* v.17, n.2 207-217. 2002.
- KALNEY, E.; KANAMITSU, M.; KISTLER, R.; *et al.* The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. *Bulletin of American Meteorological Society.* 77, 3, 347-471. 1996.
- RAO, V.B; MARQUES, V. da S. Water vapor characteristics over Northeast Brazil during two contrasting years. *Journal of Climate and Applied Meteorology Review.* 23, 440-444. 1984.

TRENBERTH, K.E. Atmospheric moisture recycling: Role of advection and local evaporation. *Journal of Climate.* 12, 1368-1381. 1999.