

DENISE DE FREITAS SILVA

**ANÁLISES QUANTITATIVA E QUALITATIVA DO CRESCIMENTO E
DESENVOLVIMENTO DA GRAMA-BATATAIS E GRAMA-ESMERALDA EM
DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2004

DENISE DE FREITAS SILVA

**ANÁLISES QUANTITATIVA E QUALITATIVA DO CRESCIMENTO E
DESENVOLVIMENTO DA GRAMA-BATATAIS E GRAMA-ESMERALDA EM
DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 30 de julho de 2004.

Prof. Odilon Gomes Pereira
(Conselheiro)

Prof. Paulo Roberto Cecon
(Conselheiro)

Prof. Fernando Alves Pinto

Dr. Paulo Emílio Pereira de Albuquerque

Prof. Rubens Alves de Oliveira
(Orientador)

Aos meus pais, Analgia de Freitas Silva e Maurício Alves da Silva, pela dedicação, pelo apoio e carinho ao longo de minha vida.

A meu marido, Jesu Lúcio de Faria, que esteve sempre ao meu lado, dando-me apoio e incentivo nos momentos mais difíceis.

À minha irmã, Roseane, pelo apoio e pela amizade.

AGRADECIMENTO

A Deus, que, na sua infinita sabedoria, me concedeu todas as oportunidades.

À Universidade Federal de Viçosa, por meio do Departamento de Engenharia Agrícola, pela oportunidade oferecida.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão da bolsa.

Ao professor Rubens Alves de Oliveira, pela orientação, pelo incentivo e pela confiança no meu trabalho.

Aos professores Luiz Cláudio Costa, Odilon Gomes Pereira e Paulo Roberto Cecon, pelas valiosas sugestões, fundamentais na realização deste trabalho.

Aos amigos Rafael Oliveira, Fúlvio Simão, Aldo Araújo, Ralini Melo, Delfran Batista, Flávio, Jair, Rodrigo Sanchez, Marcelo Rossi, Fernando, Roberto Cecílio, Cristiano Souza, Cristiano Tagliaferri, Zinato, Dalmácio, Fabiano Palaretti, Guilherme Ferreira, Adilson Soares, José Aberto, Salomão, Elder (Baiano), Francisco Cláudio, Jean Mundim e Fernanda Melo, pelos momentos que passamos juntos e pela contribuição para a realização deste trabalho.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Agrícola, Galinari, Juvercino, D. Maria José, Edna, Marcos, Evaristo, José Mauro, Lucimar e Chicão, pela colaboração e pelo bom convívio. Aos funcionários da Área Experimental de Irrigação e Drenagem, Carlos Henrique, Francisco, Altair e Roberto, pela ajuda e pelo esforço para a realização deste trabalho.

Aos professores do Departamento de Engenharia Agrícola, pelos ensinamentos acadêmicos. A todas as pessoas que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

DENISE DE FREITAS SILVA, filha de Analógia de Freitas Silva e Maurício Alves da Silva, nasceu em Caçapava, estado de São Paulo, em 2 de março de 1976.

Em 1996, iniciou o Curso de Engenharia Agrícola na Universidade Federal de Viçosa (UFV), diplomando-se em maio de 2002. Foi bolsista de iniciação científica, pelo CNPq, na área de Construções Rurais, em 1998, e na área de Mecanização Agrícola, em 1999 e 2000; estagiou na EMBRAPA, na área de manejo de irrigação, em 2001, e na área de Recursos Hídricos e Ambientais, em 2002, pela UFV.

Em setembro de 2002, iniciou o Curso de Mestrado em Engenharia Agrícola na Universidade Federal de Viçosa, concentrando seus estudos na área de Recursos Hídricos e Ambientais, submetendo-se à defesa da tese em julho de 2004.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE QUADROS	viii
RESUMO	x
ABSTRACT	xii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Produção de Matéria Seca.....	5
2.2. Evapotranspiração e Coeficiente de Cultura.....	6
3. MATERIAL E MÉTODOS	13
3.1. Caracterização da Área Experimental.....	13
3.2. Delineamento Estatístico	15
3.3. Determinação do Kc	17
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
4.1. Produção de Matéria Seca (MS)	19
4.2. Eficiência do Uso da Água	24
4.3. Coeficiente de Cultura (Kc).....	33
5. RESUMO E CONCLUSÕES	36
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38
APÊNDICE	41

LISTA DE FIGURAS

	Página
1 Vista geral da área do experimento.....	14
2 Distribuição dos lisímetros na área experimental.....	15
3 Aspecto visual da grama-batatais relativo a cada classe usada para avaliar a aparência do gramado.....	16
4 Aspecto visual da grama-esmeralda relativo a cada classe usada para avaliar a aparência do gramado.....	17
5 Vista do dispositivo usado para aplicação de água nos lisímetros.....	18
6 Temperaturas máxima, média e mínima durante o período experimental.....	19
7 Radiação solar de julho a outubro de 2003.....	20
8 Valores médios da produção de matéria seca da grama-batatais, obtida com a aplicação das diversas lâminas de água, em cada mês do período experimental.....	21
9 Valores médios da produção de matéria seca da grama-esmeralda, obtida com a aplicação das diversas lâminas de água, em cada mês do período experimental.....	21
10 Estimativa da matéria seca (MS) da grama-batatais em função dos percentuais da evapotranspiração de referência (%ET _o) dos meses de julho e agosto.....	22
11 Estimativa da matéria seca (MS) da grama-batatais em função dos percentuais da evapotranspiração de referência (%ET _o) dos meses de setembro e outubro.....	23
12 Estimativa da matéria seca (MS) da grama-esmeralda em função dos percentuais da evapotranspiração de referência (%ET _o) dos meses de julho e de agosto.....	23

13	Estimativa da matéria seca (MS) da grama-esmeralda em função dos percentuais da evapotranspiração de referência (%ET _o) dos meses de setembro e de outubro.....	24
14	Estimativa da EUA pela grama-batatais em função dos percentuais da evapotranspiração de referência (%ET _o) dos meses de julho e de agosto.....	26
15	Estimativa da EUA pela grama-batatais em função dos percentuais da evapotranspiração de referência (%ET _o) dos meses de setembro e de outubro.....	26
16	Estimativa da EUA pela grama-esmeralda em função dos percentuais da evapotranspiração de referência (%ET _o) dos meses de julho e de agosto.....	27
17	Estimativa da EUA pela grama-esmeralda em função dos percentuais da evapotranspiração de referência (%ET _o) dos meses de setembro e de outubro.....	28
18	Resultado da avaliação qualitativa da grama-batatais no mês de julho.....	30
19	Resultado da avaliação qualitativa da grama-batatais no mês de agosto.....	30
20	Resultado da avaliação qualitativa da grama-batatais no mês de setembro.....	31
21	Resultado da avaliação qualitativa da grama-batatais no mês de outubro.....	31
22	Resultado da avaliação qualitativa da grama-esmeralda no mês de julho.....	32
23	Resultado da avaliação qualitativa da grama-esmeralda no mês de agosto.....	32
24	Resultado da avaliação qualitativa da grama-esmeralda no mês de setembro...	33
25	Resultado da avaliação qualitativa da grama-esmeralda no mês de outubro.....	33
26	Variações do coeficiente de cultura (K _c) da grama-batatais no período de julho a novembro de 2003.....	34
27	Variações do coeficiente de cultura (K _c) da grama-esmeralda no período de julho a novembro de 2003.....	35

LISTA DE QUADROS

	Página
1	Análise química do solo utilizado..... 15
2	Valores médios de produção de matéria seca (g m^{-2}), da grama-batatais (E_1) e da grama-esmeralda (E_2) no período de julho a outubro..... 22
3	Valores médios da eficiência do uso da água ($\text{g m}^{-2} \text{mm}^{-1}$) da grama-batatais (E_1) e da grama-esmeralda (E_2), para as diferentes lâminas de água aplicadas nos meses estudados..... 25
4	Valores médios da evapotranspiração de referência (ET_o), estimada no período, a cada dois dias, pelo método de Penman-Monteith, e valores de evapotranspiração da cultura (ET_c) e de coeficiente de cultura (K_c) da grama-batatais e da grama-esmeralda..... 34
1a	Valores de evapotranspiração da cultura (ET_c), evapotranspiração de referência (ET_o) e de coeficiente de cultura (K_c) para a grama-batatais..... 42
2a	Valores de evapotranspiração da cultura (ET_c), evapotranspiração de referência (ET_o) e de coeficiente de cultura (K_c) para a grama-esmeralda..... 43
3a	Temperaturas máxima ($T_{\text{máx}}$), mínima ($T_{\text{mín}}$) e média ($T_{\text{méd}}$); velocidade do vento (V_v); radiação solar (R) e umidade relativa do ar (UR) para o mês de julho de 2003 (Viçosa, MG)..... 44
4a	Temperaturas máxima ($T_{\text{máx}}$), mínima ($T_{\text{mín}}$) e média ($T_{\text{méd}}$); velocidade do vento (V_v); radiação solar (R) e umidade relativa do ar (UR) para o mês de agosto de 2003 (Viçosa, MG)..... 45
5a	Temperaturas máxima ($T_{\text{máx}}$), mínima ($T_{\text{mín}}$) e média ($T_{\text{méd}}$); velocidade do vento (V_v); radiação solar (R) e umidade relativa do ar (UR) para o mês de setembro de 2003 (Viçosa, MG)..... 46
6a	Temperaturas máxima ($T_{\text{máx}}$), mínima ($T_{\text{mín}}$) e média ($T_{\text{méd}}$); velocidade do vento (V_v); radiação solar (R) e umidade relativa do ar (UR) para o mês de outubro de 2003 (Viçosa, MG)..... 47
7a	Resumo da análise de variância da produção da matéria seca (MS), para lâmina de água (W), espécie (E) e corte (C)..... 48

8a	Resumo da análise de variância da eficiência do uso da água para lâmina de água (W), espécie (E) e corte (C).....	49
----	---	----

RESUMO

SILVA, Denise Freitas, M.S., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2004. **Análises Quantitativa e Qualitativa do Crescimento e Desenvolvimento da Grama-Batatais e Grama-Esmeralda em Diferentes Lâminas de Irrigação.** Orientador: Rubens Alves de Oliveira. Conselheiros: Luiz Cláudio Costa, Odilon Gomes Pereira e Paulo Roberto Cecon.

Este trabalho teve como objetivos: avaliar o efeito da aplicação das lâminas de água correspondentes a 40, 60, 80 e 100% da evapotranspiração de referência sobre a produção de matéria seca da grama-batatais (*Paspalum notatum*) e da grama-esmeralda (*Wild zoysia*); obter a lâmina mínima de água que preserve a qualidade visual do gramado, possibilitando a economia de água e energia; e determinar os coeficientes de cultura (Kc) para as duas espécies. O trabalho foi conduzido na Área Experimental de Irrigação e Drenagem do Departamento de Engenharia Agrícola, no período de abril a outubro de 2003. Na área experimental, foram instalados 20 lisímetros de drenagem, constituídos por caixas de cimento-amianto, com capacidade de 1,0 m³. O material de solo utilizado no preenchimento dos lisímetros foi retirado dos primeiros 50 cm de profundidade de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. Quatro lisímetros foram utilizados para se determinar a evapotranspiração da cultura, sendo dois cultivados com grama-batatais e dois com grama-esmeralda. Em dez lisímetros, plantou-se grama-batatais e, nos demais, grama-esmeralda. O plantio foi feito manualmente, no dia 15 de abril de 2003. Os tratamentos iniciaram-se em 28 de junho de 2003, depois da consolidação do gramado, finalizando em 31 de outubro de 2003, com a última poda. Foram feitos quatro cortes das gramíneas em períodos de 30 dias. O experimento foi montado em esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas um esquema fatorial de 4 lâminas de água x 2 tipos de gramas e, nas subparcelas, os cortes, num Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), com duas repetições. Antes de cada corte, foi avaliada a qualidade visual dos gramados por meio da aplicação de um

questionário a 16 avaliadores, de acordo com a seguinte classificação: *péssimo*: < 2; *ruim*: 2 e < 4; *regular*: 4 e < 6; *bom*: 6 e < 8; e *muito bom*: 8. Após cada corte, avaliou-se a produção de matéria seca, o que possibilitou determinar a eficiência do uso da água. Na determinação do Kc da grama-batatais e da grama-esmeralda, a ETc foi calculada pelo lisímetro e a ETo estimada pelo método de Penman-Monteith. Assim, pela análise dos resultados, concluiu-se que a produção de matéria seca e a qualidade visual da grama-batatais e da grama-esmeralda não foram afetadas pelas diferentes lâminas de água aplicadas nos meses mais frios (julho e agosto). Para a grama-batatais, recomenda-se a lâmina de 40 % da ETo no mês de julho; e para ambas as gramas, nos outros meses, recomenda-se a lâmina de 80% da ETo, inclusive no mês de julho para a grama-esmeralda. Os valores médios de Kc foram de 0,98 para a grama-batatais e de 0,96 para a grama-esmeralda.

ABSTRACT

SILVA, Denise Freitas, M.S., Universidade Federal de Viçosa, July, 2004.

Quantitative and qualitative analysis of growth and development of bahiagrass and zoysia grass in different irrigation laminas. Adviser: Rubens Alves de Oliveira. Committee Members: Luiz Cláudio Costa, Odilon Gomes Pereira and Paulo Roberto Cecon.

This work had the following objectives: to evaluate the effect of the application of water depth corresponding to 40, 60, 80 and 100% of the reference evapotranspiration on the production of bahiagrass (*Paspalum notatum*) and zoysia grass (*Wild zoysia*) grass dry matter; to obtain the minimum water depth to maintain lawn visual quality and allow water and energy saving; and to determine culture coefficients (Kc) for the two species. The work was conducted in the experimental field of Irrigation and Drainage division, Department of Agricultural Engineering, from April to October, 2003. In the experimental area, 20 drainage lysimeters were installed, made up of 1,0 m³ cement boxes. The soil used to fill the lysimeters was removed from the first 50 cm of a dystrophic Red-yellow Latosol. Four lysimeters were used to determine crop evapotranspiration, two with bahiagrass and two with zoysia grass. Ten lysimeters were planted with bahiagrass and the others with zoysia grass. Manual planting was carried out on April 15, 2003. The treatments started on June 28, 2003, after lawn establishment, ending on October 31, 2003, with the last mowing. Four grass cuttings were done in periods of 30 days. The experiment was a split-plot design, in a factorial arrangement (4 water depth x 2 grass types), and the cuttings in the split-plot, in an entirely randomized design (IRD), with two replications. Before each cutting, the lawn visual quality was evaluated through questionnaire application to 16 appraisers, according to the following classification: terrible: <2; bad: 2 and <4; regular: 4 and <6; good: 6 and <8 and very good: 8. After each cutting, dry matter production was evaluated, allowing the determination of water use efficiency. To determine bahiagrass and zoysia grass Kc, the ETc was calculated by the lysimeter with the ETo estimation

by the Penman-Monteith method. The results indicate that the dry matter production and the visual quality of bahiagrass and zoysia grass were not affected by the different water laminas applied in the coldest months (July and August). For bahiagrass it is recommended the lamina of 40% of ETo in July. In the other months for both grasses, it is recommended the lamina of 80% of ETo, along with July for zoysia grass. The average Kc values were 0,98 for bahiagrass and 0,96 for zoysia grass.

1. INTRODUÇÃO

A água doce é indispensável à vida e, durante muito tempo, acreditou-se que era um recurso inesgotável. No entanto, hoje se reconhece a água como um bem finito. Sabe-se que três quartos da superfície do planeta são cobertos por água, mas desse montante apenas 3% consiste em água doce. Dados da Unesco indicam que apenas 0,0075% de toda a água doce do planeta está facilmente disponível para a humanidade, nos rios e lagos (NUNES, 2003).

Apesar da importância incontestável da água, o cuidado com a sua conservação e preservação sempre foi negligenciado exatamente por ser considerada inesgotável. As fontes, os rios e os reservatórios vêm sendo contaminados, paulatinamente, por lixo ou produtos químicos, ou exauridos, chegando a comprometer o abastecimento urbano (NUNES, 2003).

Água, um bem público, um recurso natural limitado e dotado de valor econômico, está presente em várias atividades do homem, com as mais diversas finalidades. Com a expansão dos centros urbanos, o crescimento da industrialização e a ampliação da agricultura irrigada, a demanda por água vem aumentando consideravelmente, quer para consumo direto da população, quer para a utilização em diversas fases da produção industrial e agrícola, ou para usos não consuntivos (lazer e paisagismo). No Brasil, a agricultura irrigada é responsável pelo uso de, aproximadamente, 63% do volume total dos recursos hídricos derivados de mananciais. Os usos doméstico, urbano e rural totalizam 18%, o uso industrial é de 14% e a dessedentação de animais corresponde a 5% (DOMINGUES, 2002).

A quantidade de água para irrigação, em alguns casos, tem sido determinada de forma a ocasionar o consumo desnecessário de energia elétrica e de água e a lixiviação de nutrientes, o que pode afetar o desenvolvimento das plantas. Assim, a determinação do consumo hídrico das plantas é de fundamental importância para que a irrigação seja

conduzida com maior eficiência e menor impacto ao meio ambiente (ESPINDULA NETO, 2002).

O desperdício e o uso inadequado podem esgotar ou degradar o recurso água. Problemas desse tipo já ocorrem em certas regiões do mundo, e acredita-se que, a médio prazo, mantidas as atuais formas de uso da água, estes problemas poderão abranger todo o planeta, gerando uma crise global (BRANDIMARTE, 1999).

A necessidade de água e a sensibilidade das plantas ao déficit hídrico variam com as espécies, o clima e o solo. Quando esse déficit ocorre por períodos prolongados, a redução do potencial de água no solo afeta o crescimento dos diversos órgãos da planta, em decorrência da diminuição da divisão celular e da atividade enzimática. A baixa disponibilidade de água no solo é um dos motivos do fechamento dos estômatos da planta, diminuindo a assimilação de CO₂, a transpiração, a expansão foliar e a alocação de fotoassimilados para seus órgãos, além da deficiência de alguns nutrientes, devido à dificuldade da planta de absorvê-los nestas condições (NELSON e VELONEC, 2001).

Segundo ALBUQUERQUE (2001), é preciso fazer um estudo da necessidade real de água para as plantas ao longo do seu desenvolvimento, obtendo-se informações acerca dos coeficientes de cultura (Kc), cujos valores variam com o tipo de cultura, a data de plantio ou semeadura, o desenvolvimento da cultura e duração do período vegetativo, as condições climáticas e, especialmente durante a primeira fase de crescimento, a frequência das chuvas ou irrigações. Daí a importância de estimá-los em diferentes regiões e situações específicas. Por essas razões, uma estimativa bem feita possibilita a irrigação de maneira racional e, conseqüentemente, tem efeito direto na melhoria da eficiência do uso da água.

As gramíneas têm grande importância tanto no aspecto estético quanto na proteção contra a erosão, na composição de áreas verdes em jardins residenciais e comerciais, em áreas esportivas, parques, cemitérios e fazendas. Além disso, têm-se tornado um importante segmento da agricultura e da indústria de insumos e máquinas, em virtude da necessidade constante de manutenção dos gramados (THROSSEL, 2000).

No Brasil, em razão do clima tropical, é favorecido o desenvolvimento de algumas espécies de gramíneas utilizadas na formação de gramados, como: grama-batatais (*Paspalum notatum*), grama-esmeralda (*Wild zoysia*), grama-são-carlos (*Axonopus afiins*), grama-santo-agostinho (*Stenotaphrum secundatum*) e grama-bermudas (*Cynodon dactylon*) (ARRUDA, 1995).

O rendimento das gramíneas é influenciado pela espécie, pelos fatores climáticos, pela fertilidade do solo, pela idade fisiológica das plantas, pelo manejo de cultivo e pela disponibilidade de água no solo.

Para solucionar a deficiência hídrica do solo, é necessário irrigar as gramíneas para incrementar a produção de matéria verde e manter a qualidade do gramado.

Segundo SILVA (2003), a elevada energia solar incidente nos trópicos e subtropicais beneficia a produção de gramíneas, mas provoca freqüentemente aumento significativo da evapotranspiração. Assim, o manejo de gramíneas, nessas regiões, deve ser feito buscando maior eficiência no uso de água, expressa pela quantidade de matéria seca produzida por volume de água utilizado.

Com a proliferação dos gramados em condomínios residenciais, campos de futebol, campos de golfe e parques aquáticos, houve aumento das áreas verdes. No entanto, sendo os recursos hídricos limitados e nem sempre suficientes para atender a todos os usuários simultaneamente, é necessário utilizar racionalmente a água para irrigação dos gramados. Por essa razão, estudos para a determinação da lâmina que minimize o consumo de água e energia e, conseqüentemente, os custos com este insumo, mantendo a qualidade do gramado, são fundamentais.

Neste trabalho teve-se como objetivos: (a) avaliar o efeito da aplicação das lâminas de água correspondentes a 40, 60, 80 e 100% da evapotranspiração de referência sobre a produtividade de matéria seca da grama-batatais (*Paspalum notatum*) e da grama-esmeralda (*Wild zoysia*); (b) obter a lâmina mínima de água que preserve a qualidade visual do gramado, possibilitando a economia de água e energia; e (c) determinar os coeficientes de cultura para as duas espécies.

2. REVISÃO DE LITERATURA

O desenvolvimento e crescimento das gramíneas estão condicionados às variáveis climáticas e às condições de solo, como a temperatura, a radiação solar e a disponibilidade de água no solo.

A maioria dos gramados formados pela grama-batatais procede de áreas de pastagens, que, conforme Lorenzi (2000), citado por FREITAS et al. (2002), estão freqüentemente infestadas por plantas daninhas, que interferem na sua qualidade, prejudicando sua estética, além de concorrer por água, luz, nutrientes e espaço físico.

A grama-batatais é predominante na região centro-sul do Brasil. É muito rústica, com folhas concentradas na parte basal, e cobre facilmente o terreno. É uma espécie adaptada a solos de baixa fertilidade, com déficit hídrico, e ao pisoteio, exigindo cortes freqüentes para a manutenção da qualidade do gramado devido ao seu rápido crescimento (FREITAS et al., 2002). Além disso, é adotada como cobertura vegetal padrão nos postos agrometeorológicos.

A grama-esmeralda possui folhas estreitas, hastes curtas e densas, e cobre facilmente o terreno formando belos tapetes, devido ao entrelaçamento das suas folhas. É usada com freqüência em campos desportivos, jardins residenciais, áreas industriais, casas de praia e de campo e “playgrounds”. É uma espécie resistente ao pisoteio, intolerante ao sombreamento e déficit hídrico (ARRUDA, 1995).

O clima tropical do Brasil favorece o desenvolvimento de algumas gramíneas como bermudas, esmeralda, são carlos e batatais, chamadas de gramas de verão, por se adaptarem melhor a temperaturas altas, na faixa de 25 a 35°C. Essas gramas são de alto crescimento e metabolismo em temperaturas elevadas. Em temperatura menor que 20°C, elas iniciam um processo de dormência, ocasionando diminuição do seu metabolismo num período em que as condições ideais de crescimento não são favoráveis. Assim, essas espécies acumulam, no período menos favorável, reservas de

alimento, normalmente nas raízes, para serem utilizadas no período de crescimento (SANTIAGO, 2001).

No inverno, são necessários cuidados para manter o gramado bonito e uniforme. Nesse período, deve-se aumentar a fertilização potássica e diminuir a nitrogenada. O potássio influencia na composição da membrana celular das plantas e atua na abertura e no fechamento estomáticos. Quanto maior a absorção de potássio pelas plantas, mais grossas e fortes ficam as paredes celulares. Isso contribui para prevenir doenças e ataque de insetos, além de aumentar a resistência da grama ao pisoteio, déficit hídrico e frio (CORSI, 1994). Segundo esse autor, a adubação com potássio deve ser equilibrada de modo a suprir as necessidades da planta, porém, se a fonte for cloreto de potássio, pode ocorrer a salinização do solo. O nitrogênio, por sua vez, atua diretamente no crescimento das plantas. No período em que não ocorre crescimento ativo das gramas, o nitrogênio não deve ser utilizado em excesso, pois pode enfraquecer as paredes celulares e diminuir a resistência, ocasionando o aparecimento de doenças.

No inverno, a poda da grama é menos freqüente e a altura do corte deve ser mais elevada, para deixar a grama com maior área foliar para realizar as atividades fotossintéticas e metabólicas de maneira adequada (FREITAS et al., 2002).

Segundo LORENZI e SOUZA (1999), os cuidados com a irrigação devem ser bem administrados. Durante o inverno, a grama perde menos água, por isso a sua reposição pode ser menor. Além disso, excesso de umidade no inverno pode favorecer a ocorrência de doenças. Na Região Sul do Brasil, o controle da umidade é dificultado pelas chuvas freqüentes do período, ao contrário da Região Sudeste, que tem inverno seco, o que facilita o manejo da irrigação. Para evitar que a grama fique com um aspecto seco nesse período, é necessário que o intervalo entre irrigações seja menor.

2.1. Produção de Matéria Seca

O peso da matéria seca é usado para expressar o resultado do metabolismo da planta e o efeito das condições ambientais sobre o seu crescimento, isto é, determinando-se a quantidade da matéria seca de gramínea, pode-se estimar a velocidade de crescimento da planta (ESTRADA, 1990).

Para amostragem da gramínea em pequenas parcelas experimentais, o método mais utilizado é o corte das plantas, manual ou mecânico, na área da unidade

experimental. Em parcelas maiores, é usual o corte de plantas com ceifadeiras em pequenas áreas representativas, tomadas em diferentes pontos, com o uso de quadrado ou faixa, de modo a se amostrar de 0,05 a 0,2% da área total, conforme sua uniformidade (LOPES, 1998).

São complexas as relações entre os elementos climáticos e a produção de matéria seca da planta, principalmente pelo fato destas variáveis afetarem o crescimento e o desenvolvimento das plantas nas diferentes fases do seu ciclo. Segundo CHRISTIANSEN (1986), a temperatura é o elemento climático que mais afeta o crescimento e o desenvolvimento das plantas. Isto ocorre pelo fato de haver uma temperatura ótima e limites máximo e mínimo toleráveis pela planta (KLAR, 1984).

Na Região Sudeste, há duas estações climáticas bem definidas que afetam diretamente a produção das gramíneas: a das águas e a da seca. A alta temperatura do ar e a radiação solar são geralmente favoráveis ao crescimento das espécies tropicais com metabolismo fotossintético do tipo C₄. Durante a estação seca, esses fatores quase sempre são adversos ao crescimento dessas espécies, ocorrendo uma estacionalidade na produção dessas gramíneas. Com a baixa distribuição de chuvas durante o período de seca, aliada à baixa temperatura e à menor radiação solar, é reduzida a taxa de fotossíntese líquida das culturas, afetando a taxa de desenvolvimento da área foliar e, conseqüentemente, a produção de matéria seca (MARTINS et al., 2000). Neste contexto, a irrigação pode trazer benefícios ao crescimento e desenvolvimento das gramíneas nessa época do ano. Segundo esses autores, Minas Gerais está entre os quatro Estados de maior déficit hídrico do País, provavelmente devido à sua extensa área que faz parte do Polígono das Secas, abrangendo as regiões norte de Minas, Vale do Jequitinhonha e do Mucuri.

2.2. Evapotranspiração e Coeficiente de Cultura

Evapotranspiração é a quantidade de água evaporada e transpirada por uma superfície vegetal, durante determinado período, incluindo a evaporação da água do solo, da água depositada por irrigação, chuva ou orvalho na superfície das folhas e a transpiração vegetal (DOORENBOS e KASSAN, 1979; MANTOVANI e COSTA, 1998). Quando a evapotranspiração se processa em uma superfície extensa, totalmente coberta com vegetação rasteira, em fase de crescimento ativo, sem restrições de água e

nutrientes, ela é definida como evapotranspiração da cultura em condição-padrão (ALBUQUERQUE et al., 2002).

Na natureza, a evaporação e a transpiração ocorrem simultaneamente. MOURA (1992) define evaporação com base na meteorologia, como o processo físico pelo qual um líquido ou sólido passa para o estado gasoso, e a transpiração como o processo de evaporação da água que passa pela planta, entrando pelas raízes, passando pelos tecidos vasculares até as folhas e outros órgãos, saindo para a atmosfera pelos estômatos ou pelas cutículas.

A evapotranspiração de uma cultura em advecção de calor sensível, com deficiência hídrica ou nutricional, com ocorrência de pragas ou doenças, ou, ainda, salinidade do solo, é denominada evapotranspiração da cultura em condição não-padrão (ETc-aj). No caso de a evapotranspiração ocorrer em área com boa disponibilidade de água no solo, mas sob efeito de advecção de calor sensível, a ETc-aj passa a ser superior à ETc, sendo denominada de evapotranspiração oásis. Já com baixa fertilidade do solo, deficiência hídrica, ocorrência de pragas ou doenças e alta salinidade do solo, a ETc-aj passa a ser inferior à ETc (ALLEN et al., 1998, ALBUQUERQUE et al., 2002):

$$ETc-aj = Kc Ks ETo \quad (1)$$

O Ks considera o efeito do estresse hídrico na transpiração da cultura, sendo seu valor menor que a unidade em caso de quantidade de água limitada no solo.

A estimativa da ETc envolve duas etapas. Na primeira, estima-se a evapotranspiração de referência (ETo), geralmente utilizando uma equação empírica. Na segunda, a ETc é obtida ao multiplicar a ETo por um coeficiente de cultura (Kc), determinado empiricamente, considerando-se o efeito das características da cultura sobre suas necessidades hídricas nos diversos estádios de desenvolvimento (LIMA et al., 1994).

ALLEN et al. (1998) propuseram um novo conceito para cultura de referência: a evapotranspiração é promovida por uma cultura hipotética que cobre todo o solo, em crescimento ativo, sem restrição hídrica nem nutricional, com altura média de 0,12 m, albedo igual a 0,23 e resistência da superfície ao transporte de vapor de 70 s m⁻¹. O modelo utilizado como padrão para estimar a ETo passou a ser a equação de Penman-Monteith parametrizada. Esse método foi selecionado porque é o que mais se aproxima

da ETo no local avaliado, tem embasamento físico e incorpora explicitamente tanto os parâmetros fisiológicos quanto os aerodinâmicos (ALBUQUERQUE et al., 2002).

O conceito de evapotranspiração de referência (ETo) considera como superfície de referência uma cultura hipotética, como a grama-batatais (*Paspalum notatum*), com características específicas. O conceito de ETo foi introduzido para estudar a demanda evaporativa da atmosfera, independente do tipo de cultura, do estágio de desenvolvimento e das práticas de manejo. Quando a água está disponível para a cultura de referência, o solo não afeta a ETo. Os valores de ETo medidos ou calculados em diferentes localidades e épocas são comparáveis quando se referem à evapotranspiração da mesma superfície de referência (ALBUQUERQUE et al., 2002).

De acordo com BRUMAN et al. (1983) e SILVA et al. (1999), a evapotranspiração pode ser medida ou estimada por vários métodos. No método direto, estão incluídos os diferentes tipos de lisímetros e o balanço de água no solo; no método indireto, estão os métodos empíricos, que se baseiam na utilização de dados do solo, dados meteorológicos ou dados da planta, como Penman-Monteith, Hargreaves, FAO-Blaney-Criddle, Priestley-Taylor e FAO Radiação.

O meio mais preciso de se medir a evapotranspiração é com lisímetros (BERNARDO, 1996). Lisímetros são tanques enterrados no solo. A palavra lisímetro é derivada do grego *lysis*, que significa dissociação ou movimento, e *metron*, que significa mensurar.

Os lisímetros são instrumentos de controle que devem ser bem impermeabilizados, construídos com diferentes materiais, como amianto, concreto, plástico etc. São preenchidos com solo e devem ser bem localizados para terem uma boa representatividade. Podem apresentar superfície nua ou coberta por vegetação, para determinação da evaporação em solo exposto ou de uma cultura (ABOUKHALED et al., 1982).

Há vários tipos de lisímetro, sendo sua forma e área baseadas no requerimento específico do estudo, ou seja, no tipo de cultura e no desenvolvimento radicular (HOWELL et al., 1991); sua localização deve representar o solo e as plantas do ambiente de cultivo.

O método de Penman-Monteith (Equação 2) é recomendado no boletim FAO 56 (ALLEN et al., 1998). Esse método, além de incorporar os aspectos aerodinâmico e termodinâmico, inclui a resistência ao calor sensível do vapor da água e a resistência da superfície à transferência de vapor d'água:

$$ET_o = \frac{0,408 s (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T_{méd} + 273} u_2 (e_s - e_a)}{s + \gamma (1 + 0,34 u_2)} \quad (2)$$

em que

ET_o = evapotranspiração de referência (mm d^{-1})

s = declividade da curva de pressão de vapor no ponto de $T_{méd}$ ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$)

R_n = radiação líquida na superfície da cultura ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$)

G = densidade do fluxo de calor do solo ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$)

= coeficiente psicométrico ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$).

$T_{méd}$ = temperatura média diária do ar a 2 m de altura ($^\circ\text{C}$)

u_2 = velocidade do vento a 2 m de altura (m s^{-1})

e_s = pressão do vapor de saturação (kPa)

e_a = pressão do vapor atual (kPa).

A declividade da curva de pressão de vapor é função da temperatura média.

$$s = \frac{4098 \left[0,6108 \exp \left(\frac{17,27 T_{méd}}{T_{méd} + 237,3} \right) \right]}{(T_{méd} + 237,3)^2} \quad (3)$$

A temperatura média diária deve ser calculada com base nas temperaturas máxima e mínima diárias, mesmo quando as medidas horárias (ou mais frequentes) são disponíveis. Essa regra serve também para as escalas de tempos maiores que um dia:

$$T_{méd} = \frac{T_{máx} + T_{mín}}{2} \quad (4)$$

em que

$T_{máx}$ = temperatura máxima ($^\circ\text{C}$)

$T_{mín}$ = temperatura mínima ($^\circ\text{C}$).

O coeficiente psicrométrico (γ) é uma constante dependente da pressão atmosférica (P), que varia muito pouco ao longo do ano no local, e também do calor latente de evaporação da água, que é fracamente afetado pela temperatura.

$$\gamma = \frac{C_p P}{\epsilon \lambda} = 0,665 \times 10^{-3} P \quad (5)$$

A média diária do déficit de saturação de vapor de água no ar ($e_s - e_a$) é calculada a partir das temperaturas máxima e mínima e das umidades relativas máxima e mínima diárias:

$$e_s = \frac{e^o(T_{\text{máx}}) + e^o(T_{\text{mín}})}{2} \quad (6)$$

$$e^o(T) = 0,6108 \exp \left[\frac{17,27 T}{T + 237,3} \right] \quad (7)$$

$$e_a = \frac{e_s \cdot UR}{100} \quad (8)$$

Na Equação 7, substituindo-se T por $T_{\text{máx}}$ ou $T_{\text{mín}}$, obtém-se $e^o(T_{\text{máx}})$ e $e^o(T_{\text{mín}})$, respectivamente.

O fluxo de calor no solo (G) quase sempre é desprezado por apresentar um valor muito pequeno em relação a R_n na escala diária. Para períodos de 10 dias, o boletim FAO-56 recomenda $G = 0$. Na escala mensal, o seu cálculo deve obedecer à seguinte expressão:

$$G_{\text{mês},i} = 0,14 (T_{\text{mês},i} - T_{\text{mês},i-1}) \quad (9)$$

em que

$T_{\text{mês},i}$ = média mensal da temperatura do ar para o mês i ($^{\circ}\text{C}$)

$T_{\text{mês},i-1}$ = média mensal da temperatura do ar do mês anterior a i ($^{\circ}\text{C}$).

Em postos meteorológicos, a medida de R_n não é rotineira, e o boletim FAO-56 recomenda que tal variável climática seja estimada pelas seguintes equações:

$$R_n = R_g (1 - \alpha) + (0,56 - 0,09 \sqrt{e_a}) \cdot 4,903 \cdot 10^{-9} (T_{méd})^4 \cdot \left(0,1 + 0,9 \left(\frac{n}{N} \right) \right) \quad (10)$$

$$R_g = R_o \left(a + b \frac{n}{N} \right) \quad (11)$$

$$R_o = 37,586 \cdot d_r (H \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \sin H) \quad (12)$$

$$d_r = 1 + 0,033 \cos \left(\frac{2\pi J}{365} \right) \quad (13)$$

$$\delta = 0,409 \sin \left(\frac{2\pi}{365} J - 1,39 \right) \quad (14)$$

$$H = \cos^{-1}(-\tan \phi \tan \delta) \quad (15)$$

$$N = 2 \cdot \frac{H}{15} \quad (16)$$

sendo $a = 0,25$ e $b = 0,52$ coeficientes locais necessários ao cálculo da irradiância solar para Viçosa (VIANELLO e ALVES, 1991); R_g é irradiância solar global diária sobre uma superfície horizontal no solo (MJ m^{-2}); R_o é a irradiância solar global diária no topo da atmosfera (MJ m^{-2}); d_r é a distância relativa Terra-Sol (radiano); n é o número de horas de brilho solar medido por heliógrafo; N é a duração astronômica do dia (horas); H é o ângulo horário (radiano); ϕ é a latitude local (radiano) (o valor é negativo para o hemisfério Sul); δ é o valor da declinação do Sol (radiano) e J é o dia Juliano (dias). Segundo ALLEN et al. (1998), o albedo da cultura hipotética (α) é de 0,23.

A determinação da quantidade de água necessária para a cultura consiste num dado básico e necessário ao planejamento do manejo de irrigação. Dessa forma, torna-se necessário o estudo de parâmetros que permitam determinar as lâminas de irrigação, como o coeficiente de cultura (Kc).

Segundo ALLEN et al. (1998), a razão empírica entre a evapotranspiração da cultura (ETc) e a evapotranspiração de referência (ETo), estimada por fórmulas ou elementos da demanda evaporativa, origina os chamados coeficientes de cultura (Kc). Estes podem ser utilizados, posteriormente, na estimativa da evapotranspiração das

culturas, necessitando-se apenas de dados meteorológicos representantes da demanda evaporativa atmosférica (SANTOS et al., 1996). Obtém-se, assim, um dado prático para o monitoramento das necessidades hídricas das culturas, podendo ser usado em local diferente daquele onde foi determinado:

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_o} \quad (17)$$

O coeficiente de cultura (K_c) varia conforme o estágio de desenvolvimento da planta. DOORENBOS e PRUITT (1977) e DOORENBOS e KASSAN (1979) reuniram grande quantidade de informações a respeito das necessidades hídricas das culturas, apresentando amplo estudo sobre K_c na maioria das espécies cultivadas comercialmente. O método consiste em dividir o ciclo da cultura em quatro fases de desenvolvimento, definindo-se um K_c específico para cada uma. ALLEN et al. (1998) atualizaram essa metodologia, propondo equações para ajustar os K_c em razão de variações climáticas.

Segundo ALBUQUERQUE et al. (2002), o K_c varia predominantemente com as características de uma cultura específica e somente numa dimensão limitada com o clima. Isso facilita a transferência de valores-padrão de K_c entre localidades e entre climas, razão pela sua ampla aceitação.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da Área Experimental

Este trabalho foi conduzido na Área Experimental de Irrigação e Drenagem da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa-MG, no período de abril a outubro de 2003.

Nessa área foram instalados 20 lisímetros de drenagem (Figura 1), constituídos por caixas de cimento-amianto com capacidade de $1,0 \text{ m}^3$, medindo internamente $1,10 \text{ m}$ de largura por $1,60 \text{ m}$ de comprimento na borda e $0,70 \text{ m}$ de profundidade. Como as caixas possuem cantos arredondados, a área útil da borda reduziu-se para $1,59 \text{ m}^2$.



Figura 1 - Vista geral da área do experimento.

O sistema de drenagem dos lisímetros foi constituído por três tubos de PVC de 20 mm de diâmetro com perfurações, colocados paralelamente no fundo da caixa. Sobre

os tubos, foram colocadas uma camada de brita nº1, com 10 cm de espessura, seguida por uma camada de brita zero e outra de areia lavada, com 7 e 8 cm de espessura.

Na Figura 2 apresentam-se a distribuição dos lisímetros na área experimental e a posição da plataforma de coleta da água de drenagem.

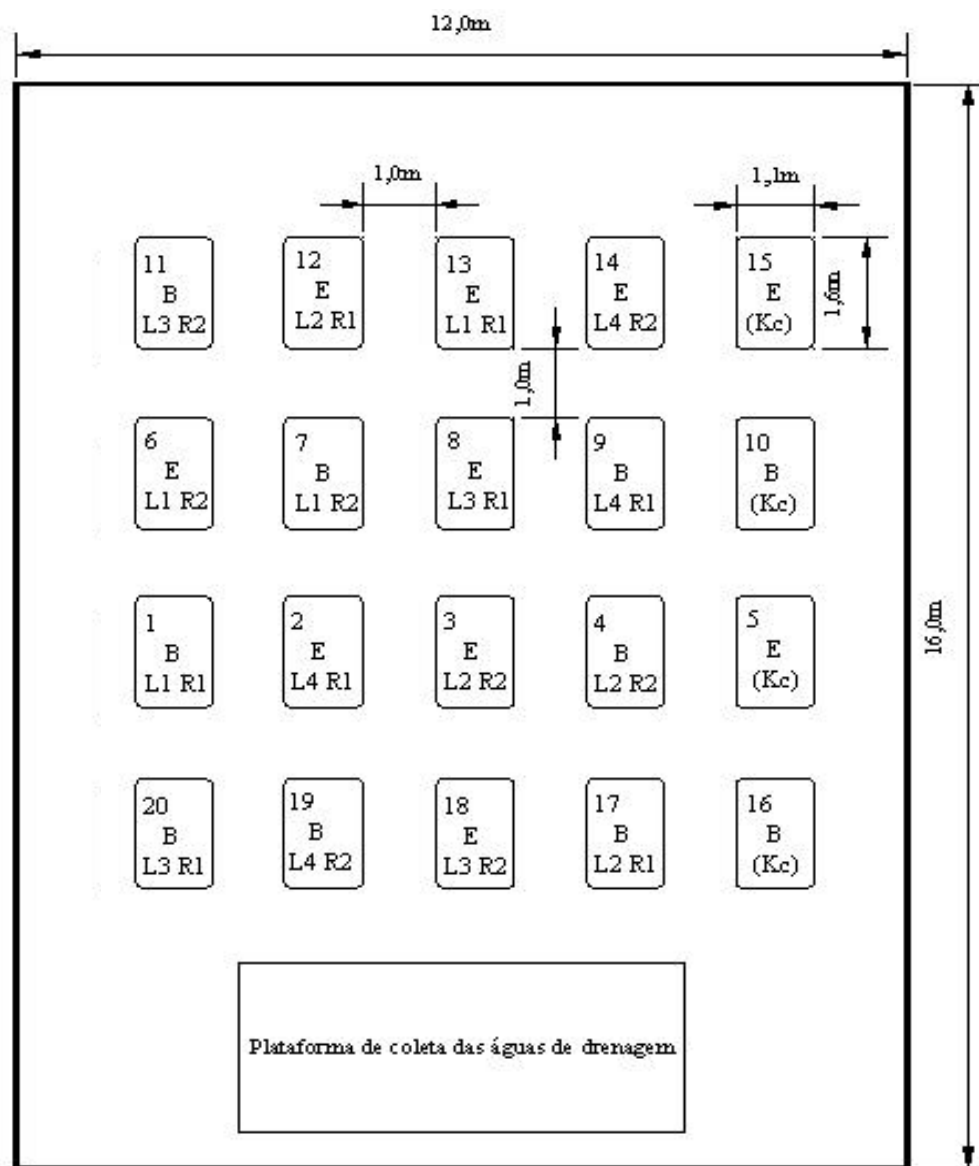


Figura 2 - Distribuição dos lisímetros na área experimental.

O material de solo utilizado no preenchimento dos lisímetros foi retirado dos primeiros 50 cm de profundidade de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, oriundo do campus da UFV.

Foram feitas amostragens para análise química do solo dos lisímetros, cujos resultados encontram-se no Quadro 1. Os valores de densidade do solo e densidade de partícula foram 1,0 e 2,6 g cm⁻³, respectivamente.

As umidades correspondentes à capacidade de campo, na tensão de 30 kPa, e ao ponto de murcha permanente, na tensão de 1.500 kPa, foram iguais a 30,9 e 21,3% em peso, respectivamente.

Quadro 1 - Análise química do solo utilizado

Camada	pH	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	CTC (t)	CTC (T)	V	P-rem
cm	H ₂ O	mg dm ⁻³		cmolc dm ⁻³							%	mg dm ⁻³
0-20	5,68	61,9	56,0	2,05	0,45	0	3,1	2,64	2,64	5,74	46,0	26,3

Foram feitas quatro adubações com base nos resultados da análise química apresentada no Quadro 1. A primeira adubação foi feita antes do plantio, no dia 11 de abril de 2003, quando se aplicaram 40 g da formulação NPK 10-10-10 em cada lisímetro. Nas demais adubações, foram aplicados 30g do NPK 10-10-10, perfazendo um total de quatro adubações. A segunda, terceira e quarta adubações foram realizadas nos dias 13 de junho, 15 de julho e 30 de agosto de 2003, respectivamente.

Foram plantadas gramíneas nos 20 lisímetros: em dez, foram plantadas grama-batatais e, nos outros dez, grama-esmeralda, em sorteio inteiramente casualizado. O plantio foi feito manualmente no dia 15 de abril de 2003, utilizando-se tapetes de grama de 0,5 x 0,8 m, isentos de ervas daninhas. Os tratamentos foram iniciados no dia 28 de junho de 2003, depois da consolidação do gramado, encerrando-se em 31 de outubro de 2003, com o último corte. Foram feitos quatro cortes das gramíneas em períodos de 30 dias.

3.2. Delineamento Estatístico

O experimento foi montado em esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas um esquema fatorial 4 x 2 (4 lâminas de água e 2 tipos de gramas) e nas subparcelas os cortes, no Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), com duas repetições.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e de regressão. Para o fator grama, as médias foram comparadas utilizando-se o teste F, adotando-se o nível de 5% de probabilidade. Para o fator lâmina, os modelos foram escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste t e adotando o nível de

até 15 % de probabilidade no coeficiente de determinação (R^2) e no fenômeno biológico.

Para as variáveis matéria seca e eficiência do uso da água, independente da interação tripla (corte x espécie x lâmina de água) não ser significativa, optou-se pelo seu desdobramento.

A aparência do gramado foi avaliada por meio da aplicação de um questionário a 16 avaliadores, contendo as classificações: *péssimo*, *ruim*, *regular*, *bom* e *muito bom*. Na análise da variável qualitativa foi aplicada uma escala representada da seguinte maneira:

péssimo: < 2

ruim: 2 e < 4

regular: 4 e < 6

bom: 6 e < 8

muito bom: 8

O aspecto visual das espécies relativo a cada classe pode ser observado nas Figuras 3 e 4, respectivamente.

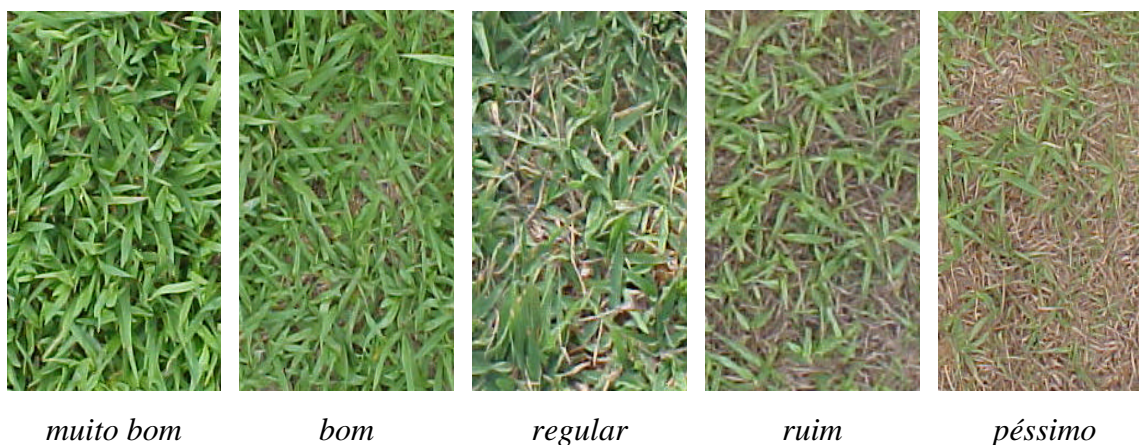


Figura 3 - Aspecto visual da grama-batatais relativo a cada classe usada para avaliar a aparência do gramado.

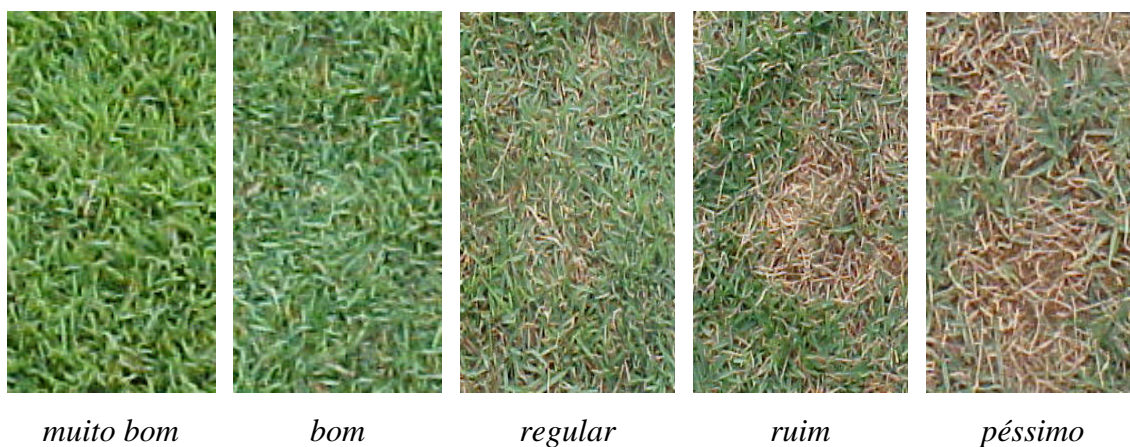


Figura 4 - Aspecto visual da grama-esmeralda relativo a cada classe usada para avaliar a aparência do gramado.

3.3. Determinação do Kc

A determinação dos coeficientes de cultura da grama-batatais e da grama-esmeralda foi feita de acordo com ALLEN et al. (1998), aplicando-se a Equação 17.

A evapotranspiração da cultura foi calculada por meio do balanço hídrico nos lisímetros. Para isso, foram utilizados quatro lisímetros, sendo dois cultivados com grama-batatais e dois com grama-esmeralda. A umidade do solo desses lisímetros foi mantida próxima à capacidade de campo, tendo sido monitorada com tensiômetros. O turno de rega foi de dois dias. Também foram efetuados controles de plantas invasoras por meio de limpezas manuais. Considerando o escoamento apenas no sentido vertical e a variação no armazenamento de água da planta desprezível, o balanço hídrico foi calculado aplicando-se a Equação 18, conforme recomendado por BERNARDO (1996). Diante da possibilidade de ocorrência de chuva, os lisímetros foram cobertos, razão pela qual não se contabilizou a precipitação pluvial:

$$ET = P + I - D \tag{18}$$

em que

- ET = evapotranspiração da cultura, mm
- P = precipitação pluviométrica no lisímetro, L
- I = irrigação no lisímetro, L
- D = água drenada do lisímetro, L

A evapotranspiração de referência (ET_o) foi estimada pelo método de Penman-Monteith (Equação 2), utilizando-se o programa IRRIGA.

Os dados referentes a ET_o e ET_c estimados e calculados durante o período experimental encontram-se nos Quadros 1a e 2a do Apêndice.

Os dados meteorológicos necessários para a estimativa da evapotranspiração de referência, como velocidade do vento, umidade relativa do ar, insolação, radiação solar e temperatura, foram obtidos na Estação Meteorológica da Universidade Federal de Viçosa, localizada próximo à área experimental.

Um dispositivo constituído por um tubo perfurado e um hidrômetro, montados num suporte móvel (Figura 5), foi usado na distribuição e no controle da quantidade de água aplicada em cada lisímetro.



Figura 5 - Vista do dispositivo usado para aplicação de água nos lisímetros.

As amostras de ambas as espécies foram recolhidas dos lisímetros após o corte, a cada 30 dias. Uma tesoura de cortar grama foi adaptada a um suporte de metal para que o corte fosse feito o mais uniforme possível, a 3 cm de altura. Posteriormente, as amostras foram levadas à estufa, a 65°C, por 48 horas, sendo, em seguida, pesadas em balança de precisão para a obtenção da matéria seca.

A eficiência do uso da água (EUA) pelas gramíneas foi calculada por meio da relação entre a matéria seca produzida por unidade de área e a quantidade de água utilizada.

De acordo com OLIVEIRA (1993), a eficiência do uso da água em relação as lâminas de água aplicadas demonstrou a forma com que a planta está utilizando a água no processo de produção da matéria seca.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Produção de Matéria Seca (MS)

É importante considerar, ao se analisarem os resultados deste estudo, as variações que ocorrem na temperatura do ar do ambiente, pois esta afeta a taxa de desenvolvimento da cultura e o crescimento e, conseqüentemente, a produção de matéria seca.

As temperaturas do ar máxima, mínima e média dos meses de realização do experimento estão apresentadas na Figura 6. De acordo com SANTIAGO (2002), as gramíneas possuem alta taxa de crescimento e aceleração de seu metabolismo em temperatura do ar na faixa de 25 a 35°C, e em temperatura menor do que 20°C, iniciam o processo de dormência.

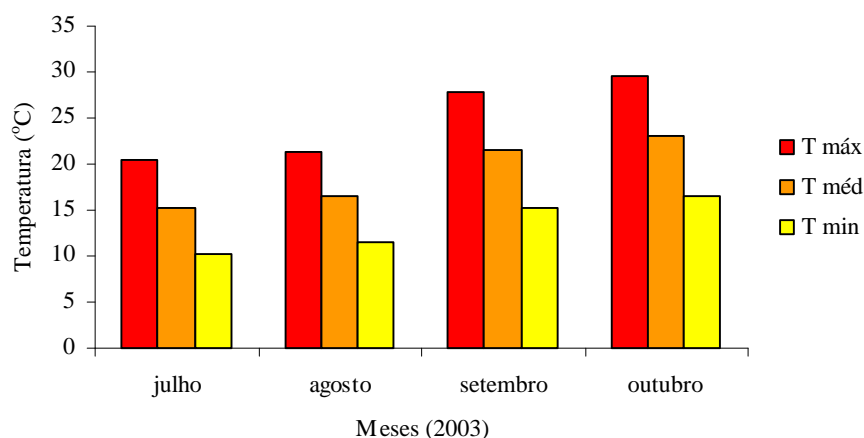


Figura 6 - Temperaturas máxima, média e mínima durante o período experimental.

Outro fator importante é a radiação solar, que afeta o crescimento das gramíneas. A Figura 7 apresenta a disponibilidade da radiação solar nos meses em estudo, observando-se um aumento a partir de setembro.

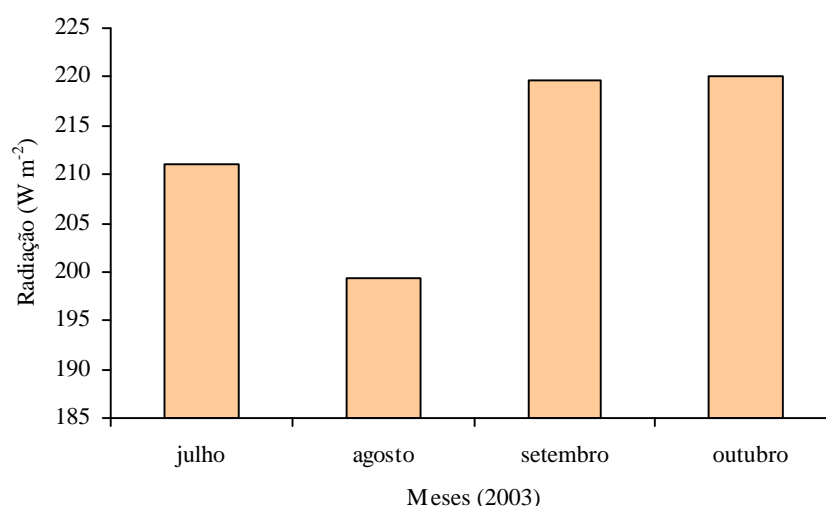


Figura 7 - Radiação solar de julho a outubro de 2003.

Nas Figuras 8 e 9, observam-se as produções de matéria seca obtidas com a aplicação das diversas lâminas de água, em cada mês do período experimental, à grama-batatais e à grama-esmeralda, respectivamente. A análise dessas figuras mostra que as duas gramíneas responderam à influência das diferentes lâminas aplicadas em setembro e outubro, meses em que a temperatura média do ar foi superior a 20°C, como se pode observar na Figura 6.

A produção da matéria seca das duas gramíneas não se diferenciou com o aumento da lâmina aplicada em julho e agosto, o que pode ser justificado pela menor temperatura do ar (Figura 6) e pela menor disponibilidade de radiação solar (Figura 7). Isto resultou na diminuição do metabolismo da planta, restringindo a absorção de água e nutrientes. A partir de setembro, houve uma resposta crescente da produção de matéria seca com aplicação da lâmina de água, devido ao aumento da temperatura e da radiação solar. Comportamento semelhante foi verificado por RODRIGUES e RODRIGUES (1987), em experimento com *Cynodon dactylon* cv. Coastal, que verificaram a diminuição da produção de matéria seca das plantas com a redução da temperatura e da disponibilidade da radiação solar.

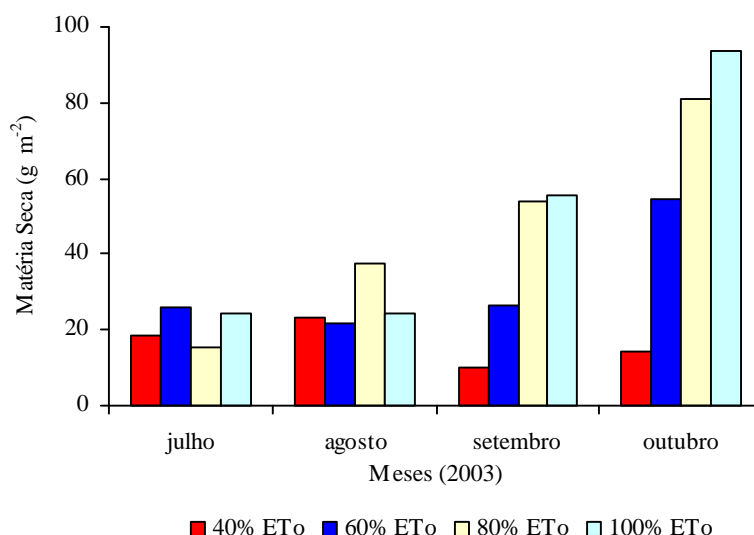


Figura 8 - Valores médios da produção de matéria seca da grama-batatais, obtida com a aplicação das diversas lâminas de água, em cada mês do período experimental.

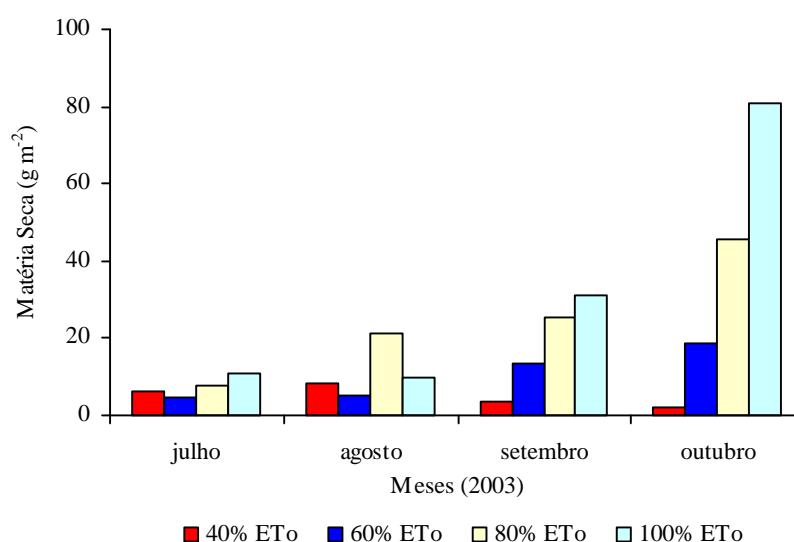


Figura 9 - Valores médios da produção de matéria seca da grama-esmeralda, obtida com a aplicação das diversas lâminas de água, em cada mês do período experimental.

No Quadro 2 são apresentadas as médias da produção da matéria seca nos meses de julho a outubro, com as diferentes lâminas aplicadas às gramíneas. Observa-se que não houve diferença estatística entre as médias, para as lâminas de 40% e 60% da ETo, em relação aos meses, em ambas as gramíneas.

Na aplicação da lâmina de 80% da ETo, a produção da matéria seca para a grama-batatais, obtida no mês de julho diferenciou-se estatisticamente de produção ocorridas nos meses de setembro e outubro. Para a grama-esmeralda, nos meses de julho e outubro, a produção da matéria seca apresentou diferença estatística significativa.

Na lâmina de 100% da ETo, a produção da matéria seca diferiu-se estatisticamente entre o mês de outubro e os demais para ambas as espécies.

Quadro 2 - Valores médios de produção de matéria seca (g m^{-2}) da grama-batatais (E_1) e da grama-esmeralda (E_2), no período de julho a outubro

Corte	0,4 ETo		0,6 ETo		0,8 ETo		ETo	
	E_1	E_2	E_1	E_2	E_1	E_2	E_1	E_2
julho	18,3A	6,2A	26,2A	4,6A	15,2C	7,9B	24,2B	10,9B
agosto	23,3A	8,1A	21,9A	5,3A	37,5BC	21,0AB	24,3B	9,9B
setembro	10,2A	3,6A	26,7A	13,7A	53,8AB	25,6AB	55,6B	31,0B
outubro	22,67A	1,9A	54,3A	18,8A	80,7A	45,7A	93,7A	81,0A

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na coluna, para cada lâmina, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Nos meses de julho e agosto, não houve incremento significativo na produção de matéria seca da grama-batatais, quando se aplicaram as diferentes lâminas de água, conforme apresentado na Figura 10, sendo as produções médias estimadas em 20,95 e 26,73 g m^{-2} , respectivamente.

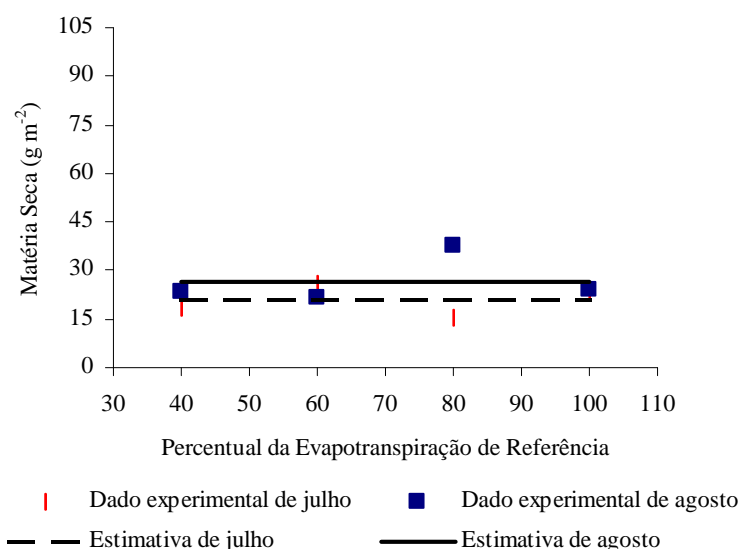
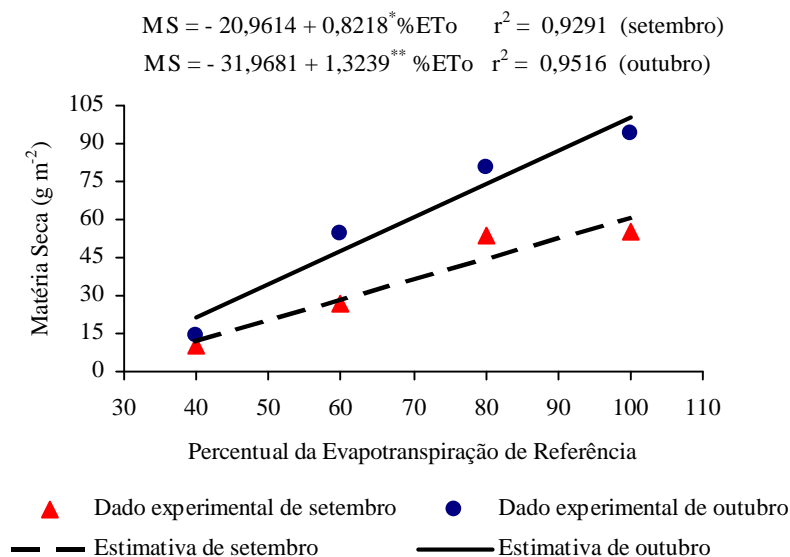


Figura 10 - Estimativa da matéria seca (MS) da grama-batatais em função dos percentuais da evapotranspiração de referência (%ETo) dos meses de julho e agosto.

Nos meses de setembro e outubro, houve aumento linear significativo na produção de matéria seca da grama-batatais com o incremento das lâminas de água, estimando-se em 0,8218 e 1,3239 g m⁻², respectivamente, por unidade do percentual da evapotranspiração de referência, conforme apresentado nas equações da Figura 11.



** significativo a 1%, pelo teste "t".

* significativo a 5%, pelo teste "t".

Figura 11 - Estimativa da matéria seca (MS) da grama-batatais em função dos percentuais da evapotranspiração de referência (%ET_o) dos meses de setembro e outubro.

Nos meses de julho e agosto, não houve incremento significativo na produção de matéria seca da grama-esmeralda quando se aplicaram as diferentes lâminas de água, conforme apresentado na Figura 12. Nos referidos meses, constataram-se valores médios de 7,45 e de 11,09 g m⁻², respectivamente.

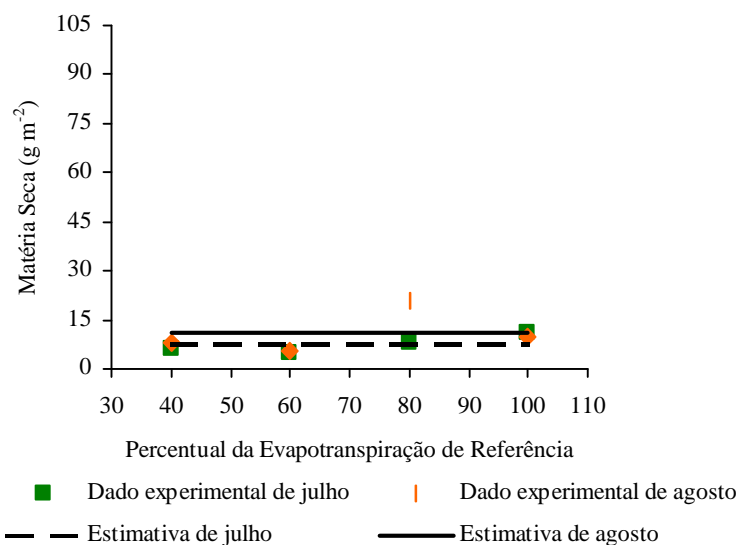
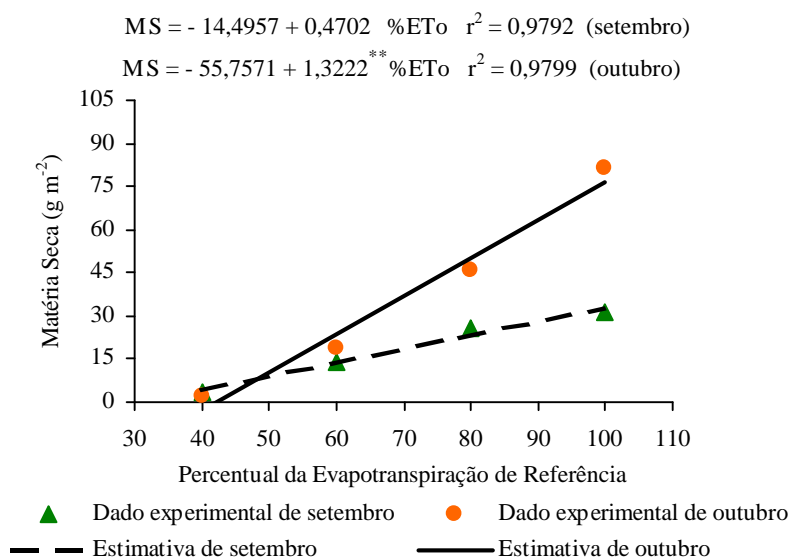


Figura 12 - Estimativa da matéria seca (MS) da grama-esmeralda em função dos percentuais da evapotranspiração de referência (%ET_o) dos meses de julho e de agosto.

Na Figura 13, apresenta-se a estimativa da matéria seca (MS) da grama-esmeralda em função do percentual da evapotranspiração de referência para os meses de setembro e outubro. Nas equações de regressão contidas nessa figura, observou-se aumento linear na matéria seca de 0,4702 g m⁻² em setembro e 1,3222 g m⁻² em outubro, por unidade de percentual da evapotranspiração de referência.



**significativo a 1%, pelo teste "t".

significativo a 15%, pelo teste "t".

Figura 13 - Estimativa da matéria seca (MS) da grama-esmeralda em função dos percentuais da evapotranspiração de referência (%ET_o) dos meses de setembro e de outubro.

4.2. Eficiência do Uso da Água

No Quadro 3, apresentam-se as médias da eficiência do uso da água, de julho a outubro, das diferentes lâminas de água aplicadas e da respectiva espécie. Observa-se que para 40% do valor da E_{T0}, houve diferença estatística para a grama-batatais em agosto, em comparação com os meses de setembro e outubro. Para a grama-esmeralda, não houve diferença estatística entre os períodos.

Quadro 3 - Valores médios da eficiência do uso da água ($\text{g m}^{-2} \text{mm}^{-1}$) da grama-batatais (E_1) e da grama-esmeralda (E_2), para as diferentes lâminas de água aplicadas nos meses estudados

Mês	0,4 ETo		0,6 ETo		0,8 ETo		ETo	
	E_1	E_2	E_1	E_2	E_1	E_2	E_1	E_2
julho	0,86 AB	0,31 A	0,82 A	0,16 A	0,36 B	0,21 A	0,46 A	0,23 AB
agosto	0,99 A	0,35 A	0,63 A	0,15 A	0,81 AB	0,46 A	0,42 A	0,17 B
setembro	0,38 B	0,13 A	0,68 A	0,34 A	1,03 A	0,48 A	0,86 A	0,47 AB
outubro	0,31 B	0,04 A	0,81 A	0,29 A	0,91 AB	0,53 A	0,84 A	0,75 A

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na coluna, para cada lâmina, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

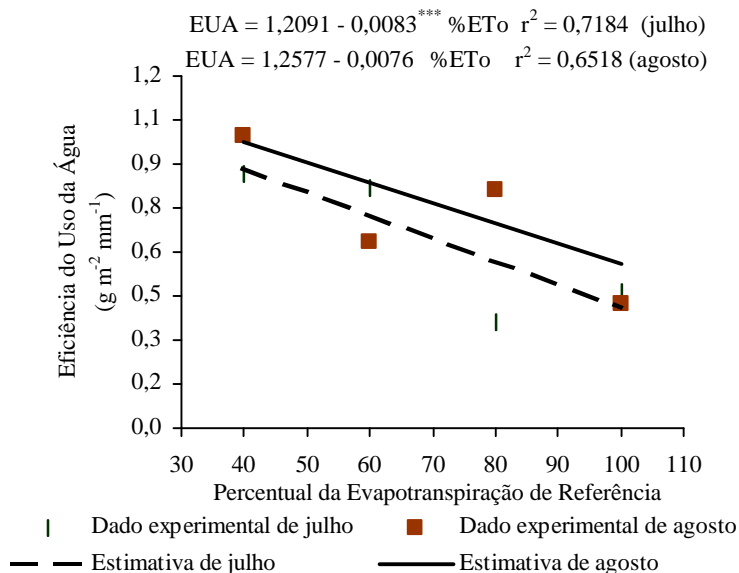
Com lâmina de 60% da ETo, para a grama-batatais e a grama-esmeralda, não houve diferença estatística entre as médias da EUA nos meses estudados.

Verificou-se que a lâmina de 80% da ETo, para a grama-batatais, mostrou diferença estatística em julho em relação a setembro; a grama-esmeralda não sofreu alteração nos meses em estudo.

Para a grama-batatais, não houve diferença estatística entre as médias da lâmina de 100% da ETo nos meses em estudos, porém houve para a grama-esmeralda em agosto e outubro.

Analisando os valores médios encontrados no Quadro 3, observa-se que a EUA média para 100% ETo, para a grama-batatais, no mês de julho, foi de $0,46 \text{ g m}^{-2} \text{mm}^{-1}$ e, no mês de outubro, de $0,84 \text{ g m}^{-2} \text{mm}^{-1}$, valores próximos aos encontrados por CUNHA et al. (1994) em experimento com alfafa (*Medicago sativa*) cultivada no sul do Brasil. Eles encontraram, no período de inverno, o valor de $0,45 \text{ g m}^{-2} \text{mm}^{-1}$ e, no período de setembro a outubro, o valor de eficiência do uso da água média de $0,75 \text{ g m}^{-2} \text{mm}^{-1}$. Para a grama-esmeralda, o valor da EUA em julho, de $0,23 \text{ g m}^{-2} \text{mm}^{-1}$, foi inferior ao encontrado por esses autores, porém para o mês de outubro o valor encontrado foi o mesmo.

A estimativa da EUA pela grama-batatais em função do percentual da evapotranspiração de referência dos meses de julho e de agosto está apresentada na Figura 14. Verificou-se que a EUA decresceu linearmente com o aumento da lâmina aplicada, registrando-se reduções de $0,0083 \text{ g m}^{-2} \text{mm}^{-1}$ em julho e $0,0076 \text{ g m}^{-2} \text{mm}^{-1}$ em agosto, por unidade do percentual da evapotranspiração de referência.

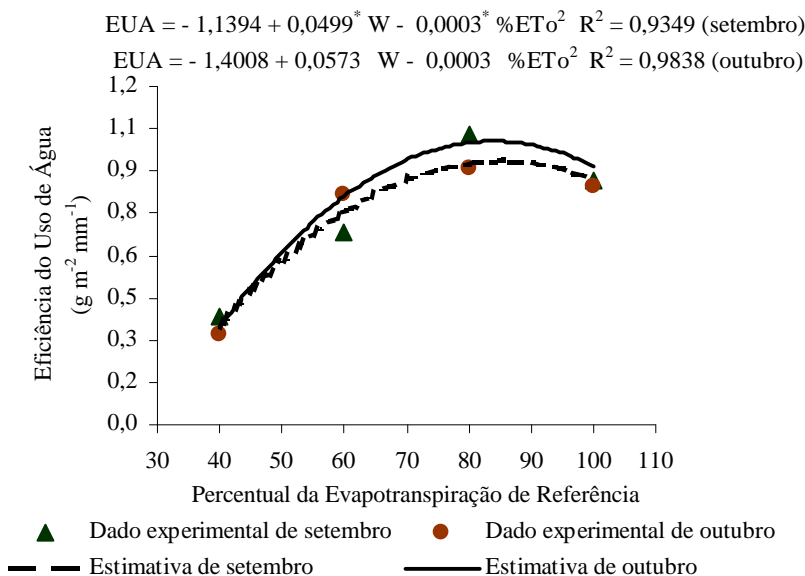


*** significativo a 10%, pelo teste "t".

significativo a 15%, pelo teste "t".

Figura 14 - Estimativa da EUA pela grama-batatais em função do percentual da evapotranspiração de referência (%ETo) dos meses de julho e de agosto.

Na Figura 15, apresenta-se a EUA pela grama-batatais em função do percentual da evapotranspiração de referência dos meses de setembro e de outubro. Observou-se uma relação quadrática da EUA em função do percentual da evapotranspiração de referência. Nessa figura são, apresentados também os respectivos modelos de regressão.



* significativo a 5%, pelo teste "t".

significativo a 15%, pelo teste "t".

Figura 15 - Estimativa da EUA pela grama-batatais em função do percentual da evapotranspiração de referência (%ETo) dos meses de setembro e de outubro.

Para a grama-esmeralda, nos meses de julho e agosto (Figura 16), a eficiência do uso da água foi constante, independente da lâmina aplicada, cujos valores médios obtidos foram de 0,2274 e 0,2836 $\text{g m}^{-2} \text{mm}^{-1}$, respectivamente.

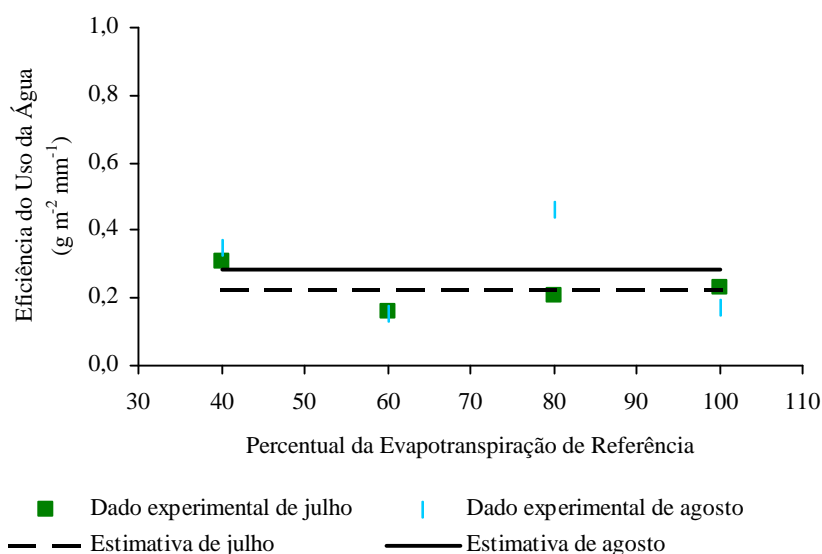
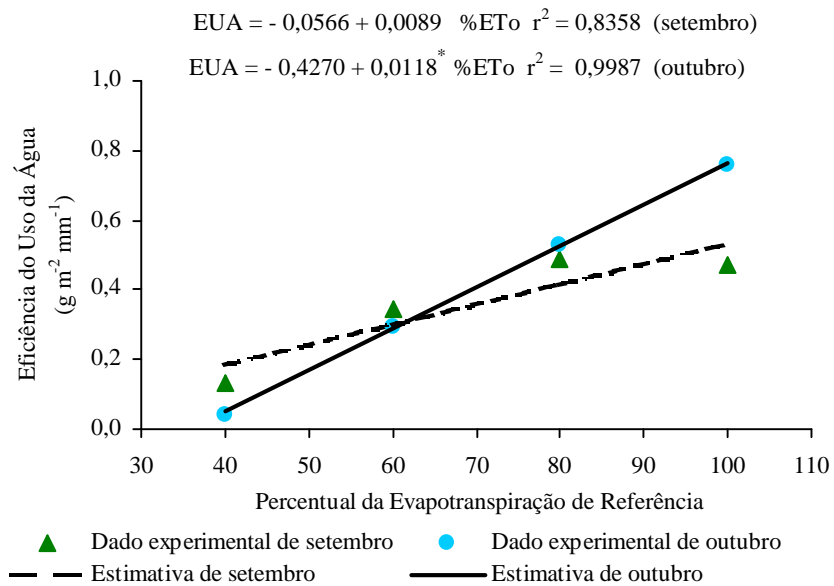


Figura 16 - Estimativa da EUA pela grama-esmeralda em função do percentual da evapotranspiração de referência (%ETo) dos meses de julho e de agosto.

Na Figura 17, é apresentada a estimativa da EUA pela grama-esmeralda em função do percentual da evapotranspiração de referência dos meses de setembro e de outubro. Constatou-se um aumento linear das lâminas de água, estimado em 0,0089 $\text{g m}^{-2} \text{mm}^{-1}$ para o mês de setembro e de 0,0118 $\text{g m}^{-2} \text{mm}^{-1}$ para o mês de outubro, por unidade do percentual da evapotranspiração de referência.



* significativo a 5%, pelo teste "t".
 significativo a 15%, pelo teste "t".

Figura 17 - Estimativa da EUA pela grama-esmeralda em função do percentual da evapotranspiração de referência (%ETo) dos meses de setembro e de outubro.

Como não houve influência da lâmina de água na produção da matéria seca da grama-batatais, em julho e agosto, encontrou-se a lâmina através da análise do questionário aplicado para suprir a necessidade hídrica da planta e manter uma boa qualidade visual do gramado. Adotou-se o critério de que a soma dos valores das classificações *muito bom* e *bom* tem que ser maior do que 85%. Na Figura 18, apresentam-se os resultados dessa avaliação para julho, indicando que a lâmina de 40% da ETo atende às exigências mencionadas anteriormente. Para o mês de agosto, analisando a Figura 19, a lâmina que atende ao aspecto visual é a de 80% da ETo.

Para a grama-batatais, no mês de setembro, a maior EUA foi de 83,16% da ETo e, para outubro, de 95,50% da ETo (Figura 15). Na Figura 20, apresenta-se a classificação com base no aspecto visual da grama-batatais, utilizando-se o mesmo critério anterior. Verificou-se que a lâmina de 80% da ETo é a recomendada para o mês de setembro. Na Figura 21, apresenta-se a avaliação quantitativa da grama-batatais para o mês de outubro. Verifica-se, nessa figura, que a lâmina de 100% da ETo atende as necessidades hídricas dessas gramíneas, mesmo quanto ao aspecto visual, e que a lâmina de 80% da ETo também atende aos dois aspectos, necessidade hídrica e qualidade visual.

Para a grama-esmeralda, nos meses de julho e agosto, a EUA foi constante, ou seja, para qualquer lâmina aplicada, a EUA foi de 0,2274 e de 0,2836 g m⁻² mm⁻¹, respectivamente. Com base no critério anterior (análise visual), as Figuras 22 e 23 apresentam os resultados dessa avaliação para julho e agosto, respectivamente. Concluiu-se que a lâmina de 80% da ETo atende, com esse critério, às necessidades hídricas e visuais da grama-esmeralda nesses meses.

As Figuras 24 e 25 apresentam a classificação com base no aspecto visual da grama-esmeralda nos meses de setembro e outubro, sendo a maior EUA a de 100% da ETo. Utilizando o critério já mencionado, observou-se que a lâmina de 80% da ETo atendeu às necessidades hídricas dessas gramíneas para bom aspecto visual.

Nas Figuras 18 a 25, pode-se constatar que a lâmina de 80% da ETo pode ser recomendada para os meses de julho a outubro. Apenas a grama-batatais, no mês de setembro, com a lâmina de 100% da ETo, apresentou melhor aspecto visual. Pode-se então generalizar e indicar a lâmina de 80% da ETo para as duas gramíneas dentro do período estudado (julho a outubro). Porém, pode-se usar a lâmina de até 40% da ETo para a grama-batatais, no mês de julho, pois a qualidade é aceitável para um turno de rega de dois dias.

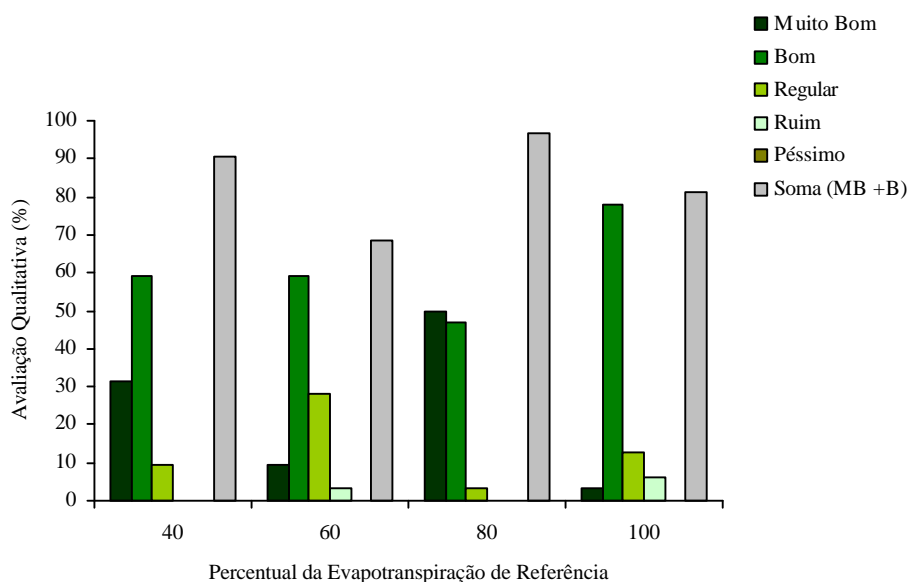


Figura 18 - Resultado da avaliação qualitativa da grama-batatais no mês de julho.

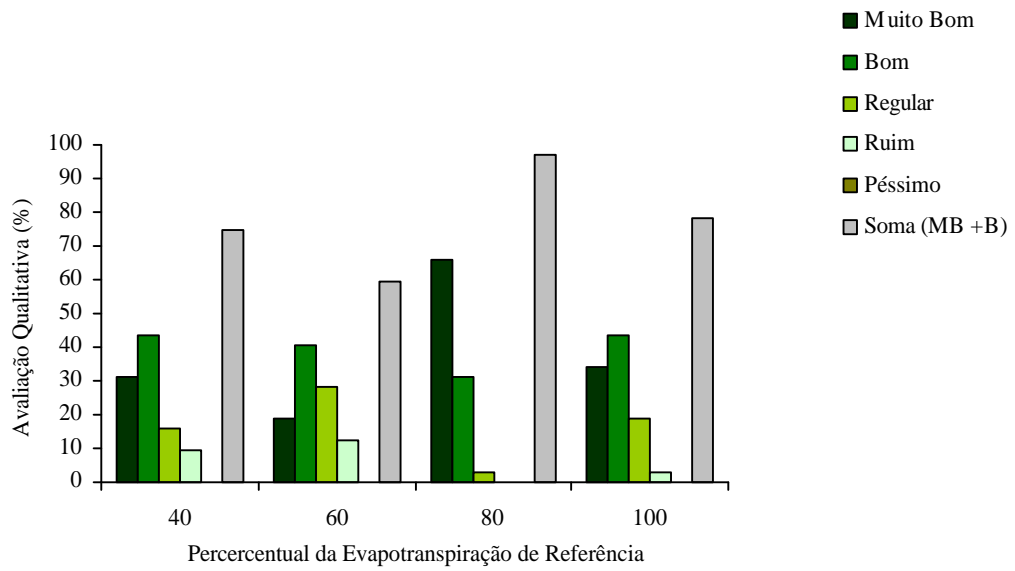


Figura 19 - Resultado da avaliação qualitativa da grama-batatais no mês de agosto.

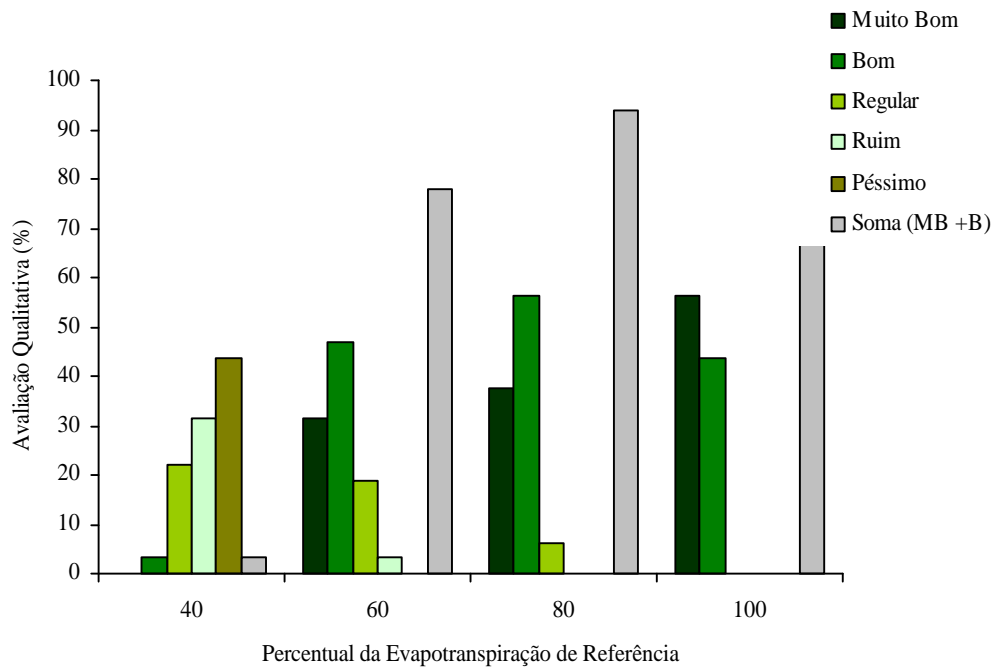


Figura 20 - Resultado da avaliação qualitativa da grama-batatais no mês de setembro.

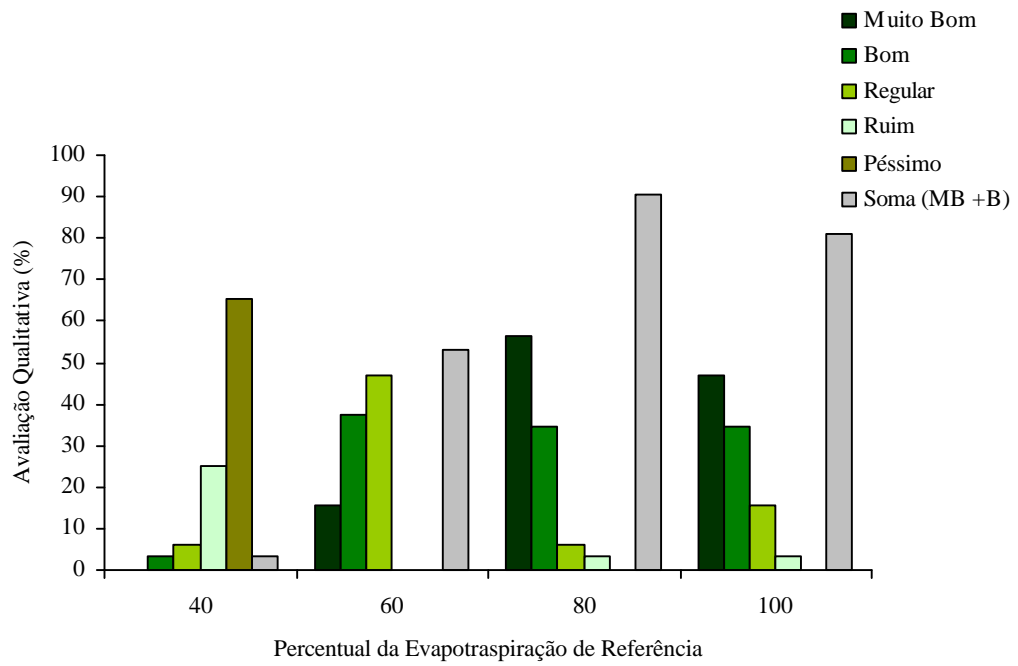


Figura 21 - Resultado da avaliação qualitativa da grama-batatais no mês de outubro.

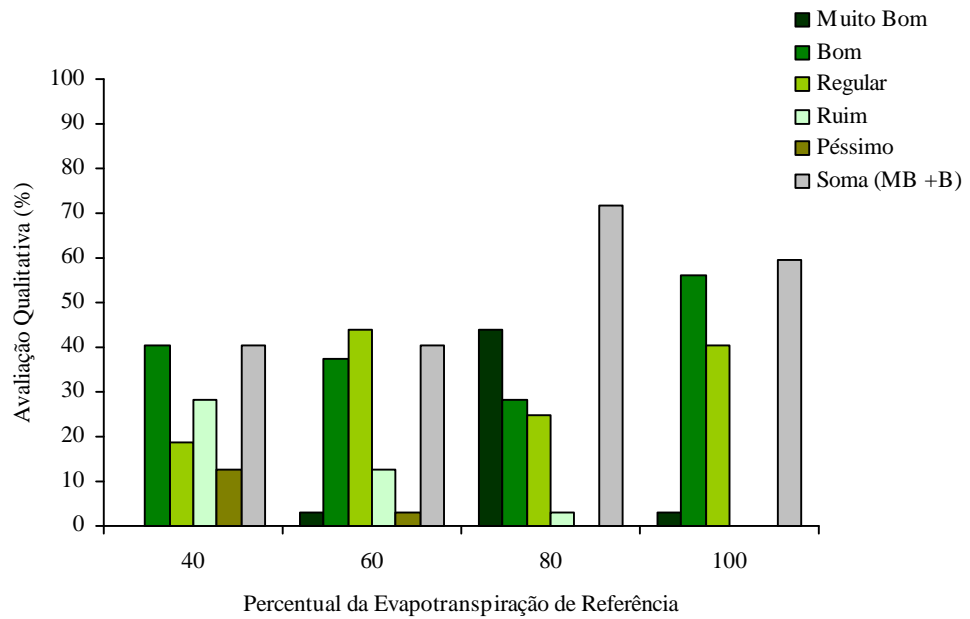


Figura 22 - Resultado da avaliação qualitativa da grama-esmeralda no mês de julho.

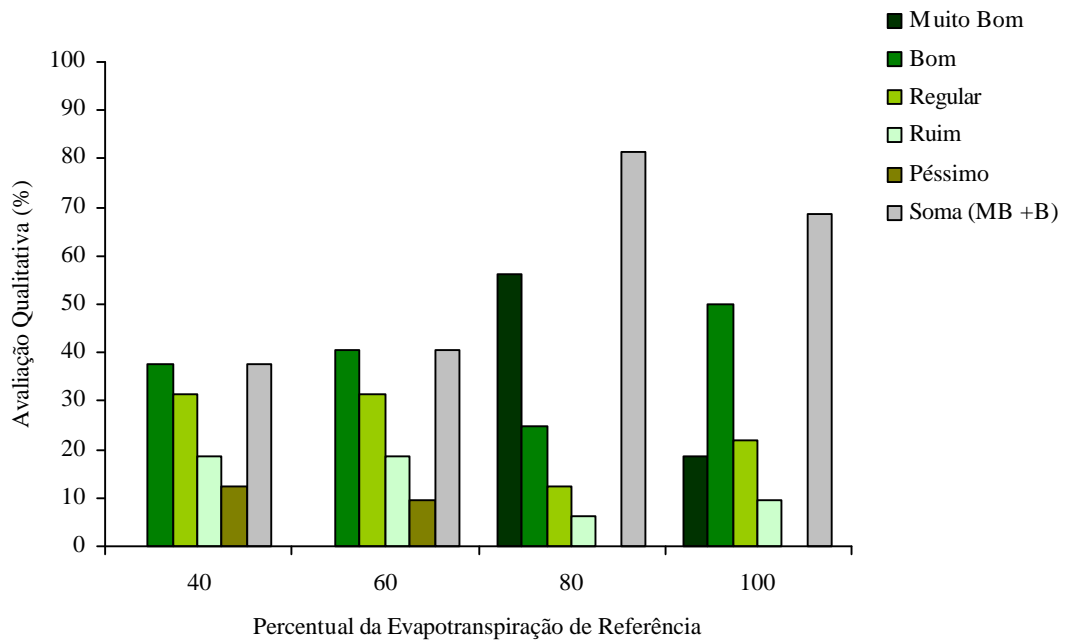


Figura 23 - Resultado da avaliação qualitativa da grama-esmeralda no mês de agosto.

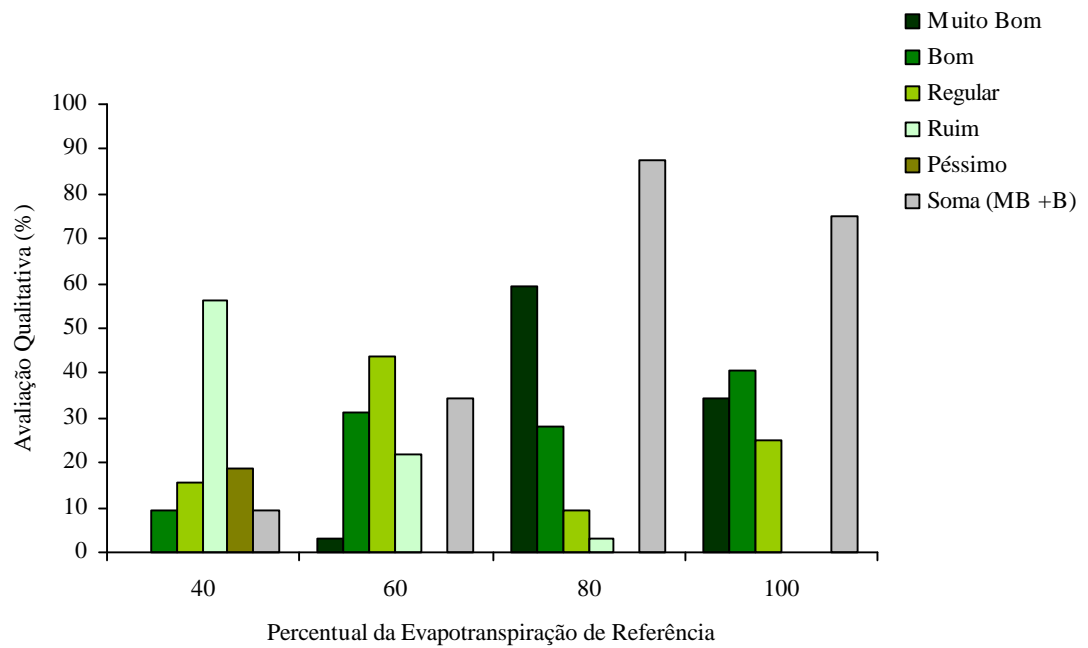


Figura 24 - Resultado da avaliação qualitativa da grama-esmeralda no mês de setembro.

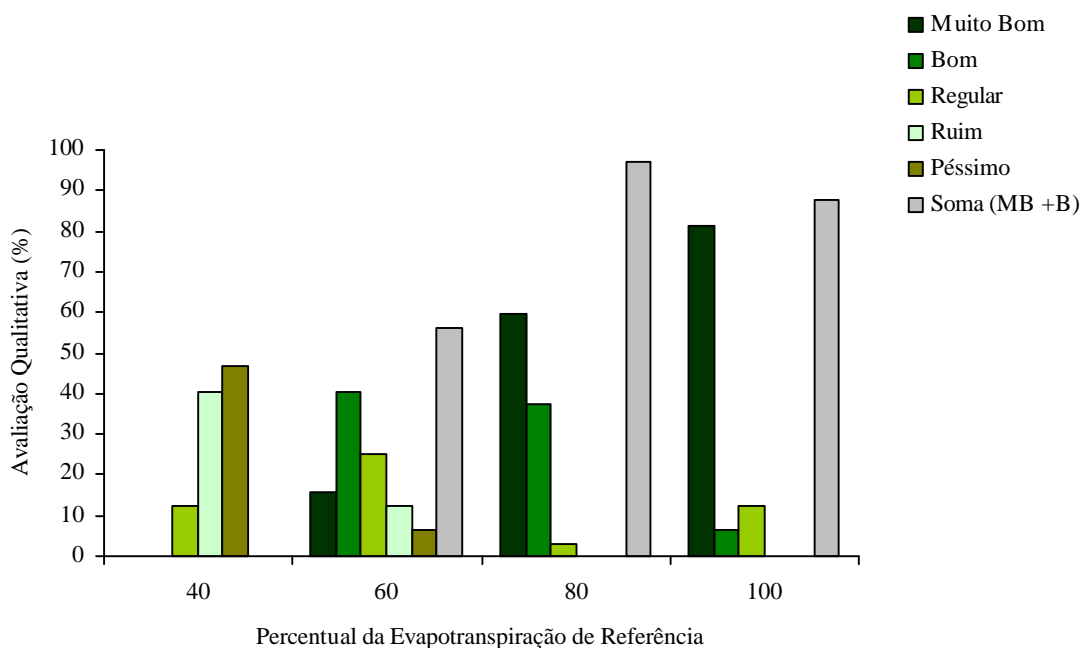


Figura 25 - Resultado da avaliação qualitativa da grama-esmeralda no mês de outubro.

4.3. Coeficiente de Cultura (Kc)

Os valores médios de Kc da grama-batatais e da grama-esmeralda, obtidos para os meses de julho, agosto, setembro e outubro, estão apresentados no Quadro 6.

Esses valores variaram de 0,88 a 1,12 e de 0,80 a 1,13 para a grama-batatais e para a grama-esmeralda, respectivamente, tendo sido estimados com os valores apresentados nos Quadros 1a e 2a do Apêndice.

A planta, no período frio, devido à baixa demanda atmosférica, consome pouca água e, como o solo foi mantido na capacidade de campo e o turno de rega foi de dois dias, houve um aumento do valor da ETc e, conseqüentemente, do Kc.

O aumento do consumo de água, em decorrência do aumento da temperatura e da disponibilidade da radiação solar, que, conseqüentemente, acelera a atividade metabólica dessas gramíneas, justifica o aumento do valor de Kc em outubro.

Quadro 4 - Valores médios da evapotranspiração de referência (ET_o), estimada no período, a cada dois dias, pelo método de Penman-Monteith, e valores de evapotranspiração da cultura (ET_c) e de coeficiente de cultura (K_c) da grama-batatais e da grama-esmeralda

Mês	ET _o (mm)	grama-batatais		grama-esmeralda	
		ET _c (mm)	K _c	ET _c (mm)	K _c
julho	4,18	4,70	1,12	4,69	1,13
agosto	5,21	4,79	0,92	4,50	0,86
setembro	6,88	6,07	0,88	5,52	0,80
outubro	7,20	7,26	1,01	7,13	0,99

Os valores de K_c são utilizados no manejo de irrigação, no processo de cálculo da lâmina de água a ser aplicada. Com isso, procura-se trabalhar com valores médios, tentando tornar viável, em larga escala, esta metodologia. Dessa forma, estimaram-se os valores médios de K_c de 0,98 e 0,94 para a grama-batatais e grama-esmeralda, respectivamente.

As Figuras 26 e 27 mostram as variações do coeficiente de cultura, nos meses em estudo, para as respectivas gramíneas.

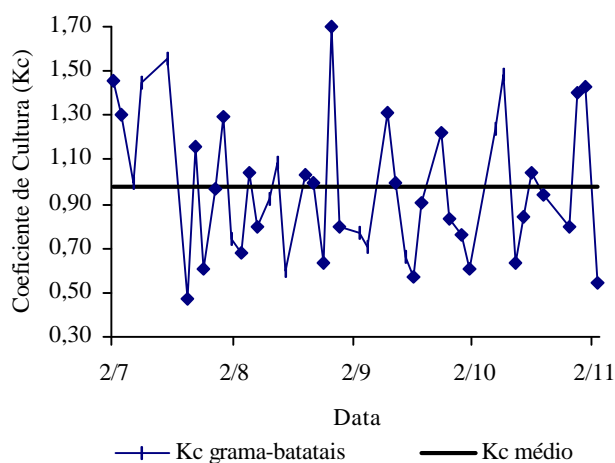


Figura 26 - Variações do coeficiente de cultura (K_c) da grama-batatais no período de julho a novembro de 2003.

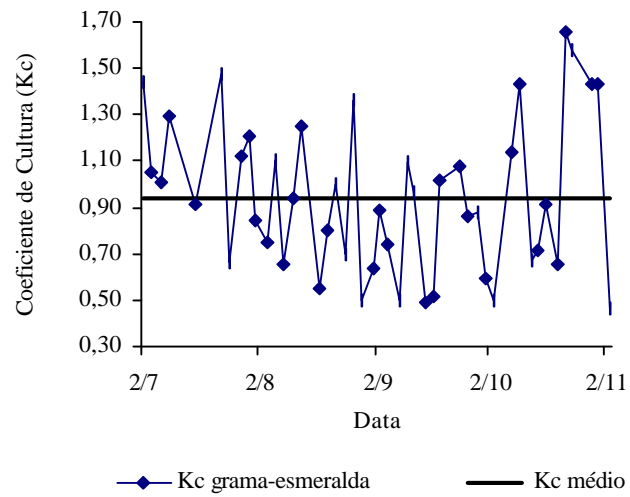


Figura 27 - Variações do coeficiente de cultura (Kc) da grama-esmeralda no período de julho a novembro de 2003.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

Este trabalho foi conduzido na Área Experimental de Irrigação e Drenagem do Departamento de Engenharia Agrícola, da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa-MG, no período de abril a outubro de 2003, com os objetivos de avaliar o efeito da aplicação das lâminas de água correspondentes a 40, 60, 80 e 100% da evapotranspiração de referência sobre a produção de matéria seca da grama-batatais (*Paspalum notatum*) e da grama-esmeralda (*Wild zoysia*); obter a lâmina mínima de água que preserve a qualidade visual do gramado, possibilitando a economia de água e energia; e determinar os coeficientes de cultura para as duas espécies.

Na área experimental foram instalados 20 lisímetros de drenagem, constituídos por caixas de cimento-amianto com capacidade de 1,0 m³. O material de solo utilizado no preenchimento dos lisímetros foi retirado dos primeiros 50 cm de profundidade de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, oriundo do campus da UFV. Quatro lisímetros foram utilizados para se determinar a evapotranspiração da cultura, sendo dois cultivados com grama-batatais e dois com grama-esmeralda.

O plantio foi feito manualmente, no dia 15 de abril de 2003. Os tratamentos iniciaram-se no dia 28 de junho de 2003, depois da consolidação das gramas, finalizando o experimento no dia 31 de outubro de 2003, com a última poda. Foram feitos quatro cortes das gramíneas em períodos de 30 dias

O experimento foi montado em esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas um esquema fatorial 4 lâminas de água x 2 tipos de gramas e, nas subparcelas os cortes, feitos num Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), com duas repetições. Antes de cada corte, foi avaliada a qualidade visual dos gramados por meio da aplicação de um questionário a 16 avaliadores, de acordo com a seguinte classificação: *péssimo*: < 2; *ruim*: 2 e < 4; *regular*: 4 e < 6; *bom*: 6 e < 8 e *muito bom*: 8.

Após cada corte, avaliou-se a produção de matéria seca, o que possibilitou determinar a eficiência do uso da água. Na determinação do Kc das duas espécies, a evapotranspiração da cultura (ETc) foi obtida com uso de lisímetro de drenagem e a ETo estimada pelo método de Penman-Monteith.

Pela análise dos resultados, concluiu-se que:

- A produção de matéria seca e a qualidade visual dos gramados das duas espécies não foram afetadas significativamente pelas diferentes lâminas de água aplicadas nos meses mais frios (julho e agosto).
- Para a grama-batatais, recomenda-se a lâmina de 40 % da ETo no mês de julho e, para ambas as gramas, nos outros meses, recomenda-se a lâmina de 80% da ETo, inclusive no mês de julho para a grama-esmeralda.
- Os valores médios de Kc foram de 0,98 para a grama-batatais e de 0,94 para a grama-esmeralda.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABOUKHALED, A.; ALFARO, A.; SMITH, M. **Lysimeters**. Rome: FAO, 1982, 68 p. (Irrigation and Drainage, 39).

ALBUQUERQUE, P.E.P. Coeficiente de cultivo (Kc) e demanda de irrigação. **Irrigação & Tecnologia Moderna**, Brasília, n. 50, 2001, p. 47.

ALBUQUERQUE, P.E.P.; ANDRADE JUNIOR, A.S.; SOUZA, F.de; SEDIYAMA, G.C.; BEZERRA, J.R.C.; SILVEIRA, P.M.da; STONE, L.F. Coeficientes de cultivo das principais culturas anuais. **Irrigação & Tecnologia Moderna**, Brasília, n° 52/53, 2001/2002, p. 49-55.

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration - guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998, 308 p. (FAO Irrigation and Drainage, 56).

ARRUDA, R.L.B. **Revista Natureza: Gramado e Forrações**. Editora Europa, Edição Especial, 1995, p.17-19.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 6. ed. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 1996, 657 p.

BRANDIMARTE, A.L. Crise da água: modismo, futurologia ou uma questão atual?, **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, Editorial Barsa Planeta, 1999, Departamento de Ecologia Geral, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo v.26, n.154. Disponível em: <<http://www.miniweb.com.br>>. Acesso em: 05 out. 2003.

BRUMAN, R.D.; NIXON, P.R.; WRIGTH, J.L.; PRUIT, W.O. **Water requirements**. In: JENSEN, M.E., (ed.). Design and operation of farm irrigation system. St. Joseph: ASAE, 1983, p. 189-232.

CHRISTIANSEN, M.N. Influence of atmospheric parameters on growth and development. **Cotton Physiology**, v. 1, p.39-46, 1986.

CORSI, M. **Espécies forrageiras para pastagem. Pastagens: fundamentos da exploração racional**. 2.ed. Piracicaba: ESALQ, 1994, 81 p.

CUNHA, G.R.da; PAULA, J.R.F.de; BERGAMASCHI, H.; SAIBRO, J.C.de; BERLATO M.A. Evapotranspiração e eficiência do uso da água em alfafa. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.2, 1994, p. 23-27.

DOMINGUES, A. F. Irrigante poderá receber bônus ao torna-se um produtor de águas. **Irrigação & Tecnologia Moderna**, Brasília, n. 54, 2002. p. 56-59.

DOORENBOS, J.; KASSAN, A.H. **Yield response to water**. Rome: FAO, 1979, 193 p. (FAO Irrigation and Drainage, 33).

DOORENBOS, J.; PRUITT, J.O. **Guidelines for predicting crop water requirements**. Rome: FAO, 1977, 179 p. (FAO Irrigation and Drainage, 24).

ESPINDULA NETO, D. **Uso racional de Água e de Energia Elétrica na Cafeicultura Irrigada por Pivô Central e Gotejamento**. Viçosa, MG, Imp. Univ - 2002. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa). 108 p.

ESTRADA, C.L.H. **Efeito do número e tamanho do quadrado nas estimativas da composição botânica e produção de matéria seca de pastagem cultivada e estimadas pelo Botanal**. Viçosa, MG, Imp. Univ - 1990. (Dissertação de Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa). 57 p.

FREITAS, F. C. L.; FERREIRA, L.R.; SILVA, A.A.; BARBOSA, J.G.; MIRANDA, G.V. Efeitos do trinexapac-ethyl sobre o crescimento e florescimento da grama-batatais (*Paspalum notatum*). **Ciência das Plantas Daninhas**, Viçosa, v.20, n.3, 2002, p.477-486.

HOWELL, T. A.; SCHNEIDER, A.D.; JENSEN, M. E. History of lysimeter desing and use for evapotranspiration. In: ALLEN, R.G.; HOWELL, T.A.; PRUITT, W.O.; WALTER, I.A.; JESEN, M.E. **Lysimeter for evapotranspiration and environmental measurements**. New York: ASCE, 1991, p. 1-19.

KLAR, A. E. **A água no sistema solo-planta-atmosfera**. São Paulo: Nobel, 1984, 408 p.

LIMA, M.G.; LEAL, F.R.; SETUBAL, J.W., Evapotranspiração máxima e coeficiente de cultura para o tomateiro em Teresina-PI. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.2, 1994, p. 29-32.

LOPES, R.S. **Avaliação de métodos para estimativa da disponibilidade de forragem de capim-elefante**. Viçosa, MG, Imp. Univ - 1998. (Dissertação de Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa). 65 p.

LORENZI, H.; SOUZA, H.M. **Plantas ornamentais no Brasil: arbórea, herbáceas e trepadeiras**. Nova Odessa: Instituto Plantar de Estudos da Flora Ltda. 1999, 1088 p.

MANTOVANI, E. C.; COSTA, L.C. **Manejo integrado das culturas e do recursos hídricos**. Workshop internacional sobre manejo integrado das culturas e dos recursos hídricos. Brasília: SRH/MMA – DEA-UFV, 1998. 154 p.

MARTINS, C.E., CÓSER, A.C., ALVIM, MJ., VILELA, D., FERRAZ, F.R. Irrigação: uma estratégia de intensificação da produção de leite a pasto. In: **SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS/TEMA EM EVIDÊNCIA**. 2000, Lavras, MG p. 311-355.

MOURA, M.V.T. **Determinação do Consumo de Água na Cultura da Cenoura (*Daucus carota*. L.) Através dos Métodos Lisimétrico e Balanço Hídrico sob Condições de Campo**. Piracicaba - SP: ESALQ/USP, Imp. Univ., 1992. (Dissertação de Mestrado em Agronomia - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - Universidade de São Paulo, Piracicaba). 84 p.

NELSON, C. J.; VOLENEC, J.J. **Environmental and Physiological Aspects of Forage Management**. The Science of Grassland Agriculture, Purdue University, West Lafayette, Indiana, 2001. 55-69 p.

NUNES, J.V.C. **Água**. UNESCO, 2003. Disponível: <<http://www.colmagno.com.br/cidadania/artigoagua.htm>> Acesso em: 14 set. 2003.

OLIVEIRA, S.L. **Funções de resposta do milho doce ao uso de irrigação e nitrogênio**. Viçosa, MG, Imp. Univ - 1993. (Tese Doutorado em Engenharia Agrícola - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa). 91 p.

RODRIGUES, L.R.A.; RODRIGUES, T.J.D. **Ecofisiologia de plantas forrageiras**. Ecofisiologia da Produção Agrícola. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. Piracicaba, SP.1997.p. 203-230.

SANTIAGO, A.V. **Evapotranspiração de referência medida por lisímetros de pesagem e estimada por Penman-Montheith (FAO 56), nas escalas mensal e decendial**. Piracicaba – SP: ESALQ/USP, Imp. Univ., 2001. (Dissertação de Mestrado em Agronomia – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - Universidade de São Paulo, Piracicaba). 52 p.

SANTOS, A.O.; BERGAMASCHI, H.; CUNHA, G.R. Necessidades hídricas da alfafa: coeficientes de cultura (Kc) no período pós-corte. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 4, n. 1, 1996, p. 37-40.

SILVA, F.C.da; FOLEGATTI, M.V.; PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A. Uso de dispositivo lisimétricos para medida da evapotranspiração de referência. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 7, n. 1, 1999, p. 19-23.

SILVA, L.D.B.da. **Evapotranspiração do capim tanzânia (*Panicum maximum* Jacq.) e grama-batatais (*Paspalum notatum*) utilizando o método do balanço de energia e lisímetro de pesagem**. Piracicaba, SP: ESALQ/USP, Imp. Univ., 2003. (Tese de Doutorado em Agronomia - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - Universidade de São Paulo, Piracicaba). 104 p.

VIANELLO, R.L.; ALVES, A.R. **Meteorologia Básica e Aplicações**. 1. ed. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 1991, 449 p.

THROSSEL, C. **Weed control in turf. Herbicide action**. Purdue University. West Lafayette, Indiana, 2000. p. 758-778.

APÊNDICE

Quadro 1a - Valores de evapotranspiração da cultura (ETc), evapotranspiração de referência (ETo) e de coeficiente de cultura (Kc) para a grama-batatais

Data	ETc (mm)	ETo (mm)	Kc
02/07/03	5,10	3,50	1,46
04/07/03	4,55	3,5	1,30
07/07/03	4,30	4,30	1,00
09/07/03	6,35	4,40	1,44
16/07/03	6,55	4,20	1,56
21/07/03	2,60	5,50	0,47
23/07/03	4,85	4,20	1,15
25/07/03	2,75	4,50	0,61
28/07/03	4,35	4,50	0,97
30/07/03	5,05	3,90	1,29
01/08/03	3,34	4,51	0,74
04/08/03	3,47	5,10	0,68
06/08/03	5,40	5,10	1,04
08/08/03	4,69	5,48	0,80
11/08/03	5,57	5,98	0,92
13/08/03	4,75	4,27	1,09
15/08/03	2,91	4,58	0,60
20/08/03	5,75	5,57	1,03
22/08/03	5,81	5,78	1,00
25/08/03	5,79	9,10	0,63
27/08/03	7,20	4,18	1,70
29/08/03	2,75	3,18	0,80
03/09/03	4,23	5,50	0,77
05/09/03	3,40	4,79	0,71
10/09/03	9,10	6,95	1,31
12/09/03	6,60	6,63	1,00
15/09/03	4,25	6,45	0,66
17/09/03	3,85	6,78	0,57
19/09/03	3,30	3,65	0,90
24/09/03	10,45	8,57	1,22
26/09/03	7,95	9,56	0,83
29/09/03	7,55	9,90	0,76
01/10/03	2,90	4,76	0,61
08/10/03	10,10	8,15	1,24
10/10/03	6,70	4,52	1,48
13/10/03	4,00	6,31	0,63
15/10/03	4,55	5,43	0,84
17/10/03	7,00	6,73	1,04
20/10/03	9,10	9,65	0,94
27/10/03	7,90	9,87	0,80
29/10/03	13,65	8,72	1,40
31/10/03	9,25	6,47	1,43
03/11/03	4,70	8,61	0,55

Quadro 2a - Valores de evapotranspiração da cultura (ETc), evapotranspiração de referência (ETo) e de coeficiente de cultura (Kc) para a grama-esmeralda

Data	ETc (mm)	ETo (mm)	Kc
02/07/03	5,05	3,50	1,44
04/07/03	3,74	3,54	1,06
07/07/03	4,33	4,31	1,00
09/07/03	5,77	4,45	1,30
16/07/03	4,11	4,49	0,91
23/07/03	6,33	4,29	1,48
25/07/03	3,04	4,56	0,67
28/07/03	5,06	4,52	1,12
30/07/03	4,79	3,98	1,20
01/08/03	3,91	4,61	0,85
04/08/03	3,64	4,85	0,75
06/08/03	5,30	4,81	1,10
08/08/03	3,50	5,38	0,65
11/08/03	5,58	5,93	0,94
13/08/03	5,24	4,19	1,25
18/08/03	2,71	4,92	0,55
20/08/03	4,49	5,60	0,80
22/08/03	5,86	5,86	1,00
25/08/03	6,33	9,04	0,70
27/08/03	5,86	4,30	1,36
29/08/03	1,53	3,06	0,50
01/09/03	3,46	5,46	0,63
03/09/03	4,85	5,48	0,89
05/09/03	3,49	4,70	0,74
08/09/03	4,95	9,90	0,50
10/09/03	7,49	6,84	1,09
12/09/03	6,31	6,52	0,97
15/09/03	3,06	6,20	0,49
17/09/03	3,35	6,45	0,52
19/09/03	3,71	3,64	1,02
24/09/03	9,05	8,39	1,08
26/09/03	7,98	9,28	0,86
29/09/03	8,61	9,75	0,88
01/10/03	3,25	5,46	0,60
03/10/03	3,11	6,25	0,50
08/10/03	9,94	8,75	1,14
10/10/03	6,29	4,39	1,43
13/10/03	4,14	6,15	0,67
15/10/03	4,15	5,79	0,72
17/10/03	6,81	7,45	0,91
20/10/03	7,96	12,16	0,65
22/10/03	12,46	7,52	1,66
24/10/03	7,31	4,63	1,58
29/10/03	13,67	9,52	1,44
31/10/03	9,40	6,56	1,43
03/11/03	4,15	8,97	0,46

Quadro 3a - Temperaturas máxima ($T_{\text{máx}}$), mínima ($T_{\text{mín}}$) e média ($T_{\text{méd}}$); velocidade do vento (V_v); radiação solar (R) e umidade relativa do ar (UR) para o mês de julho de 2003 (Viçosa, MG)

Data	$T_{\text{máx}}$ (°C)	$T_{\text{mín}}$ (°C)	$T_{\text{méd}}$ (°C)	V_v (m s^{-1})	R (W m^{-2})	UR (%)
1/7	19,00	11,00	15,10	0,75	219,87	80
2/7	21,00	6,50	13,70	0,59	229,38	82
3/7	19,30	6,50	13,90	0,97	228,27	73
4/7	22,10	6,50	13,50	1,57	227,21	74
5/7	24,20	7,30	14,30	1,57	176,97	82
6/7	19,30	8,20	17,80	2,47	236,09	78
7/7	20,10	8,60	15,20	2,46	238,34	78
8/7	23,20	9,80	16,80	1,89	234,47	71
9/7	24,20	9,80	16,80	0,90	243,85	75
10/7	23,40	13,00	17,10	0,70	239,09	73
11/7	22,50	14,50	19,20	1,00	205,35	73
12/7	18,60	12,80	14,70	2,00	86,77	94
13/7	18,20	14,00	15,30	1,00	132,26	94
14/7	21,10	9,30	16,20	0,23	187,63	81
15/7	19,50	8,40	14,40	0,26	180,18	81
16/7	23,50	9,20	14,60	0,19	207,58	84
17/7	23,10	10,00	15,60	0,16	196,98	81
18/7	17,60	8,50	14,80	0,20	230,92	75
19/7	19,50	8,20	15,50	0,20	237,88	82
20/7	23,00	9,70	16,35	0,30	252,88	82
21/7	21,40	9,70	15,55	0,23	221,49	79
22/7	21,40	8,20	14,80	0,37	256,38	81
23/7	23,30	9,00	16,15	0,30	239,58	80
24/7	21,60	10,00	15,80	0,40	238,83	79
25/7	18,30	11,00	14,65	0,30	271,14	76
26/7	18,50	10,60	14,55	0,20	255,36	74
27/7	21,30	12,60	16,95	0,30	161,88	73
28/7	16,40	11,30	13,85	0,22	233,96	78
29/7	20,40	15,20	17,80	0,25	94,39	88
30/7	19,50	11,00	15,25	0,20	199,35	78
31/7	18,50	13,00	15,75	0,21	178,65	72
Média	20,40	10,11	15,27	0,72	211,06	79

Quadro 4a - Temperaturas máxima ($T_{\text{máx}}$), mínima ($T_{\text{mín}}$) e média ($T_{\text{méd}}$); velocidade do vento (V_v); radiação solar (R) e umidade relativa do ar (UR) para o mês de agosto de 2003 (Viçosa, MG)

Data	$T_{\text{máx}}$ (°C)	$T_{\text{mín}}$ (°C)	$T_{\text{méd}}$ (°C)	V_v (m s^{-1})	R (W m^{-2})	UR (%)
1/8	24,40	11,80	18,10	0,30	110,23	89
2/8	23,40	13,50	18,45	0,15	194,57	84
3/8	24,60	9,60	17,10	0,20	198,47	75
4/8	24,80	10,00	17,40	0,24	197,33	77
5/8	24,60	13,80	19,20	0,15	207,81	74
6/8	22,60	12,60	17,60	0,50	247,14	74
7/8	24,80	12,60	18,70	0,40	275,04	74
8/8	22,20	13,50	17,85	0,40	270,60	79
9/8	24,10	16,00	20,05	0,33	223,06	72
10/8	20,60	13,00	16,80	0,40	95,96	90
11/8	14,50	13,00	13,75	0,30	257,08	93
12/8	19,50	13,00	16,25	0,10	117,38	80
13/8	22,40	7,50	14,95	0,20	155,94	77
14/8	25,10	10,00	17,55	0,20	249,37	80
15/8	24,20	10,00	17,10	0,35	178,82	78
16/8	24,40	12,60	18,50	0,50	206,61	86
17/8	23,00	15,20	19,10	0,22	236,07	69
18/8	23,80	9,80	16,80	0,22	272,78	72
19/8	22,60	11,30	16,95	0,28	275,10	72
20/8	20,40	8,00	14,20	0,27	254,53	78
21/8	22,40	8,50	15,45	0,25	293,54	75
22/8	23,60	10,00	16,80	0,27	297,77	70
23/8	24,50	10,40	17,45	0,26	296,70	68
24/8	22,60	15,00	18,80	0,39	261,90	67
25/8	23,50	15,00	19,25	0,66	150,50	70
26/8	21,20	15,20	18,20	0,54	101,03	92
27/8	19,30	15,70	17,50	0,22	101,96	92
28/8	19,60	15,00	17,30	0,13	109,33	88
29/8	18,20	15,00	16,60	0,33	99,22	88
30/8	18,80	15,20	17,00	0,24	100,17	89
31/8	22,60	15,00	18,80	0,11	141,89	80
Média	22,33	11,48	17,40	0,29	199,29	79

Quadro 5a - Temperaturas máxima ($T_{\text{máx}}$), mínima ($T_{\text{mín}}$) e média ($T_{\text{méd}}$); velocidade do vento (V_v); radiação solar (R) e umidade relativa do ar (UR) para o mês de setembro de 2003 (Viçosa, MG)

Data	$T_{\text{máx}}$ (°C)	$T_{\text{mín}}$ (°C)	$T_{\text{méd}}$ (°C)	V_v (m s^{-1})	R (W m^{-2})	UR (%)
1/9	30,40	17,00	23,70	0,52	223,63	78
2/9	24,60	15,30	19,95	0,30	134,23	85
3/9	21,60	13,20	17,40	0,32	101,07	85
4/9	25,00	14,60	19,80	0,20	217,63	72
5/9	25,00	13,60	19,30	0,20	238,87	76
6/9	25,50	12,50	19,00	0,30	260,25	74
7/9	24,80	9,00	16,90	0,40	312,53	74
8/9	25,80	12,20	19,00	0,53	226,89	73
9/9	27,80	15,70	21,75	0,60	320,31	66
10/9	26,60	15,50	21,05	0,60	257,01	69
11/9	27,80	15,50	21,65	0,50	182,56	74
12/9	22,80	15,00	18,90	0,40	106,06	85
13/9	26,70	17,50	22,10	0,20	170,48	72
14/9	23,60	14,40	19,00	0,60	104,93	90
15/9	24,20	14,00	19,10	0,20	186,49	82
16/9	27,80	17,00	22,40	0,20	270,09	77
17/9	24,60	17,00	20,80	0,50	106,27	88
18/9	25,50	16,00	20,75	0,10	106,88	89
19/9	27,00	15,70	21,35	0,10	228,53	76
20/9	28,80	16,70	22,75	0,30	317,99	67
21/9	30,80	15,80	23,30	0,30	315,56	67
22/9	29,40	13,00	21,20	0,30	301,19	69
23/9	28,80	11,60	20,20	0,40	318,30	67
24/9	32,60	12,60	22,60	0,40	315,01	57
25/9	34,20	14,20	24,20	0,40	309,86	65
26/9	29,40	17,00	23,20	0,30	217,33	73
27/9	32,10	18,50	25,30	0,50	237,30	67
28/9	28,80	18,00	23,40	0,40	145,99	88
29/9	24,20	16,70	20,45	0,20	111,41	93
30/9	26,80	17,00	21,90	0,20	244,64	76
Média	27,10	15,06	21,08	0,35	219,64	76

Quadro 6a - Temperaturas máxima ($T_{\text{máx}}$), mínima ($T_{\text{mín}}$) e média ($T_{\text{méd}}$); velocidade do vento (V_v); radiação solar (R) e umidade relativa do ar (UR) para o mês de outubro de 2003 (Viçosa, MG)

Data	$T_{\text{máx}}$ (°C)	$T_{\text{mín}}$ (°C)	$T_{\text{méd}}$ (°C)	V_v (m s^{-1})	R (W m^{-2})	UR (%)
1/10	25,40	17,00	21,20	0,40	152,97	83
2/10	29,60	16,40	23,00	0,20	246,34	75
3/10	24,80	15,90	20,35	0,33	237,72	72
4/10	29,00	16,00	22,50	0,40	258,85	67
5/10	28,20	14,00	21,10	0,30	212,37	74
6/10	23,80	15,00	19,40	0,40	266,87	63
7/10	32,60	17,40	25,00	0,50	289,59	67
8/10	26,80	20,00	23,40	0,50	111,94	79
9/10	28,90	19,80	24,35	0,50	128,97	72
10/10	30,50	18,60	24,55	0,75	114,07	83
11/10	28,40	16,00	22,20	0,13	125,38	88
12/10	25,90	15,50	20,70	0,40	112,19	89
13/10	24,60	13,50	19,05	0,13	127,19	77
14/10	26,60	14,80	20,70	0,28	268,72	69
15/10	25,60	15,80	20,70	0,41	244,32	72
16/10	26,90	12,60	19,75	0,31	312,17	68
17/10	28,50	10,50	19,50	0,39	345,99	61
18/10	30,70	9,50	20,10	0,35	323,07	62
19/10	32,40	15,20	21,40	0,33	296,27	52
20/10	33,40	14,30	23,10	0,40	275,05	57
21/10	32,80	17,70	23,00	0,40	219,86	57
22/10	32,80	19,00	24,90	0,48	134,61	58
23/10	25,40	19,50	19,30	0,33	109,66	88
24/10	28,90	16,00	18,20	0,19	122,24	88
25/10	31,40	19,00	21,90	0,34	299,31	66
26/10	30,80	19,00	21,50	0,42	298,19	72
27/10	30,90	16,60	22,30	0,90	299,97	66
28/10	29,70	17,00	22,60	0,52	300,02	66
29/10	29,20	18,50	22,40	0,42	224,25	69
30/10	31,80	14,40	23,40	0,32	161,62	66
31/10	30,60	13,40	21,10	0,30	164,93	76
Média	28,93	16,06	21,70	0,38	218,86	71

Quadro 7a - Resumo da análise de variância da produção da matéria seca (MS), para lâmina de água (W), espécie (E) e corte (C)

FV	GL	QM
W (lâmina de água)	3	3096,110 **
E (espécie)	1	5060,443 **
W x E	3	95,947 ^{ns}
R (a)	8	531,297
C (corte)	3	3757,013 **
C x W	9	991,183 **
C x E	3	80,409 ^{ns}
C x E x W	9	71,279 ^{ns}
R (b)	24	174,846
CV % parcela		84,25
CV % subparcela		48,33

** significativo a 1%, pelo teste F.

^{ns} não-significativo.

F.V. = Fonte de variação.

G.L. = Graus de liberdade.

Q.M. = Quadrado médio.

Quadro 8a - Resumo da análise de variância da eficiência do uso da água para lâmina de água (W), espécie (E) e corte (C)

FV	GL	QM
W (lâmina aplicada)	3	0,08582 ^{ns}
E (espécie)	1	2,34660 **
W x E	3	0,04904 ^{ns}
R (a)	8	0,14004
C (corte)	3	0,05961 ^{ns}
C x W	9	0,20640 **
C x E	3	0,00943 ^{ns}
C x E x W	9	0,02959 ^{ns}
R (b)	24	0,04512
CV % Parcela		73,37
CV % Subparcela		40,24

** significativo a 1%, pelo teste F.

^{ns} não-significativo.

F.V. = Fonte de variação.

G.L. = Graus de liberdade.

Q.M. = Quadrado médio.