



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CURSO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**SIMULAÇÃO DE PRODUTIVIDADE EM FUNÇÃO DE DIFERENTES
NÍVEIS DE UNIFORMIDADE PARA CULTURA DO FEIJÃO CARIOCA
COM IRRIGAÇÃO LOCALIZADA**

RECIFE, PE 2023

ARTHUS DOUGLAS BATISTA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

SIMULAÇÃO DE PRODUTIVIDADE EM FUNÇÃO DE DIFERENTES NÍVEIS DE UNIFORMIDADE PARA CULTURA DO FEIJÃO CARIOCA COM IRRIGAÇÃO LOCALIZADA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Engenharia Agrícola e Ambiental da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), como um dos requisitos para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Agrícola e Ambiental.

Orientadora: Profa. Dra. Ralini Ferreira de Melo

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

B333s

BATISTA, ARTHUS DOUGLAS

SIMULAÇÃO DE PRODUTIVIDADE EM FUNÇÃO DE DIFERENTES NÍVEIS DE UNIFORMIDADE PARA CULTURA DO FEIJÃO CARIOCA COM IRRIGAÇÃO LOCALIZADA / ARTHUS DOUGLAS BATISTA. - 2023. 23 f. : il.

Orientadora: Ralini Ferreira de Melo.
Inclui referências.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em Engenharia Agrícola e Ambiental, Recife, 2022.

1. Phaseolus vulgaris L.. 2. Solver. 3. Simuladas. 4. CUC. 5. Eficiente. I. Melo, Ralini Ferreira de, orient. II. Título

CDD 628



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL

DOCUMENTO DE REGISTRO DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aos 13 dias do mês de Abril de 2023 às 10 horas, realizou-se a Defesa de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) intitulado: “Simulação de produtividade em função de diferentes níveis de uniformidade para cultura do feijão carioca com irrigação localizada”, pelo aluno **Arthus Douglas Batista** de acordo com as Normas Gerais dos Cursos de Graduação da Universidade Federal Rural de Pernambuco e complementadas pelas Normas Internas (PPC) do Bacharelado em Engenharia Agrícola e Ambiental aprovadas pelo Colegiado de Coordenação Didática do Curso.

A Comissão examinadora foi composta pelos professores:
Ralini Ferreira de Melo (Orientadora)
Gledson Luiz Pontes de Almeida (Membro participante)
José Amilton Santos Júnior (Membro participante)

Após a apresentação do TCC e efetuadas as arguições, o aluno recebeu da comissão examinadora os seguintes conceitos.

Membro	Nota
Ralini Ferreira de Melo	10,0 (dez vírgula zero)
Gledson Luiz Pontes de Almeida	9,5 (nove vírgula cinco)
José Amilton Santos Júnior	9,0 (nove vírgula zero)

De acordo com os conceitos atribuídos o aluno foi considerado aprovado, obtendo nota média de **9,5 (nove vírgula cinco)**, devendo proceder às correções necessárias e entregar a versão final do TCC no prazo máximo de 30 (trinta) dias.

Conferem o presente documento, que não apresenta rasuras nem emendas as seguintes pessoas:

(Orientadora)

(Membro participante)

(Membro participante)

Aluno: Arthus Douglas Batista _____

Secretariada por Tatiana Menezes _____

Recife, 13 de Abril de 2023.

DEDICATÓRIAS

Dedico esse trabalho a Deus por ter me guiado nessa caminhada, e a minha família por me dar apoio em todo o processo.

“Procure a sabedoria e aprenda a escrever os capítulos mais importantes de sua história nos momentos mais difíceis de sua vida.”

Augusto Cury

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, por ter me dado força e ter me guiado durante minha longa trajetória. Por ter me sustentado nos momentos difíceis.

Ao meu Pai, José Alexandre Batista, e à minha mãe, Marly Costa Gomes Batista, que sempre estiveram apoiando as minhas decisões.

À minha orientadora, Dra. Ralini Ferreira de Melo, que esteve presente me incentivando. Pela dedicação, compreensão, respeito e amizade.

Aos meus amigos que caminharam junto comigo, que participaram e me auxiliaram para concluir mais uma etapa em minha vida.

Aos professores, Dr. Gledson L.P. de Almeida, Dr. José Amilton Santos Júnior, Dr. Renato Laurent, MSc. Daniella Amorim, Dra. Maria José de F. Gomes, Dr. Manassés M. da Silva, Dr. Emanuel Di Tarso, Dr. Gerônimo Ferreira, MSc. Júlio da Silva, Dr. Abelardo Montenegro, Dr. Romildo Morant e Dra. Fernanda Wanderley, por todo conhecimento transmitido.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco e aos demais funcionários.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. JUSTIFICATIVA	11
3. OBJETIVOS	11
3.1 Objetivo Geral	11
3.2 Objetivos Específicos	11
4. REVISÃO DE BIBLIOGRAFIA	11
4.1 Método de irrigação e sistemas de irrigação	11
4.2 Uniformidade da lâmina de irrigação	13
5. MATERIAL E MÉTODOS	13
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
7. CONCLUSÃO	19
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20

RESUMO

A água é um dos principais fatores para a produção agrícola e um dos parâmetros mais utilizados para avaliar o sistema de irrigação é a uniformidade da aplicação da lâmina de água sobre a área irrigada. Esse trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a produtividade da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris L.*) cv. Carioca em função de diferentes níveis de uniformidade simuladas utilizando o Solver que é um software para programação matemática integrada à planilha eletrônica (Excel). O modelo de Keller & Karmeli (1975) foi utilizado como referência para simulações das lâminas de água de um sistema com irrigação por gotejamento e a produtividade foi estimada de acordo com a metodologia proposta por Figuêredo et al. (2008). Obteve-se como resultado maior valor de lâmina média (568,1 mm) e menor produtividade (1991,3 kg ha⁻¹) da cultura do feijoeiro para o sistema que apresentou um CUC de 65%. Em contrapartida, o menor valor de lâmina média (416,4 mm) e maior produtividade (2981,1 kg ha⁻¹) foram obtidos para um sistema com CUC de 95%. Em uma comparação direta notou-se a redução de 26,7% no valor da lâmina média e o aumento de 49,71% na produtividade, confirmando assim que um sistema com maior uniformidade é mais eficiente.

Palavras-Chaves: *Phaseolus vulgaris L.*; Solver; Simuladas; CUC; eficiente.

ABSTRACT

Water is one of the main factors for agricultural production and one of the most used parameters to evaluate the irrigation system is the uniformity of the application of the water layer over the irrigated area. This work was carried out with the objective of evaluating the productivity of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Carioca due to different levels of uniformity simulated using Solver, which is a software for mathematical programming integrated into an electronic spreadsheet (Excel). The Keller & Karmeli (1975) model was used as a reference for simulations of the water depths of a system with drip irrigation and the productivity was estimated according to the methodology proposed by Figueredo et al. (2008). As a result, the highest mean depth value (568.1 mm) and lowest productivity (1991.3 kg ha⁻¹) of the common bean crop were obtained for the system that presented a CUC of 65%. On the other hand, the lowest mean depth value (416.4 mm) and highest productivity (2981.1 kg ha⁻¹) were obtained for a system with 95% CUC. In a direct comparison, a 26.7% reduction in the mean blade value and a 49.71% increase in productivity were noted, thus confirming that a system with greater uniformity is more efficient.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L.; Solver; Simulated; CUC; efficient.

1. INTRODUÇÃO

Cerca de 93 trilhões de litros de água são retirados anualmente de fontes superficiais e subterrâneas para atender aos diversos usos consuntivos múltiplos e setoriais (ANA, 2022). Segundo Christofidis (2006), a água é o recurso natural mais limitado do mundo, no qual 70% do total captado é empregado na irrigação, 20% é destinado às atividades industriais e apenas 10% é direcionado ao abastecimento humano.

Na agricultura, a água é um dos principais fatores para a produção. A aplicação correta de água é essencial para o desenvolvimento da cultura, uma vez que, cada espécie de planta necessita de um volume específico de água disponível no solo para suprir suas necessidades fisiológicas. Os sistemas de irrigação, vem ganhando cada vez mais espaços, destacando-se por elevar o nível de produtividade do país, tendo como objetivo reduzir os custos por unidade produzida. Caso a quantidade de água aplicada na irrigação das culturas for determinada pelo critério da maximização de lucros, em detrimento da maximização da produção, considerável quantidade de água poderia ser economizada (LETEY et al., 1984).

Um dos principais parâmetros usados na avaliação de um sistema de irrigação é a uniformidade de aplicação de água sobre a área irrigada. Uma baixa uniformidade de distribuição de água reduz a eficiência de aplicação de água e a produtividade (SOUZA et al., 2006). Para Santos et al. (2015) a uniformidade da lâmina de água aplicada pelo sistema de irrigação tem influência direta no manejo e na eficiência do desempenho da cultura no campo e no custo de irrigação, afirmando que a baixa uniformidade acarreta menor disponibilidade de água e nutrientes para um grupo de plantas resultando no desenvolvimento desuniforme da cultura.

De acordo com Freitas et al. (2002), não há sistema de irrigação capaz de aplicar uma lâmina de água perfeitamente uniforme, devendo-se tolerar algum grau de desuniformidade de aplicação de água, porém para maximizar a uniformidade de aplicação são realizados investimentos para aquisição de sistemas mais eficientes ou para adequação do sistema já existente na área, e ainda assim, cobrir o custo de mão-de-obra qualificada para o manejo de irrigação.

Portanto, é de suma importância tomar conhecimento do desempenho dos equipamentos a serem implantados, bem como avaliar as condições de serviços, para se obter maior uniformidade de distribuição da lâmina de água aplicada a fim de buscar elevar a eficiência do uso da água e a produtividade, proporcionando, dessa forma, a economia de recursos e aumento da rentabilidade da área cultivada.

2. JUSTIFICATIVA

Possuir um sistema cada vez mais uniforme é primordial para o agricultor, uma vez que a distribuição uniforme da lâmina de água possibilita:

- Maior eficiência da água;
- Desenvolvimento uniforme da cultura no campo;
- Absorção homogênea dos nutrientes presentes no solo pela cultura;
- Maior produtividade; e
- Maior rentabilidade.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Objetivou-se analisar a produtividade do feijão (*Phaseolus vulgaris L.*) cv. Carioca em função da uniformidade da lâmina aplicada em um sistema com irrigação por gotejamento utilizando o modelo de Keller & Karmeli (1975), bem como comparar a lâminas média simuladas em função da lâmina real necessária de todo o ciclo da cultura do feijoeiro.

3.2 Objetivos Específicos

- Simular as lâminas de irrigação para diferentes níveis de uniformidade utilizando o Solver do Excel;
- Quantificar as lâminas de água para os diferentes níveis de uniformidade e identificar a respectiva produtividade; e
- Relacionar a produtividade para os diferentes níveis de uniformidade.

4- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Métodos de irrigação e sistemas de irrigação

De acordo com Mantovani et al (2013a), a irrigação era uma opção técnica de aplicação de água utilizada principalmente ao combate contra a seca, porém atualmente a irrigação, com foco no agronegócio, trata-se de uma estratégia visando o aumento: da

produção, da produtividade e da rentabilidade da propriedade agrícola de forma sustentável e minimizando a evasão do homem do campo através da criação de empregos permanentes e estáveis.

De modo geral, conforme Andrade e Brito (2006), pode-se entender irrigação como uma técnica com a finalidade de conduzir água, artificialmente, e disponibilizá-la às plantas para suprir a demanda hídrica, seja ela total ou parcial. Aplicando esse conceito ao processo de irrigação, pode-se identificar quatro métodos de irrigação: Aspersão, Localizada, Superficial e Subsuperficial (Subterrânea).

De acordo com Rodrigues (2023) métodos e sistemas de irrigação são frequentemente confundidos. Os métodos de irrigação, remetem a forma ou a maneira de que a água será disponibilizada à cultura. Para cada método, existem sistemas específicos que permitem a distribuição da lâmina d'água. Os sistemas remetem às técnicas e os elementos que os compõem.

A irrigação localizada, para Testezlaf (2017), é caracterizada por aplicar água em uma área limitada da superfície do solo e circunscrita, preferencialmente, na área sombreada pela copa da cultura ou próxima ao caule, buscando explorar apenas o volume de solo no qual encontram-se as raízes das plantas. Nesse método são utilizados emissores que apresentam diâmetro de saída reduzidos e de baixas pressões quando comparados aos demais medos.

Os sistemas de irrigação localizada podem ser classificados em sistema por gotejamento ou microaspersão a partir do modelo do emissor utilizado, conforme exposto por Andrade e Brito (2006). No primeiro caso, a água é aplicada no solo em formas de gotas através de emissores conhecidos como gotejadores. Na microaspersão a água é disponibilizada à cultura por jatos através de microaspersores.

Segundo Testezlaf (2017), a irrigação é uma tecnologia que deve ser adotada de acordo com a disponibilidade hídrica da região e torna-se indispensável no processo de aumento da produção de bens agrícolas. Conforme sua pesquisa, a irrigação é obrigatória para regiões desérticas e áridas, onde a precipitação anual é inferior a 250 mm, ou seja, disponibilidade de água insuficiente para o desenvolvimento fisiológico da cultura. Também possui caráter obrigatórios as regiões com precipitação anual entre 250 mm e 500 mm, características de regiões semi áridas, uma vez que há água suficiente para o desenvolvimento de algumas culturas, todavia há alto risco de quebra de safra. Em áreas onde a precipitação é superior a 600 mm, a irrigação pode ser empregada de forma complementar ao período chuvoso, pois devido à má distribuição, espacial e temporal das chuvas, não é suficiente para atender as necessidades hídricas das culturas.

4.2 Uniformidade da lâmina de irrigação

Diversos parâmetros podem ser avaliados para verificar o desempenho do sistema de irrigação, tais parâmetros são fundamentais para a tomada de decisão quanto a eficiência do sistema em relação a produtividade. Pode-se citar como parâmetros, o tempo de irrigação, a vazão e a uniformidade e aplicação de água. Souza et al. (2006), ao citar Keller & Bliesner (1990), afirmam que o conceito de eficiência pode ser dividido em dois aspectos básicos: em uniformidade de aplicação e nas perdas que podem ocorrer durante a operação do sistema.

De acordo com Camargo (2016), maximizar a eficiência do uso da água de irrigação em 1% significa uma economia de 200 mil litros de água em países em desenvolvimento de clima árido ou semiárido. Segundo a pesquisadora, a baixa uniformidade de distribuição da água no solo é responsável por ocasionar desuniformidade de crescimento no cultivo, visto que a falta de água em alguma área plantada prejudica a liberação de nutrientes necessários a cultura, implicando na baixa produtividade, aumento do custo de produção e elevada variação espacial dentro da mesma área.

Os fatores que afetam a uniformidade de distribuição da água podem ser classificados em climáticos e não-climáticos. Os fatores climáticos são: evaporação, temperatura do ar, umidade relativa e condições locais do vento. Os fatores não-climáticos são os relacionados ao equipamento e ao método de avaliação. Quanto ao equipamento, os fatores são: pressão de operação do emissor, velocidade e alinhamento da linha lateral do equipamento, e altura do emissor (HEINEMANN et al., 1998).

Além dos fatores já citados anteriormente, podemos acrescentar a falta de manutenção ou a realização incorreta da manutenção do sistema de irrigação que segundo Sammis & Wu (1985), citados por Souza et al. (2014), podem implicar no acréscimo igual ou superior a 60% da uniformidade de aplicação. Neste problema, agravado em áreas cujas as responsabilidades são de pequenos produtores, é comum encontrar sistemas de irrigação sucateados, sistemas de bombeamentos mal dimensionados, equipamentos, tais como aspersores e gotejadores, incompatíveis com a necessidade da cultura, ou seja, sistemas de irrigação implantados sem critérios técnicos, bem como danificados que resultam no maior consumo de água e energia.

5. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado por meio de simulações efetuadas para a cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris L.*) cv. Carioca. com densidade de 12 plantas por metro linear e 0,50m

entre linhas de plantio (SANTANA et al., 2008; OLIVEIRA, 2023), com irrigação localizada e lâmina de água, por ciclo, de 400 mm como referência conforme Doorenbos & Kassan (1979). A simulação foi desenvolvida para uma área de 1,0 ha (100 x 100m) submetida às condições de Planaltina-DF. A cidade está localizada no bioma cerrado e segundo a classificação climática proposta por Köppen-Geiger, possui o clima do tipo Aw, ou seja, tropical com inverno seco.

Para simular os pontos de coletas utilizou-se a metodologia proposta por Keller & Karmeli (1975). Conforme a Figura 1, coletou-se as vazões de 16 pontos do sistema. Para isso, precisou-se selecionar 4 linhas laterais: a primeira linha (origem), a segunda à $1/3$ da origem, a terceira está à $2/3$ da origem e a última linha de irrigação. Em cada linha, é preciso selecionar 4 emissores (gotejador); o primeiro (origem), o segundo situado à $1/3$ da origem, o terceiro à $2/3$ da origem e o último emissor (CAMARGO, 2016).

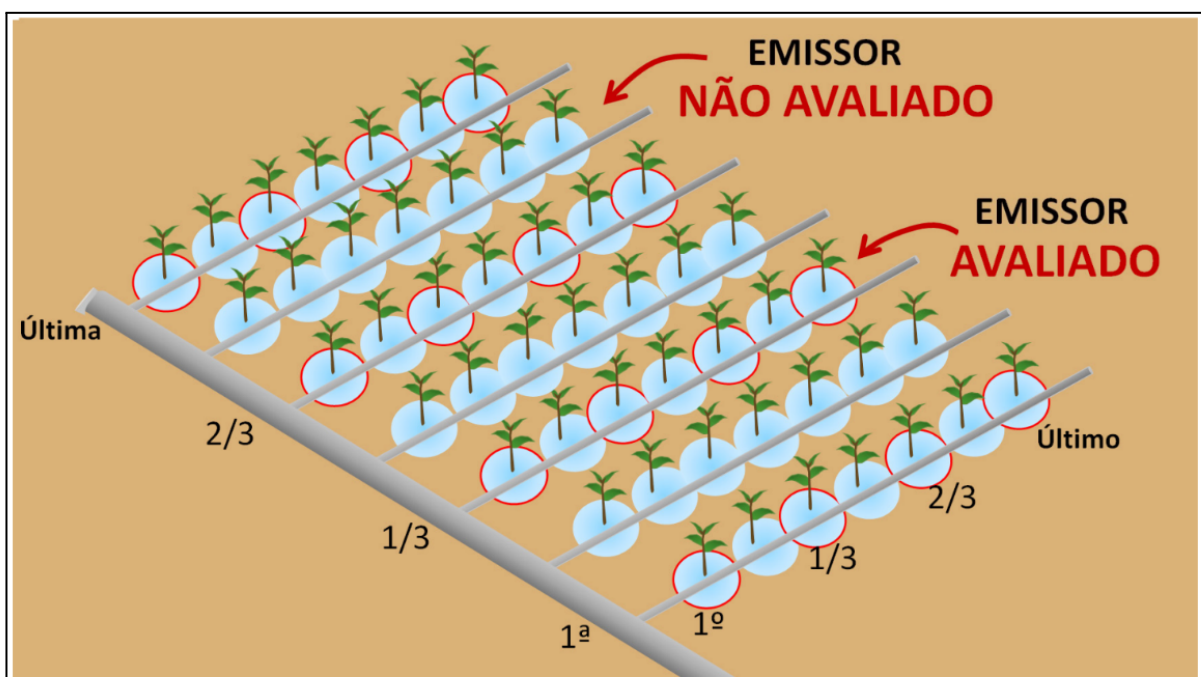


Figura 1. Distribuição de pontos de coletas proposto pelo modelo de Keller & Karmeli (1975). Fonte: Camargo (2016).

O Solver do programa de Excel, foi utilizado para determinar o valor do coeficiente de uniformidade (CUC) nos valores de 65%, 70%, 75%, 80%, 85%, 90% e 95% simulando as lâminas de água aplicadas durante todo o ciclo da cultura. A uniformidade do sistema de irrigação foi determinada utilizando o modelo do Coeficiente de Uniformidade proposto por Christiansen (1942). De acordo com a classificação de Bernardo (1995), CUC abaixo de 80%

é classificado como ruim, de 80 a 84% como regular, de 85 a 89% de bom e igual ou superior a 90% como muito bom.

Coefficiente de Uniformidade de Christiansen (1942):

$$CUC = 100 \left[1 - \frac{\sum_i^n |X_i - X_m|}{n * X_m} \right]$$

em que,

CUC - Coeficiente de Uniformidade de Christiansen, %

X_i - Lâmina de água de cada coletor, mm

X_m - Lâmina média observada, mm, e

n - número de coletores

A produtividade do feijão carioca foi estimada em função do modelo sugerido por Figuerêdo et al. (2008), utilizando os valores das lâminas simuladas. A função considera apenas as lâminas aplicadas durante a irrigação.

$$y = -0,0181w^2 + 16,628w - 791,37$$

em que,

y - produtividade, kg ha⁻¹, e

w - lâmina total de água aplicada, mm.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os perfis de distribuição de água para diferentes valores de uniformidade avaliados podem ser observados na Figura 2. O eixo da abscissa corresponde ao percentual da área irrigada, enquanto o eixo da ordenada representa as lâminas de água coletadas.

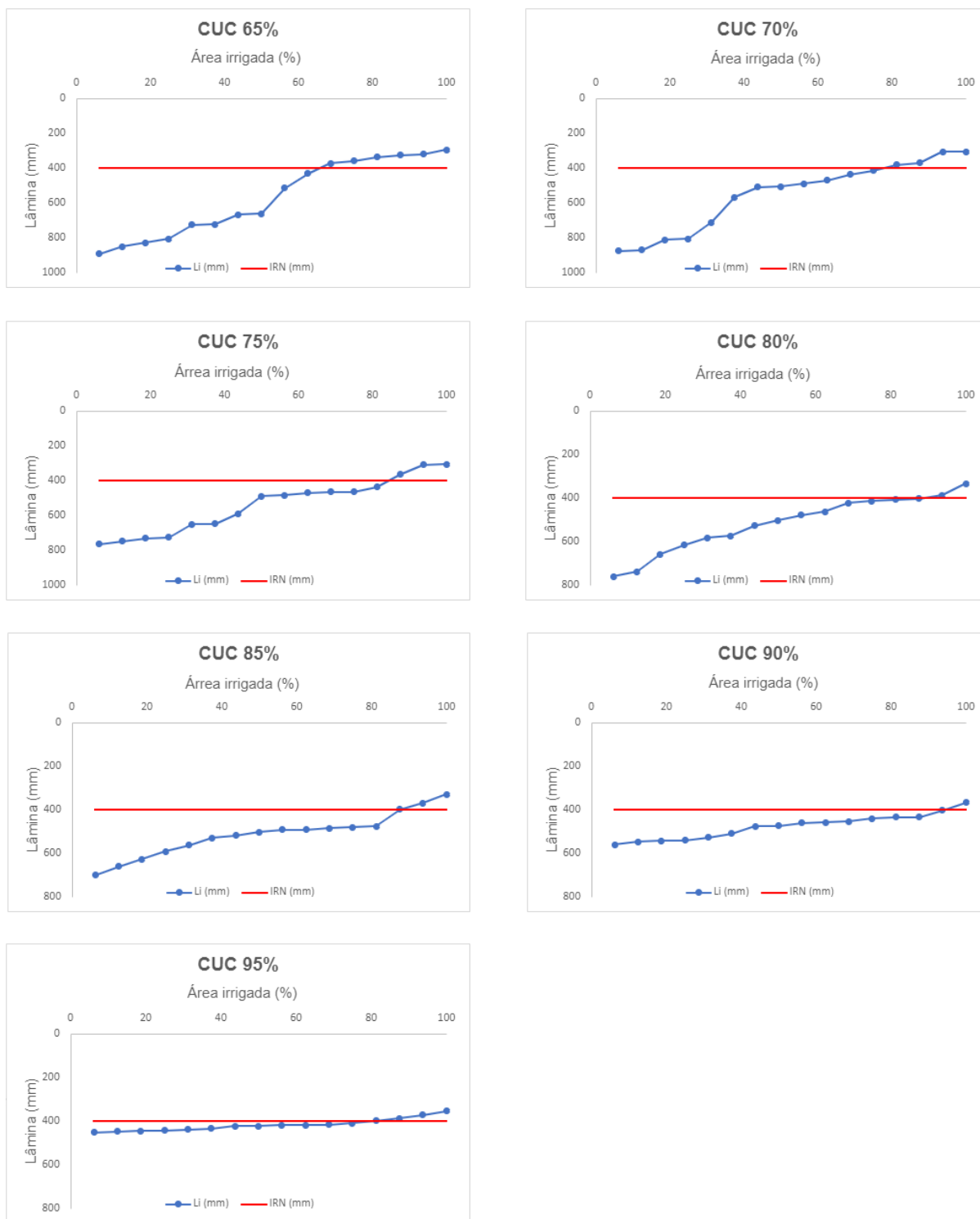


Figura 2. Perfil de distribuição para diferentes CUC.

Os valores das lâminas médias ($L_{méd}$) para os diferentes valores de uniformidades estão descritos na tabela 1, bem como a lâmina real necessária (IRN) para ciclo da cultura do feijoeiro.

Tabela 1. Valores de lâminas médias simuladas para diferentes CUC (Coeficiente de Uniformidade de Christiansen) e variação (Δ) em relação a lâmina real necessária (IRN).

	CUC						
	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%
IRN (mm)	400	400	400	400	400	400	400
L_{méd} (mm)	568,1	550,9	539,7	516	512,5	475,7	416,4
Δ (%)	42,025	37,725	34,925	29	28,125	18,925	4,1

É possível observar que para os coeficientes de uniformidades mais elevados, menor é a variação de lâmina média em relação a lâmina necessária para o feijão completar seu ciclo (Tabela 1). Verificou-se que para o CUC de 65% o desperdício de água é na ordem de 42,025%, enquanto para o CUC de 95% constatou uma perda de apenas 4,1%. Comparando a análise de maior uniformidade contra a de menor uniformidade é notável a economia de 151,7 mm de água.

Os valores de produtividade do feijão carioca (kg ha^{-1}) correspondem ao respectivo CUC (Tabela 2). A produtividade foi obtida em função do modelo proposto por Figuerêdo et al. (2008).

Tabela 2. Produtividade do feijão carioca para diferentes CUC (Coeficiente de Uniformidade de Christiansen).

	CUC						
	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%
Produtividade (kg ha^{-1})	1991,3	2211,1	2499,6	2690,9	2805,6	2968,7	2981,1

Nota-se que a produtividade da cultura é crescente à medida que o sistema se mostra com maior valor de coeficiente de uniformidade. A produtividade do grão variou de 1991,3 kg ha^{-1} (CUC de 65%) até 2981,1 kg ha^{-1} (CUC de 95%), ou seja, um acréscimo de 49,71% na produtividade da cultura. Tal variação de produtividade pode ser explicada por Moreira et al. (1988) pois afirmam que o excesso de água no solo reduz a concentração de oxigênio do solo, de modo que provoca uma deficiência desse elemento na planta e redução das atividades

microbianas no solo. Silveira e Stone (1998) afirmam que o déficit de água no período vegetativo reduz o crescimento da cultura. Para Mantovani et al. (2012b), quanto menor a uniformidade parcela da área será super irrigada e outra parcela terá déficit hídrico, causando redução da produtividade da cultura tanto pelo encharcamento do solo quanto pelo estresse hídrico, respectivamente.

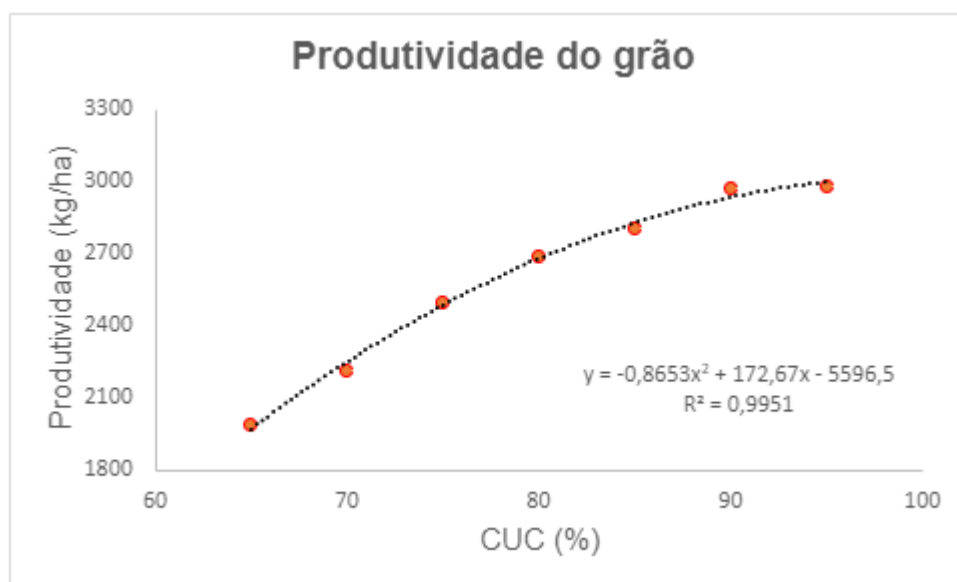


Figura 3: Curva de produtividade do feijão carioca em função do CUC.

Dessa forma pode-se constatar que a maior uniformidade na irrigação promove menor desperdício de recursos e maior produtividade, conseqüentemente maior rentabilidade. Verifica-se o ponto mínimo de 1971,16 kg ha⁻¹ para o CUC de 65% e máximo de 2997,82 kg ha⁻¹ para CUC de 95% na curva para o modelo polinomial de segundo grau ajustado correspondente a produtividade do grão em função do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (Figura 3), de modo que o modelo desenvolvido é:

$$\text{Prod} = -0,8653\text{CUC}^2 + 172,67\text{CUC} - 5596,5$$

em que:

Prod - Produtividade, kg ha⁻¹, e

CUC - Coeficiente de Uniformidade de Christiansen, %.

7. CONCLUSÃO

Considerando os dados obtidos mediante as simulações e análises, pode-se concluir que a uniformidade da irrigação é de suma importância econômica e ambiental, visto que um sistema que promove maior uniformidade na irrigação, garante maior eficiência e maior produtividade, resultando dessa forma aumento da rentabilidade.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). **Usos da água**. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/usos-da-agua>> acesso: 20 de Out. 2022

ANDRADE, C.L.T.; BRITO, R.A.L. **Métodos de Irrigação e Quimigação**. EMBRAPA, Circular Técnica 86. Sete Lagoas/MG. 17p. 2006.

BERNARDO, S. **Manual de Irrigação**. 6ª Ed., Viçosa: UFB. 657p. 1995.

CAMARGO, D.C. **Avaliação de equipamentos de irrigação**. Fortaleza: INOVAGRI/IFCE. 39p. 2016.

CHRISTIANSEN, J.E. **Irrigation by sprinkling**. Berkley: University of California, 1942. 124p.

CHRISTOFIDIS, D. **Oportunidades de irrigação no Cerrado: recursos hídricos dos cerrados e seu potencial de utilização na irrigação**. Revista item: irrigação e tecnologia Moderna. Brasília: ABID, n.69/70 p. 87-97, 2006.

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

FIGUERÊDO, S.F.; POZZEBON, E.J.; FRIZZONE, J.A.; AZEVEDO, J.A.; GUERRA, A.F.; SILVA, E.M. **Gerenciamento da irrigação do feijoeiro baseado em critérios técnicos e econômicos no cerrado**. Irriga, Botucatu, v.13, n.3, p.378-391, 2008.

FREITAS, P.S.L., MANTOVANI, E.C., COSTA, L.C., SEDIYAMA, G.C. **Influência da uniformidade de aplicação de água e da lâmina de irrigação na produção da cultura do milho**. XXXI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. Salvador, 2002.

HEINEMANN, A.B.; FRIZZONE, J.A.; PINTO, J.M.; FEITOSA, J.C. **Influência da altura do emissor na uniformidade de distribuição da água de um sistema pivô central**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 33, n. 9, p. 1487–1493, 1998.

KELLER, J., KARMELI, D. **Trickle irrigation design**. Glendora: Rain Bird Sprinkler Manufacturing, 133p. 1975.

LETEY, J., VAUX, H.J., FEINERMAN, E. **Optimum crop water as affected by uniformity of water infiltration**. Agron. J., v.76, p.435-441, 1984.

MANTOVANI, E.C., BERNARDO, S., PALARETTI, L.F. **Irrigação: Princípios e métodos**. Viçosa, 355 p. 2013.

MANTOVANI, E.C. MONTES, D.R.P., VIEIRA, G.H.S., RAMOS, M.M., SOARES, A.A. **Estimativa de produtividade da cultura do feijão irrigado em cristalina-go, para diferentes lâminas de irrigação como função da uniformidade de aplicação**. Eng. Agríc., Jaboticabal, v.32, n.1, p.110-120. 2012

MOREIRA, J.A.A.; AZEVEDO, J.A.; STONE, L.F.; CAIXETA, T.J. Irrigação. In: ZIMMERMANN, M.I.O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Ed.). **Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, p.317-340, 1988.

OLIVEIRA, C. **Plantação de feijão: Veja as melhores práticas para sua produção**. Disponível em: <<https://blog.aegro.com.br/plantacao-de-feijao/#:~:text=doen%C3%A7as%20na%20lavoura,-,Espa%C3%A7amento,10%20a%2015%20plantas%2Fm.>>. Acesso: 10 de Fev. 2023.

RODRIGUES, R. **Qual a diferença entre métodos e sistemas de irrigação?**. Disponível em: <<https://www.afe.com.br/artigos/qual-a-diferenca-entre-metodos-e-sistemas-de-irrigacao>> . Acesso: 10 de Fev. 2023.

SANTANA, M.J.; CARVALHO, J.A.; ANDRADE, M.J.B.; BRAGA, J.C.; GERVÁCIO, G.G. **Coefficiente de cultura e análise do rendimento do feijoeiro sob regime de irrigação.** Irriga, Botucatu, v.13, n.1, p.92-112, 2008.

SANTOS, M.A.L., SANTOS, D.P., SILVA, D.S., SILVA, M.S., CAVALCANTE, P.H.S. **Avaliação da uniformidade de distribuição de um sistema de irrigação por gotejamento em inhame (*Dioscorea cayennensis* Lam.).** Ciência Agrícola, Rio Largo, v. 13, n. 1, p. 7-13, 2015.

SILVEIRA, P.M.; STONE, L.F. Irrigação. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J.; BORÉM, A. (Ed.). **Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas.** Viçosa, MG: UFV. p.181-220. 1998.

SOUZA, L.O.C., MANTOVANI, E.C., SOARES, A.A., RAMOS, M.M., FREITAS, P.S.L. **Avaliação de sistemas de irrigação por gotejamento, utilizados na cafeicultura.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande-PB, v. 10, n.3, p. 541-548, 2006.

TESTEZLAF, R. **Irrigação: métodos, sistemas e aplicações.** Campinas, Unicamp/FEAGRI, 213 p. 2017.

Assinatura do Discente e Orientadora

Discente: Arthus Douglas Batista

Orientadora: Ralini Ferreira de Melo