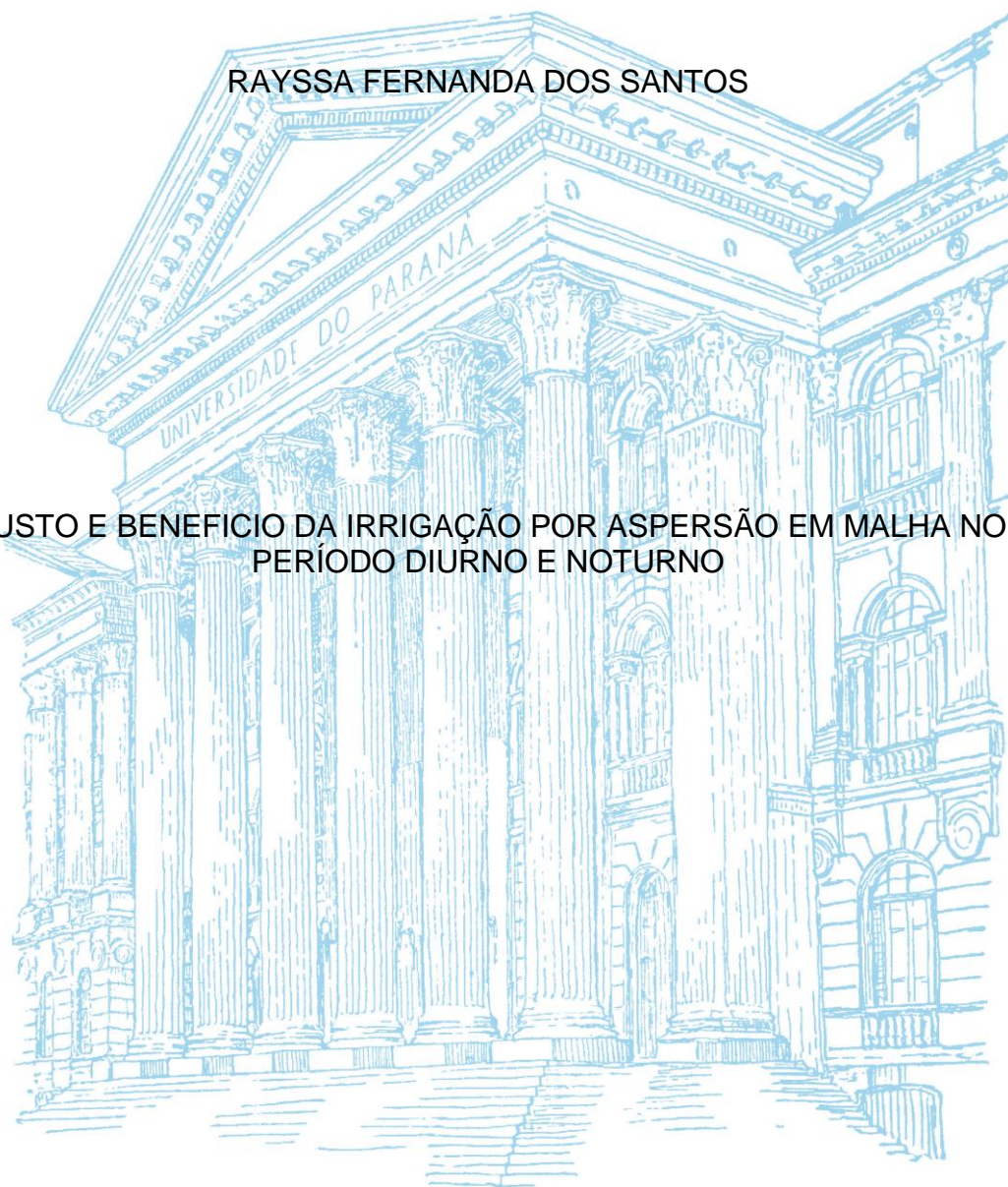


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ – SETOR PALOTINA

RAYSSA FERNANDA DOS SANTOS

CUSTO E BENEFÍCIO DA IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO EM MALHA NO
PERÍODO DIURNO E NOTURNO



PALOTINA
2015

RAYSSA FERNANDA DOS SANTOS

CUSTO E BENEFICIO DA IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO EM MALHA NO
PERÍODO DIURNO E NOTURNO

Trabalho apresentado como requisito parcial à
obtenção do grau de Engenheira Agrônoma da
Universidade Federal do Paraná – Setor Palotina.

Orientador: Prof. Elisandro Pires Frigo

PALOTINA

2015

TERMO DE APROVAÇÃO

RAYSSA FERNANDA DOS SANTOS

CUSTO E BENEFÍCIO DA IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO EM MALHA NO PERÍODO DIURNO E NOTURNO

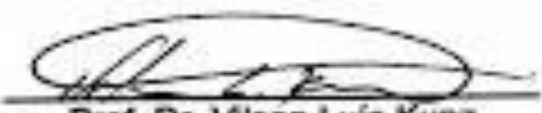
Trabalho apresentado como requisito parcial à obtenção do grau de
Engenheira Agrônoma no curso de Agronomia, pela seguinte banca
examinadora:



Prof. Dr. Elisário Pires Frigo
Orientador – Departamento de Engenharia e Exatas
Universidade Federal do Paraná- Setor Palotina – UFPR



Prof. Dr. Jonathan Dieter
Docente – Departamento de Engenharia e Exatas
Universidade Federal do Paraná- Setor Palotina – UFPR



Prof. Dr. Wilson Luís Kunz
Docente – Departamento de Ciências Agrônomicas
Universidade Federal do Paraná- Setor Palotina – UFPR

Palotina, 15 de dezembro de 2015

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela vida, por estar comigo durante minha trajetória me guiando e iluminando e principalmente me dando forças para que eu chegasse até aqui.

Aos meus pais, Maria Aparecida Miranda dos Santos e Milton Pereira dos Santos, por todo amor, carinho, incentivo e apoio incondicional que me foi dedicado durante minha vida e por não medirem esforços para que meus sonhos fossem realizados, vocês são minha base. À minha avó Irma Miranda por todas as orações e apoio, e a todos os familiares que de alguma forma me incentivaram durante esta trajetória.

Ao Henrique, acima de tudo meu melhor amigo, obrigada pela companhia, por todo apoio, paciência, ajuda, dedicação, incentivo e por estar sempre ao meu lado. Também a toda sua família por me acolher tão bem.

A Universidade Federal do Paraná- Setor Palotina, pela possibilidade de realizar este curso e a todos os funcionários me auxiliarem em tantos momentos, meu muito obrigada.

Ao meu orientador Prof. Dr. Elisandro Pires Frigo, pela orientação no período de graduação, apoio e principalmente pela amizade. E a toda equipe de trabalho em especial a Rafa, Jian e Ana por toda ajuda.

Minha gratidão, agradecimento e grande amizade ao Prof. Dr. Jonathan Dieter, por ter me auxiliado na elaboração do trabalho, pela paciência, pelas inúmeras vezes que me atendeu não medindo esforços.

À todos os professores que dedicaram seu tempo e conhecimentos durante meu trajeto acadêmico, em especial aqueles que pude criar um vínculo de amizade durante a graduação.

A toda minha turma de graduação que rimos, brigamos e sofremos muito e a todos os amigos que construí nesses anos acadêmicos, em especial ao nosso grupo de meninas unidas do início ao fim do curso: Deisi Navroski, Carine Cantú, Emanuelli Bastos Garcia, Greici Kelly Baumann, Thamara Belanda e a Carla Lucas Mendes (que foi embora mais ficou em nossos corações), que essa amizade perdure muitos anos.

As meninas do Edifício Santa Emília por todos estes anos, pelas noites de estudos, empréstimos e principalmente pela amizade e é claro ao pequeno Gabi que chegou e trouxe alegria para as “tias”.

RESUMO

A irrigação é um método artificial que busca suprir as necessidades hídricas da planta, sendo um excelente instrumento na otimização da produtividade. Dentre os inúmeros sistemas de irrigação, o método mais utilizado é atualmente a aspersão, em especial o em malha pelo seu baixo custo de energia e facilidade no manuseio operacional. Todavia é essencial que o produtor conheça a viabilidade da utilização do sistema, tendo em conta seus custos e benefícios, a fim de estabelecer estratégias que possibilitem um sistema econômico e efetivo. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar os custos e benefícios teóricos da irrigação por aspersão em malha no período noturno e diurno em função da uniformidade de aplicação, através simulação de um cenário. O estudo se trata de um caso hipotético, o qual foi realizado em uma área localizada no Colégio Agrícola Estadual Adroaldo Augusto Colombo (CEAAC), em Palotina/PR, onde no primeiro momento obteve-se informações sobre a área e realizou-se um dimensionamento do sistema de irrigação, seguido do levantamento de custos do sistema em períodos distintos. Observou-se que quando operado no período noturno o sistema por aspersão em malha apresenta melhor custo e benefício ao empresário rural, uma vez que irrigações noturnas implicam em um menor custo de operação do sistema bem como em uma melhor uniformidade.

Palavras-chave: energia, viabilidade, coeficiente de uniformidade.

ABSTRACT

Irrigation is an artificial method that seeks to meet the water requirements of the plant, being an excellent tool for optimizing productivity. Among the numerous irrigation systems, the most widely used method currently is the spraying, especially knitted by its low energy cost and easy operational handling. However it is essential that the farmer knows the feasibility of using the system, taking into account its costs and benefits, in order to establish strategies that allow an effective economic system. In this way, the objective of this study was to evaluate the theoretical of costs and benefits mesh under sprinkler irrigation in the night and daytime in function of uniformity in application, by simulating a scenario. The study is a hypothetical case, which was conducted in an area located at the Agricultural College Adroaldo Augusto Colombo (CEAAC) in Palotina / PR, which at first gave information about the area and carried out a scaling the irrigation system, followed lifting system costs in different periods. It was observed that when operated at night sprinkler system in mesh provides better cost and benefit to the farmers, since nighttime irrigation imply a lower system operating cost and in a better uniformity.

Keywords: energy, viability, uniformity coefficient.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DO MUNICÍPIO DE PALOTINA, NO OESTE DO ESTADO DO PARANÁ.....	18
FIGURA 2 - REPRESENTAÇÃO DOS CUSTOS GERAIS DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO EM MALHA COM FUNCIONAMENTO NO PERÍODO DIURNO.	34
FIGURA 3 - REPRESENTAÇÃO DOS CUSTOS GERAIS DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO EM MALHA COM FUNCIONAMENTO NO PERÍODO NOTURNO.	35
FIGURA 4 - RELAÇÃO DO CUSTO DE IRRIGAÇÃO NOTURNO E DIURNO EM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO EM MALHA NO MUNICÍPIO DE PALOTINA/ PR.	37
FIGURA 5 - RELAÇÃO DO COEFICIENTE DE UNIFORMIDADE DE CHRISTIANSEN PERÍODO NOTURNO E DIURNO EM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO EM MALHA NO MUNICÍPIO DE PALOTINA/ PR.	37

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - CARACTERÍSTICAS FÍSICO-HÍDRICAS	19
TABELA 2 - VELOCIDADE DE INFILTRAÇÃO BÁSICA NO SOLO (VIB)	19
TABELA 3 - CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO EM MALHA PROJETADO NO MUNICÍPIO DE PALOTINA/ PR.	33
TABELA 4 - LEVANTAMENTO DE CUSTOS TOTAIS PARA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO EM MALHA.....	33
TABELA 5 - CUSTOS GERAIS DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO EM MALHA NO PERÍODO DIURNO E NOTURNO NO MUNICÍPIO DE PALOTINA/ PR.	35

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO REFERENCIADA	13
2	OBJETIVOS	16
2.1	OBJETIVO GERAL.....	16
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
3	METODOLOGIA.....	17
3.1	ÁREA DE ESTUDO	17
3.2	LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES	18
3.3	DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA	19
	3.3.1 Lâmina total de irrigação.....	19
	3.3.2 Turno de rega e período de irrigação	21
	3.3.3 Escolha do Aspersor e Ti	21
	3.3.4 Tempo de Irrigação por posição.....	22
	3.3.5 Número de pontos irrigados por aspersor por dia (NAD).....	22
	3.3.6 Número de pontos de aspersor por malha (NPAM).....	22
	3.3.7 Número de pontos de aspersor na área (NPA) e Número de pontos a serem irrigados por dia de trabalho (NPID).....	23
	3.3.8 Dimensionamento da linha de aspersores (malha).....	24
	3.3.9 Pressão no início da linha lateral.....	25
	3.3.10 Dimensionamento da linha principal.....	25
	3.3.11 Dimensionamento da linha de recalque.....	25
	3.3.12 Dimensionamento da sucção	26
	3.3.13 Conjunto motobomba	26
3.4	ESTIMATIVA DE CUSTOS E ANÁLISES	28
	3.4.1 Custos fixos, manutenção e mão de obra.....	28
	3.4.2 Custo de água e energia elétrica.....	29

3.4.3 Custo total	30
3.4.4 Análises	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
5 CONCLUSÃO.....	38
REFERÊNCIAS.....	39

LISTA DE ABREVIATURAS

COPEL - Companhia Paranaense de Energia

CUC – Coeficiente de Uniformidade de Christiansen

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

L.s⁻¹ – Litros por segundo

Ha- Hectare

PIN - Programa de Irrigação Noturna

Q – Vazão(m³/s)

1 INTRODUÇÃO REFERENCIADA

A irrigação é um método que visa suprir as necessidades hídricas das plantas, técnica esta vista durante anos como meio apenas de combater a seca. De acordo Frigo (2012), a irrigação se tornou um importante instrumento na otimização do manejo produtivo objetivando-se maior qualidade e quantidade na produção de alimentos.

O conceito de irrigação evoluiu consideravelmente com o avanço da agricultura tecnificada, passando de uma simples aplicação de água na lavoura para uma importante estratégia, a fim de aumentar a produtividade, e conseqüentemente, a rentabilidade (MANTOVANI et al., 2009).

Para isto, existem inúmeros sistemas de irrigação, com diferentes características que se adaptam as distintas realidades dos produtores, incumbindo a ele escolher qual sistema de adéqua melhor a sua área e qual sistema pode trazer melhores benefícios técnicos e financeiros (GRAH, 2013).

Dentre os sistemas de irrigação a aspersão é o método mais utilizado na atualidade (BERNARDO, 1982; DRUMOND, 2013), esse sistema assemelha-se bastante com a chuva, pois a água é aspergida sobre as plantas, possuindo movimentação manual ou mecânica. Caracteriza-se por permitir adaptações em distintas situações de campo, com uso de tubulações de engate rápido e principalmente por irrigar áreas pequenas ou médias sendo subdividida em duas práticas a irrigação por aspersão convencional e em malha (MANTOVANI et al., 2006).

De acordo com Bertossi et al. (2013), os sistemas em malha vem ganhando destaque por possuir um baixo custo de instalação e manutenção, facilidade no manuseio operacional e principalmente pelo seu baixo consumo de energia. Este sistema se caracteriza por suas linhas laterais serem interligadas em malhas e enterradas, assim como a linha principal e a de derivação (DRUMOND; FERNANDES, 2004).

Playán e colaboradores (2006) afirmam que na irrigação por aspersão alguns aspectos devem ser levados em consideração, desde a escolha do material,

até a experiência do profissional que atua com o sistema. Características estas que irão refletir na uniformidade e eficiência do sistema e conseqüentemente no custo e benefício ao produtor.

A desuniformidade de aplicação da irrigação pode acarretar no aumento de impactos ambientais e diminuir o retorno econômico gerado no desperdício de água, energia e fertilizantes (FARIA et al., 2009 ; SOUZA et al., 2014).

De acordo com Guiarra et al. (2013) inúmeros fatores influenciam a uniformidade de distribuição, podendo enfatizar os fatores climáticos, dentre os quais o vento é apontado como um dos principais parâmetros. Segundo Azevedo et. al. (2000), em sistemas convencionais de aspersão a velocidade do vento é o fator que mais influencia a uniformidade.

Estudos de Playán et al. (2005) avaliaram os efeitos do vento na irrigação, verificando que estes podem sofrer variações em períodos diurnos e noturnos, chegando a perdas de 15,4% de água durante o dia e 8,5 % durante a noite.

No tocante a economia de recursos naturais, tem se o fomento da Secretaria de Agricultura e Abastecimento em parceria com a Companhia Paranaense de Energia (COPEL), para o Programa de Irrigação Noturna (PIN), que é caracterizado como uma linha de crédito em que o intuito é fornecer toda instalação elétrica, o que beneficia os empresários rurais, diminuindo o custo da energia no período noturno em até 60% (SEAB, 2015).

Na agricultura irrigada, é de suma importância uma produção eficiente e rentável, almejando sempre receitas maiores que as despesas. Estes riscos estão associados à instabilidade do setor agrícola, juntamente com os altos investimentos que um sistema de irrigação exige, desde sua instalação, manutenção, e com custos de água e energia (RODRIGUEZ, 1990; BASTOS et al., 2000; OLIVEIRA et al., 2010).

De acordo com Reis (2002), é notável que o custo de produção é um dos principais indicadores que servem como parâmetro para auxiliar o produtor na tomada de decisão, o que vai certamente definir o sucesso ou não na produção final.

Neste contexto inferisse a importância de demonstrar a viabilidade da utilização da irrigação por aspersão, de modo a avaliar o custo e benefício da utilização do sistema em diferentes períodos do dia, estabelecendo estratégias de

manejo na irrigação que sejam mais econômicos ao produtor sem perder sua efetividade.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar os custos e benefícios teóricos da irrigação por aspersão em malha no período noturno e diurno em função da uniformidade de aplicação, através simulação de um cenário.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar os custos teóricos de energia no período diurno e noturno para o mesmo cenário proposto;

Comparar e correlacionar os custos teóricos da irrigação com a uniformidade de irrigação dos dois períodos de irrigação;

Demonstrar com os dados obtidos, qual o melhor período de irrigação em função dos custos teóricos e uniformidade de aplicação.

3 METODOLOGIA

O presente estudo trata-se de um caso hipotético, o qual não foi pautado em um experimento realizado a campo. Baseando-se em um levantamento de dados característicos da região de Palotina e por meio destes, realizou-se um estudo da área e posterior dimensionamento de um sistema de irrigação por malha com dois regimes de irrigação, diurna e noturna, buscando assemelhar-se a uma pequena propriedade.

3.1 ÁREA DE ESTUDO

Utilizou-se como estudo de caso uma área localizada no Colégio Agrícola Estadual Adroaldo Augusto Colombo (CEAAC), localizado na linha cinco mil, município de Palotina, no extremo oeste do estado do Paraná, saída para Assis Chateaubriand, rodovia PR 364, cujas coordenadas geográficas são 24° 20' de latitude Sul e 53° 45' de longitude Oeste e altitude de aproximadamente 365 m.

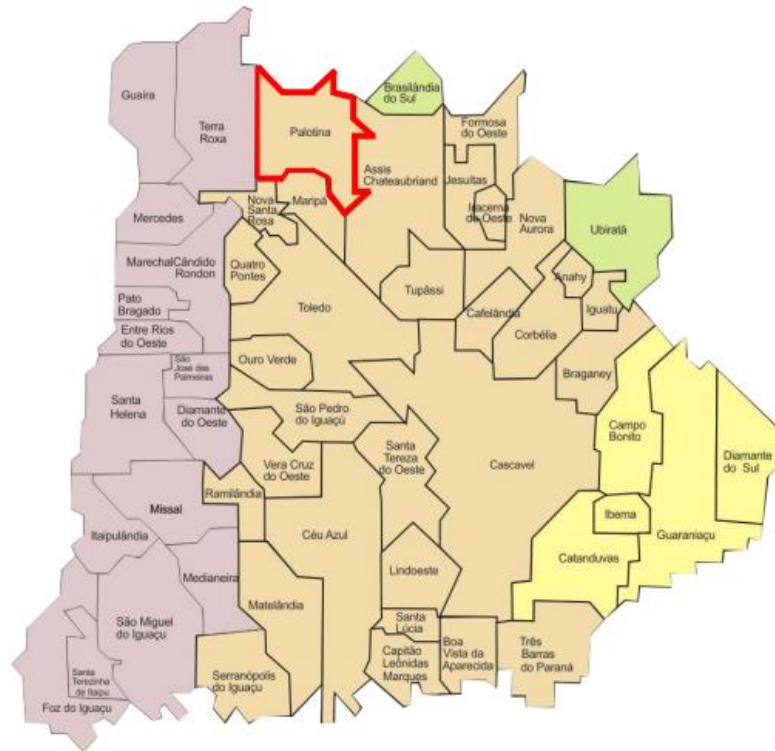


FIGURA 1 – LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DO MUNICÍPIO DE PALOTINA, NO OESTE DO ESTADO DO PARANÁ.

FONTE: AMOP, 2015.

O solo da área em questão é classificado como Latossolo Vermelho Eutroférico, de textura muito argilosa (EMBRAPA, 2006). A região apresenta clima subtropical (Cfa), de acordo com a classificação de Köppen, sem estação seca definida (Köppen, 1948).

3.2 LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES

A partir de um levantamento de dados realizado por meio de literatura, obteve-se dados referentes às características Físico-Hídricas do solo de Palotina, (TABELA 1), bem como a velocidade de infiltração básica para Latossolo Vermelho (TABELA 2).

TABELA 1 - CARACTERÍSTICAS FÍSICO-HÍDRICAS

Camada (cm)	Capacidade de Campo (%)	Ponto de Murcha (%)	Densidade Global (g cm ⁻³)
0-40	31,9	23,3	1,2

FONTE: DALLACORT et al.,2005.

TABELA 2 - VELOCIDADE DE INFILTRAÇÃO BÁSICA NO SOLO (VIB)

Solo	VIB	VIB*
Nitossolo Vermelho	40,34	36,09
Latossolo Vermelho	19,45	15,38

*VIB após a remoção dos valores atípicos.

FONTE: JOSÉ et al.,2013.

As informações referentes à cultura da cenoura escolhida para o sistema foram obtidas por circulares técnicas da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, a partir da mesma obteve-se alguns dados que possibilitaram o desenvolvimento do estudo.

3.3 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA

A metodologia utilizada para o dimensionamento do sistema por aspersão em malha foi o proposto por Mantovani e colaboradores (2009), para uma área de 1 ha, onde foram utilizados os dados levantados.

3.3.1 Lâmina total de irrigação

Inicialmente se fez necessário calcular a capacidade real de água no solo (CRA), por meio da Equação (1), a qual leva em consideração as características

Físico-Hídricas do solo, a quantidade de água disponível e a profundidade radicular da cultura utilizada.

$$CRA = \frac{(Cc - Pm)}{10} \times Da \times Fx \times Z \quad (1)$$

Onde,

CRA: Capacidade real de água no solo (mm);

Cc : Capacidade de Campo (%);

Pm: Ponto de murcha (%);

Da: Densidade Global (g.cm^{-3});

F: Água disponível;

Z: Profundidade do sistema radicular (cm).

Após determinado a Capacidade Real de Água no solo, verificou-se que pela metodologia proposta, que a mesma se iguala a irrigação real necessária Equação (2).

$$IRN = CRA \text{ (lâmina líquida)} \quad (2)$$

A partir disto, calculou-se a Irrigação Total Necessária, por meio da Equação (3), utilizando-se valores da Irrigação Real Necessária e da Eficiência de Irrigação.

$$ITN = \frac{IRN}{Ea} \quad (3)$$

ITN: Irrigação Total Necessária (mm);

IRN : Irrigação real necessária (mm);

Ea: Eficiência de irrigação (em decimal).

3.3.2 Turno de rega e período de irrigação

O turno de rega (TR) é o intervalo de tempo expressa em dias entre duas irrigações em um mesmo local, é calculado relacionando a lâmina líquida de irrigação (IRN) com a evapotranspiração da cultura (ET_c). Equação (4), sendo utilizado o maior valor de ET_c, que reflete a demanda hídrica da cultura.

$$TR = \frac{IRN}{ET_c} \quad (4)$$

O período de irrigação (PI) é o intervalo de tempo (dias), necessário para irrigar a área em questão, deverá ser menor ou igual ao turno de rega.

$$PI = TR - (1 \text{ ou } 2 \text{ dias}) \quad (5)$$

3.3.3 Escolha do Aspersor e Ti

Os aspersores empregados foram da marca Fabrimar[®], modelo Eco A232, o qual sua instalação a campo seguiu recomendações da NBR ISO 7749-2 (ABNT, 2000), trabalhando a uma pressão de serviço de 25 mca, vazão de 2,72 m³.h⁻¹, diâmetro irrigado de 31 m, bocal de 5,8 x 3,6 mm, para o espaçamento de 18 x 18 m.

Para calcular o Ti (expresso em horas), considerou-se a irrigação total necessária (ITN) pela intensidade de aplicação (I_a), equação (6).

$$T_i = \frac{ITN}{Ia}$$

(6)

3.3.4 Tempo de Irrigação por posição

Refere-se ao tempo necessário por posição ou tempo total de irrigação este calculado levando em consideração o tempo de irrigação e o tempo de mudança dos aspersores (T_{mud}), equação (7).

$$TNP = T_i + T_{mud}$$

(7)

3.3.5 Número de pontos irrigados por aspersor por dia (NAD)

Nesta equação (8), calculou-se o número de pontos que serão irrigados pelo aspersor por dia, levando em consideração o funcionamento do sistema determinado em horas, pelo tempo de irrigação por posição.

$$NAD : \frac{\text{Funcionamento sistema}}{T_{np}}$$

(8)

3.3.6 Número de pontos de aspersor por malha (NPAM)

Levou-se em consideração a largura da área do projeto, em função do espaçamento dos aspersores utilizados, multiplicado pela quantidade de braços conforme equação (9), afim de se obter o número de pontos por malha.

$$NPAM: \frac{L_{malha} \cdot m}{E_{aspersores}} \times 2 \text{ braços} \quad (9)$$

3.3.7 Número de pontos de aspersor na área (NPA) e Número de pontos a serem irrigados por dia de trabalho (NPID)

Calculados os parâmetros anteriores, calcula-se por meio da equação (10), o número de pontos de aspersores na área, multiplicando-se as malhas pelos pontos de irrigação.

$$NPA = \text{malhas} \times \text{pontos de irrig./malha} \quad (10)$$

Após se estimar os valores de NPA, busca-se descobrir o número de pontos a serem irrigados por dia de trabalho (NPID), de acordo com a equação (11).

$$NPID = \frac{NPA}{PI} \quad (11)$$

3.3.8 Dimensionamento da linha de aspersores (malha)

3.4.8.1 Vazão na malha

Afim de obter-se a vazão na malha utiliza-se a equação (12), que utiliza a vazão dos aspersores pelo número dois.

$$Q_{malha} = \frac{Q_{aspers.}}{2} \quad (12)$$

3.3.8.2 Perda de carga permitida e cálculo do diâmetro da tubulação da linha lateral

Para a perda de carga permitida (H_f) multiplica-se a variação máxima permitida para pressão de serviço ($\Delta P = 20\%$ PS média) pela pressão de serviço real, levando sempre em consideração o croqui da área, equação (13).

$$H_f = \Delta_{max. PPS} \times \text{pressão de serviço} \quad (13)$$

Para calcular o diâmetro da tubulação da linha lateral, escolheu-se primeiramente o material a ser utilizado e obteve-se a distância entre a primeira e a última posição do funcionamento na linha, na sequencia utiliza-se a equação (14).

$$D = \left[10,646 \times \left(\frac{Q_{malha}}{C} \right)^{1,85} \times \frac{L}{hf_{real}} \right]^{0,205} \quad (14)$$

Onde,

D: Diâmetro da tubulação (mm);

Q_{malha} : Vazão da malha (m^3/s);

C: Coeficiente de rugosidade;

L: Equivale a distância entre a primeira e a última posição do funcionamento na linha (m);

$H_{f_{\text{real}}}$: Valor encontrado na perda de carga permitida (mca).

3.3.9 Pressão no início da linha lateral

Para determinação da pressão no início na linha lateral utilizou-se a equação (15).

$$P_{in} = P_s + A_a + \left(\frac{3}{4} hf\right) + \left(\frac{1}{2} \times \Delta Z\right) \quad (15)$$

3.3.10 Dimensionamento da linha principal

Para o cálculo do diâmetro da tubulação, primeiramente a linha principal foi dividida em trechos, estes que correspondem ao número de malhas de cada lado, sofrendo alterações conforme especificação de cada projeto. Sendo distribuídos comprimentos, vazões, diâmetros, perda de carga e velocidades reais.

3.3.11 Dimensionamento da linha de recalque

3.3.11.1 Cálculos de perda de carga e diferença de nível na linha de recalque

Para a perda de carga, observa-se a vazão, o material utilizado, o diâmetro e a distância entre a primeira e a última posição de funcionamento, conforme equação (16).

$$hf' = \left[10,646 \times \left(\frac{Q}{C} \right)^{1,85} \times \frac{L}{(D)^{4,87}} \right] \quad (16)$$

3.3.12 Dimensionamento da sucção

Para o dimensionamento da sucção é utilizado a equação (16), seguindo os mesmos parâmetros do dimensionamento da linha de recalque, porém com as características da linha de sucção.

3.3.13 Conjunto motobomba

Primeiramente observou-se a vazão total do projeto (Eb), a partir disto calculou-se a altura manométrica parcial, perda de carga localizada e altura manométrica total (Hm), para posteriormente calcular a potência da motobomba, para obter a mesma seguiu-se a equação (17), a qual indica a potência absorvida (a ser comprada).

$$\text{Pot} = \left(\frac{Q \times H_m}{75 \times E_b} \right) \quad (17)$$

Onde:

P: Potência da motobomba (cv);

Q: vazão total (m³/s);

H_m: altura manométrica total;

E_b: eficiência da bomba (em decimal).

Todavia o valor numérico indicado na equação normalmente não condiz com o encontrado comercialmente, o que aplica-se a este caso estudado, deste modo adota-se o motor com maior potência.

Para o estudo do gasto energético da potência instalada é utilizado a equação (18).

$$\text{Pot} = \left(\frac{Q \times H_m}{75 \times E_b \times E_m} \right)$$

Em que:

Q: vazão total (m³/s);

H_m: altura manométrica total;

E_b: eficiência da bomba (em decimal);

E_m: eficiência do motor (em decimal).

(18)

O sistema avaliado constitui-se de uma bomba Schneider[®] modelo ME-AL 2240 e 4 cv de potência, pressão de 25 a 60 mca e vazão de 6,6 a 14,7 m³.h⁻¹; linha adutora composta por mangueira preta de polietileno; duas linhas laterais de PVC para irrigação, da marca comercial AMANCO[®].

3.4 ESTIMATIVA DE CUSTOS E ANÁLISES

O levantamento de custos para a implantação do sistema na área de estudo foi realizado com base em cotações de orçamentos com empresas especializadas na comercialização dos equipamentos e serviços necessários para implantação do projeto.

Uma vez que os custos de instalação e custos variáveis em um sistema de irrigação englobam desde os gastos com energia, água, mão-de-obra, manutenção dos equipamentos e da infraestrutura utilizados na operação do sistema (MELLO, 1993; ANDRADE JÚNIOR et. al., 2001). Os cálculos empregados para a determinação dos custos do projeto seguiu a metodologia proposta pela Embrapa (2007).

3.4.1 Custos fixos, manutenção e mão de obra

Para determinação dos custos fixos do projeto utilizou-se a equação (19), onde se considera a taxa de juros e o custo da infraestrutura utilizada no sistema. Para o Fator de recuperação do capital ao ano, utilizou-se o valor de 3%, conforme proposto na metodologia para sistemas de irrigação por aspersão em malha.

$$Cf = FCR \times P_{AI} \quad (19)$$

Onde:

CF: Custo fixo de aquisição e implantação em (R\$. ha⁻¹. ano⁻¹);

P_{AI}: Preço pago pela aquisição e implantação (R\$. ha⁻¹);

FCR: Fator de recuperação do capital ao ano (0,03).

Para de aferir os custos de manutenção (C_m) do sistema utiliza-se a equação (20), levando-se em consideração um acréscimo de 5% do preço de aquisição do sistema, utilizou-se este valor por o mesmo se enquadrar na faixa proposta de acréscimo de 3% a 5% e ser o mais indicado para sistemas em malha.

$$C_m = p \times CF' \quad (20)$$

Sendo,

C_m : Custos de Manutenção (R\$. $ha^{-1} \cdot ano^{-1}$)

p : Percentagem do preço de aquisição do sistema (em decimal);

CF' : Custos fixos de aquisição e implantação do sistema (R\$. $ha^{-1} \cdot ano^{-1}$).

Para se calcular o custo de mão de obra do sistema, emprega-se a equação (21).

$$C_{MO} = \frac{N_{HTE}}{8} \times V_{DE} \times N_{DIA} \quad (21)$$

C_{MO} : Custo de mão de obra (R\$. $ha^{-1} \cdot ano^{-1}$);

N_{HTE} : Número de trabalho efetivo em irrigação (h. dia^{-1});

V_{DE} : Valor da diária (8 hrs), mais encargos trabalhistas (R\$. dia^{-1});

N_{DIA} : Número de dias de irrigação anual ($dia \cdot ano^{-1}$).

Todavia, a principio para área em questão não serão contabilizados custos com mão-de-obra, por se tratar de um sistema de porte pequeno que pode ser operado pelo próprio produtor rural.

3.4.2 Custo de água e energia elétrica

Para estimar os custos de água e energia para produtores que utilizam sistemas de irrigação, foram obtidas informações com base nas empresas de distribuição de água (SANEPAR) e Agência Nacional das Águas (ANA), e de energia (COPEL).

Se calculou os custos de energia do sistema empregou-se a equação (22), onde foram realizados cálculos distintos para o período diurno e noturno.

$$C = 0,736 \times P_{CMB} \times N_{DIA} \times P_{EkWh} \times N_{Horas}$$
(22)

P_{CMB} : Potência consumida pela motobomba, em cv;

N_{DIA} : Número de dias;

P_{ekWh} : Preço da energia;

N_{Horas} : Número de horas.

Já para os custos com água, levou-se em consideração apenas a outorga da mesmo no estado do Paraná.

3.4.3 Custo total

A fim de se estimar o custo total de irrigação do sistema projetado, utilizou-se a equação (23), na somatória que reúne todas as variáveis que englobam o método de irrigação utilizado.

$$CT_{IRR} = C_F + C_M + C_E + C_{MO} + C_{ÁGUA}$$
(23)

C_F : Custos fixos (R\$. ha⁻¹. ano⁻¹);

C_M : Custos de manutenção (R\$. ha⁻¹. ano⁻¹);

C_E : Custo de energia utilizada na irrigação (dias de ciclo. ano⁻¹);

C_{MO} : Custo da mão de obra (R\$. ha⁻¹. ano⁻¹);

$C_{ÁGUA}$: Custo da água (Outorga).

3.4.4 Análises

A análise econômica deste trabalho levou-se em consideração a receita total dos custos obtidos na instalação, manutenção, mão de obra, consumo água e energia no sistema.

Avaliando-se o custo e benefício dos sistemas de aspersão nos períodos noturnos e diurno, e correlacionando os mesmos com a uniformidade de aplicação (CUC) obtidos com Frigo (2012).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como supramencionado esta pesquisa teve como base um levantamento de informações do município de Palotina/PR para desenvolvimento do sistema hipotético de irrigação com aspersão por malha para a cultura da cenoura, para isto se fez necessário à determinação da Evapotranspiração da cultura, conforme abaixo (QUADRO 1).

MESES	Novembro	Dezembro			Janeiro		Fevereiro
Eto (mm.dia ⁻¹)*	3,75	3,78			3,77		3,22
Estádio	I	I	II	III	III	IV	IV
Duração(DIAS)	26	4	20	7	18	13	12
KC da cenoura	0,5	0,5	0,8	1,15	1,15	0,85	0,85
ETc (mm/dia)	1,88	1,89	3,02	4,35	4,34	3,20	2,74
ETc (mm/estádio)	48,75	7,56	60,48	30,43	78,04	41,66	32,84
Total/estádio	56,31		60,48	108,47		74,50	
ETc (mm/safra)	299,76						

*Valores da Eto utilizados no projeto foram de acordo com o método de FAO.

QUADRO 1 - EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA CULTURA DA CENOURA

Através dos resultados obtidos no quadro acima, realizou-se o dimensionamento hidráulico do sistema, definindo as características das principais variáveis do sistema em questão, conforme se pode observar abaixo (TABELA 3).

TABELA 3 - CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO EM MALHA PROJETADO NO MUNICÍPIO DE PALOTINA/ PR.

Parâmetros	Sistema por aspersão em Malha
Área (ha)	1 há
Cultura	Cenoura
TR/PI (dias)	5/ 5
IRN/ITN (mm)	21,7/ 27,2
Ia/ Ti (mm/h - horas)	8,4/ 3,2
TF/posição (dias)	3,8
Nº NAD	5 aspersores
Número de Pontos de Aspersores	18
Número de malha	3
Número de linhas linha	1 por malha
Q malha (m ³ /s)	0,00038
Diâmetro da LL (mm)	25
Diâmetro da LP (mm)	100/75
Diâmetro da LS (mm)	125
Diâmetro da LR (mm)	100
Altura Manométrica total (mca)	0,3236
Fonte de Energia	Elétrica
Potência da bomba comercial (cv)	4
Potência consumida pela bomba (cv)	3,5

Em seguida, foram realizados seus respectivos levantamentos de custos do projeto em lojas especializadas, sendo possível obter o valor total do projeto conforme El Mann (2012). A especificação de cotação dos custos observa-se na (TABELA 4).

TABELA 4 - LEVANTAMENTO DE CUSTOS TOTAIS PARA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO EM MALHA.

Item	Custo/ha
Bomba Schneider , aspersores, buchas, joelhos, luvas, uniões, válvulas de retenção, adaptadores, joelhos, galvanizadas, reduções, registros de gaveta, tubulações, Ts, conexões, tampões, curvas, fitas rosca, lixas d'água, cotovelos, adesivos, abraçadeiras.	R\$6.186,03
Implantação a campo : montagem da tubulação e parte hidráulica, valas, estacas.	R\$1.032,04
Total	R\$7.218,07

* Cotação realizada em loja comercial especializada em materiais e implantação do sistema de irrigação.

No estudo em questão, levou-se em consideração principalmente os custos relacionados com água e energia, tendo em vista que são custos que possuem maior representatividade nos custos gerais (PIZYSIEZNIG FILHO et al., 1992; ANDRADE JÚNIOR et al. 2001). Conforme observar-se nas Figuras (3) e (4), para o período diurno e noturno respectivamente.

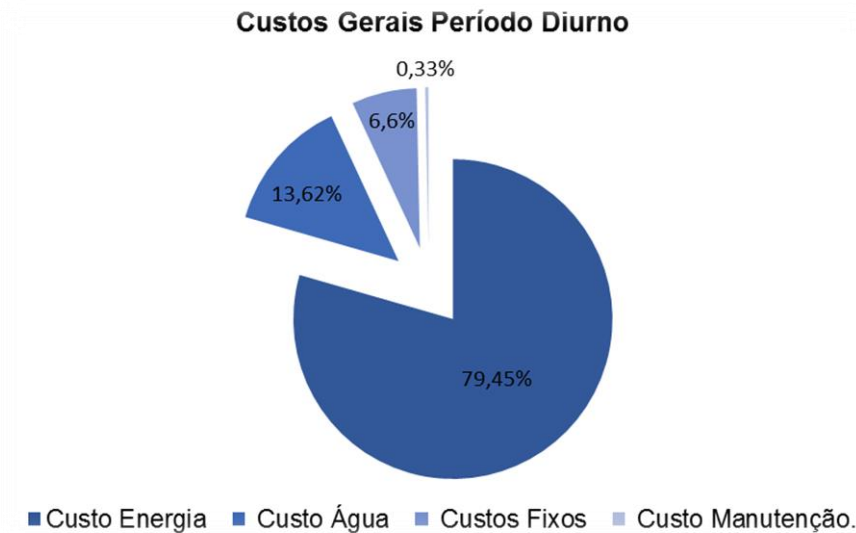


FIGURA 2 - REPRESENTAÇÃO DOS CUSTOS GERAIS DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO EM MALHA COM FUNCIONAMENTO NO PERÍODO DIURNO.

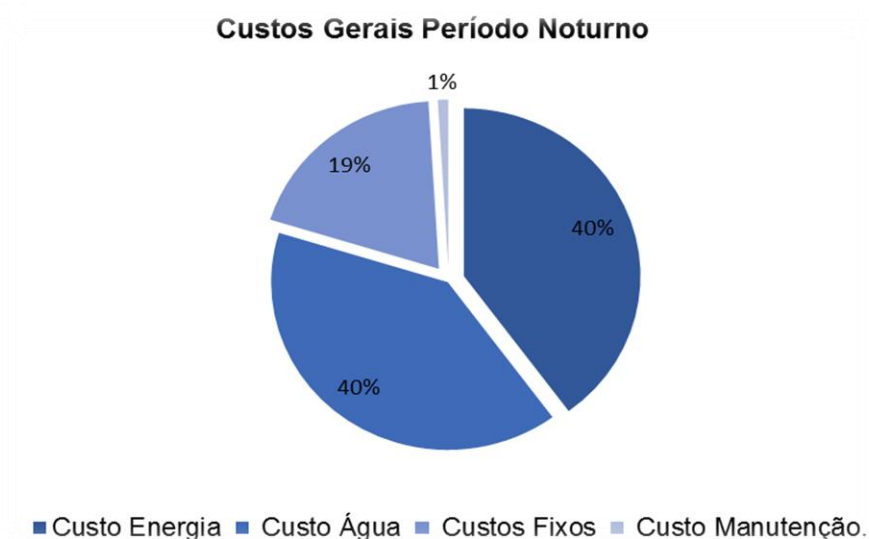


FIGURA 3 - REPRESENTAÇÃO DOS CUSTOS GERAIS DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO EM MALHA COM FUNCIONAMENTO NO PERÍODO NOTURNO.

Na tabela 5 observam-se a descrição dos custos gerais de um sistema de irrigação em malha em períodos distintos: diurno e noturno, sendo operado em função da cultura da cenoura.

TABELA 5 - CUSTOS GERAIS DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO EM MALHA NO PERÍODO DIURNO E NOTURNO NO MUNICÍPIO DE PALOTINA/ PR.

Descrição de Custos	Área: 1 ha
<i>Irrigação Diurna</i>	
Custo de Infraestrutura	6.186,03
Instalação a campo	1.032,04
Custos Fixos (C_F) - (R\$. ha ⁻¹ . ano ⁻¹)	226,54
Manutenção (C_M) - (R\$. ha ⁻¹ . ano ⁻¹)	10,86
Mão de Obra (C_{MO}) - (R\$. ha ⁻¹ . ano ⁻¹)*	-
Energia (C_E) - (100 dias de ciclo)**	2608,9
Água ($C_{ÁGUA}$) - (Outorga)	447,43
Total	R\$10.511,80
<i>Irrigação Noturna</i>	
Custo de Infraestrutura	6.186,03
Instalação a campo	1.032,04
Custos Fixos (C_F) - (R\$. ha ⁻¹ . ano ⁻¹)	226,54
Manutenção (C_M) - (R\$. ha ⁻¹ . ano ⁻¹)	10,86
Mão de Obra (C_{MO}) - (R\$. ha ⁻¹ . ano ⁻¹)*	-
Energia (C_E) - (100 dias de ciclo. ano ⁻¹)**	447,48
Água ($C_{ÁGUA}$) - (Outorga)	447,43
Total	R\$8.350,38

*Não se incluiu valores de mão-de-obra, por se tratar de uma área pequena. ** Tarifa de energia elétrica para o período diurno de 0,49232 R\$.kWh e para o noturno de 0,19692 R\$.kWh.

De acordo a tabela acima, nota-se uma diferença significativa dos custos nos distintos períodos, em especial no período noturno, que se destaca pelo baixo custo de energia elétrica. Este que se justifica devido ao Programa de Irrigação Noturna (PIN), que no período das 22:30 às 6:00 horas, possui uma tarifa reduzida em 60% da normal.

O Programa de Irrigação noturna foi criado, a fim de estimular o uso da irrigação nos horários supracitados, buscando deste modo um aumento da produtividade, promovendo um incremento de renda, aliado ao uso racional da água e energia.

Deste modo, o sistema de irrigação em malha operado pela noite apresenta-se como uma ótima alternativa ao produtor rural, pela sua viabilidade econômica juntamente com a sua efetividade, por associar menor custo com as melhores características climáticas que favorecem o aproveitamento e economia de água.

Além da redução dos custos com energia elétrica, outro fator de suma importância a ser levado em consideração, é a menor variabilidade das variáveis climáticas nas irrigações noturnas, diminuindo consideravelmente problemas por evapotranspiração provocada por deriva do vento.

De acordo com Araujo et al. (2012) geralmente é notável a baixa velocidade do vento a noite e conseqüentemente os desvios de água também ademais durante o período noturno, a umidade relativa do ar apresenta-se mais elevada diminuindo assim a perda de água e incrementando deste modo a eficiência do uso da água.

Estudos de Souza et al. (2014), apontam que a irrigação noturna apresenta uma maior uniformidade e eficiência quando comparada com a irrigação diurna, o que implica em uma economia de água e energia.

Correlacionando os custos da irrigação diurna e noturna obtidos, com os dados de uniformidade de aplicação (CUC) obtidos por Frigo (2012). Evidencia-se um maior custo benefício do sistema de irrigação no período noturno, conforme figura (5) e (6), uma vez que o sistema apresenta um melhor desempenho e eficiência.

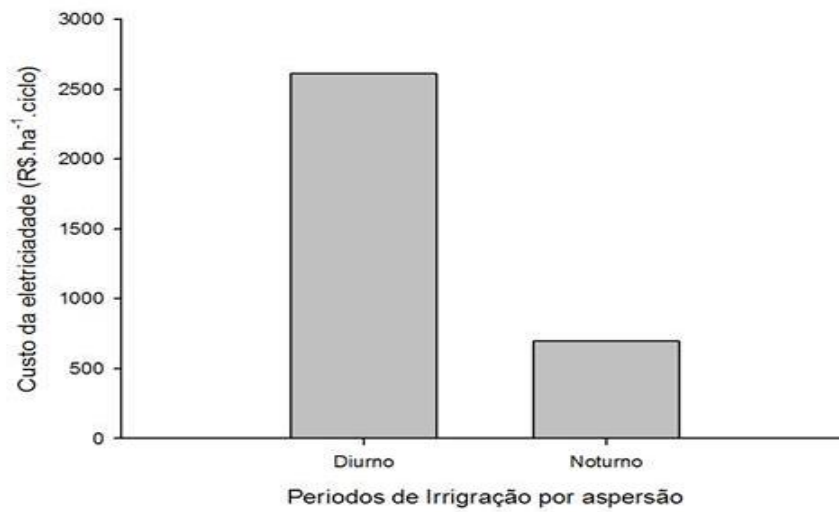


FIGURA 4 - RELAÇÃO DO CUSTO DE IRRIGAÇÃO NOTURNO E DIURNO EM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO EM MALHA NO MUNICÍPIO DE PALOTINA/ PR.

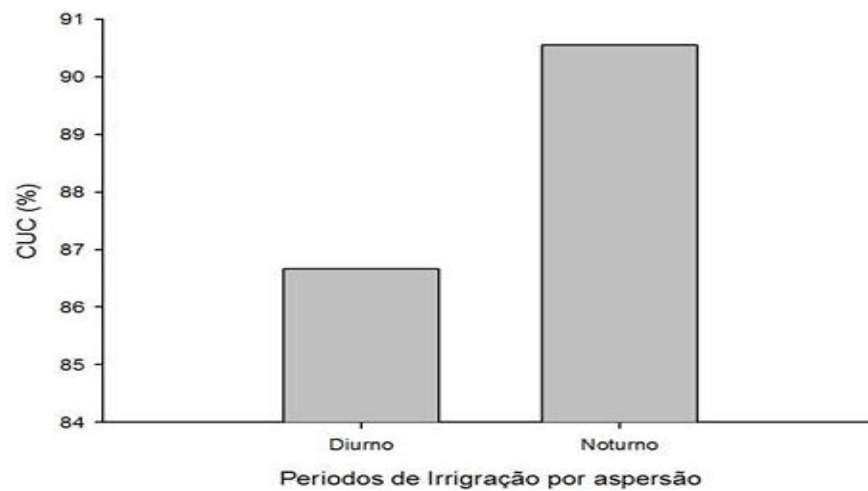


FIGURA 5 - RELAÇÃO DO COEFICIENTE DE UNIFORMIDADE DE CHRISTIANSEN PERÍODO NOTURNO E DIURNO EM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO EM MALHA NO MUNICÍPIO DE PALOTINA/ PR.

5 CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos neste estudo de caso, pode-se concluir que:

O sistema de irrigação por aspersão em malha quando operado no período noturno, apresenta um melhor custo e benefício ao empresário rural, com que irrigações noturnas implicando em um menor custo de operação do sistema bem como em uma melhor uniformidade.

O custo de energia para irrigação diurna é cerca de 60% maior do que para irrigação noturna para o cenário proposto.

Nas irrigações noturnas, as variáveis climáticas apresentam uma menor variabilidade, o que reflete em melhores resultados de uniformidade e consequentemente melhor desempenho.

REFERÊNCIAS

AMOP. Localização geográfica do município de Palotina, no oeste do Estado do Paraná. Disponível em: <<http://www.amop.org.br/municipios/>> . Acessado em: 07 de novembro de 2015.

ANDRADE JÚNIOR, A. S.; FRIZZONE, J. A.; BASTOS, E. A.; CARDOSO, M. J.; RODRIGUES, B. H. N. Estratégias ótimas de irrigação para a cultura da melancia. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, vol.36, n.2 Brasília, 2001.

ARAUJO, H. de; COSTA, R. N. T.; CRISÓSTOMO, J. R.; SAUNDERS, L. C. U.; MOREIRA, O. da C.; MACEDO, A. B. M. Produtividade e análise de indicadores técnicos do maracujazeiro-amarelo irrigado em diferentes horários. **Revista Brasileira de Engenharia agrícola e Ambiental**. vol.16 no.2 Campina Grande, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Equipamentos de irrigação agrícola - Aspersores rotativos. Parte 2: Uniformidade de distribuição e métodos de ensaio**. NBR ISSO 7749-2, Rio de Janeiro, JAN. 2000, 6p.

AZEVEDO, H. J.; BERNARDO, S.; RAMOS, M. M.; SEDIYAMA, G. C.; CECON, P. R., Influência de fatores climáticos e operacionais sobre a uniformidade de distribuição de água em um sistema de irrigação por aspersão de alta pressão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.4 ,n.2, p. 152 - 154, 2000.

BERTOSSI, A. P.; MILEN, L. C.; HOTT, M. de O.; RODRIGUES, R. R.; REIS, E. F. dos. Avaliação de um sistema de irrigação por aspersão em malha em pastagem. **Nucleus**, v.10, n.1, 2013.

DALLACORT, R.; FREITAS, P. S. L. de ; FARIA, R. T.; GONÇALVES, A. C. A. de ; REZENDE, R.; BERTONHA, A.; JÚNIOR HELBEL, C. Ajuste e teste dos coeficientes genéticos do modelo de simulação Cropgro-soybean, para a região Noroeste do Estado do Paraná. **Acta Sci. Agron**. Maringá, v. 27, n. 2, p. 363-371, April/June, 2005.

DRUMOND, L. C. D.; FERNANDES, A. L. T. **Irrigação por aspersão em malha para cafeicultura familiar**. Uberaba: UNIUBE, 2004.

EL MAN, A. P. **Viabilidade econômica de automação no sistema de irrigação por gotejamento no cafeeiro**. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Agrícola - Universidade Estadual de Goiás – UnUCET, Anápolis, 2012.

EMBRAPA. Empresa brasileira de pesquisa agropecuária. **Sistema de classificação dos solos**. Embrapa solos, 2^o ed. Rio de Janeiro, 2006.

EMBRAPA. Empresa brasileira de pesquisa agropecuária. Dimensionamento de sistemas de irrigação para pastagens em propriedades de agricultura familiar. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. Embrapa Pecuária Sudoeste, 10^o ed. São Carlos, 2007.

FARIA, L. C.; COLOMBO, A.; OLIVEIRA, H. F. R.; PRADO, G. Simulação da uniformidade da irrigação de sistemas convencionais de aspersão operando sob diferentes condições de vento. **Engenharia Agrícola**, vol. 29, n. 1, p. 19-27, 2009.

FRIGO, J. P. **Controle do processo da irrigação no sistema de aspersão convencional em Palotina- PR**. 2012. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel – PR, 2012.

GRAH, V. de F. **Solução alternativa para bombeamento de água e automação de sistemas de irrigação**. 2013. Trabalho de conclusão de curso (Pós Graduação em Formas Alternativas de Energia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG, 2013.

GUIRRA, A. P. P. M.; AZNINI, J. R.; SILVA, E. R. Desempenho do aspersor NaanDanJain 435 em função da posição do refletor. **Científica**, v. 41, n. 1, 2013.

JOSÉ, J. V.; REZENDE, R.; MARQUES, P. A. A.; FREITAS, P. S. L de ; ALVES, D. S. Determinação da velocidade de infiltração básica de água em dois solos do noroeste do estado do Paraná. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v.6, n.1, p. 155-170, 2013.

KÖEPPEN, W. **Climatologia**: con um estúdio de los climas de la Tierra. México: Fondo de Cultura Economica, 1948. 478p.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e práticas**. Viçosa: UFV, 2006.

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

MELLO, J. F. **Custos da irrigação por aspersão em Minas Gerais**. 1993. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa –MG, 1993.

OLIVEIRA, E. L. de; FARIA, M. A. de ; REIS, R. P.; SILVA, M. de L. O. Manejo e Viabilidade econômica da irrigação por gotejamento na cultura do cafeeiro Acaia considerando seis safras. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, n.5, p.887-896, 2010.

PIZYSIEZNIG FILHO, J.; GONZAGA, M. L.; SAAD, A. M. Rentabilidade e custos da agricultura irrigada na região de Guaíra, SP. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 9., 1992, Natal. **Anais**. Fortaleza : Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem, 1992.

PLAYÁN, E.; SALVADOR, R.; FACI, J. M.; ZAPATA, N.; MARTÍNEZ-COB, A.; SÁNCHEZ, I.; Day and night wind drift and evaporation losses in sprinkler solid-sets and moving laterals. **Agricultural Water Management**. v. 76, p. 139 – 159, 2005.

PLAYÁN, E.; ZAPATA, N.; FACI, J. M.; TOLOSA, D.; LACUEVA, J. L.; PELEGRÍN, J.; SALVADOR, R.; SÁNCHEZ, I.; LAFITA, A.; Assessing sprinkler irrigation uniformity using a ballistic simulation model. **Agricultural Water Management**. v.84, p. 89 – 100, 2006.

REIS, R.P. **Fundamentos da economia aplicada**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002.

SECRETARIA DO ESTADO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO, PIN-Programa de Irrigação Noturna. Disponível em: <<http://www.seab.pr.gov.br/modules/conteudo/%20conteudo.%20php?>> Acessado em: 13 de abril de 2015.

SOUZA, J. M. de; PEREIRA, L. R.; REIS, E. F. dos; TEXEIRA, A. das G.; RAFAEL, A. da M.; CRUZ, E. A. da. Desempenho de um sistema de irrigação por aspersão

durante os períodos diurno e noturno na região sul do Espírito Santo. **Revista Agro@ambiente On-line**, Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, RR, v. 8, n. 3, p. 416-423, 2014.

.