



CUSTOS E RECEITAS DE DIFERENTES TÉCNICAS DE MANEJO DA IRRIGAÇÃO EM MILHO NO NOROESTE PAULISTA

Daniela Araújo de Oliveira¹, Victor Rocha Araújo², Fernando Braz Tangerino Hernandez³

RESUMO: O presente trabalho teve como objetivo aplicar diferentes técnicas de manejo da irrigação, avaliar seus custos, produtividades e rendimentos em área cultivada com milho, irrigado por pivô central, na região Noroeste Paulista. Para isso, a área foi dividida em cinco tratamentos com diferentes lâminas de aplicação. O manejo da irrigação utilizando dados de evapotranspiração de referência provenientes de estação agrometeorológica próxima e coeficiente de cultivo FAO padrão resultou em maior produtividade e receita que as outras técnicas empregadas. Porém, todas as metodologias de manejo se mostraram superiores à irrigação praticada pelo Irrigante, totalmente empírica. Como conclusão, está a necessidade de se adotar alguma técnica de manejo da irrigação, seja com a utilização de planilhas eletrônicas ou mesmo a contratação de softwares disponíveis no mercado, para um melhor uso do sistema de irrigação, dos recursos hídricos e obtenção de maior rentabilidade ao Irrigante.

PALAVRAS-CHAVE: *Zea mays* L., evapotranspiração, pivô central.

COSTS AND REVENUES OF DIFFERENT IRRIGATION MANAGEMENT TECHNIQUES IN CORN IN PAULISTA NORTHWEST

ABSTRACT: The presente study aimed to apply different irrigation management techniques, to evaluate their costs, productivity and yields in an area cultivated with corn, irrigated by central pivot in the Northwest region of São Paulo. For this, the area was divided into five treatments with different application water blades. Irrigation management using reference evapotranspiration data from a nearby agrometeorological station and standard FAO cropping coefficient resulted in higher productivity and revenue than the others techniques used. However, all management methodologies were superior to the irrigation practiced by the

¹ Doutoranda em Agronomia (Irrigação e Drenagem), UNESP, Av. Universitária, 3780 - Altos do Paraíso, CEP 18610-034, Botucatu, SP. Fone: (18) 37431959. e-mail: da.oliveira@unesp.br

² Engenheiro Agrônomo, Usina Lins, Lins, SP

³ Professor Titular, Depto de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, UNESP, Ilha Solteira, SP

Irrigator, which is totally empirical. In conclusion, there is a need to adopt some irrigation management technique, either using electronic spreadsheets or even hiring software available on the market, for a better use of the irrigation system, water resources and obtaining greater profitability for the Irrigator.

KEYWORDS: *Zea mays* L.; evapotranspiration, central pivot.

INTRODUÇÃO

O Brasil é destaque mundial como produtor de milho (*Zea mays* L.), tendo como estimativa de produção da safra 2022/23 aproximadamente 125 milhões de toneladas (CONAB, 2023). Destaca-se que cerca de 77% dessa produção se dá na segunda safra, após a colheita da soja, visando reduzir a utilização de fertilizantes nitrogenados. Porém, quando cultivada neste período, a cultura é exposta aos riscos de sofrer déficit hídrico, ocasionando perdas de produtividade, sendo assim, a irrigação se torna uma técnica atraente para cultivo de milho durante o ano todo. Em adição, dada à natureza do cultivo, o custo energético se não controlado, pode representar uma parcela importante dos custos de produção.

De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA, 2021), o cultivo do milho sob irrigação pode apresentar rendimento adicional de duas a três vezes mais que o cultivado em sequeiro, e assim, investimentos em sistemas de irrigação apresentam viabilidade econômica mesmo no período de primeira safra. Nesse sentido, apesar da versatilidade do sistema, há uma concentração da utilização dos pivôs centrais na irrigação de grãos, tais como: feijão, soja e milho.

O Noroeste de São Paulo é caracterizado pela alta variabilidade de chuvas ao longo do ano, podendo chegar até a oito meses de deficiência hídrica no solo (SANTOS et al., 2010; SILVA JUNIOR et al., 2018). Assim, investimentos em sistemas de irrigação são necessários para atender a demanda hídrica dos cultivos. Oliveira & Hernandez (2022) observaram um incremento de 582 hectares irrigados por pivô central anualmente na região, totalizando 17.135 hectares irrigados em 2018.

Para um melhor planejamento e uso dos recursos hídricos, a irrigação deve ser manejada de forma adequada, ou seja, saber a quantidade de água que deve ser aplicada de acordo com as necessidades da cultura (BERNARDO et al., 2005), mas também é necessário o conhecimento de qual momento isso deve ser feito, visando a diminuição dos custos energéticos e melhor retorno financeiro ao produtor.

O manejo da irrigação pode ser realizado utilizando dados de variáveis agrometeorológicas na estimativa da necessidade hídrica das culturas conforme seu estágio fenológico. Essa técnica é denominada manejo da irrigação via atmosfera, e pode ser executada aproveitando infraestrutura pública de dados, como é o caso do Canal CLIMA da UNESP (UNESP, 2023). Atualmente, devido ao nível de tecnologia dos aparelhos celulares com acesso à internet, há ainda para o Irrigante, a opção de adquirir um aplicativo de fabricante de sistema pivô central, que sugere a quantidade e o momento que a água deve ser aplicada na cultura.

Assim, esse trabalho teve como objetivo aplicar diferentes técnicas de manejo da irrigação, avaliar seus custos, produtividades e rendimentos em área comercial cultivada com milho irrigado por pivô central, na região Noroeste Paulista.

MATERIAL E MÉTODOS

Esse estudo foi conduzido em área comercial localizada no município de Santo Antônio do Aracanguá-SP (Latitude: 21°00'07'' S, Longitude: 50°21'16'' O), cultivada com milho irrigado por pivô central, totalizando 81,5 hectares, com semeadura em 11/05/2019 e colheita em 26/09/2019.

As zonas de manejo da irrigação foram divididas conforme é apresentado na Figura 1. Sendo metade do pivô (40,8 hectares) irrigado pelo proprietário da área, de forma instintiva e sem critério, aqui denominada "Irrigante". A outra metade, foi dividida em quatro partes iguais, de 10,2 hectares cada, onde foram aplicadas as seguintes técnicas de manejo da irrigação: UNESP ETo Pioneiros Kc FAO, onde a evapotranspiração de referência - ETo - diária foi obtida no Canal Clima da UNESP Ilha Solteira (UNESP, 2023) utilizando a estação agrometeorológica Santa Adélia Pioneiros, e o coeficiente de cultivo (Kc) obtido no Boletim 56 da FAO (ALLEN et al., 1998); ETo Zona 4 Kc FAO, com os dados de ETo de acordo com Silva Junior (2017) e Kc do Boletim 56 da FAO (ALLEN et al., 1998); FieldNet Advisor, com a quantidade de água a ser aplicada foi sugerida pela plataforma homônima, desenvolvida pela fabricante do sistema pivô central Lindsay®; e, UNESP ETo Pioneiros Kc GD, onde a ETo diária foi obtida no Canal Clima da UNESP Ilha Solteira (UNESP, 2023) e o Kc foi calculado com base nos graus-dia acumulados (GDac) conforme metodologia proposta por Teixeira et al. (2014), empregando temperatura basal da cultura do milho igual a 10°C.

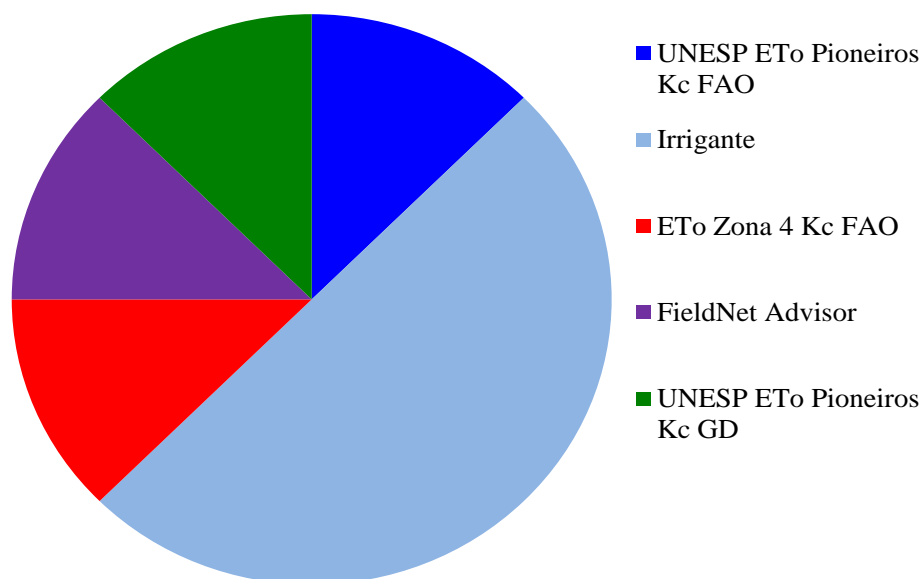


Figura 1. Divisão das zonas de manejo da irrigação no pivô central.

O investimento no sistema de irrigação, feito em janeiro de 2019, foi de R\$ 410.000,00. Esse valor foi dividido pela vida útil do pivô, considerada igual a 15 anos, totalizando custo anual de R\$ 27.333,33. Dividindo esse valor por duas safras anuais, obteve-se o custo do equipamento de R\$ 13.666,67 por safra. Ao final da colheita foram quantificados os custos totais do sistema de irrigação definido para cada uma das zonas de manejo, que englobou o investimento no equipamento e os custos com energia elétrica que foi demandada para uso do pivô em cada área diferentemente irrigada. Um apanhado das características do pivô central é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Dados do sistema pivô central.

Pivô central	
Consumo (CV ha ⁻¹)	1,24
Potência (CV)	100,8
Area irrigada (ha)	81,5
Investimento Total (R\$)	410.000
Vida Útil (anos)	15
Safras ano ⁻¹	2
Custo Fixo por safra (R\$)	13.666,67
Lâmina a 100% (mm)	4,1
Tempo a 100% (h)	10,73
Capacidade de entrega do sistema	8 mm dia ⁻¹

Quantificou-se a produtividade de cada área manejada. Posteriormente calculou-se a receita bruta com base no valor da saca de milho logo após a colheita (à época R\$ 35,17), extrapolando os valores de produtividade obtidos em cada zona de manejo para a área total do pivô central, para fins de comparação. E, por fim, computou-se a receita líquida por tratamento, sendo está a diferença entre a receita bruta e os custos totais da irrigação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 trata-se de uma imagem de satélite da área de estudo ao final do mês de junho de 2019. Nota-se aparente diferença de coloração das áreas irrigadas com técnicas de manejo para a do tratamento Irrigante, na qual não foi adotada metodologia de irrigação, indicando que o estabelecimento da cultura na área foi melhor desenvolvido sob quantificação da água aplicada.



Figura 2. Imagem RGB da área de estudo no dia 21/08/2019 evidenciando crescimento diferenciado da vegetação devido ao manejo da irrigação aplicado.

Na Tabela 2 são apresentados os custos totais e receitas geradas por cada zona de manejo da irrigação. Observa-se uma variação de 33% entre a lâmina de água aplicada pelo Irrigante e a zona de manejo que mais demandou água, que foi o tratamento utilizando os dados de ETo da estação Pioneiros e coeficiente de cultivo pelos GDac. As lâminas aplicadas em todos os tratamentos foram inferiores àquelas empregadas por Nascimento et al. (2017) e Blanco et al. (2011) para estudo de maior produtividade sob diferentes lâminas de aplicação de água em milho no estado do Piauí, devido às diferenças de variáveis agroclimáticas entre as regiões de estudo.

A evapotranspiração de cultura (ETc) estimada pelo tratamento UNESP ETo Pioneiros Kc GD foi superior em 17% àquela estimada pelo tratamento ETo Pioneiros Kc FAO, visto que os dados de ETo foram os mesmos para as duas áreas, esse aumento se dá pela diferença entre o coeficiente de cultivo das duas metodologias. Esses dados corroboram com Trinca et al. (2017), que encontraram estimativa de ETc pelo método GDac superior em 15% quando comparada com o padrão FAO. Santos et al. (2014) observaram necessidade hídrica do milho

de 300,54 mm utilizando a metodologia de ETo de estação mais próxima e Kc FAO no semiárido, valor inferior em 49 mm que o encontrado neste estudo, com a mesma metodologia.

Tabela 2. Custos e receitas geradas por zona de manejo da irrigação.

	TRATAMENTOS				
	ETo Zona 4 Kc FAO	ETo Pioneiros Kc GD	FieldNet Advisor	ETo Pioneiros Kc FAO	Irrigante
Uso da água (mm)	253,6	281,6	277,8	280,1	190,0
ETc estimada (mm)	367,5	450,6	349,5	375,9	-
Tempo de operação (h)	665,4	738,8	728,8	734,9	498,5
Uso Tarifa Diferenciada (h)	373,25	414,44	408,86	412,23	279,63
Uso Tarifa Normal (h)	292,10	324,34	319,98	322,61	218,84
Custo da energia (R\$)	11.215,00	12.453,00	12.286,00	12.387,00	8.402,00
Custo total da irrigação (R\$)	24.882,00	26.120,00	25.952,00	26.054,00	22.069,00
Custo unitário (R\$ mm ha ⁻¹)	1,20	1,26	1,26	1,26	1,07
Produtividade (kg ha ⁻¹)	5196,4	6720,7	6346,5	6803,8	4794,5
RECEITA BRUTA (R\$)	248.244,00	321.063,00	303.189,00	325.034,00	229.047,00
RECEITA LÍQUIDA (R\$)	223.362,00	296.180,00	278.307,00	300.152,00	204.165,00
ADICIONAL MANEJO (R\$)	19.198,00	92.016,00	74.142,00	95.988,00	-
Parcela da Irrigação na RB*	10,0%	8,1%	8,6%	8,0%	9,6%

*Receita bruta.

A energia elétrica na região de estudo tem um regime de diferenciação de tarifas, determinado pela empresa distribuidora. O valor do kWh consumido entre às 21h e as 06h (Tarifa Diferenciada) é um terço do valor normal. Ao tratar dos custos da irrigação, é interessante que o Irrigante faça uso do seu sistema o máximo possível nesse horário, diminuindo assim o valor total da energia elétrica demandada para o acionamento do pivô central.

Devido ao fato de utilizar menos água na irrigação, consequentemente, o Irrigante teve tempo de operação menor, menos custos com energia elétrica e custo total da irrigação abaixo que as demais zonas de manejo. Entretanto, quando não há metodologia para controle da lâmina aplicada, esses valores poderiam ser superiores, havendo inclusive desperdício de água. A produtividade da área irrigada sem qualquer metodologia de manejo, foi inferior a qualquer uma das zonas com gestão da água aplicada. O tratamento ETo Pioneiros Kc FAO obteve maior produtividade e receita, seguido do ETo Pioneiros Kc GD, reforçando a necessidade de que estações agrometeorológicas com dados de evapotranspiração estejam disponíveis para os irrigantes, para um melhor aproveitamento dos recursos hídricos. Silva et al. (2012) recomendam que para o manejo da irrigação do milho safrinha no Noroeste Paulista, seja feita reposição da água de 100% da evapotranspiração da cultura.

Nota-se que apesar do tratamento ETo Pioneiros Kc FAO ocasionar maior lucratividade que os demais, todas as zonas de manejo tiveram receita líquida superior à área irrigada de forma instintiva e empírica, praticada pelo Irrigante. O adicional de receita, apenas pelo fato de aplicar uma metodologia na hora de irrigar, variou, em relação à receita obtida pelo Irrigante, entre R\$ 19.198,00 e R\$ 95.988,00. Diferentemente do encontrado neste estudo, Pegorare et al. (2009) não observaram maior renda líquida do milho safrinha nos tratamentos que acarretaram a maior produtividade, fato possivelmente explicado pelos tratamentos utilizados, que variaram de 160 a 510 mm, aumentando consideravelmente os custos, ou pelo diferente sistema de irrigação utilizado.

Fortalece-se, com este estudo, que as práticas de manejo da irrigação não devem ser negligenciadas e ser adotadas conforme a disponibilidade de dados na região a qual se deseja irrigar, pois qualquer técnica de manejo trará resultados positivos de melhor uso dos recursos hídricos, melhor aproveitamento do sistema de irrigação e, por conseguinte, maior rendimento ao produtor.

CONCLUSÕES

Para o cultivo de milho irrigado no Noroeste Paulista, o manejo da irrigação utilizando dados de evapotranspiração de referência provenientes de estação agrometeorológica próxima e coeficiente de cultivo FAO padrão, ocasionou maior produtividade e receita que os demais. Porém, qualquer que seja a técnica de manejo adotada, os resultados serão superiores àqueles obtidos quando não há método algum para determinar a quantidade de água aplicada.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela implementação da RANP - Rede Agrometeorológica do Noroeste Paulista (Processo 2.009/52.467-4) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de doutorado à primeira autora.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Atlas Irrigação: uso da água na agricultura irrigada**. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. 2. ed. - Brasília: ANA, 2021, 130p.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 7.ed. - Viçosa: UFV, 2005, 611 p.
- BLANCO, F. F.; CARDOSO, M. J.; FREIRE FILHO, F. R.; VELOSO, M. E. C.; NOGUEIRA, C. C. P.; DIAS, N. S. **Pesquisa agropecuária brasileira**. Brasília, v.46, n.5, p.524-530, 2011.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: Grãos. Safra 2022/23**. Sexto levantamento, v.10, n.6, Brasília, p.1-97, março 2023.
- NASCIMENTO, F. N.; BASTOS, E. A.; CARDOSO, M. J.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; RAMOS, H. M. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.16, n.1, p. 94-108, 2017.
- OLIVEIRA, D. A.; HERNANDEZ, F. B. T. Análise da evolução da irrigação por pivô central no Noroeste Paulista. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, n. 44, v. 2, p. 122-139, 2022.
- 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**, v. 13, n. 3, 2009.
- SANTOS, G. O.; HERNANDEZ, F. B. T.; ROSSETTI, J. C. Balanço hídrico como ferramenta ao planejamento agropecuário para a região de Marinópolis, Noroeste do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 4, n. 3, p. 142-149, 2010.
- SANTOS, W. O.; SOBRINHO, J. E.; MEDEIROS, J. F.; MOURA, M. S. B.; NUNES, R. L. C. Coeficientes de cultivo e necessidades hídricas da cultura do milho verde nas condições do semiárido brasileiro. **Irriga**, Botucatu, v. 19, n.4, p. 559-572, 2014.
- SILVA JUNIOR, J. F. **Evapotranspiração de referência como base para o manejo sustentável da irrigação no Noroeste Paulista**. 2017, 81f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem), Universidade Estadual Paulista, UNESP, Botucatu, 2017.

SILVA JUNIOR, J. F.; HERNANDEZ, F. B. T.; SILVA, I. P. F.; REIS, L. S.; TEIXEIRA, A. H. C. Estabelecimento dos meses críticos para a agricultura irrigada a partir do estudo do balanço hídrico. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 12(2): 122-131, 2018.

SILVA, M. R. R. DA; VANZELA, L. S.; VAZQUEZ, G. H.; SANCHES, A. C. Influência da irrigação e cobertura morta do solo sobre as características agronômicas e produtividade de milho. **Irriga**, Botucatu, Edição Especial, p. 170 - 180, 2012.

TEIXEIRA, A. H. C.; HERNANDEZ, F. B. T.; ANDRADE, R. G.; LEIVAS, J. F.; VICTORIA, D. C.; BOLFE, E. L. Irrigation performance assessments for corn crop with Landsat images in the São Paulo state, Brazil. **Water Resources and Irrigation Management**, v.3, n.2, p.91-100, 2014.

TRINCA, V. F.; HERNANDEZ, F. B. T.; AVILEZ, A. M. A., AMENDOLA, E. C. Necessidade hídrica do milho irrigado no Noroeste Paulista. In: IV INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING. **Anais [...]**. Fortaleza, 2017. Disponível em: <https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/fitossanidadeengenhariaruralesolos715/irrigacao5868/necessidade_hidrica_milho.pdf>. Acesso: 24 mar. 2023.

UNESP - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA. **Canal Clima UNESP Ilha Solteira**. Ilha Solteira - SP, 2023. Disponível em: <<http://clima.feis.unesp.br>>. Acesso em: 11 jun. 2023.