

INSTITUTO FEDERAL GOIANO – CAMPUS URUTAÍ
BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

UTILIZAÇÃO DE COLETORES ALTERNATIVOS DE BAIXO CUSTO EM
ENSAIO DE UNIFORMIDADE DE APLICAÇÃO DE ÁGUA

Brenno Silva Nascimento

URUTAÍ – GO
Setembro 2026

Brenno Silva Nascimento

Trabalho de curso apresentado ao curso de Engenharia Agrícola do Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrícola.

Orientador (a): Dr. Leandro Caixeta Salomão

URUTAÍ – GO
Setembro 2026

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema Integrado de Bibliotecas do IF Goiano - SIBi**

N244u Nascimento, Brenno Silva
UTILIZAÇÃO DE COLETORES ALTERNATIVOS DE
BAIXO CUSTO EM ENSAIO DE UNIFORMIDADE DE
APLICAÇÃO DE ÁGUA / Brenno Silva Nascimento. Urutai
2026.

29f. il.

Orientador: Prof. Dr. Leandro Caixeta Salomão.
Tcc (Bacharel) - Instituto Federal Goiano, curso de 0120064 -
Bacharelado em Engenharia Agrícola - Urutai (Campus Urutai).
1. Irrigação. 2. Ensaio. 3. Custo. 4. Aspersão convencional. I.
Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese (doutorado) | ☐ Artigo científico |
| ☐ Dissertação (mestrado) | ☐ Capítulo de livro |
| ☐ Monografia (especialização) | ☐ Livro |
| ☒ TCC (graduação) | ☐ Trabalho apresentado em evento |

☐ Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Brenno Silva Nascimento

Matrícula:

2020101200640061

Título do trabalho:

Utilização de coletores alternativos de baixo custo em ensaio de uniformidade de aplicação de água

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: ☒ Não ☐ Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 29 / 09 / 2026

O documento está sujeito a registro de patente? ☐ Sim ☒ Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? ☐ Sim ☒ Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Documento assinado digitalmente
BRENNO SILVA NASCIMENTO
Data: 29/09/2026 17:33:40-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Urutai

Local

29 / 09 / 2026

Data

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)



Documento assinado digitalmente
LEANDRO CAIXETA SALOMAO
Data: 29/09/2026 19:32:43-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Documentos 44/2026 - CCBEA-URT/GE-UR/DE-UR/CMPURT/IFGOIANO

**UTILIZAÇÃO DE COLETORES ALTERNATIVOS DE BAIXO CUSTO EM ENSAIO DE
UNIFORMIDADE DE APLICAÇÃO DE ÁGUA**

BRENO SILVA NASCIMENTO

Trabalho de curso apresentado ao curso de Engenharia Agrícola do Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí,
como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrícola.

Defendido e aprovado pela Comissão Examinadora em: 24 / 09 / 2026.

Prof. Dr. Leandro Caixeta Salomão

Orientador

Prof^a. Dr^a. Raiane Ferreira Miranda

Examinadora

Esp. Gabriel Hudson Oliveira Silva

Examinador

Documento assinado eletronicamente por:

- **Leandro Caixeta Salomao, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO** , em 24/09/2026 13:31:30.
- **Gabriel Hudson Oliveira Silva, 2025101330940006 - Discente**, em 24/09/2026 17:17:43.
- **Raiane Ferreira de Miranda, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO** , em 25/09/2026 14:30:46.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 24/09/2026. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 862447

Código de Autenticação: 6e03c793fe



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Urutá

Rodovia Geraldo Silva Nascimento, Km 2.5, SN, Zona Rural, URUTÁ / GO, CEP 75790-000

(64) 3465-1900

DEDICATÓRIA

“Dedico este trabalho de curso aos meus ‘pais’ Benedito e Heloisa, grandes
incentivadores da minha formação profissional”

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradece a Deus por minha vida, ter conhecido o Instituto Federal Goiano Campus Urutai pela oportunidade de mim proporcionar o curso de Engenharia Agrícola dentro da instituição nesse tempo que eu passei devido várias coisa que aconteceu no período letivo como uma pandemia de 2 anos e uma greve 2 mês de nunca desistir do meu objetivo de corre atras do meu sonho de me formar, agradece todos os professores do núcleo da Engenharia que sempre proporcionar não só conhecimento racional mais sim a manifestação do caráter efetivo de educação no processo de formação profissional, não só ter feito ensina, com aprender também sempre motivando a estudar e ter plano de carreira como engenheiro.

RESUMO

O ensaio de uniformidade de aplicação de água é de fundamental importância ser realizado em campo, visto que o desempenho hidráulico do aspersor é afetado pela pressão de operação, influenciando diretamente o raio de alcance, o perfil e a uniformidade de distribuição de água na área irrigada. Entretanto, o valor observado no mercado dos coletores que são utilizados no ensaio vem sendo questionado por profissionais da área, havendo a necessidade de desenvolver estudos que visam avaliar a possibilidade de utilização de coletores alternativos de baixo custo como alternativa para realização do ensaio de uniformidade de aplicação de água. Assim, o objetivo deste trabalho foi confeccionar e avaliar coletores alternativos para realização de ensaio de uniformidade de aplicação de água em aspersão convencional em comparação com o coletor comercial. Os coletores foram confeccionados com altura padrão de 10,2 cm, utilizando garrafas pets descartáveis de 1,5 e 2,0 litros, sendo C (coletor), C1,5L e C2,0L, respectivamente. Para a validação dos valores de distribuição de água, com a utilização dos coletores alternativos, foi utilizado os Coeficientes de Uniformidades de Christian (CUC) e Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD). Este trabalho foi realizado na área de avaliação de uniformidade de distribuição de água em aspersão convencional, localizado ao lado do laboratório de hidráulica e física do solo, do Instituto Federal Goiano (IF Goiano), Campus Urutaí - GO, utilizando para coleta da lâmina precipitada coletores alternativos e coletores comerciais já difundidos na agricultura irrigada, ficando 40 cm do solo, equidistantes em torno de um aspersor instalado no centro da área a 1,40m altura, formando um quadrante de 100 coletores espaçados entre si 2 x 2m. A utilização de garrafas pets para realização do ensaio de uniformidade de distribuição de água apresentou resultados satisfatórios.

Palavras-chave: irrigação; ensaio; custo; aspersão convencional.

ABSTRACT

The water application uniformity test is fundamentally important to carry out in the field, since the sprinkler's hydraulic performance is affected by operating pressure, directly influencing the reach radius, pattern, and evenness of water distribution in the irrigated area. However, the market price of the collectors used in the test has been questioned by professionals in the field, highlighting the need to develop studies aimed at evaluating the possibility of using low-cost alternative collectors as an option for conducting the water application uniformity test. Therefore, the aim of this work was to create and evaluate alternative collectors for performing the water application uniformity test on conventional sprinklers, compared to a commercial collector. The collectors were made with a standard height of 10.2 cm, using disposable PET bottles of 1.5 and 2.0 liters, labeled C (collector) and C1.5L. For validating water distribution values using alternative collectors, the Christiansen Uniformity Coefficients (CUC) and Distribution Uniformity Coefficient (CUD) were used. This work was carried out in the area for evaluating water distribution uniformity in conventional sprinklers, located next to the hydraulics and soil physics lab at the Instituto Federal Goiano (IF Goiano), Urutaí Campus - GO. For collecting the precipitation, both alternative collectors and commercial collectors commonly used in irrigated agriculture were used, placed 40 cm above the ground, equidistant around a sprinkler installed in the center of the area at a height of 1.40 m, forming a quadrant of 100 collectors spaced 2 x 2 m apart. Using PET bottles for the water distribution uniformity test showed satisfactory results.

Keywords: irrigation; trial; cost; conventional sprinkling.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Coletores utilizados.....	Erro! Indicador não definido.	8
Figura 2 – Coletores comerciais.	Erro! Indicador não definido.	9
Figura 3 – Coletores garrafa pets.....		199
Figura 4 – Representação esquemática coletor comercial, grid de ensaio e simulação de sobreposição.		22
Figura 5 – Representação esquemática coletor garrafa pet 1,5 litros, grid de ensaio e simulação de sobreposição.	Erro! Indicador não definido.	3
Figura 6 – Representação esquemática coletor garrafa pet 2,0 litros, grid de ensaio e simulação de sobreposição.		244
Figura 7 – Perfil médio de distribuição de água para simulação de sobreposição para o espaçamento (6x6) CUD acima de 80%.....		266

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) e Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD), operando sob pressão de serviço de 15 m.c.a e simulação de espaçamento (6 x 6). Valores médios referentes a quatro avaliações.	244
Tabela 2 – Classificação dos valores de CUC e CUD para sistemas de aspersão.....	255

SUMÁRIO

RESUMO.....	8
ABSTRACT	9
LISTA DE FIGURAS.....	10
LISTA DE TABELAS.....	11
1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO.....	15
2.2 ENSAIO DE UNIFORMIDADE	15
2.3 COEFICIENTE DE CUC E CUD.....	17
3 MATERIAL E MÉTODOS	18
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
5 CONCLUSÃO.....	27
6. REFERÊNCIAS	28

1 INTRODUÇÃO

A irrigação por aspersão é um método de aplicação de água que busca distribuir a água sobre a superfície do solo na forma de pequenas gotas, de maneira semelhante à ocorrência da chuva. Nesse sistema, a água é conduzida por meio de tubulações e lançada no ambiente por dispositivos denominados aspersores. A distribuição da água depende de fatores como pressão de operação, espaçamento entre os aspersores, características do solo e condições climáticas (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006).

A eficiência do sistema está relacionada ao correto dimensionamento dos equipamentos e às condições de operação, como pressão de serviço, vazão, espaçamento entre aspersores e condições climáticas.

A eficiência do sistema está relacionada principalmente à uniformidade de distribuição da água e ao correto dimensionamento e manejo dos equipamentos. Segundo Bernardo, Soares e Mantovani (2006), fatores como vento, pressão inadequada e posicionamento incorreto dos aspersores podem interferir na distribuição da água, reduzindo a eficiência da irrigação.

O ensaio de uniformidade é uma etapa importante na avaliação do desempenho de um sistema de irrigação, pois permite verificar como a água está sendo distribuída na área irrigada. A uniformidade de aplicação está diretamente relacionada à eficiência do sistema, uma vez que uma distribuição inadequada pode fazer com que algumas regiões recebam água em excesso enquanto outras recebam quantidade insuficiente para atender às necessidades das plantas (MANTOVANI; BERNARDO; PALARETTI, 2009).

Segundo Bernardo, Soares e Mantovani (2006), a avaliação da uniformidade permite identificar possíveis problemas relacionados ao funcionamento e ao dimensionamento do sistema de irrigação. Dessa forma, o ensaio pode auxiliar na identificação de falhas em emissores ou aspersores, variações de pressão, obstruções e outros fatores que podem comprometer a distribuição da água.

A determinação dos coeficientes de uniformidade também é importante para o manejo adequado da irrigação. Entre os indicadores utilizados estão o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) e o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD), que possibilitam avaliar quantitativamente a distribuição da água na área irrigada (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006). Esses indicadores fornecem informações importantes para verificar se o sistema apresenta desempenho adequado e se a quantidade de água aplicada está sendo distribuída de maneira satisfatória.

De acordo com Mantovani, Bernardo e Palaretti (2009), uma baixa uniformidade de aplicação pode resultar em perdas de água e redução da produtividade, pois o manejo da irrigação passa a ser condicionado às áreas que recebem menor quantidade de água. Assim, a realização periódica de ensaios de uniformidade contribui para o diagnóstico do sistema e para a adoção de medidas corretivas, favorecendo o uso racional da água.

Assim, o objetivo deste trabalho foi confeccionar e avaliar coletores alternativos para realização de ensaio de uniformidade de aplicação de água em aspersão convencional em comparação com o coletor comercial.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO

Ao longo do século XX, a irrigação por aspersão convencional tornou-se uma alternativa importante aos métodos tradicionais de irrigação por superfície. A utilização de conjuntos motobomba permitiu pressurizar a água e conduzi-la por tubulações até os aspersores, que realizam a distribuição da água sobre a área cultivada. Segundo Bernardo, Soares e Mantovani (2006), os sistemas de irrigação por aspersão apresentam como característica fundamental a aplicação da água sobre a cultura na forma de chuva artificial, possibilitando sua utilização em diferentes tipos de solo e culturas.

Na irrigação por aspersão convencional é simulado uma chuva sobre as plantas, que ocorre por meio do fracionamento de um jato de água em gotas lançadas por vários aspersores. Quando o manejo desses sistemas de irrigação é realizado de forma adequada é possível alcançar uma alta eficiência com mínimo de perdas. Mas, na ausência de manejo, a eficiência de aplicação de água é comprometida, o que resulta em desperdícios de água, energia elétrica e fertilizantes (TAMBO et al., 2021).

As vantagens de um sistema de irrigação mais eficiente são: otimização dos recursos hídricos existentes, aumento da produtividade e consequentemente maior rentabilidade. A uniformidade de distribuição de água de um sistema de irrigação é um dos principais parâmetros para o diagnóstico da situação de funcionamento do sistema, uma vez que é possível medir a variabilidade de água aplicada pelo método de irrigação (BRUNING et al., 2020; FRANÇA, 2023).

2.2 ENSAIO DE UNIFORMIDADE

O ensaio de uniformidade em sistemas de irrigação por aspersão convencional tem como finalidade avaliar a distribuição da água aplicada pelos aspersores na área irrigada. Essa avaliação é importante para verificar o desempenho do sistema e identificar possíveis problemas relacionados à pressão de operação, vazão dos aspersores, espaçamento entre os emissores, condições de instalação e influência do vento sobre a distribuição da água (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006).

Para a realização do ensaio, devem ser utilizados recipientes coletores, distribuídos de maneira uniforme sobre a área que receberá a água dos aspersores. Os coletores devem possuir

dimensões semelhantes e ser posicionados de forma a representar adequadamente a área avaliada. Após o funcionamento do sistema durante um determinado período, mede-se o volume de água armazenado em cada coletor para posterior análise da uniformidade de distribuição (MANTOVANI; BERNARDO; PALARETTI, 2009).

Antes de iniciar a coleta, é necessário verificar as condições de funcionamento do sistema, observando a pressão de serviço, as condições dos aspersores, as tubulações, conexões e possíveis vazamentos. A pressão deve ser mantida dentro das condições recomendadas para os aspersores utilizados, pois alterações na pressão podem modificar a vazão e o padrão de distribuição da água (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006).

Durante o ensaio, o sistema deve permanecer em funcionamento por um período suficiente para que seja possível medir adequadamente a água coletada nos recipientes. Também é importante registrar as condições climáticas durante a avaliação, principalmente a ocorrência e a velocidade do vento, pois esse fator pode alterar a trajetória das gotas e provocar redução na uniformidade de aplicação da água (MANTOVANI; BERNARDO; PALARETTI, 2009).

Ao término do ensaio, deve-se medir individualmente o volume de água presente em cada coletor, utilizando uma proveta graduada ou outro instrumento de medição adequado. Os valores obtidos devem ser organizados em uma tabela, permitindo determinar a lâmina média aplicada e os desvios entre os diferentes pontos de coleta. A partir desses dados, podem ser calculados índices utilizados para avaliar a uniformidade do sistema (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006).

A avaliação da uniformidade também é importante para verificar o funcionamento dos aspersores e identificar possíveis problemas no sistema, como variações de pressão, entupimentos, desgaste dos bocais, vazamentos e inadequação do espaçamento entre os aspersores. Esses fatores podem provocar uma distribuição irregular da água e comprometer a eficiência da irrigação (MANTOVANI; BERNARDO; PALARETTI, 2009).

Outro aspecto importante é a relação entre a uniformidade de aplicação e o desenvolvimento das culturas. Quando a água não é distribuída uniformemente, algumas regiões do cultivo podem receber quantidade insuficiente, enquanto outras podem receber água em excesso. O déficit hídrico pode prejudicar o crescimento das plantas, enquanto a aplicação excessiva pode favorecer perdas de água por percolação profunda e escoamento superficial (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006).

2.3 COEFICIENTE DE CUC E CUD

O ensaio permite ainda determinar índices de uniformidade, como o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), desenvolvido por Christiansen para avaliar a distribuição da água em sistemas de aspersão. Esse coeficiente utiliza os valores de água coletados em diferentes pontos da área e permite quantificar a uniformidade da aplicação. Quanto maior o valor obtido, menor é a variação entre as lâminas aplicadas nos diferentes pontos avaliados (CHRISTIANSEN, 1942).

A realização do ensaio também contribui para melhorar a eficiência do uso da água e da energia. Um sistema que apresenta distribuição inadequada pode exigir maior tempo de funcionamento para atender às áreas que recebem menos água, aumentando consequentemente o consumo de água e energia. A avaliação da uniformidade possibilita identificar essas deficiências e realizar ajustes no sistema, buscando melhorar seu desempenho (MANTOVANI; BERNARDO; PALARETTI, 2009).

Além disso, os resultados do ensaio podem auxiliar na tomada de decisões relacionadas à manutenção e ao manejo do sistema de irrigação. A partir dos valores obtidos, o responsável pode verificar a necessidade de substituir aspersores, corrigir problemas de pressão, realizar manutenção dos equipamentos ou modificar o espaçamento entre os emissores. Assim, o ensaio de uniformidade constitui uma ferramenta importante para manter o sistema funcionando de acordo com suas condições de projeto (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006).

A literatura evidencia a importância da realização do ensaio de uniformidade de distribuição de água. Entretanto o custo dos coletores pode ser um fator limitante, o valor médio encontrado no mercado atualmente é de (R\$ 5.000,00 Kit com 50 coletores. Junho/2026). Desta forma o presente trabalho objetivou confeccionar e avaliar através de ensaios em campo coletores alternativos para determinação da uniformidade de aplicação de água em aspersão convencional.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios de avaliação de uniformidade de distribuição de água utilizando coletores alternativos e coletor comercial foram realizados na área de avaliação de uniformidade de distribuição de água em aspersão convencional do Instituto Federal Goiano (IF Goiano), Campus Urutaí-GO, localizado na Fazenda Palmital – Rodovia Geraldo Silva Nascimento km 2,5, Zona rural, município de Urutaí, Estado de Goiás, (17°29'10" S; 48°12'38" O; 697 m).

A área onde foi realizada a avaliação de uniformidade é composta pelos seguintes componentes: caixa de água de 5000 litros, 2 filtros de areia, 1 filtro de disco, tubos de PVC (constituído por uma linha lateral direta), motor bomba R-18 (categoria mono-estágio) centrífuga monobloco e mancalizada, 3500 Rpm, tendo vazão máxima até 30,8 m³/h e pressão máxima 64 m.c.a.

Para o ensaio com coletor comercial os coletores possuem excelente qualidade, facilidade de leitura e instalação, sendo utilizados 100 coletores (pluviômetros) de 80 mm de diâmetro e 102 mm de altura. Já os coletores confeccionados foram com altura padrão de 102 mm, utilizando garrafas pets descartáveis de 1,5 e 2,0 litros, sendo C (coletor), C1,5L (8 cm de diâmetro) e C2,0L (9 cm de diâmetro), respectivamente (Figura 1).



Figura 1. Coletores utilizados. Fonte: Autor, 2024.

Foram confeccionados 100 coletores (C1,5L) e 100 coletores (C2,0L), totalizando 200 coletores.

Para a obtenção dos dados em campo foi utilizada a metodologia proposta por Bernardo et al. (2006), onde foram utilizados 100 coletores em cada ensaio equidistantes em torno de um aspersor instalado no centro da área a 1,40 m altura, formando um quadrante com coletores espaçados entre si de 2x2 m (Figuras 2 e 3).



Figura 2. Coletores comerciais. Fonte: Autor, 2024.



Figura 3. Coletores garrafa pets. Fonte: Autor, 2024.

Para instalação e fixação dos coletores na área foram utilizadas haste de ferro, deixando o coletor a 40 cm do solo, utilizando borrachas elásticas para fixação dos coletores junto à haste.

O tempo de funcionamento do sistema de irrigação para cada ensaio teve duração de 120 minutos, sendo realizado 4 repetições por ensaio, ou seja, coletor comercial (4 repetições de ensaio), coletor C1,5L e C2,0L quatro repetições, totalizando 16 ensaios em campos durante o decorrer do trabalho. Onde logo após o término de cada ensaio realizou-se a coleta do volume de água aos coletores. As avaliações foram realizadas sempre no período matutino. Ressalta-se que não foi realizada modificação de pressão nos ensaios, adotando pressão de serviço de 15 m.c.a para todos os ensaios realizados.

O aspersor utilizado em todos os ensaios foi o 435 ½” M sobrecoifa da marca Naandaanjain, aspersor de plástico de impacto de giro completo e parcial, de grande durabilidade, defletor de oito posições que permite ajustar distância, a altura do jato e o volume da precipitação. Entretanto, foi mantido uma mesma posição para todos os ensaios realizados (12,8°).

Para leitura da lâmina precipitada junto aos coletores, foi utilizada uma proveta graduada com capacidade de 100 ml e precisão de 1 ml. Ressalta-se que todas as leituras de precipitação foram convertidas para mm (milímetros), através da relação Volume/Área.

A determinação da vazão do aspersor foi realizada pelo método volumétrico, onde se utiliza um balde com capacidade de 20 l, mangueira acoplada ao bocal e cronômetro.

A velocidade média do vento durante a realização dos ensaios foi mensurada por um anemômetro Medidor, com a finalidade de verificar possível influência de ventos aos resultados, entretanto não foi observado influência de ventos nos ensaios realizados.

Para a estimativa da evaporação da água durante a avaliação, foram instalados 4 coletores (pluviômetros), dispostos fora da área de abrangência do aspersor e com volume de água conhecido (20 ml). Este volume de água foi conferido logo após o término da leitura dos volumes coletados no grid durante o ensaio.

Para a avaliação dos elementos meteorológicos foi instalado Termo-Higrômetro Digital ao interior de um abrigo meteorológico de madeira, pintado de branco sendo posicionado na área de ensaio, a uma altura de 1,5 m. As leituras foram realizadas no momento de realização dos ensaios.

Os valores de CUC e CUD foram calculados para diferentes condições, ou seja, coletor comercial e coletores confeccionados, sendo utilizando no trabalho simulação de sobreposição para o espaçamento (6x6m).

Neste ensaio foi adotado o coeficiente de uniformidade Christiansen – CUC (eq. 1) e coeficiente de Uniformidade de Distribuição – CUD (eq. 2).

$$CUC = \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n |y_i - y_m|}{ny_m} \right) 100 \quad (\text{eq. 1})$$

Em que:

CUC: Coeficiente de Uniformidade Christiansen;

n: número de coletores ou pluviômetros;

y_i: lâmina de água aplicada no i-ésimo ponto sobre a superfície do solo, em mm;

y_m: lâmina média aplicada, em mm.

$$CUD = \left(\frac{q_{25\%}}{\bar{q}_m} \right) \cdot 100 \quad (\text{eq.2})$$

Em que:

CUD: Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (%);

q_{25%}: Médias das menores lâminas, representando 25% do total das lâminas obtidas mm;

$\bar{q}_m$: lâmina média aplicada, em mm.

A partir dos resultados das avaliações foram gerados gráficos de isolinhas em duas dimensões (2D), por meio da técnica da Krigagem, representativas da distribuição de água, com o auxílio do programa Surfer versão 11.0 (2012).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de média de lâminas obtidos no grid de ensaio e simulação de sobreposição para o espaçamento (6x6) com coletor comercial estão apresentados na (Figura 4).

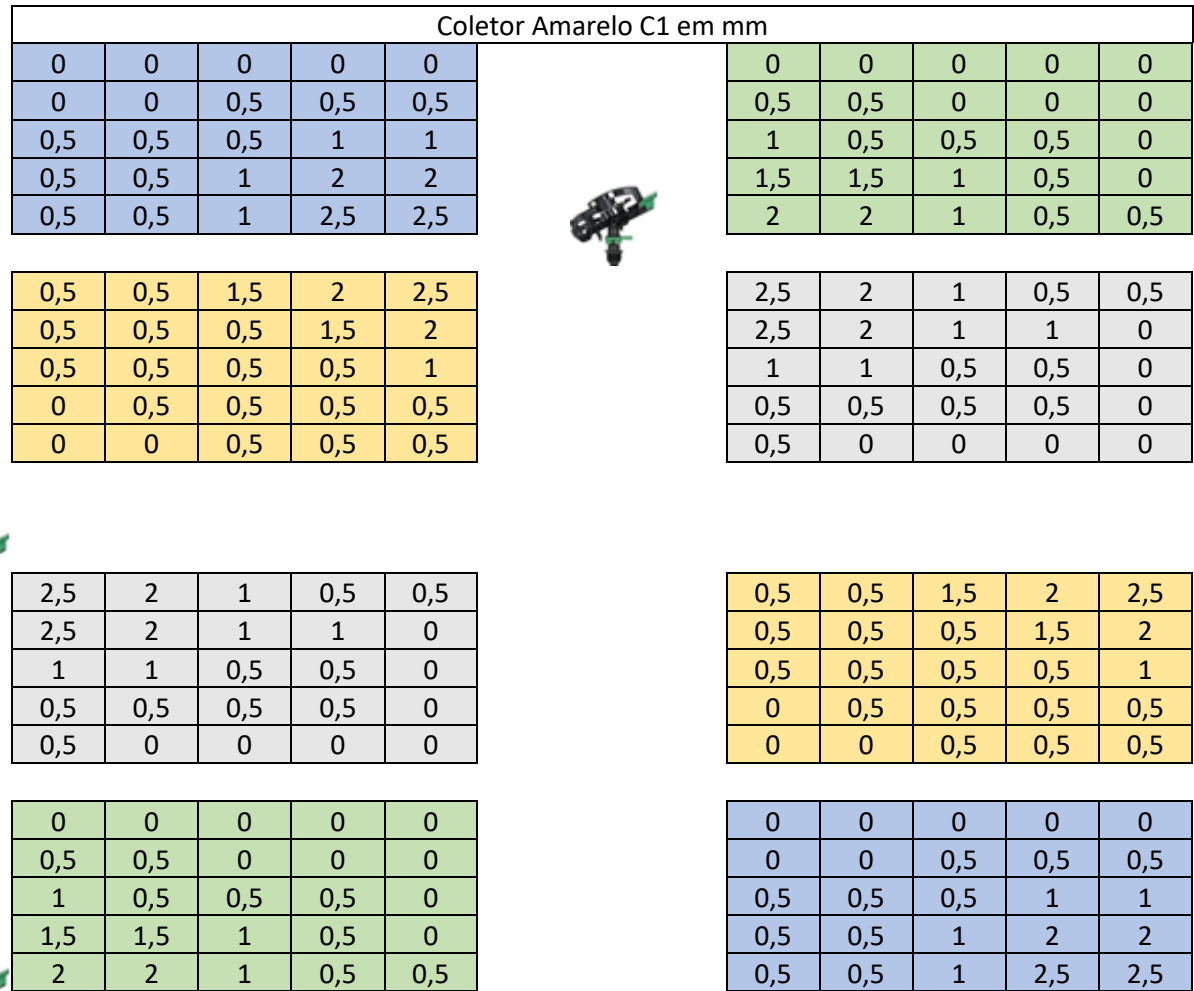


Figura 4. Representação esquemática coletor comercial, grid de ensaio e simulação de sobreposição

Os resultados de média de lâminas obtidos no *grid* de ensaio e simulação de sobreposição para o espaçamento (6x6) com coletor de garrafas pets descartáveis C (coletor), C1,5L (Figura 5).

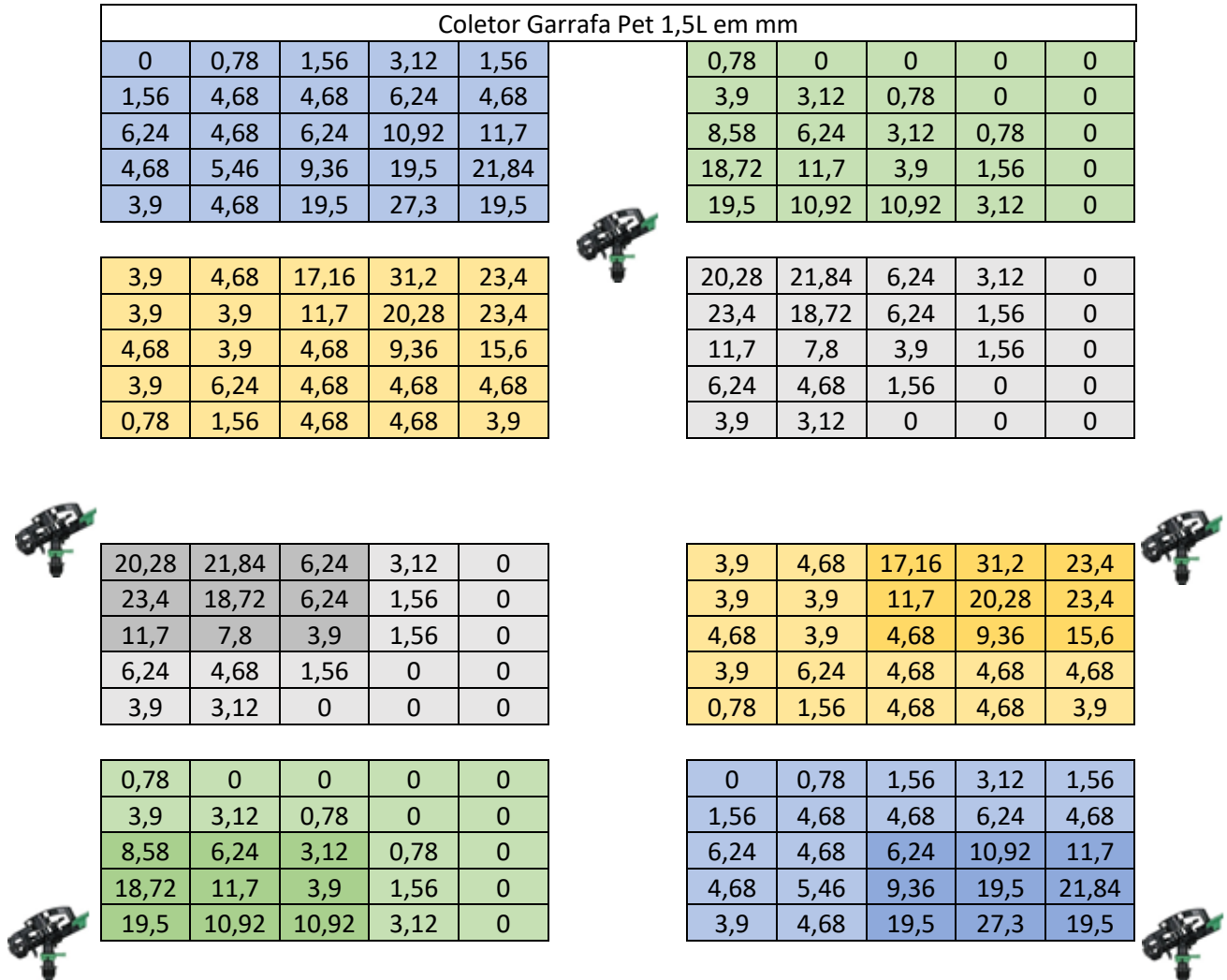


Figura 5. Representação esquemática coletor garrafa pet 1,5 litros, grid de ensaio e simulação de sobreposição.

Os resultados de média de lâminas obtidos no grid de ensaio e simulação de sobreposição para o espaçamento (6x6) com coletor de garrafas pets descartáveis C (coletor), C2,0L (Figura 6).

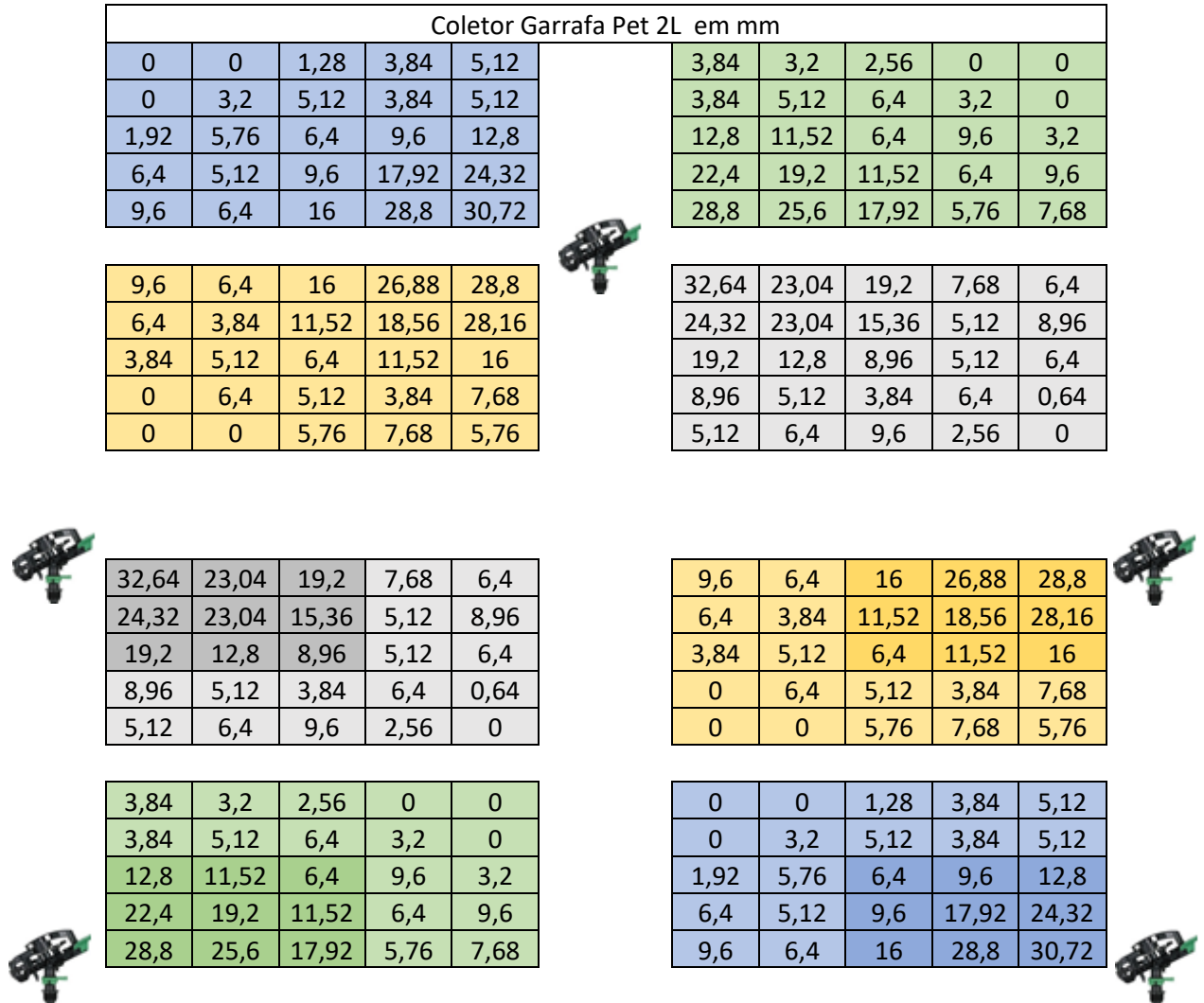


Figura 6. Representação esquemática coletor garrafa pet 2,0 litros, grid de ensaio e simulação de sobreposição.

Tabela 1. Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) e Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD), operando sob pressão de serviço de 15 m.c.a e simulação de espaçamento (6 x 6). Valores médios referentes a quatro avaliações.

Coletores	CUC	CUD
(%)	(%)	
Comercial	90,90	87,08
C1,5L	87,84	85,20
C2,0L	86,46	84,87

Para a interpretação dos dados obtidos de CUC e CUD, seguiu-se a proposta de MANTOVANI et al. (2007), apresentada na (Tabela 2).

Tabela 2. Classificação dos valores de CUC e CUD para sistemas de aspersão, MANTOVANI et al. (2007).

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

Observa-se neste trabalho que os valores de CUD foram sempre menores em relação ao CUC, comportamento que está diretamente relacionado às variáveis das equações utilizadas na determinação desses coeficientes, visto que no cálculo de CUD é considerado apenas 25% da área que recebeu menor quantidade de água.

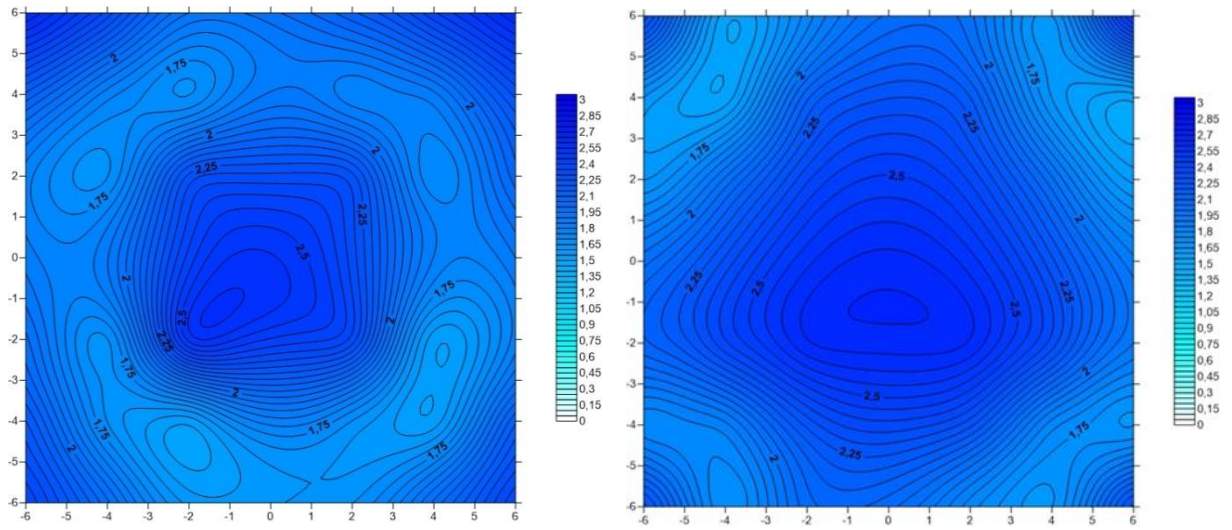
Baixos valores de CUC e CUD proporcionam aumento do consumo de água e de energia, com aumento dos custos e redução da produtividade. Carrion et al. (2001), relatam que CUC menor que 80% não é recomendado para utilização em projetos de aspersão.

Se comparando os coeficientes calculados, verifica-se que o CUD é mais sensível às variações na distribuição de água de um sistema de irrigação, essa observação também foi realizada por Souza et al. (2006) em avaliações de sistemas de irrigação por gotejamento em cultivo de café.

Deve-se se salientar que a literatura da área evidencia que coeficientes de uniformidade (CUC) acima de 80% são recomendadas (Figura 7), fato observado neste trabalho independente no coletor utilizado para sobreposição de espaçamento 6 x 6m.

Assim, torna-se de fundamental realizar avaliação de uniformidade de distribuição de água, principalmente em sistemas de irrigação já implantados, sendo possível avaliar tanto o manejo quanto o dimensionamento tecnicamente.

Figura 7. Perfil médio de distribuição de água para simulação de sobreposição para o espaçamento (6x6) CUD acima de 80%.



5 CONCLUSÃO

Os valores de uniformidade de distribuição de água (CUC e CUD) utilizando garrafas pets apresentaram satisfatórios. Entretanto não substituindo o coletor comercial, principalmente devido a qualidade do material, facilidade de leitura e instalação no campo. Entretanto, apesar dos resultados satisfatórios obtidos, os coletores confeccionados com garrafas PET não apresentaram características suficientes para substituir integralmente os coletores comerciais, principalmente em relação à qualidade do material, facilidade de leitura dos volumes coletados e praticidade de instalação no campo.

6. REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2023. Brasília, DF: ANA, 2023.

BRUNING, J. et al. Métodos de controle de vazão para racionalização de energia elétrica na irrigação por aspersão convencional. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v. 6, n. 10, p. 82067-82083, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n10-585

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. Manual de irrigação. 8. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2006.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. Manual de irrigação. 7. ed. Viçosa, MG: Ed. Universidade Federal de Viçosa, 2006. 611 p.

CHRISTIANSEN, J. E. Irrigation by sprinkling. Berkeley: California Agricultural Station, 1942. (Boletim, 670).

CARRIÓN, P.; TARJUELO, J. M.; MONTERO, J. SIRIAS: A simulation model for sprinkler irrigation: I. A description of model. *Irrigation Science*, Heidelberg, v.20, n.2, p.73-84, 2001.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. Irrigação: Princípios e Métodos. 2.ed. Viçosa: UFV, 2007. 358p.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. Irrigação: princípios e métodos. 3. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2009.

REZENDE, [Nome]; ANDRADE JÚNIOR, [Nome]. Título da obra. Local de publicação: Editora/Periódico, 2023.

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, v.10, n.3, jul./set. 2006.

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, v.10, n.3, jul./set. 2006.

TAMBO, Fidel Luís Rodrigues; DE DEUS, Fábio Ponciano; LIMA, Luiz Antonio; THEBALDI, Michael Silveira. Influence of sprinkler operational parameters on the cost of conventional sprinkler irrigation systems. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 52, n. 2, p. 1-10, 2021. DOI: 10.5935/1806-6690.20210027.