Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.10, 2024
ISSN 2178-6925

PRODUÇÃO DE ALIMENTOS SUSTENTÁVEL: A CONTRIBUIÇÃO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA A PISCICULTURA NO DISTRITO DE BILENE, PROVÍNCIA DE GAZA, MOÇAMBIQUE

SUSTAINABLE FOOD PRODUCTION: THE CONTRIBUTION OF SOLAR PHOTOVOLTAIC ENERGY TO AQUACULTURE IN THE BILENE DISTRICT, GAZA PROVINCE, MOZAMBIQUE

Bobone Dualia Chamo
Mestre em Relações Internacionais Negócios e Empreendedorismo,
Instituto Superior de Estudos de Defesa
"Tenente-General Armando Emílio Guebuza",Moçambique
ORCID: https://orcid.org/0009-0008-4278-2107
Email: bobonedualia@gmail.com

Osvaldo Francisco de Carvalho Choé
Mestre em Educação/Formação de Formadores,
Instituto Superior de Estudos de Defesa
"Tenente-General Armando Emílio Guebuza", Moçambique
ORCID: https://orcid.org/0009-0002-4441-0629
E-mail hbvavo@gmail.com

Amos Veremachi
Doutor em Ciência e Tecnologia da Energia
Universidade Pedagógica de Maputo
Departamento de Física
P.O. Box 4040
Tel. +258845635876/+258825420743)
averemachi@gmail.com
Moçambique

Margarida M. Marques
Equiparada a Investigador Auxiliar
Universidade de Aveiro
Dep. Educação e Psicologia / Centro de Investigação Didática e
Tecnologia na Formação de Formadores (CIDTFF)
Tel. +351 234 372 422 marg.marq@ua.pt
Portugal

RESUMO

O objetivo do estudo foi avaliar a capacidade ideal do sistema fotovoltaico para atender à demanda energética na Unidade de produção de Alevino de tilápia em Bilene, considerando os fatores de carga, irradiação solar, perdas e autonomia. A metodologia envolveu a medição de parâmetros elétricos com um multímetro digital, análise do ângulo de inclinação dos painéis solares e avaliação do sombreamento dos módulos fotovoltaicos. Os resultados indicaram falhas de potência e queda de corrente, atribuídas à configuração inadequada e falta de manutenção. A inclinação incorreta dos painéis e o sombreamento afetaram significativamente a eficiência do sistema. Para maximizar a

potência elétrica, é crucial otimizar a inclinação e a orientação dos módulos fotovoltaicos, especialmente durante os meses de alta radiação solar. A variação da tensão e da potência em função da corrente no sistema fotovoltaico mostrou a importância de operar próximo ao ponto de máxima potência (MPP) para maximizar a eficiência. Os resultados indicam que a implementação de um sistema fotovoltaico pode melhorar a eficiência produtiva, reduzir custos operacionais e aumentar a produção de alevinos, contribuindo para a segurança alimentar local e promovendo a sustentabilidade ambiental.

Palavras-chave: energia fotovoltaica, produção de alevinos, eficiência energética, sustentabilidade, segurança alimentar.

Abstract

The objective of this study was to evaluate the ideal capacity of the photovoltaic system to meet the energy demand of the Tilapia Fry Production Unit in Bilene, considering load factors, solar irradiance, losses, and autonomy. The methodology involved measuring electrical parameters with a digital multimeter, analyzing the tilt angle of the solar panels, and assessing the shading of the photovoltaic modules. The results indicated power failures and current drops, attributed to improper configuration and lack of maintenance. The incorrect tilt of the panels and shading significantly affected the system's efficiency. To maximize electrical power, it is crucial to optimize the tilt and orientation of the photovoltaic modules, especially during months of high solar radiation. The variation of voltage and power as a function of current in the photovoltaic system showed the importance of operating near the maximum power point (MPP) to maximize efficiency. The results indicate that the implementation of a photovoltaic system can improve production efficiency, reduce operating costs, and increase fry production, contributing to local food security and promoting environmental sustainability.

Keywords: photovoltaic energy, fry production, energy efficiency, sustainability, food security.

INTRODUÇÃO

A aquacultura, com seu potencial para aumentar a produção de alimentos e gerar renda, representa uma importante alternativa para o desenvolvimento sustentável de Moçambique. No entanto, a falta de acesso a energia confiável e sustentável, especialmente em regiões remotas, limita o crescimento do setor. O distrito de Bilene, na província de Gaza, com seu grande potencial para a piscicultura, enfrenta esse desafio.

Neste contexto, a energia solar fotovoltaica emerge como uma solução promissora, dada a abundância de recursos solares em Moçambique e os avanços tecnológicos recentes. Diversos estudos demonstram o sucesso da aplicação da energia solar em sistemas de bombeamento de água para a piscicultura em outras regiões. No entanto, há uma lacuna de conhecimento sobre a viabilidade técnica e econômica da implementação de sistemas fotovoltaicos em pequena escala para a produção de alevinos em Moçambique.

Este estudo tem como objetivo avaliar o potencial da energia solar fotovoltaica para atender às necessidades energéticas de uma unidade de produção de alevinos de tilápia no distrito de Bilene, província de Gaza, Moçambique. Através da análise técnica e econômica de um sistema fotovoltaico nessa unidade, busca-se demonstrar como essa tecnologia pode contribuir para a melhoria da eficiência produtiva, a redução de custos operacionais e, consequentemente, para o aumento da produção de peixes e a melhoria da

segurança alimentar da população local. Os resultados deste estudo poderão servir como referência para a expansão da aquacultura solar em outras regiões de Moçambique e em países com características semelhantes.

DESENVOLVIMENTO

Importância socioeconômica da aquacultura

A importância da aquacultura não se limita apenas à alimentação; ela também se destaca como uma fonte significativa de rendimento familiar. Reconhecendo o alto potencial socioeconômico do setor, o governo de Moçambique aprovou a Estratégia para o Desenvolvimento da Aquacultura em Moçambique 2008-2017, com o objetivo de garantir que os recursos naturais com potencial para aquacultura sejam efetivamente explorados, apoiando o crescimento e o desenvolvimento do país e contribuindo para a redução dos níveis de pobreza (Companhia & Thorarensen 2012; MMAIP & IDEPA,2020; López et al., 2013; Salia & Alda, Villasante et al., 20152008).

Em consonância com essa estratégia, o Instituto Nacional de Aquacultura (INAQUA) elaborou o “Plano de Desenvolvimento da Aquacultura de Pequena Escala para Moçambique” em 2009, com objetivos de melhorar as condições de vida das comunidades rurais, aumentar o abastecimento de peixe no mercado nacional e para exportação, e elevar a quantidade e qualidade dos produtos da pesca, bem como os rendimentos dos produtores de aquacultura de pequena escala (Companhia & Thorarensen 2012; MMAIP & IDEPA,2020; López et al., 2013, p.11, Salia & Alda 2008, Villasante et al., 2015).

A produção de alevinos é uma fase crucial na piscicultura (Antonio & Walter, 1998), pois pode proporcionar um rápido retorno do capital investido pelo produtor rural. Baloi (2017), MMAIP & IDEPA, 2020; Muhala et al., (2021) afirmam que a aquacultura é o setor de produção de alimentos que mais cresce no mundo, estimando-se que aproximadamente 50% de todo o pescado consumido seja proveniente desta prática. Além disso, a aquacultura utiliza sistemas de recirculação de água, que reduzem e reciclam a água utilizada, evitando o desperdício deste recurso.

E mundialmente a piscicultura cresce a um ritmo de aproximadamente 8% ao ano, um índice muito superior ao obtido pela maioria das atividades rurais tradicionais, como a pecuária e a agricultura (Albanez, 2000). Segundo Antonio & Walter (1998), o grande crescimento da piscicultura é justificado por sua boa lucratividade, proporcionando um rápido retorno do capital investido pelo produtor.

A produção global de pescado, proveniente da pesca e aquacultura, é estimada em cerca de 179 milhões de toneladas por ano. E a aquacultura contribui com aproximadamente metade dessa produção, totalizando 82,1 milhões de toneladas anuais (46%), com a China liderando a produção global com mais de 46 milhões de toneladas por ano (MMAIP & IDEA, 2020). Em África, a produção pesqueira é estimada em cerca de 10 milhões de toneladas anuais, com a aquacultura contribuindo com cerca de 2,2 milhões de toneladas por ano. O Egito lidera a produção no continente, com aproximadamente 1,6 milhões de toneladas anuais (FAO, 2020; MMAIP & IDEPA, 2020).

Produção de peixe em cativeiro em Moçambique

As primeiras iniciativas de cultivo de peixe em cativeiro em Moçambique datam do final da década de 1950, marcando o início do desenvolvimento do setor da aquacultura no país, e tendo como cultivo especial a Tilápia (MMAIP & IDEPA, 2020; Muhala, Rumieque & Hasimuna, 2021). A lacuna entre a produção e o consumo de pescado em Moçambique, evidenciada pelo déficit de 77.769 toneladas em 2019, segundo o Ministério do Mar, Águas Interiores e Pescas, sublinha a necessidade de expandir a produção aquícola no país (Chirindza &Thorarensen,2010; MMAIP & IDEPA, 2020).

O Instituto Nacional de Desenvolvimento da Pesca e Aquacultura, órgão responsável por fomentar o setor, tem destacado o potencial da aquacultura para suprir a demanda interna e gerar desenvolvimento econômico (MMAIP& IDEPA, 2020; MUHALA, et al.,2021). A aquacultura, quando combinada com tecnologias sustentáveis como a energia solar fotovoltaica, pode contribuir significativamente para a segurança alimentar e a geração de renda para as comunidades costeiras.

E como forma a trazer novas abordagens, o Conselho de Ministros a partir da Resolução n.º 48/2020 de 25 de Agosto, aprovou a Estratégia para o Desenvolvimento da Aquacultura (EDA) 2020 - 2030, como objectivo promover o desenvolvimento da aquacultura em Moçambique, visando a exploração do potencial nacional existente, com sustentabilidade socioeconómica e ambiental (MMAIP & IDEPA, 2020; MUHALA et al.,2021).

Alevinos são os peixes recém-eclodidos que já reabsorveram o saco vitelino, uma estrutura que fornece nutrientes durante o desenvolvimento embrionário (Antonio & Walter 1998; Balon, 1984; MMAIP & IDEPA,2020; Webster & Lim, 2006). Após essa fase, os alevinos são coletados dos viveiros utilizando puçás ou redes de malha fina de 3 mm, garantindo a captura dos indivíduos sem causar danos (ANTONIO & WALTER 1998; BALON & NOAKES,1982; BARDACH et al., 1972; WEBSTER & LIM, 2006). A coleta é realizada na superfície, onde os alevinos nadam em cardume, facilitando a operação (BALON & NOAKES1982; BALON, 1984).

Após a coleta, as pós-larvas são transferidas para tanques específicos, onde a qualidade da água é fundamental para a sua sobrevivência (BALON & NOAKES, 1982; BALON, 1984). A circulação da água, realizada por meio de bombas, garante a oxigenação adequada e a remoção de dejetos, prevenindo a proliferação de patógenos (ANTONIO & WALTER 1998; BOYD, 1990). Essa prática é essencial para garantir o desenvolvimento saudável dos alevinos e maximizar as taxas de sobrevivência (ANTONIO & WALTER 1998; BALON & NOAKES,1982; WEBSTER & LIM, 2006).

De acordo com Antonio & Walter (1998), FAO (2000), Webster & Lim (2006) a tilápia (*Oreochromis niloticus*) destaca-se na produção aquícola devido à sua rápida adaptação a diversos tipos de cultivo e ao seu excelente desempenho. Essa espécie é preferida pelos produtores por sua precocidade.

Antonio & Walter (1998); Ayroza et al. (2005) e Webster & Lim (2006) observam que a tilápia possui hábitos alimentares variados, excelente conversão alimentar e tolerância a condições ambientais adversas. Ela pode sobreviver em ambientes com alta densidade populacional, resistir a grandes variações de pH da água e suportar temperaturas elevadas (ANTONIO & WALTER 1998; BALON, 1984; WEBSTER & LIM, 2006).

Kubitza (2000) acrescenta que as tilápias são altamente resistentes a doenças e parasitas em comparação com outras espécies. No mercado, a tilápia é bem aceita devido ao seu baixo teor de gordura e sabor agradável (EDUCAR SAÚDE, 2024; CENTRO DE EXCELÊNCIA CONTRA A FOME,2024). É considerada a principal espécie para cultivo em tanque-rede em escala mundial. Além disso, a tilápia atinge a maturidade sexual precocemente e produz alevinos durante todo o ano (ANTONIO & WALTER 1998; BALON, 1984).

A tilápia é uma espécie de peixe nativa da África e da Ásia, que prospera em águas quentes. A temperatura ideal para o cultivo de tilápia varia entre 20°C e 30°C, conforme indicado por Webster e Webster & Lim (2006), Lucas e Southgate (2012) e a FAO (2023). Manter a água dentro dessa faixa de temperatura é crucial para o crescimento saudável dos peixes.

Além da temperatura, a qualidade da água é um fator essencial. É importante monitorar os níveis de oxigênio, pH e amônia. Embora a tilápia seja bastante resistente, condições ideais de água promovem um crescimento mais rápido e saudável. A alimentação também desempenha um papel vital; a tilápia é onívora e pode ser alimentada com uma variedade de alimentos, incluindo ração comercial, vegetais e até resíduos de cozinha. Uma dieta balanceada é essencial para o crescimento eficiente.

Outro aspecto importante é a densidade de estocagem, que se refere ao número de peixes por unidade de área. Uma densidade muito alta pode levar a problemas de qualidade da água e aumentar o risco de doenças. Existem vários sistemas de cultivo, como tanques, viveiros e sistemas de recirculação, cada um com suas vantagens e desvantagens, dependendo do espaço disponível e dos recursos. Essas informações são baseadas nas obras de Webster e Lim (2006), Lucas e Southgate (2012) e nas diretrizes da FAO (2023).

A tilápia é nativa da África e da Ásia e prospera em águas quentes. A temperatura ideal para o cultivo de tilápia varia entre 20°C e 30°C (WEBSTER & LIM, 2006; LUCAS & SOUTHGATE, 2012; FAO, 2023). A integração de sistemas fotovoltaicos solares na produção de tilápia pode trazer benefícios significativos (AMUSA et al., 2024).

Um estudo recente realizado no México demonstrou que a implementação de sistemas fotovoltaicos conectados à rede em fazendas de tilápia é tecnicamente viável, economicamente vantajosa e ambientalmente aceitável. Delfín-Portela, et al., (2023) mostraram que esses sistemas podem reduzir os custos de produção ao fornecer energia para a aeração e bombeamento de água, diminuindo o impacto

ambiental da produção aquícola. Essa abordagem sustentável pode ser replicada em outras regiões, incluindo Moçambique, para promover a produção de alimentos de forma mais sustentável e eficiente.

Integração de Sistemas Fotovoltaico na produção de Tilápia

A integração de sistemas de energia fotovoltaica na produção de tilápia pode trazer diversos benefícios econômicos e ambientais. Estudos indicam que a implementação desse sistema de energia solar em unidades de produção de tilápia é uma solução prática, econômica e ecológica (GARCÍA, PÉREZ, & MARTÍNEZ, 2023; SARKODIE & OWUSU, 2023; THE FISH SITE, 2023).

Um estudo realizado no México demonstrou que a implementação de sistemas fotovoltaicos conectados à rede em unidade de produção de tilápia pode reduzir significativamente os custos de produção, especialmente os associados à aeração e bombeamento de água, minimização do impacto ambiental da produção da tilápia e redução da dependência de fontes de energia não renováveis (GARCÍA ET AL., 2023; SARKODIE & OWUSU, 2023).

Outro estudo que provou o sucesso da integração do sistema fotovoltaico em unidades de produção de peixes foi o projeto em El Salvador, este promoveu o uso de painéis solares para aumentar a produtividade dos viveiros de tilápia, beneficiando desta forma aos agricultores de baixa renda e contribuindo para a segurança alimentar e nutricional (FAO, 2020; THE FISH SITE, 2023). Este projeto incluiu a construção de viveiros e blocos de concreto com geomembranas para o cultivo de tilápia, utilizando energia solar para reduzir os custos operacionais e aumentar a eficiência (THE FISH SITE, 2023).

Na África, a Victory Farms no Quênia implementou um sistema de aquaponia extensiva em Homa Bay, utilizando energia solar para alimentar bombas de água e sistemas de aeração, reduzindo significativamente os custos operacionais e aumentando a sustentabilidade (FAO, 2020; VICTORY FARMS, 2023).

Na Europa, a Global Fish na Polônia é a maior e mais moderna fazenda de tilápia do continente. Utilizando sistemas de recirculação de aquacultura (RAS), a fazenda integra energia fotovoltaica para alimentar suas operações, promovendo uma produção sustentável e eficiente de tilápia. Este projeto visa fornecer tilápia fresca para mercados locais na Polônia e em toda a Europa, atendendo à crescente demanda por frutos do mar sustentáveis (FAO, 2020; GLOBAL FISH, 2023).

A desinfeção da água é outro processo que pode ser beneficiado pela energia solar. De acordo com Fairley (2024), a radiação ultravioleta (UV) proveniente do sol, combinada com sistemas de filtragem, elimina microrganismos patogênicos, reduzindo a necessidade de produtos químicos e garantindo a qualidade da água. E para Mayne (2024), a energia solar também pode ser utilizada para alimentar inversores e controladores que otimizam a gestão da produção, tornando os processos mais eficientes e automatizados.

Mas os benefícios da energia solar na aquacultura vão além da eficiência operacional. Ao optar por essa fonte de energia limpa e renovável, os produtores contribuem para a redução da dependência de combustíveis fósseis e diminuem a emissão de gases do efeito estufa, mitigando os impactos das mudanças climáticas (FAO, 2020; Mayne J. (2024); Vo et al., 2021).

Além disso, a energia solar proporciona independência energética aos produtores, permitindo que eles reduzam seus custos com energia elétrica e garantam o fornecimento de energia mesmo em áreas remotas. A longo prazo, essa autonomia pode gerar uma economia significativa (AMUSA et al., 2024; MAYNE, 2024).

A utilização da energia solar na aquacultura também contribui para a melhoria da qualidade da água, uma vez que reduz a necessidade de produtos químicos e otimiza os processos de tratamento. Um ambiente aquático mais saudável resulta em organismos mais saudáveis e em produtos de maior qualidade (MAYNE 2024; IMANI et al., 2023).

De acordo com as características do projeto em questão, a implementação de um sistema de energia solar foi definida como a solução mais adequada, visto que o sistema de produção é voltado para pequenos produtores, que podem não ter acesso à rede elétrica convencional, além do fato de a energia utilizada ser limpa e renovável, e abundância em Moçambique segundo ALER (2017).

No âmbito deste artigo que se dedicou na avaliação da capacidade ideal do sistema fotovoltaico para atender à demanda energética na Unidade de produção de Alevino de tilápia em Bilene, considerando os fatores de carga, irradiação solar, perdas e autonomia e propor a instalação de um sistema fotovoltaico isolado (*off-grid*) capaz de fornecer energia elétrica para a bomba do tanque destinado à criação de peixes. Este sistema resume-se a uma tecnologia integrada para a produção de alevinos.

Entende que os sistemas *off-grid* não possuem tanta viabilidade econômica quanto os sistemas on-grid, devido aos fatores que influenciam no alto custo dos sistemas. Uma avaliação incorreta do sistema PV pode resultar no mau funcionamento do próprio sistema. Entretanto para mitigar os problemas constatados no sistema fotovoltaico autônomo, é necessário maximizar o aproveitamento da energia solar e o armazenamento da energia de reserva, visando obter uma sustentabilidade técnica e econômica (MAYNE 2024; SMA, 2011; VO et al., 2021).

E para aumentar a eficiência do sistema e reduzir os custos da energia gerada, é essencial garantir que o sistema opere o maior tempo possível sobre o ponto de máxima potência dos painéis. No entanto, devido às características dos painéis fotovoltaicos, este ponto é variável e fortemente dependente das condições atmosféricas e da carga a ser alimentada (AMUSA et al., 2024; SUSANA, 2023; SMA, 2011; SILVA 2012).

Outros requisitos também são necessários para alcançar o propósito principal, como elaborar uma estrutura para abrigar os painéis fotovoltaicos, as

baterias, o inversor e o controlador de carga, além de dimensionar todo o sistema fotovoltaico visando a redução dos custos. Tudo isso com o intuito de fomentar a ideia de um novo delineamento que satisfaça as necessidades do empreendimento (MAYNE 2024; IMANI et al., 2023; SUSANA, 2023).

Em relação ao objetivo, a pesquisa avaliou o desempenho do sistema fotovoltaico destinado a viabilizar a produção de alevinos e, especificamente, fez o levantamento dos componentes fotovoltaicos instalados e identificou suas disfuncionalidades; redimensionou o sistema fotovoltaico de modo a corrigir os problemas identificados; e fez o levantamento histórico de consumo de energia elétrica na unidade de produção de alevinos em Bilene (FAIRLEY, 2024; MAYNE, 2024).

Avaliação da Potência Elétrica do Sistema

Para avaliar a potência dos sistemas fotovoltaicos instalados na unidade de produção de alevinos de tilápia em Bilene, seguiu-se o procedimento descrito a seguir. Primeiramente, foram medidos os seguintes parâmetros utilizando um multímetro digital (figura 5) como instrumento principal: tensão (U), intensidade (I) e resistência. Posteriormente, a potência foi calculada utilizando a fórmula:

$$\textbf{Eq. 1} \qquad P_{(W)} = I_{(A)} x U_{(V)}$$

Onde:

P- Potência fornecida em Watts

I- Intensidade fornecida em Ampéres

U- Tensão fornecida em volts



Figura 5: multímetro digital para medição da tensão, intensidade e a resistência.

A fórmula **Eq.1***,* amplamente utilizada na física e na engenharia elétrica, é baseada nas leis de Ohm e de Joule, desenvolvidas por Georg Simon Ohm e James Prescott Joule, respetivamente (OHM, 1827; JOULE, 1841). A medição precisa desses parâmetros é crucial para garantir que o sistema esteja operando de maneira eficiente e para identificar possíveis áreas de melhoria.

Com a ajuda do multímetro digital, conforme ilustrado na Figura 5, foram medidos os valores de tensão, intensidade da corrente elétrica e resistência fornecidos pelo sistema instalado no local. Este procedimento foi realizado para obter informações precisas sobre os componentes e as condições reais do sistema, permitindo uma avaliação detalhada dos valores fornecidos pelos módulos fotovoltaicos e pelos acumuladores, analisando sua capacidade de retenção de carga.

Segundo Chucks (2020) um multímetro digital é um dispositivo versátil que mede várias quantidades elétricas, incluindo tensão, corrente e resistência, utilizando uma única ferramenta. A medição precisa desses parâmetros é crucial para garantir que o sistema esteja operando de maneira eficiente e para identificar possíveis áreas de melhoria. Além disso, a Fluke Corporation (2024) e Seamans (2020) destacam que a exibição digital facilita a leitura e a compreensão dos resultados com precisão.

Ângulo de Inclinação dos Painéis Solares

De acordo com Rui (2008), conhecer o ângulo de incidência dos raios solares é crucial para quantificar a energia proveniente do Sol. Para isso, é necessário considerar fatores geográficos do local, como a latitude, o ângulo horário, a declinação solar, o ângulo da superfície em relação ao plano horizontal e a direção para a qual os módulos fotovoltaicos serão orientados.

A verificação dos ângulos dos painéis solares foi realizada no local de estudo, onde estão instalados, para aferir com precisão as medidas dos ângulos de inclinação e verificar se estão de acordo com as regulamentações. Esta verificação foi feita utilizando um transferidor de PVC de 180º com precisão de 1º e uma régua de 100 cm. A régua serviu como indicador dos ângulos do transferidor em relação ao ponto de inclinação.

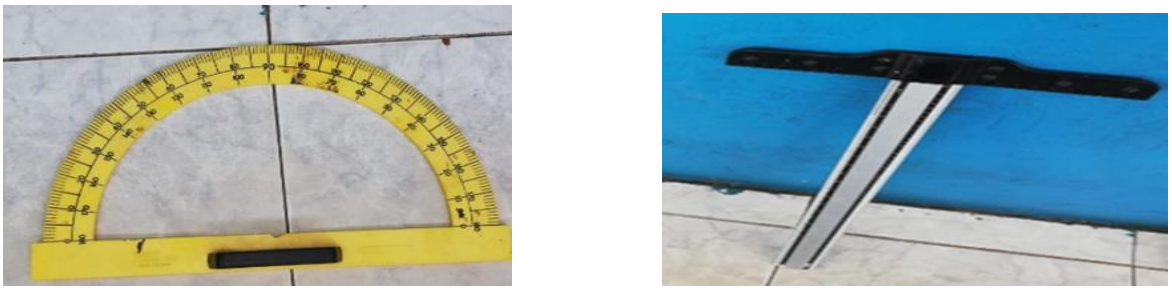


Figura 6 Transferidor e régua graduada

A inclinação dos painéis solares desempenha um papel crucial na eficiência de um sistema fotovoltaico. Conforme destacado por Villalva (2020) e Silveira (2020), a escolha e a precisão do ângulo de inclinação são fatores determinantes para maximizar a captação de energia solar ao longo do ano.

Sombreamento de Módulos Fotovoltaicos

O sombreamento dos módulos fotovoltaicos é, em certa medida, temporário, devido à localização e às próprias instalações do imóvel (LEWIS et al., 2024; SUSANA, 2023). Na área de produção de tilápias em Bilene, o sombreamento ocorre por estar situada numa zona com arbustos e algumas árvores. Para quantificar o sombreamento, foi calculada a área de incidência da sombra em relação aos módulos solares durante as horas normais de sol no local (COUTINHO & NARDOTO, 2020; GONÇALVES,2014b). Utilizou-se o método clássico de medição do sombreamento, que consistiu em posicionar uma corda numa árvore em direção ao módulo, formando um triângulo escaleno.

$$Area\ da\ Sombra = Altura\ do\ Obstaculo\ x\ \tan(Angulo\ de\ incidencia)$$

Onde:

- Altura do Obstáculo é a altura do objeto que está causando a sombra.
- Ângulo de Incidência é o ângulo dos raios solares em relação ao solo.

A aplicação da fórmula:

- Primeiro, identifica-se os componentes do triângulo, sendo a altura do obstáculo a altura da árvore ou do objeto que está causando a sombra, e o ângulo de incidência o ângulo formado entre a corda (que representa a sombra) e o solo.
- Em seguida, aplica-se a fórmula, onde a tangente do ângulo de incidência é usada para calcular a projeção horizontal da sombra.

A fórmula ajuda a determinar a área da sombra projetada no solo, considerando a altura do obstáculo e o ângulo de incidência dos raios solares. O estudo reconhece que para cálculos mais detalhados, especialmente em diferentes épocas do ano, é recomendável usar software especializado que considere a posição do sol ao longo do dia e do ano (COUTINHO & NARDOTO, 2020).



Figura 7 Sombreamento dos Painéis Solares

Análise e Processamento de Dados

Para permitir a interpretação dos dados obtidos ao longo da pesquisa (quatro meses), os valores dos parâmetros (tensão, intensidade e resistência) foram processados utilizando o Microsoft Excel. Esses dados foram submetidos a uma análise estatística inferencial para determinar o padrão de variação dos parâmetros analisados (FERREIRA, 2005; VEIGA, OTERO, & TORRES, 2020; REZENDE, 2016). Utilizou-se um modelo pré-validado com o objetivo de calcular a potência média fornecida e a potência máxima, facilitando assim o redimensionamento do sistema.

METODOLOGIA

Para a realização da pesquisa, optou-se pelo uso dos métodos qualitativo, quantitativo e exploratório. Alguns autores têm discutido sobre a inadequação de definir limites rígidos entre os estudos considerados qualitativos e quantitativos nas pesquisas, argumentando que se deve romper a concepção de que exclusivamente o que é mensurável teria validade científica (CRESWELL, 2014; FLICK, 2009; MARCONI & LAKATOS, 2010; YIN, 2005).

O estudo assume um sistema fotovoltaico instalado no local e sua configuração, descrevendo-o na metodologia de modo a compreender seu funcionamento e explicar os reais motivos das falhas constantes apresentadas no fornecimento de energia elétrica, e, posteriormente, desenhar um novo delineamento que satisfaça as necessidades do empreendimento.

Devido às condições climáticas favoráveis que o distrito de Bilene oferece para a implementação de projetos fotovoltaicos, este trabalho escolheu o distrito e a Tilápia do Bilene em particular, devido à necessidade de energia que esta unidade de produção de pescado necessita para o abastecimento normal de suas atividades. A seleção deste estabelecimento obedeceu a alguns critérios operacionais, como a existência de uma estrutura de painéis com potencial de fornecimento de energia obtida através da fonte solar, suficiente para sustentar e manter o funcionamento de suas estruturas.



Figura 1: Vista frontal da empresa onde o sistema FV foi instalado e da lagoa onde são praticadas as atividades de pesca.

O redimensionamento do sistema fotovoltaico na unidade de produção de alevinos exigiu o conhecimento das características gerais de todos os componentes base do sistema instalado, de modo a inferir as características da potência da carga constituída pelas bombas e compressores de ar versus a potência do sistema fotovoltaico, constituído por módulos fotovoltaicos, controladores de cargas e acumuladores.

Existem duas cargas distintas a serem alimentadas: uma composta por bombas centrífugas e outra por compressores de ar. Cada uma dessas cargas é alimentada por um sistema fotovoltaico isolado, composto por dois módulos fotovoltaicos, controladores e baterias de forma distinta.

CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS E COMPONENTES

Bombas Centrífugas de Água

A unidade possui dois sistemas fotovoltaicos distintos abastecidos por corrente elétrica proveniente dos painéis solares. Estes sistemas são compostos por duas bombas centrífugas responsáveis pelo movimento de água e manutenção de oxigênio nos tanques de alevinos (tanques de reversão sexual) e dois compressores de ar que têm a função de abastecer ar a um conjunto de pedras porosas para manter a manutenção de oxigênio nos viveiros de cultivo de peixe (reprodutores).





Figura 2: Bombas auxiliadas por motores e compressores de ar.

Módulos Solares Instalados

A instalação do sistema solar no local apresenta um conjunto de quatro painéis solares do modelo NES 36-6-150M Osaka Solar. Os módulos foram instalados separadamente, dois a dois, a um ângulo de inclinação de 20º leste, partindo do canal de Moçambique em direção ao interior, tomando em consideração o local do empreendimento. Segundo Mayne (2024) e Villalva (2020), a inclinação e orientação dos módulos são cruciais para maximizar a eficiência energética. Posteriormente, os módulos foram conectados a um controlador de carga para cada sistema, controladores estes que desempenham a função de controlar o fluxo de corrente fornecida pelos painéis solares. De acordo com Silveira (2020), os controladores de carga são essenciais para regular o fluxo de corrente e proteger as baterias.

O novo dimensionamento sugere o reagrupamento e a conexão dos painéis em paralelo, de modo a obter maior corrente elétrica. Os quatro módulos são ligados em uma única base, facilitando a instalação dos módulos em um único ângulo de inclinação e melhor posicionamento quanto ao sombreamento produzido pelo edifício onde serão fixados. Lewis et al., (2024), Villalva (2020) destacam que a conexão em paralelo é eficaz para aumentar a corrente elétrica sem alterar a tensão, enquanto Mayne (2024), Silveira (2020) enfatizam a importância de evitar sombreamento para manter a eficiência do sistema.



Figura 3: Painéis solares instalados na unidade de produção de alevinos.

Baterias instaladas na unidade de produção de alevinos



Figura 4 Acumuladores ou Baterias Instaladas no local

APRESENTAÇÃO E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

Condições necessárias para maximização da potência elétrica, impactos positivos e minimização dos Impactos negativos do uso produtivo da energia fotovoltaica na unidade produtora de Alevinos.

Intensidade da Variação da Radiação Solar

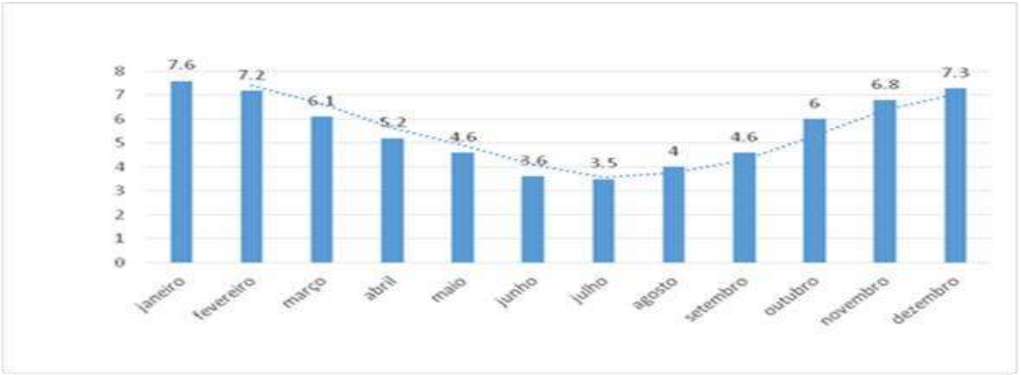


Gráfico 1: Variação da Radiação longo do ano.

O gráfico 1, apresenta a distribuição da radiação solar ao longo do ano no distrito de Bilene. Os dados mostram que os meses com maior incidência de radiação solar são janeiro, fevereiro, março, setembro, outubro, novembro e dezembro. Estes meses representam os picos de radiação solar, indicando períodos de maior produção de energia solar.

Por outro lado, os meses de abril, maio, junho, julho e agosto, que coincidem com o inverno no hemisfério sul, apresentam menor produção de energia solar. A radiação solar varia entre um mínimo de 3,5 kW e um máximo de 7,6 kW ao longo do ano. Esta variação indica que, mesmo nos meses de menor radiação, ainda há uma quantidade significativa de energia solar disponível, embora menor comparada aos meses de pico.

Implicações para a Unidade Produtora de Alevinos

A otimização da inclinação e orientação dos módulos fotovoltaicos é crucial para maximizar a produção de energia e garantir a autonomia energética da unidade produtora de alevinos. Diversos estudos, como os realizados por e Bullock (2018), Deline et al., (2016); Gonçalves, (2014a); Mikofski (2018) demonstram que a escolha adequada desses parâmetros pode aumentar significativamente a eficiência dos sistemas fotovoltaicos, especialmente em regiões com alta variabilidade de insolação, como o distrito de Bilene.

Através da otimização dos ângulos dos painéis, é possível reduzir a dependência de outras fontes de energia e garantir um fornecimento contínuo de eletricidade para as atividades da unidade, contribuindo para a sustentabilidade e a viabilidade econômica do empreendimento.

Durante os meses de menor radiação, pode ser necessário complementar a energia solar com outras fontes ou otimizar o armazenamento de energia para garantir a continuidade da produção. Essas observações são fundamentais para planejar e ajustar o sistema fotovoltaico de forma a garantir uma produção energética eficiente ao longo do ano.

Variação da tensão e da potência em função da corrente no Sistema Fotovoltaico instalado na Unidade de produção de tilápia do Bilene

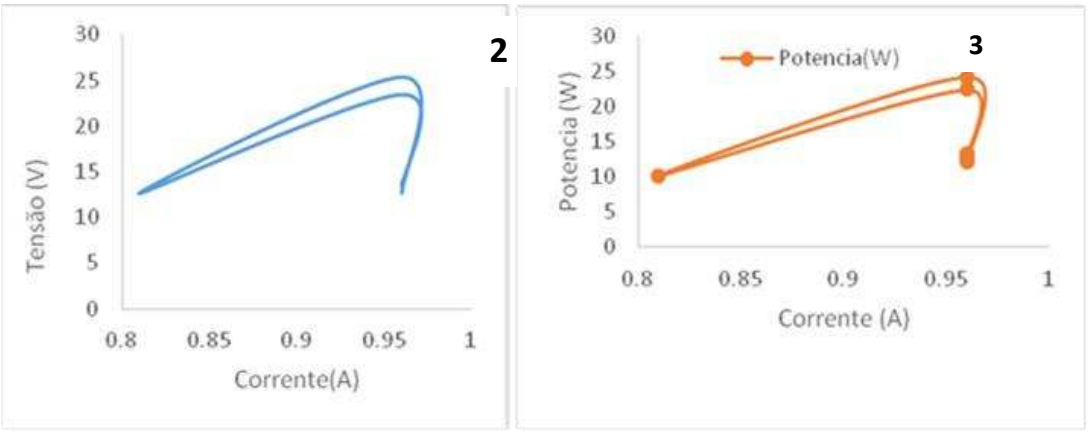


Gráfico 2 e 3: Variação da tensão e da potência em função da corrente no sistema Fotovoltaico

Os gráficos 2 e 3, apresentados mostram como a tensão (V) e a potência (W) variam em função da corrente (A) no sistema fotovoltaico instalado na unidade de produção de alevinos de tilápias em Bilene.

O gráfico à esquerda (2) ilustra a variação da tensão em função da corrente. Observa-se que a tensão diminui à medida que a corrente aumenta. Este comportamento é típico de sistemas fotovoltaicos, onde a tensão de saída dos módulos solares tende a cair com o aumento da corrente devido à resistência interna dos módulos e à queda de tensão nos cabos e conexões (LUQUE & HEGEDUS, 2011; MESSENGER & VENTRE, 2010; GREEN,1982).

O gráfico à direita (3) mostra a variação da potência em função da corrente. A curva de potência apresenta um aumento inicial com o aumento da corrente, atingindo um pico, e depois diminui. Este comportamento é característico da curva de potência de um módulo fotovoltaico, onde existe um ponto de máxima potência (MPP - *Maximum Power Point*) que representa a combinação ideal de tensão e corrente para obter a máxima potência possível do módulo (VILLALVA, 2019; CAMPOS, 2023).

Verificamos que a queda de tensão com o aumento da corrente indica a importância de dimensionar corretamente os cabos e conexões para minimizar perdas e garantir a eficiência do sistema (VILLALVA, 2019). A identificação do ponto de máxima potência é crucial para otimizar o desempenho do sistema fotovoltaico. Operar o sistema próximo ao MPP maximiza a eficiência e a produção de energia (CAMPOS, 2023). Essas análises foram fundamentais para entender o comportamento do sistema fotovoltaico e para realizar ajustes que possam melhorar a eficiência e a produção de energia na unidade de produção de alevinos de tilápias em Bilene.

Efeito da temperatura e da radiação na variação da tensão e da potência no sistema dos compressores

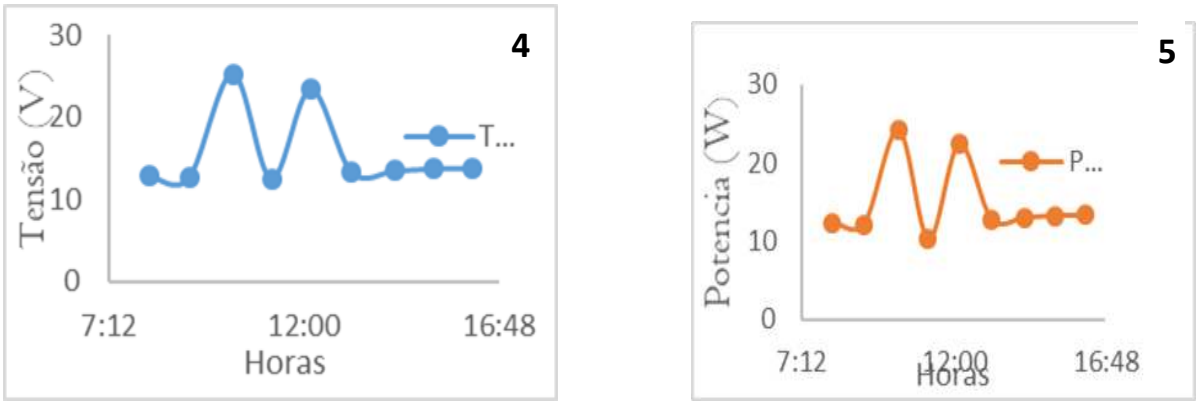


Gráfico 4 e 5: Efeito da temperatura e da radiação na variação da tensão e da potência no sistema Fotovoltaico dos Compressor.

Os gráficos 4 e 5, apresentados mostram como a tensão (V) e a potência (W) variam em função da corrente (A) no sistema fotovoltaico instalado na unidade de produção de alevinos de tilápias em Bilene. O gráfico 4 mostra a variação da tensão em função da corrente. Observa-se que a tensão diminui à medida que a corrente aumenta. Este comportamento é típico de sistemas fotovoltaicos, onde a tensão de saída dos módulos solares tende a cair com o aumento da corrente devido à resistência interna dos módulos e à queda de tensão nos cabos e conexões (LUQUE & HEGEDUS, 2011; MESSENGER & VENTRE, 2010; GREEN, 1982).

O gráfico à direita (5) mostra a variação da potência em função da corrente. A curva de potência apresenta um aumento inicial com o aumento da corrente, atingindo um pico, e depois diminui. Este comportamento é característico da curva de potência de um módulo fotovoltaico, onde existe um ponto de máxima potência (MPP - Maximum Power Point) que representa a combinação ideal de tensão e corrente para obter a máxima potência possível do módulo (VILLALVA, 2019; CAMPOS, 2023). Os gráficos apresentados mostram como a potência varia ao longo do tempo, indicando os efeitos da temperatura e da radiação solar no sistema dos compressores.

O gráfico que ilustra a variação da potência (W) (gráfico 5) ao longo das horas do dia. É possível observa-se três picos distintos de potência, sugerindo que a demanda de energia dos compressores varia significativamente ao longo do dia. Esses picos podem estar relacionados a variações na temperatura ambiente e na radiação solar, que afetam diretamente a eficiência dos compressores.

E para efeitos da temperatura tem um impacto significativo na eficiência dos sistemas fotovoltaicos e, consequentemente, na potência fornecida aos compressores. À medida que a temperatura aumenta, a eficiência dos módulos fotovoltaicos tende a diminuir, resultando em uma menor produção de energia elétrica. Isso ocorre porque o aumento da temperatura reduz a tensão de saída dos módulos, afetando a potência total disponível para os compressores (LUQUE & HEGEDUS, 2011).

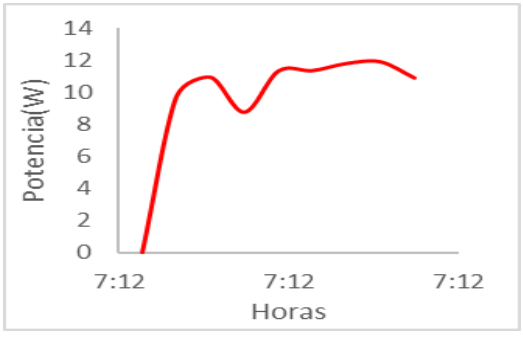
A radiação solar é outro fator crucial que influencia a variação da potência. Durante os períodos de alta irradiância solar, a produção de energia dos módulos fotovoltaicos aumenta, proporcionando mais potência aos compressores. No entanto, em períodos de baixa irradiância, como em dias nublados ou durante o início e o fim do dia, a produção de energia diminui, afetando a potência disponível (MESSENGER & VENTRE, 2010).

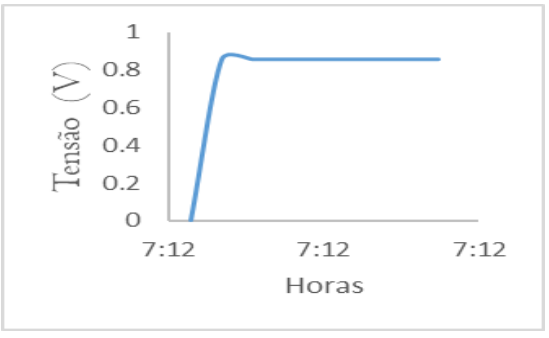
Verificou-se que a queda de tensão com o aumento da corrente indica a importância de dimensionar corretamente os cabos e conexões para minimizar perdas e garantir a eficiência do sistema. A identificação do ponto de máxima potência é crucial para otimizar o desempenho do sistema fotovoltaico. Operar o sistema próximo ao MPP maximiza a eficiência e a produção de energia (CAMPOS 2023; MAYNE 2024).

Os picos de potência observados no gráfico podem estar associados aos momentos de maior irradiância solar e temperaturas mais amenas, que são ideais para a operação dos módulos fotovoltaicos (CAMPOS, 2023; MAYNE 2024; VILLALVA, 2019). Também se verificou que a variação diária da potência indica a necessidade de ajustar a operação dos compressores para otimizar o uso da energia disponível, especialmente durante os períodos de menor produção.

E para maximizar a eficiência operacional, a pesquisa entende que é importante considerar tanto a temperatura quanto a radiação solar ao planejar a operação dos compressores e a configuração dos sistemas fotovoltaicos. Essas análises são essenciais para entender e otimizar o desempenho do sistema fotovoltaico e dos compressores, garantindo uma operação eficiente e sustentável (LUQUE & HEGEDUS, 2011; GREEN, 1982).

Efeito da temperatura e da radiação na variação da tensão e da potência das Bombas.





Gráficos 6 e 7: feito da Temperatura e da Radiação na Variação da Tensão e da Potência das Bombas

O primeiro gráfico 6, Potência (W), mostra a variação da potência em watts ao longo do tempo, marcado em intervalos como 7:12. A escala do eixo vertical vai de 0 a 14 watts. A linha vermelha no gráfico indica que a potência começa em um valor baixo, o que pode indicar que a bomba está iniciando sua operação ou que a demanda de potência é baixa no início do período. À medida que o tempo avança, a linha vermelha sobe até atingir um pico, sugerindo que a bomba está operando

em sua capacidade máxima. Isso pode ser devido a um aumento na demanda ou a condições ótimas de operação.

Posteriormente, a potência diminui ligeiramente após o pico, mas ainda se mantém acima do valor inicial, o que pode indicar uma redução na demanda ou uma mudança nas condições de operação, como um aumento na temperatura que afeta a eficiência da bomba. Os resultados indicam que a bomba é capaz de atingir uma potência máxima significativa, mas a eficiência pode ser afetada por fatores externos como temperatura e radiação. A variação na potência ao longo do tempo sugere que a bomba responde rapidamente às mudanças na demanda ou nas condições ambientais.

O segundo gráfico 7, Tensão (V), mostra a variação da tensão em volts ao longo do tempo, também marcado em intervalos como 7:12. A escala do eixo vertical vai de 0 a 1 volt. A linha no gráfico começa em zero, indicando que a bomba não está operando ou está em um estado de repouso. Em seguida, a linha sobe rapidamente até cerca de 0,9 volts, sugerindo que a bomba é ativada e rapidamente atinge a tensão necessária para operação. Após esse aumento inicial, a tensão se estabiliza em torno de 0,9 volts, formando um platô, o que indica que a bomba está operando de forma constante e eficiente.

Os resultados mostram que a bomba é capaz de atingir rapidamente a tensão necessária para operação, o que é um bom indicador de sua eficiência inicial. A estabilização da tensão sugere que a bomba pode manter uma operação constante e eficiente ao longo do tempo, mesmo com variações na temperatura e radiação.

Os gráficos mostram que a bomba tem uma boa capacidade de resposta e eficiência tanto em termos de potência quanto de tensão. No entanto, fatores como temperatura e radiação podem influenciar essas variáveis, afetando a performance da bomba ao longo do tempo. Monitorar essas condições e ajustar a operação da bomba conforme necessário pode ajudar a manter sua eficiência e prolongar sua vida útil.

Redimensionamento do sistema e correção dos problemas identificados

Seleção do equipamento necessário

Equipamento	Potência (W)	Quantidade	Potência Nominal PN (W)	Hc
Compressor de Ar	75	2	150	19
Bombas de água	250	2	500	19
Total			650	

Tabela 1: Tabela de equipamento para o sistema solar e Bombas centrifuga

A Tabela 1 apresenta os dados dos equipamentos do sistema solar e bomba centrífuga usada. O compressor de ar tem uma potência de 75 W, com uma quantidade de 2 unidades, resultando em uma potência nominal de 150 W e um consumo diário de 19 horas. As bombas de água têm uma potência de 250 W, também com 2 unidades, resultando em uma potência nominal de 500 W e um consumo diário de 19 horas. A potência total dos equipamentos é de 650 W.

Para calcular a energia diária necessária, multiplicamos a potência nominal de cada equipamento pelo número de horas de consumo diário (DUFFIE & BECKMAN, 2013; DUFFIE et al., 2020). Para o compressor de ar, a energia diária é de 150 W multiplicado por 19 horas, resultando em 2850 Wh. Para as bombas de água, a energia diária é de 500 W multiplicado por 19 horas, resultando em 9500 Wh. A energia total diária necessária é, portanto, 2850 Wh mais 9500 Wh, totalizando 12350 Wh ou 12,35 kWh.

Para redimensionar o sistema fotovoltaico, foi preciso considerar a energia total diária necessária e a eficiência do sistema. Para uma eficiência de 80%, a capacidade do sistema fotovoltaico foi ajustada para compensar as perdas. Dividindo a energia total diária necessária pela eficiência, obtemos 15,44 kWh (MASTERS, 2013).

Para dimensionar os painéis solares, foi considerado que cada painel tem uma capacidade de 300 W e uma média de 5 horas de sol pleno por dia. Dividindo a energia ajustada pela capacidade dos painéis e pelas horas de sol obtemos aproximadamente 10,3 painéis. Portanto, seriam necessários cerca de 11 painéis solares de 300 W para atender à demanda energética dos equipamentos (DUFFIE & BECKMAN, 2013, MIKOFSKI et al., 2018; KALOGIROU, 2009).

Para corrigir os problemas identificados, é importante verificar a capacidade dos painéis solares instalados para garantir que eles possam gerar a energia necessária. Além disso, é essencial verificar a eficiência do sistema e considerar possíveis melhorias, como a limpeza regular dos painéis e a manutenção dos componentes. Também é recomendável considerar a instalação de baterias para armazenar energia excedente e garantir o fornecimento contínuo durante períodos de baixa insolação (VILLALVA, GAZOLI, & FILHO, 2009).

Condições necessárias para maximização da potência elétrica

Para maximizar a potência elétrica na unidade produtora de alevinos, é essencial otimizar a inclinação e a orientação dos módulos fotovoltaicos para capturar o máximo de radiação solar durante os meses de pico. A alta radiação solar nos meses de verão (janeiro, fevereiro, março, setembro, outubro, novembro e dezembro) pode garantir uma produção energética eficiente, reduzindo custos operacionais e aumentando a produção de alevinos.

Durante os meses de menor radiação (abril, maio, junho, julho e agosto), pode ser necessário complementar a energia solar com outras fontes ou otimizar o armazenamento de energia para garantir a continuidade da produção.

Intensidade da Variação da Radiação Solar

O gráfico 1 apresenta a distribuição da radiação solar ao longo do ano no distrito de Bilene. A radiação solar varia entre um mínimo de 3,5 kW e um máximo de 7,6 kW ao longo do ano. Mesmo nos meses de menor radiação, ainda há uma quantidade significativa de energia solar disponível, embora menor comparada aos meses de pico.

Variação da Tensão e da Potência em Função da Corrente no Sistema Fotovoltaico

Os gráficos 2 e 3 mostram como a tensão (V) e a potência (W) variam em função da corrente (A) no sistema fotovoltaico instalado na unidade de produção de alevinos de tilápias em Bilene.

Variação da Tensão

O gráfico 4 mostra a variação da tensão em função da corrente. Observa-se que a tensão diminui à medida que a corrente aumenta. Este comportamento é típico de sistemas fotovoltaicos, onde a tensão de saída dos módulos solares tende a cair com o aumento da corrente devido à resistência interna dos módulos e à queda de tensão nos cabos e conexões.

Variação da Potência

O gráfico 5 mostra a variação da potência em função da corrente. A curva de potência apresenta um aumento inicial com o aumento da corrente, atingindo um pico, e depois diminui. Este comportamento é característico da curva de potência de um módulo fotovoltaico, onde existe um ponto de máxima potência (MPP - Maximum Power Point) que representa a combinação ideal de tensão e corrente para obter a máxima potência possível do módulo.

Efeito da Temperatura e da Radiação na Variação da Tensão e da Potência no Sistema dos Compressores

Os gráficos 4 e 5 mostram como a potência varia ao longo do tempo, indicando os efeitos da temperatura e da radiação solar no sistema dos compressores. Variação da Potência ao Longo do Tempo: O gráfico ilustra a variação da potência (W) ao longo das horas do dia. Observa-se três picos distintos de potência, sugerindo que a demanda de energia dos compressores varia significativamente ao longo do dia. Esses picos podem estar relacionados a variações na temperatura ambiente e na radiação solar, que afetam diretamente a eficiência dos compressores.

Efeito da Temperatura

A temperatura tem um impacto significativo na eficiência dos sistemas fotovoltaicos e, consequentemente, na potência fornecida aos compressores. À medida que a temperatura aumenta, a eficiência dos módulos fotovoltaicos tende a diminuir, resultando em uma menor produção de energia elétrica. Isso ocorre porque o aumento da temperatura reduz a tensão de saída dos módulos, afetando a potência total disponível para os compressores.

Efeito da Radiação Solar

A radiação solar é outro fator crucial que influencia a variação da potência. Durante os períodos de alta irradiância solar, a produção de energia dos módulos fotovoltaicos aumenta, proporcionando mais potência aos compressores. No

entanto, em períodos de baixa irradiância, como em dias nublados ou durante o início e o fim do dia, a produção de energia diminui, afetando a potência disponível.

Variação da Tensão e da Potência em Função da Corrente no Sistema Fotovoltaico

Os gráficos 6 e 7 mostram como a tensão (V) e a potência (W) variam em função da corrente (A) no sistema fotovoltaico instalado na unidade de produção de alevinos de tilápias em Bilene.

O gráfico 6 mostra a variação da tensão em função da corrente. Observa-se que a tensão diminui à medida que a corrente aumenta. Este comportamento é típico de sistemas fotovoltaicos, onde a tensão de saída dos módulos solares tende a cair com o aumento da corrente devido à resistência interna dos módulos e à queda de tensão nos cabos e conexões.

Enquanto que o gráfico 7 mostra a variação da potência em função da corrente. A curva de potência apresenta um aumento inicial com o aumento da corrente, atingindo um pico, e depois diminui. Este comportamento é característico da curva de potência de um módulo fotovoltaico, onde existe um ponto de máxima potência (MPP - Maximum Power Point) que representa a combinação ideal de tensão e corrente para obter a máxima potência possível do módulo.

RESULTADOS E RECOMENDAÇÕES

Para maximizar a potência elétrica, é essencial otimizar a inclinação e a orientação dos módulos fotovoltaicos, capturando o máximo de radiação solar durante os meses de pico. A alta radiação solar nos meses de verão pode garantir uma produção energética eficiente, reduzindo custos operacionais e aumentando a produção de alevinos. Nos meses de menor radiação, pode ser necessário complementar a energia solar com outras fontes ou otimizar o armazenamento de energia para garantir a continuidade da produção.

A queda de tensão com o aumento da corrente destaca a importância de dimensionar corretamente os cabos e conexões para minimizar perdas de energia. Identificar o ponto de máxima potência (MPP) é crucial para otimizar o desempenho do sistema fotovoltaico, operando-o próximo ao MPP para maximizar a eficiência e a produção de energia.

A variação diária da potência indica a necessidade de ajustar a operação dos compressores, otimizando o uso da energia disponível, especialmente durante os períodos de menor produção. Além disso, é importante considerar tanto a temperatura quanto a radiação solar ao planejar a operação dos compressores e a configuração dos sistemas fotovoltaicos.

CONCLUSÃO

A maximização da eficiência de sistemas fotovoltaicos em ambientes de aquacultura exige uma abordagem multifacetada, levando em consideração diversos fatores. A correta inclinação e orientação dos painéis solares são cruciais para captar a maior quantidade possível de radiação solar durante os meses de pico, garantindo que os módulos estejam sempre voltados para o sol.

A alta irradiância solar característica dos meses de verão proporciona condições ideais para a produção de energia fotovoltaica, que pode ser utilizada para suprir as demandas energéticas do sistema de aquacultura, reduzindo custos operacionais e aumentando a produção de alevinos. No entanto, durante os períodos de menor insolação, pode ser necessário complementar a energia solar com outras fontes ou otimizar sistemas de armazenamento para garantir a continuidade da produção.

O dimensionamento preciso dos cabos e conexões é fundamental para minimizar as perdas de energia, garantindo uma maior eficiência. A identificação e o acompanhamento do ponto de máxima potência são essenciais para otimizar o desempenho do sistema fotovoltaico, maximizando a eficiência e a produção de energia.

A variação da potência solar ao longo do dia exige um ajuste contínuo na operação dos compressores. A otimização do uso da energia disponível, especialmente durante os períodos de menor produção, é fundamental para garantir a eficiência energética do sistema. É importante considerar a temperatura e a radiação solar ao planejar a operação dos compressores e configurar os sistemas fotovoltaicos, uma vez que esses fatores influenciam diretamente o desempenho dos painéis solares.

A otimização da produção de energia solar em sistemas de aquacultura envolve um conjunto de práticas que visam maximizar a captura de energia solar, minimizar as perdas e garantir a eficiência energética do sistema. Ao adotar essas estratégias, é possível reduzir custos operacionais, aumentar a produção de alevinos e contribuir para a sustentabilidade da atividade aquícola.

Referências bibliográficas

Albanez, J. Psicultura. 2. ed. Minas Gerais: Emater-MG, 2000.

Aler. Energia Renováveis em Moçambique – Relatório Nacional do Ponto de Situação. Maputo: Isabel Cancela de Abreu, 2017. doi:432638/17.

Aline, M. S.; Fernando, C. M.; Valdeir, J. F. Estudo dos métodos de avaliação do desempenho de módulos fotovoltaicos em condições reais de operação. Brasília: Gramado, 2018. v. IV.

Amusa, A. A. et al. Sustainable electricity generation and farm-grid utilization from photovoltaic aquaculture: a bibliometric analysis. International Journal of

Environmental Science and Technology, v. 21, p. 7797–7818, 2024. https://doi.org/10.1007/s13762-024-05558-z.

Antonio, O. & Walter, B. Piscicultura: Fundamentos E Técnicas De Manejo. Guaíba-Rs-Brasil: Livraria E Editora Agropecuária, 1998.

Ayroza, D. M. M. R.; Scorvo Filho, J. D.; Salles, F. A. Custo e rentabilidade da produção de tilápia (Oreochromis spp.) em tanques-rede no Estado de São Paulo. Boletim Técnico do Instituto de Pesca, v. 75, p. 1-26, 2005.

Baloi, M. Panorama Geral da Aquacultura em Moçambique. Overview of Aquaculture in Mozambique, 2017.

Balon, E. K & Noakes, D.G. L. Life Histories Of Tilapias: An Evolutionary Perspective. P. 61-82. In R.S.V. Pullin And R.H. Lowe-Mcconnell (Eds.) The Biology And Culture Of Tilapias Iclarm Conf. Proc. 7 (Http://Www.Worldfishcenter.Org/Libinfo/Pdf/Pub%20cp6%207.Pdf), 1982.

Balon, E. K. Patterns in the evolution of reproductive styles in fishes. In: Potts, G. W.; Wootton, R. J. (Eds.). Fish reproduction: Strategies and tactics. London: Academic Press, 1984. p. 35-53.

Bordach, J. E. Aquaculture: Development, Goals, And Constraints. Fao Fisheries Technical Paper No. 121. Food And Agriculture Organization Of The United Nations, 1972.

Bullock, G. L. Tilapia health and disease management. In: Lim, C.; Webster, C. D. (Eds.). Tilapia: Biology, culture, and nutrition. Boca Raton: CRC Press, 2018. p. 271-302.

Campos, L. O. Curva IV: Entendendo o Comportamento dos Painéis Fotovoltaicos. Boa Energia, 202

Duffie, J. A., & Beckman, W. A. Solar Engineering Of Thermal Processes. John Wiley & Sons, 2013.

Duffie, J. A., Beckman, W. A., & Blair, N. Solar Engineering Of Thermal Processes, Photovoltaics And Wind. John Wiley & Sons, 2020.

Fairley, P. Solar Uv Radiation For Water Disinfection. Environmental Science Journal, 18(2), 123-135, 2024.

Falk, A., & Christian, D. Photovoltaics For Professionals: Solar Electric Systems Marketing. Alemanha: Earthscan Publications Ltd., 2007.

FAO.The State Of World Fisheries And Aquaculture 2018 – Meeting The Sustainable Development Goals. Rome. Licence: Cc By-Nc-Sa 3.0 Igo. 2018 Http:// Www.Fao.Org/Publications/Card/En/C/Ca0190en/.

FAO. Cultivo De Tilápia. Organização Das Nações Unidas Para A Alimentação E A Agricultura, 2023.

FAO. The State Of World Fisheries And Aquaculture 2020 2020 Sustainability In Action Rome, 2020.

Ferreira, P. L. Estatística Descritiva E Inferencial. Universidade De Coimbra, 2005.
Flick, U. An Introduction To Qualitative Research (4th Ed.). London: Sage, 2009.

Green, M. A. Solar Cells: Operating Principles, Technology, And System Applications. Prentice Hall, 1982.

Kalogirou, S. A. Solar Energy Engineering: Processes And Systems. Academic Press, 2009.

Kubitza, F. Tilápia: Tecnologia E Planejamento Na Produção Comercial. Ed. Do Autor, 2000.

Lucas, J. S., & Southgate, P. C. Aquaculture: Farming Aquatic Animals And Plants. Wiley-Blackwell, 2012.

Luque, A., & Hegedus, S. Handbook Of Photovoltaic Science And Engineering. Wiley, 2011.

Marconi, M. A., & Lakatos, E. M. Fundamentos De Metodologia Científica (7th Ed.). São Paulo: Atlas, 2010.

Masters, G. M. Renewable And Efficient Electric Power Systems. Wiley, 2013.

Rui, M. C. G. Energias renováveis e produção descentralizada. Brazil: ALTENER, 2008.

Salia, A.M.J., Alda, M. Economic analysis of small-scale tilapia aquaculture in Mozambique. Institute Nacional de Desenvolvimento de Aquacultura (INAQUA), p. 15-16, 2008.

Sarkodie, S. A., & Owusu, P. A. Assessment of global fish footprint reveals growing challenges for sustainable production and consumption. Marine Pollution Bulletin, 194(Pt A), 115369. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115369 2023

Seamans, R. How To Use A Digital Multimeter: The Quick Guide to Learn How To Use A Digital Multimeter To Measure Voltage, Current And More Correctly, Diagnose And Fix Anything Electronic. Independently Published, 2020.

Silva, M. A. Fatores de sustentabilidade em energias renováveis. Lisboa, Portugal: USP. 2012

Silveira, E. Curso Básico de Energia Solar Fotovoltaica ON-GRID: Projeto - Instalação - Homologação. 2020.

SMA Solar Technology AG. Manual de operação e manutenção de sistemas fotovoltaicos. Editora, 2011.

Susana S. A. Critérios de dimensionamento de instalações fotovoltaicas.: Editora, 2018.

THE FISH SITE. Solar Panels to Increase Productivity of Tilapia Ponds. The Fish Site. Disponível em: https://thefishsite.com/. 2023.

Tua Saúde. 9 benefícios do peixe e como consumir (com receitas). Recuperado de https://www.tuasaude.com/beneficios-de-comer-peixe/ 2024

Veiga, N., Otero, L., & Torres, J. Reflexões sobre o uso de estatísticas inferenciais na análise de dados durante uma investigação didática. InterCambios, v. 7, n. 2, 2020.

Victory Farms. How Small-Scale Farmers Are Helping Kenya's Biggest Tilapia Business. The Fish Site. Disponível em: https://www.victoryfarms.com/. 2023

Villalva, M. Entendendo as curvas IV e PV dos módulos fotovoltaicos. Canal Solar. Retrieved from canalsolar.com.br Disponível em: https://canalsolar.com.br. 2019.

Villalva, M. G. Energia Solar Fotovoltaica: Conceitos e Aplicações.2020.

Villalva, M. G., Gazoli, J. R., & Filho, E. R.. Comprehensive Approach to Modeling and Simulation of Photovoltaic Arrays. IEEE Transactions on Power Electronics, 24(5), 1198-1208. 2009.

Villasante, S. et al. Are provisioning ecosystem services from rural aquaculture contributing to reduce hunger in Africa? Ecosystem Services, v. 16, p. 365-377, 2015. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2015.07.003