

Lâmina de irrigação e eficiência do uso da água na cultura do milho

Leonardo Chechi⁽¹⁾; Luan Junior Kuhn⁽¹⁾; Vanderléia Fotuna⁽²⁾; Patricia Mara de Almeida⁽²⁾; Maurício Albertoni Scariot⁽³⁾; Hugo von Linsingen Piazzetta⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Acadêmico do curso de Agronomia; Universidade Federal da Fronteira Sul – Campus Erechim, Rio Grande do Sul; Bolsista FAPERGS; (leonardochechi@gmail.com); (luankuhn@hotmail.com); ⁽²⁾ Acadêmico do curso de Agronomia; UFFS – Campus Erechim (leiafortuna@hotmail.com); (patimara97@hotmail.com); ⁽³⁾ Mestrando do PPGCTA; UFFS - Campus Erechim, (mauricioalbertoniscariot@gmail.com); ⁽⁴⁾ Professor; UFFS - Campus Erechim, (hugo.piazzetta@uffs.edu.br).

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi o de avaliar a produtividade de grãos e a eficiência do uso da água da cultura do milho submetidos a diferentes formas de ajuste da lâmina de irrigação e validar a planilha “Lâmina” para recomendação de irrigação na cultura. Para avaliar o efeito da irrigação sobre a cultura foram aplicados os seguintes tratamentos: não utilização de irrigação (controle); ajuste da lâmina de irrigação conforme valor fornecido pela planilha “Lâmina” (Lâmina); manutenção da umidade do solo equivalente capacidade real de água no solo em 55% da capacidade total de água do solo (55% CRA); e manutenção da umidade do solo equivalente em 100% da umidade da capacidade de campo (100% CC). Para produtividade, os três tratamentos irrigados não apresentaram diferenças significativas entre si, apenas para o tratamento controle. No entanto, para a eficiência do uso da água, os tratamentos Lâmina e 55% CRA apresentaram os melhores resultados. Dessa maneira, foi possível concluir que a planilha Lâmina mostrou-se ser acurada para a recomendação de irrigação na cultura do milho, contribuindo para o uso racional da água em sistemas agrícolas irrigados.

Termos de indexação: *Zea mays* L., água, precipitação.

INTRODUÇÃO

No Brasil a cultura do milho apresenta produtividade média nacional de 4934 kg ha⁻¹, muito baixa quando comparada aos principais países produtores (Conab, 2016). Dentre as causas para a baixa produtividade está a deficiência hídrica. Sendo assim, a adoção de um sistema de irrigação pode suprir as necessidades hídricas da cultura, evitando

perdas. No entanto, a irrigação no Brasil é feita muitas vezes sem acompanhamento técnico, ocasionando grande desperdício de água. Dessa maneira, faz-se necessário determinar a produtividade em resposta a irrigação afim de se estabelecer um manejo racional e eficaz da água em sistemas agrícolas.

Neste contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar a produtividade e a eficiência do uso da água da cultura do milho submetido a diferentes formas de ajuste da lâmina de irrigação, e validar a planilha “Lâmina” para recomendação de irrigação na cultura.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul - Campus Erechim, durante o período de novembro de 2015 a março de 2016. No local, o solo é classificado como Latossolo Bruno Intermediário para Latossolo Roxo Alíco (IBGE, 2002). O clima do local é Cfa conforme classificação estabelecida por Köppen (1931) onde a temperatura no mês mais quente é superior a 22°C e inferior a 18°C no mês mais frio, além de chuvas bem distribuídas ao longo do ano. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados com quatro repetições. Cada unidade experimental foi constituída de uma parcela com dimensões de 3 m de largura por 3 m de comprimento totalizando 9 m² por unidade experimental.

A semeadura foi realizada no dia 3 de novembro, utilizando-se o híbrido simples MG 300 (Morgan Sementes). Adotou-se o espaçamento de 0,50 metros de distância entre fileiras e população de 80000 plantas por hectare. A adubação utilizada foi de 500 kg ha⁻¹ da fórmula (NPK) 5-20-20 + 200 kg

ha⁻¹ de Superfosfato Simples (16% de P₂O₅) no momento da semeadura e 140 kg ha⁻¹ de ureia em cobertura, divididos em duas aplicações, sendo uma em estágio vegetativo V4 e outra em V8. Estas doses de fertilizantes foram definidas a partir das condições químicas do solo, determinadas por meio de análise de solos, seguida de interpretação e recomendação conforme SBCS (2004). O controle de plantas daninhas foi realizado com aplicação de herbicida de princípio ativo glyphosate na dose de 3L ha⁻¹ em pré-semeadura. Posteriormente a semeadura, utilizou-se os herbicidas de princípio ativo glyphosate (3L ha⁻¹) e atrazina (6 L ha⁻¹) após o primeiro fluxo de emergência de plantas daninhas. O controle de pragas e doenças foi realizado com tratamento químico sempre que o nível de dano econômico foi atingido, sendo assim realizou-se o monitoramento constante da sanidade das culturas. A aplicação de água foi realizada manualmente, utilizando mangueira e hidrômetro digital para quantificar o volume de água aplicado.

Para avaliar o efeito da irrigação sobre a cultura foram aplicados os seguintes tratamentos: não utilização de irrigação (controle); ajuste da lâmina de irrigação conforme valor fornecido pela planilha “Lâmina” (Lâmina); manutenção da umidade do solo equivalente capacidade real de água no solo em 55% da capacidade total de água do solo (55% CRA); e manutenção da umidade do solo equivalente em 100% da umidade da capacidade de campo (100% CC). O tratamento controle recebeu água apenas pela ocorrência natural de chuvas no local, monitorado com o auxílio de estação meteorológica. Nos demais tratamentos, a lâmina total constitui-se das precipitações mais as irrigações. No tratamento Lâmina, utilizou-se a planilha “Lâmina” desenvolvida pelos autores, observando as recomendações estabelecidas por Allen & Pereira (1998). Esta planilha utiliza dados do local, solo, sistema de irrigação, cultura e fatores climáticos para construir o balanço hídrico do solo em relação a cultura e a partir destes dados faz uma recomendação de lâmina de irrigação. Para o tratamento 55% CRA, estimou-se a capacidade total de água (CTA) para o solo, a capacidade real de água para o solo (CRA) e o armazenamento (ARM) de água no solo, conforme metodologia proposta por Bernardo (2005). A partir dos valores de CRA e ARM realizou-se a correção da umidade do solo aplicando-se o volume de água correspondente a diferença entre estas variáveis. Para o tratamento 100% CC aplicou-se a quantidade de água necessária para manter a umidade do solo na capacidade de campo. A umidade do solo foi monitorada com o auxílio de uma sonda TDR. A profundidade efetiva do sistema radicular adotada

foi de 0,6 m. A umidade na capacidade de campo e do ponto de murcha permanente foram determinados pela construção da curva de retenção de água no solo, sendo estes valores iguais a 32,92% e 24,00%, respectivamente. Para todos os tratamentos, se adotou o intervalo de avaliação de dois dias, no entanto, no momento da avaliação a irrigação era realizada apenas se necessário, de acordo com a metodologia. Também, determinou-se a quantidade total de água recebida pela cultura durante seu desenvolvimento, permitindo relacionar a quantidade de água aplicada com a produtividade da cultura.

A colheita da cultura e a trilha das espigas foi realizada de forma manual, com umidade de grãos em torno de 18 a 22%, sendo que a produtividade foi determinada coletando-se uma área de 4 m² em cada parcela. Após debulhadas as espigas, os grãos correspondentes a cada amostra foram pesados em balança analítica e os valores foram corrigidos para a umidade de 13%. O teor de água das amostras foi determinado pelo método da estufa a 105±2° C durante 24 h. A eficiência de uso da água foi calculada pela relação litros de água por quilogramas de grãos produzidos (L kg⁻¹). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, sendo que os tratamentos que apresentaram significância foram comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Para estes procedimentos, utilizou-se o software SPSS v.22,0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Comparando-se com as normais climatológicas para o município de Erechim, durante o ciclo da cultura, as precipitações apresentaram-se acima da média, sendo que da semeadura a colheita registrou-se um total de precipitação de 1139,6 mm. Observando a média de 30 anos para o mesmo período (1976-2005), têm-se um volume de 615,4 mm (Matzenauer et al. 2011). Isso pode ser explicado, possivelmente pela ocorrência do fenômeno ENOS (El Niño Oscilação Sul) em sua fase positiva, segundo Berlato et al. (2005), nos anos de El Niño (fase positiva) há 75% de probabilidade de a precipitação pluvial ser maior que a mediana dos anos neutros, e mais de 80% de ser maior que a mediana dos anos La Niña (fase negativa).

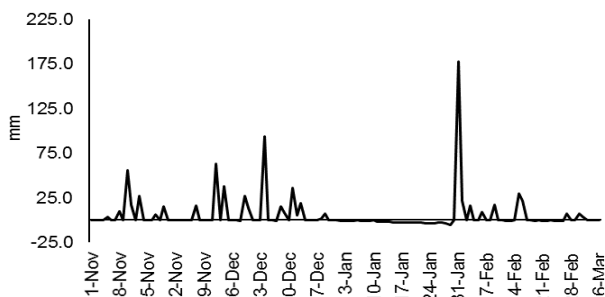


Figura 1. Balanço hídrico diário, no período de 1 de novembro de 2015 à 6 de março de 2016

No entanto, analisando os dados do balanço hídrico diário (**Figura 1**), é possível constatar que apesar dos grandes volumes de precipitação, ocorreram períodos de deficiência hídrica ao longo do ciclo da cultura, principalmente no período de 10 a 29 de janeiro, sendo que a cultura se encontrava no estágio inicial de enchimento de grãos.

De acordo com a metodologia empregada, o momento e a quantidade de água aplicada nos diferentes tratamentos variariam de acordo com a disponibilidade de água para as plantas. Dessa maneira, para melhor entender os tratamentos aplicados, na **figura 2** apresenta-se a distribuição das lâminas de irrigação aplicadas, sendo estas as médias das quatro repetições somadas em períodos de 25 dias, iniciando-se na semeadura até a colheita. É possível verificar que os tratamentos 100% CC e 55% CRA apresentaram uma maior distribuição durante o ciclo da cultura, com irrigações no período vegetativo como período reprodutivo da cultura. Por outro lado, o tratamento Lâmina apresentou suas irrigações concentradas no período de 76 a 100 dias após a semeadura, período pelo qual a planta se encontrava em fase inicial de enchimento de grãos.

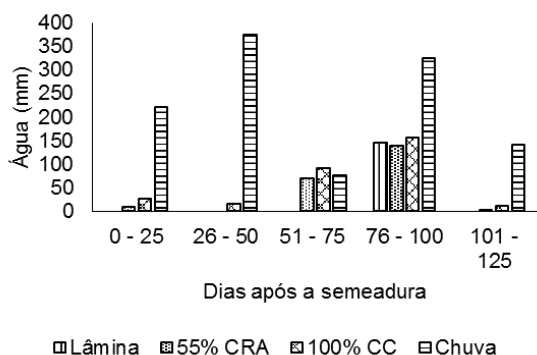


Figura 2. Irrigações médias (mm) somadas e precipitações em períodos de 25 dias, iniciando-se após a semeadura até a colheita da cultura.

Na **tabela 1** apresenta-se as médias das variáveis água disponibilizada (precipitação + irrigação em mm) em todo o ciclo, produtividade (kg ha^{-1}) e relação litros de água por quilograma de grãos (L kg^{-1}) para os diferentes tratamentos. De acordo com estes resultados, observa-se que o tratamento Lâmina, apresentou a maior economia de água, comparando-se com os tratamentos irrigados, uma vez que no tratamento controle, o fornecimento de água se deu pelas precipitações ocorridas durante o ciclo da cultura. O tratamento 100% CC consumiu a maior quantidade de água, seguido pelo tratamento 55% CRA, sendo que todos os tratamentos apresentam diferença significativa.

Para a produtividade não foi observada diferença estatística entre os tratamentos irrigados, apenas para o tratamento controle, o qual apresentou média de produtividade inferior aos demais. Estes resultados estão de acordo com os encontrados por Soares et al. (2010) que estudando o efeito de diferentes lâminas de irrigação (156, 144 e 116 mm) em dois híbridos (BM 1201 e BRS 3150) não encontrou diferenças significativas entre os tratamentos irrigados, sendo que o híbrido BM 1201 apresentou a melhor produtividade na lâmina de 144 mm, enquanto o híbrido BRS 3150 apresentou maior produtividade com a lâmina de 116 mm.

Tabela 1 - Médias da água disponibilizada, irrigação + chuva (mm), produtividade (kg ha^{-1}) e uso eficiente da água (L kg^{-1}) para os diferentes tratamentos

Trat. *	Água (mm)	Produtividade (kg ha^{-1})	L kg^{-1}
Controle	1139,6 ^d	10380,9 ^b	1098,1 ^{ab}
Lâmina	1284,0 ^c	13019,6 ^a	986,28 ^b
55% CRA	1345,6 ^b	13399,0 ^a	1010,1 ^b
100% CC	1416,9 ^a	12235,7 ^a	1158,3 ^a
CV (%)	1,3	4,8	5,0

*Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$)

Segundo Bergamaschi et al. (2004) a produtividade de grãos de milho é decorrente das condições hídricas durante o período crítico, que vai do pendoamento ao início do enchimento de grãos. Observando o gráfico da **figura 1**, é possível identificar um período de aproximadamente 20 dias de déficit hídrico do dia 10 de janeiro ao dia 29 de janeiro, o qual a cultura apresentava-se na fase

inicial de enchimento de grãos, sendo essa uma das possíveis causas da menor produtividade apresentada no tratamento controle. Além disso, a menor disponibilidade de água no solo afeta a maioria dos processos fisiológicos da planta, podendo apresentar assim, diminuição na taxa fotossintética, em virtude da diminuição do índice de área foliar, fechamento dos estômatos, aumento da temperatura do dossel das folhas, devido à baixa evapotranspiração da cultura, perda da turgidez celular, entre outros, sendo que também pode diminuir a translocação de fotoassimilados, tendo impacto negativo principalmente no enchimento de grãos e aceleração da senescência das folhas. (Pegorare et al., 2009; Floss, 2011; Ko & Piccinni, 2009). Todos estes fatores contribuem negativamente no rendimento de grãos da cultura.

Por outro lado, mesmo não apresentando diferença significativa, pode se observar uma diminuição da produtividade no tratamento 100% CC, o qual objetivou-se manter a umidade do solo, na umidade de capacidade de campo, no entanto, na ocorrência de altos volumes de chuva, as plantas submetidas a este tratamento podem ter ficado em condições de solo saturado. Em condições de saturação, o excesso de água diminui a aeração, dessa maneira, a falta de oxigênio impede a absorção metabólica da água em razão da indisponibilidade de energia (ATP), em função da baixa eficiência da atividade respiratória (Floss, 2011). Além disso, o autor destaca que em condições de anaerobiose, observa-se um menor crescimento radicular e uma menor absorção de água e nutrientes.

Ainda em relação aos dados da **tabela 1**, é possível afirmar que os tratamentos Lâmina e 55% CRA apresentaram a melhor eficiência na relação litros de água por quilograma de grãos, não apresentando diferença significativa do tratamento controle, e o mesmo não diferiu significativamente do tratamento 100% CC, apresentando a menor eficiência de uso da água. Estes podem ser explicados pela maior aplicação de água via irrigação nos períodos considerados críticos para a cultura nos tratamentos Lâmina e 55% CRA, enquanto o tratamento 100% utilizou mais água, distribuída em todas as fases da cultura. De acordo com Bergamaschi (2004) para se obter maior eficiência no uso da água, o uso da irrigação deve considerar, sobretudo o momento em que a planta mais necessita água, sendo que a quantidade de água aplicada não é o principal fator a ser observado no manejo da irrigação.

CONCLUSÕES

O método de determinação da lâmina de irrigação pela planilha Lâmina mostrou-se ser acurado para a cultura do milho, contribuindo para o uso racional da água em sistemas agrícolas irrigados.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) pela concessão de auxílio ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS

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

BERGAMASCHI, B.; DALMAGO, G. A.; GERGONCI, J. I. BIANCHI, C. A. M.; MULLER, A.G.; COMIRAN F.; HECKLER, B. M. M. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.9, p.831-839, 2004.

BERLATO, M. A.; FARENZENA, H.; FONTANA, D. C. Associação entre El Niño Oscilação Sul e a produtividade do milho no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.5, p.423-432, 2005.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 7. ed. Viçosa: UFV, 2005. 656 p.

CONAB - Companhia nacional de abastecimento. Safra 2015/2016. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_04_07_10_39_11_boletim_graos_abril_2016.pdf>. Acesso em 25 de abril de 2016.

IBGE. Mapa de solos do Rio Grande do Sul, 2002. Disponível em <ftp://geofp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/pedologia/unidades_federacao/rs_pedologia.pdf>. Acesso em 25 de abril de 2016.

FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas: o estudo que está por trás do que se vê**. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2011, 734 p.

KO, J.; PICCINNI, G. Corn yield responses under crop evapotranspiration-based irrigation management. **Agricultural Water Management**, v.96, p.799-808, 2009.

KÖPPEN W. **Grundriss der Klimakunde**. Berlin: Walter de Gruyter & Co, 1931. 388 p



MATZENAUER, R.; RADIN, B.; ALMEIDA, R. D. **Atlas Climático**: Rio Grande do Sul. Porto Alegre: FEPAGRO. 2011. p. 185.

PEGORARE, A. B.; FEDATTO, E.; PEREIRA, S. B.; SOUZA, L. C. F.; FIETZ, C. R. Irrigação suplementar no ciclo do milho “safrinha” sob plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB, v.13, n.2, p.262-271, 2009.

SOARES, F. C.; PEITER, M. X.; ROBAINA, A. D.; PARIZI, A. R. C.; RAMÃO, C. J.; VIVIAN, G. A. Resposta da produtividade de híbridos de milho cultivado em diferentes estratégias de irrigação. **Irriga**, Botucatu, v.15, n.1, p.36-50, 2010.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIAS DO SOLO (SBCS). **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: [s.n.], 2004. 401 p.