

ISSN 0104-1347

Influência da lâmina de irrigação sobre a eficiência energética, uso de água e produtividade da bananeira 'Prata Anã'.

Influence of irrigation depths on energy efficiency, water use and productivity of banana plant 'Prata Anã'

Flávio Pimenta de Figueiredo¹, Flávio Gonçalves Oliveira², Victor Martins Maia³ e Luiz Cláudio Costa⁴

Resumo - Existem poucas informações sobre as relações entre as variáveis meteorológicas e a produtividade da cultura da banana. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes lâminas de irrigação sobre estas variáveis da bananeira 'Prata Anã' (AAB) no Norte de Minas Gerais. Utilizou-se o delineamento estatístico em blocos casualizados, com cinco tratamentos definidos em termos de percentuais da evapotranspiração de referência (ET_0), calculada a partir da equação de Penman-Monteith-FAO, sendo T1: 40% da ET_0 ; T2: 60% da ET_0 ; T3: 80% da ET_0 ; T4: 100% da ET_0 ; T5: 120% da ET_0 , sendo utilizadas cinco repetições. Avaliou-se o crescimento vegetativo da planta por meio do índice de área foliar (IAF) e a produtividade. Foram também determinadas a radiação fotossinteticamente ativa interceptada (RFAI), a eficiência de uso da radiação (UER), a eficiência do uso de água (EUA), e a eficiência energética (EE). O IAF da planta mãe atingiu valores máximos para a lâmina de 100 % da ET_0 , enquanto que o IAF da planta filha atingiu valores máximos para a lâmina de 120% da ET_0 . A bananeira 'Prata Anã' apresentou a maior produtividade com a lâmina de 120% da ET_0 . Os valores de UER e EE mostraram-se, de modo geral, proporcionais à lâmina aplicada. O tratamento de 120 % da ET_0 apresentou valores de EUA de 1,17 kg fruto.m³ água para o ciclo da planta mãe e de 3,58 kg fruto.m³ água para o ciclo da planta filha.

Palavras chave: *Musa spp.*, índice de área foliar, parâmetros agrometeorológicos.

Abstract - A few information is available on the agrometeorological parameters in banana crop. Therefore, this study aimed to evaluate the effects of different irrigation depths on the parameters of banana plant 'Prata Anã' (AAB) on northern Minas Gerais. The statistical randomized block design was used, with five treatments: T1, 40% ET_0 (reference crop evapotranspiration, calculated by de Penman-Monteith-FAO equation); T2, 60% ET_0 ; T3, 80% ET_0 ; T4, 100% ET_0 ; T5, 120% ET_0 , and five replicates. The plant vegetative growth was evaluated by leaf area index (IAF) and productivity. Determination was also performed for the photosynthetically active intercepted radiation (RFAI), efficient radiation use (UER) and energy efficiency (EE), as well as the efficiency in water use (EUA). The mother plant's IAF reached its maximum values at the ET_0 irrigation depth of 100%, while the daughter plant's IAF attained its maximum values at a ET_0 irrigation depth of 120%. The banana plant 'Prata Anã' presented the highest productivity with the irrigation depth of 120% ET_0 . In general, the values of UER and EE were shown to be proportional to the irrigation depth applied. In treatment with 120% ET_0 the EUA reached values of 1.17 kg fruit.m³ water for the mother plant's cycle and 3.58 kg fruit.m³ water for the daughter plant's cycle.

Key words: *Musa spp.*, leaf area index, agrometeorological parameters.

¹ Eng^o. Agrícola, Dsc, Professor Pesquisador, Setor Acadêmico de Fitotecnia, Instituto de Ciências Agrárias-UFMG, Av. Osmane Barbosa, s/n, Bairro JK, 39404-006. figueiredofp@nca.ufmg.br.

² Eng^o. Agrícola, Doutorando em Engenharia Agrícola, Professor Pesquisador, Setor Acadêmico de Fitotecnia, Instituto de Ciências Agrárias-UFMG, flaviogoliveira@ibest.com.br.

³ Eng^o. Agr^o, Doutorando, Professor Pesquisador, Departamento de Ciências Agrárias, Unimontes, Janaúba, MG, 39440-000.

⁴ Professor Adjunto, Departamento de Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa, MG, 36571-000 – l.costa@ufv.br.

Introdução

A bananeira é uma monocotiledônea herbácea de grande porte, originária da Ásia Meridional, de onde difundiu-se para vários países do globo terrestre (CHAMPION, 1975). O seu fruto é o de maior produção e comercialização mundial, responsável por 37% do volume total de frutos comercializados '*in natura*' no mercado internacional (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL, 2000). O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de bananas, com cerca de 6,3 milhões de toneladas no ano de 2002 em 508.524 hectares (FAO, 2002). De acordo com cadastro frutícola realizado pela CODEVASF (1999), no vale do São Francisco, a bananicultura ocupou o primeiro lugar em área plantada com 23.509 ha. Sendo a região Norte de Minas Gerais, uma das principais regiões produtoras de banana no Brasil, com área cultivada de aproximadamente 13.000 ha.

A temperatura do ar, a disponibilidade de água no solo e a radiação solar são as principais variáveis que afetam o crescimento e a produtividade da bananeira (TURNER, 1994).

A deficiência de água é muito prejudicial à bananeira, em particular quando esta ocorre no período de formação de inflorescência ou no início da frutificação. As necessidades hídricas anuais da bananeira variam de 1200 mm, nas regiões de clima úmido, a 2200 mm nas de clima seco. Em condições de solos com baixo teor de água, a bananeira paralisa suas atividades, as folhas amarelecem, o ciclo aumenta, os cachos são menores e produzem frutos de qualidade inferior (DOORENBOS & KASSAM, 1979).

A intensidade da radiação solar afeta o ciclo da bananeira, o tamanho do cacho e a qualidade e conservação do fruto. Baixos valores de radiação solar retardam o crescimento da planta, principalmente quando associada a um excesso de água. Em regiões muito chuvosas e dias nublado, bem como em baixas densidades de plantio, ocorre uma baixa taxa de fotossíntese e, conseqüentemente, redução no crescimento (DOORENBOS & KASSAM, 1979).

Nas regiões nordeste do Brasil e norte de Minas Gerais são importantes produtoras de banana. O seu cultivo só se torna possível em virtude do uso da irrigação. Entretanto, poucas são as informações a respeito do uso da água via irrigação e os seus efeitos sobre o crescimento e desenvolvimento da bananeira e principalmente no que diz respeito à produtividade

para as condições do nosso país. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes lâminas de irrigação sobre estas variáveis para a bananeira 'Prata Anã' (AAB) no Norte de Minas Gerais.

Material e métodos

O experimento foi conduzido no Projeto Jaíba, situado na região Norte do Estado de Minas Gerais, na gleba C2 empresarial, a uma altitude de 449 m, com latitude 15°20'S e longitude 43°40'W. A área é plana com solo arenoso. O plantio foi realizado em dezembro de 1999, utilizando-se mudas de cultura de tecido da cultivar 'Prata Anã' (AAB), espaçadas de 3m x 2,5m e irrigadas pelo sistema de microaspersão, com turno de rega de 2 dias. Os valores do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) e coeficiente de distribuição do sistema de irrigação medidos conforme metodologia citada por BERNARDO (1996) foram de 99% e 98% respectivamente.

A colheita das plantas mãe iniciou-se em meados de novembro de 2000 e finalizou no final de fevereiro de 2001 e a colheita das plantas filha iniciou-se em março de 2001 e finalizou em julho do mesmo ano. Considerou-se, como o ciclo da planta filha, o intervalo de tempo entre a colheita da planta mãe e a colheita da planta filha.

Utilizou-se o delineamento estatístico em blocos casualizados, com cinco tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos de irrigação foram definidos com base na evapotranspiração de referência (ET_o), calculada a partir da equação de Penman-Monteith-FAO (PEREIRA et al., 1997):

$$ET_o = \frac{s}{s + g^*} (R_n - G) \frac{1}{I} + \frac{g}{(s + g^*) (T + 275)} U_2 (e_a - e_d) \quad (1)$$

em que ET_o é a evapotranspiração de referência, mm.dia⁻¹; s a declividade da curva de pressão de vapor; kPa.°C⁻¹; γ o coeficiente psicrométrico, kPa.°C⁻¹; γ* a constante psicométrica modificada, kPa.°C⁻¹; λ o calor latente de evaporação, MJ.kg⁻¹; e_a a pressão parcial de vapor, kPa; e_d a pressão de vapor à temperatura de bulbo seco, kPa; T a temperatura média do ar, °C; U₂ a velocidade média do vento a 2 metros de altura, m.s⁻¹; R_n o saldo de radiação na superfície, MJ.m⁻².d⁻¹; G o fluxo de calor no solo, MJ.m⁻².d⁻¹.

Os tratamentos foram os seguintes: T1: 40% da ETo; T2: 60% da ETo; T3: 80% da ETo; T4: 100% da ETo; T5: 120% da ETo.

Foram utilizadas 60 plantas em cada tratamento, sendo 40 úteis e 20 como bordadura. Avaliaram-se o crescimento vegetativo, por intermédio do índice de área foliar (IAF) e a produtividade (ton ha⁻¹).

A área foliar foi obtida mensalmente a partir da média de três plantas de bananeira, em cada tratamento. Em cada planta, a área de todas as folhas foi estimada, utilizando-se a largura média e o comprimento conforme equação 2.

$$Af = Lm \cdot C \quad (2)$$

em que Af é a área foliar, m²; Lm a largura média, m; e C o comprimento da folha, m.

O índice de área foliar, para as plantas-mãe e filhas, foi obtido mensalmente, utilizando-se a equação 3.

$$IAF = Af \cdot (S_p \cdot S_f)^{-1} \quad (3)$$

em que S_p é o espaçamento entre plantas, m; e S_f o espaçamento entre linhas de plantio, m.

A medida dos dados meteorológicos, velocidade do vento, temperatura do ar, umidade relativa do ar e irradiância solar, foi feita, utilizando-se uma estação meteorológica automática instalada na área experimental. Os dados de radiação solar foram utilizados para a determinação da radiação fotossinteticamente ativa interceptada (RFAI), equações 4, 5 e 6.

$$Ra = (a + b \cdot n \cdot N^{-1}) \cdot Ro \quad (4)$$

em que Ra é a irradiância solar global diária sobre uma superfície horizontal, ao nível do solo, MJ.m⁻²; a, b os coeficientes empíricos (a = 0,25 e b = 0,50, conforme PEREIRA et al., 1997); n o número de horas de brilho solar, h; N a duração astronômica do período diurno do 15^o dia do mês (em função do ângulo horário do pôr do sol, PEREIRA, et al. (1997), h; Ro a irradiância solar global diária no topo da atmosfera (calculada conforme PEREIRA, et al., 1997), MJ.m⁻².

Segundo KEULEN & WOLF (1986) considera-se que 50 % da Ra pode ser considerada como RFA_i.

$$RFA_i = Ra \cdot 0,5 \quad (5)$$

em que RFA_i é a radiação fotossinteticamente ativa, MJ.m⁻².

$$RFAI = \sum_{i=1}^n RFA_i \cdot (1 - e^{-k \cdot IAF})_i \quad (6)$$

em que: RFAI é a radiação fotossinteticamente ativa interceptada no período de tempo considerado, MJ.m⁻²; k o coeficiente de extinção, 0,6 (TURNER, 1994).

Uma vez obtida a RFAI, foram determinados a eficiência de uso da radiação (UER) e eficiência do uso de água (EUA), em função da parte econômica (frutos), e a eficiência energética (EE), determinada pela matéria seca da parte econômica, conforme as equações 7, 8 e 9.

$$UER = P \cdot (RFAI)^{-1} \cdot 100 \quad (7)$$

em que UER é eficiência de uso da radiação, g. MJ⁻¹; P a produtividade, ton ha⁻¹.

$$EUA = P \cdot Li^{-1} \cdot 100 \quad (8)$$

em que EUA é a eficiência de uso de água, kg m⁻³; Li a lâmina de irrigação, mm.

$$EE = Pms \cdot P \cdot Cc \cdot RFAI^{-1} \cdot 0,10 \quad (9)$$

em que EE é a eficiência energética, %; Pms a porcentagem de matéria seca do fruto, 23%; Cc o calor de combustão, 17,5 MJ kg⁻¹.

Resultados e discussão

Em todos os tratamentos, a planta mãe da bananeira 'Prata Anã' apresentou aumento de IAF até junho de 2000. A partir deste mês houve uma tendência de redução do IAF, com posterior estabilização (Figura 1), devido ao florescimento da planta que paralisou a emissão de folhas (SIMMONDS, 1973).

Até março de 2000 o IAF em todos os tratamentos manteve-se praticamente o mesmo, já que as chuvas foram suficientes para atender as necessidades hídricas das plantas, não havendo diferenciação das lâminas de água nos tratamentos. Após o mês de março, o tratamento de 100 % ETo proporcionou os maiores IAF. Entretanto, a partir de junho, esta lâmina não foi suficiente para satisfazer plenamente as necessidades hídricas da cultura, em função das condições edafoclimáticas locais (Figura 1).

O IAF menor nos tratamentos de 40 % e 120 % explica-se pelo fato de que na fase inicial, quando

a planta está na fase inicial de desenvolvimento, a menor quantidade de água aplicada, correspondente ao tratamento de 40 % de ETo, não foi suficiente para proporcionar um crescimento adequado da planta. Já no tratamento de maior lâmina, correspondente a 120 % de ETo houve percolação de água e lixiviação de nutrientes, o que influenciou no crescimento foliar (FIGUEIREDO, 2002).

Para as plantas filha, o máximo florescimento ocorreu no mês de outubro de 2000, mês a partir do qual o IAF apresenta tendência de redução em todos os tratamentos. Os valores do índice de área foliar encontrados foram proporcionais às lâminas aplicadas e maiores em relação aos das plantas-mãe (Figura 1).

No início das medições de IAF das plantas filha observou-se o mesmo comportamento das plantas mãe, ou seja, as plantas relativas ao tratamento de 100% da ETo apresentaram um comportamento superior, no início das fases fenológicas, em relação aos tratamentos com menores quantidades de água, porém, quando se aproximou a floração, as plantas relativas ao tratamento de 120% da ETo apresentaram valores superiores de IAF aos obtidos nos outros tratamentos. Segundo Turner (1982) citado por

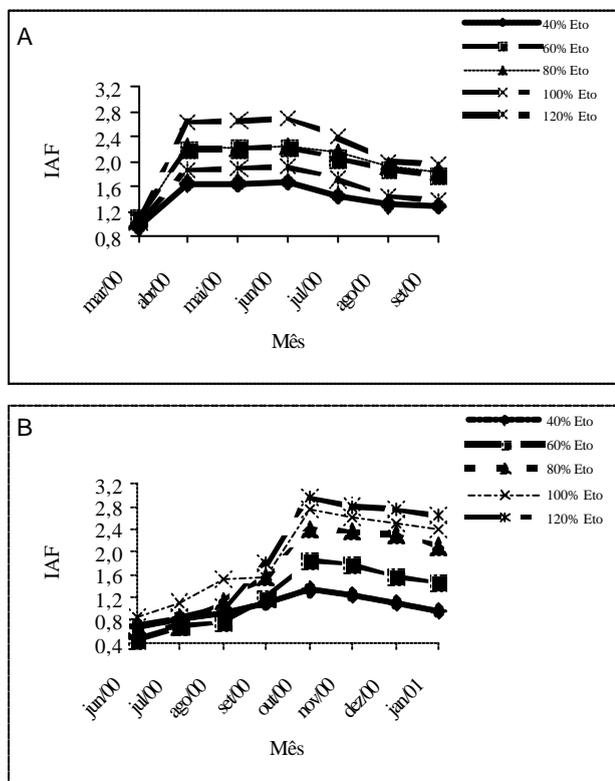


Figura 1. Índice de área foliar (IAF) da planta mãe (A) e da planta filha (B), em função dos tratamentos, ao longo do tempo.

ROBINSON e NEL (1988), o índice de área foliar considerado ideal para a bananeira é de 4,5, que não foi atingido por nenhum dos tratamentos (Figura 1) em nenhum momento, principalmente devido à população de plantas empregada no experimento, indicando a necessidade de reavaliação da população de plantas empregadas nos cultivos comerciais.

O tratamento de 120% de ETo apresentou maior produtividade tanto para as plantas mãe quanto para as plantas filha, seguido dos tratamentos de 100%, 80%, 60% e 40% da ETo (Figura 2). A produtividade superior na lâmina correspondente a 120% de ETo pode ser explicada, em parte, pelo fato da umidade do solo estar sempre próxima a capacidade de campo, uma vez que a bananeira é bastante sensível ao déficit hídrico, sendo recomendado a utilização de somente 35% da água

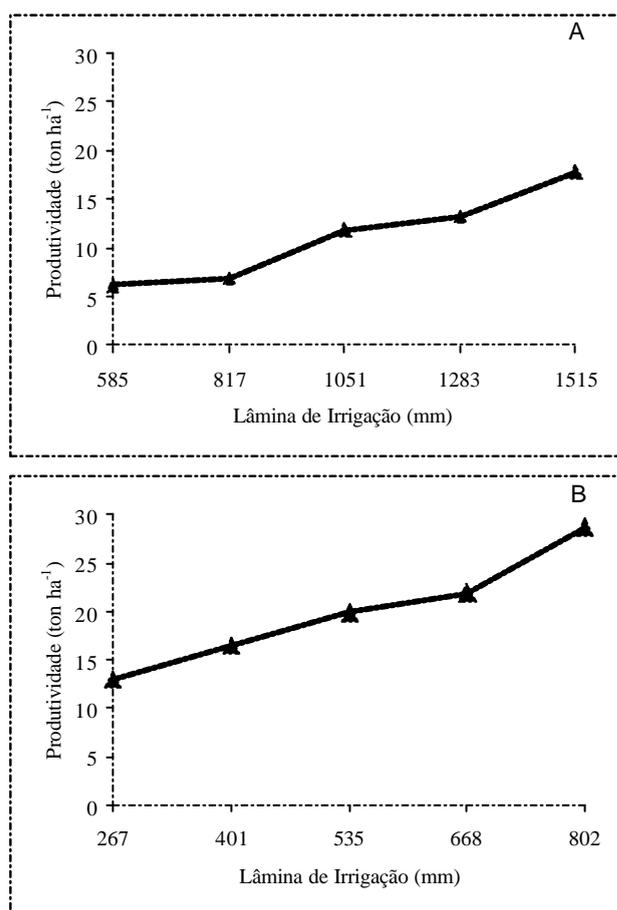


Figura 2. Produtividade da planta mãe (A) e da planta filha (B), em função das lâminas aplicadas, onde 40%, 60%, 80%, 100% e 120% da ETo correspondem às lâminas de 585 mm, 817 mm, 1051 mm, 1283 mm e 1515 mm, respectivamente, no primeiro ciclo e a 267 mm, 401 mm, 535 mm, 668 mm e 802 mm, respectivamente no segundo ciclo.

disponível no solo entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente (DOORENBOS & KASSAM, 1979).

Comparando-se os valores de produtividade obtidos nos tratamentos, com aqueles alcançados pelos produtores da região norte mineira, com condições e manejo cultural semelhantes, os quais atingem valores acima de 20 toneladas por hectare no primeiro ciclo e produtividades médias acima de 30 toneladas por hectare no segundo, conclui-se que não foi possível atingir o ponto de máximo na produtividade.

Observa-se para a planta mãe que o tratamento de 120 % da ETo apresentou maiores valores de UER e EE, o que pode ser explicado devido ao grande acréscimo da produtividade, em função da maior lâmina de irrigação recebida, mesmo tendo uma menor RFAI que os tratamentos de 80 % e de 100 %. Os tratamentos de 60 % e 40 % da ETo tiveram valores praticamente iguais (Figura 3).

No ciclo das plantas mãe a EUA não apresentou grandes diferenças (Figura 3). Os valores de EUA encontrados estão abaixo dos valores de EUA de 2,5 a 4,0 kg.m⁻³ citados por DOORENBOS & KASSAM (1979). Esta diferença provavelmente se deve pelo fato dos estudos internacionais trabalharem normalmente com dados do subgrupo Cavendish, que tem produtividades maiores que as obtidas pela cultivar 'Prata Anã' (SILVA et al, 1997).

Nas plantas filha o UER e a EE praticamente não apresentaram diferença para os tratamentos de 40 %, 60 % e 100 % da ETo, já que a proporção entre a produtividade e a RFAI se manteve praticamente igual. O tratamento de 80% da ETo apresentou os menores valores devido à sua grande interceptação de radiação e a baixa produtividade. Entretanto, devido à sua alta produtividade, o tratamento de 120 % da ETo obteve os maiores valores (Figura 3).

No ciclo das plantas filha o aumento da lâmina de irrigação proporcionou uma redução da EUA, pois, as plantas dos tratamentos que receberam as menores lâminas tendem a maximizar o uso da água. Segundo DOORENBOS & KASSAM (1979), a EUA da banana para o segundo ciclo varia de 3,5 a 6 kg.m⁻³, valores semelhantes aos que foram observados para cultivar 'Prata Anã' (Figura 3).

Conclusões

- As plantas mãe e filha alcançaram valores máximos de IAFde 2,7 e 2,95, respectivamente para as lâminas de irrigação de 100 e de 120% da ETo;
- A produtividade a UER e a EE aumentaram com o acréscimo da lâmina de irrigação;
- Com relação a EUA, o ciclo das plantas mãe praticamente não apresentou diferença entre os tratamentos, enquanto no ciclo das plantas filha mostrou-se inversamente proporcional às lâminas de irrigação;
- O tratamento de 120 % da ETo apresentou valores de EUA de 1,17 kg fruto.m⁻³ água para o ciclo da planta mãe e de 3,58 kg fruto.m⁻³ água para o ciclo da planta filha.

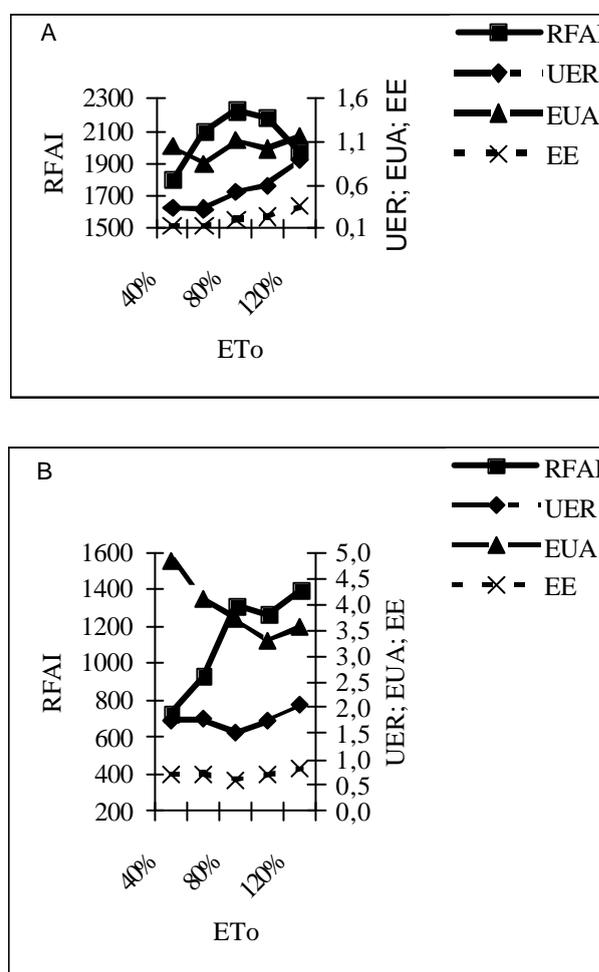


Figura 3. Radiação fotossinteticamente ativa interceptada (RFAI), MJ m⁻²; uso eficiente da radiação (UER), g MJ⁻¹; eficiência do uso de água (EUA), kg m⁻³; eficiência energética (EE), %; da planta mãe (A) e da planta filha (B), em função dos tratamentos.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) – Brasil.

Referências bibliográficas

- BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 6. ed., Viçosa, MG: UFV, 1996. 657 p.
- CODEVASF. **Censo frutícola do vale do São Francisco**. 1999. (CD-ROM).
- CHAMPION, J. **El Plátano, técnicas agrícolas y producciones tropicales**: 2. ed., Barcelona: Blume, 1975. 247 p.
- DOORENBOS, J., KASSAM, A.H. **Yield response to water**. Rome: FAO, 1979. 193 p. (Technical note, 33).
- FAO. **FAOSTAT Database results**. [2002]. Disponível em: <<http://apps.fao.org>>. Acesso em: 10 de fevereiro de 2003.
- FIGUEIREDO, F.P. de. **Efeitos de diferentes lâminas de água sobre a produção e qualidade da banana ‘prata anã’ cultivada no norte de Minas Gerais**. Viçosa: UFV, 2002. 125 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, 2002.
- KEULEN, H. Van.; WOLF, J. **Modelling of agricultural production: Weather, soils and crops**. Wageningen, Netherlands: PUDOC, 1986. 479p
- MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Frutiséries banana**. [2000]. Disponível em: <<http://www.integracao.gov.br/publicacoes.html>>. Acesso em: 23 junho 2001.
- PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A.; SEDIYAMA, GC. **Evapotranspiração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183 p.
- ROBINSON, J.C.; NEL, D.J. Plant density studies with banana (cv. Williams) in a subtropical climate. I. Vegetative morphology, phenology and plantation microclimate. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v. 63, n. 2, p. 303-313, 1988.
- TURNER, W.D. Bananas and plantains. In: SCHAFFER, B., ANDERSEN, P.C. (Eds.). **Handbook of environmental physiology of fruit crops**. Vol. II: sub-tropical and tropical crops. Flórida: CRC Press, 1994. p. 37-64.
- SILVA, S.O et al.. Cultivares. In: ALVES, E.J., (Org.). **A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais**. Brasília: Embrapa-SPI / Cruz das Almas: Embrapa-CNPMPF, 1997. p. 85-105.
- SIMMONDS, N.W. **Los plátanos**. Barcelona: Blume, 1973. 539 p.