



MEDIÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO NOS CLIMAS SECOS DA PARAÍBA: ASPECTOS ECOLÓGICOS E SUSTENTABILIDADE

Márcia Soares Amorim ¹

Marcos Antônio Mouraes ¹; José Cornélio Silva Júnior ¹

1 - Universidade Federal da Paraíba-Centro de Ciências Aplicadas e Educação, Departamento de Engenharia e meio Ambiente, Rua da Mangueira, s/n, 58297 - 970, Rio Tinto, Paraíba, Brasil. <fone:(83)9937251 > amorim.marciasoares@gmail.com

INTRODUÇÃO

Uma revisão Bibliográfica

As paisagens brasileiras comportam uma estrutura regional, do ponto de vista fitoecológico, que corresponde às áreas de contato e de transição entre as áreas *core* (Ab'saber, 2005) do domínio morfoclimático e fitogeográfico da região nordeste. Esse mosaico de domínios paisagístico e a faixa de contato que constituem um modelo paisagístico singular. A Paraíba tem mais de 90% do seu território, de climas semi - árido e subúmido seco que estão presentes (Amorim *et al.*, 2008). O clima é um dos elementos mais importantes na formação dos quadros naturais. Resultam em fatores como latitude, relevo e os movimentos de massas de ar; tornando o clima da região bastante complexo (Cunha & Guerra, 1998). A distribuição desigual de chuvas é influenciada pelo relevo, o planalto da Borborema, atua como obstáculo das massas de ar quente e carregado de umidade do oceano atlântico que são levados pelos ventos alísios de sudeste (Ayoade, 2006). A Caatinga (do Tupi, mata branca) é um bioma que cobre grande parte do nordeste do Brasil. Sua área abrange cerca de 735.000 km² (Leal *et al.*, 2005) em um mosaico de arbusto espinhosos, que compreende uma das paisagens do semi - árido da América do Sul (Ab'saber, 2005). Cercado por regiões mesofílicas da floresta amazônica e floresta atlântica, localizada em regiões aplainadas (Leal *et al.*, 2005). Durante a época de seca ela fica esbranquiçada, praticamente sem folhas e só volta ser verde quando chove. A média pluviométrica anual é inferior a 800 mm. A maior parte da precipitação é em forma de chuva representada por 50 a 70% que se concentra em três meses consecutivos de março a maio. Contudo é a ausência de chuva que determina a estação seca, que caracteriza a região (Leal *et al.*, 2005).

As principais adaptações das plantas xerófitas, no semi - árido (Kelneth *et al.*, 1992) encontram - se basicamente folhas pequenas e espessas com uma camada de cera e os estômatos "são vistos" na parte abaxial das folhas, isso significa uma resposta de resistência à seca. A vegetação da Família da Crassulaceae é um exemplo desse fato; es-

sas plantas assimilam CO₂ durante a noite, quando os estômatos estão abertos, pois durante o dia estes estômatos fechados evita a transpiração intensa e ao mesmo tempo em que aproveita o CO₂ (Barreto & Barbosa, 2001).

Na hidrologia, o conhecimento da perda de água em correntes, canais, reservatórios, bem como, a transpiração dos vegetais, tem muita importância no balanço hídrico de uma bacia hidrográfica e em geral no ciclo hidrológico (Carvalho & da Silva, 2006). Cerca de 70% da quantidade de água precipitada sobre a superfície terrestre retorna à atmosfera pelos efeitos da evaporação e transpiração (Studart, 2006), sendo dois processos de fundamental para a hidrologia.

Informações quantitativas desse processo são usadas na resolução de inúmeros problemas envolvendo manejo d'água, especialmente nas aplicações da meteorologia e da hidrologia às diversas atividades humanas (Tucci & Beltrame, 2001). No entanto, essas informações não existem em grande quantidade, onde apenas são baseadas em questões empíricas e princípios físicos com alternativas de suprir a esta necessidade.

OBJETIVOS

Neste artigo serão discutidos os conceitos básicos de evaporação e transpiração, além das grandezas características da evaporação, instrumentos de medidas do poder evaporante da atmosfera, a evaporação em solo sem vegetação e os seus casos, medidas da transpiração, resultados das medidas de transpiração e suas variações.

Dessa forma trazendo informações de parte de um processo fundamental na manutenção do ciclo hidrológico e nos recursos hídricos.

MATERIAL E MÉTODOS

As informações adquiridas sobre evapotranspiração foram levantadas através de revisão bibliográfica, onde se buscaram dados principalmente sobre adaptações de plantas

xerófitas, desertificação, transpiração, medição de evaporação, hidrologia, irrigação, drenagem, gestão dos recursos hídricos e fatores relacionados com a botânica. Foi dado enfoque para os climas secos do semi - árido nordestino brasileiro.

O levantamento e obtenção de referências e compilações dos dados foram feitas através de literatura específica sobre evaporação e evapotranspiração. Onde se utilizou palavras chaves, sinônimas e nomes em inglês.

Ciclo Hidrológico:

Devido a fatores geográficos, econômicos e também climáticos, a comunidade popular sentiu - se a necessidade em adotar reservatórios naturais e artificiais como forma de acumular água para o abastecimento, irrigação, para a energia e entre outros fins (Agostinho, 2007). A facilidade do escoamento superficial e baixa capacidade de infiltração da água no solo, e as características dos escudos cristalinos possibilitando construção de números expressivos de açudes e barragens no semi - árido nordestino, estimado em mais de 70 mil que representa cerca de 30 bilhões de metros cúbicos de água. Representa a maior reserva superficial de água acumulada artificialmente em regiões semi - árida do planeta. Apenas 30% do volume são utilizadas e abastecidas pelas comunidades da região (Suassuna, 2002).

De maneira geral, a evaporação e transpiração ocorrem quando a água líquida é convertida para vapor de água e transferida para a atmosfera. Esse processo de evaporação só ocorre naturalmente com o ingresso de energia do sistema proveniente do sol, da atmosfera (Tucci & Beltrame, 2001). Dá - se o nome de evaporação ao conjunto dos fenômenos físicos que transformam em vapor a água precipitada sobre a superfície do solo e a água dos mares, dos lagos, dos rios (Tucci & Beltrame, 2001). E chama - se transpiração o processo de evaporação decorrente de ações fisiológicas dos vegetais, por meio de suas raízes, os vegetais retiram do solo a água necessária às suas atividades vitais, restituindo parte dela à atmosfera em forma de vapor, que concentra na superfície das folhas (Garcez & Alvarez, 1988).

Evapotranspiração é o total de água perdida para a atmosfera em áreas onde significativas perdas de água ocorrem através da transpiração das superfícies das plantas e evaporação do solo (Carvalho; da Silva, 2006).

Existem conceitos distintos de evapotranspiração que devem ser observados:

Evapotranspiração Potencial (Etp): perda de água por evaporação e transpiração de uma superfície natural tal que esteja totalmente coberta e o conteúdo de água no solo esteja próximo à capacidade de campo;

Evapotranspiração de Referência (Eto): perda de água de uma extensa superfície cultivada com grama, com altura de 0,08 a 0,15m, em crescimento ativo, cobrindo totalmente o solo e sem deficiência de água.

Evapotranspiração Real ou Atual (Etr): perda de água por evaporação e transpiração nas condições reinantes (atmosféricas e de umidade do solo).

Os fatores que intervêm na evaporação podem ser agrupados em duas categorias distintas: os relativos à atmosfera ambiente que caracterizam o estado da atmosfera na vizinhança da superfície evaporada onde estão relacionados ao poder evaporante da atmosfera, e os referentes à superfície

evaporante, que mostra o estado da própria superfície evaporante e sua aptidão para alimentar a evaporação (Garcez & Alvarez, 1988).

Entre os fatores podem ser citados: Radiação Solar; Temperatura de Superfície; Temperatura e Umidade do Ar; Vento e Aspectos Fisiológicos.

Medição da evaporação:

Existem avaliações diretas que permitem medir as taxas de evaporação em pequenas superfícies de água calma (evaporímetros), ou em superfícies úmidas de papel de filtro (evaporímetro de Piche) ou de porcelana porosa (atmômetro *Livingstone*) (Garcez & Alvarez, 1988).

Evaporímetros são recipientes achatados em forma de bandeja de seção circular ou quadrados que são cheios de água até uma determinada altura. O instrumento tem com dimensão 121 cm de diâmetro interno e 25,5 cm de profundidade. Deve ser instalado sobre um estrado de madeira, de 15 cm de altura, cheio de água até 5 cm da borda superior. O nível da borda não deve abaixar mais 7,5 cm da borda superior, isto é, não deve ser permitida variação maior que 2,5 cm (Carvalho & da Silva, 2006). O tanque de evaporação Classe A tem a finalidade de determinar a quantidade de água evaporada, que se evapora de acordo com as condições atmosféricas reinantes. A variação de nível de água é determinada através de um parafuso micrométrico ou tubo de vidro graduado (Estação Hidrometeorológica do CRHEA, 2008). O Tanque Classe A é um modelo mais usado no ocidente e adotado no Brasil (Agostinho, 2007).

Tanque Russo ou Padrão determina a quantidade de água evaporada é um recipiente cilindro metálico de 5 m de diâmetro por 2 m de altura cheios de água, é medida em mm de água. Evapora de acordo com as condições atmosféricas a manutenção do tanque é semelhante a do Tanque Classe A que deve manter entre 3 a 8 cm da borda superior. A reposição da água deve ser feita se estiver a 8 cm abaixo da superior (Estação Hidrometeorológica do CRHEA, 2008).

Evaporímetro Piche consiste em um tubo de vidro em formato de cilindro de 25 cm de comprimento com 1,5 cm de diâmetro (Garcez & Alvarez, 1988). O tubo é fechado na parte superior e a parte inferior é tampada com papel filtro. O instrumento é preenchido por água destilada e essa água se evapora sucessivamente pela folha de papel filtro, a redução do nível de água no tubo torna possível calcular a taxa de evaporação (Garcez & Alvarez, 1988). Sua finalidade é determinar a capacidade evaporativa do ar; ele é instalado dentro do abrigo termométrico (Estação Hidrometeorológica do CRHEA, 2008).

Lisímetros são aparelhos constituídos de um reservatório de solo, volume mínimo 1 m, provido de um sistema de drenagem e instrumentos de operação (medidores, válvulas, etc.) (Garcez & Alvarez, 1988). Conhecido também como evapotranspirômetros e a evapotranspiração é obtida por meio do balanço hídrico neste sistema de controle. O solo recebe a precipitação, e é drenada para o fundo do aparelho onde a água é coletada e medida (Carvalho & da Silva, 2006).

RESULTADOS

Diversos pesquisadores de outras áreas como os botânicos,

os agrônomos e os silvicultores tem dado ênfase os processos transpiração dos vegetais, principalmente para determinar as necessidades de água em culturas de irrigação. Estudo realizado com milho (*Zea mays*) verificou que 98% da água absorvida são evaporadas pelo vegetal e 1,8% é retida na planta e somente 0,2% é usada na fotossíntese (Antonino *et al.*, 000)

Transpirações diurnas estão ligadas as variações de temperatura, umidade e a relação direta da intensidade luminosa. A transpiração varia o dia inteiro até o por do sol. Assim, temos uma aproximação e uma relação com os atmômetro de porcelana porosa. Basicamente, a variação noturna praticamente não varia devido o fechamento dos estômatos, sendo reiniciado com o nascer do sol. Devemos levar em consideração cada espécie que tem comportamento particular diferente nestes aspectos. Um processo físico da transpiração é considerado um único fator da evapotranspiração que coordena o controle biológico e fisiológico. As variações estão diretamente relacionadas com as atividades vegetativas da planta e o poder de evaporação da atmosfera. As variações de transpiração dependem diretamente do clima e das estações do ano e também da morte programada das plantas (assim chamada da botânica).

No período de crescimento das plantas em meses quentes, a transpiração varia como a evaporação. Já nos meses frios com a queda das folhas e as mortes anuais do vegetal, transpiração praticamente pára, ao passo que evaporação continua, ainda que, reduzida o poder da evaporação da atmosfera.

Curiosamente, o período de maior evaporação das plantas corresponde ao seu período de maior crescimento (formação do lenho), já que a planta sempre está em fase de crescimento. A influência da umidade do solo ressalta quando as plantas são alimentadas de modo suficiente. As variações dos níveis de transpiração em função dos lençóis freáticos são semelhantes à evaporação do solo desprotegido pela vegetação em função também da pluviosidade.

A transpiração em forma de vapor; as plantas evoluíram para uma vantagem de absorver CO₂ da atmosfera, um processo fisiológico muito importante para vida vegetal. Em consideração a esse, a vida terrestre é um processo aparentemente seco em relação ao ambiente terrestre. Portanto, susceptível a uma verificação da vantagem seletiva da transpiração.

CONCLUSÃO

A agricultura de subsistência (geralmente milho e feijão) é a atividade econômica mais importante nesta região e a disponibilidade de água é o principal obstáculo para a produção agrícola (Antonino *et al.*, 2000). A área inclui uma grande variedade de sistemas agrícolas, resultantes de diferentes solos, topografias e padrões de chuva. Outra característica regional é a extrema variabilidade das condições climáticas fazendo com que, em alguns anos, o suprimento de água às plantas seja suficiente para atingirem altas produtividades, enquanto em outros anos pode levar à perda total das colheitas.

A evaporação varia de 1000 mm/ano no litoral da Bahia a Recife, atingindo 2000 mm/ano no interior, sendo que

na área de Petrolina (Pernambuco) chega a 3000 mm/ano. Esses dados estão confirmados por Molle (1989) em pesquisa realizada com base em dados de 11 postos distribuídos no semi - árido e séries variando entre 8 a 25 anos, na qual a evaporação medida em tanque classe A, a média anual se aproxima de 3 metros, variando entre 2.700 a 3.300 mm, sendo que os valores mais elevados ocorrem nos meses de outubro a dezembro e mínimos de abril a junho.

Aliada a essa escassez apresenta - se também, restrições relativas à qualidade da água nos açudes, principalmente quanto à salinização das águas acumuladas, o que gera prejuízo nas culturas e nos terrenos a jusante, além de comprometer o consumo humano. Estima - se que um terço dos açudes do Departamento Nacional de Obras de Combate à Seca (DNOCS) apresente esse problema em seus perímetros irrigados (Suassuna, 2002).

O conhecimento dos mecanismos físicos e biológicos que regulam a disponibilidade hídrica possibilita o melhor aproveitamento da água de forma sustentável ecologicamente, atendendo as necessidades do ecossistema do consumo humano, e da agricultura.

A divulgação desse tipo de conhecimento na Paraíba pelos órgãos e entidades interessadas no desenvolvimento do semi - árido nordestino, faz - se necessário para axilar o pequeno e médio produtor rural, que usa suas terras de forma incorreta, pois não dispõe de nenhuma orientação técnica qualificada, empregando técnicas rústicas no prepara do solo e na manutenção da lavoura e, quando dispõe de recursos financeiros para a irrigação não a faz da maneira correta provocando sérios danos ao solo, tornando - o mais salino pela irrigação excessiva.

”Agradecemos as ajudas valiosas dos professores Mc. Anderson Santos e Dr. Bartolomeu Israel, pelas incansáveis dicas.”

REFERÊNCIAS

- Ab'saber, A. N. 2005.** Os domínios de Natureza no Brasil. 3 ed. São Paulo: Ateliê Editorial., p. 12 - 83. </br >
- Agostinho, L. L. F 2007.** Redução da evaporação em tanques de 20m² por filmes Monomoleculares de hexadecanol e suas influências na qualidade da água. Fortaleza, 54p. </br >
- Amorim, M. S.; Rodrigues, K. C.; Mouraes, M. A & Silva Júnior, J. C. 2008.** Medição da evapotranspiração nos climas secos da Paraíba: Aspectos ecológicos. UFPB. In: *II SEMILUSO*: Livros de resumos. João Pessoa: Editora Universitária UFPB. 26 a 28 jun. João Pessoa, PB. </br >
- Antonino, A. C. D.; Sampaio, E. V. S. B.; Dall'olio, A. & Salcedo, I. H. 2000.** Balanço hídrico em solo com cultivo de subsistência no semi - árido do nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 4, n.1, p.29 - 34,. Campina Grande, PB, DEAg/UFPB. </br >
- Ayoade, J. O. 2006.** Introdução à climatologia para os trópicos. Trad. Maria Juraci Zani, 11^a ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. </br >

- Barreto, A. F. & Barbosa, J. K. A. 2001.** Mecanismo de resistência à seca que possibilita a produção em condições do semi - árido nordestino. Universidade Federal da Paraíba. Publicada em Petrolina (PE). In: *3º Simpósio Brasileiro de Captação de Água Chuva no Semi - árido*. 21 a 23 nov. </br >
- Carvalho, D. F. & da Silva, L. D. B. 2006.** Capítulo 6: evaporação e evapotranspiração: hidrologia, p. 81 - 94. </br >
- Cunha, S. B. & Guerra, A. J. T. (orgs).** Geomorfologia do Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 1998, p. 190 - 241. </br >
- De Oliveira, M. B. L.; Manzi, A. O.; Correia, M. de F.; Santos, A. J. B.; Alvalá, R. C. dos S. & Moura, M. S. B. 2006.** Trocas de energia e fluxo de carbono entre a vegetação de caatinga e atmosfera no nordeste brasileiro. *Revista Brasileira de Meteorologia*. v. 21. n. 3b, 378 - 386. </br >
- Fotossítese da crassulaceae.** Disponível em: <http://www.herbario.com.br>. Acesso em: 10 de abr. 2008. </br >
- Garcez, L. N. & Alvarez, G. A. 1988.** Hidrologia. São Paulo: Edgard Blucher., p. 177 - 209. </br >
- Leal, I. R.; da Silva, J. M. C.; Tabarelli, M. & Lacher JR, T. 2005.** Changing the course of biodiversity conservation in the Caatinga of northeastern Brazil. *Conservation Biology*, Inglaterra, v. 19, n. 3, p. 701 - 706. </br >
- Kelnneth, S.; Hare; Andrew; Warren; Judith; Maivels, C.; Kates, R.W.; Johnson, D. L.; Johnson, K.; Harinj & Garduño, M. A. 1992.** Desertificação: Causas e Consequências. Tradução de Henrique Barros Ario Lobo de Azevedo. Lisboa: Fundação Caulouste GulbenKian., p. 124 - 138. </br >
- Molle, F. 1989.** Perdas por evaporação e infiltração em pequena açudes. Série Brasil. SUDENE. Hidrologia. Recife, série 25, p. 11 - 70. </br >
- Oliveira, A. L. L. 1997.** Ciclo Hidrológico e Bacia Hidrográfica. In: Tucci, C. E. M.; Beltrame, L. F. S. Evaporação e evapotranspiração. 2 ed. Porto Alegre: Editora da Universidade, p. 255 - 270. </br >
- Studart, T. M. C 2006.** Capítulo 7: evaporação e evapotranspiração: hidrologia. agosto. CD - ROM. Notas de aula. Disponível em: <http://www.deha.ufc.br/ticianagraduação.html>. Acesso em: 12 abr. 2008. </br >
- Suassuna, J. 2002.** Semi - árido: Proposta de Convivência a seca. Fundação Joaquim Nabuco. </br >
- Tucci, C. E. M. & Beltrame, L. F. S. 2001.** Evaporação e evapotranspiração. In: Tucci, C. E. M. Hidrologia: ciência e aplicação. Porto Alegre: UFRGS, 943 p. </br >
- Estação Hidrometeorológica do Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada (CRHEA).** Visita à Estação do Broa. Disponível em: [http://albatroz.shs.eesc.usp.br/ew/SHS - 403/1 _semestre/aula _13 _broa.PDF](http://albatroz.shs.eesc.usp.br/ew/SHS-403/1_semestre/aula_13_broa.PDF). Acesso em: 29 mai. 2008.