



Instituto Politécnico
de Castelo Branco
Escola Superior
de Tecnologia

Energias Renováveis aplicadas à atividade agrícola

Irrigação gota a gota do Algodoeiro

Djeison Fortes Cardoso Nº 20170102

Filomeno Ussumane Sanches Baldé Nº 20180194

Orientadores

Professor Doutor António Francisco Canatário Duarte

Professora Doutora Paula Cristina Alves Pereira

Trabalho de Projeto apresentado à Escola Superior de Tecnologia do Instituto Politécnico de Castelo Branco para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Licenciado em Engenharia das Energias Renováveis, realizado sob a orientação científica do Professor Doutor António Canatário Duarte e da Professora Doutora Paula Alves Pereira, do Instituto Politécnico de Castelo Branco.

Setembro 2023

Composição do júri

Doutor, José Sarreira Tomás Monteiro

Professor Adjunto do Instituto Politécnico de Castelo Branco

Doutor, Nuno Cláudio da Rocha Meses Pedro

Professor Adjunto do Instituto Politécnico de Castelo Branco

Vogais

Doutor, António Francisco Canatário Duarte

Professor Adjunto do Instituto Politécnico de Castelo Branco

Doutora, Paula Cristina Alves Pereira

Professora Adjunta do Instituto Politécnico de Castelo Branco

Agradecimentos

Ao chegarmos a meta final deste trabalho agrada-nos manifestar o nosso reconhecimento e gratidão as pessoas que contribuíram para a realização deste trabalho.

Um especial obrigado aos nossos orientadores, Professora Doutora Paula Alves Pereira e Professor Doutor António Canatário Duarte, pela disponibilidade que nos proporcionaram durante a realização deste trabalho.

Um obrigado especial ao nosso coordenador do curso, Professor Doutor António José Cerejo Da Silva e todos os professores que fizeram parte do nosso percurso académico.

Sem esquecer da nossa família e os nossos amigos que também contribuíram muito, tiveram muita paciência, sempre deram um ombro amigo nos momentos difíceis durante o nosso percurso e durante a realização deste trabalho, um obrigado não chega.

Resumo

O trabalho visa otimizar a irrigação agrícola, reduzir os custos de energia e minimizar o impacto ambiental por meio do uso eficiente da energia solar, com um sistema capaz de garantir um suprimento constante de água, independentemente das condições de geração de energia solar.

Na agricultura em larga escala, busca-se otimizar o uso dos recursos, incluindo energia, visando reduzir os custos e melhorar os ganhos financeiros. Uma gestão ineficiente da energia resulta em custos mais altos e uma pegada de carbono maior. Recentemente, tem havido sucesso na implementação de sistemas de energia solar fotovoltaica para alimentar bombas de água, o que beneficia a agricultura ao reduzir os custos de energia e as emissões de carbono.

Este trabalho, propõe alcançar os seguintes objetivos:

1) Determinar a dimensão necessária do sistema de irrigação por gotejamento com base na demanda de água, o que permitirá calcular a potência necessária para as bombas.

2) Dimensionar um sistema de energia solar fotovoltaica adequado para alimentar as bombas de água, garantindo também um sistema capaz que possa manter o funcionamento das bombas quando não houver geração de energia solar.

A exploração está projetada para um terreno agro-florestal, para o cultivo de Algodoeiro (*gossypium herbaceum*) na região de Oio, no setor de Mansôa, Guiné-Bissau.

Palavras-chave:

Agricultura, sistema da rega, plantação do algodão, energia solar fotovoltaica, dimensionamento de sistema de bombagem.

Abstract

The work aims to optimize agricultural irrigation, reduce energy costs, and minimize environmental impact through efficient use of solar energy, with a system capable of ensuring a constant water supply regardless of solar energy generation conditions. In large-scale agriculture, the goal is to optimize resource use, including energy, to reduce costs and improve financial gains.

Inefficient energy management results in higher costs and a larger carbon footprint. Recently, there has been success in implementing photovoltaic solar energy systems to power water pumps, benefiting agriculture by reducing energy costs and carbon emissions.

This work proposes to achieve the following objectives:

1) Determine the necessary dimension of the drip irrigation system based on water demand, which will allow calculating the required power for the pumps.

2) Size an appropriate photovoltaic solar energy system to power the water pumps, ensuring a system capable of maintaining pump operation when there is no solar energy generation.

The exploration is planned for an agro-forestry area, for the cultivation of Cotton (*Gossypium herbaceum*) in the Oio region, Mansôa sector.

Keywords:

Agriculture, irrigation system, cotton plantation, photovoltaic solar energy, pumping system design.

Índice

1. Introdução.....	1
1.1 Objetivos do Trabalho.....	1
1.2 Estrutura do trabalho	2
2. Localização e descrição da área em estudo.....	3
2.1 Sector de Mansoa	3
2.2. Descrição da área em estudo	4
3.Descrição do terreno e da espécie em estudo	7
3.1 Localização e descrição do terreno.....	7
3.2. Descrição da Cultura.....	8
3.3 O ciclo de crescimento de algodão	11
4. Dimensionamento do sistema.....	13
4.1 Caracterização das condições atuais e das necessidades	13
4.2. Dimensionamento do sistema de rega localizada	15
4.3. Grupo motor-bomba de água	28
4.4. Dimensionamento do sistema solar fotovoltaico	29
4.5. Esquematização do sistema dimensionado.....	43
4.6 Análise de viabilidade financeira.....	49
5. Conclusões.....	55
6.Referências	57
ANEXO I—Percentagem de superfície do terreno humedecida por uma rampa com gotejadores de uma só saída para uma dotação de 40 mm	61
ANEXO II—Valores médios da taxa de racionamento	63
ANEXO III—Perfis de elevação desde a estação de bombagem ao ponto mais afastado de cada setor de rega.....	65
ANEXO IV—Fórmulas práticas para o cálculo da perda de carga unitária em tubagens	67
ANEXO V—Coeficiente de redução F a utilizar para rampas munidas de n_i orifícios	69

Índice de figuras

Figura 1- Enquadramento geográfico do conselho de Mansoa.....	3
Figura 2- A temperatura máxima diária (linha vermelha) e mínima (linha azul).	4
Figura 3- A percentagem de dias em que vários tipos de precipitação são observados, excluindo vestígios: chuva.....	5
Figura 4 - A percentagem de tempo gasto em vários níveis de conforto de humidade, categorizados por ponto de orvalho.....	6
Figura 5 - Delimitação do terreno em estudo.....	7
Figura 6- Distribuição geográfica do Algodoeiro.....	8
Figura 7 - Aspecto da variedade do Algodão Upland ou Anual.....	9
Figura 8 - Aspecto da variedade do Algodão Pima.....	10
Figura 9 - Aspecto da variedade do Algodão Orgânico.....	10
Figura 10 - Aspecto da variedade do Algodão Colorido.....	11
Figura 11- Estágios fenológicos do algodoeiro.....	12
Figura 12 - Delimitação das parcelas de plantação do algodoeiro e localização do poço.....	13
Figura 13— Esquema do poço.....	14
Figura 14— Esquema de instalação das rampas de rega e distribuição dos gotejadores.....	15
Figura 15— Esquematisação do sistema de rega localizada.....	20
Figura 16— Grupos motor-bomba de água solar da gama de sistemas PSk2. ..	29
Figura 17— Características dos grupos motor-bomba da gama de sistemas PSk2. Fonte: LORENTZ.....	29
Figura 18 — Módulo Fotovoltaico LORENTZ (LC310-P72).....	31
Figura 19— Esquema do sistema híbrido SmartSolution.....	32
Figura 20— Controlador solar híbrido da gama PSk2.....	33
Figura 21— Esquema de ligação entre os painéis e o controlador híbrido.....	35
Figura 22 — Estrutura metálica para painéis solares.....	36
Figura 23— Instalação do sistema fotovoltaico no pomar em estudo.....	38
Figura 24— Cabo DC fotovoltaico.....	40
Figura 25— Cabo AC trifásico.....	40
Figura 26 - Esquema de ligação das baterias.....	42
Figura 27— Esquema apresentado pela LORENTZ.....	44
Figura 28— Esquema do sistema dimensionado com gerador a diesel.....	45
Figura 29 — Esquema do sistema dimensionado com banco de baterias.....	45
Figura 30— Tubo gota a gota.....	47

Lista de tabelas

Tabela 1 — Características dos motores da gama de sistemas PSk2.....	28
Tabela 2 — Características dos módulos fotovoltaicos da LORENTZ.....	30
Tabela 3 — Características do painel solar fotovoltaico selecionado.....	31
Tabela 4 — Características dos controladores da gama de sistemas PSk2.	33
Tabela 5 — Características do controlador solar selecionado.....	34
Tabela 6 — Ângulo de inclinação dos painéis fotovoltaicos.....	37
Tabela 7 — Investimento inicial do projeto em estudo.....	49
Tabela 8 — Lucro obtido com o algodão.....	50
Tabela 9 — Parâmetros a ter em consideração na análise de viabilidade financeira.....	50
Tabela 10 — Primeira análise de viabilidade financeira do projeto em estudo.....	51
Tabela 11 — Segunda análise de viabilidade financeira do projeto em estudo.....	53

Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos

- σ alumínio – condutividade do alumínio
- σ cobre – condutividade do cobre
- η – rendimento
- a' – distância na linha
- A – área útil do algodoeiro
- AC – corrente alternada
- a_p – área da secção transversal do porta-rampas
- a_r – área da secção transversal das rampas
- a_{tpe} – área da secção transversal da tubagem principal e de elevação
- b' – distância na entrelinha
- cc – capacidade de campo
- ce – coeficiente de emurchecimento
- d – Densidade aparente
- D – Intervalo entre regas consecutivas
- DC – corrente contínua
- dg – distância entre gotejadores
- Dm – intervalo máximo entre regas consecutivas
- DOD - Depth of Discharge
- d_p – diâmetro interno da tubagem dos porta-rampas
- d_r – diâmetro interno da tubagem das rampas
- d_{tpe} – diâmetro interno da tubagem principal e de elevação
- E- Energia
- e_r eficiência de rega
- ET_0 – evapotranspiração de referência
- Etc – evapotranspiração cultural
- F- coeficiente de redução
- FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations
- H – Altura manométrica total
- ha – dotação de rega por planta
- H_{cp} – perda de carga contínua no porta-rampas

H_{c_r} – perda de carga contínua nas rampas
 $H_{c_{tpe}}$ – perda de carga contínua na tubagem principal e de elevação
 hm – dotação útil máxima de rega
 ht – dotação total de rega
 H_t – perda de carga total
 H_{t_a} – perda de carga total nos aparelhos e dispositivos
 H_{t_p} – perda de carga total no porta-rampas
 H_{t_r} – perda de carga total nas rampas
 $H_{t_{tpe}}$ – perda de carga total na tubagem principal de elevação
 hu – dotação útil de rega
 I_{cc} – corrente de curto-circuito
 $I_{fileira}$ – corrente na fileira
 $I_{máx}$ – corrente máxima de entrada
 I_{mp} – corrente no ponto de máxima potência
 K – Coeficiente para perdas de carga unitária
 k_1 – fator de redução ou taxa de racionamento
 k_c – coeficiente cultural
 $L_{fileira}$ – comprimento da fileira
 l_p – comprimento do porta-rampas
 l_r – comprimento da rampa mais extensa
 l_{te} – comprimento da tubagem de elevação
 l_{tp} – comprimento da tubagem principal
 l_{tpe} – comprimento da tubagem principal e de elevação
MPPT – Maximum Power Point Tracking
 n – Número de gotejadores por árvore
 N – Número de setores de rega
 ng – número de gotejadores nas rampas
 NG – número de gotejadores total
 n_i – número de orifícios
 N_m – número de setores de rega máximo
 n_p – número de porta rampas na tubagem principal

nr – número de rampas no porta-rampas
p – Fração facilmente utilizável
P – Potência
PE – polietileno
 P_{in} = potência de entrada
 P_{painel} = potência do painel solar fotovoltaico
Ps – fração de área humedecida
PVC – policloreto de vinila
q – Caudal de cada gotejador
Q – Caudal total q_e – caudal de projeto
 Q_p – caudal de entrada no porta-rampas
 Q_r – caudal de entrada nas rampas
 Q_{tpe} – caudal de entrada na tubagem principal e de elevação
 $S_{fileira}$ – secção do cabo na fileira
 S_p perda de carga unitária no porta-rampas
 S_r – perda de carga unitária nas rampas
 S_{tpe} – perda de carga unitária na tubagem principal e de elevação
t – Tempo útil de cada rega
T – Tempo útil diário de rega
 V_{ca} – tensão em circuito aberto
 $V_{fileira}$ – tensão na fileira
 $V_{máx}$ – tensão máxima de entrada
 V_{mp} – tensão no ponto de máxima potência
 V_p – velocidade máxima no porta-rampas
 V_r – velocidade máxima nas rampas
 V_{tpe} – velocidade máxima na tubagem principal e de elevação