

## ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DA EQUAÇÃO DE PENMAN-MONTEITH PARA A ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA EM ÁREAS IRRIGADAS NO ESTADO DE SERGIPE

BRUCE KELLY DA NOBREGA SILVA; VICENTE DE PAULO RODRIGUES DA SILVA, PEDRO VIEIRA DE AZEVEDO, INAJÁ FRANCISCO DE SOUSA

**RESUMO:** A análise de sensibilidade avalia a contribuição de cada variável de entrada do modelo no cálculo de outra variável. Neste estudo foram utilizadas duas áreas irrigadas do Estado de Sergipe: o perímetro Califórnia, localizado no município de Candidé de São Francisco, e o de Jacarecica, localizado em Tobias Barreto. Foi aplicada a análise de sensibilidade à equação de Penman-Monteith (FAO/56) para a estimativa da evapotranspiração (ET<sub>o</sub>) usando os dados de temperatura do ar, velocidade do vento, umidade relativa e insolação para o ano de 1993. Os resultados evidenciaram que a variável mais sensível foi o saldo de radiação, com coeficiente de sensibilidade variando de 0,94 a 0,46 e a que apresentou menor sensibilidade no cálculo da ET<sub>o</sub> foi a velocidade do vento, com valores variando entre 0,36 e 0,01.

**PALAVRAS-CHAVE:** temperatura do ar, saldo de radiação, velocidade do vento

## PRODUTIVIDADE DO CAPIM-MARANDU E DO MILHO SOB DÉFICIT HÍDRICO, EM CULTIVO SOLTEIRO E CONSORCIADO

LEANDRO COELHO DE ARAUJO, PATRÍCIAMENEZES SANTOS, FERNANDO CAMPOS MENDONÇA

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade do capim-marandu em cultivo solteiro e consorciado com o milho e do milho em consórcio com o capim-marandu, sob déficit hídrico (DH) em períodos críticos do desenvolvimento das plantas. O experimento foi realizado em campo na Embrapa Pecuária Sudeste entre abril e setembro de 2007, num delineamento em blocos completos com esquema em parcelas subdivididas e três repetições. Os tratamentos foram representados pela suspensão da irrigação no momento da germinação e perfilhamento do capim-marandu e no estádio V4 e V15 do milho, além da testemunha, sendo o DH encerrado quando a umidade do solo inferior a 40% CAD. A massa seca das frações da parte aérea, assim como a área foliar das plantas, foram avaliadas no momento do florescimento do milho e quando os grãos atingiram a maturidade fisiológica. Observou-se apenas efeito de cultivo para o capim-marandu, ocorrendo reduções nos valores observados para as variáveis em estudo, quando houve consorcio com milho. A produtividade de grãos não foi influenciada pela aplicação dos tratamentos.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Brachiaria brizantha*, *Seca*, *Zea mays*.

## ARQUITETURA FOLIAR E COEFICIENTE DE EXTINÇÃO DE RADIAÇÃO SOLAR PARA DUAS VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR

ROGÉRIO H. SAKAI, FÁBIO R. MARIN, DANIEL S.P. NASSIF, ANDRÉ CESAR VITTI, RAFFAELLA ROSSETTO

**RESUMO:** O objetivo do trabalho foi avaliar um método computacional para a determinação do ângulo de inserção foliar (AIF) em cana-de-açúcar com base em imagens digitais, em comparação com medidas de campo segundo uma metodologia tradicional, para duas cultivares de cana-de-açúcar (IAC91-1099 e SP89-1115). Além dessa comparação, estimou-se o coeficiente de extinção (K) para radiação solar, observando-se a propagação do erro de estimativa do AIF nesta estimativa. Os ângulos medidos e os estimados não tiveram diferença estatisticamente significativa a 5% de probabilidade com o teste Tukey, com exceção da folha +2 na cultivar SP89-1115. Isso, contudo, não resultou em diferença na determinação do K medido e estimado. A cultivar SP89-1115 obteve K maior do que o estimado para a cultivar IAC91-1099, variando entre 0,44 e 0,74 considerando valores calculados para as 12:00. Considerando a variação horária de K, os valores oscilaram entre 0,5 e 6,5. Podemos concluir que o método computacional é válido para estimar o ângulo de inserção foliar e existe diferença entre as duas cultivares no ângulo de inserção ocasionando diferença no cálculo do K.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cana-de-açúcar, ângulo de inserção foliar, coeficiente de extinção

# PRODUTIVIDADE DO CAPIM-MARANDU E DO MILHO SOB DÉFICIT HÍDRICO, EM CULTIVO SOLTEIRO E CONSORCIADO<sup>1</sup>

LEANDRO COELHO DE ARAUJO<sup>2</sup>, PATRÍCIA MENEZES SANTOS<sup>3</sup>, FERNANDO CAMPOS MENDONÇA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Parte da dissertação de mestrado do primeiro autor

<sup>2</sup>Zootecnista, Doutorando do Programa de Pós-graduação em "Ciência Animal e Pastagens", USP/ ESALQ, Piracicaba-SP. Fone: (0 xx 19) 3429-4134, ramal 32, lc\_araujo@yahoo.com.br

<sup>3</sup>Eng. Agrônomo, Doutor, Embrapa Pecuária Sudeste, CPPSE, São Carlos-SP

Apresentado no XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 22 a 25 de Setembro de 2009 – GranDarrell Minas Hotel, Eventos e Convenções - Belo Horizonte, MG

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade do capim-marandu em cultivo solteiro e consorciado com o milho e do milho em consórcio com o capim-marandu, sob déficit hídrico (DH) em períodos críticos do desenvolvimento das plantas. O experimento foi realizado em campo na Embrapa Pecuária Sudeste entre abril e setembro de 2007, num delineamento em blocos completos com esquema em parcelas subdivididas e três repetições. Os tratamentos foram representados pela suspensão da irrigação no momento da germinação e perfilhamento do capim-marandu e no estádio V4 e V15 do milho, além da testemunha, sendo o DH encerrado quando a umidade do solo inferior a 40% CAD. A massa seca das frações da parte aérea, assim como a área foliar das plantas, foram avaliadas no momento do florescimento do milho e quando os grãos atingiram a maturidade fisiológica. Observou-se apenas efeito de cultivo para o capim-marandu, ocorrendo reduções nos valores observados para as variáveis em estudo, quando houve consórcio com milho. A produtividade de grãos não foi influenciada pela aplicação dos tratamentos.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Brachiaria brizantha*, Seca, *Zea mays*.

## PRODUCTIVITY OF THE GRASS-MARANDU AND MAIZE UNDER WATER DEFICIT, SINGLE PASTURE AND CROP-LIVESTOCK INTEGRATED SYSTEMS

**ABSTRACT:** This work aimed to determine the productivity of *Brachiaria brizantha* cv. Marandu under single cropping and under integrated cropping with *Zea mays* plants. The experiment was carried out at Embrapa Southeast Cattle Research Center, Brazil, between April and September/2007. The experimental design used was split-plot with four treatments and three replications. The treatments referred to the period of irrigation interruption, in the main plots, and single (*Brachiaria*) or integrated (*Brachiaria* + maize) cropping systems, in the sub-plots. The irrigation was interrupted in the following plant development stages: (i) germination and (ii) initial tillering of *Brachiaria*, and on the (iii) V4 and (iv) V15 phenological stages of maize. For all treatments, the irrigation was re-started when the soil humidity was close to 40% of the total water storage capacity. The shoot dry mass (DM) weight and the leaf area of *Brachiaria* were evaluated when maize plants flowered. Besides that, *Brachiaria* shoot DM and leaf area and corn production were evaluated at the moment of corn harvest. The DM weight of shoots and stems of *Brachiaria* was lower for the "i" and the "iv" when evaluated immediately after the last period of stress interruption. The irrigation interruption didn't affect corn production in the field experiment.

**KEYWORDS:** *Brachiaria brizantha*, Drought, *Zea mays*.

**INTRODUÇÃO:** Atualmente, práticas como os cultivos integrados têm sido propostas como alternativa socioeconômica, almejando uma melhor eficiência do uso dos recursos naturais disponíveis, além de diversificar o sistema de produção. A integração de cultivos possibilita a obtenção de uma variedade de produtos (ex.: grãos, carne e leite) em uma mesma propriedade e evita a expansão da agropecuária para novas áreas como as de florestas, sendo o cultivo integrado uma prática de reconhecimento internacional (LANDERS, 2007). Entretanto, esse tipo de sistema de produção ainda necessita de estudos que considerem o efeito dos fatores ambientais, tais como o consumo de água pelas plantas consorciadas e os impactos da ocorrência de períodos de déficit hídrico durante o cultivo. Esses fatores podem ocasionar perdas na produção de grãos ou prejudicar o estabelecimento das pastagens. Já existem, na literatura, estudos avaliando o impacto do déficit hídrico na cultura do milho (BERGAMASCHI et al., 2006), porém, ainda não estão bem esclarecidos os efeitos que tal evento podem acarretar na formação das pastagens. Há necessidade de estudos que englobem os sistemas de produção com forragens, em cultivo solteiro ou consorciado com culturas anuais. Com este experimento objetivou-se avaliar a produtividade do *Brachiaria brizantha* (A. Rich) Stapf cv. Marandu em cultivo solteiro e consorciado com o milho, e a produtividade do milho (*Zea mays* L.) em consórcio com o capim-marandu, sob déficit hídrico em estádios considerados como críticos para as plantas.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O experimento foi desenvolvido em um campo experimental na Embrapa Pecuária Sudeste, em São Carlos/SP (21°57'42"S, 47°50'28"W e altitude de 860 m), no período de 04/04 a 16/09/2007. O solo local é classificado como Latossolo Vermelho textura média, e foi preparado de forma convencional. A adubação de plantio aplicada nas parcelas experimentais foi equivalente a 15 kg/ha de N, 100 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 50 kg/ha de K<sub>2</sub>O e 30 kg/ha de micronutrientes, na forma de uréia, superfosfato simples, cloreto de potássio e FTE BR12, respectivamente. Além disso, foi feita a aplicação em cobertura de 70 kg/ha N (uréia), em toda a área experimental, quando as plantas de milho entraram na fase fenológica V8 (oito folhas completamente desenvolvidas). A semeadura do milho (04/04) ocorreu em linhas distanciadas a 0,8 m (objetivando-se uma população de 65.000 plantas/ha); para o capim-marandu (04 a 06/04), espaçamento de 0,27 m entre linhas, ficando uma linha do capim-marandu ao lado da linha do milho e outras duas entre as linhas de milho. O experimento foi conduzido sob delineamento experimental em blocos casualizados completos com arranjo em parcelas subdivididas e três repetições. Os tratamentos de déficit hídrico (DH) foram alocados nas parcelas e os cultivos, nas subparcelas. As parcelas tinham área total de 144 m<sup>2</sup>, nas quais estavam distribuídos os tratamentos de déficit hídrico (sem DH e com DH), aplicados por interrupção da irrigação em quatro estádios críticos ao desenvolvimento das culturas. As subparcelas tinham área total de 72 m<sup>2</sup> e área útil de 16 m<sup>2</sup>, nas quais foram distribuídos dois tratamentos: capim-marandu em cultivo solteiro e capim-marandu em cultivo consorciado com milho (Pioneer, híbrido simples 30S40). Desta forma os tratamentos em estudo foram: Testemunha= parcela sem DH (umidade do solo próxima à capacidade de campo); Capim\_G = capim-marandu solteiro com DH a partir do início da germinação; Capim\_P = capim-marandu solteiro com DH a partir do início do perfilhamento; Milho\_4 = capim-marandu consorciado com milho, com DH a partir do estádio V4 da cultura do milho (quatro folhas expandidas); e Milho\_15= capim-marandu consorciado com milho, com DH a partir do estádio V15 (15 folhas expandidas) da cultura do milho. Para implantação do DH, realizou-se a suspensão da irrigação (aspersores setoriais) para o respectivo tratamento, sendo o final do período de DH caracterizado quando o teor de umidade do solo (método gravimétrico) fosse inferior a 40% da capacidade de armazenamento de água no solo (CAD) considerando-se a profundidade média de 0-40 cm

para os tratamentos Capim\_G, Capim\_P e Milho\_4 e de 0-60 cm para o tratamento Milho\_15. Antes e após a aplicação do DH, as parcelas foram irrigadas igualmente à testemunha. Na tentativa de evitar que possíveis ocorrências de chuvas viessem a interferir na condução do experimento, as parcelas foram cobertas durante o período de aplicação do DH. Para isto foram utilizadas estufas tipo túnel (lona transparente e canos de PVC com vão livre de 2,70 m no ponto mais alto), uma estufa para cada parcela. As estufas foram retiradas ao final do período de DH. No dia 26/04/2007 ocorreram ventos fortes e chuva na área experimental, que levaram à queda das lonas plásticas das estufas que cobriam as parcelas em dois blocos do tratamento Capim\_G. Com isso, a umidade do solo desse tratamento foi um pouco superior à meta inicial (40% CAD), ao final do período de aplicação do DH. A partir de então, as estufas foram montadas de modo a evitar que os ventos e as chuvas seguintes interferissem na estrutura. Para evitar altas temperaturas no interior das estufas, a lona nas laterais da estufa era erguida (aproximadamente 1 m) e monitorada diariamente, sendo baixada em caso de ocorrência de chuvas. O período de DH nos respectivos tratamentos e a fenologia em que as plantas de milho encontravam-se neste intervalo são descritos na tabela 01. As avaliações, para todos os tratamentos foram feitas considerando-se duas épocas de amostragem, tendo-se como referência os estádios fenológicos do milho. Desta forma, a 1ª coleta ocorreu próximo ao florescimento do milho (09/07), e a segunda coleta foi realizada quando os grãos de milho atingiram a maturidade fisiológica (14/09).

Tabela 01- Período de déficit hídrico e estágio fenológico do milho, de acordo com os tratamentos (Capim\_G = irrigação suspensa no início da germinação do capim-marandu; Capim\_P = irrigação suspensa no início do perfilhamento do capim-marandu; Milho\_4 = irrigação suspensa quando as plantas de milho apresentavam média de 4 folhas expandidas e Milho\_15 = irrigação suspensa quando as plantas de milho apresentavam média de 15 folhas expandidas). V<sub>n</sub> = número de folhas expandidas e VT = florescimento.

Tratamentos	Déficit hídrico			
	Início		Fim	
	Data	Fenologia	Data	Fenologia
Capim_G	17/04	V2	02/05	V6
Capim_P Milho_4	27/04	V4	21/05	V9
Milho_15	15/06	V15	01/07	VT*

\*100% das plantas de milho florescidas

Em ambas as amostragens, o capim-marandu foi cortado ao nível do solo, em área delimitada por dois retângulos de 0,8 m<sup>2</sup> por subparcela. Na coleta obteve-se o peso da forragem fresca ainda no campo, e posteriormente foram retiradas sub-amostras (cerca de 500 g) referentes a cada retângulo. Nessas sub-amostras realizou-se a separação morfológica e a determinação da massa seca (MS), em estufa de ventilação forçada a 65°C por 72h. Foram separadas as folhas verdes na altura da lígula (MSFV), as folhas senescentes considerando-se as folhas com mais de 50% de senescência (MSFS) e os colmos (MSC). A massa seca da parte aérea (MSPA) foi obtida com a somatória de MSFV+MSFS+MSC. Também foi determinado o índice de área foliar (IAF), com o auxílio do integrador de área foliar modelo LI-3100C (Li-Cor, Lincoln, Nebraska, EUA). As avaliações referentes à cultura do milho foram realizadas apenas na 2ª coleta, utilizando-se as espigas e o número de plantas presentes em duas linhas centrais (três metros cada linha) de cada sub parcela. A produtividade de grãos do milho foi calculada corrigindo-se a umidade para 13%, segundo metodologia descrita por BRASIL (1992). A análise estatística dos dados foi realizada por meio da análise de variância (teste F) e da comparação de médias (teste de Tukey a 10% de probabilidade), com o auxílio do programa

produtividade de grãos, que teve média equivalente a 10.145 kg/ha ( $P=0,7696$ ). Durante os períodos de DH não foram observados quaisquer sinais visuais de estresse nas plantas de milho, tais como folhas murchas ou enroladas. Sendo assim, mesmo ocorrendo um período de restrição hídrica, o impacto não foi suficiente para que as plantas sofressem estresse severo, a ponto de reduzir o rendimento de grãos. Possivelmente, a época em que este experimento foi realizado favoreceu para que os DHs não influenciassem a produção de grãos, já que as condições climáticas foram mais amenas quando comparadas ao período da safra na região de São Carlos-SP. Além disto, os níveis de água no solo durante a fase de déficit não foram extremamente reduzidos. Neste trabalho considerou-se o teor de água no solo como parâmetro para retornar a irrigação após o DH, entretanto sabe-se que os valores críticos de umidade no solo para o desenvolvimento das culturas são dinâmicos e dependem do solo, da época do ano e da cultura em estudo (SANTOS & CARLESSO, 1999). Os resultados deste trabalho sugerem a necessidade de realizar novos estudos em campo, envolvendo cultivos consorciados e associando-se outros parâmetros para caracterização do DH da planta, tais como os fisiológicos (ex. potencial hídrico das folhas), para identificar o nível de estresse hídrico durante a fase de restrição hídrica imposta às culturas.

**CONCLUSÕES:** As plantas de capim-marandu estabelecidas em consórcio com o milho produzem menos massa seca da parte aérea, em comparação com as mesmas plantas em cultivo solteiro. A produção de grãos de milho não foi influenciada pela redução da umidade do solo até o nível de 40% CAD, nas condições avaliadas neste trabalho. O teor de água no solo isoladamente, não é um parâmetro suficiente para indicar o estresse hídrico em plantas de milho.

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:**

- BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G.A.; COMIRAN, F. et al. Deficit hídrico e produtividade na cultura do milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 41, n. 2, p. 243-249, 2006.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Regras para análise de sementes. Brasília: Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária, 1992. 365 p.
- CASTRO, C.R.T.; GARCIA, R.; CARVALHO, M.M. et al. Produção forrageira de gramíneas cultivadas sob luminosidade reduzida. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 28, n. 5, p. 919-927, 1999.
- LANDERS, L.N. Tropical crop-livestock systems in conservation agriculture: The Brazilian experience. Rome: FAO, 2007. 92 p. (Integrated Crop Management, 5).
- SANTOS, R.F.; CARLESSO, R. Enrolamento e expansão das folhas de milho submetidas a déficit hídrico em diferentes solos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 3, n. 1, p. 1-6, 1999.
- SBRISSIA, A.F.; da SILVA, S.C. O ecossistema de pastagens e a produção animal. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2001, Piracicaba. Anais... Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 731-754.

estatístico SAS. As variáveis referentes ao capim-marandu foram analisadas no delineamento em blocos completos casualizados com arranjo em parcelas subdivididas, considerando-se o DH (estádio crítico) como parcela e o tipo de cultivo (consorciado ou solteiro) como sub parcela. As variáveis referentes à cultura de milho foram analisadas no delineamento em blocos completos casualizados.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** O teor médio de água no solo das parcelas em estudos e a respectiva proporção em relação a CAD, no período final de restrição hídrica, foram de 14,47% (60% CAD); 11,70% (23% CAD) e 12,85% (36% CAD) para os tratamentos Capim\_G; Capim\_P e Milho\_4, e Milho\_15 respectivamente. A produção de MS do capim-marandu só foi influenciada pelos DHs na 1ª coleta para MSC ( $P=0,0633$ ) e MSPA ( $P=0,0926$ ). Observando-se uma maior produção de MS de capim-marandu no tratamento testemunha (2.897 e 1.333 kg/ha para MSPA e MSC respectivamente), em comparação com os tratamentos Capim\_G e Milho\_15 (2.029 e 811 kg/ha para MSPA e MSC respectivamente), que não diferenciaram entre si. Como não foram identificados efeitos na produção de MSFV durante a 1ª coleta, fica evidente que as diferenças observadas na produção de MSPA, durante esta coleta, foram proporcionadas pelo componente colmo. A disponibilidade hídrica pode explicar ainda, a maior produção de colmos na testemunha, pois as plantas de capim-marandu desenvolvem mecanismos de competição intra-específica por luz após o período de estabelecimento, e a quantidade de colmos aumenta em consequência do seu alongamento (SBRISSIA & SILVA, 2001), o que ocorreu de forma menos intensa para os tratamentos Capim\_G e Milho\_15. O elevado período de recuperação também foi suficiente para que não houvesse efeito nas características avaliadas durante a 2ª coleta, pois as plantas ficaram sob condições hídricas ideais por 136, 116 e 75 dias para os tratamentos Capim\_G, Capim\_P e Milho\_15, respectivamente. Quando se avaliou o tipo de cultivo (solteiro ou consorciado), observou-se à redução na produção de MS dos componentes morfológicos no cultivo consorciado ( $P<0,0001$ ), em ambas as coletas (Tabela 02), resultado que ocorreu principalmente pelo sombreamento do capim-marandu. Tal fato já foi

Tabela 02 - Produção de massa seca (kg/ha) de folhas (MSFV), colmos (MSC), folhas senescentes (MSFS), parte aérea (MSFV+MSC+MSFS) e índice de área foliar (IAF) do capim-marandu conforme o sistema de cultivo (solteiro e consorciado com milho), referente a duas coletas (1ª coleta= 83 dias após a germinação do capim-marandu e 2ª coleta= 150 após a germinação do capim-marandu). Valor entre parênteses corresponde ao erro padrão da média.

Variáveis	1ª coleta		2ª coleta	
	Solteiro	Conсорciado	Solteiro	Conсорciado
MSFV	2.040 (87,9)a	585 (87,9)b	1.729 (68,8)a	459 (68,8)b
MSC	1.472 (85,4)a	478 (85,4)b	3.083 (181,8)a	439 (181,8)b
MSFS	-	-	910 (146,9)a	282 (146,9)b
MSPA	3.512 (158,9)a	1.063 (158,9)b	5.722 (257,8)a	1.181 (257,8)b
IAF	3,8 (0,28)a	1,3 (0,28)b	7,2 (0,36)a	2,1 (0,36)b

Médias seguidas de mesma letra na linha, por coleta, não diferem entre si (Tukey, 10%)

(<sup>c</sup>) Não haviam folhas senescentes nesta coleta

descrito em outros estudos em sistemas integrados com culturas anuais (CASTRO et al. 1999). Quanto à cultura do milho, a população de plantas não diferiu entre os tratamentos ( $P=0,4126$ ), que apresentaram uma população média equivalente a 65.712 plantas/ha. Também não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos quanto à