

AJUSTE DA LÂMINA DE IRRIGAÇÃO NO DESEMPENHO AGRONÔMICO DA CULTURA DO MILHO*

PATRICIA MARA DE ALMEIDA¹; VANDERLÉIA FORTUNA²; NATALY KATIA DE MARCO²; KÉLEN REGINA DE ALMEIDA²; EDUARDA POSSER PAZZINI² E HUGO VON LINSINGEN PIAZZETTA²

**Trabalho proveniente do tcc intitulado “Ajuste da lâmina de irrigação no desempenho agrônômico da cultura do milho” na UFFS – Erechim, da aluna Vanderléia Fortuna, no ano de 2017. Disponível em: <https://rd.uffs.edu.br/handle/prefix/815>

¹ Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, UDESC, Av. Luiz de Camões, 2090, Conta Dinheiro, 88520-000, Lages, SC, Brasi, e-mail: patimara97@hotmail.com

² Departamento de Agronomia, UFFS, RS-135, 200, Zona Rural, 99700-000, Erechim, RS, Brasil, e-mail: leiafortuna@hotmail.com; natalydemarco17@gmail.com; kelenreginadealmeida@gmail.com; eduardaposserpazzini@gmail.com e hugo.piazzetta@uffs.edu.br

1 RESUMO

O milho é, mundialmente, um dos cereais mais importantes. Sua produtividade pode ser afetada pela ocorrência de déficit hídrico; dessa forma, é necessária a busca por formas de manejo e sistemas de irrigação eficientes. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar os componentes de rendimento, produtividade, eficiência do uso da água e composição bromatológica da cultura do milho, submetida a diferentes lâminas de irrigação, e validação da planilha “Lâmina” para a recomendação de irrigação. O delineamento experimental utilizado foi blocos inteiramente casualizados, com quatro repetições, e os tratamentos foram: sem irrigação (controle); ajuste da lâmina de irrigação (planilha “Lâmina”); manutenção da umidade do solo equivalente à capacidade real de água no solo (55% da capacidade total de água do solo) e manutenção da umidade do solo equivalente em 100% da umidade da capacidade de campo. As produtividades foram similares entre os tratamentos irrigados, não apresentando diferenças significativas com o tratamento controle, possivelmente, devido ao alto volume e à boa distribuição da precipitação durante o ciclo da cultura. Comparado aos demais sistemas irrigados, o tratamento utilizando a planilha “Lâmina” contribuiu para o uso racional da água sem interferir na produtividade, aumentando o teor de proteína bruta no grão.

Palavras-chave: *Zea mays*, água, umidade do solo.

ALMEIDA, P. M. de; FORTUNA, V.; MARCO, N. K. de; ALMEIDA, K. R. de; PAZZINI, E. P.; PIAZZETTA, H. V. L.
ADJUSTMENT OF THE IRRIGATION DEPTH ON THE AGRONOMIC PERFORMANCE OF THE CORN CROP

2 ABSTRACT

Corn is one of the world's most important cereals. Its productivity can be affected by the occurrence of water deficit, so it is necessary to search for efficient irrigation systems and

management methods. Therefore, the aim of this work was to evaluate the yield components, productivity, water use efficiency, and bromatological composition of the corn crop, subjected to different irrigation depths, and to validate the “Lâmina” spreadsheet for recommending the irrigation depths. The experimental design used was entirely randomized blocks, with four replications, and the treatments were: no irrigation (control); adjustment of the irrigation depths (“Lâmina” spreadsheet); maintenance of soil moisture equivalent to the actual water capacity in the soil (55% of the total water capacity of the soil) and maintenance of soil moisture equivalent to 100% of the field capacity moisture. Yields were similar between the irrigated treatments, with no significant difference from the control treatment, possibly due to the high volume and good distribution of rainfall during the crop cycle. Compared to the other irrigated systems, the treatment using the “Lâmina” spreadsheet contributed to the rational use of water without interfering with productivity, increasing the crude protein content in the grain.

Keywords: *Zea mays*, water, soil moisture.

3 INTRODUÇÃO

Considerado o cereal mais produzido e consumido no mundo, o milho (*Zea mays* L.) é uma planta de origem mexicana, pertence à família Poaceae, cuja domesticação ocorreu a cerca de 7.500-12.000 anos. É a segunda cultura mais importante na agricultura brasileira, visto que juntamente com a soja, contribui com cerca de 80% da produção nacional (DUARTE; GARCIA; MIRANDA, 2011).

No Brasil dentre os grãos que são cultivados, o milho é um dos mais expressivos, sendo sua produção destinada, principalmente, ao abastecimento interno, embora recentemente seu volume de exportação tenha crescido anualmente (CONTINI *et al.*, 2019). O milho é cultivado em diferentes sistemas produtivos, sendo produzido majoritariamente nas Regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul do país. Sua importância vai além do aspecto econômico, apresentando relevância na nutrição humana e animal, bem como na viabilidade de outras culturas, reduzindo, assim, a possibilidade da incidência de doenças relacionadas à rotação de culturas.

Mundialmente, o Brasil está entre os três maiores produtores de milho, ficando atrás apenas dos Estados Unidos e da China. Segundo o levantamento da Conab em 2022,

para a cultura do milho a estimativa para a safra 2022/23 indica uma produção de 312,2 milhões de toneladas, 15% ou 40,8 milhões de toneladas superior à obtida em 2021/22, sendo que, na safra 2021/22, a falta de chuvas prejudicou o desenvolvimento do milho, especialmente na região Sul e no estado do Mato Grosso do Sul (MILHO, 2022).

A cultura do milho é particularmente sensível ao estresse hídrico, uma vez que esse fator causa redução da atividade fotossintética, alterações no crescimento vegetal, redução da transpiração e aceleração da senescência e da abscisão foliar (TAIZ; ZEIGER, 2009; MELO *et al.*, 2019).

Nesse contexto, nota-se a importância da regularização da disponibilidade hídrica no cultivo do milho a fim de evitar a incidência de estresse hídrico (ALMEIDA; ALMEIDA; OLIVEIRA, 2021), por isso a irrigação, devidamente manejada, torna-se uma tecnologia com grande potencial para o alcance de maiores produtividades (MOREIRA *et al.*, 2012).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar os componentes de rendimento, produtividade, eficiência do uso da água e composição bromatológica dos grãos da cultura do milho, submetido a

diferentes formas de ajuste das lâminas de irrigação, ainda obter a validação da planilha “Lâmina” como ferramenta de manejo da irrigação.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul, campus Erechim, sob as coordenadas, latitude $-27^{\circ}43'44''$ S e longitude $-52^{\circ}17'08''$ W com 760 m de altitude, durante o período de maio de 2016

a abril de 2017. No local, o solo foi classificado como Latossolo Vermelho Aluminoférrico húmico conforme a classificação da Embrapa (2006).

O município de Erechim apresenta clima Cfa (clima subtropical) segundo a classificação climática de Köppen (1931), com temperatura no mês mais quente superior a 22°C e inferior a 18°C no mês mais frio, além de chuvas bem distribuídas ao longo do ano. Na Tabela 1 são apresentados os dados climáticos para o município considerando a normal climatológica 1976-2005.

Tabela 1. Normal climatológica (1976-2005) do município de Erechim, RS está com quase 16 cm, palavras cortadas,

Meses	Temperatura média ($^{\circ}\text{C}$)	Precipitação pluviométrica (mm)	Umidade Relativa (%)	Evapotranspiração potencial (mm/mês)	Radiação solar ($\text{MJ}/\text{m}^2/\text{dia}$)
Janeiro	22,6	171,7	77,6	117,0	21,6
Fevereiro	22,1	143,2	79,3	97,7	20,8
Março	21,2	132,9	79,7	93,5	17,7
Abril	18,5	145,2	79,2	65,2	14,4
Mai	15,7	159,6	82,6	46,4	12,3
Junho	13,9	156,4	81,9	34,8	10,6
Julho	13,5	177,7	80,8	35,1	11,1
Agosto	15,0	129,5	79,4	45,0	13,4
Setembro	15,7	173,0	76,0	50,3	15,7
Outubro	18,2	210,1	76,0	61,3	19,5
Novembro	20,0	155,4	75,3	87,8	22,3
Dezembro	21,7	145,1	75,6	110,9	22,6
Anual	18,2	1869,4	78,6	844,9	16,8

Fonte: Matzenauer, Radin e Almeida (2011)

Os tratamentos consistiram em: cultivo em sequeiro (tratamento controle), cultivo irrigado com lâmina de irrigação aplicada a fim de manter 100% da umidade da capacidade de campo (tratamento CC), cultivo irrigado com lâmina equivalente à capacidade real de água no solo (tratamento CRA), correspondente a 55% da capacidade total de água do solo, e cultivo irrigado com lâmina de irrigação ajustada conforme valor fornecido pela planilha “Lâmina” (tratamento lâmina).

O delineamento experimental utilizado foi de blocos inteiramente casualizados com quatro repetições. Cada unidade experimental foi constituída de um piquete com dimensões de 3 m de largura por 3 m de comprimento, totalizando 9 m^2 , separadas por um caminho de 1 m de largura. A correção de acidez do solo foi feita a partir da aplicação, sem incorporação, de calcário filler a dose de 2.000 kg ha^{-1} de CaCO_3 (PRNT 60%), com o objetivo de elevar a saturação por bases a 70%.

O estabelecimento da cultura foi realizado segundo a recomendação estabelecida pelo Zoneamento Agroclimático do Rio Grande do Sul, determinado pela Portaria do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento N° 162/2016 para cultura do Milho, em acordo com a recomendação para a cultivar selecionada. Desta forma, a semeadura foi realizada no dia 31 de novembro de 2016, utilizando-se um conjunto semeadora-adubadora de precisão, cujo mecanismo dosador de sementes apresentava forma de disco alveolado, regulada para obter-se população final de 80.000 plantas ha⁻¹, espaçamento de 0,5 m e profundidade de semeadura de 2 cm.

A cultivar de milho selecionada foi o híbrido Impacto Viptera 3, que tem recomendação para o estado do Rio Grande do Sul. As sementes da cultivar foram previamente tratadas com Standak Top, na dose de 200 mL 100 kg⁻¹ de sementes.

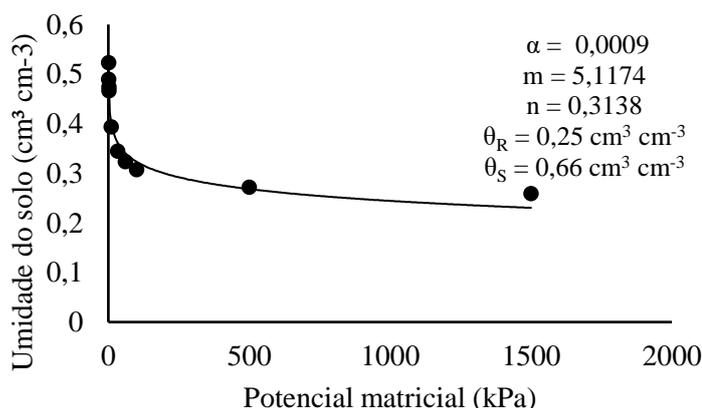
A dose de fertilizante utilizada foi definida a partir das condições químicas demonstrada pela análise de solo, seguida de interpretação e recomendação conforme o Manual de Adubação e de Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (SBCS, 2004). Sendo assim, utilizou-se a dose de 700 kg ha⁻¹ do adubo 5-20-20 no momento da semeadura e 300 kg ha⁻¹ de ureia em cobertura, aplicados no estágio vegetativo V6.

Considerando que anterior ao experimento a área estava cultivada com Aveia preta, para cobertura, antes de realizar

a semeadura, foi feita uma roçada, em seguida, aplicou-se o herbicida pós-emergente de princípio ativo *glyphosate* na dose de 3 L ha⁻¹. O herbicida atrazina foi aplicado, na dose de 4 L ha⁻¹, após o primeiro fluxo de emergência. O controle de pragas e doenças foi realizado com tratamento químico sempre que o nível de dano econômico foi atingido, assim, realizou-se três aplicações de inseticida Engeo Pleno, do grupo químico Neonicotinóide e Piretróide, ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultura.

A fim de conhecer as propriedades hidráulicas do solo, foi construída sua curva de retenção conforme metodologia da câmara de Richards descrita por Richards e Fireman (1943) e Embrapa (1997). Sendo assim, foram coletadas 15 amostras de solo indeformadas em anéis cilíndricos de volume conhecido na profundidade de 0-10 cm com auxílio de trado tipo "Uhland". Após as coletas, as amostras foram levadas ao laboratório para determinações. Para a construção da curva, foram adotados os pontos de tensão: 6, 10, 30, 100, 300 e 1.500 kPa, sendo determinadas as umidades volumétricas correspondentes.

Após a determinação das umidades de equilíbrio em todos os pontos de tensões aplicados, foi construída a curva de retenção da água no solo, ajustando-se os valores de umidade por meio do uso do modelo matemático proposto por Van Genuchten (1980), conforme pode ser observado na Figura 1.

Figura 1. Curva de retenção de água no solo na área experimental.

A umidade na capacidade de campo foi aquela obtida na tensão de 30 kPa e a umidade no ponto de murcha permanente, a obtida na tensão de 1.500 kPa. Assim verificou-se os valores de 34% de umidade para capacidade de campo e de 26% de umidade para o ponto de murcha permanente.

Os tratamentos propostos neste projeto foram aplicados desde a sementeira até a colheita da cultura, para o tratamento controle (sem irrigação), a disponibilidade de água se deu em função da ocorrência natural de chuvas na área experimental, que foi monitorada pela estação meteorológica automática marca Agrosystem, modelo Vantage Pro 2, equipada com *datalogger*, instalada próxima à área.

Para o tratamento CC, de manutenção de 100% da capacidade de campo, a umidade do solo foi determinada com auxílio de uma sonda TDR (Reflectometria no Domínio do Tempo) modelo standard 6005L acoplada ao medidor de umidade MiniTrase com *datalogger*. Para isso, foi instalada uma sonda em cada parcela desse tratamento. Após efetuar a leitura da umidade do solo, aplicou-se a quantidade de água necessária para reestabelecer a umidade da capacidade de campo, seguindo-se os resultados fornecidos pela Equação 1, proposta por Bernardo (2005).

$$LL = \frac{(\theta_{CC} - \theta_f)}{10} \times z \quad (1)$$

Em que: LL = lâmina líquida de irrigação; θ_{CC} = umidade volumétrica do solo na capacidade de campo (%); θ_f = umidade volumétrica do solo no momento da aferição (%); e z = profundidade efetiva do sistema radicular, considerado 0,6 m.

Para o tratamento CRA, no qual a capacidade real de água no solo foi mantida conforme o fator de depleção do solo para a cultura, estabelecido por Allen *et al.* (1998). Após a determinação da umidade do solo pela sonda TDR, a lâmina de irrigação aplicada foi determinada empregando-se a Equação 2, retirada de Bernardo (2005).

$$LL = \frac{(\theta_{CC} - \theta_f)}{10} \times z \times f \quad (2)$$

Em que: LL = lâmina líquida de irrigação; θ_{CC} = umidade volumétrica do solo na capacidade de campo (%); θ_f = umidade volumétrica do solo no momento da aferição (%); z = profundidade efetiva do sistema radicular, considerado 0,6 m; f = fator de depleção hídrica da cultura, para o milho 0,55.

No tratamento lâmina, as lâminas de irrigação foram determinadas mediante o uso da planilha “Lâmina”, uma ferramenta desenvolvida pela equipe deste projeto, observando-se as recomendações

estabelecidas por Allen *et al.* (1998). Tal planilha, utiliza dados locais relacionados ao solo, sistema de irrigação, cultura e fatores climáticos para construir o balanço hídrico no solo em relação à cultura que está cultivada naquele momento, e a partir disso, se faz uma recomendação de lâmina de irrigação que atenda às necessidades da cultura.

Procedeu-se com o preenchimento de dados diários de radiação solar global (MJ m⁻² dia⁻¹), temperatura média do ar (°C), umidade relativa do ar média e mínima (%), velocidade do vento (m s⁻¹) e precipitação pluviométrica (mm dia⁻¹) na planilha “Lâmina”, sendo os valores, aqueles registrados pela estação meteorológica localizada próxima à área experimental.

A planilha “Lâmina” também foi alimentada com valores de latitude, longitude e altitude da área experimental e dados relacionados às características do solo (umidade na capacidade de campo e umidade no ponto de murcha permanente) e à cultura (espécie e fase de desenvolvimento). O intervalo de irrigação (turno de rega) adotado foi de 2 (dois) dias.

Em todos os tratamentos, foi determinada a quantidade total de água recebida pela cultura durante seu desenvolvimento, o que permitiu relacionar quantidade de água aplicada com os componentes de rendimento e a produtividade da cultura. A irrigação foi realizada utilizando-se aspersores, colocados no centro de cada parcela, sendo a quantidade de água medida por medidores de vazão digital.

Para realização das determinações, foram desprezadas as bordaduras que corresponderam a 0,5 m de cada lado da parcela, restando, assim, 4 m² de área útil a ser colhida.

No momento em que a cultura atingiu a maturidade fisiológica, 5 (cinco) plantas, selecionadas aleatoriamente na parcela, foram cortadas rente ao solo para determinação da biomassa seca da parte

aérea. Para isso, as espigas foram separadas e as plantas trituradas para facilitar o acondicionamento; em seguida, as amostras foram dispostas em uma estufa com circulação forçada de ar na temperatura de 60 °C, onde permaneceram até a obtenção de peso constante. A biomassa foi determinada por pesagem em balança semi-analítica, considerando assim, a massa seca das plantas somada aos sabugos e grãos destas. Os grãos dessa avaliação foram somados aos grãos colhidos da parcela. A colheita da parcela útil foi realizada no dia 27 de abril de 2017, manualmente, retirando-se as espigas. Posteriormente, todas as espigas foram levadas para secagem em uma estufa de circulação forçada de ar a temperatura de 60°C até que se observasse uma condição de umidade que possibilitasse o processo de debulha manual.

Os componentes de rendimento analisados foram: número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira e número de grãos por espiga. Essas variáveis foram analisadas a partir de cinco espigas escolhidas aleatoriamente em cada parcela. A massa de mil grãos foi determinada de acordo com a metodologia proposta por Brasil (2009). Em seguida, determinou-se a umidade dos grãos, ajustada para 13%, o que permitiu o cálculo da estimativa da produtividade de grãos em kg ha⁻¹, onde a população de plantas foi corrigida para 80.000 plantas ha⁻¹. A eficiência do uso da água foi calculada pela relação litros de água por quilogramas de grãos produzidos (L kg⁻¹).

Para a realização das análises bromatológicas dos grãos, procedeu-se, primeiro, com a sua trituração em moinho do tipo Wiley, em seguida, aplicou-se a metodologia sugerida por Silva e Queiroz (2002), determinando-se sua matéria seca, matéria mineral, extrato etéreo e proteína bruta.

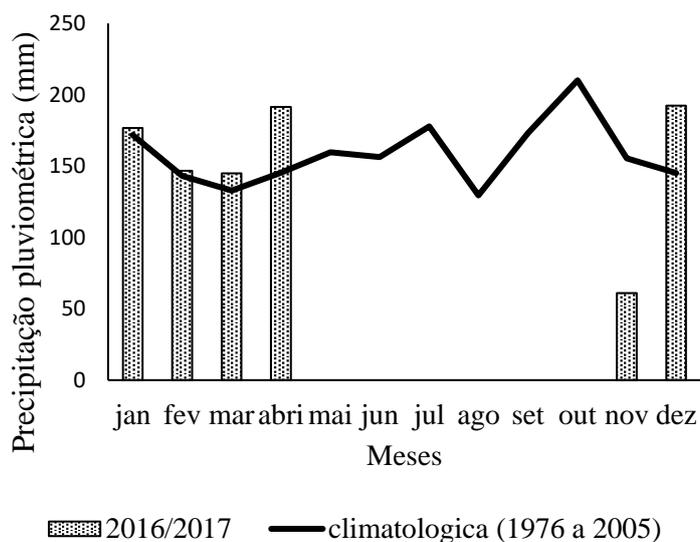
Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade,

empregando-se o programa estatístico SPSS v.24,0.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A safra de milho 2016/17 na maior parte do Rio Grande do Sul foi marcada por fortes chuvas acumuladas e bem distribuídas. Na região de Erechim, as chuvas ficaram dentro ou ligeiramente acima da normal climatológica, como pode ser observado na Figura 2.

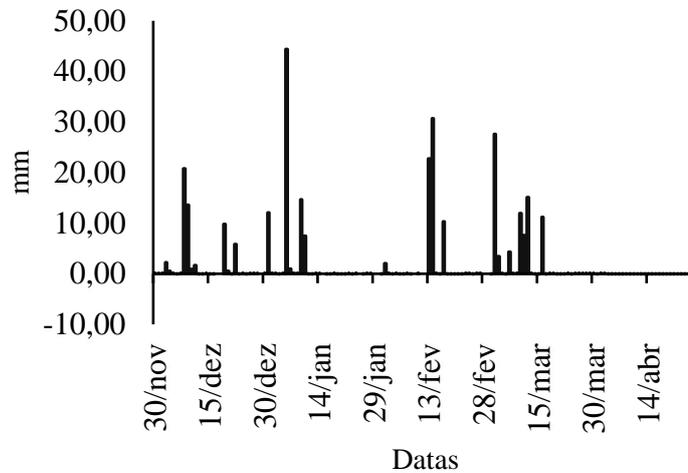
Figura 2. Precipitação pluviométrica normal e a registrada na safra 2016/2017 em Erechim/RS



Desde a semeadura até a colheita da cultura, foram registrados cerca de 721,8 mm de chuva, sendo a média da normal climatológica equivalente a 615,4 mm. De acordo com Mello e Silva (2009), a necessidade hídrica para a cultura do milho pode variar de 400 a 800 mm, dessa forma, é possível afirmar que a lâmina de chuva

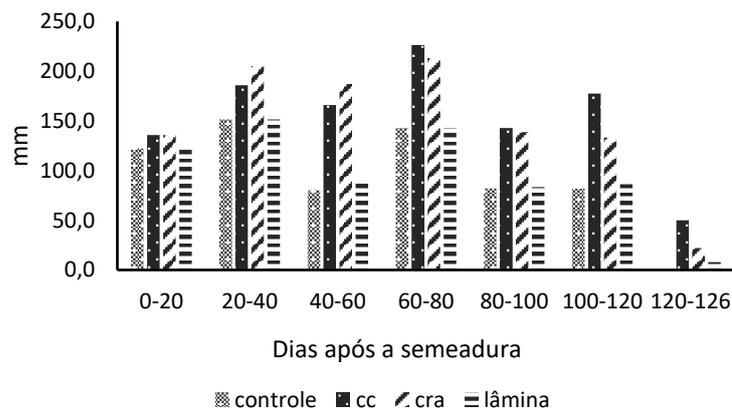
acumulada ao longo do ciclo da cultura foi capaz de satisfazer suas necessidades hídricas.

A cultura se desenvolveu desde a semeadura até a colheita com chuvas dentro da média, sendo assim, não foram registrados déficit hídrico, como pode ser observado na Figura 3.

Figura 3. Saldo hídrico diário no período de 29 de novembro de 2016 a 14 de abril de 2017

Por apresentar altas precipitações, o final do ano de 2016 e início de 2017 pode ser considerado como normal para o município de Erechim, RS. Entretanto, vale ressaltar que as chuvas apresentaram alto volume e foram bem distribuídas, visto que, segundo a Ferreira (2014), a cada 10 anos, 7 (sete) apresentam déficit hídrico na Região Sul, mesmo em regiões com alto índice pluviométrico, pode haver ocorrência de períodos de estiagem devido à variabilidade temporal da precipitação ao longo do ano.

A partir da metodologia empregada, o momento e a quantidade de água a ser aplicada em cada tratamento variou conforme a disponibilidade de água para as plantas. A Figura 4 apresenta os valores médios, referentes a períodos de 20 dias desde a semeadura até a planta atingir a maturidade fisiológica, da lâmina de irrigação (chuva + irrigação) de cada tratamento.

Figura 4. Lâmina de água (chuva + irrigação) média de cada tratamento, em períodos de 20 dias, ao longo do ciclo da cultura do milho

Controle= Sem irrigação; CC= Irrigação para manutenção de 100% da capacidade de campo; CRA= Irrigação para manutenção de 55% da capacidade total de água do solo; Lâmina= Irrigação ajustada conforme valor fornecido pela planilha “Lâmina”.

Observa-se na Figura 4, que o momento em que mais se utilizou a irrigação, foi no período de 40 a 60 dias após a semeadura devido à quantidade de precipitação ter sido menor do que em outros momentos do ciclo da cultura, porém, como foi verificado na Figura 3, não houve déficit

hídrico expressivo, não acarretando, por consequência, prejuízos às plantas que não obtiveram irrigação.

Na Tabela 2 são apresentadas as lâminas de água totais (chuva + irrigação) de cada tratamento e o resultado do teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 2. Lâmina de água total (chuva + irrigação) de cada tratamento e resultado do teste Tukey

Tratamento	Água (mm)*
CC	1.083,69 ^a
CRA	1.023,44 ^a
Lâmina	744,95 ^b
Controle	721,80 ^b
CV (%)	20,07

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

Controle= Sem irrigação; CC= Irrigação para manutenção de 100% da capacidade de campo; CRA= Irrigação para manutenção de 55% da capacidade total de água do solo; Lâmina= Irrigação ajustada conforme valor fornecido pela planilha “Lâmina”; CV: Coeficiente de variação.

Os tratamentos CC e CRA diferiram estatisticamente dos tratamentos lâmina e controle. Esse resultado pode ser decorrente da metodologia empregada para o tratamento lâmina, cujo ajuste da irrigação leva em consideração vários fatores, e um deles é a precipitação, uma vez que ocorreram altas precipitações e estas foram muito bem distribuídas ao longo do período do cultivo, quase não foi necessário aplicar a irrigação neste tratamento. Já os tratamentos CC e CRA levam em consideração apenas a umidade instantânea do solo, logo, embora as precipitações foram altas e bem distribuídas, houve situações em que a umidade lida estava abaixo da indicada para ambos os tratamentos, realizando assim a irrigação. Todavia, em seguida, ocorriam precipitações, o que justifica a lâmina total nestes tratamentos (Tabela 2). Esse fato também ocorreu no trabalho de Serpa *et al.*

(2012), que devido a altas precipitações ocorridas durante a condução do experimento, verificaram nos tratamentos irrigados uma quantidade de água bem acima da média.

Na Tabela 3 são apresentadas as médias correspondentes aos componentes de rendimento da cultura do milho. Não houve diferença significativa ($P \leq 0,05\%$) entre as variáveis analisadas. Contudo, é importante destacar que as variáveis: biomassa, fileira por espiga, grãos por fileira e número de grão por espiga apresentaram as maiores médias no tratamento CC. Os resultados não significativos podem ser explicados pela não ocorrência de déficit hídrico expressivo ao longo do ciclo da cultura em virtude da alta precipitação registrada e sua distribuição favorável desde a semeadura até a colheita da cultura.

Tabela 3. Resultados do teste Tukey de comparação de médias das variáveis: biomassa, fileira por espiga, grãos por fileira, número de grão por espiga e peso de mil grãos.

Tratamento	Biomassa (kg ha ⁻¹)	Fileiras por espiga	Grãos por fileiras	Grãos por espiga	Peso de mil grãos (g)
Controle	19.217,38 ^{ns}	15,75 ^{ns}	27,85 ^{ns}	438,75 ^{ns}	292,52 ^{ns}
Lâmina	20.819,80	16,30	28,55	471,10	287,75
CRA	23.994,33	15,90	31,05	498,80	275,12
CC	24.974,55	16,40	31,35	515,20	277,27
CV (%)	17,42	4,27	10,67	12,52	4,47

ns: não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Controle= Sem irrigação; CC= Irrigação para manutenção de 100% da capacidade de campo; CRA= Irrigação para manutenção de 55% da capacidade total de água do solo; Lâmina= Irrigação ajustada conforme valor fornecido pela planilha “Lâmina”; CV: Coeficiente de variação.

De acordo com Magalhães e Durães (2006), a formação de folhas, espigas por planta e número de fileiras por espigas ocorrem no período vegetativo, mais precisamente, entre os estádios V3 e V8, e durante este período tanto a falta como o excesso de umidade podem vir a causar danos à cultura. Tendo em vista que no período mencionado a cultura não sofreu déficit hídrico, justifica-se o fato de não ter ocorrido diferença significativa entre os tratamentos na análise das variáveis produção de biomassa e número de fileira por espiga.

Na maioria das cultivares de milho, o número de grãos por espiga é definido no estádio V17; entretanto, é no estádio R1 que se tem a determinação do real número de óvulos que serão realmente fertilizados (RITCHIE; HANWAY; BENSON, 1993). Verificou-se que o estádio R1 ocorreu entre os dias 31 de janeiro e 5 de fevereiro. Logo, ao analisarmos a Figura 3, percebe-se que o saldo hídrico neste período ficou próximo ao limite zero, mas nunca abaixo, o que justifica a inexistência de diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos para essa variável.

Bergamaschi *et al.* (2004), ao testarem diferentes lâminas de irrigação para a cultura do milho, que passou por um déficit hídrico aos 60 dias após o plantio, encontraram resultados satisfatórios para a

variável número de grãos por espiga, sendo a melhor média observada para o tratamento cuja irrigação foi realizada a fim de manter a umidade do solo em 100% da capacidade de campo. Esse resultado está em consonância com os encontrados no presente estudo para o tratamento CC (Tabela 3).

Concordando com os resultados obtidos no presente trabalho (Tabela 3). Parizi (2007), ao testar diferentes lâminas de irrigação para a cultura do milho, também não obteve resultados significativos entre os tratamentos por conta da ocorrência de chuvas acima da média e bem distribuídas ao longo do desenvolvimento do estudo.

Serpa *et al.* (2012) destacam que o excesso de irrigação pode levar a perdas de nitrogênio no solo, o que pode ter colaborado para a redução do peso de mil grãos nos tratamentos irrigados (Tabela 3), visto que o nitrogênio é o nutriente que mais limita a produtividade da cultura do milho. Ressalta-se que os tratamentos CRA e CC apresentaram os menores valores para essa variável, sendo eles, os que receberam as maiores lâminas (chuva+irrigação) (Tabela 1).

Na minha opinião este trecho não se enquadra como um elemento para a seção de resultados e discussão, podendo ser utilizado somente na introdução (MATZENAUER *et al.*, 1995).

Ao avaliarem os efeitos do déficit hídrico na cultura do milho, Serpa *et al.* (2012) encontraram resultados distintos entre os anos agrícolas avaliados (2008/09 e 2009/10), observando que para o ano 2009, no qual ocorreram precipitações abaixo da média, o uso da irrigação influenciou positivamente a maioria dos componentes analisados, verificando-se diferenças estatisticamente significantes, porém, no ano seguinte, no qual ocorreram chuvas acima do normal, o uso da irrigação durante todo o ciclo da cultura não obteve diferença

significativa, corroborando com os resultados encontrados neste trabalho.

Na Tabela 4 são apresentados os resultados para produtividade final e eficiência no uso da água. Não houve diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos para essas variáveis. Isso pode ser justificado pela ocorrência de chuvas por terem ocorrido chuvas dentro da média e bem distribuídas, não havendo, portanto, déficit hídrico crítico em nenhum momento do ciclo de cultivo.

Tabela 4. Produtividade (kg ha^{-1}) e eficiência do uso da água ($\text{L kg}^{-1}\text{g}$) para a cultura do milho

Tratamento	Produtividade (kg ha^{-1})	Eficiência do uso da água ($\text{L kg}^{-1}\text{g}$)
Controle	9.231,81 ^{ns*}	796,13 ^{ns}
Lâmina	9.615,58	812,85
CRA	10.670,24	975,25
CC	10.700,26	1022,55
CV (%)	16,50	20,39

ns: não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Controle= Sem irrigação; CC= Irrigação para manutenção de 100% da capacidade de campo; CRA= Irrigação para manutenção de 55% da capacidade total de água do solo; Lâmina= Irrigação ajustada conforme valor fornecido pela planilha “Lâmina”; CV: Coeficiente de variação.

Segundo Parizi (2007), o manejo da irrigação envolve a decisão do quanto de água aplicar e quando irrigar. Visto que, se não houver uma relação entre essas duas variáveis, teremos o uso ineficiente da água, seja pela aplicação em excesso ou em

quantidades inferiores às necessidades hídricas da planta.

Na Tabela 5 são apresentadas as médias dos valores encontrados nas análises bromatológicas do grão para as variáveis: matéria seca, matéria mineral, proteína bruta e extrato etéreo.

Tabela 5. Matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) dos grãos de milho

Tratamentos	MS (%)	MM (%)	PB* (%)	EE (%)
Controle	84,31 ^{ns}	1,55 ^{ns}	10,04 ^a	5,80 ^{ns}
Lâmina	84,53	1,43	10,35 ^a	4,87
CRA	84,41	1,59	8,53 ^b	5,12
CC	84,22	1,54	8,37 ^b	5,32
CV%	0,84	9,59	4,82	14,63

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

ns: não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Controle= Sem irrigação; CC= Irrigação para manutenção de 100% da capacidade de campo; CRA= Irrigação para manutenção de 55% da capacidade total de água do solo; Lâmina= Irrigação ajustada conforme valor fornecido pela planilha “Lâmina”; CV: Coeficiente de variação.

Pesquisas relacionadas à composição química de grãos de milho revelaram que aproximadamente 76,5 % da massa seca é composta por amido, 9,5% por proteínas, 9% por fibras, 4% por lipídeos e apenas 1% por matéria mineral (PIOVESAN; OLIVEIRA; GEWEHR, 2011).

Não houve diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos nas análises de matéria seca, matéria mineral e extrato etéreo do grão de milho (Tabela 5). Portanto, pode-se afirmar que em anos com precipitações normais e bem distribuídas, a irrigação exerce pouca influência sobre essas variáveis.

Os tratamentos CRA e CC foram semelhantes em relação ao teor de proteína bruta nos grãos, diferindo estatisticamente dos tratamentos controle e lâmina (Tabela 5). Tal comportamento pode ser explicado pela alta quantidade de água aplicada nestes tratamentos (Tabela 2), bem superior a dos tratamentos controle e lâmina. A aplicação de água em excesso pode ter ocasionado a lixiviação de nutrientes como o nitrogênio, que segundo Kerbauy (2006), faz parte da estrutura das proteínas, influenciando, assim, na obtenção dos menores valores de proteína bruta nos tratamentos CRA e CC, que foram iguais a 8,53 e 8,37%, respectivamente.

Para as plantas anuais, como o milho, iniciam seu ciclo reprodutivo, há uma grande remobilização dos nutrientes das folhas para os frutos. Nesse caso, as folhas mais velhas e, em algumas espécies, os caules e raízes também passam a serem fontes, fornecendo açúcares, aminoácidos e minerais para a biossíntese de compostos de reserva nas sementes (Taiz; Zeiger, 2006).

Segundo Kerbauy (2006), em cultivos de cereais, é comum o nitrogênio do solo estar em baixa concentração após o florescimento (antese), assim, no processo de remobilização, durante o período de

enchimento dos grãos, o nitrogênio é translocado gradualmente dos órgãos vegetativos para os grãos. Ainda segundo o mesmo autor, os grãos requerem grande quantidade de nitrogênio para atender à demanda de proteína que ocorre durante o seu desenvolvimento.

Serpa *et al.* (2012) constataram possível perda de nitrogênio pelo excesso de água disponível durante todo o ciclo da cultura. Neste trabalho, conforme visualizado na Tabela 2, foram registrados 1.083,69 e 1.023,44 mm de água disponibilizada nos tratamentos CC e CRA respectivamente, podendo-se, então, verificar que a quantidade de água recebida pela cultura foi bem acima da necessidade hídrica usualmente registrada para a cultura, que de acordo com Mello e Silva (2012) está no intervalo de 400 a 800 mm. Portanto, os resultados do presente estudo corroboram com as constatações de Kerbauy (2006) e Serpa *et al.* (2012).

Desta forma, os menores valores de proteína bruta nos grãos observados nos tratamentos que tiveram maior quantidade de água aplicada (CRA e CC) podem ter sido decorrentes da lixiviação de nitrogênio durante o período em que a cultura se encontrava no estágio vegetativo. Sendo assim, possivelmente houve menor absorção desse nutriente pelas plantas no momento do enchimento de grãos.

6 CONCLUSÃO

Em anos de precipitações pluviométricas com grande volume e bem distribuídas ao longo dos dias, o uso da irrigação, independentemente da forma de manejo, não influenciou significativamente a produtividade, eficiência do uso da água e composição bromatológica dos grãos de

milho (híbrido Impacto Viptera 3) cultivados em Erechim, Rio Grande do Sul.

O manejo da irrigação utilizando apenas a umidade do solo instantânea como indicador não se mostrou adequado, uma vez que se aumenta o risco da aplicação de um volume de água superior ao exigido pela cultura. Por outro lado, o uso da planilha "Lâmina", quando comparado aos demais sistemas irrigados, possibilitou melhor ajuste do volume de água aplicado, permitindo racionalizar o uso dos recursos hídricos, ao passo que, manteve-se boa produtividade e elevado teor de proteína bruta no grão.

7 REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. FAO, 1998. 300 p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).
- ALMEIDA, A. H. B.; ALMEIDA, H. S. A.; OLIVEIRA, M. K. T. Perspectivas da gestão hídrica no semiárido brasileiro para a irrigação. **Disciplinarum Scientia| Naturais e Tecnológicas**, Santa Maria, v. 22, n. 2, p. 119-132, 2021.
- BERGAMASCHI, H.; BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; BERGONCI, J. I.; BIANCHI, C. A. M.; MÜLLER, A. G.; COMIRAN, F.; HECKLER, B. M. M. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 9, p. 831-839, set. 2004.
- BERNARDO, S. **Irrigação e produtividade**. In: FARIA, M. A. (coord.). Manejo de irrigação. Poços de caldas: SBEA: UFLA, 1998. p. 117-132.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. MAPA: ACS, 2009.
- MILHO. **Acompanhamento da Safra Brasileira: grãos**, Brasília, DF, v. 7, n. 6, p. 1-89, 2022. Safra 21/22, 11 levantamento. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/gaos/boletim-dasafra-de-gaos>. Acesso em: 20 dez. 2022.
- CONTINI, E.; MOTA, M. M.; MARRA, R.; BORGHI, E.; MIRANDA, R. D.; SILVA, A. D. **Milho: caracterização e desafios tecnológicos**. Brasília, DF: Embrapa., 2019.
- DUARTE, J. O.; GARCIA, J. C.; MIRANDA, R. A. **Cultivo do milho: Mercado e comercialização**. 7. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2. ed. rev. e atual. Brasília, DF: Embrapa, 1997.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2006.
- FERREIRA, M. G. **Análise da Variabilidade da Precipitação e da Estiagem no Município de Erechim e Região Norte do Rio Grande do Sul**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) – Universidade Federal do Rio grande do Sul, Porto Alegre, 2014.
- KÖPPEN, W. **Grundriss der Klimakunde**. Berlim: Walter de Gruyter & Co, 1931.
- KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A., 2006.

- MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. **M. Fisiologia da produção do milho**. Sete Lagoas: Embrapa, 2006.
- MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M. A.; RIBOLDI, J. Relações entre rendimento de milho e variáveis hídricas. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 3, n. 1, p. 85-92, jul. 1995.
- MATZENAUER, R.; RADIN, B.; ALMEIDA, R. D. **Atlas Climático**: Porto Alegre: FEPAGRO, 2011.
- MELLO, J. L. P.; SILVA, L. D. B. **Irrigação**. Rio de Janeiro: UFFRJ, 2009.
- MELO, A. V.; SANTOS, V. M.; LOPES, T. M.; DIAS, M. A. R.; NUNES, H. V. Divergência genética entre híbridos de milho em condições de deficiência hídrica. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 6, n. 3, p. 66-75, 2019.
- MOREIRA, J. A. A.; CARDOSO, A. F.; COSTA, L. L.; RODRIGUES, M. S.; PEIXOTO, N.; BRAZ, L. T. Manejo da irrigação para otimização da produtividade e qualidade de frutos de tomateiro em sistema de plantio direto. **Irriga**, Botucatu, v. 17, n. 4, p. 408-417, 2012.
- PARIZI, A. R. C. **Efeitos de diferentes estratégias da irrigação sob as culturas de feijão (*phaseolus vulgaris*) e milho (*zea mays*), na região de Santiago, RS**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.
- PIOVESAN, V.; OLIVEIRA, V.; GEWEHR, C. E. Milhos com diferentes texturas de endosperma e adição de alfa-amilase na dieta de leitões. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 11, p. 2014-2019, 2011.
- SERPA, M. S.; SILVA P. R. F. D.; SANGOI, L.; VIEIRA, V. M.; MARCHESI, D. R. Densidade de plantas em híbridos de milho semeados no final do inverno em ambientes irrigados e de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 7, n. 4, p. 541-549, 2012.
- SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos – Métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2002.
- SBCS. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004.
- RICHARDS, L. A.; FIREMAN, M. Pressure - plate apparatus for measuring moisture sorption and transmission by soils. **Soil Science**, New Brunswick, v. 56, p. 395-404, 1943.
- RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. How a corn plant develops. **Special Bulletin**, Ames, n. 48, p. 1-40, 1993.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.
- TAIZ, L. ZEIGER E. **Plant Physiology**, 5. ed. Sunderland: Sinauer Associates Inc., 2009.
- VAN GENUCHTEN, M. T. A close form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 44, p. 892-898, 1980.