

Uniformidade de distribuição do microaspersor Hadar 7110 operando sob variabilidade de pressão de serviço e espaçamento em condições de campo

Uniformity of distribution of the micro sprinkler Hadar 7110 in the field under variability of pressure and spacing

Uniformidad de distribución del microaspersor Hadar 7110 que funciona bajo variabilidad de presión de servicio y espaciado en condiciones de campo

Recebido: 16/05/2024 | Revisado: 23/05/2024 | Aceitado: 24/05/2024 | Publicado: 26/05/2024

Adriana Magalhães Farias

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-6747-0560>
Instituto Federal do Norte de Minas Gerais, Brasil
E-mail: amf1@aluno.ifnmg.edu.br

Luna Afonso Batista Costa

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-0875-9663>
Instituto Federal do Norte de Minas Gerais, Brasil
E-mail: labc@aluno.ifnmg.edu.br

Ana Flávia Cordeiro de Brito

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-0534-8433>
Instituto Federal do Norte de Minas Gerais, Brasil
E-mail: afcb@aluno.ifnmg.edu.br

Lorene Alves de Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-4763-3905>
Instituto Federal do Norte de Minas Gerais, Brasil
E-mail: lado@aluno.ifnmg.edu.br

Alisson Macendo Amaral

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3035-2763>
Instituto Federal do Norte de Minas Gerais, Brasil
E-mail: alisson.amaral@ifnmg.edu.br

Maria Ângela Cruz Macêdo dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1418-7438>
Instituto Mineiro de Agropecuária - ESEC Buritis, Brasil
E-mail: angela_macedo.08@hotmail.com

Resumo

As características hidráulicas de um emissor são fundamentais no dimensionamento agrônomico de um sistema de irrigação. Todavia, emissores como o microaspersor HADAR 7110 da fabricante NaanDanJain, necessitam de mais informações técnicas disponíveis devido à sua relevante utilização no meio agrícola e paisagístico. Este estudo objetiva avaliar as características hidráulicas desse emissor operando em condições de campo, de maneira a auxiliar técnicos e agricultores nas tomadas de decisões em projetos e gestão da agricultura irrigada. Realizou-se uma pesquisa experimental, de campo e, de natureza quantitativa onde o microaspersor HADAR 7110 foi submetido a variabilidade de pressão de serviço de 0,5, 1,0, 1,5, 2,0 e 2,5 Bar e espaçamentos de 3x3, 3x4, 3x5, 4x4, 4x6 e 6x6 m. O ensaio foi realizado visando atender a norma NBR 15084 da ABNT. Adotou-se o método da malha de coletores padrão para ensaio de uniformidade, distribuídos em espaçamento de 1,5x1,5 m, para cada ensaio o sistema foi acionado por um intervalo de 45 minutos, após este período, desligou-se o sistema e foi iniciado a verificação do volume coletado pelos coletores com uso de uma proveta graduada. Os coeficientes CUC (Coeficiente de Uniformidade de Christiansen) e CUD (Coeficiente de Uniformidade de Distribuição) foram usados para avaliar a performance do emissor. Os melhores CUC e CUD foram obtidos quando usados o espaçamento 3x3 m nas pressões de 2,5, 2,0, 1,5 e 1,0 bar, sendo assim, nota-se que a pressão recomendada pelo fabricante pode ser adotada em campo, desde que utilizado o espaçamento de 3x3 m.

Palavras-chave: Microaspersão; Uniformidade de distribuição; Sobreposição.

Abstract

The hydraulic characteristics of an emitter are fundamental in the agronomic design of an irrigation system. However, emitters such as the HADAR 7110 micro sprinkler from the manufacturer NaanDanJain require more technical information to be available due to their relevant use in agricultural and landscaping environments. This study aims to

evaluate the hydraulic characteristics of this emitter operating in field conditions, in order to assist technicians and farmers in decision making in projects and management of irrigated agriculture. An experimental, field and quantitative research was carried out where the HADAR 7110 micro sprinkler was subjected to service pressure variability of 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 and 2.5 Bar and spacings of 3x3, 3x4, 3x5, 4x4, 4x6 and 6x6 m. The test was carried out to comply with ABNT's NBR 15084 standard. The standard collector mesh method was adopted for uniformity testing, distributed at a spacing of 1.5x1.5 m, for each test the system was activated for an interval of 45 minutes, after this period, the system was turned off and it was verification of the volume collected by the collectors using a graduated cylinder began. The CUC (Christiansen Uniformity Coefficient) and CUD (Distribution Uniformity Coefficient) coefficients were used to evaluate the issuer's performance. The best CUC and CUD were obtained when using the 3x3 m spacing at pressures of 2.5, 2.0, 1.5 and 1.0 bar, therefore, it is noted that the pressure recommended by the manufacturer can be adopted in the field, as long as a spacing of 3x3 m be used.

Keywords: Microsprinkler; Distribution uniformity; Overlay.

Resumen

Las características hidráulicas de un emisor son fundamentales en el diseño agronómico de un sistema de riego. Sin embargo, emisores como el microaspersor HADAR 7110 del fabricante NaanDanJain requieren que esté disponible más información técnica debido a su uso relevante en entornos agrícolas y paisajísticos. Este estudio tiene como objetivo evaluar las características hidráulicas de este emisor operando en condiciones de campo, con el fin de ayudar a técnicos y agricultores en la toma de decisiones en proyectos y gestión de agricultura de regadío. Se realizó una investigación experimental, de campo y cuantitativa, donde el microaspersor HADAR 7110 fue sometido a variabilidad de presión de servicio de 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 y 2.5 Bar y espaciamientos de 3x3, 3x4, 3x5, 4x4, 4x6 y 6x6 m. La prueba se realizó para cumplir con la norma NBR 15084 de la ABNT. Para las pruebas de uniformidad se adoptó el método de malla colectora estándar, distribuida a un espaciamiento de 1.5x1.5 m, para cada prueba se activó el sistema por un intervalo de 45 minutos, transcurrido este período se apagó el sistema y se verificó el volumen recolectado por los recolectores mediante una probeta graduada. Para evaluar el desempeño del emisor se utilizaron los coeficientes CUC (Coeficiente de Uniformidad de Christiansen) y CUD (Coeficiente de Uniformidad de Distribución). Los mejores CUC y CUD se obtuvieron al utilizar el espaciamiento de 3x3 m a presiones de 2,5, 2,0, 1,5 y 1,0 bar, por lo que se observa que en campo se puede adoptar la presión recomendada por el fabricante, siempre y cuando se utiliza un espaciamiento de 3x3 m.

Palabras clave: Microaspersor; Uniformidad de distribución; Superposición.

1. Introdução

O termo irrigação refere-se a uma prática agrícola que emprega um conjunto de equipamentos e técnicas para suprir as necessidades hídricas das culturas de forma artificial, a priori, em regiões que a água da chuva é insuficiente. Este é um fator que impacta no crescimento e desenvolvimento dos cultivos, uma vez que a quantidade de água necessária varia conforme a cultura, o estágio de crescimento em que o cultivo se encontra e o clima local (Ana, 2021).

No Brasil, a irrigação teve início em 1903 em lavouras irrigadas de arroz no Rio Grande do Sul, devido a construção do reservatório Cadro em 1881 (Fernandes et al., 2008). O aumento populacional fez da irrigação uma técnica indispensável para a estabilidade e o aumento da oferta de alimentos, já que seu uso acarreta em produtividades maiores do que o cultivo de sequeiro (Silva et al., 2021). Nesse contexto, considerando que em 2019 o país já possuía uma área irrigada de 8,2 milhões de hectares, a expectativa para 2040 é de um crescimento de mais de 51% das áreas irrigadas, destacando o potencial de crescimento e investimento no setor (Ana, 2021).

A demanda por água aumenta globalmente cerca de 1,0 % ao ano. Em 2016, aproximadamente 70% do volume total de água usado ($4.600 \text{ km}^3 \text{ ano}^{-1}$) foi destinado para a produção de alimentos e estima-se que até 2050 esse uso atingirá um volume entre 5.500 e $6.000 \text{ km}^3 \text{ ano}^{-1}$ (Burek et al., 2016). Portanto, a preocupação com o aumento populacional mundial, com a degradação dos recursos naturais e com a sustentabilidade da agricultura tem exigido a implementação de medidas para melhorar a eficiência do uso da água de modo a manter níveis sustentáveis de produção (Epamig, 2018; Koncagul & Connor, 2023).

A irrigação pode ser realizada por meio de três métodos principais, a citar: irrigação por aspersão, superfície e microirrigação, esta também conhecida como irrigação localizada. A microirrigação é um sistema em que a água é aplicada

diretamente ou próximo a região radicular, com baixas intensidades e frequência elevada, de forma a manter a umidade do solo próxima à capacidade de campo (Silva, 2020) e apresenta algumas vantagens em relação aos outros métodos, como a economia de água e energia, além de sua versatilidade, podendo ser aplicado em qualquer tipo de solo e topografia (Marouelli e Silva, 2012). Como método de irrigação localizada, citam-se os sistemas de gotejamento e a microaspersão.

No censo agropecuário de 2017, constatou-se que a área irrigada pelo método localizado no Brasil teve um crescimento de 330.774,0 ha em 2006 para 1.600.799,0 ha em 2017 (Ibge, 2017), o que corresponde a um aumento de 376% no uso desse sistema (Silva et al., 2021). O Brasil é o terceiro maior produtor de frutas no mundo, com 58 milhões de toneladas e contribui com 5,4% da produção internacional de frutas (Embrapa, 2022). Destacam-se, no ano de 2019, as exportações de melão, manga, uva, limão, mamão, melancia, maçã, banana, lima e abacate, que são culturas onde o uso da microirrigação é prioritário (Carvalho et al., 2019) em principal o sistema de microaspersão. Na microaspersão a água é pulverizada e distribuída na forma de jatos fracionados em pequenas gotas, próxima ao sistema radicular, operando à baixa pressão (100 a 300 kPa) e com vazões variando entre 20 e 120 L h⁻¹ (Bernardo et al., 2019).

A uniformidade de irrigação depende das características hidráulicas de um emissor, como a pressão de operação de serviço, vazão, espaçamento e intensidade de aplicação (Andrade et al., 2017), desse modo, o conhecimento dessas características hidráulicas é fundamental no dimensionamento agrônomo de um sistema de irrigação. Todavia a literatura e/ou em catálogos técnicos é precária de informações, como, por exemplo, no microaspersor HADAR 7110 da fabricante NaanDanJain, que dispõe apenas de informações como cor e diâmetro do bocal, vazão e diâmetro molhado para pressão de serviço de apenas 2 Bar.

No intuito de contribuir com informações técnicas complementares inexistentes no catálogo do fabricante para o emissor HADAR 7110, este estudo objetiva avaliar as características hidráulicas desse emissor operando em condições de campo, de maneira a auxiliar técnicos e agricultores nas tomadas de decisões em projetos e gestão da agricultura irrigada.

2. Metodologia

O estudo foi conduzido em área experimental localizada no Instituto Federal do Norte de Minas Gerais - Campus Arinos, cujas coordenadas são: Latitude 15° 54' 19" Sul e Longitude 46° 6' 32" Oeste, no período de julho a novembro de 2023. A região apresenta clima predominante do tipo Aw (subtropical úmido com inverno seco e verão chuvoso.), segundo a classificação de Köppen & Geiger (1936), com temperatura média do ar de 23,9 °C e a precipitação média anual é de 1.181,00 mm.

O emissor escolhido foi o microaspersor NaanDanJain Hadar ®, modelo 7110, com bocal laranja, que possui diâmetro de 1,2 mm e vazões que variam entre 53 L h⁻¹ a 93 L h⁻¹, cujo diâmetro irrigado é de 7,5m na pressão de 2 bar (informações fornecidas pela fabricante). Para o ensaio foram escolhidas 30 condições operacionais, baseadas em pressões e espaçamentos de funcionamento de outros emissores da NaanDanJain, que foram 5 pressões de serviço (0,5, 1,0 1,5, 2,0 e 2,5 Bar) e 6 espaçamentos (3x3, 3x4, 3x5, 4x4, 4x6 e 6x6m).

As etapas de ensaio a seguir procuraram satisfazer a norma NBR 15.084 da ABNT. O emissor usado foi escolhido aleatoriamente entre uma amostra de 10 (dez) microaspersores, afim de obter melhor representatividade e padronização.

Para pressurizar o emissor e fornecer a vazão necessária, o cabeçal de controle fez uma motobomba submersa com vazão (Q) de 5,83x10⁻⁴ m³.s⁻¹ e pressão de serviço (HMT) de 70 mca (6,87 bar), disposta em um reservatório de água com volume de 500 L (Figura 1). Esta era precedida de uma válvula de abertura e fechamento e manômetro para aferição da pressão desejada e, por sua vez, a uma mangueira de polietileno de baixa densidade (PEBD) de 16 mm, usada para conectar o microtubo ao microaspersor.

Nos ensaios de distribuição de água, adotou-se, o método da malha de coletores padrão para ensaio de uniformidade, num total de 64, distribuídos em espaçamento de 1,5m entre linhas de coletores x 1,5m entre coletores, além disso, antes de cada ensaio, foi necessário posicionar 3 pluviômetros iguais aos utilizados na malha, em três laterais distintas da área de teste, com volume de 100 mL de água, para quantificar a média de evaporação. Os volumes evaporados durante os testes foram adicionados aos volumes individuais dos coletores, após tabulação. Em cada ensaio o conjunto motor-bomba foi acionado por um intervalo de 45 minutos.

Após este período, desligou-se o sistema e procedeu-se com a mensuração dos volumes coletados pelos pluviômetros, por meio de uma proveta graduada. Os dados foram tabulados, acrescidos dos valores de evaporação e convertidos para milímetros pela relação entre o volume coletado em L e a subárea (m²) representativa de cada coletor. Com as lâminas precipitadas das avaliações individuais, foram realizadas as sobreposições dos quatro quadrantes em que a malha das lâminas de irrigação foi dividida, para realização do cálculo de uniformidade para cada arranjo de espaçamento e pressão.

Para avaliar a performance do emissor, foram usados os indicadores estatísticos Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) (Equação 1) e Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) conforme Bernardo et. al. (2019), também usados em estudos semelhantes como os conduzidos por Souza et al. (2017), Rodrigues et al. (2019) e Aparecido et. al. (2022).

$$CUC = 100 \cdot \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - \underline{X}|}{N \cdot \underline{X}} \right) \quad (1)$$

Onde:

CUC = Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (1942) (%),

N = Número de emissores analisados (adimensional),

\underline{x} = Lâmina de água aplicada pelo i-ésimo ponto sobre a superfície do solo (mm),

\underline{X} = Lâmina média aplicada (mm).

$$CUD = 100 \cdot \frac{\underline{x}}{\underline{X}} \quad (2)$$

Onde:

CUD = Coeficiente de Uniformidade de Distribuição, segundo (CRIDDLE et al., 1956) (%),

\underline{x} = Média dos 25% menores valores de lâminas de irrigação (mm),

\underline{X} = Média das vazões coletadas nos emissores na subárea (mm).

A classificação da uniformidade de cada ensaio foram as preconizadas por Mantovani (2001) para o CUC (Christiansen, 1942) e CUD (Criddle et al., 1956) e, também, usada em trabalho conduzido por Souza et al. (2017). Esta classificação baseia-se em intervalos percentuais de CUC e CUD que estão dispostas na Tabela 1. Após a classificação dos coeficientes de uniformidade, foi construído o perfil de distribuição das lâminas (isolinhas) para cada condição operacional de pressão e espaçamento, por meio do software Surfer 3D, versão 8.0. Ademais, todas as outras nuances metodológicas e científicas seguiram as orientações preconizadas por Pereira et al. (2018), Koche (2011) e Gil (2017).

Tabela 1 - Classificação dos valores do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) e Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD).

CLASSIFICAÇÃO	CUC (%)	CUD (%)
Excelente	> 90	> 84
Bom	80 – 90	68 – 84
Razoável	70 – 80	52 – 68
Ruim	60 – 70	36 - 52
Inaceitável	< 60	< 36

Fonte: Mantovani (2001).

3. Resultados e Discussão

De acordo com os coeficientes CUC e CUD e as respectivas classificações mostradas na Tabela 2, observa-se que os melhores coeficientes foram obtidos quando usado o espaçamento 3x3 m e nas pressões de 2,5, 2,0,1,5 e 1,0 bar. Considerando que o CUD, para irrigação por aspersão, representa a uniformidade das lâminas aplicadas na periferia do raio molhado, entende-se o resultado da classificação tida como excelente também para o CUC em espaçamento quadrático (3x3 m), pois, uma lâmina média é melhor distribuída em espaçamento quadrático, em detrimento de um espaçamento retangular do tipo 3x4 m. Essa afirmativa é corroborada pelas classificações tida como “bom” para os espaçamentos 3x4 m nas pressões hora citadas.

Para Patel et al. (2021) uma elevada uniformidade de distribuição de um sistema depende da sobreposição dos emissores, haja visto que, uma má distribuição pode resultar em ineficácia no sistema, o mesmo encontrou resultados semelhantes em que a sobreposição dos emissores é maior em menores espaçamentos.

Tabela 2 - Classificação dos coeficientes de uniformidade e intensidade de aplicação do emissor Hadar 7110 em diferentes pressões de serviço e espaçamentos.

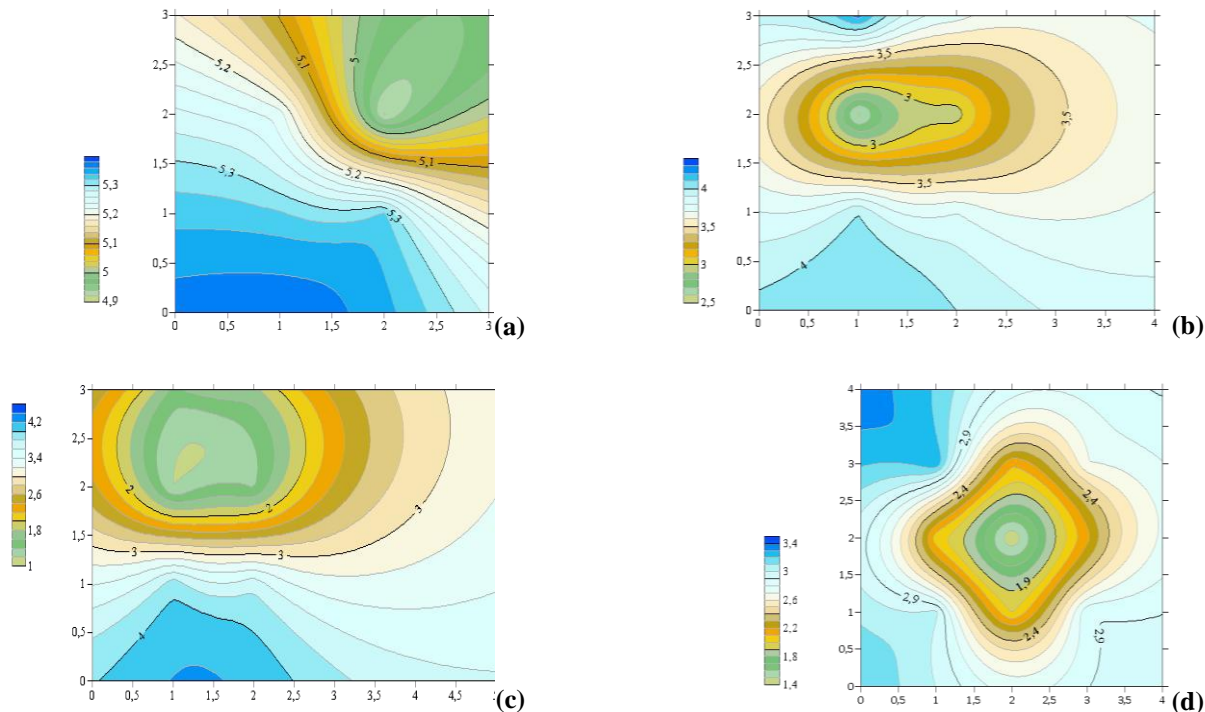
Pressão de serviço (bar)	Espaçamento (m x m)	CUC (%)	Classificação	CUD (%)	Classificação
2,5	3x3	97,33	Excelente	94,65	Excelente
2,5	3x4	85,22	Bom	77,83	Razoável
2,5	3x5	54,61	Inaceitável	48,26	Inaceitável
2,5	4x4	79,06	Razoável	75,67	Razoável
2,5	4x6	55,47	Inaceitável	46,70	Inaceitável
2,5	6x6	44,93	Inaceitável	31,07	Inaceitável
2,0	3x3	95,3	Excelente	95,00	Excelente
2,0	3x4	87,87	Bom	81,81	Bom
2,0	3x5	63,78	Ruim	61,35	Ruim
2,0	4x4	86,65	Bom	82,49	Bom
2,0	4x6	67,74	Ruim	61,50	Ruim
2,0	6x6	66,91	Ruim	54,92	Inaceitável
1,5	3x3	96,89	Excelente	96,56	Excelente
1,5	3x4	88,31	Bom	82,46	Bom
1,5	3x5	65,34	Ruim	63,10	Ruim
1,5	4x4	88,13	Bom	83,08	Bom
1,5	4x6	68,78	Ruim	60,25	Ruim
1,5	6x6	70,11	Razoável	55,44	Inaceitável

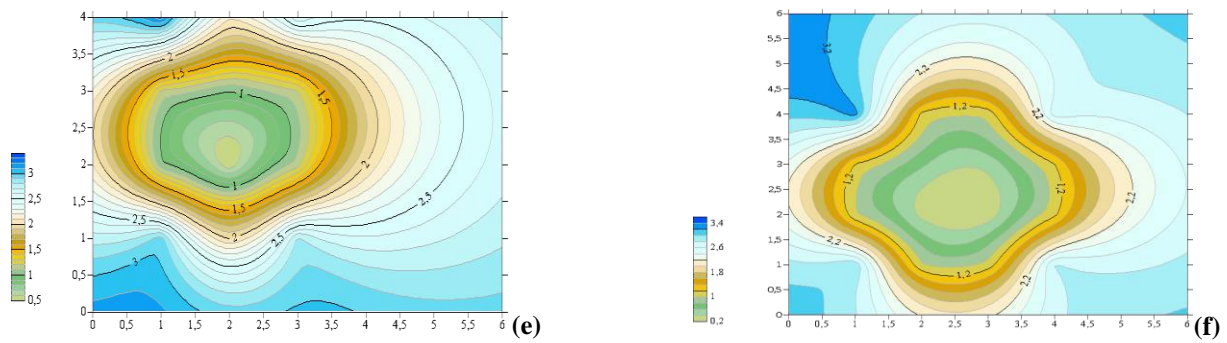
1,0	3x3	96,16	Excelente	94,91	Excelente
1,0	3x4	84,35	Bom	76,52	Razoável
1,0	3x5	65,48	Ruim	58,07	Ruim
1,0	4x4	86,12	Bom	79,18	Razoável
1,0	4x6	71,1	Razoável	58,04	Ruim
1,0	6x6	73,44	Razoável	60,67	Ruim
0,5	3x3	88,22	Bom	86,19	Bom
0,5	3x4	79,42	Razoável	74,26	Razoável
0,5	3x5	65,58	Ruim	57,94	Ruim
0,5	4x4	81,97	Bom	39,83	Inaceitável
0,5	4x6	70,78	Razoável	46,88	Inaceitável
0,5	6x6	68,08	Ruim	54,06	Inaceitável

Fonte: Autores (2024).

Pela Figura 1 é possível observar que o perfil de distribuição mostra uma variação aproximada de 0,5 mm de lâmina no espaçamento 3x3 m, enquanto que essas variações tendem a ser maiores quando se aumenta este espaçamento, o que resulta no decréscimo de uniformidade e também em uma pior classificação para CUC e CUD, comprovando então que a uniformidade de distribuição tem influência direta com o espaçamento adotado.

Figura 1 - Perfis de distribuição (mm) a 2,5 Bar de pressão de serviço, nos espaçamentos de 3x3 (a), 3x4 (b), 3x5 (c), 4x4 (d), 4x6 (e), 6x6 (f).





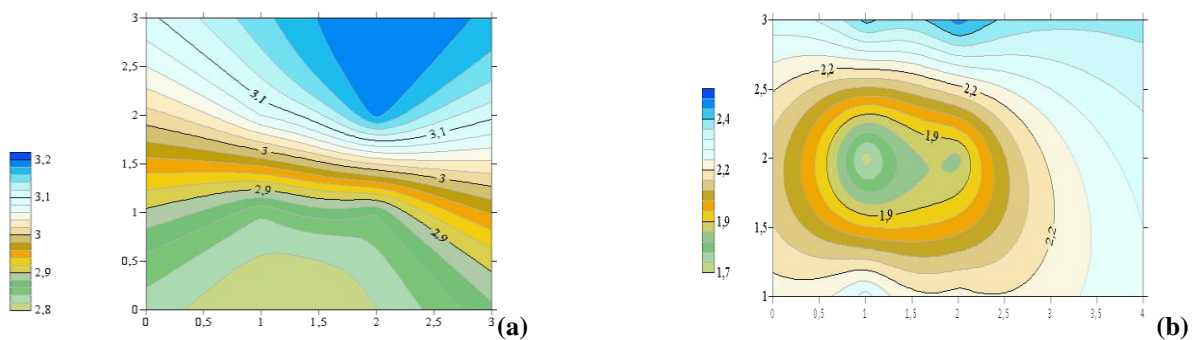
Fonte: Autores (2024).

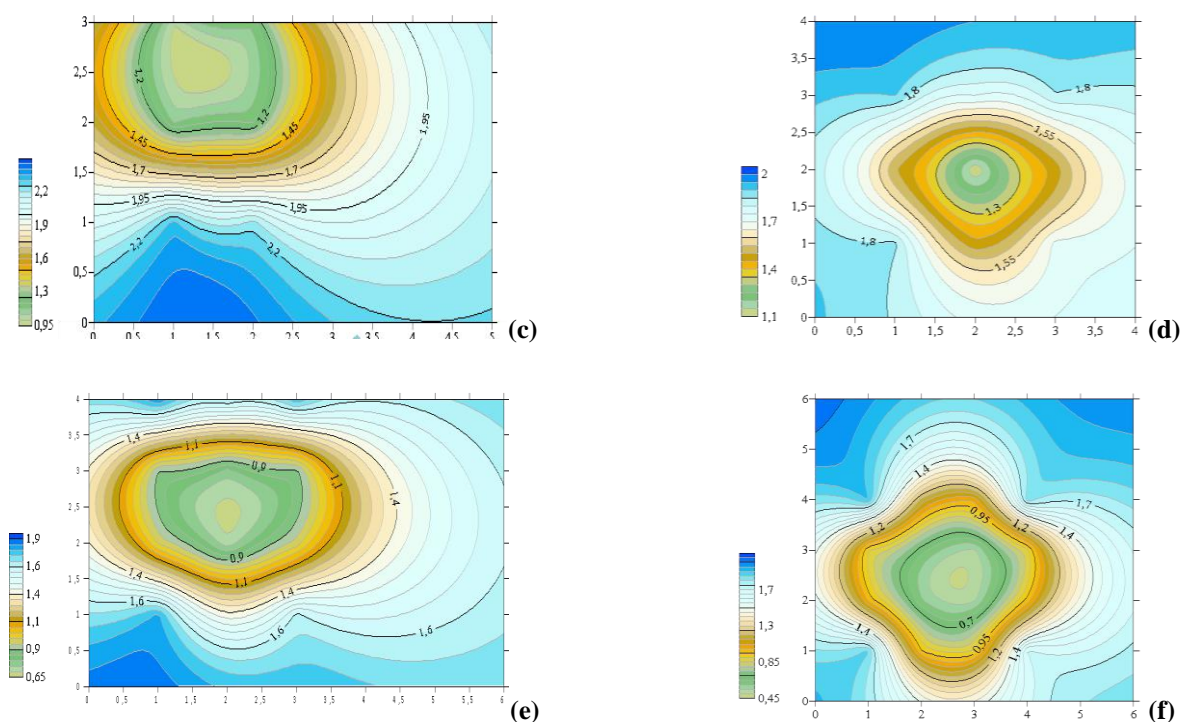
Comportamento semelhante ao citado na Figura 1 podem ser visualizados nas demais Figuras 2, 3 e 4 para o espaçamento 3 x 3m. Nessas condições, observa-se uma lâmina melhor distribuída na área de molhamento, aproximando das melhores condições de precipitação no ensaio.

Os coeficientes obtidos nas simulações com espaçamento 4x4 m e nas pressões de 2,0, 1,5, 1,0 e 0,5 bar foram classificados como “bom”, porém, nos perfis de distribuição que podem ser vistos nas Figuras 1d, 2d, 3d e 4d observam-se déficits de lâmina no centro da área, o que, em condições de campo acarretaria em má reposição hídrica e interferência no crescimento e rendimento uniforme de cultivos. Logo, esta não seria uma condição desejável para aplicação desse emissor, mesmo que encontrados bons coeficientes de uniformidade, pelo fato de a água ser utilizada em vários processos fisiológicos, os quais necessitam de sua adequada distribuição no solo, a exemplo, manutenção da turgescência das células, alongamento celular, trocas gasosas realizadas nas folhas e o transporte no floema (Araújo Júnior et al., 2019).

Para a pressão de 2,5 bar, no espaçamento de 4x4 os coeficientes foram classificados como “razoável”. Considerando a recomendação do fabricante de pressão de serviço de 2,0 bar, entende-se que, o aumento de 0,5 bar acima da pressão recomendada influenciou negativamente quando usado este espaçamento. Em condições de pressão excessiva do emissor ocorre um fracionamento maior das gotas aspergidas o que resulta na redução da uniformidade, conforme observado na Figura 1.

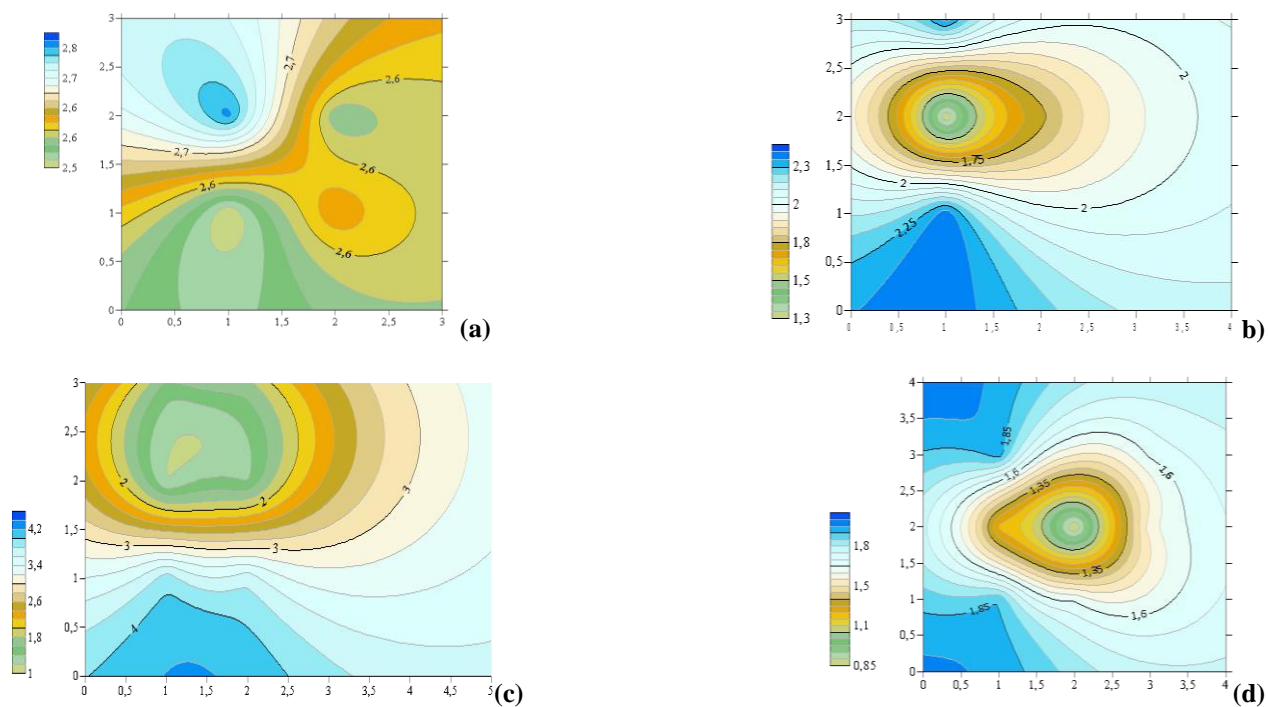
Figura 2 - Perfis de distribuição (mm) a 2,0 Bar de pressão de serviço, nos espaçamentos de 3x3 (a), 3x4 (b), 3x5 (c), 4x4 (d), 4x6 (e), 6x6 (f).

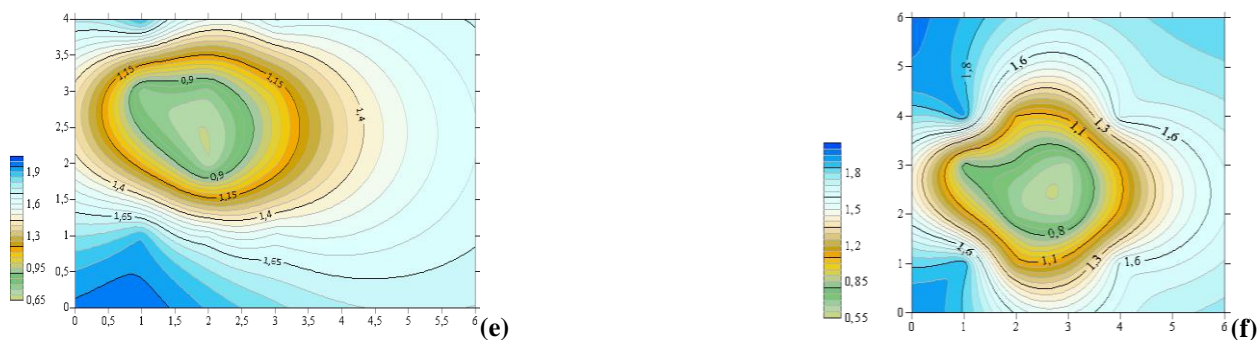




Fonte: Autores (2024).

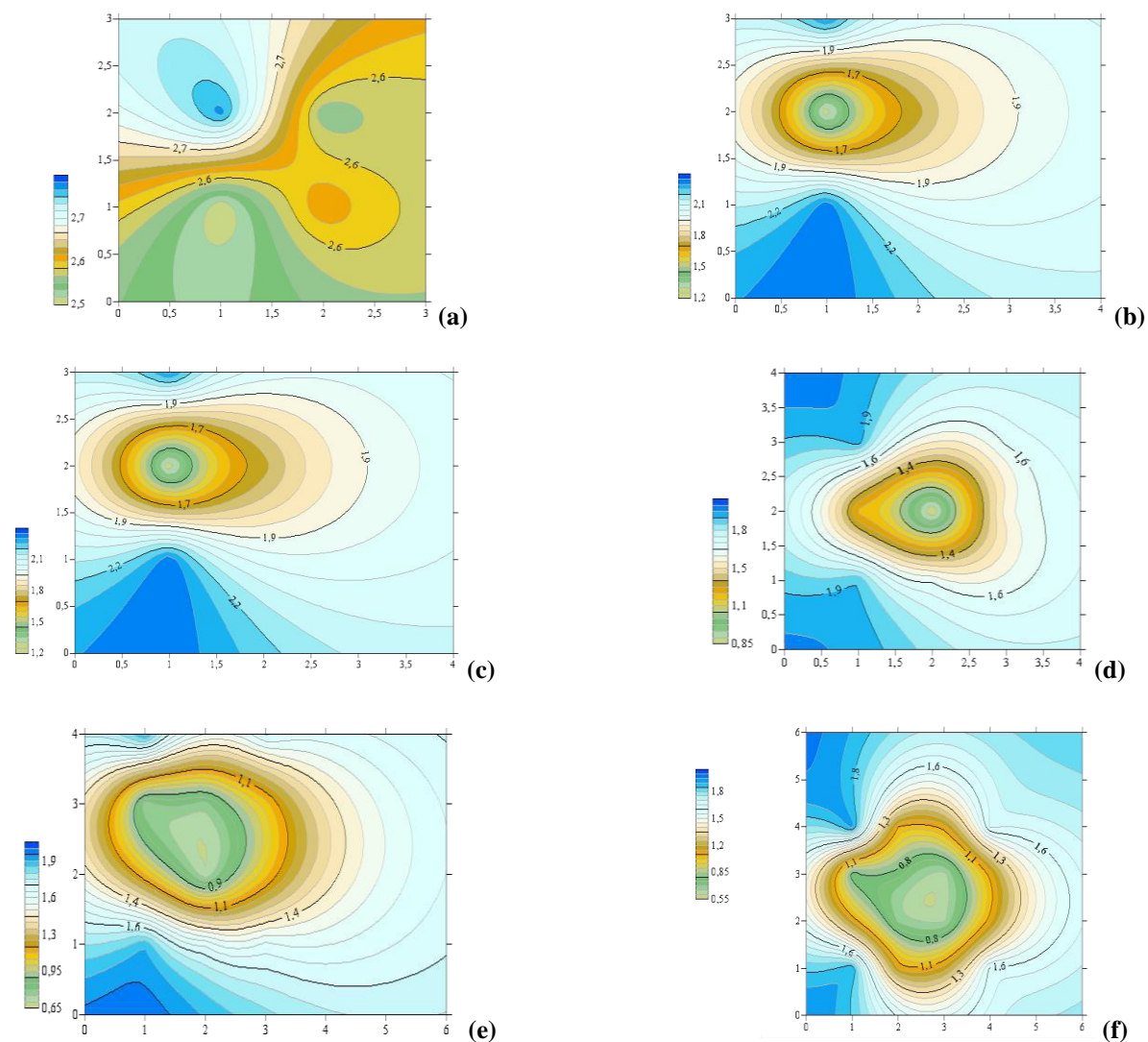
Figura 3 - Perfis de distribuição (mm) a 1,5 Bar de pressão de serviço, nos espaçamentos de 3x3 (a), 3x4 (b), 3x5 (c), 4x4 (d), 4x6 (e), 6x6 (f).





Fonte: Autores (2024).

Figura 4 - Perfis de distribuição (mm) a 1,0 Bar de pressão de serviço, nos espaçamentos de 3x3 (a), 3x4 (b), 3x5 (c), 4x4 (d), 4x6 (e), 6x6 (f).

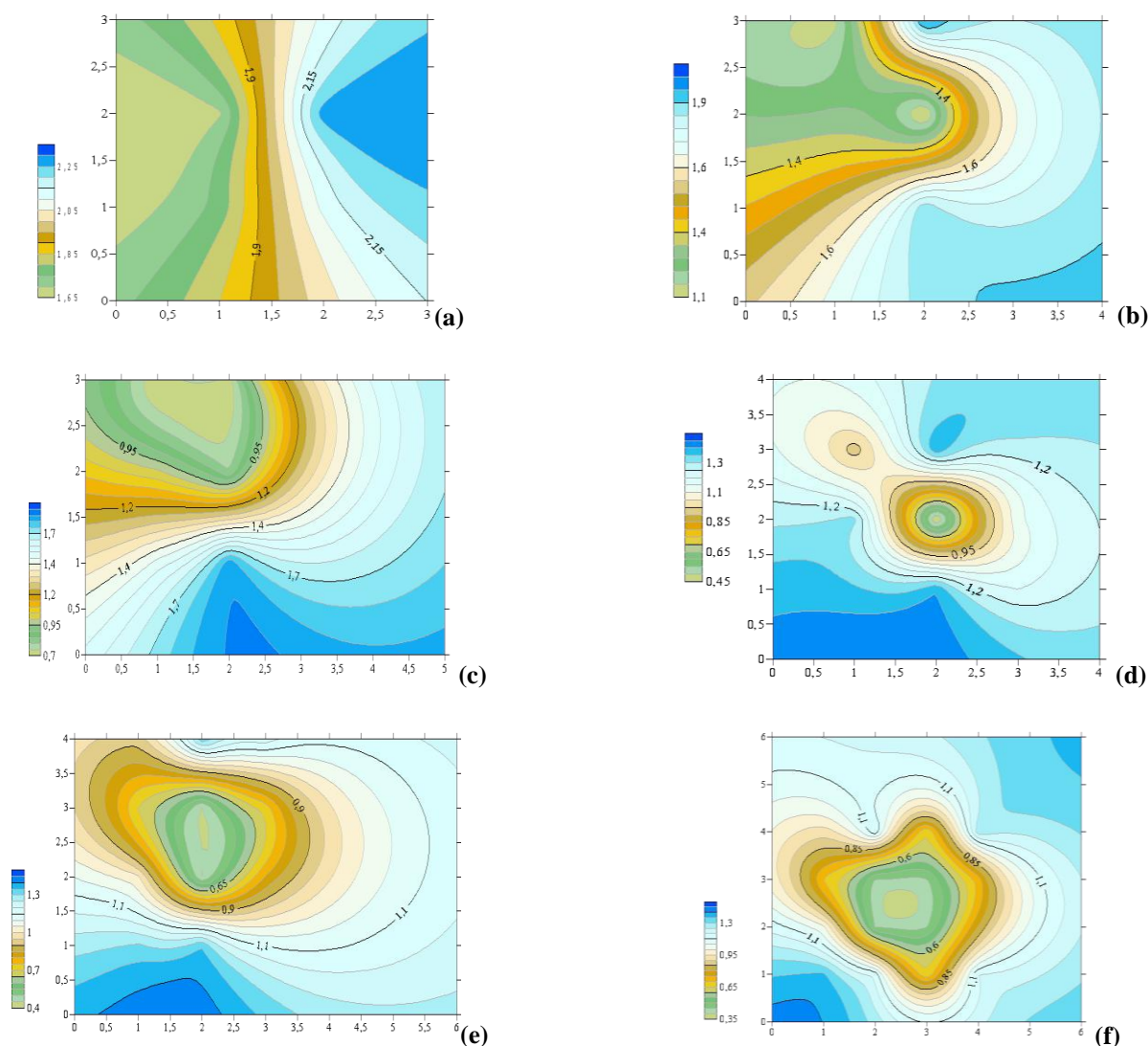


Fonte: Autores (2024).

Na pressão de 0,5 bar (Figura 5 e Tabela 2) observa-se que não houveram simulações que retornassem coeficientes classificados como “excelente”, provavelmente em decorrência do emissor operar muito abaixo da pressão de serviço recomendada. Apenas aceitabilidade tida como “bom” foram obtidos para CUC nos espaçamentos de 3x3 e 4x4 m na pressão

de 0,5 bar. Pressão de serviço muito baixa, mesmo mantendo o jato emergente com menores fracionamentos, apresentam força insuficiente para impulsionar a água a longas distâncias, ambas podendo resultar em déficits no centro da área. Além disso observou-se nas Figuras 1, 2, 3, 4 e 5 que, mesmo que pressões de serviço igual ou próximas às recomendadas pelo fabricante sejam aplicadas (2 bar), déficits no centro do perfil de distribuição foram obtidos em decorrência do aumento do espaçamento.

Figura 5 - Perfis de distribuição (mm) a 0,5 Bar de pressão de serviço, nos espaçamentos de 3x3 (a), 3x4 (b), 3x5 (c), 4x4 (d), 4x6 (e), 6x6 (f).



Fonte: Autores (2024).

De forma geral, pela Tabela 2, observou-se que o espaçamento retangular 3x4 m nas pressões 2,5, 1,0 e 0,5 bar, bem como o retangular 4x6 m e o quadrático 6x6 m em todas as pressões de serviço do estudo, retornaram nos piores coeficientes, estes classificados entre “razoável” a “inaceitável”, condições estas não recomendadas para operação deste emissor. Para Bernardo et al. (2019), o ideal é que sistema de irrigação localizada, como a microaspersão, a uniformidade seja $\geq 90\%$, isso significa dizer que, em média, 90% da área receberá a lâmina maior ou igual a lâmina média

Em análise da pressão de serviço de 2,0 Bar (Tabela 2), recomendada pelo fabricante, nota-se que a mesma pode ser adotada em campo, desde que utilizado o espaçamento de 3x3 m. Em trabalho semelhante Pereira (2018) ao avaliar diferentes

pressões de serviço e seus efeitos no desempenho de um sistema de irrigação por gotejamento, concluiu que a variação da pressão de serviço influi na uniformidade, tendo como base os coeficientes de uniformidade (CUC, CUD e CUE). Ao simular diferentes arranjos, Jardim et al. (2018) constatou que a lâmina de água aplicada por um aspersor se comporta de forma diferente a depender do arranjo de sobreposição ao qual está submetido.

Logo, verifica-se a importância desse tipo de estudo na elaboração de perfis de distribuição em diferentes espaçamentos para que sejam verificadas as melhores condições de aspersão de água na área. Isso é corroborado com Bernardo et al. (2019), pois, para estes autores como a maioria dos aspersores aplica a água formando áreas circulares, há a necessidade de arranjos que proporcionem superposição para se obter uma uniformidade excelente, caracterizando que o sistema foi hidráulicamente bem dimensionado.

4. Conclusão

Os melhores arranjos de espaçamento e pressão do microaspersor HADAR 7110 de bocal laranja, para condições em campo foram obtidos para espaçamento 3x3 m nas pressões de 2,5, 2,0,1,5 e 1,0 bar, quando avaliados os coeficientes de uniformidade e os respectivos perfis de distribuição.

As piores condições de funcionamento foram aquelas obtidas nos arranjos 3x4, 3x5, 4x6 e o quadrático 6x6 para todas as pressões de serviço usadas no ensaio.

Mais estudos são necessários para este emissor utilizando variabilidade do bocal do emissor, nas diversas condições de pressão de serviço e espaçamentos, visando a obtenção de maiores informações técnicas que possam ser implementadas em projetos agrícolas.

Agradecimentos

O trabalho contou com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq); mediante bolsas de iniciação científica e do Instituto Federal do Norte de Minas Gerais - Campus Arinos que forneceu toda infraestrutura necessária para a condução experimental.

Referências

- ANA - Agência Nacional de Águas. (2021). Atlas irrigação 2021: Uso da água na Agricultura irrigada. <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/1b19cbb4-10fa-4be4-96dbb3dcd8975db0>
- Aparecido, C. F. F., Anatriello, G. P., Soldá, E. N., Maia, G. R. G., Souza, M. H., & Silva, B. H. B. (2023). Avaliação de uniformidade de irrigação por microaspersão na cultura de laranja pera-rio no noroeste paulista. *Unifinec Científica Multidisciplinar*, 12(14), 1-13. doi:10.24980/ucm.v12i14.5899
- Araújo Júnior, G., Gomes, F. T., Silva, M. J., Jardim, A. M. D. R. F., Simões, V. J. L. P., Izidro, J. L. P. S., Leite, M. L. M. V., Teixeira, V. I., & Silva, T. G. F. (2019). Estresse hídrico em plantas forrageiras: Uma revisão. *Pubvet: Medicina Veterinária e Zootecnia*, 13(1), 1-10. doi:10.31533/pubvet.v13n01a241.1-10
- Bernardo, S., Mantovai, E. C., Silva, D. D. & Soares, A. A. (2019). *Manual de irrigação*. Viçosa, MG: Editora UFV.
- Christiansen, J. E. (1942). *Irrigation by sprinkler*. Berkeley: California Agricultural Station.
- Criddle, W. D., Davis, S., Pair, C. H., & Shuckely, D. G. (1956). *Methods for evaluation irrigation systems*. Washington: USDA, 24. (Agricultural Handbook)
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2022). Ciência e tecnologia tornaram o Brasil um dos maiores produtores mundiais de alimentos. <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/75085849/ciencia-e-tecnologia-tornaram-o-brasil-um-dos-maiores-produtores-mundiais-de-alimentos>
- EPAMIG – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (2018). 39 (304), <https://livrariaepamig.com.br/wp-content/uploads/2023/02/ia-304.pdf>
- Fernandes, C., Rodriguez, F. A., Castilla, H. R. & Valério, M. A. B. (2008). *A irrigação no Brasil: situação e diretrizes*. Brasília DF: Editora Esperança.
- Gil, A. C. (2017). *Como elaborar projetos de pesquisa*. 6ed. Atlas

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE]. (2006). Censo Agropecuário 2005-2006. <https://bibliotecadigital.economia.gov.br/handle/123456789/723>

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE]. (2017). Censo Agropecuário 2017. <https://censoagro2017.ibge.gov.br/>

Jardim, C. C. S., Motomiya, A. V. A., Armando, E. J., Santos, R. O., & Oliveira, R. A. (2018). Distribuição da lâmina de água em aspersão em diferentes arranjos de sobreposição. In: Congresso Virtual de Agronomia (Convibra). <https://convibra.org/publicacao/14989/>

Koche, J. C. (2011). *Fundamentos de metodologia científica*. Petrópolis: Vozes.

Köppen, W. & Geiger, R. (1936). *Das Geographische System der Klimate*. In: W. Köppen and G. C. Geiger, Eds., *Handbuch der Klimatologie*, Gebr. Borntraeger.

Mantovani, E. C. (2001). *Avalia: Programa de Avaliação da Irrigação por Aspersão e Localizada*. Viçosa: UFV.

Patel, R. J., Vekariya, P. B., Vadar, H. R., Rank, H. D., Pandya, P. A., & Modhavadia, J. M. (2021). Hydraulic performance evaluation of double nozzle full circle micro-sprinkler irrigation system under semi-arid conditions. *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science*, 3, 39-50.

Pereira A. S. et al. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. [free e-book]. Santa Maria/RS. Ed. UAB/NTE/UFMS.

Pereira, T. A., Silva, A. R. A., Sousa, M. M. M., Santos, C. F., & Santos, D. L. (2018). Pressões de serviços e seus efeitos no desempenho de um sistema de irrigação por gotejamento. *Irriga*, 1, 14-18. doi:10.15809/irriga.2018v1n2p14-18

Rodrigues, L. G., Nery, A. R., Sousa, F. R. R., & Rodrigues, L. N. (2019). Coeficientes de uniformidade em aspersores de baixa vazão com diferentes arranjos e altura da haste. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 14(2), 170-180. doi:10.18378/rvads.v14i2.6016

Silva, C. O. F., Putti, F. F., & Manzione, R. L. (2021). Panorama da evolução da agricultura irrigada no Sudeste do Brasil entre 2006 e 2017. *Irriga*, 1(3), 446-457. doi:10.15809/irriga.2021v1n3p446-457

Silva, S. N., & Neves, E. (2020). Importância do manejo da irrigação. *Enciclopédia Biosfera*, 17(34), 271-288.

Souza, M. H. C., Santos, R. D. S., & Bassoi, L. H. (2017). Avaliação da uniformidade de um sistema de irrigação por gotejamento. In: IV Inovagri International Meeting. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/166155/1/Avaliacao-da-uniformidade-....pdf>

UNESCO - Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (2023). Relatório mundial das Nações Unidas sobre o desenvolvimento dos Recursos Hídrico: Parcerias e cooperação para a água; fatos, dados e exemplos de ação. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000384659_por