



Eficiência e uniformidade de distribuição de água em batata-doce irrigado por aspersão no sul tocantinense

Lohana Augusta da Silva^{a*}, Jair da Costa de Oliveira Filho^a, Osvaldo José Ferreira Júnior^a, Olavo da Costa Leite^a, Danilo Alves Porto da Silva Lopes^a, Gekson Ribeiro Aguiar^a, Fernanda Pereira Fonseca^a

^a Universidade Federal do Tocantins, Brasil

* Autor correspondente (lohanasilva@hotmail.com)

INFO

Keywords

irrigation
sprinkling
Ipomoea batatas

ABSTRACT

Efficiency and uniformity of water distribution in sweet potatoes irrigated by sprinkling in southern Tocantins.

With the goal to evaluate the efficiency and uniformity of distribution and the need to when and how much to irrigate through a conventional sprinkler irrigation system in sweet potato area in the municipality of Gurupi-TO, the area between four sprinklers evaluated was divided in square subareas of approximately 3 m x 3 m and collectors were installed in the center of each area, so that the collected blade represents its precipitation. After assembly of the collectors the irrigation system was connected in different periods of time and the collected volumes were measured. The uniformity of water application was estimated by the Uniformity of Christiansen coefficient, coefficient of uniformity of distribution and coefficient of uniformity Static besides these were calculated the applied measurement and collection, system losses, application efficiency and management when and how much to irrigate. Based on the values found it can be concluded that the evaluated irrigation project presented an unacceptable uniformity bad poor water application, water application efficiency found below the recommended literature and management recommended you stop when the irrigate were the dates 18, 22 and 28 February and the amount of current water depth found was 62.64 mm.

RESUMO

Com o objetivo avaliar a eficiência e a uniformidade de distribuição e a necessidade de quando e quanto irrigar através do sistema de aspersão convencional em uma área de batata-doce no município de Gurupi - TO, a área entre quatro aspersores avaliada foi dividida em subáreas quadradas de aproximadamente 3m x 3m e coletores foram instalados no centro de cada subárea, de forma que a lâmina coletada representasse a sua precipitação. Após a montagem dos coletores, o sistema de irrigação foi ligado em diferentes períodos de horários e os volumes coletados foram medidos. A uniformidade de aplicação de água foi estimada através do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen, Coeficiente de Uniformidade de Distribuição e Coeficiente de Uniformidade Estatística, além desses foram calculadas a lâminas aplicadas medida e coletas, perdas do sistema, eficiência de aplicação e o manejo de quando e quanto irrigar. Com base nos valores encontrados pode-se concluir que o projeto de irrigação avaliado apresentou uma uniformidade inaceitável a ruim de aplicação de água, a eficiência de aplicação de água encontrada abaixo do recomendado pela literatura e o manejo recomendado quando irrigar foram nas datas 18, 22 e 28 de fevereiro e a quantidade de lâmina de água atual encontrada foi de 62,64 mm.

Palavras-chaves

irrigação
aspersão
Ipomoea batatas

Received 25 September 2020; Received in revised from 20 November 2020; Accepted 10 March 2021

INTRODUÇÃO

A agricultura irrigada apresenta uma das grandes estratégias para a obtenção da produção mundial de alimentos. Segundo Mantovani et al (2009) mais da metade da população mundial é dependente de alimentos produzidos em áreas irrigadas. A irrigação apresenta diversos benefícios, como aspectos sociais e ecológicos, melhora a eficiência no uso da água e da energia, mantendo as condições favoráveis de umidade do solo para que a planta tenha um bom desenvolvimento (PAZ et al., 2000).

Os sistemas de irrigação por aspersão aplicam água da forma mais uniforme possível, e a sua desuniformidade de aplicação diminui o retorno econômico (Faria et al., 2009). Para que a irrigação seja eficiente, deve apresentar alta uniformidade de aplicação da água. Avaliar as condições de pressão, vazão e lâminas d'água aplicadas, são sempre necessárias para uma boa uniformidade de aplicação de água (SILVA & SILVA, 2005). Biscaro et al (2009) explicam que dentro dos sistemas de irrigação por aspersão existe o sistema de irrigação por aspersão convencional, que é composto, em geral, por aspersores, acessórios, tubulações (linhas laterais, linhas de derivação, linha principal, linha de recalque e linha de sucção) e conjunto motobomba. Vale mencionar que no Brasil a maioria dos produtores de batata-doce adotam sistemas de irrigação como sulcos e a aspersão.

Nesse sentido, para cada tipo de cultura o planejamento do uso de irrigação é distinto, sendo que a escolha do sistema de irrigação, forma do planejamento de irrigação baseado no manejo da água contribuindo diretamente no comportamento dos nutrientes. Coelho et al (2014) mostram que dentro dos sistemas de irrigação, o uso da irrigação com déficit, atende parcialmente a necessidade da água na cultura, com objetivo de a lâmina de água ser inferior que a evapotranspiração da planta a um período

adequado e obter uma redução na produtividade.

A batata-doce (*Ipomoea batatas*) é originária da América Central e do Sul, da família *Convolvulaceas*, com 50 gêneros e mais de 1000 espécies sendo, somente a batata-doce tendo cultivo econômico (Silva et al., 2008). No Tocantins, a batata-doce é plantada em diferentes condições edafoclimáticas, havendo grande variação no rendimento através do sistema de cultivo até níveis de investimentos (AMORIN et al., 2011).

O sistema radicular da batata-doce dispõe de 70 cm a 90 cm de profundidade, sendo ramificado, facilitando a sua exploração em maior volume de solo e proporcionando uma absorção melhor de água e nutrientes em camadas mais profundas. A sua necessidade hídrica durante seu ciclo é de 500 mm (SILVA et al., 2008).

Neste sentido, objetivou-se com o presente trabalho avaliar a eficiência, uniformidade de distribuição e aplicação da água, a necessidade de quando e quanto irrigar através da irrigação por aspersão na cultura da batata-doce.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida na estação experimental do Campus Universitário de Gurupi, da Universidade Federal do Tocantins, em condições de 278 m de altitude, nas coordenadas de 11° 43' de latitude S, 49° 15' longitude W, em um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. O solo foi preparado de forma convencional, com uma aragem e duas gradagens, a área foi corrigida e adubada conforme as exigências nutricionais da cultura.

O suprimento de água nas plantas da cultura da batata-doce foi feito por irrigação via aspersão convencional, avaliadas entre os meses de fevereiro e março de 2016. Os dados meteorológicos da estação climatológica da Universidade Federal do Tocantins campus Gurupi-TO estão descrito na (Tabela 1).

Tabela 1 - Dados meteorológicos de médias máximas, mínimas e médias e médias de Temperatura do ar, UR do ar, velocidade do vento e precipitação nos dois meses em estudo em Gurupi – TO (2016).

Meses de Avaliação	Temperatura do ar (°C)			Umidade relativa do ar (%)			Velocidade do vento m.s ⁻¹	Precipitação Volume mensal
	Máx.	Mín.	Méd.	Máx.	Mín.	Méd.		
Fevereiro	34,7	22,8	28,1	94	47,3	74,5	0,5	29
Março	35,2	23,7	29,6	95	48	73,4	0,4	213,8

Foram utilizados quatro aspersores, sendo, dois da marca Midi Eco A 232 com a combinação de bocais 5,6 mm x 3,2 mm e com raio de alcance do

jato de 9 m. E dois da Agrojet com emissores de 5 mm, tendo seu raio de alcance de jato de 12 m, sendo indicada uma pressão de serviço de 20 mca

(metros de coluna de água), com os 4 aspersores funcionando simultaneamente. Sua estrutura de montagem dos encanamentos foi no formato retangular para maior facilidade na instalação e melhor aproveitamento da área.

Utilizou-se 14 tubos de PVC para a formação da linha principal com diâmetro de 75 mm. Os canos das linhas derivadas foram no total 4 tubos PVC a 75 mm. Efetuando seu espaçamento da linha principal até a derivada de 6 m x 6 m. A bomba utilizada para essa distribuição de água no sistema de irrigação tem sua potência de 25 cv a 380 volts.

Realizou-se a coleta de duas amostras compostas de solo na área experimental antes do sistema de irrigação, sem cultura implantada, onde a partir da primeira determinou-se a umidade do solo e a partir da segunda determinaram-se as características físico-hídricas do solo. A primeira amostragem foi feita através de anéis volumétricos com altura de 10 cm x 5 cm de diâmetros e a coleta foi realizada em seis pontos diferentes da área cultivada, numa profundidade até 20 cm, obtendo-se um solo com características de textura média.

Posteriormente, os solos coletados foram armazenados em uma caixa térmica, a fim de conservar sua umidade e facilitar o manuseio das amostras até o laboratório de solos, da própria instituição. Utilizou-se o método Padrão de Estufa, que se fundamenta na determinação da diferença de peso em amostras que irá determinar a porcentagem de umidade antes e após uma secagem. Este método caracteriza-se por apresentar uma alta precisão, conforme a literatura (Mantovani et al., 2009).

A pesagem dos solos úmidos, dentro do anel volumétrico, foi realizada em uma balança analítica. Logo após, esses mesmos solos foram levados para uma estufa comum, a uma temperatura entorno de 110 °C durante 24 horas, o método é definido pelo peso final da amostra.

À secagem as amostras foram pesadas novamente, além disso, foram feitas as coletas dos dados da pesagem do anel volumétrico sem o solo para determinarmos a porcentagem de umidade do solo, base seca (Ubs) e base volume (Uv) através das equações 1 e 3 respectivamente e densidade aparente (Da) a partir da equação 2.

$$\% \text{ Ubs} = \frac{M1-M2}{M2-M3} \times 100 \quad (1)$$

Onde: Ubs: Umidade de base seca, em %; M1= Peso do solo + peso do recipiente, em g; M2 = Peso do solo seco + peso do recipiente, em g; M3 = Peso do recipiente de amostragem.

$$Da = \frac{M2-M3}{\frac{(3,14 \times d^2) \times 2,52}{4}} \quad (2)$$

Onde: Da = Densidade aparente, em g.cm⁻³; M2 = Peso do solo seco + peso do recipiente, em g; M3 = Peso do recipiente de amostragem, em g; d = Diâmetro do anel volumétrico, em cm.

$$U\text{volume} = U\text{bs} \times Da \quad (3)$$

Onde: Uv = Umidade em volume, em %; Da = Densidade aparente, em g.cm⁻³; Ubs: Umidade de base seca, em %.

A segunda coleta das amostras compostas foi realizada utilizando a mesma área, até 20 cm de profundidade, tendo as mesmas características da primeira amostragem. Desta forma, usou-se a enxada para a retirada dessas amostras em 10 (dez) pontos diferentes na área do plantio.

As amostras retiradas foram armazenadas em sacos plásticos transparentes e levadas para o laboratório de solos da Universidade Federal do Tocantins, onde foram misturadas e peneiradas utilizando peneiras de 2 mm de diâmetro. Foi feita a pesagem na balança analítica obtendo 300 g de solos armazenados em sacos plásticos e enviados para o laboratório de física do solo da Universidade Federal de Lavras para a obtenção dos resultados das características físico-hídricas do solo para a capacidade de campo (Cc) e o ponto de murcha (Pm) pelo extrator de Richard na elaboração da curva de retenção da umidade do solo de acordo com a metodologia da Embrapa (1997).

A montagem da malha dos coletores pluviômetros foi feita por 63 (sessenta e três) coletores de copos plásticos (pluviômetros) divididos em subáreas quadradas em um espaçamento entre eles de 3 m x 3 m dentro da área de cultivo, onde foram avaliadas as lâminas de água dos aspersores para que seja feita a coleta dos dados aplicados através da pressão e vazão do equipamento (Mantovani et al., 2009).

Foram feitas 7 avaliações nas seguintes datas 11/02, 20/02, 22/02, 24/02, 29/02, 02/03, 18/03 no ano de 2016. Não houve avaliações nos demais intervalos de dias para o mês de março em razão da presença de chuva na região, ocasionando o deslizamento do sistema de irrigação. De acordo com Leite (2015) nas proximidades de Gurupi (TO), a média de precipitação pluviométrica, é de 1.646,3 mm, ano⁻¹, apresentando duas estações bem definidas, uma seca, de julho a agosto, e outra chuvosa, de setembro a maio.

Para a obtenção das vazões dos aspersores, a leitura se deu através de coleta da água dos aspersores na mangueira acoplada no bocal do aspersor e direcionado para um reservatório para saber o volume da água. Para obtenção da pressão de serviço no aspersor foi utilizado monômetro como instrumento. Para execução dos dados foram feitas as avaliações de cada lâmina de água dentro dos coletores pluviométricos em cada bloco, através da proveta volumétrica sendo sua medição em ml.

Em seguida os dados foram anotados para próxima metodologia de cálculos citados por (MANTOVANI et al., 2009), sendo:

Coefficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), equação 4:

$$CUC = \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|}{n \cdot \bar{x}} \right] \cdot 100 \quad (4)$$

Onde: CUC = Coeficiente de Uniformidade de Christiansen, em %; x_i = Precipitação obtida no coletor de ordem i , em ml; \bar{x} = Precipitação média dos coletores, em ml; n = Número de amostras coletadas.

Coefficiente de uniformidade de distribuição (CUD), equação 5:

$$CUD = \frac{Lq}{Lm} \times 100 \quad (5)$$

Onde: CUD = Coeficiente de Uniformidade de Distribuição, em % (porcentagem); Lq = Média dos primeiros 25% menores valores de lâminas coletadas na avaliação (média do maior quartil), em mm; Lm = Lâmina média de todas as observações, em mm.

Relação entre a vazão de dois aspersores em uma linha lateral expresso pela equação 6:

$$\frac{q_1}{q_2} = \frac{\sqrt{PS_1}}{\sqrt{PS_2}} \quad (6)$$

Onde: q_1 = Vazão do aspersor 1, em $l.s^{-1}$; q_2 = Vazão do aspersor 2, em $l.s^{-1}$; PS_1 = Pressão de serviço do aspersor 1, em mca; PS_2 = Pressão de serviço do aspersor 2, em mca.

Intensidade de aplicação medida e coletada, equações 7a e 7b:

$$Ia \text{ (medida)} = 3600 \times \frac{q \text{ medida}}{(S_1 \times S_2)} \quad (7a)$$

Onde: q = Vazão medida do bocal do aspersor, em $l.s^{-1}$; S_1 = Espaçamento entre linhas, em m; S_2 = Espaçamento entre aspersores, em m.

$$Ia \text{ (coletada)} = \frac{\sum_{i=1}^n Li}{n} \quad (7b)$$

Onde: Ia = Intensidade de aplicação, em $mm.h^{-1}$; Li = Lâmina de cada coletor, em mm; n = Número de amostra coletadas, em mm.

Perdas por evaporação e arraste pelo vento, equação 8:

$$PEv + \text{arraste} = 100 \times \frac{(I_{am} - I_{ac})}{I_{am}} \quad (8)$$

Onde: I_{am} = Intensidade de aplicação medida, em $mm.h^{-1}$; I_{ac} = Intensidade de aplicação coletada, em $mm.h^{-1}$

Eficiência de aplicação (Ea), equação 9:

$$Ea = E_1 \times E_2 \quad (9)$$

Onde: E_1 = Eficiência de distribuição \approx CUC; E_2 = Eficiência durante a aplicação = $1 - PEv + \text{arraste}$.

Coefficiente estático de uniformidade (CUE), equação 10, conforme Bernardo et al. (2006):

$$CUE = 1,25 \times CUC - 25 \quad (10)$$

Onde: CUE = Coeficiente estático de uniformidade, em %; CUC = Coeficiente de Uniformidade de Christiansen, em %.

Dados adquiridos da Evapotranspiração de referência (ET_o) dos meses de fevereiro a março foram obtidos através do boletim agrometeorológico da Universidade Federal do Tocantins, Campus de Gurupi (Oliveira Filho et al., 2016).

Para o uso da obtenção dos resultados de quando e quanto a irrigar, foram usadas as seguintes equações:

Disponibilidade de água no solo (DTA), equação 11:

$$DTA = \frac{(Cc - Pm)}{10} \quad (11)$$

Onde: DTA = Disponibilidade total de água do solo, em $mm.cm^{-1}$; Cc = Capacidade de Campo, em

% peso volume; Pm= Ponto de murcha permanente, em % peso volume.

Capacidade total de água no solo (CTA), equação 12:

$$CTA = DTA \times Z \quad (12)$$

Onde: DTA= Disponibilidade total de água do solo, em mm/cm CTA = Capacidade total de água no solo, em mm; Z = Profundidade efetiva do sistema radicular, em cm.

Segundo Marouelli et al (2016) a zona radicular efetiva (Z) usada para o cálculo do CTA foi de 58 cm e o coeficiente da cultura (Kc) 1,15 recomendado para estágio vegetativo em que a batata-doce se encontrava. Para Mantovani et al (2009), o fator de disponibilidade de água (f) para culturas classificadas como legumes e verduras foi 0,4 significando que 40 % da água disponível no solo é extraído facilmente pela.

Capacidade real de água do solo (CRA), equação 13:

$$CRA = CTA \times f \quad (13)$$

Onde: CRA = Capacidade real de água do solo, em mm; CTA = Capacidade total de água no solo, em mm; f = Fator de disponibilidade hídrica, sempre menor que 1. Fator f da batata 0,65.

Evapotranspiração potencial da cultura (ETpc), equações 14a e 14b:

$$ETpc = Kc \cdot ETo \quad (14a)$$

Onde: ETpc = Evapotranspiração potencial da cultura; Kc = Coeficiente da cultura; ETo = Evapotranspiração de referência, em mm.

$$ETo = c \cdot (0,46 \cdot T + 8,13) \cdot P \quad (14b)$$

Onde: ETo = Evapotranspiração de referência, em mm; c = Fator de ajuste em função de dados climáticos médios; T = Temperatura média mensal, em °C; P = Porcentagem mensal das horas de luz solar, em %.

Lâmina atual de água no solo (LAA), equação 15:

$$LAA = CTA - ETpc \quad (15)$$

Onde: LAA = Lâmina atual de água no solo, em mm; ETpc = Evapotranspiração potencial da cultura.

Coeficiente de umidade do solo (Ks), equação 16:

$$Ks = \frac{\ln(LAA+1,0)}{\ln(CTA+1,0)} \quad (16)$$

Onde: Ks = Coeficiente de umidade do solo; Ln = Logaritmo neperiano; CTA = Capacidade total de água no solo, em mm; LAA = Lâmina atual de água no solo, em mm.

Evapotranspiração de determinada cultura (ETc) equação 17, sendo seu resultado menor ou igual a ETpc de acordo com Bernardo et al (2006):

$$ETc = Ks \cdot ETpc \quad (17)$$

Onde: ETc = Evapotranspiração de determinada cultura, em mm; Ks = Coeficiente de umidade do solo; ETpc = Evapotranspiração potencial da cultura.

Irrigação real necessária (IRN), equação 18:

$$IRN = CRA \quad (18)$$

Onde: IRN = Irrigação real necessária, em mm; CRA = Capacidade real de água no solo, em mm.

Irrigação total necessária (ITN), equação 19, segundo (MANTOVANI et al., 2009):

$$ITN = \frac{IRN}{Ea} \quad (19)$$

Onde: ITN = Irrigação total necessária, em mm; IRN = Irrigação real necessária, em mm; Ea = Eficiência de aplicação, em %.

Essas equações foram utilizadas para determinar o manejo de quanto e quando irrigar, ou seja, demonstra na prática por meio desses cálculos recomendados para esse tipo de manejo que a forma conduzida do sistema de irrigação pela UFT está incorreta. Lembrando que não houve interferência nenhuma em relação como era conduzido o sistema de irrigação nas áreas de experimento. Na Tabela 6 cita-se que foi realizada a avaliação do manejo de irrigação através dessas fórmulas citadas no mês de fevereiro e março, sendo avaliados todos os dias.

Os dados foram avaliados de acordo com a metodologia recomendada da literatura do livro Irrigação: princípios e métodos pelo autor Mantovani et

al (2009) e Manual de irrigação de Bernardo et al (2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O trabalho foi realizado em sete avaliações no

campo. Os blocos representam as lâminas de água coletadas respectivamente em seus valores e as bordaduras representam as lâminas coletadas de fora dos blocos de acordo com a Tabela 2, totalizando 27 coletas após a sobreposição.

Tabela 2: Valores das lâminas de água coletadas nos pluviômetros após sobreposição em mm.

Avaliação	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3	Bloco 4	Bordaduras
1	42	53	77	43	35
	46	56,7	75,2	35	32,4
	13,6	19,2	29	10,4	13
	46	69,6	55,6	37,2	-
	46	68	60	42	-
	21	30,4	27,2	10,4	-
Avaliação	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3	Bloco 4	Bordaduras
2	20	39,6	46	29,6	17,6
	24	57,4	67,2	32	16,4
	4	5	13,6	10,4	5
	17,4	33	36,6	26,6	-
	34,4	35,2	35,6	29,2	-
	11	19	20	13,6	-
Avaliação	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3	Bloco 4	Bordaduras
3	15,2	25,6	31,6	20	25,6
	15,2	28,4	30,4	28,6	9,6
	3	5,6	9,6	14,4	4
	17,4	23,2	28,4	11,2	-
	31,2	27,6	22,2	17	-
	10	13,2	13,6	7,2	-
Avaliação	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3	Bloco 4	Bordaduras
4	15,4	47,6	70	63,2	31
	19,6	76	77	55,6	33,6
	3,2	6	19,2	25,2	10
	37,2	45,6	62,4	57	-
	47	57	73,2	48	-
	34	35,6	38	10	-
Avaliação	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3	Bloco 4	Bordaduras
5	31,2	53,2	68,4	62	33,2
	41,2	64	79,6	52,4	34,4
	10	10	29	27,6	9,6
	42,4	51,6	75,6	30	-
	64,4	53,2	70,4	45	-
	31	32	39	23,2	-
Avaliação	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3	Bloco 4	Bordaduras
6	14,4	30	39,2	31,2	17,6
	17	27	45	34	19
	3,6	8	10	10,4	9
	25,6	27	35,2	24,4	-
	23,6	37,2	39,2	27,6	-
	13,6	17,2	21,6	10,4	-
Avaliação	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3	Bloco 4	Bordaduras
7	22	25	42	25,6	14,4
	21,2	41,2	41	23,6	17,2
	5,2	8	11	32	8
	24,4	48	26	20	-
	28,4	38,4	34	17,6	-
	11,6	17,6	24	4	-

As lâminas de água variaram de 79,6 mm a 3 mm observados pela Tabela 2, contudo seus valores foram calculados através dos Coeficientes de Uniformidade de Christiansen (CUC), Coeficiente de Distribuição (CUD) e o Coeficiente de Uniformidade Estática (CUE), conforme é apresentado na Tabela 3, de acordo com Mantovani (2001).

midade de Christiansen (CUC), Coeficiente de Distribuição (CUD) e o Coeficiente de Uniformidade Estática (CUE), conforme é apresentado na Tabela 3, de acordo com Mantovani (2001).

Tabela 3 - Valores e classificação dos Coeficientes de Uniformidade, CUC, CUD e CUE.

Avaliação	1	2	3	4	5	6	7
CUC (%)	62**	53*	59*	55*	62**	60**	61,4*
CUD (%)	40**	41**	43,3**	29,3*	47**	40,4**	36,7**
CUE (%)	53*	41,2**	49*	43,8*	53*	50*	52*

Classificação: *inaceitável, **ruim, ***razoável.

Os resultados adquiridos na Tabela 3 pelos Coeficientes de Uniformidade (CUC, CUD e CUE), demonstram a má distribuição de água no experimento, sendo classificados como inaceitáveis a ruim o que foi observado no sistema e que o CUC obteve 53% a 62% representando que a área está recebendo lâmina maior ou igual a lâmina média aplicada, no CUD de 29,3% a 47% e no CUE de 41,2% a 53%. A variação de valores de cada avaliação do CUC, CUD e CUE são nessa ordem 7%, 10,3% e 7,8%.

Essa má distribuição da água foi provocada pelos fatores como variação de pressões dos aspersores variando entre 20 mca a 12 mca não apresentando equilíbrio, o mal estado de uso das tubulações ocasionando vários pontos de vazamentos no sistema. Outro fator para o uso das baixas pressões se-

ria no bombeamento da condução da irrigação devido a possíveis estouros nas tubulações com o aumento dessas pressões.

A aplicação irregular da vazão dos aspersores pode ser um dos motivos para a má uniformidade de distribuição de água. Através do teste de vazão executada na própria área, concluímos que a média do aspersor A foi de 676,8 L.h⁻¹ e no aspersor B a média foi de 576 L.h⁻¹, utilizando o espaçamento entre aspersores e linha dos aspersores de 6 m x 6 m sobre uma pressão de serviço a 12 mca, observada na Tabela 4.

Resultados esses que não condizem com os valores especificados dos catálogos de fabricante que demonstraram uma vazão para o aspersor A de 1.700 L.h⁻¹ e no aspersor B a 2.440 L.h⁻¹, operando a uma pressão de 20 mca recomendado para espaçamento 12 x 12 m.

Tabela 4 - Teste de vazão dos aspersores.

Aspersores	Tempo (s)		Vazão (L.s ⁻¹)		Média L.s ⁻¹	Ps (mca)
	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 1	Rep. 2		
A	128	110	0,156	0,222	0,188	12
B	131	130	0,156	0,159	0,160	12
Total					0,348	

A= Midi Eco A232 B= Agrojet.

Segundo Bernardo et al (2006) projetos de irrigação conduzidos por aspersão é indicado apresentar-se coeficientes de uniformidades de 75% a 90%, é o recomendado para que obtenha uma boa distribuição espacial de água e consequentemente melhor uniformidade na cultura. Normalmente valores reduzidos de uniformidade ocasionam maiores consumos de energia e água além de grandes perdas de nutrientes por deflúvio superficial, percolação profunda e simultaneamente apresenta plantas com déficit hídrico conforme Martins et al (2011).

Outro fator foi a influência das condições climáticas durante os estudos, sendo a umidade relativa do ar com a média de 74,5% a 73,4%, média de temperaturas de 29,6 °C a 28,1 °C avaliadas nos meses de fevereiro a março, já descritos pela Tabela

1. Valores esses considerados altos, ocasionando perdas de água por evaporação.

Rocha et al (1999) utilizaram médias parecidas com esse estudo e relataram que houve aumento na umidade relativa do ar de 57,4% a 64,6% e da temperatura 29,3 °C a 30,9 °C, consta que obteve perdas média de evaporação. Mantovani et al (2003) retratam que a velocidade dos ventos e um dos fatores que mais influenciam o sistema de irrigação, onde as perdas variam de 13% a 45%, para condições de vento fraco e umidade relativa do ar baixa vento fraco e umidade relativa do ar alta, vento forte e umidade relativa do ar baixa, e vento forte e umidade relativa do ar alta, respectivamente.

A velocidade dos ventos, um dos fatores que mais influenciam o padrão da irrigação, apresentou

médias de 0,4 m s⁻¹ a 0,5 m s⁻¹, considerados baixos, ou seja, não houve interferência dos ventos, não comprometendo a distribuição de água neste estudo. Rezende et al (2002) avaliaram a média de velocidade do vento sendo 0,62 m s⁻¹ e a umidade relativa do ar a 58% no seu trabalho, com base nesse valor constatou-se a não influência dos ventos no seu sistema de irrigação.

Os resultados do uso da eficiência de irrigação na área estão ilustrados pela Tabela 5, onde os parâmetros calculados foram intensidade de aplicação

medida (Ia medida) e coletada (Ia coletada), perdas por percolação, evaporação e arraste de vento (Pev + arraste), eficiência de aplicação (Ea). Para a execução dos cálculos para intensidade medida, foi necessário adaptar os valores dos horários de cada avaliação por motivo de variações desses horários e o ajuste das vazões devido diferentes pressões utilizadas nas avaliações. Assim com estes ajustes foram feitos os cálculos.

Tabela 5 - Parâmetros técnicos referentes ao desempenho atual do sistema de irrigação por aspersão da área de cultivo da batata-doce, Intensidade de aplicação (Ia em mm/h) e Perdas por percolação, evaporação e arraste (Pev + arraste em %) e Eficiência de aplicação (Ea em %).

Avaliação	1	2	3	4	5	6	7
Ia medida	65,1	45	28,5	39	45,4	32	35
Ia (coletada)	41	26	18	41	43	23	24,2
Pev+arraste	37	42,2	37	5,1	5,3	28	31
Ea	39	30,6	37,1	58	59	-	-

Observa-se pela Tabela 5 que em todas as avaliações 1, 2, 3, 5, 6 e 7 foram aplicadas lâminas abaixo do que é recomendado pelo fabricante. Tal fato pode ter favorecido uma maior influência das condições meteorológicas, principalmente a evaporação nos valores das lâminas coletadas, colaborando para uma classificação ruim de uniformidade de distribuição de água. A avaliação 4 obteve um erro experimental em campo apontando resultados não adequados em comparação as outras avaliações.

Essa comparação mostra que houve diferença considerável nas lâminas de 24,1; 19; 10,5; 2,4; 9 e, 11 mm.h⁻¹ entre a lâmina aplicada pelo aspersor e a lâmina coletada nos pluviômetros. A perda de água pode ser relacionada a uma sobreposição irregular observado durante o estudo, na área do experimento havia pontos com maior quantidade de água no centro e nas bordaduras menores quantidades confirmando a má sobreposição. Essa desigualdade que existe entre as lâminas aplicadas e coletadas corresponde de 5,3% a 37% de perdas de água, significando que houve também consideráveis perdas por evaporação e percolação.

Em razão do mau dimensionamento do projeto de irrigação houve essa irregularidade de sobreposição, sendo que a necessidade hídrica da batata-doce não foi atendida, uma vez que na fase de crescimento da cultura a demanda é de até 500 mm de água. Ao realizarem estudos no projeto de irrigação por aspersão convencional, Paulino et al (2009) e Martins et al (2011) observaram que quando se obtém uma baixa uniformidade de aplicação de água,

obterá também baixos valores de CUC e CUD, devido ao mal dimensionamento do projeto e falha no manejo do sistema, como se observou nesse estudo.

Campêlo et al (2014) frisam que as variações das lâminas de água podem estar relacionadas ao uso de diferentes modelos de aspersores e diâmetros dos bocais. Bernardo et al. (2006) ressaltam que para conseguir uma ótima uniformidade de aplicação de água, os aspersores devem ser espaçados de modo que consiga uma boa sobreposição entre os perfis da distribuição de água dos aspersores e no decorrer das linhas laterais e linhas principais. As perdas por vazamentos em sistemas com manutenção ineficientes podem passar de 10%.

Consequentemente, a eficiência de aplicação de 30,6% a 59% apontou uma redução nos seus valores. A eficiência de aplicação é a relação entre a quantidade de água armazenada no sistema radicular e a quantidade de água aplicada, justificando o baixo desempenho, constatando o que se realizou no trabalho.

O ponto-chave para o manejo de irrigação é decidir quando e quanto irrigar. A Tabela 6 demonstra o período que será irrigado, descrevendo também a lâmina de água necessária para supri-la, as características hídricas do solo representadas como a disponibilidade total de água (DTA), a capacidade total de água no solo (CTA) e a capacidade real de água (CRA) foram determinadas através dos cálculos efetuados na ordem de 1,08 mm.cm⁻¹, 62,64 mm e 25,06 mm.

Tabela 6 - Cálculos de quando e quanto irrigar no experimento em campo da cultura da batata-doce para os meses de fevereiro e março.

Data	DTA	CTA	CRA	ET ₀	Kc	ET _{pc}	LAA	Ks	ET _c	Pe	IRN	ITN
11/02	1,08	62,64	25,06	4,9	1,15	5,6	62,64	1	5,6	-	-	-
12/02	1,08	62,64	25,06	5,2	1,15	6,0	57,04	0,98	5,9	-	-	-
13/02	1,08	62,64	25,06	4,2	1,15	4,83	51,14	0,95	4,6	-	-	-
14/02	1,08	62,64	25,06	1,7	1,15	1,95	46,54	0,93	1,81	4,8	-	-
15/02	1,08	62,64	25,06	3,2	1,15	3,7	49,53	0,94	3,48	3,8	-	-
16/02	1,08	62,64	25,06	5,3	1,15	6,1	49,85	0,95	5,8	-	-	-
17/02	1,08	62,64	25,06	5,3	1,15	6,1	44,05	0,92	5,61	-	-	-
18/02	1,08	62,64	25,06	5,2	1,15	6,0	38,44/62,64	1	6,0	-	37,33	84,46
19/02	1,08	62,64	25,06	5,7	1,15	6,55	56,64	0,98	6,4	-	-	-
20/02	1,08	62,64	25,06	5,1	1,15	5,9	50,24	0,95	5,6	-	-	-
21/02	1,08	62,64	25,06	5,1	1,15	5,9	44,64	0,92	5,43	-	-	-
22/02	1,08	62,64	25,06	5,6	1,15	6,4	39,21/62,64	1	6,4	-	37,33	84,46
23/02	1,08	62,64	25,06	5,6	1,15	6,4	56,24	0,97	6,21	-	-	-
24/02	1,08	62,64	25,06	5,6	1,15	6,4	50,03	0,95	6,1	-	-	-
25/02	1,08	62,64	25,06	4,9	1,15	5,63	43,93	0,92	5,2	-	-	-
26/02	1,08	62,64	25,06	2,0	1,15	2,3	38,73	0,88	2,02	14,8	-	-
27/02	1,08	62,64	25,06	4,1	1,15	4,71	51,51	0,95	4,5	-	-	-
28/02	1,08	62,64	25,06	5,6	1,15	6,44	47,01	0,93	6,0	-	-	-
29/02	1,08	62,64	25,06	5,6	1,15	6,44	41,01/62,64	1	6,44	-	37,33	84,46
01/03	1,08	62,64	25,06	4,7	1,15	5,41	56,2	0,97	5,24	-	-	-
02/03	1,08	62,64	25,06	3,8	1,15	4,4	50,96	0,95	4,2	1	-	-
03/03	1,08	62,64	25,06	2,6	1,15	3,0	47,76	0,94	2,82	4	-	-
04/03	1,08	62,64	25,06	3,2	1,15	3,7	49	0,94	3,5	12,8	-	-
05/03	1,08	62,64	25,06	1,8	1,15	2,1	58,3	0,98	2,06	2,6	-	-
06/03	1,08	62,64	25,06	2,1	1,15	2,41	59	0,98	2,36	10,2	-	-
07/03	1,08	62,64	25,06	2,2	1,15	2,53	66,84/62,64	1	2,53	2,2	-	-
08/03	1,08	62,64	25,06	4,3	1,15	4,94	62,31	1	4,94	1,2	-	-
09/03	1,08	62,64	25,06	1,9	1,15	2,2	58,57	0,98	2,16	6	-	-
10/03	1,08	62,64	25,06	4,2	1,15	4,83	62,41	1	4,83	-	-	-
11/03	1,08	62,64	25,06	1,0	1,15	1,15	57,58	0,98	1,13	29,2	-	-
12/03	1,08	62,64	25,06	2,8	1,15	3,22	85,65/62,64	1	3,22	11,4	-	-
13/03	1,08	62,64	25,06	3,6	1,15	4,14	70,82/62,64	1	4,14	51,6	-	-
14/03	1,08	62,64	25,06	4,0	1,15	4,6	110,1/62,64	1	4,0	2	-	-
15/03	1,08	62,64	25,06	3,8	1,15	4,37	60,04	0,99	4,33	0,2	-	-
16/03	1,08	62,64	25,06	3,8	1,15	4,37	55,91	0,97	4,24	13,4	-	-
17/03	1,08	62,64	25,06	4,4	1,15	5,1	65,07/62,64	1	5,1	-	-	-
18/03	1,08	62,64	25,06	4,7	1,15	5,4	57,54	0,98	5,3	-	-	-
06/03	1,08	62,64	25,06	2,1	1,15	2,41	59	0,98	2,36	10,2	-	-
07/03	1,08	62,64	25,06	2,2	1,15	2,53	66,84/62,64	1	2,53	2,2	-	-
08/03	1,08	62,64	25,06	4,3	1,15	4,94	62,31	1	4,94	1,2	-	-
09/03	1,08	62,64	25,06	1,9	1,15	2,2	58,57	0,98	2,16	6	-	-
10/03	1,08	62,64	25,06	4,2	1,15	4,83	62,41	1	4,83	-	-	-
11/03	1,08	62,64	25,06	1,0	1,15	1,15	57,58	0,98	1,13	29,2	-	-
12/03	1,08	62,64	25,06	2,8	1,15	3,22	85,65/62,64	1	3,22	11,4	-	-
13/03	1,08	62,64	25,06	3,6	1,15	4,14	70,82/62,64	1	4,14	51,6	-	-
14/03	1,08	62,64	25,06	4,0	1,15	4,6	110,1/62,64	1	4,0	2	-	-
15/03	1,08	62,64	25,06	3,8	1,15	4,37	60,04	0,99	4,33	0,2	-	-
16/03	1,08	62,64	25,06	3,8	1,15	4,37	55,91	0,97	4,24	13,4	-	-
17/03	1,08	62,64	25,06	4,4	1,15	5,1	65,07/62,64	1	5,1	-	-	-
18/03	1,08	62,64	25,06	4,7	1,15	5,4	57,54	0,98	5,3	-	-	-

A evapotranspiração de referência (ET₀) variou de 1,7 mm dia⁻¹ a 5,3 mm dia⁻¹ em decorrência de cada dia apresentar variação climática presentes no local. A evapotranspiração potencial da cultura

(ET_{pc}) e a evapotranspiração da cultura (ET_c) também, apresentou variação nos seus valores de 6,55 mm dia⁻¹ a 1,15 mm dia⁻¹ e 6,4 mm dia⁻¹ a 1,13 mm dia⁻¹, respectivamente, ocasionado pela osci-

lação dos dados da ET₀. No caso da ET_c influenciada pela ET_{pc}, representando a transpiração da batata-doce no decorrer de cada dia.

Os dias recomendados para a execução das irrigações seriam 18/02, 21/02 e 29/02 e não havendo necessidade de irrigar nas seguintes datas 20/02, 24/02, 02/03 e 18/03, as irrigações efetuadas foram decorrentes da lâmina de água ter sido inferior ou próximo a 37,58 mm, valor estimado pela subtração da CTA com a CRA, onde a irrigação real necessária (IRN) e a irrigação total necessária (ITN) apontou valores respectivamente de 37,33 mm e 83,44 mm, a média da eficiência de aplicação testada já neste trabalho para os cálculos da ITN foi de 44,74%.

Segundo Mantovani et al. (2009) a IRN indica a quantidade de água através do sistema para que a planta se desenvolva sem déficit, o IRN deve apresentar valor menor ou igual a CRA, a ITN e a quantidade de água essencial para a cultura levando em considerações parâmetros como perdas por evaporação, desuniformidade e percolação através da eficiência da aplicação.

O coeficiente de umidade do solo (K_s) apresentou bastante variação nos seus dados, favorecido pela diferença das quantidades de água das lâminas diariamente. No restante de dias do mês de fevereiro e mês de março não foi necessário o uso da irrigação em consequência das precipitações efetivas das chuvas ocorrida na região.

Viero et al (2014) em seu trabalho citam que a diferença de valores da lâmina de água retida no solo do dia atual e do dia anterior interferem nos resultados do coeficiente K_s responsáveis pela redução da capacidade do solo em evaporar. O K_s é um coeficiente cujos valores indicam a redução da capacidade do solo em evaporar de acordo com os valores da lâmina de água jogada. Então concluindo que os valores encontrados pelo K_s são um dos responsáveis pela redução da capacidade da água no solo em evaporar.

CONCLUSÕES

Conclui-se que o projeto de irrigação executado na área de cultivo para batata-doce apresentou uma uniformidade de inaceitável a ruim de aplicação de água. A eficiência de aplicação de água encontrada foi abaixo da recomendação pela literatura.

O manejo recomendado para as datas de quando irrigar ocorreu nas datas 18 a 29 de fevereiro e a quantidade de lâmina de água de quanto irrigar encontrada através dos cálculos efetuados foi 62,64 mm e 37,33 mm seu mínimo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, a Universidade Federal do Tocantins – UFT, e ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Gurupi (TO).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amorin BSC, Oliveira GIS, Silveira MA, Nascimento IR, Ferreira TA. Adaptabilidade fenotípica de genótipos de batata-doce oriundos de sementes botânicas na região Sul do Estado do Tocantins. *Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias*, Guarapuava-PR, v.4, n.3, p.31-50, 2011.
- Bernardo S. Manual de irrigação 2 ed. Viçosa, U.F.V., Imprensa Universitária, 1982. 463p.
- Bernardo S, Soares AA, Mantovani EC. Manual de Irrigação. 8ª. Ed; Viçosa, Editora: UFV, 2006. 625p.
- Biscaro GA. Sistemas de irrigação por aspersão. Universidade Federal da Grande Dourados, 2009.
- Campêlo AR, Fernandes CNV, Silva ARA, Oliveira SR, Bezerra FML, Cândido MJD. Avaliação de sistemas de irrigação por aspersão em malha em áreas cultivadas com capim-braquiária. *Revista Agropecuária Técnica*, v.35 n.1, p.1-12, 2014.
- Coelho EF, Coelho Filho MA, Cotrim CEC, Silva AJP. Mecanismos para otimização da eficiência do uso da água em fruteiras tropicais. Documentos 209. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Mandioca e Fruticultura, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Cruz das Almas, BA, fevereiro, 2014. 24p.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análise de solo. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPq, 1997. 212p.
- Faria LC, Colombo A, Oliveira HFR, Prado G. Simulação da uniformidade da irrigação de sistemas convencionais de aspersão operando sob diferentes condições de vento. *Engenharia Agrícola*, v.29, n.1, p.19-27, 2009.
- Leite, O. C. Disponibilidade hídrica nos sistemas hidrográficos dos rios Tocantins e Araguaia no estado do Tocantins. Ano de obtenção:2015. 73 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) – Universidade Federal do Tocantins, Gurupi. (Dissertação).
- Mantovani EC. AVALIA: Programa de Avaliação da Irrigação por Aspersão e Localizada. Viçosa, MG: UFV. 2001.
- Mantovani EC, Zinato CE, Simão FR. Manejo de irrigação e fertirrigação na cultura da goiabeira. Rozane, DE, Couto, FAA, EJA/UFV (eds.). *Cultura da goiabeira: tecnologia e mercado*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, p.243-302, 2003.
- Mantovani EC, Bernardo S, Palaretti LF. IRRIGAÇÃO: Princípios e Métodos. 3ª edição. Viçosa – MG. Ed. UFV, 2009. 355p.
- Marouelli WA, Silva HR, Silva WL. C. Procedimento simplificado para o manejo de água em hortaliças irrigadas por

aspersão. Disponível em: < http://ceer.isa.utl.pt/cyted/brasil2008/posters/poster_WMarouelli.pdf> Acesso em 15 de Julho de 2016.

Martins CAS, Reis EF, Passos RR, Garcia GO. Desempenho de sistemas de irrigação por aspersão convencional na cultura do milho (*Zea mays* L.). *Idesia*, v.29, n.3. p.65-74, 2011.

Oliveira Filho JC, Saboya LMF, Viola MR. Boletim agrometeorológico da UFT campus de Gurupi – fevereiro / março, 2016.

Paulino MAO, Figueiredo FP, Fernandes RC, Maia JTLS, Guilherme DO, Barbosa FS. Avaliação da uniformidade e eficiência de aplicação de água em sistemas de irrigação por aspersão convencional. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v.3, n.2, p.48-54, 2009.

Paz VPS, Teodoro REF, Mendonça FC. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.4, n.3, p.465-473, 2000.

Rocha EMM, Costa RNT, Mapurunga SMS, Castro PT. Uniformidade de distribuição de água por aspersão convencional na superfície e no perfil do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.3, n.2, p.154-160, 1999.

Silva CA, Silva CJ. Avaliação de uniformidade em sistemas de irrigação localizada. *Revista Científica Eletrônica de Agronomia*, Ano IV, n.8, dez. 2005.

Silva JBC, Lopes CA, Magalhães JS. Batata doce (*Ipomoeas batatas*). EMBRAPA. Embrapa Hortaliças. Sistemas de Produção, n. 6. junho de 2008. Versão Eletrônica. Disponível em: https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Batata-doce/Batata-doce_Ipomoea_batatas/apresentacao.html Acesso em 16 de Junho de 2016.

Viero GP, Ferreira JHD, Arantes AJ. Quantificação da demanda hídrica utilizando o balanço de água no solo e o levantamento agrícola por imagens de satélite. *Irriga, Botucatu*, v.19, n.4, p.675-693, outubro-dezembro, 2014.