Caracterização Climática e Determinação da Necessidade Hídrica de Culturas do Sítio-Específico de Precisão de Sete Lagoas para a Fenotipagem de Genótipos de Cereais Tolerantes à Seca [1]

Reinaldo L. Gomide [2], Paulo E. P. de Albuquerque [2], Camilo de L. T. de Andrade [2], Frederico O. M. Durães [2] e João H. M. Viana [2]

[1] Pesquisa financiada pelo projeto The Generation Challenge Program (GCP) – SP1, Drought Phenotyping Network (DPN) Project 2005-2007 – Embrapa Milho e Sorgo.
[2] Pesquisadores Seniors, Embrapa Milho e Sorgo, PhD e DSc, Caixa Postal 151, 35701-970 Sete Lagoas, MG, E-mail: gomide@cnpms.embrapa.br.

Palavras-Chave: Evapotranspiração potencial, balanço hídrico, deficiência hídrica, temperatura e umidade relativa do ar, precipitação.

INTRODUÇÃO

Um dos principais desafios dos programas de melhoramento é gerar genótipos altamente produtivos que tenham tolerância ao estresse abiótico de seca, que é a maior fonte de instabilidade de produção de grãos. Informações sobre característica climática, défice hídrico e necessidade hídrica de culturas são importantes nos processos de adaptação de germoplasmas a ambientes adversos ou desfavoráveis. Caracterizar o *estresse hídrico* tem-se tornado um tema importante para selecionar genótipos de plantas mais resistentes ao défice hídrico, desde que se obtenham métodos eficientes de quantificar esse défice e seu efeito no crescimento e desenvolvimento de plantas (Merva, 1995). Medidas diretas de parâmetros de plantas, associadas com algumas medidas de água no solo e microclimáticas, em nível de superfície, tais como temperatura e umidade relativa do ar, défice de pressão de vapor d'água do ar, radiação solar e velocidade do vento, podem ser a alternativa para um melhor conhecimento da deficiência hídrica das culturas, auxiliando a seleção de genótipos melhor adaptados às condições limitantes de água e o controle de reposição parcial da necessidade hídrica das culturas (Gomide et al., 2005).

O objetivo deste trabalho foi efetuar a caracterização climática e a determinação da necessidade hídrica de culturas com normais climatológicas provenientes de uma série de 45 anos de dados (1960 a 2005) de uma estação climática padrão, localizada próximo ao sítio-específico de precisão de Sete Lagoas, visando os estudos de fenotipagem de genótipos de cereais para tolerância à seca.

MATERIAL E MÉTODOS

A área do sítio-específico de precisão de Sete Lagoas é de 13,47 ha e faz parte da rede de fenotipagem para avaliação e caracterização de genótipos de cereais e legumes tolerantes à seca e nitrogênio, estando localizada na Embrapa Milho e Sorgo, região central do Estado de Minas Gerais e apresentando coordenadas geográficas e altitude de 19° 27' 17,04167" latitude sul, 44° 10' 22,71995" longitude oeste e 731,214 m, respectivamente. A caracterização do clima do sítio foi realizada com base nas normais climatológicas provenientes de uma série de dados da estação climática padrão, desde o ano de 1960 até 2005 (45 anos), localizada na Embrapa Milho e Sorgo, pertencente ao 5º Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Os parâmetros utilizados na caracterização climática foram

temperatura e umidade relativa do ar, precipitação total, evapotranspiração potencial e velocidade de vento.

A evapotranspiração potencial (ETp) ou evapotranspiração de referência (ETo) foi estimada pelo método combinado de Penman-Monteith, considerando o caso de uma cultura hipotética de referência, atendendo tanto à definição original de ETp de Penman quanto ao conceito de ETo da FAO (Smith, 1991; Allen et al., 1998) pela seguinte equação:

$$ETo = \frac{\delta}{\delta + \gamma^*}(R_n - G)\frac{1}{\lambda} + \frac{\gamma}{\delta + \gamma^*}\frac{900}{T + 275}U2\left(e_a - e_d\right)$$

em que, ETo é a evapotranspiração de referência da cultura hipotética, mm d^{-1}; Rn é o saldo radiação, MJ m^{-2} d^{-1}; G é o fluxo de calor no solo, MJ m^{-2} d^{-1}; T é a temperatura do ar, ^oC; U_2 é a velocidade do vento a 2 m de altura, m s^{-1}; (e_a - e_d) é o déficit de pressão de vapor do ar, kPa; δ é a declividade da curva de pressão de vapor de saturação, kPa $^oC^{-1}$; λ é o calor latente de evaporação da água, MJ kg^{-1}; γ^* é a constante psicrométrica modificada, kPa $^oC^{-1}$ (=1 + 0,33 U_2) e 900 é o fator de conversão kJ^{-1} kg K.

O balanço hídrico climatológico da área do sítio foi realizado com base no método de Thornthwaite e Mather (Sentelhas et al., 1999) por meio da contabilização de água no solo, ou seja, medição da quantidade de água que entra e sai desse solo. As entradas são representadas pela precipitação, irrigação, orvalho, escoamento superficial, drenagem lateral e ascensão capilar e as saídas ou perdas representadas pela evapotranspiração (ET), escoamento superficial, drenagem lateral e drenagem profunda. Considerando-se que o orvalho representa uma contribuição com ordem de magnitude muito pequena (no máximo 0,5 mm/dia), que as entradas e perdas por escoamento superficial e drenagem lateral tendem a se compensar, o balanço hídrico pode ser expresso da seguinte maneira (Sentelhas et al., 1999):

$$\pm \Delta Arm = P + I - ET + AC - DP$$

A precipitação (P) e a irrigação (I), responsáveis pela quantidade de água recebida pelo solo, normalmente, podem ser medidas de maneira mais fácil; já a ascensão capilar (AC), comum em períodos secos, e a drenagem profunda (DP), mais comum em períodos extremamente chuvosos, demandam um conhecimento de física dos solos para a sua determinação. É necessária efetivamente a determinação da variável evapotranspiração (ET) para que se possa conhecer a disponibilidade hídrica do solo, ou seja, o seu armazenamento (Arm). A variação no armazenamento de água do solo é representada por "ΔArm".

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A classificação do clima do sítio-específico de precisão de Sete Lagoas, segundo Köeppen é Cwa, ou seja, clima de savana, com inverno seco e verão úmido com chuva. A Figura 1 mostra a variação da média mensal de temperatura máxima, média e mínima do ar (T Max, T Méd e T Min, respectivamente), em ^oC. Verifica-se que a temperatura média anual (dos últimos 45 anos) é de 21,1°C e a amplitude térmica está em torno de 6º C. Os valores de temperatura média mais baixos são de aproximadamente 11,5 °C, registrados nos meses de Junho e Julho (meses mais frios). As maiores temperaturas são na faixa de 28,5 a 30 ^oC e ocorrem nos meses de Janeiro a Março e Outubro a Dezembro (verão). Os valores de desvio padrão da média mensal de temperatura máxima, média e mínima do ar foram baixos e estiveram sempre abaixo de 1,6 ^oC.

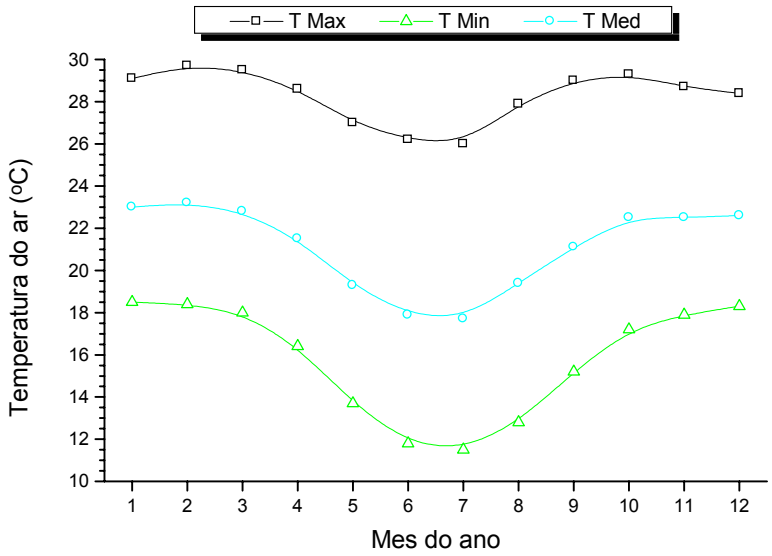

Figura 1. Variação da média mensal de temperatura máxima, média e mínima do ar (T Max, T Méd e T Min, respectivamente), em ^{o}C, no sítio-específico de precisão de Sete Lagoas, MG (Dados de normais climatológicas de 45 anos- 1960 a 2005).

A variação da média e do desvio padrão mensal de umidade relativa do ar (UR e DP UR, respectivamente), em %, são apresentados na Figura 2. Observa-se que agosto e setembro são os meses mais secos com valores de UR do ar de 57,6 e 58,8 %, respectivamente. Em Janeiro, Fevereiro, Março e Dezembro são verificados os maiores valores de UR do ar (76,2; 74,3; 74,8; e 76,7 %, respectivamente). A maior dispersão dos dados de UR do ar em torno das médias foi observada em agosto e setembro, meses mais secos. A Figura 3 mostra a variação da média e do desvio padrão mensal de precipitação total (P Total e DP P Total, respectivamente), em mm, no sítio-específico de precisão de Sete Lagoas, MG. A estação seca se estende de maio a setembro, período em que são registrados os menores valores médios de precipitação total (26,2; 9,2; 11,4; 10,5; e 40,5 mm, respectivamente). Os maiores valores médios de P Total foram de 289,2; 176,7; 150,6; 227,4; e 287,1 mm, registrados nos meses de Janeiro, Fevereiro, Março, Novembro e Dezembro, respectivamente (estação chuvosa). A precipitação pluvial total média anual é de 1384 mm.

A variação da média e do desvio padrão mensal de evapotranspiração potencial determinada pelo método de Penman-Monteith (ETp PM e DP ETp PM, respectivamente), em mm, encontra-se na Figura 4. Os maiores valores médios mensais de ETp PM (demanda hídrica da cultura) foram de 139,4; 131,9; 130,3; 130,2; 141,3; 132,8; e 132,6, registrados nos meses de Janeiro, Fevereiro, Março, Setembro, Outubro, Novembro e Dezembro, respectivamente. Os meses de menor demanda hídrica da cultura foram os de maio, junho e julho, com ETp PM de 94,9; 82,4; e 92,2 mm, respectivamente. Em termos de média diária, a ETp PM, se apresenta menor em junho, com média diária de 2,7 mm, e maior em outubro, cuja média diária atinge 4,7 mm. A menor dispersão dos dados de ETp PM em torno das médias foi observada nos meses de menor demanda hídrica da cultura (maio, junho e julho) conforme pode ser constatado pelos valores do desvio padrão mensal de evapotranspiração potencial (DP ETp PM).

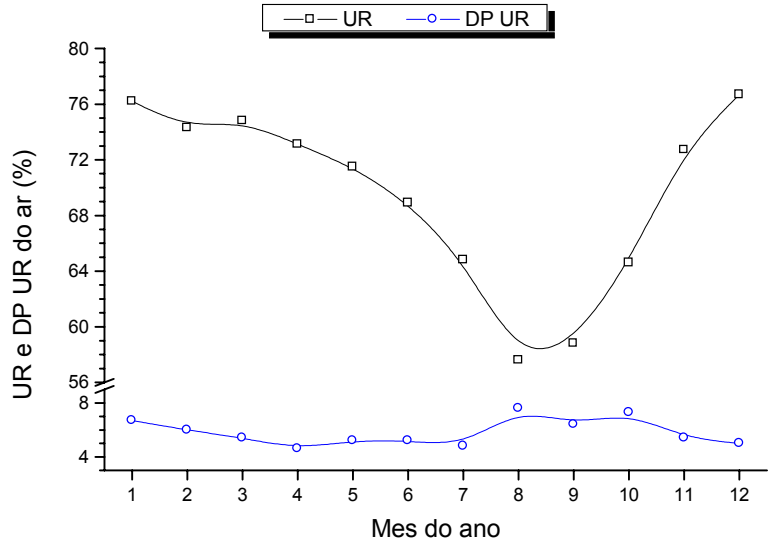

Figura 2. Variação da média e do desvio padrão mensal de umidade relativa do ar (UR e DP UR, respectivamente), em %, no sítio-específico de precisão de Sete Lagoas, MG (Dados provenientes de normais climatológicas de 45 anos - 1960 a 2005).

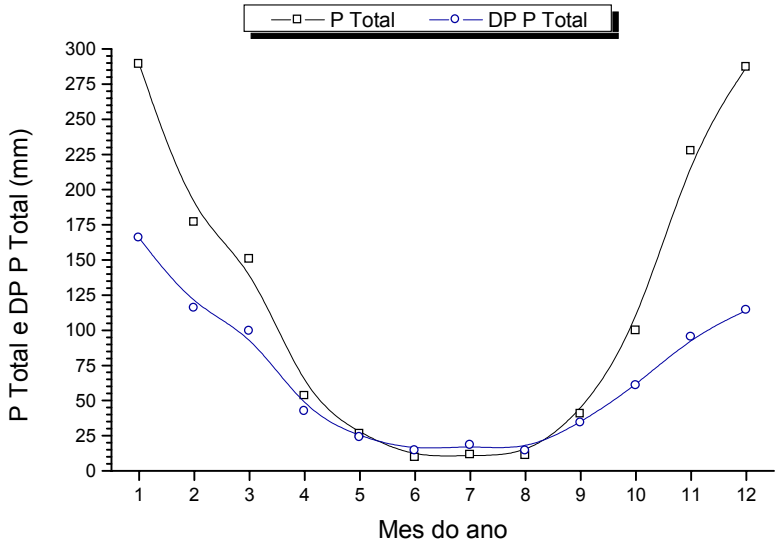

Figura 3. Variação da média e do desvio padrão mensal de precipitação total (P Total e DP P Total, respectivamente), em mm, no sítio-específico de precisão de Sete Lagoas, MG (Dados provenientes de normais climatológicas de 45 anos - 1960 a 2005).

A variação da média e do desvio padrão mensal de velocidade de vento (V. Vento e DP V. Vento, respectivamente), em m/s, encontra-se na Figura 5. Observa-se um aumento da velocidade do vento a partir de junho, sendo o mês de setembro o que apresenta ventos mais intensos (da ordem de 2 m/s). Os meses de março a maio apresentam as mais baixas velocidades de vento.

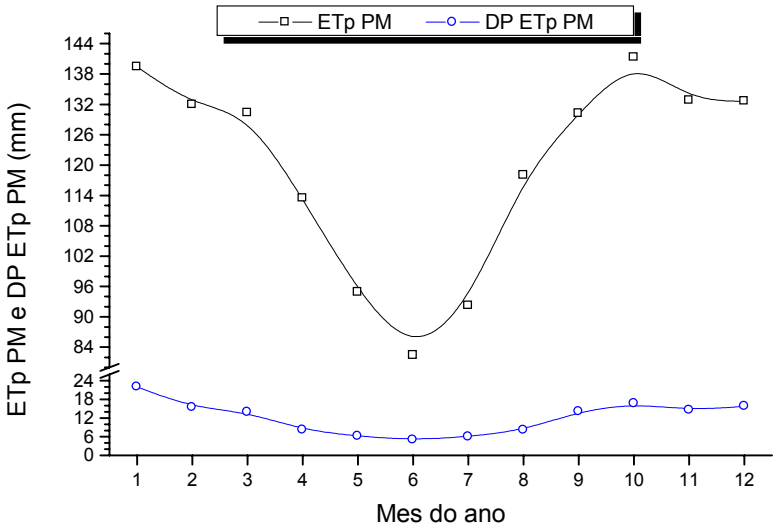

Figura 4. Variação da média e do desvio padrão mensal de evapotranspiração potencial determinada pelo método de Penman-Monteith (ETp PM e DP ETp PM, respectivamente), em mm, no sítio-específico de precisão de Sete Lagoas, MG (Dados de normais climatológicas de 45 anos - 1960 a 2005).

O balanço hídrico climatológico é uma das maneiras de se monitorar a variação do armazenamento de água no solo, sendo uma ferramenta útil para zoneamento agroclimático e conhecimento da demanda potencial de água das culturas, do regime hídrico dos solos e disponibilidade hídrica de uma região de um grupo de culturas.

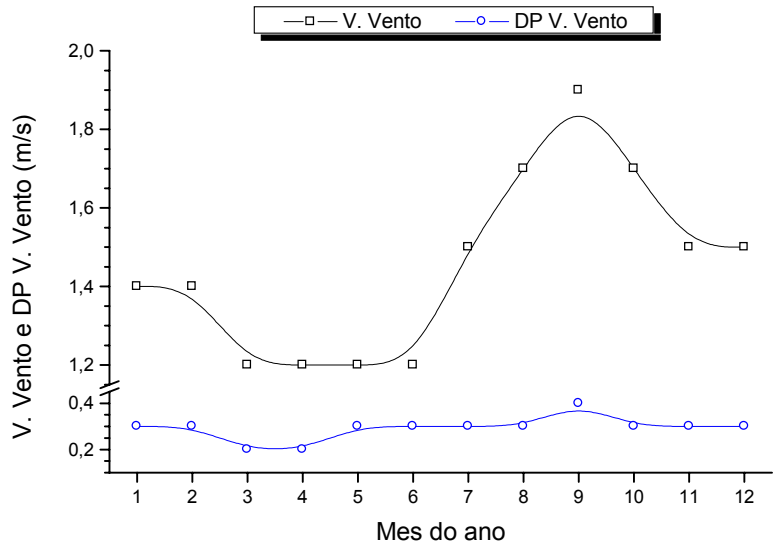

Figura 5. Variação da média e do desvio padrão mensal de velocidade de vento (V. Vento e DP V. Vento, respectivamente), em m/s, no sítio-específico de precisão de Sete Lagoas, MG (Dados de normais climatológicas de 45 anos - 1960 a 2005).

Com a medição da quantidade de água que entra e sai do solo, o balanço hídrico climatológico fornece estimativas da evapotranspiração real (ETr) da cultura, da deficiência hídrica (DEF), do excedente hídrico (EXC) e do armazenamento de água do solo (ARM). A Figura 6 mostra o balanço hídrico do sítio-específico de precisão de Sete Lagoas para a série histórica de dados climáticos dos anos de 1960 a 2005 (Thornthwaite e Matter, 1955; Sentelhas et al., 1999). Observa-se um período de deficiência hídrica bem definido entre os meses de maio e setembro, período que coincide com a estação de inverno, ou seja, período em que são registrados as temperaturas médias do ar mais baixas (frio, Figura 1) e os menores valores de médias de precipitação total (estação seca, Figura 3). De acordo com o solo típico do sítio, no cálculo do balanço hídrico, considerou-se a água total disponível (ATD) no perfil do solo até a profundidade de 1 m de 100 mm (quantidade de água retida entre os potenciais de –33 e –1500 kPa). As maiores deficiências hídricas ocorrem nos meses de agosto e setembro (-42,4 e -32,2 mm, respectivamente). Nos meses de novembro a março a deficiência hídrica é zero. A partir de abril essa deficiência assume um valor muito baixo (em torno de -3,8 mm), mas é a partir de maio que esse valor começa a se elevar (-13,6 mm). Por outro lado, os grandes excessos hídricos estão registrados nos meses de dezembro e janeiro (cerca de 180 mm).

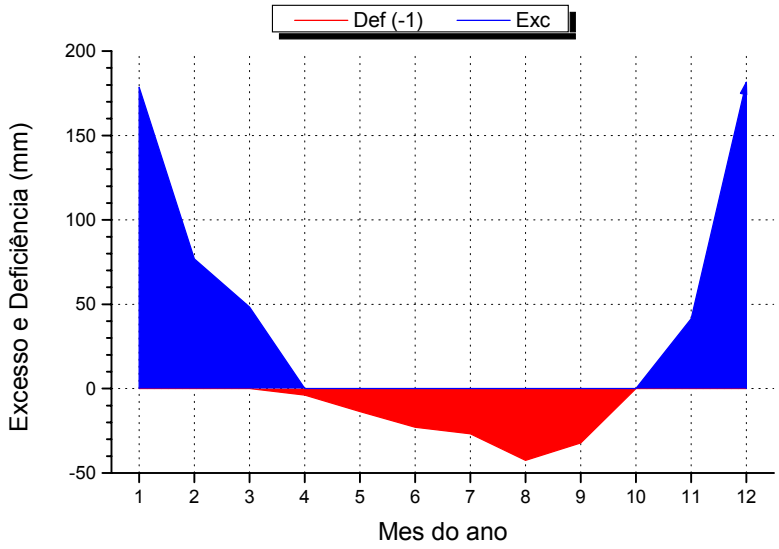

Figura 6. Balanço hídrico para a condição de água total disponível (ATD) no perfil do solo até a profundidade de 1 m de 100 mm no sítio-específico de precisão de Sete Lagoas (Sentelhas et al., 1999). Os dados são provenientes de normais climatológicas de 45 anos (1960 a 2005).

CONCLUSÕES

A classificação do clima do sítio-específico de precisão de Sete Lagoas, segundo Köeppen é Cwa, ou seja, clima de savana, com inverno seco e verão úmido com chuva. A temperatura do ar média anual é de 21,1°C e a amplitude térmica está em torno de 6º C. As temperaturas mais baixas são da ordem de 11,5 °C, registradas nos meses de Junho e Julho, as mais elevadas estão na faixa de 28,5 a 30 ^{o}C, verificadas nos meses de Janeiro a Março e Outubro a Dezembro. Os meses de agosto e setembro são os mais secos do ano com UR do ar de cerca de 58 % e janeiro, fevereiro, março e dezembro são os meses mais úmidos (UR do ar

de 76,2; 74,3; 74,8; e 76,7 %, respectivamente). A estação seca se estende de maio a setembro, período em que são registradas precipitações mensais na faixa de 9 a 40 mm e a estação chuvosa compreende o período dos meses de novembro a março com precipitações mensais variando de 150 a 290 mm aproximadamente. A precipitação pluvial total média anual é de 1384 mm. A velocidade do vento aumenta a partir de junho, mas é o mês de setembro que apresenta ventos mais intensos (da ordem de 2 m/s). Os meses de março a maio apresentam as mais baixas velocidades de vento. As maiores horas de brilho solar ou insolação acontecem nos meses de abril a setembro e são da ordem de 8 a 9 horas.

As maiores necessidades hídricas de culturas foram encontradas nos meses de setembro a março, período que se determinou valores médios mensais de evapotranspiração potencial pelo método de Penman-Monteith (ETp PM) na faixa de 130 a 141 mm (maior demanda hídrica das culturas). Os meses de menor demanda hídrica da cultura foram os de maio, junho e julho, com ETp PM na faixa de 82 a 95 mm. Em termos de média diária, a ETp PM se apresenta menor em junho, com média diária de 2,7 mm, e maior em outubro, cuja média diária atinge 4,7 mm.

O balanço hídrico climatológico mostra um período de deficiência hídrica bem definido entre os meses de maio e setembro (estação de inverno ou seca com temperaturas médias do ar mais baixas e menores precipitações). Deficiências hídricas maiores ocorrem nos meses de agosto e setembro, da ordem de -42,4 e -32,2 mm, respectivamente. A deficiência hídrica é zero nos meses de novembro a março. A partir de abril essa deficiência assume um valor muito baixo (em torno de -3,8 mm), mas é a partir de maio que esse valor começa a se elevar (-13,6 mm). Os grandes excessos hídricos estão registrados nos meses de dezembro e janeiro (cerca de 180 mm).

LITERATURA CITADA

MERVA, G. E. ***Physical principles of the plant biosystem***. Ed. Pamela De Vore-Hansen, the American Society of Agricultural Engineers, 1995. 272 p.

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES,D.; SMITH, M. ***Crop evapotranspiration***: guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 300p. (FAO. Irrigation and drainage paper, 56).

SENTELHAS, P.C.; PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R. ***Meteorologia agrícola***. Piracicaba, SP. Univ. de São Paulo, Depart. de Ciências Exatas, fevereiro, 1999. p.46-70.

SMITH, M. ***Report on the expert consultation on revision of FAO methodologies for crop water requirements***. Rome, FAO, Land and Water Development Division, 1991. 45 p.

GOMIDE, R.L.; DURÃES, F. O. M.; KOBAYASHI, M. K.; MACHADO, R.A.F. Caracterização de estresse hídrico de duas linhagens de milho (Zea mays L.) com sondas de fluxo de seiva. ***Revista Brasileira de Milho e Sorgo*****,** Sete Lagoas, v. 4, n. 3, p. 344-354, 2005.