

INTEGRAÇÃO DE PRÁTICAS DE MANEJO PARA DIFERENTES EXPECTATIVAS DE RENDIMENTO DE GRÃOS DE MILHO EM TERRAS BAIXAS

Márcio Pellegrini¹; Paulo Regis Ferreira da Silva²; Rodrigo Schoenfeld³; Jossana Ceolin Cera⁴ José Antonio Severo Celestino Alves⁵; Bruno Picceti Chiesa⁶; Bruno Tadashi⁶

⁽¹⁾Aluno de graduação, da Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul; ⁽²⁾Docente Colaborador da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Pesquisador do CNPq e Consultor Técnico do Instituto Rio Grandense do Arroz; ⁽³⁾Pesquisador do Instituto Rio Grandense do Arroz; ⁽⁴⁾Consultora técnica do IRGA; ⁽⁵⁾ Aluno de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, da Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul; ⁽⁶⁾ Estagiário do Instituto Rio Grandense do Arroz.

Palavras chave: *Zea mays*; adubação; densidade de planta; irrigação.

INTRODUÇÃO

O cultivo de milho em terras baixas apresenta potencialidades e desafios a serem superados (Silva et al., 2017). Instituições como Instituto Rio Grandense do Arroz, Embrapa e universidades vêm desenvolvendo pesquisas com milho em área de arroz ao longo do tempo. Recentemente, houve uma nova demanda para que o IRGA retomasse essas atividades de pesquisa. Assim, foram avaliados os efeitos de fatores isolados sobre o rendimento de grãos, como densidade de plantas (Marafon et al., 2014) e métodos de irrigação em diferentes híbridos de milho (Mass, 2013).

Os diferentes níveis de manejo que são utilizados na condução de uma lavoura de milho, devem ser adequados para cada tipo de produtor e para o objetivo que o mesmo pretende alcançar. A determinação do potencial de rendimento de grãos de milho, sob diferentes sistemas de produção, é uma ferramenta importante para a tomada de decisões em seu manejo. Ao se dimensionar o impacto dos fatores restritivos ao rendimento, poder-se-á definir estratégias de como superá-los ou minimizá-los pelo manejo adequado da cultura e das condições ambientais.

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial produtivo do milho em terras baixas submetido a quatro níveis de manejo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido a campo durante três anos agrícolas (2014/15, 2015/16 e 2016/17), na Estação Experimental Arroz, do Instituto Rio Grandense do Arroz (EEA/IRGA), em Cachoeirinha-RS, região arrozeira da Planície Costeira Interna, do estado do Rio Grande do Sul. O solo da área experimental é classificado como *Gleissolo Háptico Distrófico típico* (Streck et al, 2008). A análise de solo indicou os seguintes valores: no primeiro ano: argila 21 %; pH em água: 5,3; P: 16 mg dm⁻³; K: 46 mg dm⁻³; CTC pH 7: 7,3 cmol_c dm⁻³ e MO: 14 g kg⁻¹; no segundo ano: argila 21 %; pH em água: 5,6; P: 25 mg dm⁻³; K: 35 mg dm⁻³; CTC pH 7: 5,8 cmol_c dm⁻³ e MO: 23 g kg⁻¹; e no terceiro ano: argila 16 %; pH (água): 5,6; Índice SMP: 6,5; P: 6 mg dm⁻³; K: 36 mg dm⁻³ e MO: 24 g kg⁻¹.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos constaram de manejo diferenciado (**Tabela 1**), para obtenção de quatro expectativas de rendimento de grãos de milho (6, 9, 12 e mais de 15 Mg ha⁻¹), obtidas pela variação de quatro fatores: adubação de semeadura, adubação nitrogenada e potássica em cobertura, densidade de plantas e realização ou não da irrigação. Esses níveis de manejo foram denominados de, respectivamente, baixo, médio, alto e muito alto. O híbrido e as demais práticas de manejo foram uniformes nos três anos para os quatro níveis de manejo (espaçamento entrelinhas, sistema de drenagem (microcamalhão) e controle de plantas daninhas e pragas, de acordo com as recomendações técnicas da cultura do milho (INDICAÇÕES, 2013).

Tabela 1. Níveis de manejo em milho em terras baixas, nos três anos agrícolas. Cachoeirinha-RS.

Nível de manejo	Densidade (pl m ⁻²)	Adubação de base (kg ha ⁻¹)			Adubação de cobertura (kg ha ⁻¹)		Irrigação
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	K ₂ O	
Baixo	5	30	45	40	60	40	sem
Médio	7	30	90	90	100	90	sem
Alto	9	30	135	120	200	120	com
Muito Alo	11	30	225	150	300	150	com

A semeadura do milho foi realizada nos dias 21 de novembro de 2014, 29 de outubro de 2015 e 28 de outubro de 2016, sobre microcamalhões, com duas linhas de plantas em cada um, com auxílio de saraquá. A distância entre microcamalhões foi de 1,0 m. Nos três anos, o híbrido utilizado foi o DKB 240 VTPRO2, da empresa Dekalb Sementes. Nos níveis de manejo alto e muito alto, a adubação nitrogenada em cobertura foi dividida em três aplicações, nos estádios V₄, V₈ e V₁₂, segundo a escala de Ritchie et al. (1993). Como fonte de N foi utilizada a ureia com inibidor da uréase, para minimizar perdas por volatilização da amônia.

Os níveis de manejo baixo e médio foram conduzidos sob condições naturais de precipitação pluvial. Já nos níveis alto e muito alto foi realizada irrigação sempre que necessária, pela instalação de sondas, para determinar a umidade

volumétrica do solo, com auxílio do equipamento Hidrofarm, da Falker. Com base em leituras nesse aparelho, as irrigações foram realizadas quando a umidade volumétrica do solo atingisse $0,18 \text{ m}^{-3} \text{ m}^{-3}$. Este é o valor próximo à umidade correspondente ao limite hídrico inferior da cultura do milho, obtido a partir da curva de retenção de água no solo da área experimental. Foi utilizado o sistema de irrigação por sulco, aplicando-se lâmina de 30 mm de água por rega. Foram realizadas cinco irrigações (estádios V_{11} , V_{15} , R_1 , R_3 e R_4) no primeiro ano, sete irrigações (estádios V_8 , V_{15} , V_{16} , R_1 , R_2 , R_2 e R_3) no segundo ano e quatro irrigações (estádios V_7 , V_9 , R_{3-4} e R_{4-5}) no terceiro ano.

As determinações realizadas no milho foram as seguintes: rendimento de massa seca no espigamento; diâmetro de colmo; estatura de planta; teor relativo de clorofila nas folhas nos estádios V_7 , V_{11} , V_{17} e R_1 componentes do rendimento (número de espigas por metro quadrado, número de grãos por espiga e peso do grão) e rendimento de grãos, com correção de umidade para 130 g kg^{-1} . A área útil para avaliação do rendimento foi de $10,0 \text{ m}^2$.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (teste F) e, quando significativa, aplicou-se o teste de Tukey ($p < 0,05$) para comparação entre médias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

a) Ano agrícola 2014/15

No primeiro ano, o rendimento médio de grãos obtido no experimento foi de $12,25 \text{ Mg ha}^{-1}$ e não variou em função de níveis de manejo (**Tabela 2**). Na análise dos componentes do rendimento, verificou-se que houve compensação entre o número de espigas por metro quadrado e o número de grãos por espiga, já que o peso do grão não variou entre os tratamentos. Enquanto o número de espigas por metro quadrado foi maior nos níveis de manejo alto e muito alto em relação aos níveis baixo e médio, ocorreu o inverso para o número de grãos por espiga. O fato de não ter havido resposta do rendimento aos níveis de manejo pode estar relacionado, principalmente, ao regime pluviométrico ter sido muito adequado durante toda estação de crescimento do milho (**Figura 1a**), o que foi muito benéfico nos níveis de manejo baixo e médio, que não recebem irrigação. A distribuição hídrica é o principal fator determinante da produtividade do milho (Sangoi et al., 2010). Por outro lado, a semeadura mais tardia do milho nesse ano (21 de novembro) pode ter limitado o potencial produtivo nos níveis alto e muito alto.

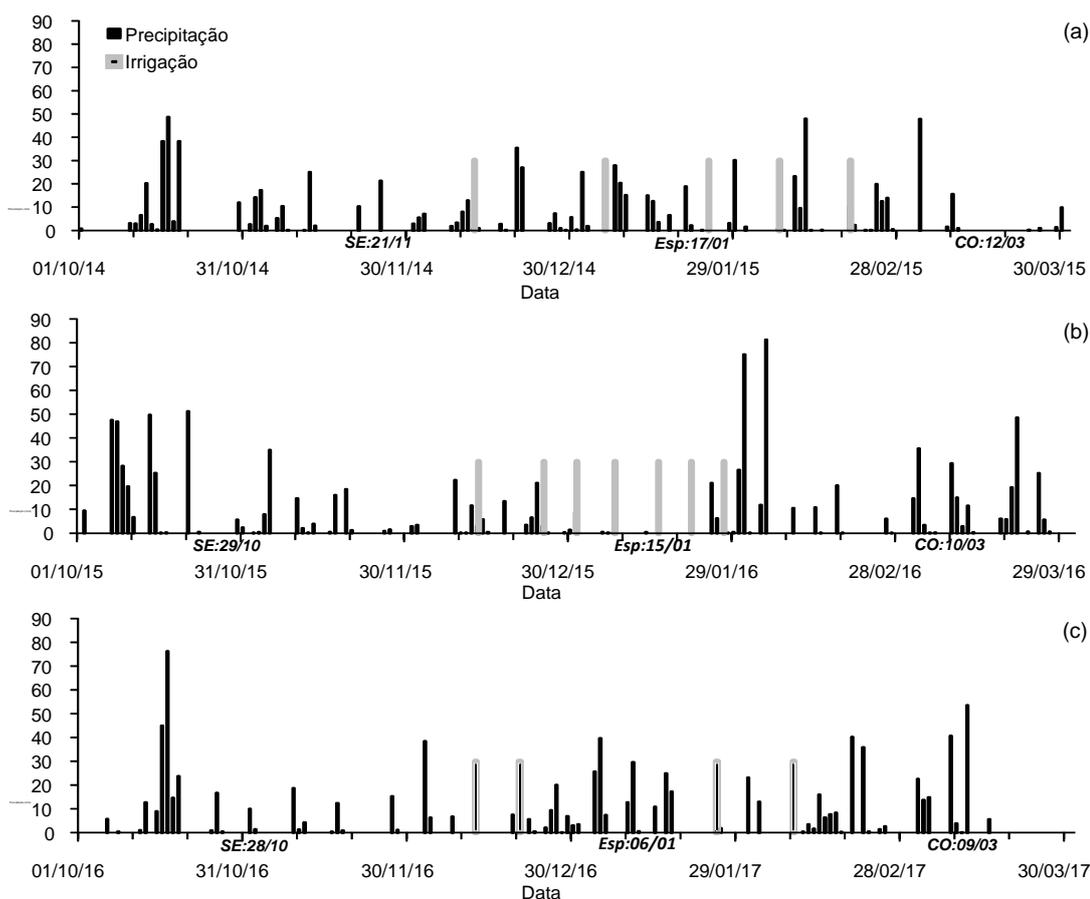


Figura 1. Precipitação pluvial diária ocorrida no período de 01 de outubro a 31 de março e irrigações realizadas durante o ciclo do milho, nos anos agrícolas 2014/15 (a), 2015/16 (b) e 2016/17 (c), em Cachoeirinha-RS. Barras na cor cinza indicam quando foram realizadas as irrigações (30 mm cada). As siglas em itálico indicam as datas de semeadura (SE), espigamento (ESP) e colheita (CO) do milho em cada ano.

Para outras características relacionadas ao desenvolvimento da planta, como rendimento de matéria seca (MS) da parte aérea no espigamento, estatura de planta, diâmetro de colmo e leitura SPAD no estádio V_{17} , também não houve diferença significativa entre níveis de manejo (**Tabela 2**). Apenas para a leitura SPAD no estádio V_{11} foi observada diferença entre os tratamentos. No nível muito alto, obteve-se menor valor para essa característica em relação aos níveis baixo e médio. Essa resposta pode estar associada ao fato de que se fez uma primeira irrigação próxima a esse estádio de desenvolvimento e logo após ocorreu uma precipitação pluviométrica de 65 mm. Isso gerou

estresse por excesso hídrico nas plantas nos tratamentos irrigados (níveis alto e muito alto) em relação aos não irrigados (níveis baixo e médio), o que determinou menores valores nas leituras.

b) Ano agrícola 2015/16

Nesse segundo ano, o rendimento médio de grãos obtido no experimento foi de 10,55 Mg ha⁻¹, variando entre 6,91 Mg ha⁻¹ a 14,54 Mg ha⁻¹, respectivamente nos níveis de manejo baixo e muito alto (**Tabela 2**). Em relação ao nível de manejo baixo, foram observados incrementos de 25, 75 e 110 % no rendimento de grãos, respectivamente com a aplicação dos níveis de manejo médio, alto e muito alto. Esse incremento verificado no rendimento com a melhoria do nível de manejo deveu-se ao aumento do número de espigas por metro quadrado, com o aumento da densidade de plantas, e ao aumento do peso do grão, já que o número de grãos por espiga diminuiu à medida que se aumentou o nível de manejo (**Tabela 2**).

Essa resposta do rendimento de grãos aos níveis de manejo deveu-se, principalmente, ao fato que nesse ano agrícola ocorreu um período de estiagem de 30 dias logo após o espigamento (**Figura 1b**), que é considerado um período crítico à deficiência hídrica. Esses efeitos se evidenciaram nos níveis de manejo baixo e médio, conduzidos sem irrigação. Nesse segundo ano, obteve-se maior teto produtivo no nível de manejo muito alto em relação ao alto. Uma das possíveis causas determinantes pode estar relacionada à antecipação da época de semeadura para 29 de outubro, que determinou maior potencial produtivo..

Tabela 2. Rendimento de grãos, componentes do rendimento e outras características agrônômicas do milho cultivado em terras baixas em função de quatro níveis de manejo, em três anos agrícolas. Cachoeirinha-RS.

Característica	Níveis de Manejo				CV ¹ (%)
	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
2014/15					
Rendimento de grãos (Mg ha ⁻¹)	11,76 ns ³	12,49	12,02	12,72	
Espigas m ⁻² (No.)	7,5 b ⁴	7,7 b	9,0 ab	10,2 a	14,8
Grãos espiga ⁻¹ (No.)	482 ab	498 a	409 bc	374 c	8,4
Peso do grão (mg)	328 ns	335	328	314	4,1
Teor relativo de clorofila na folha - V ₁₁ ²	55 a	53 a	52 ab	48 b	3,7
Teor relativo de clorofila - V ₁₇	46 ns	45	43	45	12,2
Matéria seca no espigamento (Mg ha ⁻¹)	13,71 ns	12,52	14,75	17,67	32,7
Estatura de planta (m)	2,53 ns	2,57	2,55	2,58	3,8
Diâmetro de colmo (cm)	2,13 ns	2,14	1,96	1,97	5,4
2015/16					
Rendimento de grãos (Mg ha ⁻¹)	6,91 c	8,62 c	12,12 b	14,54 a	7,4
Espigas m ⁻² (No.)	4,85 d	6,87 c	8,62 b	10,50 a	3,5
Grãos espiga ⁻¹ (No.)	468 a	412 b	408 b	408 b	7,8
Peso do grão (mg)	303 b	302 b	349 a	339 a	3,0
Teor relativo de clorofila na folha - V ₁₁	47,5 ns	49,50	50,50	49,75	8,2
Teor relativo de clorofila na folha - V ₁₇	42,25 b	42,75 b	55,56 a	54,25 a	6,5
Matéria seca no espigamento (Mg ha ⁻¹)	8,47 d	11,30 c	16,30 a	13,67 b	7,5
Estatura de planta (m)	2,36 b	2,33 b	2,59 a	2,55 a	1,9
Diâmetro de colmo (cm)	2,41 a	2,30 ab	1,98 c	2,05 c	8,1
2016/17					
Rendimento de grãos (Mg ha ⁻¹)	9,65 b	10,08 b	14,31 a	13,42 a	7,0
Espigas m ⁻² (No.)	6,67 ns	7,10	5,90	5,85	23,4
Grãos espiga ⁻¹ (No.)	459 ns	413	490	487	21,9
Peso do grão (mg)	270 b	264 b	306 a	306 a	3,6
Teor relativo de clorofila na folha - V ₇	46,15 ns	46,15	44,30	52,02	7,6
Teor relativo de clorofila na folha - R ₁	47,20 d	49,40 c	55,00 b	55,15 a	0,1
Matéria seca no espigamento (Mg ha ⁻¹)	15,39 ns	17,70	21,34	22,78	17,4
Estatura de planta (m)	2,49 b	2,39 b	2,64 a	2,64 a	2,3
Diâmetro de colmo (cm)	2,54 a	2,21 b	2,11 c	1,89 d	0,2

¹CV-Coefficiente de variação; ²Estádio fenológico, conforme escala de Ritchie et al. (1993); ³ns-não significativo;

⁴Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste Tukey.

Com o incremento do nível de manejo aumentou o rendimento de massa seca da parte aérea no espigamento e a estatura de planta. Por outro lado, o diâmetro de colmo diminuiu à medida que aumentou o nível de manejo, basicamente devido a maior competição entre plantas determinada pelo aumento da densidade nos maiores níveis de manejo. O teor relativo de clorofila na folha, avaliado no estágio V₁₁, foi maior nos níveis de manejo alto e muito alto em relação aos níveis baixo e médio, evidenciando que, mesmo já nesse estágio vegetativo, já se observava diferenças na nutrição de plantas.

c) Ano agrícola 2016/17

O rendimento médio de grãos obtido no terceiro ano foi de 11,84 Mg ha⁻¹, variando entre 9,65 Mg ha⁻¹ e 14,31 Mg ha⁻¹, respectivamente nos níveis de manejo baixo e alto (**Tabela 2**). Em relação ao nível de manejo baixo, foram observados incrementos de 4,5, 48,3 e 39,1 % no rendimento de grãos, respectivamente com a aplicação dos níveis de manejo médio, alto e muito alto. Houve aumento do rendimento até o nível de manejo alto, não havendo resposta com o incremento do manejo para muito alto.

Nesse ano ocorreu deficiência hídrica em dois períodos, no vegetativo (estádios V₇ e V₉) e a partir da metade do enchimento de grãos (estádios R₃₋₄ e R₄₋₅), o que determinou a necessidade de realização de quatro irrigações de 30 mm cada (**Figura 1c**).

O incremento do nível de manejo aumentou a estatura de planta e diminuiu o diâmetro de colmo (**Tabela 2**). Isso se deveu a maior competição intraespecífica por recursos do meio, com a elevação da densidade de plantas. O teor relativo de clorofila na folha, avaliado no espigamento (estádio R₁), aumentou à medida que se incrementou o nível de manejo, indicando que as plantas estavam melhor nutridas nos níveis de manejo mais altos.

CONCLUSÃO

O rendimento de grãos de milho aumenta com o incremento do nível de manejo, especialmente em resposta à irrigação, em anos com maior deficiência hídrica durante seu ciclo de desenvolvimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

INDICAÇÕES TÉCNICAS PARA O CULTIVO DO MILHO E DO SORGO NO RIO GRANDE DO SUL SAFRAS 2013/2014 e 2014/2015 /Editores técnicos, Beatriz Marti Emygdio, Ana Paula Schneid Alonso da Rosa e Mauro César Celaro. – Brasília, DF: Embrapa, 2013. 124 p.

MARAFON, A.J.; SILVA, P.R.F. da; SHOENFELD, R.; RODRIGUES, J.F. MAASS, M.B.; CORREIA, S. L. Resposta de híbridos de milho à densidade de plantas em área de arroz irrigado. In: Anais / XXX **Congresso Brasileiro de Milho e Sorgo, 04 a 07 de agosto de 2014, Salvador, BA.** ABMS. CD-Rom. 2014.

MAASS, M. B. **Desempenho agrônomo e econômico de milho cultivado em gleissolo em função de método de irrigação.** 2013. 59 f. Dissertação (MSc.) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

RITCHIE, S.W.; HANWAY, J.J.; BENSON, G.O. How a corn plant develops. Ames: **State University of Science and Technology**, 1993. 21p. (Special Report, 48).

SANGOI, L.; SILVA, P.R.F. da; ARGENTA, G.; RAMBO, L. **Ecofisiologia da cultura do milho para altos rendimentos.** Lages: Graphel, 2010. 87p.

SILVA, P.R.F. da; MARCHESAN, E.; SHOENFELD, R. Rotação e sucessão de culturas. In: EMYGDIO, B. M.; ROSA, A. P. S. A. da; OLIVEIRA, A. C. B. de/Editoras técnicas. **Cultivo de soja e milho em terras baixas do Rio Grande do Sul.** Embrapa, Brasília, 2017, p. 267-284.