

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS**  
**CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**SISTEMA HÍBRIDO SOLAR-DIESEL ON GRID EM  
CULTURA DE CEBOLA IRRIGADA POR PIVÔ CENTRAL**

**Mário Martins Neto**

**Orientador:** Prof. Dr. José Eduardo Pitelli Turco

Trabalho apresentado à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal, para graduação em Engenharia Agrônômica.

**JABOTICABAL – SP**

**1º SEMESTRE DE 2023**

M386s	<p>Martins Neto, Mario</p> <p>SISTEMA HÍBRIDO SOLAR-DIESEL ON GRID EM CULTURA DE CEBOLA IRRIGADA POR PIVÔ CENTRAL / Mario Martins Neto. -- Jaboticabal, 2023</p> <p>42 p.</p> <p>Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal</p> <p>Orientador: José Eduardo Pitelli Turco</p> <p>1. Redução de energia. 2. Irrigação. 3. Cebola. 4. Paineis Fotovoltaicos. 5. Gerador à diesel. I. Título.</p>
-------	---

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

**unesp**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
CÂMPUS DE JABOTICABAL



**DEPARTAMENTO:** Departamento de Engenharia e Ciências Exatas

**CERTIFICADO**  
**TRABALHO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA**

**TÍTULO:** Sistema híbrido solar-diesel on grid em cultura de cebola irrigada por pivô central

**ACADÊMICO:** Mario Martins Neto

**CURSO:** ENGENHARIA AGRONÔMICA

**ORIENTADOR:** Prof. Dr. José Eduardo Pitelli Turco

**PERÍODO:** 07/2021 À 05/2023

Este trabalho é recomendado para compor a base de dados CAPELO.  Sim  Não

**BANCA EXAMINADORA:**

	(Nomes)	(Assinaturas)
<b>Presidente</b>	Prof. Dr. José Eduardo Pitelli Turco	
<b>Membro</b>	M.Sc. Jean Lucas Pereira Oliveira	
<b>Membro</b>	Eng. Eletric. Daniel Aparecido Morello da Costa	

Jaboticabal 27 / 05 / 2023

29 5 2023, por ato "ad referendum".

Aprovado em reunião do Conselho do Departamento em: / /

\_\_\_\_\_  
Chefe do Departamento

Prof. Dr. Danisio Prado Munari  
Chefe do Depto. de Engenharia  
e Ciências Exatas

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer a Deus por toda saúde e força que me deu, agradecer imensamente aos meus pais, Mario Luís Martins e Jacqueline Helene Ventura Martins por todo suporte e apoio dado durante os anos de graduação, além de ensinamentos éticos e morais. As minhas irmãs Catherine Helen Martins Falvo e Caroline Ane Martins, e aos meus cunhados Venilton Falvo Júnior e Bruno de Antunes Toledo por me suportarem em todos os momentos. Também gostaria de agradecer a Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, UNESP/FCAV, pela oportunidade de estudar em um dos melhores cursos de Engenharia Agrônômica do país. Meu agradecimento se estende ao meu orientador Prof. Dr. José Eduardo Pitelli Turco, por toda ajuda e ensinamentos passados a mim e aos membros da banca avaliadora que estiveram presentes em um momento muito especial da minha vida e aos colegas, por toda ajuda, apoio e parceria durante os anos de graduação.

## Sumário

<b>RESUMO</b> .....	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vii</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>3</b>
2.1. Cebola.....	14
2.2. Sistemas Híbridos e Solar.....	14
2.3. Irrigação e Energia Convencional .....	14
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>9</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>14</b>
4.1. Lâminas Aplicadas e tempo de Irrigação .....	14
4.2. Consumo de energia elétrica ativa e produtividade por hectare. ....	15
4.3. Custo da Energia elétrica para os diferentes sistemas tarifários.....	16
4.3.1. Sistema Tarifário Grupo B.....	16
4.3.2. Sistema tarifário Grupo B com desconto.....	17
4.3.3. Sistema tarifário Grupo B Branca.....	17
4.3.4. Sistema tarifário Grupo A Verde/Azul. ....	19
4.3.5. Sistema tarifário Grupo A Verde/Azul com desconto. ....	20
4.4. Resultado econômico Sistemas Tarifários Estudados .....	21
4.5. Resultado econômico Sistema Solar Fotovoltaico. ....	22
4.6. Resultado econômico Gerador à Diesel.....	22
4.7. Considerações Finais.....	22
<b>5. CONCLUSÃO</b> .....	<b>27</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>28</b>

## RESUMO

Objetivou-se com este trabalho análise da viabilidade da utilização de um Sistema híbrido fotovoltaico – diesel – conectado à rede e o consumo, custo de energia em cultura de cebola irrigada por pivô central. A pesquisa foi desenvolvida no Sítio Santo Antônio, localizado no município de Monte Alto - SP, situado a 21° 15' 40" de latitude sul e 48° 29' 47" de longitude oeste e altitude média de 735 m. A irrigação da cultura foi por pivô central. Foi estimativa da potência total do painel solar fotovoltaico e a potência total do gerador a diesel necessária para suprir a necessidade de energia do sistema de irrigação. Foi estudado o custo da energia elétrica para dois grupos tarifários, Grupo A e Grupo B. Os preços do kWh dos sistemas tarifários de energia elétrica foram obtidos na CPFL (Companhia Paulista de Força e Luz). Os resultados desse estudo mostram que o Sistema híbrido é uma boa opção para o agricultor uma vez que na falta de energia da concessionária e o sistema solar fotovoltaico não suprir as necessidades de energia do sistema de irrigação o mesmo passará a operar em paralelismo com o gerador a diesel. O Sistema tarifário Grupo B Branca foi a opção mais adequada para a cultura de cebola.

**Palavras chave:** sistemas de irrigação, energia renovável, energia convencional.

## **ABSTRACT**

The aim of this study was to analysis of the Feasibility of the Implementation of a Hybrid System photovoltaic - diesel - connected to the grid and the consumption, electric energy cost, and economic results in onion crop irrigated by center pivot. The research was conducted at Sítio Santo Antônio located in the city of Monte Alto, SP, located at 21° 15' 40" south latitude and 48° 29' 47" west longitude and mean altitude of 735 m. It was estimated the total power of the photovoltaic solar panel and the total power of the diesel generator needed to supply the irrigation system's energy needs. Was studied the cost of the electric energy for two tariff groups, Group A and Group B. The prices of kWh of the tariff systems of electric energy had been gotten in the CPFL (São Paulo Company of Force and Light). The results of this study show that the hybrid system is a good option for the farmer since in the absence of energy from the utility and the solar photovoltaic system does not meet the irrigation system's energy needs, it will operate in parallel with the generator diesel. The Group B White tariff system was the most suitable option for onion cultivation.

**Key words:** systems irrigation, renewable energy, conventional energy.

## 1. INTRODUÇÃO

A cebola é utilizada principalmente como condimento para realçar o sabor de outros alimentos podendo também ser consumida de forma crua, frita, cozida, assada, desidratada, em conservas entre outros usos.

A busca de tecnologia para obter o aumento da produtividade de olerícolas e viabilizar o plantio em épocas restritas, tem aumentado o interesse pela prática de irrigação, possibilitando aos agricultores irrigantes maiores produções em locais e épocas em que a distribuição de chuvas não ocorre uniformemente.

Há uma grande preocupação em diminuir custo de produção com o objetivo de aumentar a rentabilidade da atividade agrícola, tornando-se este um grande desafio da agricultura irrigada. Este fato não se baseia apenas na acentuada elevação do custo da energia verificada nos últimos anos, mas principalmente, na proporção de áreas irrigadas por meio de sistemas caracterizados por elevados consumos energéticos. Uma das soluções para este problema poderia ser a utilização do sistema fotovoltaico.

O grande inconveniente da utilização do sistema fotovoltaico como fonte de energia é a imprevisibilidade da natureza. Uma das alternativas encontradas para aumentar a confiabilidade desses sistemas é incorporando fontes como geradores à diesel.

A irrigação bem planejada aumenta a produtividade e o lucro do agricultor por unidade de área. Com base nesse argumento é que foi realizado este trabalho, cujos resultados obtidos possibilitarão a verificação de alternativas viáveis para se adotar a fim de racionalizar o uso da energia elétrica em cultura da cebola irrigada por pivô central. Se o resultado obtido for positivo, serão selecionadas as condições mais adequadas para exploração da cultura, com menor consumo e custo de energia elétrica, obtendo assim melhor relação de produção pelo custo.

Com este trabalho o objetivo foi analisar a viabilidade da utilização de um Sistema híbrido solar-diesel on grid e o consumo, custo de energia em cultura de cebola irrigada por pivô central.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Cebola**

De acordo com El Balla, Hamid e Abdelmageed (2013), a cebola é a segunda hortaliça mais valiosa do mundo, atrás apenas do tomate. Cultivada por pequenos e médios produtores principalmente nas regiões sul, sudeste e nordeste.

A cultura da cebola gera empregos e renda no meio rural, enquanto que na produção industrial a mesma é utilizada em inúmeros processos da indústria de alimentos.

Segundo Costa (2010) o cultivo para apresentar um bom desenvolvimento das plantas, necessita a execução de diversos tratamentos culturais desde a sementeira até a colheita, tais como: irrigação, capina, adubação de cobertura, e rotação de cultura. Todas as operações devem ser executadas na época certa e com todo o cuidado, sendo necessárias frequentes visitas no campo. Também é necessário um bom aporte hídrico durante todo o ciclo, pois a cultura apresenta baixa tolerância a períodos de estiagem, principalmente na fase de crescimento de bulbo quando a exigência da planta é maior.

A cebola (*Allium cepa* L.) está sujeita a uma série de doenças que podem atacar as mais diversas partes da planta. Algumas destas doenças podem causar grandes perdas, tornando-se fatores limitantes ao cultivo se medidas de controle adequadas não forem adotadas.

## **2.2. Sistemas Híbridos e Energia Solar**

Uma das características associadas ao uso de fontes renováveis, além do custo, são a intermitência e disponibilidade desses recursos em determinados períodos devido as incertezas envolvidas nas condições atmosféricas (WAN et al., 2015). Uma das alternativas encontradas para aumentar a confiabilidade desses sistemas é incorporando fontes como geradores à diesel.

Os sistemas híbridos de geração são aqueles que usam mais de uma fonte de geração de energia, dependendo da disponibilidade dos recursos podendo ser uma combinação entre fontes renováveis ou não. Uma característica singular desses sistemas é uma fonte suprir a demanda de energia enquanto a outra está indisponível temporariamente.

Um Sistema híbrido solar-diesel tem maior confiabilidade para a produção de eletricidade do que um Sistema fotovoltaico pois a produção do motor à diesel é independente das condições atmosféricas. Esse cenário proporciona maior flexibilidade, maior eficiência e custos mais baixos para a mesma quantidade de energia produzida (MUSELLI et al., 1999). Além disso, o sistema solar-diesel em comparação com um Sistema de gerador à diesel exclusivamente, proporciona uma redução dos custos de operação e de emissão de poluentes atmosféricos

Além disso, o sistema solar-diesel em comparação com um Sistema de gerador à diesel exclusivamente, proporciona uma redução dos custos de operação e de emissão de poluentes atmosféricos (WIES et al., 2004).

Inúmeras investigações vêm sendo realizadas nos últimos anos sobre os diferentes aspectos de sistemas híbridos. Em Connolly et al. (2010) são apresentadas 68 ferramentas computacionais para analisar os aspectos de sistemas compostos por microrredes híbridas. Em Tsuanyo et al. (2015) um novo modelo e abordagem foi proposto para sistemas fora da rede de distribuição elétrica incluindo solar e gerador à diesel. O modelo leva em consideração a variabilidade de radiação solar e da carga.

Lau et al. (2010) analisaram a viabilidade de implantação do Sistema solar-diesel em locais remotos utilizando o software HOMER® (Hybrid Optimization model for electric renewable). HOMER® é um simulador que dimensiona sistemas híbridos utilizando carga horária e dados ambientais.

Askarzadeh et al. (2017) dimensionaram um Sistema híbrido solar-diesel utilizando otimização por busca harmônica no qual um estudo de caso em área isolada é realizado com intuito de redução do custo do projeto do sistema.

Entre os principais problemas encontrados na análise de sistemas híbridos, encontra-se o elevado custo de investimento. Assim, estratégias de otimização são utilizadas na busca de cenários viáveis a serem implementados.

A energia solar é a única fonte renovável que apresenta capacidade de disponibilizar energia suficiente para toda a demanda energética mundial. O custo da eletricidade de origem fotovoltaica ainda é considerado alto, quando

comparado ao de origem hidrelétrica. Porém, o aumento superior a 60% no custo da energia elétrica, experimentado pelo consumidor brasileiro em 2015, fez com que os olhares voltassem novamente para a energia solar fotovoltaica (VILLALVA, 2015).

### **2.3. Irrigação e Energia Convencional**

Nas regiões onde a insuficiência ou a má distribuição das chuvas, em alguns períodos do ano, inviabiliza a exploração agrícola econômica, a irrigação justifica-se como recurso tecnológico indispensável ao aumento da produtividade das culturas, além de contribuir para a utilização mais intensa de recursos produtivos ociosos na propriedade rural (FRIZZONE; BOTREL; FREITAS, 1994).

A irrigação é responsável por grande parte do consumo de energia elétrica no meio rural. O correto manejo da irrigação evita o desperdício de energia elétrica e de água (TURCO; RIZZATTI; OLIVEIRA, 2017).

Bruning et al. (2018) avaliaram o consumo de energia elétrica em sistemas de irrigação por aspersão convencional para três diferentes tamanhos de área irrigada e dois diferentes métodos de controle, com controle e sem controle de vazão. A diferença entre os valores estimados através dos dois métodos demonstra que, para o método com controle de vazão, há redução no consumo de energia de 38,57%, 27,22% e 18,95%, para as áreas de 1, 5 e 10 ha, respectivamente, quando comparado com sem controle de vazão. Dessa forma, fica evidente a economia no consumo de energia elétrica quando utilizado controles de vazão em sistemas de irrigação por aspersão convencional.

Devido a tendência de decréscimo de disponibilidade de água para a agricultura e ao aumento dos custos de energia (LÓPEZ-MATA et al., 2010), procura-se racionalizar o seu uso, utilizando a água de forma mais eficiente na irrigação.

Diversos fatores podem atuar como limitante para a atividade agrícola irrigada, dentre eles pode-se destacar os custos com a energia de bombeamento (PERRONI et al., 2015).

Em Vescove e Turco (2010) são avaliados o consumo, custo de energia elétrica e resultado econômico na cultura de citros irrigada por gotejamento, com uma e duas linhas laterais de distribuição de água, microaspersão, com três lâminas de água (100%, 75% e 50% da ETc). Verificaram que o sistema tarifário Grupo A Verde/Azul, com desconto especial para irrigantes no período noturno teve o menor custo. O maior retorno econômico ocorreu no tratamento irrigado com 50% da ETc com uma linha de gotejadores por linha de plantas.

Em Lima et al. (2020) são estudados o consumo de água e energia elétrica em dois manejos de irrigação, método remoto e climático, sob sistema de gotejo utilizando sensores na irrigação de café. Para os cálculos dos custos com energia elétrica, utilizaram a tabela de custos B2-RURAL, tarifa normal e para irrigação noturna da CEMIG. Concluíram que método climático consumiu menos água e energia elétrica do que o método remoto durante o período de avaliações.

As tarifas de energia são as mais importantes variáveis no custo final da irrigação. Alves et al. (2003) desenvolveram um trabalho de custo da energia elétrica na irrigação para diferentes regiões brasileiras. Recomendam nesse

trabalho que a tarifa verde e azul com desconto são as melhores opções para o usuário.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

A pesquisa foi desenvolvida no Sítio Santo Antônio, localizado no município Monte Alto - SP, situado a 21° 15' 40" de latitude sul e 48° 29' 47" de longitude oeste e altitude média de 735 m.

O clima é tropical de altitude com verão quente e chuvoso e inverno seco, com precipitação média anual de 1441 mm.

O experimento foi conduzido em campo durante o período de maio a julho de 2020.

O experimento foi conduzido sob um sistema de pivô central, em uma área de 27.100 m<sup>2</sup>. A área recebeu um tratamento com um regime de irrigação: Tratamento (T1), irrigação efetuada com base na estimativa da evapotranspiração de referência pelo método de Hargreaves (HG), Figuras 1 e 2.



Figura 1: Vista da área experimental. Fonte: Oliveira e Turco (2019).



Figura 2: Vista do pivô central. Fonte: Autor, 2020.

A cultura instalada na área experimental foi cebola (*Allium cepa* L.), cultivar híbrida Aquarius F1/H, com 90% de germinação estimada, considerada de dias e ciclo curto de produção.

O sistema de produção foi o de transplante de mudas, com alturas médias de 0,20 m em canteiros de 1,00 m de largura, altura média de 0,20 m, com distribuição média de 68 plantas m<sup>2</sup>.

Para a obtenção dos dados meteorológicos foi instalada na área experimental uma estação meteorológica automática (EMA), da marca *Campbell Scientific*, equipada com sensores para obtenção de dados de temperatura e umidade relativa do ar, psicrômetro de termopares do tipo T desenvolvido por Turco e Fernandes (2003); velocidade do vento, modelo 03001 RM Young Co; e radiação solar global, modelo CM3 Kipp & Zonen. Os sensores de radiação solar e de temperatura, e o sensor de velocidade do vento foram colocados a 1,5 m e a 2 m, respectivamente, acima da superfície gramada.

A quantidade de água aplicada foi função dos valores da ETo, obtidos pelo método de Hargreaves (HARGREAVES, 1994), com o uso do coeficiente da cultura (Kc) inseridos ao longo do ciclo da cultura (0,7; 1,05 e 0,75).

$$ET_c = ET_0 K_c \quad (1)$$

Em que:

ET<sub>c</sub> - evapotranspiração da cultura (mm d<sup>-1</sup>);

ET<sub>0</sub> - evapotranspiração de referência (mm d<sup>-1</sup>);

K<sub>c</sub> - coeficiente da cultura.

As irrigações foram efetuadas por um pivô central da marca KREBS, com um turno de rega de três dias.

O sistema pivô central utilizou água de um poço artesiano, que possui uma bomba de recalque acoplada a um motor de indução trifásico 17 CV, que

alimenta um reservatório d'água. A água do reservatório foi recalçada para os aspersores das torres do pivô central por uma bomba d'água acoplada a um motor de indução trifásico de 20 CV. Para movimentação das três torres do pivô central são utilizados três motores de 1/4 CV.

A estimativa de consumo de energia elétrica dos motores do sistema de irrigação foi realizada considerando os mesmos a plena carga.

Foi estudado o custo da energia elétrica para dois grupos tarifários: Grupo A e Grupo B. Para o Grupo A, foram determinados os dispêndios com a energia para tarifa Verde e Azul (bandeira verde); além da tarifa especial para irrigantes no período noturno (Resolução ANEEL 414 de 09-09-2010, Resolução ANEEL 449 de 20-09-2011, Resolução ANEEL 620 de 22-07-2014 e Resolução ANEEL 663 de 02-06-2015). O preço da energia elétrica foi obtido junto a Companhia Paulista de Força e Luz – CPFL, Vigência: a partir de 22 de março de 2023.

A estimativa da potência total do painel solar fotovoltaico necessária para suprir a necessidade de energia do sistema de irrigação foi obtida pela seguinte equação:

$$Potência_{Total}^{Painel} = \frac{Energia_{Geração}}{Tempo_{Exposição} \eta} \quad (2)$$

Em que:

Potência Total<sub>Painel</sub> - potência total do painel solar fotovoltaico (kWp);

Energia<sub>Geração</sub> - consumo de energia elétrica do sistema de irrigação, média diária (kWh dia<sup>-1</sup>);

Tempo <sub>Exposição</sub> - tempo médio de insolação local, adotado 6 horas por dia, para Monte Alto - SP (h dia<sup>-1</sup>).

$\eta$  – Rendimento, 80%.

A unidade de medida Watt-pico (Wp), é muito utilizada para painéis fotovoltaicos e corresponde à potência em W fornecida por um painel em condições específicas e reproduzidas em laboratório

O preço do sistema fotovoltaico *On Grid* (equipamentos mais a instalação) foi estimado de acordo com Nakabayashi (2014).

A estimativa da potência total do gerador a diesel necessária para suprir a necessidade de energia do sistema de irrigação foi obtida pela seguinte equação:

$$S = \frac{P}{\cos \varphi} \quad (3)$$

Em que:

S - potência aparente total (kVA);

P – potência ativa total (kW);

$\cos \varphi$  – Fator de potência do gerador, 0,8.

A potência ativa total do sistema de irrigação foi calculado para motores trifásicos, um de 17 CV e três de 0,25 CV em regime permanente e um motor trifásico 30 CV, partida com Chave Estrela-Triângulo, fator de partida/arranque 3,0.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1. Lâminas Aplicadas e tempo de Irrigação**

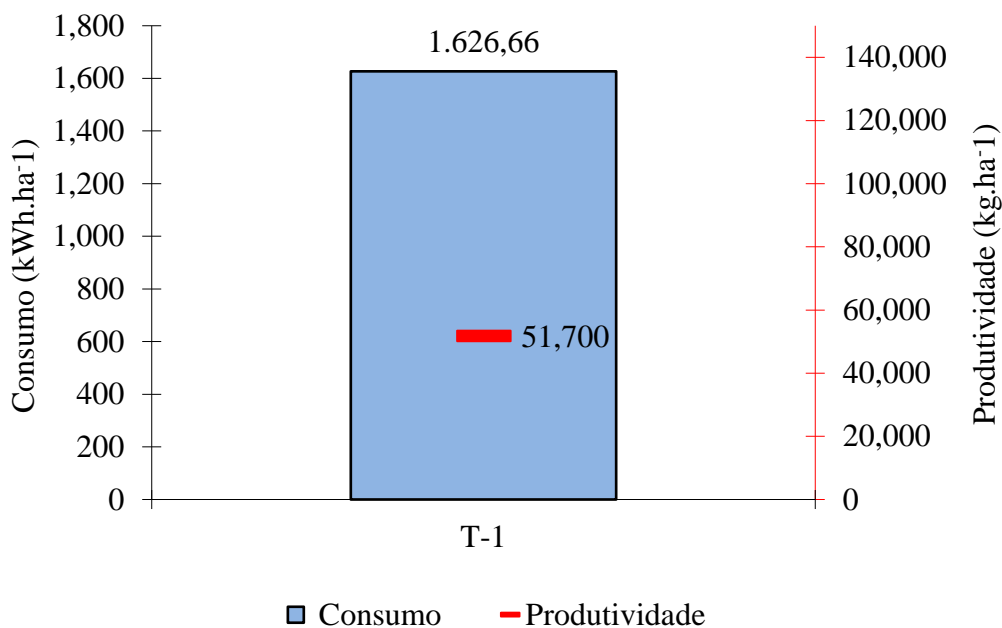
A Tabela 1 apresenta as lâminas de água diárias recebida pela cultura em milímetros (mm) e o tempo de irrigação, ocorridos durante o desenvolvimento do experimento.

**TABELA 1.** Data de irrigação, lâmina aplicada e tempo de irrigação.

<b>Data</b>	<b>Lâmina aplicada (mm)</b>	<b>Tempo (h)</b>
02/mai	5,30	3,62
05/mai	5,30	3,62
08/mai	5,30	3,62
11/mai	5,30	3,62
14/mai	5,30	3,62
17/mai	5,30	3,62
20/mai	5,30	3,62
26/mai	5,30	3,62
28/mai	5,30	3,62
30/mai	8,00	5,43
02/jun	8,00	5,43
06/jun	2,70	1,81
10/jun	4,00	2,72
13/jun	5,30	3,62
15/jun	6,40	4,34
17/jun	8,00	5,43
18/jun	6,40	4,34
21/jun	8,00	5,43
23/jun	8,00	5,43
26/jun	4,00	2,72
02/jul	8,00	5,43
04/jul	8,00	5,43
06/jul	8,00	5,43
08/jul	8,00	5,43
10/jul	5,30	3,62
12/jul	8,00	5,43
14/jul	5,30	3,62
16/jul	1,60	1,09
18/jul	8,00	5,43
20/jul	8,00	5,43
22/jul	1,60	1,09
24/jul	8,00	5,43
27/jul	8,00	5,43
<b>Total</b>	<b>202,30</b>	<b>137,42</b>

#### **4.2. Consumo de energia elétrica ativa e produtividade por hectare.**

O consumo de energia ativa por hectare e a produtividade em  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , para o experimento realizado, são apresentados na Figura 3. Moraes et al. (2011) que relatam que sistemas de irrigação demandam quantidades significativas de energia elétrica, o que aumenta consideravelmente o custo de produção.

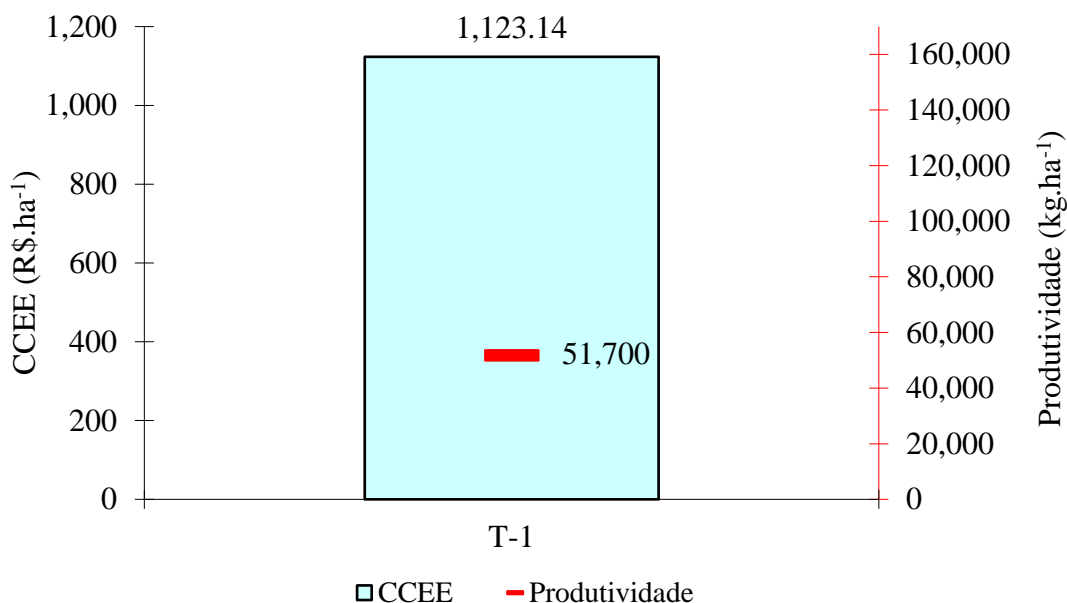


**Figura 3.** Consumo de energia elétrica ativa e produtividade por hectare.

### 4.3. Custo da Energia elétrica para os diferentes sistemas tarifários

#### 4.3.1. Sistema Tarifário Grupo B.

Verifica-se na Figura 5, o Custo do Consumo de Energia Elétrica (CCEE), por hectare, que o produtor pagaria contratando este sistema tarifário., porém este sistema só pode ser contratado se o agricultor tiver um transformador de até 112,5 kVA instalado em sua propriedade. A este sistema tarifário não se aplica cobrança de demanda de energia elétrica. O fato de o agricultor possuir esse transformador, não impede que ele faça opção por outros sistemas tarifários junto a CPFL.



**Figura 4.** Grupo B: Custo do Consumo de Energia Elétrica (CCEE), e produtividade por hectare.

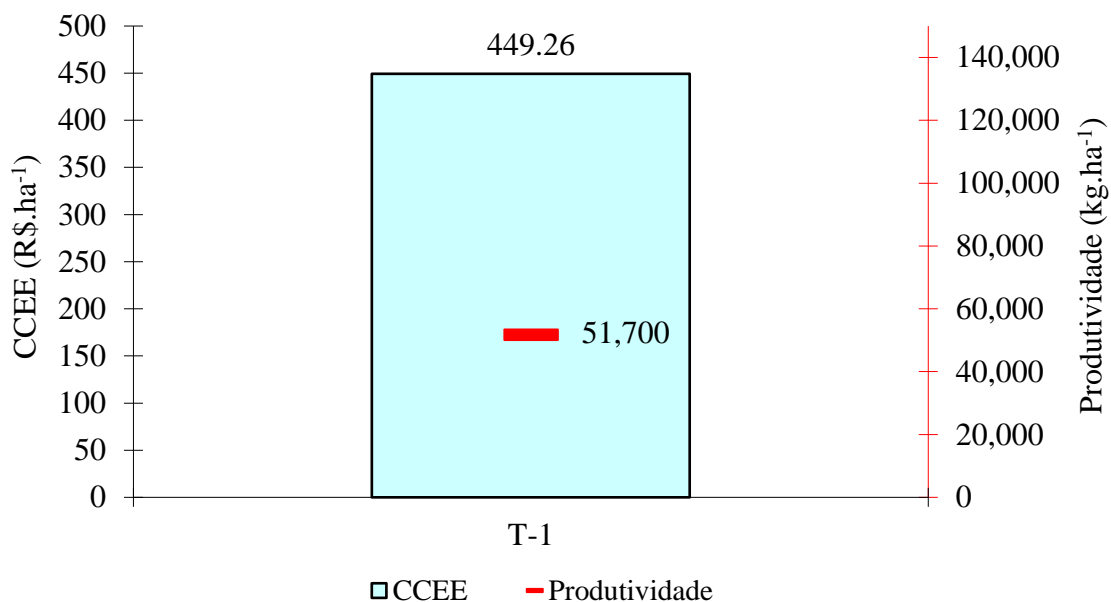
#### 4.3.2. Sistema tarifário Grupo B com desconto.

O agricultor deve se adequar ao sistema tarifário que lhe permite maior economia, fazendo ou trocando de contrato com a distribuidora de energia elétrica. Além de variar o sistema tarifário, o produtor pode adequar sua irrigação para se encaixar em uma alternativa, a de desconto noturno.

Como alternativa ao produtor pode fazer um contrato de irrigação noturna (tarifa especial para irrigantes no período noturno), no qual o custo da energia elétrica será 60% menor que a do Grupo B sem desconto.

A seguir, a Figura 5 mostra o Custo do Consumo de Energia Elétrica (CCEE), por hectare, que o produtor pagaria contratando este sistema tarifário. Teve um total de R\$ 449,26 gastos por hectare. Os dados obtidos no trabalho corroboram com a conclusão de Turco e Oliveira (2023) que concentrando-se as

irrigações no período noturno (tarifa especial para irrigantes), proporciona uma redução considerável, no custo da energia elétrica.

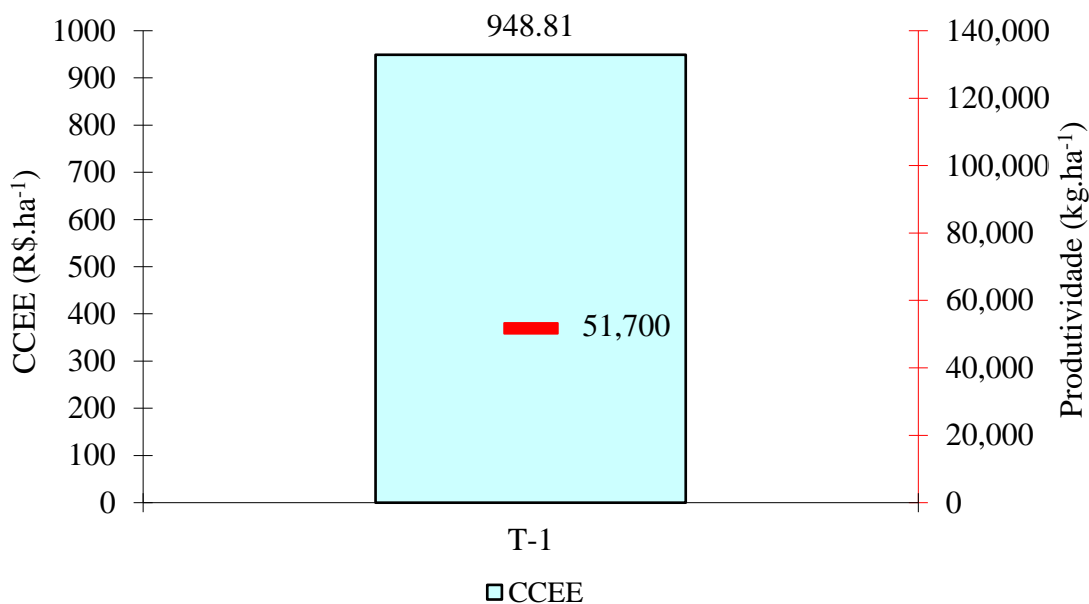


**Figura 5.** Grupo B com desconto: Custo do Consumo de Energia Elétrica (CCEE), e produtividade por hectare.

#### 4.3.3. Sistema tarifário Grupo B Branca.

Este sistema tarifário faz diferenciação de horários, podendo adequar os horários mais baratos para se utilizar a irrigação com pivô central. O horário Fora de Ponta (22:00 – 17:00) é mais barato que o de Ponta (18:00 – 21:00). Porém, este estudo de caso visa a coleta de dados para poder adequar as irrigações aos horários mais baratos.

Verifica-se na Figura 6, que o valor gasto neste sistema tarifário é menor que nos demais sistemas tarifários. O produtor pagaria contratando este sistema tarifário um total de R\$ 948,81 gastos por hectare.

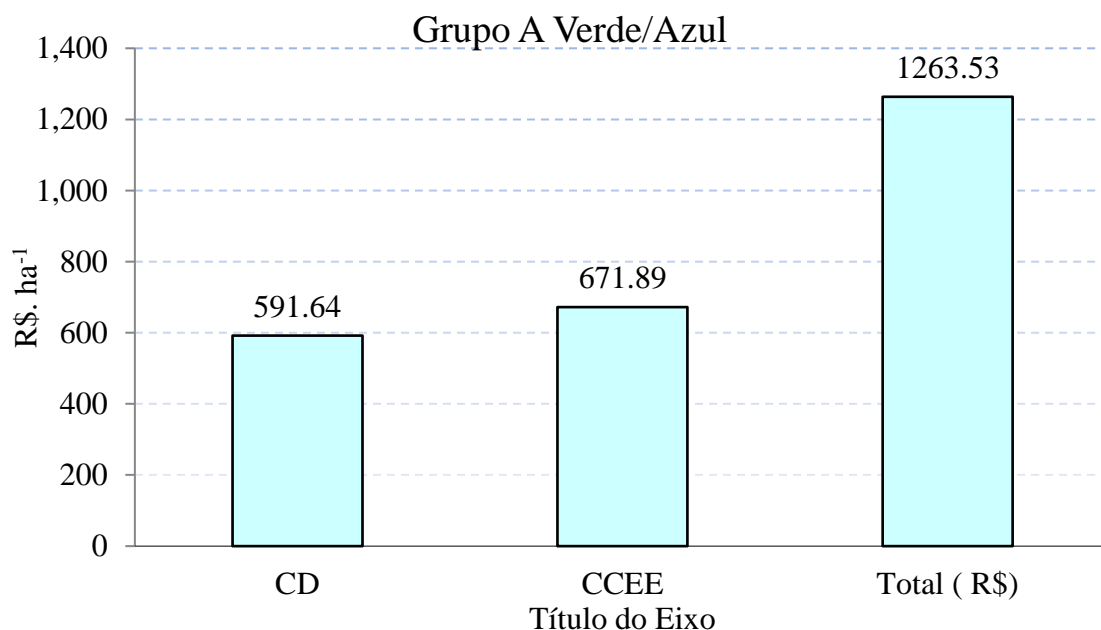


**Figura 6.** Grupo B Branca: Custo do Consumo de Energia Elétrica (CCEE), e produtividade por hectare.

#### 4.3.4. Sistema tarifário Grupo A Verde/Azul.

Este sistema tarifário faz diferenciação de horários, podendo adequar os horários mais baratos para se utilizar a irrigação com pivô central. O horário Fora de Ponta (21:00 – 18:00) é mais barato que o de Ponta (18:00 – 21:00). Porém, este estudo de caso visa a coleta de dados para poder adequar as irrigações aos horários mais baratos.

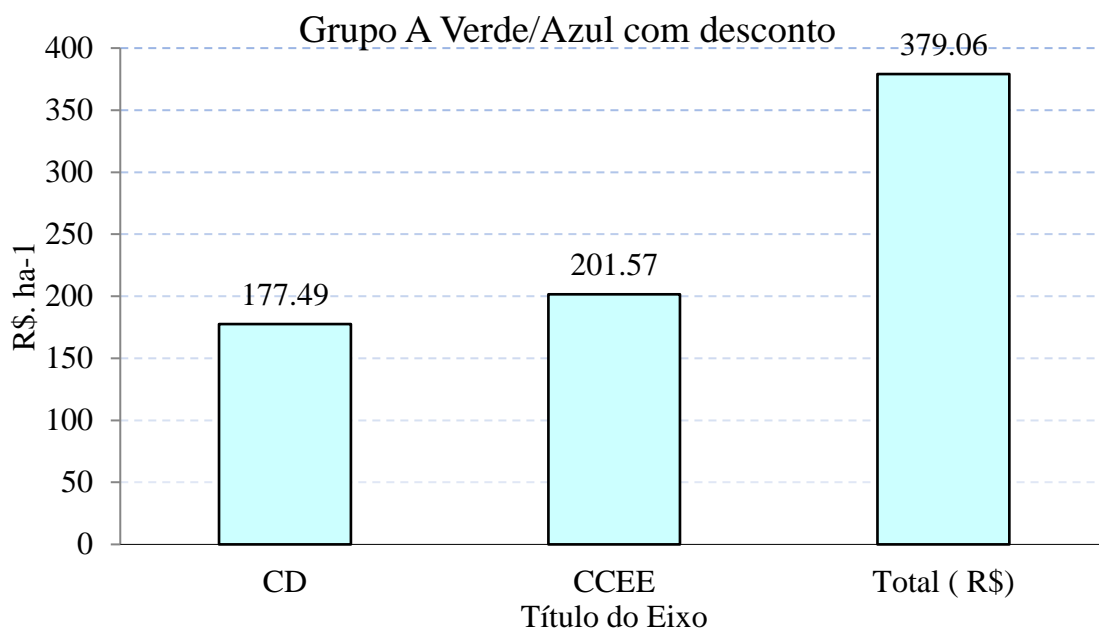
A Figura 7 mostra os valores gastos no Sistema tarifário Grupo A Verde/Azul, que no período fora de ponta são iguais.



**Figura 7.** Grupo A Verde/Azul: Custo da demanda (CD), Custo do Consumo de Energia Elétrica (CCEE), valor total por hectare.

#### 4.3.5. Sistema tarifário Grupo A Verde/Azul com desconto.

Nas Figuras 8 são apresentados os resultados para o Sistema Tarifário Grupo A Verde/Azul, com desconto especial para irrigantes no período noturno. Este desconto é de 70% para este sistema tarifário, no horário de 21h30 as 6h do dia seguinte. O resultado obtido neste trabalho concorda com o de Vescove & Turco (2010) que o sistema tarifário Grupo A Verde/Azul, com desconto especial para irrigantes no período noturno é o que dá o menor custo.



**Figura 8.** Grupo A Verde/Azul com desconto: Custo da demanda (CD), Custo do Consumo de Energia Elétrica (CCEE), valor total por hectare.

#### 4.4. Resultado econômico Sistemas Tarifários Estudados.

Tendo em mãos a produtividade da cebola, que foi de 51,7 toneladas por hectare, e o preço recebido pelo agricultor, que foi R\$ 1,14 por quilo de cebola, pode-se verificar qual foi a parcela da receita gasta pelo agricultor com a irrigação.

Na Tabela 2 é apresentado o resultado econômico, em função do gasto do agricultor com a irrigação, para os sistemas tarifários estudados.

A princípio, o custo do consumo de energia elétrica para a produção de cebola parece insignificante diante da renda bruta do agricultor, porém, o custo dos demais tratamentos culturais é alto, o que torna necessário o presente estudo para que se possa economizar ao máximo onde seja possível.

**Tabela 2.** Resultado econômico para os sistemas tarifários estudados.

<b>SISTEMAS TARIFÁRIOS</b>	<b>RECEITA (R\$ ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>CCEE (R\$ ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>RESULTADO ECONÔMICO (R\$ ha<sup>-1</sup>)</b>
Grupo B	58.938,00	1.123,14	57.814,86
Grupo B com desconto	58.938,00	449,26	58.488,74
Grupo B Branca	58.938,00	948,81	57.989,19
Grupo A Verde/Azul	58.938,00	1.263,53	57.674,47
Grupo A Verde/Azul com desconto	58.938,00	379,06	58.558,94

#### 4.5. Resultado econômico Sistema Solar Fotovoltaico

A potência total do painel solar fotovoltaico necessário para suprir a necessidade de energia do sistema de irrigação é de 10,34 kW<sub>p</sub>. O preço dos equipamentos mais a instalação do sistema solar fotovoltaico conectado a rede (*On-Grid*) com painel solar fotovoltaico de 10,34 kW<sub>p</sub> é de R\$.66.279,4

Quando o agricultor tem um sistema solar fotovoltaico e não necessita da energia da concessionária a conta de luz não é zerada. Tem que pagar o Custo de Disponibilidade, regulamentado pela Resolução Normativa nº 414 da Agência Nacional de Energia Elétrica, este valor é pago mensalmente.

Para os consumidores Grupo A, a ANEEL define o Custo de Disponibilidade como sendo a parcela da fatura correspondente à demanda contratada. Já nos consumidores do Grupo B, é uma tarifa mínima que difere em relação a instalação local se é monofásica, bifásica ou trifásica. O custo de

disponibilidade é correspondente a 30 quilowatts-hora (kWh), se monofásico; 50 kWh, se bifásico; ou 100 kWh, se trifásico. No caso deste trabalho a instalação é trifásica. Portanto, o custo de disponibilidade é o correspondente a 100 kWh.

Neste trabalho foi considerado que o agricultor tem direito adquirido e não precisa atender a entrada em vigor da Lei 14.300, de 6 de janeiro de 2022, em janeiro de 2023.

**Tabela 3.** Resultado econômico para o sistema solar fotovoltaico.

<b>SISTEMAS TARIFÁRIOS</b>	<b>RECEITA (R\$ ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>CCEE (R\$ ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>RESULTADO ECONÔMICO (R\$ ha<sup>-1</sup>)</b>
Grupo B	58.938,00	76,43	58.861,57
Grupo B Branca Grupo A	58.938,00	64,57	58.873,43
Verde/Azul	58.938,00	591,63	58.346,37

#### 4.6. Resultado econômico Gerador à Diesel

A potência total do Gerador necessário para suprir a necessidade de energia do sistema de irrigação é de 83 kVA.

Por meio do catálogo do gerador STEMAC (ANEXO I) que o consumo é 17,7 l/h. Como o gerador teria que ficar ligado 50,71 horas/há, tempo este necessário para suprir a necessidade de energia do sistema de irrigação e considerando que o preço médio do diesel no Estado de São Paulo é de R\$ 6,71 o litro, em 07-05-2023, o agricultor gastaria o valor de R\$ 6.022,7/há.

**Tabela 4.** Resultado econômico para o Gerador à Diesel

<b>RECEITA</b>	<b>CCEE</b>	<b>RESULTADO ECONÔMICO</b>
<b>(R\$ ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>(R\$ ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>(R\$ ha<sup>-1</sup>)</b>
58.938,00	6.022,7	52.915,3

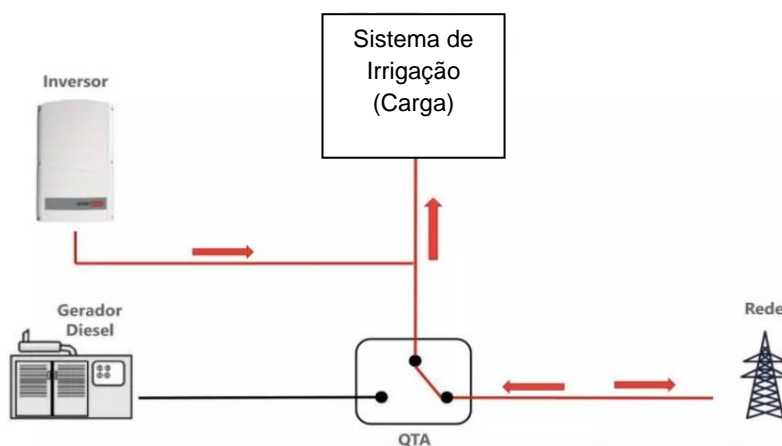
(<https://precos.petrobras.com.br/sele%C3%A7%C3%A3o-de-estados-diesel>)

#### **4.7. Considerações finais**

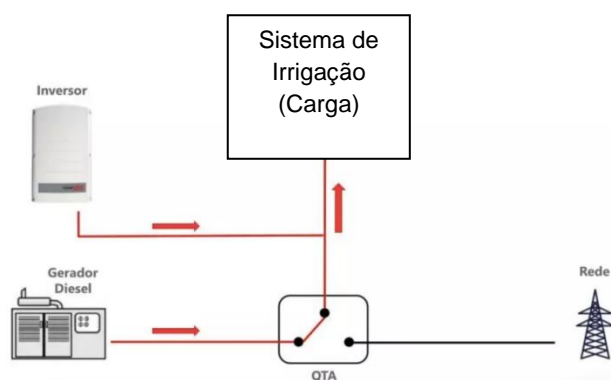
Considerando que o agricultor não faz opção pela irrigação noturna por medo de perda da produtividade devido a doenças. A melhor tarifa para o agricultor é Sistema tarifário Grupo B Branca.

Após estudo relacionado ao manejo da irrigação da cultura de cebola verificou-se que frequentemente há falta de energia oriunda da concessionária e que devido ao solo ser arenoso e o turno de rega ser no máximo de três dias o funcionamento do sistema híbrido adequado está descrito a seguir.

As Figuras 9 e 10 ilustram quando o agricultor realizar a conexão de sistema solar fotovoltaico com geração a diesel. Se houver falha da alimentação da concessionária de energia elétrica o inversor deixará de operar em paralelismo com a rede e passará a operar em paralelismo com o gerador a diesel.



**Figura 9.** Sistema híbrido solar-diesel on grid com rede elétrica presente QTA (quadro de transferência automática).



**Figura 10.** Sistema híbrido solar-diesel on grid com rede elétrica ausente QTA (quadro de transferência automática).

A vantagem da estratégia de conexão ilustrada nas Figuras 9 e 10 é permitir a continuidade da operação do sistema fotovoltaico mesmo quando o consumidor é alimentado pelo gerador a diesel.

A fonte diesel neste caso simplesmente substitui a rede elétrica, sendo responsável pela alimentação de tensão alternada. O inversor fotovoltaico conecta-se à alimentação do gerador a diesel da mesma forma que seria conectado à alimentação da rede elétrica externa.

A vantagem deste modo de conexão é permitir o uso da energia fotovoltaica, economizando combustível. Além da economia, isso permite aumentar a autonomia do sistema.

A combinação parece perfeita, mas há algumas complicações neste tipo de ligação. Primeiramente, se desejarmos que o sistema fotovoltaico opere em paralelismo com o gerador a diesel será necessário alterar as configurações do inversor.

A qualidade da alimentação elétrica da rede externa e a qualidade da alimentação do gerador a diesel são diferentes. O gerador a diesel pode oferecer faixas de variação de tensão e de frequência mais amplas do que as encontradas na rede elétrica pública. O inversor deve então ser parametrizado corretamente para operar em paralelo com o gerador, evitando-se seu desligamento por sobre/sub-frequência ou sobre/sub-tensão.

O segundo problema encontrado no paralelismo entre sistema fotovoltaico e gerador a diesel é o retorno de energia excedente. Diferentemente da rede elétrica externa, o gerador a diesel não é capaz de absorver o excedente de energia do sistema fotovoltaico. Isso significa que a potência da geração solar nunca pode ser superior à potência da carga.

A combinação de geração fotovoltaica e a diesel em paralelismo não é complicada, mas requer soluções tecnológicas para vencer os desafios comentados acima. Em resumo, é preciso parametrizar o inversor conforme a fonte à qual ele se conecta (rede externa ou diesel) e evitar que ocorra excedente de energia fotovoltaica.

## **5. CONCLUSÃO**

Sistema híbrido fotovoltaico – diesel – conectado à rede é uma boa opção para o agricultor uma vez que na falta de energia da concessionária e o sistema solar fotovoltaico não suprir as necessidades de energia do sistema de irrigação o mesmo passará a operar em paralelismo com o gerador a diesel. A melhor tarifa para o agricultor é Sistema tarifário Grupo B Branca uma vez que não faz irrigação noturna.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASKARZADEH, A. (2017). Distribution generation by photovoltaic and diesel generator systems: Energy management and size optimization by a new approach for a stand-alone application. **Energy**. v.122, p.542-551. 2017.

ALVES, J.; FIGUEREDO, L.G.M.; COELHO, R.; ZOCOLER, J.L. **Custo da energia elétrica na irrigação**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 32, Goiânia. SBEA, 2003.

BAGGIO FILHO, F. C.; LOPES, A. S.; ZANQUETA, R.; DOMENICI, P. Custo da irrigação do sistema de pivô central para o cultivo do feijão na região de Ilha Solteira, SP. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNESP, 12. , 2000, São José do Rio Preto. **Resumo...** São José do Rio Preto: 2000, p. 206.

BRUNING, J.; PIMENTA, B.D.; CHAIBEN NETO, M.; GOLLO.; ROBAINA, A..D.; PEITER, M.X.. Consumo de energia elétrica em sistemas de irrigação por aspersão convencional In: SALÃO INTERNACIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO - SIEPE, 10, 2018, Santana do Livramento. Anais.... Santana do Livramento.

CAGNON, J A.; PIEDADE JÚNIOR, C. Uso da energia elétrica nos sistemas de pivô central. **Energia na Agricultura**, Botucatu, SP, v. 5, n. 2, p. 29 – 35, 1990.

CAMPANA, S.; OLIVEIRA FILHO, D.; SOARES, A. A.; OLIVEIRA, R. A. Racionalização do uso da energia elétrica em sistemas de irrigação por aspersão e pivô central. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 8, n. 1, p. 1 –18, 2000.

CESTARE, M. A.; ZANQUETA, R.; LOPEZ, A. S.; DOMENICI, P. Custo da irrigação do sistema de micro aspersão para o cultivo da Pupunha na região de Ilha Solteira, SP. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNESP, 12. , 2000, São José do Rio Preto. **Resumo...** São José do Rio Preto: 2000. p. 4.

CEMIG. **Estudo da otimização energética**. Belo Horizonte, 1993. 22p.

EL BALLA, M. M. A.; HAMID, A. A.; ABDELMAGEED, A. H. A. Effects of time of water stress on flowering, seed yield and seed quality of common onion (*Allium cepa* L.) under the arid tropical conditions of Sudan. Amsterdam, **Agricultural Water Management**, v. 121, p. 149-157, 2013.

CONNOLLY D.; LUND H.; MATHIESEN BV.; LEAHY M. A review of computer tools for analysing the integration of renewable energy into various energy systems. **Appl Energy**. v.87, n.4, p.1059-1082. 2010.

COSTA, N, D. **A cultura da cebola**. Embrapa Semiárido 2010. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/200082/1/A-cultura-da-cebola.pdf> . Acesso em: 30 nov. 2021.

FRIZZONE, J. A.; BOTREL, T. A.; FREITAS, H. A. C. Análise comparativa dos custos de irrigação por pivô central, em cultura de feijão, utilizando energia elétrica e óleo diesel. **Engenharia Rural**. Piracicaba, v. 5, n. 1, p. 34-53, 1994.

GODINHO, M.; PIEDADE JÚNIOR, C. Influência do tempo de uso do equipamento elétrico no preço da energia. **Energia na Agricultura**, v. 1, p. 3 – 10, 1986.

GODINHO, M.; PIEDADE JÚNIOR, C. Fatores que afetam o uso da energia elétrica em irrigação, **Energia na Agricultura**, v. 2, n. 4, p. 3 – 6, 1987.

HARGREAVES, G.H. Defining and using reference evapotranspiration.. **J. Irrig. Drain. Eng**, v.120, n.6, p.1132-1139,1994.

HERRERA, O. M.; LEOPOLDO, P. R.; CATANEO, A. Caracterização do uso da energia elétrica nas áreas irrigadas da região de Botucatu, SP – 1990 – 1992. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA 22., 1993, Ilhéus – BA. **Anais...** Ilhéus – BA: CONBEA, 1993. v. 2, p. 948 – 961.

LAU KY.; YOUSOF MFM.; ARSHAD SNM.; ANWARI M.; YATIM AHM. Performance analysis of hybrid photovoltaic/diesel energy system under Malaysian conditions. **Energy**. v.35, n.8, p.3245-3255. 2010.

LIMA, J.V.O.de.; FERNANDES, A.L.T.; BRAGA JUNIOR, E.F.; CRUZ, P.O.H.da.; CRUZ, J.P.H.da.; SANTANA, M.J.de. Avaliação do consumo de água e energia elétrica utilizando sensores IoT na irrigação do café. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. Fortaleza – CE, v.14, n.1, p.3844-3853. 2020.

LÓPEZ-MATA, E.; TARJUELO, J.M.; JUAN, J.A.; BALLESTEROS, R.; DOMÍNGUES, A. Effect of irrigation uniformity on the profitability of crops. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.98, p.190-198, 2010.

MASIERO, L. A. M.; OLIVEIRA FILHO, D.; OLIVEIRA, R. A. Utilização de inversores de frequência para racionalização do uso da energia elétrica em sistemas de irrigação do tipo pivô central. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 7, n. 1, p. 35 – 45, 1999.

MELLO, C. R.; CARVALHO, J. A.; BRAGA JÚNIOR, R. A.; REINATO, C. H.; SANTANA, M. J. Economia de Energia e, instalação de bombeamento para irrigação com uso de inversor de frequência. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 18, n. 4, p. 78-88, 1999.

MUSELLI, M.; NOTTON, G.; LOUCHE, A. 1999. Design of Hybrid Photovoltaic Power Generator, with Optimization of energy Management. **Solar Energy**, v.65, n.3, p.143-157. 1999.

OLIVEIRA, A.S.; PEREIRA, F.A.de C.; PAZ, V.P.da S. Avaliação do desempenho de sistemas de pivô central na região oeste da Bahia. *Irriga. Botucatu*, v.9, n.2, p.126-135, mai-ago, 2004.

OLIVEIRA, P. J. D. de; TURCO, J.E.P. Dois métodos de estimativa da evapotranspiração de referência e índices de estresse hídrico em cebola irrigada. **Irriga: Brazilian Journal of Irrigation and Drainage**. Botucatu-SP, v. 24, n.2, p. 352-366. 2019.

PEREIRA, F. A. C.; OLIVEIRA, A. S.; PAZ V. P. S.; SANTOS, C. A.; SAMPAIO, C. B. V. Manejo e economia de energia em sistemas de irrigação pivô central no Oeste da Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30., 2001, Foz de Iguaçu. **Anais...** Foz de Iguaçu: SBEA, 2001. 1 CD - ROM.

PERRONI, B.L.T.; FARIA, L.C.; CARVALHO, J.A.; OLIVEIRA, H.F.E. Influência do custo da energia elétrica e do material da tubulação na velocidade econômica de bombeamentos. **Irriga**, Botucatu, v.20, n. 1, p. 13-20, janeiro-março, 2015.

PESSOA, P. C. S.; MENDONÇA, F. C.; SILVA, F. C. Redução do custo operacional de irrigação e uniformização de aplicação de água em pivô central. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30., 2001, Foz de Iguaçu. **Anais...** Foz de Iguaçu: SBEA, 2001. 1 CD - ROM.

REIS, C.G.; FREITAS, A.R.; SOARES, A.R.; VICENTE, M.R.; MANTOVANI, E.C. Consumo de água e energia elétrica em sistemas de pivô central equipados com emissores tipo lepa utilizados na cafeicultura. In: VII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 7, 2005, Araguari. **Anais....** Araguari.

SANTOS JÚNIOR, J.; TURCO, J. E. P.; FERNANDES, E. J. **Estudo do consumo e custo de energia elétrica em cultura de soja irrigada**. 2003. 54 f. Monografia (Trabalho de graduação em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2003.

SCALOPPI, E. J. Exigências de energia para irrigação. **ITEM. Irrigação e Tecnologia Moderna**, Brasília, v.12, n.2, p. 13-17, 1985.

SOARES, A. A.; RAMOS, M. M.; LUCATTO JÚNIOR, J. Uso racional de energia elétrica em sistemas de irrigação tipo pivô central no Estado de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA 22., 1993, Ilhéus – BA. **Anais...** Ilhéus – BA: CONBEA, 1993. v. 4, p. 2688 – 2702.

SOUZA, G. H. F.; BRITO, R. A. L.; DANTAS NETO, J.; SOARES, J. M.; NASCIMENTO, T. Sustentabilidade da área irrigada e consumo de energia no distrito de irrigação Senador Nilo Coelho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30., 2001, Foz de Iguaçu. **Anais...** Foz de Iguaçu: SBEA, 2001b. 1 CD - ROM.

SOUZA, J. A. A.; CORDEIRO, E. A.; MEDEIROS, S. S.; NETO, D. E.; RAMOS, M. M. Efeito da uniformidade de distribuição de água no consumo de água e de energia em um sistema de irrigação do tipo gotejamento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA 31., 2002, Salvador. **Anais...** Salvador: SBEA, 2002. 1 CD - ROM.

TSUANYO D.; AZOUMAH Y.; AUSSEL D.; NEVEU P. Modeling and optimization of batteryless hybrid PV (photovoltaic)/Diesel systems for off-grid applications. **Energy**. v.86, p.152-163. 2015.

TURCO, J. E. P.; FERNANDES, E. J. Construção e avaliação de um psicrômetro de termopares. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.23, n.3, p.468-477, 2003.

TURCO, J.E.P.; RIZZATTI, G.dos.S.; OLIVEIRA, P.J.D.de. Consumo e custo de energia elétrica em feijão irrigado afetado por quatro métodos de manejo de irrigação. **Energia na Agricultura**. Botucatu-SP, v.32, n.2, p.171-177. 2017.

TURCO, J.E.P; OLIVEIRA, P. J. D. de. Consumo e custo de energia elétrica em cebola irrigada por pivô central afetado por dois métodos de manejo de irrigação. **DELOS: Desarrollo Local Sostenible**. Curitiba -PR, v. 16, n.43, p. 504-515. 2023.

VESCOVE, H.V.; TURCO, J.E.P. Consumo e custo de energia elétrica na cultura de citros irrigado por gotejamento e microaspersão, com três lâminas de água. **Irriga: Brazilian Journal of Irrigation and Drainage**. Botucatu-SP, v.15, n.1, p.75-89. 2010.

VILLALVA, M.G. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações**. 3.ed. São Paulo: Érica, 2015.

WAN, C. et al. Photovoltaic and Solar Power Forecasting for Smart Grid. Energy Management. **Journal of Power and Energy System**. v. 1, n. 4, p. 38-46, 2015. **DOI: [10.17775/CSEEJPES.2015.00046](https://doi.org/10.17775/CSEEJPES.2015.00046)**

WIES, R. W.; JOHNSON, R. A.; AGRAWAL, A. N.; CHUBB, T. J. 2004. Economic Analysis and Environmental Impacts of a PV with Diesel-Battery System for Remote Villages. **IEEE General meeting of Power Engineering**. June 2004. Denver, Colorado (USA). **DOI: [10.1109/PES.2004.137320](https://doi.org/10.1109/PES.2004.137320)**

## **A N E X O I**

**Grupo Gerador Diesel - 83kVA**  
 Carenado Silenciado

**1800 RPM**  
**60Hz**

Standby		Prime		Motor		Grupo Gerador				
kVA	kW	kVA	kW	Modelo	Nº CIL	Dimensões (mm)			Massa (Kg)	Consumo comb. (l/h) (100% carga)
						C	L	A		
83	66	75	60	1104A-44TG1	4	2195	850	1396	1156	17,7

\* Consumo a 100% de carga - Prime.

**MOTOR**

Estacionário, de combustão interna por ciclo diesel, da marca PERKINS, modelo 1104A-44TG1, com potência mecânica bruta máxima de 105 CV em rotação nominal de 1800 rpm, 4 cilindros em linha, com cilindrada de 4,4 litros, injeção direta de combustível, turbo alimentado, com regulador mecânico de velocidade, refrigerado a água por radiador incorporado, ventilador e bomba centrífuga. Dotado de sistema de proteção contra alta temperatura da água, baixa pressão do óleo.

Outras características:

- Filtros com elementos substituíveis para ar tipo seco, para óleo lubrificante e para combustível.
- Sistema elétrico de 12 Vcc, dotado de alternador para carga da(s) bateria(s).

**GERADOR**

Síncrono, sem escovas (Brushless), trifásico, classe de isolamento H, com impregnação à vácuo, ligação estrela com neutro acessível, 4 pólos, mancal único, acoplamento por discos flexíveis, enrolamento do estator com passo encurtado, com excitatriz rotativa, regulador eletrônico de tensão e grau de proteção IP21.

Outras características:

- Rotação nominal de 1800 rpm;
- Tensão nominal 220/127 Vca, 380/220 Vca ou 440/254 Vca.

**BASE DE MONTAGEM**

Base única, de estrutura robusta e integralmente soldada, com fundo fechado, fabricada a partir de chapas de aço carbono dobradas, garantindo o alinhamento adequado, a estabilidade estrutural do conjunto e a estanqueidade para até 110% de todos os líquidos, bem como orifícios para içamento nas extremidades da estrutura que facilitam a movimentação.

POWERED BY:



#### QUADRO DE COMANDO AUTOMÁTICO

Quadro de comando dotado de microcontrolador, fabricado com chapas de aço galvanizado, montado sobre a base do Grupo Gerador, com compartimentos separados para comando e força, conforme solicita a NRT0. Permite operação automática e manual, executando supervisão do sistema de corrente alternada, comandando a partida e parada do grupo gerador em caso de falha da fonte principal (rede).

- Medições: potência ativa [kW]; potência aparente [kVA]; energia ativa [kWh]; tensões de fase e de linha gerador [Vcc]; frequência [Hz]; corrente das fases do gerador [A]; temperatura da água [°C]; tempo de funcionamento [h]; tensão de bateria [Vcc];
- Sinalizações: modo de operação; indicação de alarme ativo; status do Grupo Gerador;
- Proteções: sobre / subtensão; sobre / subfrequência; sobrecorrente; sobre / subvelocidade; sobre / subtensão de bateria; alta temperatura da água; baixa pressão do óleo lubrificante;
- Registro de até 50 eventos.

#### QUADRO DE COMANDO MANUAL

Quadro de comando manual, montado sobre a base do grupo gerador, com compartimentos separados para comando e força, conforme solicita a NRT0. Com operação manual, através de selector de partida/parada.

- Instrumentação analógica: voltímetro, amperímetro, frequencímetro, horímetro, medidor de combustível e termômetro d'água.
- Proteção: alta temperatura d'água e baixa pressão do óleo lubrificante.

#### SISTEMA DE FORÇA

Proteção por disjuntor manual, tripolar, fixo, termomagnético, dimensionado para a capacidade de corrente do grupo gerador.

Chave de transferência composta por dois contactores, tripolares, dimensionados na capacidade nominal do grupo gerador, montada no compartimento de força do quadro de comando. (Somente para opção de Grupo Gerador Automático).

#### ACESSÓRIOS

- Tanque de combustível de consumo em polietileno instalado, na base do contêiner, com sensor de nível elétrico (somente para opção de Grupo Gerador Automático) e indicação no frontal do painel, na capacidade de 72 litros.
- Silencioso e segmento elástico, montados internamente ao contêiner;
- Amortecedores de vibração de elastômero, com corpo metálico resistente a cisalhamento, montados entre o motor/gerador e a base;
- Bateria isenta de manutenção, montada na base com suporte, cabos e conectores;
- Resistência de pré-aquecimento, controlada por termostato.

#### CARENAGEM

Carenagem composta por painéis laterais, teto e portas para acesso ao motor e quadro elétrico, fabricados em chapas e perfis de aço galvanizado, aparafusadas entre si com aplicação de pintura eletrolítica a pó poliéster de alta espessura na cor branca.

- Contêiner Silenciado Leve (SL): Entrada de ar pela lateral e traseira com saída frontal de fluxo vertical, dotado de tratamento acústico, sem necessidade de utilização de material fonoabsorvente - nível de ruído médio de 85 dB(A) @ 1,5m;
- Contêiner Super Silenciado Leve (SSL): Entrada de ar pela lateral e traseira com saída frontal em fluxo vertical, dotado de tratamento acústico, com utilização de material fonoabsorvente em espuma de poliuretano autoextinguível - nível de ruído médio de 75 dB(A) @ 1,5m.

#### DIVERSOS

- Motor e gerador com pintura original dos fabricantes, base preta, quadro de comando branco;
- Manual técnico em mídia eletrônica (CD);
- Garantia de 12 meses, conforme termo de garantia padrão;
- Treinamento básico de operação e verificações de rotina, durante a entrega técnica.

#### DIFERENCIAIS TÉCNICOS

- Todos projetos baseados em largura "SUM", menor que 1190mm de largura, possibilitando o transporte de mais de um grupo gerador lado a lado em um caminhão;
- Equipamentos compactos e robustos.
- Utilização de disjuntores como proteção para todos os equipamentos.
- Cabos de silicone entre base do gerador e quadro de comando;
- Saída de cabos do quadro pela parte inferior do quadro, com fechamento em borracha.
- Painel de comando e carenagem fabricados com chapa de aço galvanizado, propiciando alta resistência a corrosão, superior a 2000 horas em teste de névoa salina (Salt Spray);
- Fácil acesso para manutenção via painéis laterais removíveis.