

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ
GIUSEPPE PABLO PATEL

ESTUDO DE VIABILIDADE DE INSTALAÇÃO DE PAINÉIS SOLARES
FOTOVOLTAICOS EM UMA PROPRIEDADE RURAL

CASCATEL - PR
2019

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ
GIUSEPPE PABLO PATEL

ESTUDO DE VIABILIDADE DE INSTALAÇÃO DE PAINÉIS SOLARES
FOTOVOLTAICOS EM UMA PROPRIEDADE RURAL

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Engenharia Mecânica, do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Professor Orientador: Me. Engenheiro Mecânico
Carlos Alberto Breda

CASCADEL - PR
2019

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ
GIUSEPPE PABLO PATEL

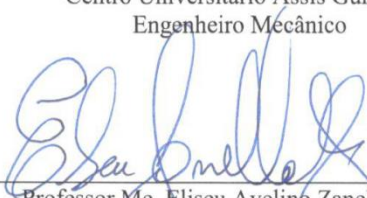
**ESTUDO DE VIABILIDADE DE INSTALAÇÃO DE PAINÉIS SOLARES
FOTOVOLTAICOS EM UMA PROPRIEDADE RURAL**

Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário FAG, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, sob orientação do Professor Me. Carlos Alberto Breda.

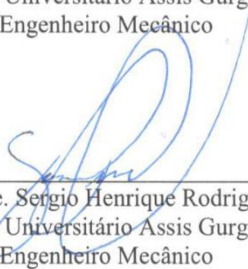
BANCA EXAMINADORA



Orientador Prof.^a Me. Carlos Alberto Breda
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenheiro Mecânico



Professor Me. Eliseu Avelino Zanella Junior
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenheiro Mecânico



Professor Me. Sergio Henrique Rodrigues Mota
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenheiro Mecânico

Cascavel, 27 de novembro de 2019.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus e minha família.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela vida, sem ele não teria conseguido chegar até aqui e nem seguir em frente para os próximos passos e objetivos.

Agraço aos meus pais pelo incentivo, suporte e compreensão durante toda minha graduação.

Agradeço ao Professor Mestre Engenheiro Mecânico Carlos Alberto Breda pela amizade, apoio e orientação.

Agradeço aos meus amigos de graduação, pelos momentos de estudo e convivência durante o curso.

Agradeço aos professores do curso de Engenharia Mecânica que nesses anos contribuíram para o meu aprendizado.

RESUMO

O valor pago em energia elétrica por agricultores vem afetando a rentabilidade mensal da produção, e, por outro lado, vem se somando à preocupação com a demanda de energia elétrica que vem crescendo expressivamente no Brasil e ao cuidado com o meio ambiente. A energia solar é uma opção que vem se mostrando como alternativa interessante ao produtor rural, por oferecer benefícios consideráveis, por se tratar de uma fonte de energia renovável e limpa, além de sinalizar como possível aliada na busca incessante para abaixar custos nas atividades rurais, além de não caracterizar mais um agente de poluição ao meio ambiente e contribuir significativamente para a geração de energia elétrica no território brasileiro. O objetivo principal deste trabalho consiste em averiguar a técnica da possível instalação de painéis solares fotovoltaicos em uma propriedade rural, onde poderá reduzir seus custos com manutenção e produção de aves para o abate, considerando as tecnologias existentes com o aproveitamento da energia solar, como fonte inesgotável e renovável de energia elétrica. O comparativo entre o investimento em energia solar aplicada na agricultura em relação a atividade rural exercida pelo agricultor dá uma ideia clara ao produtor da viabilidade do sistema proposto. Utilizando de ferramentas para cálculo de viabilidade econômica, o modelo proposto tem o retorno do seu investimento em 7 anos, com uma rentabilidade de 11,31% ao ano, diminuindo os gastos com a produção de frangos de corte e consequentemente gerando aumento na renda líquida da atividade, trazendo uma qualidade de vida em uma propriedade que conta com um modelo autossustentável.

Palavras - chave: energia renovável; energia solar; agricultura.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Elétrons do material tipo P e N.....	20
FIGURA 2: Elétrons em movimentos nas camadas P e N.....	21
FIGURA 3: Sistema conectado a rede.....	22
FIGURA 4: Cede da propriedade rural estudada.....	26
FIGURA 5: <i>String</i> conjunto de módulos em série.....	29
FIGURA 6: Captação dos raios solares pelas placas fotovoltaicas.....	31
FIGURA 7: Padronização dos ângulos recomendados para o posicionamento dos módulos solares.....	31

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Cotação de valores de módulos solares fotovoltaicos.....	28
TABELA 2 – Dados de irradiação solar global.....	30
TABELA 3 – Especificações mecânicas do painel solar fotovoltaico escolhido.....	35
TABELA 4 – Orçamento do custo para aquisição do sistema solar fotovoltaico.....	36
TABELA 5 – Tempo para retorno do investimento e capacidade de geração de energia por ano do sistema solar fotovoltaico.....	37

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – Gráfico da Média Mensal Do Consumo De Energia Elétrica Em kWh.....	27
GRÁFICO 2 – Gráfico da capacidade de geração de energia em kWh por mês pelo sistema solar fotovoltaico proposto.....	37

LISTA DE EQUAÇÕES

EQUAÇÃO 1 – Eficiência do módulo fotovoltaico.....	32
EQUAÇÃO 2 – Energia produzida pelo módulo fotovoltaico.....	32
EQUAÇÃO 3 – Quantidade de módulos necessários.....	33
EQUAÇÃO 4 – Quantidade de módulos fotovoltaicos por inversor.....	33
EQUAÇÃO 5 – Cálculo do retorno do investimento.....	34
EQUAÇÃO 6 – Cálculo da rentabilidade do investimento.....	34

LISTA DE SÍMBOLOS

A_m - Área da superfície do módulo [m^2]

A_p – área do módulo (m^2)

COPEL- Companhia Paranaense de energia

$E_{\text{módulo}}$ - Energia produzida por um módulo (kWh) no mesmo intervalo de tempo

E_p - Energia produzida pelo módulo diariamente [kWh]

E_s - irradiação global diária [kWh/ m^2 /dia]

E_{sistema} - Energia produzida pelo sistema (kWh) no intervalo de tempo considerado

kW- kilowatt.

kWh – kilowatt hora.

kWp – kilowatt pico

MW – megawatt

η - Eficiência do módulo (%)

N_p - Número de módulos da instalação fotovoltaica

$P_{\text{máx}}$ - Potência máxima ou de pico do módulo (W)

TWh – terrawatt hora

W - watt

SUMÁRIO

1.INDTRODUÇÃO.....	13
1.1. ASSUNTO / TEMA.....	13
1.2. JUSTIFICATIVA.....	13
1.3. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....	15
1.4. FORMULAÇÃO DAS HIPÓTESES.....	15
1.5. OBJETIVOS DA PESQUISA	15
1.5.1. Objetivo Geral	15
1.5.2. Objetivos Específicos	16
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	17
2.1.Energias renováveis.....	17
2.2. Energia solar.....	17
2.3. Energia solar fotovoltaica.....	18
2.3.1. Energia solar fotovoltaica no mundo.....	18
2.3.2. O futuro da energia solar fotovoltaica no Brasil.....	19
2.3.3. Funcionamento fotovoltaico para geração de energia elétrica.....	20
2.4. Legislação e regulamentação brasileira para microgeração e minigeração de energia elétrica	23
2.5. Aplicação da energia solar na agricultura.....	23
2.6. Avicultura no Brasil	24
2.7. Aviário modelo Dark House.....	25
3. ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO	26
3.1. Materiais utilizados na pesquisa	26
3.1.1. Propriedade rural da possível instalação dos painéis solares fotovoltaicos	26
3.1.2 Consumo de energia elétrica da propriedade rural estudada	27
3.1.3. Escolha do painel solar fotovoltaico.....	27
3.1.4. Escolha do inversor	28
3.1.5. Levantamento de dados de irradiação solar.....	29
3.2. Métodos de pesquisa.....	30
3.2.1. Escolha do ângulo de inclinação dos painéis solares fotovoltaicos	30
3.2.2. Cálculos para dimensionamento da quantidade de painéis solares fotovoltaicos necessários para atender a demanda de energia elétrica da propriedade rural.....	31
3.2.2.1.Cálculo da eficiência do módulo fotovoltaico	32

3.2.2.2. Cálculo da energia produzida pelo módulo fotovoltaico	32
3.2.2.3. Quantidade de módulos necessários	33
3.2.3. Inversor	33
3.2.4. Análise da viabilidade da instalação do sistema solar fotovoltaico	33
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	35
4.1. Resultados do dimensionamento do sistema solar fotovoltaico para os três aviários.....	35
4.2. Custo para aquisição e instalação do sistema solar fotovoltaico.....	36
4.3. Capacidade de geração do sistema solar fotovoltaico proposto.....	36
4.4. Análise da viabilidade da instalação do sistema solar fotovoltaico.....	37
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	39
6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	40
REFERÊNCIAS	41
ANEXOS.....	43

1. INTRODUÇÃO

Existe uma busca em ascensão por energia renovável, proveniente da preocupação com energia limpa, pensando no meio ambiente. O Brasil tem uma capacidade muito grande para geração oriunda de fontes inesgotáveis. Dado o motivo da necessidade de energia elétrica houve um aumento da utilização de fontes esgotáveis para a geração de energia elétrica, ficando assim as fontes renováveis em segundo plano, tendo a necessidade dessa busca nos tempos de hoje, por motivos da crise energética, que afeta a economia, em exclusividade na indústria e agricultura (BERTIN, 2017).

Tentando ajustar o cenário, o governo vem adotando incentivos de formar de financiamentos e abatimento de impostos em modelos que envolvam energia renovável. Com isso houve um aumento expressivo na mini e microgeração de energia, na modalidade de compensação de créditos (NADIR; VILELA; PERES, 2016).

No ano de 2012 A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) publicou a normativa 482, qual descreve a compensação em forma de crédito para geração de energia elétrica de mini e microgeração por meios de fontes renováveis.

O tema proposto neste Trabalho de Conclusão de Curso é analisar a viabilidade da utilização de energia solar na agricultura em relação ao investimento da atividade rural praticada pelo agricultor, podendo assim averiguar se é rentável o aumento de sua produção ou a implementação do sistema solar fotovoltaico.

1.1. ASSUNTO / TEMA

O Assunto do referido trabalho é o aproveitamento de energia solar em atividades da agricultura.

O tema abordará sobre o estudo de viabilidade de instalação de painéis solares fotovoltaicos em uma propriedade rural.

1.2. JUSTIFICATIVA

Dentre as diversas fontes de energias renováveis existentes no universo, ou seja, aquelas provenientes de recursos naturais, como por exemplo, o sol, a chuva, o vento, a

energia geotérmica, a energia solar vêm se destacando enquanto fonte alternativa para a geração de energia elétrica ou térmica destinada a suprir o consumo doméstico, empresarial, industrial, no setor rural ou do agronegócio.

A aplicação da energia solar na agricultura vem figurando positivamente no cenário produtivo, econômico da propriedade rural, tendo em vista sua contribuição para a redução do impacto ambiental, e por esta não contribuir para o aumento dos danos causados ao efeito estufa e nem utilizar de fontes esgotáveis para a geração de energia.

Dentre todos os pontos favoráveis à utilização da energia solar na propriedade rural, o fator que ocupa lugar de grande destaque, e tem atraído os produtores rurais levando-os a efetuar o investimento é o fato de que a utilização de energia solar ocasiona a redução expressiva dos custos com eletricidade nas propriedades rurais, em alguns casos reduzindo em até 90% o valor da tarifa mensal de energia elétrica consumida.

Além da redução dos custos com eletricidade os produtores rurais podem contar com uma maior tecnologia que vem contribuir para a melhoria de suas atividades agropecuárias, possibilitando a instalação de sistemas de irrigação visando ampliar e melhorar a produção, instalação de sistemas de bombeamento de água para abastecimento de moradias, pontos de abastecimento de pulverizadores, suprir a necessidade para a criação de animais, como bovinos, que é um grande problema em períodos de seca com a falta de água, ou até mesmo por se encontrarem em pastagens que não tenha açudes, rios ou nascentes.

Os gastos com energia elétrica em propriedades que possuem aviários costumam figurar nas primeiras colocações por serem de alto valor. Nesse sentido, se justifica a instalação de painéis solares fotovoltaicos que podem contribuir para a redução dos custos e ampliação dos lucros, o que vem despertando o interesse de diversos avicultores no cenário nacional.

Poder-se-ia citar também as propriedades que trabalham com a produção leiteira, produção de suínos, bovinos, ovinos, entre tantos outros. De modo geral, a energia solar pode ser aplicada em milhares de formas diferentes e que contribuem favoravelmente para o desenvolvimento da agricultura e com custo benefício viável ao produtor rural.

Outro fator preponderante em relação à aplicação da energia solar consiste em ser ela de fonte inesgotável, limpa e sua utilização minimizar a geração de impactos ambientais. A opção por esta fonte de energia dispensa a utilização de fontes de energias não renováveis que uma vez esgotáveis não podem mais ser regeneradas, o que pode afetar drasticamente o Planeta Terra. Outro ponto relevante para o incentivo ao uso de energias renováveis é o dano

que a energia esgotável traz como doenças ao ser humano, degradação dos biomas, desequilíbrio ambiental entre outros problemas.

Como incentivo ao desenvolvimento e ampliação da instalação de sistemas autossustentáveis que se utilizam de energias renováveis para a geração de sua própria energia, o governo tem oferecido aos agricultores linhas de crédito e financiamento a juros de baixo custo e prazos confortáveis para a quitação.

O aumento da demanda de energia elétrica em conjunto com a possibilidade de redução da utilização de combustíveis não regenerativos e a grande preocupação com o meio ambiente, vem fomentando e sendo motivo de incentivo à pesquisa científica e ao desenvolvimento de fontes de energias menos poluentes, que sejam renováveis e de pouco impacto ambiental (INPE, 2017).

1.3. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

É viável a instalação de painéis solares fotovoltaicos para a geração de energia elétrica em uma propriedade rural?

1.4. FORMULAÇÃO DAS HIPÓTESES

H_0 – não existe viabilidade de instalação do sistema solar fotovoltaico.

H_1 – a instalação do sistema solar fotovoltaico é viável.

1.5. OBJETIVOS DA PESQUISA

1.5.1. Objetivo Geral

Estudar o custo benefício de instalação dos painéis solares fotovoltaicos para a geração de energia elétrica em uma propriedade rural que tem como base produtora a avicultura.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Coletar dados com relação ao consumo de energia elétrica e emissividade do sol na propriedade rural estudada;
- Dimensionar a quantidade de painéis solares fotovoltaicos conforme necessidade da propriedade rural;
- Promover o cálculo dos valores necessários para a instalação dos painéis solares fotovoltaicos;
- Analisar a viabilidade da implantação dos painéis solares fotovoltaicos dentro da propriedade rural.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Energias renováveis

Segundo a Agência Internacional de Energia (IEA, 2016) as energias renováveis, diferentes dos combustíveis fósseis, são aquelas que têm capacidade de se renovar constantemente por processos naturais, através do sol, vento, forças das marés, rios, o calor das formações geológicas do planeta e das fontes de biomassa, também é citado o hidrogênio como fonte de energia renovável.

Cada vez mais, os países com preocupação com as fontes esgotáveis de energia e cuidado com o meio ambiente, vêm adotando políticas de incentivo à pesquisa e investimentos em energias renováveis (GALLINA, 2011).

2.2. Energia solar

O aproveitamento do sol para a geração de energia é inesgotável, tanto como fonte de calor quanto para a eletricidade. O sol é responsável pela origem de quase todas as outras fontes de energia existentes na terra, ou seja, praticamente todas as outras fontes de energia são formas indiretas de energia solar (VILLALVA, 2015).

É a partir do sol que se dá a evaporação, origem do ciclo das águas, que possibilita o represamento, e conseqüentemente, a geração da eletricidade através de usinas hidrelétricas. A energia solar impulsiona a circulação atmosférica em grande escala, causando a corrente de ar. Assim, a energia eólica também é derivada da solar, já que os ventos se formam a partir da conversão da radiação solar em energia cinética, devido ao balanço diferenciado nas diferentes latitudes entre a radiação solar incidente e a radiação terrestre emitida. Petróleo, carvão e gás natural foram gerados a partir de resquícios de plantas e restos de animais que utilizaram do sol para poder se desenvolver. A cana de açúcar também utiliza do sol para realizar a fotossíntese para seu desenvolvimento, e adiante se tornar combustível (CEPEL, 2014).

Segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2017) o Brasil tem diferentes características climáticas, devido ao seu tamanho territorial, por outro lado, a sua localização no Planeta Terra faz com que receba altos índices de irradiação. A região sul do país é, em especial, a que menos recebe irradiação, entretanto, se comparada à Europa que

apresenta características semelhantes e onde a energia solar é muito utilizada, anda assim, mostra-se vantajosa para o aproveitamento da energia solar.

Ao longo do tempo a eletricidade foi se tornando fundamental para o desenvolvimento da sociedade, nos mais diversos meios, entre eles, o industrial, o da urbanização, o da agricultura, do agronegócio, entre outros. Com o grande desenvolvimento tecnológico e o aumento da população mundial, as energias não renováveis vêm sofrendo um devido esgotamento, e a procura por energias renováveis com baixo impacto ambiental vem crescendo muito, diante disso o sol aparece como uma ótima fonte (SILVEIRA, 2013).

A terra recebe energia solar suficiente para suprir a necessidade mundial, tornando-se assim, uma das principais fontes de energia que existe. Seu gigantesco poder energético pode ser convertido em energia (NETO, 2016), nas suas diferentes formas, energia térmica ou elétrica.

A conversão da energia solar em energia térmica é frequentemente utilizada para o aquecimento de água, com intuito de gerar vapor, podendo, e este, por sua vez, movimentar turbinas que promovem sua conversão para energia elétrica. Outra forma de energia que pode ser produzida a partir da energia solar é a energia elétrica gerada por meio de painéis fotovoltaicos, cujo funcionamento é ativado por meio da radiação solar recebida em células fotovoltaicas (SIVEIRA, 2013).

2.3. Energia solar fotovoltaica

2.3.1. Energia solar fotovoltaica no mundo

Nos últimos anos o mercado de energia solar no mundo vem crescendo exponencialmente. Essa aplicação se tornou viável financeiramente devido à grande quantidade de procura no mercado e como consequência dessa demanda houve um aumento nas escalas de produção (EPOSITO, FUCHS, 2013).

Segundo Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2008) muitos países começaram a exigir aquecimento de água com energia solar, iniciando com Israel e Espanha no ano de 2006, que pediram um percentual de produção de energia solar em suas edificações. No ano seguinte, a mesma ideia foi adotada pela China, Índia, Coreia do Sul e Alemanha. O percentual exigido com geração de energia através do sol varia de 30% a 70% para cada país, levando em consideração o clima, quantidade de outras fontes de energias e nível de consumo.

A China lidera a fabricação de painéis fotovoltaicos no mundo. Esta liderança é resultado do método de fabricação por suas empresas que dão início ao processo de fabricação pelas etapas finais da cadeia fotovoltaica, nas quais as escalas de produção são menores (EPOSITO, FUCHS, 2013).

Em relação ao mercado fotovoltaico na Europa, a Alemanha é o principal consumidor de energia solar fotovoltaico e a Itália vem em segundo lugar, já a China é aonde se encontra as principais indústrias de painéis fotovoltaicos (EPOSITO, FUCHS, 2013).

2.3.2. O futuro da energia solar fotovoltaica no Brasil

A energia solar fotovoltaica é uma opção entre as energias renováveis, viável para ajudar na geração de eletricidade no Brasil, podendo ser instalada na área urbana, moradias, comércio, iluminação pública, indústrias, ou até mesmo em áreas rurais produzindo energia limpa e renovável tendo o sol como fonte (VILLALVA, 2015).

Segundo a Associação Brasileira de Energia Solar (ABSOLAR, 2017) a projeção em relação à participação da energia solar na matriz energética brasileira é que esta modalidade de energia alcance o patamar de 10% em 2030. Atualmente, há cerca de seis mil sistemas fotovoltaicos instalados em residências responsáveis pela geração de 70 MW (megawatt), o que implica em capacidade para gerar iluminação para trinta mil casas por ano.

Segundo o Ministério de Minas e Energia (2019) no ano de 2018 o Brasil foi o 11º país em expansão de potência instalada de energia solar fotovoltaica, saindo de 1,2GW para 2,3GW. Estima-se que em 2027 a capacidade instalada de energia solar chegue a 18,1GW, sendo 8,8GW centralizados e 9,3 de geração distribuída. A perspectiva que em 2027 o país tenha 47% da energia gerada por fontes renováveis, contra 45% atuais. Em 2016, o Brasil contava com 44% de fontes de energia renováveis, e o planeta com 16%, possuindo umas das matrizes energéticas mais limpas do mundo.

Com a energia solar fotovoltaica, até 2020 o Brasil deve gerar cerca de 60 mil empregos diretos e 100 mil empregos indiretos, contando a geração distribuída que entra o segmento residencial e de propriedades rurais (ABSOLAR, 2017).

No ano de 2018, o pódio dos estados brasileiros que mais investiam em tecnologia fotovoltaica apresentava em primeiro lugar o estado de Minas Gerais com cerca de 21,80% de potência instalada no país, em segundo lugar Rio Grande do Sul com 15,7%, logo em sequência São Paulo com 12,2%, seguido do Paraná com de 6,1% e do estado de Santa Catarina com 5,4% (ABSOLAR, 2019).

2.3.3. Funcionamento fotovoltaico para geração de energia elétrica

A célula fotovoltaica é composta por um material semicondutor de duas camadas chamadas de P e N. No material P existe a falta de elétrons, devido a isso é positivo, e no material N encontram-se elétrons em excesso, desta forma é negativo, pois o elétron é uma partícula de carga negativa. Com a necessidade do átomo se tornar estável e a célula fotovoltaica do material N ser muito fina, a luz consegue penetrar e descarregar sua energia nos elétrons, vencendo a barreira de potencial, fluindo da camada N para P formando uma lacuna em N, criando um campo elétrico na junção P-N, consequentemente tem-se uma diferença de potência (DDP), na qual há corrente elétrica. Existem células de múltiplas funções, que possuem um maior número de camadas, porém o funcionamento é igual ao de duas camadas, gerando mais energia, não sendo muito utilizada por serem mais caras (VILLALVA, 2015).

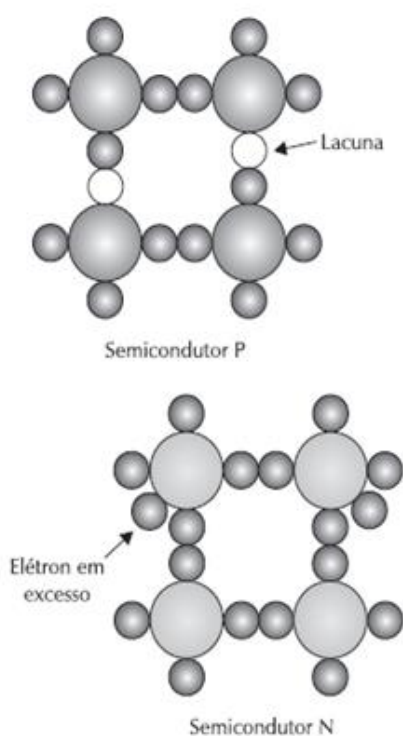


Figura 1: Elétrons do material tipo P e N

Fonte: (Villalva, 2015).

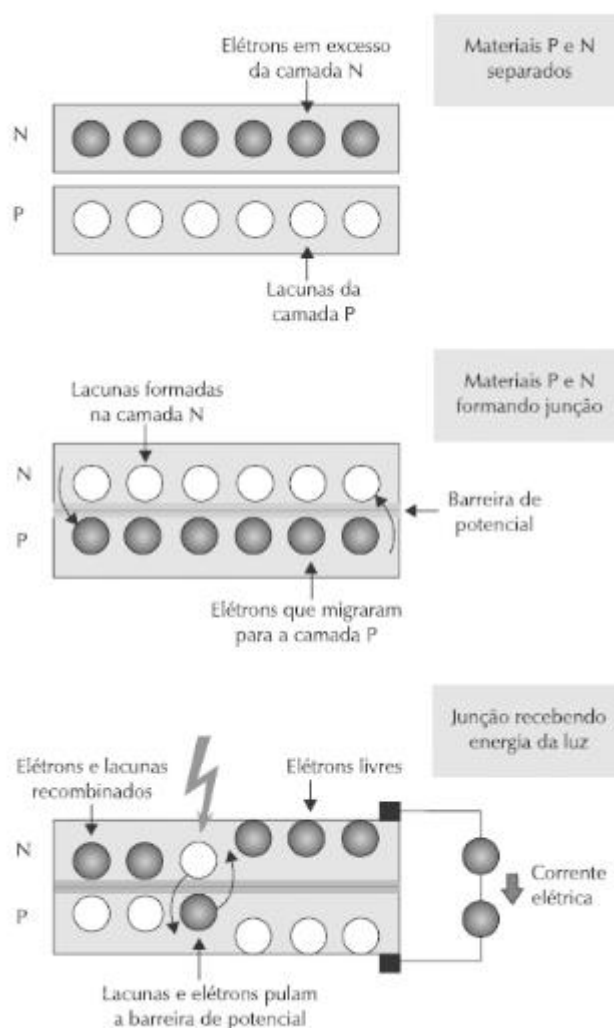


Figura 2: Elétrons em movimentos nas camadas P e N

Fonte (Villalva, 2015).

Um sistema fotovoltaico pode ser classificado em três categorias, denominadas sistemas híbridos, autônomos e conectados a rede (URBANETZ JUNIOR, 2010).

O sistema híbrido tem mais de uma fonte de geração de energia, sendo turbinas eólicas, painéis fotovoltaicos, motor diesel entre outros métodos, é mais utilizada para médio e grande porte, que necessite uma grande demanda de eletricidade, sendo um método só não atendo a necessidade (VILLALVA, 2015).

O sistema fotovoltaico isolado não tem ligação com a rede de energia elétrica da concessionária, tendo a necessidade de utilização de baterias para armazenagem, o que justifica sua utilização em lugares em que não há rede elétrica. Entretanto, o custo das baterias e sua manutenção, tornam sua utilização inviável em relação aos outros sistemas disponíveis (URBANETZ JUNIOR, 2010).

Já os sistemas conectados à rede, são aqueles onde há passagem de rede energia elétrica, dispensando o uso de baterias, o que torna seu custo mais barato que o isolado, uma vez que, na falta de energia elétrica, é possível consumir energia da rede. Os painéis solares captam a luz solar através de células fotovoltaicas e a transformam em energia elétrica de corrente contínua, no qual é preciso a instalação de um inversor para converter a energia contínua para corrente alternada que é o formato compatível com a rede elétrica de energia e utilizada em nossas tomadas.

A energia convertida é utilizada para suprir todo o consumo do local e a excedente vai para a rede, podendo ser utilizada por outras unidades consumidoras, ou em épocas que não tenha geração de energia elétrica suficiente pelos módulos, por um determinado período de tempo. É instalado um medidor para que seja possível verificar a quantidade de energia elétrica gerada e a parcela que vai para concessionária responsável pela sua distribuição (CEPEL, 2014).

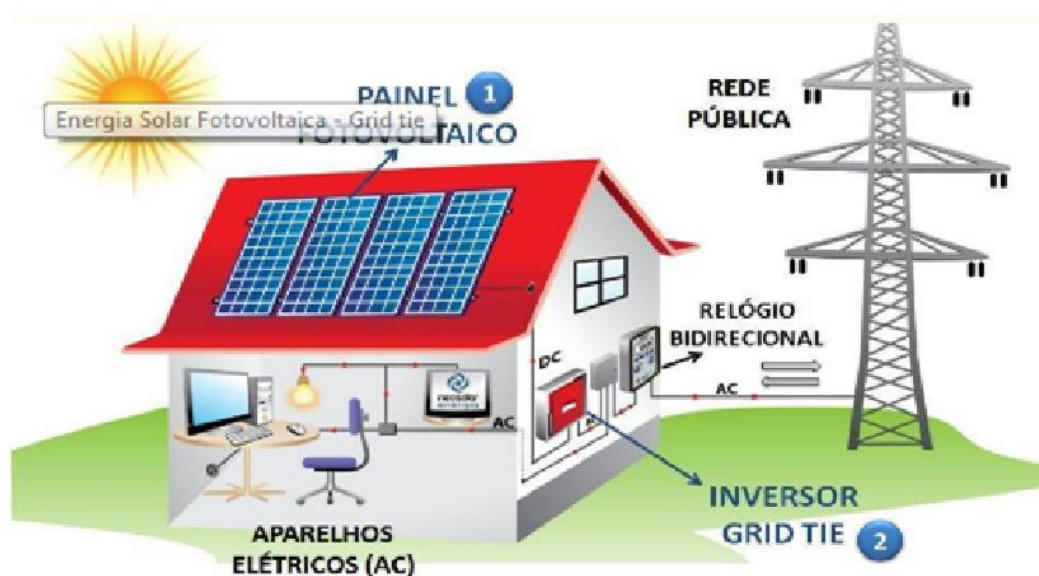


Figura 3: Sistema conectado a rede

(Fonte: NeoSolar, 2019).

A célula fotovoltaica, fabricada com materiais semicondutores, sendo utilizado na maioria das vezes silício, estando em contato com a luz solar faz com que os fótons compostos na irradiação provoquem os elétrons do material semicondutor, fazendo que desta maneira seja gerada corrente elétrica.

Desta forma a eletricidade estará em corrente contínua podendo ser armazenada em baterias, o que descaracteriza o método ecológico ou para os sistemas fotovoltaicos conectados a rede, a energia passa por um dispositivo denominado inversor, responsável pela conversão de corrente contínua em corrente alternada, este equipamento deve fornecer tensão compatível com as da rede pública. Desta forma a energia não consumida é lançada na rede sem que haja perda. O silício é o mais utilizado neste processo por ser encontrado em abundância na natureza e por apresentar maior rendimento em comparação a outros tipos de materiais semicondutores utilizado para módulos fotovoltaicos (VILLALVA, 2015).

2.4. Legislação e regulamentação brasileira para microgeração e minigeração de energia elétrica

Em abril de 2012 a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) por meio da normativa nº 482, estabeleceu condições gerais que devem ser seguidas para toda microgeração e minigeração de energia elétrica distribuída.

O documento estabelece condições de suma importância, entre as quais, no capítulo das disposições preliminares destaca-se a classificação da microgeração distribuída, a energia gerada com potência instalada menor ou igual a 75 kW e a minigeração distribuída a potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 3 MW (ANEEL, 2012).

Outro ponto importante encontrado no capítulo do sistema de compensação de energia elétrica que se refere para fins de compensação, a energia ativa injetada no sistema de distribuição pela unidade consumidora será cedida a título de empréstimo gratuito para a distribuidora, passando a unidade consumidora a ter um crédito em quantidade de energia ativa a ser consumida por um prazo de 60 (sessenta) meses (ANEEL, 2012).

2.5. Aplicação da energia solar na agricultura

O principal usuário do sistema fotovoltaico ainda é o residencial urbano, pois 50% dos sistemas instalados são a baixo de 3 kW. Atentos à nova opção de aumento de renda foram feitos estudos para adequação de geração de energia elétrica na agricultura, mostrando bons resultados para a viabilidade de instalação em propriedades rurais. Verificou-se que sistemas de 1 kWp conseguem ter uma eficiência de rendimento próximo aos 80% (REISSER JUNIOR, AZEVEDO, BOHMER, 2017).

Dentro da pequena propriedade rural, além da própria geração de energia existem outras formas de melhorar a renda. Muitos produtores não têm sistemas de irrigação devido ao custo de implantação e o custo da energia elétrica. Outra maneira de economizar energia com o sistema solar é o aquecimento de água muito utilizado nas atividades produtivas rurais, principalmente nas atividades com gado leiteiro, evitando usar resistências elétricas que são grandes consumidoras de energia e utilizados constantemente (REISSER JUNIOR, AZEVEDO, BOHMER, 2017).

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2016) influenciam fortemente os custos para a produção de arroz, os gastos com fertilizantes, máquinas e implementos agrícolas, o preço do óleo diesel, os gastos com filtros e lubrificantes, a potência das máquinas, a manutenção ou reposição de peças, além do preço da energia elétrica, e no caso de sistemas irrigados, acarretam a elevação significativa dos custos os valores gastos com eletricidade.

2.6. Avicultura no Brasil

O Brasil consiste em um dos países com maior extensão territorial do planeta, e, por conseguinte, apresenta condições para o cultivo, desenvolvimento e manutenção de uma infinidade de atividades na modalidade agrícola, industrial, cultivo animal e vegetal. Entre as atividades desenvolvidas encontra-se a avicultura.

No ano de 2018 o rebanho avícola brasileiro teve um aumento de 2,9%, contando com um rebanho total de 1,5 bilhões de cabeças. Na criação de frango para abate a região do sul do país possui 46,9% do rebanho total, sendo que o Paraná é responsável por 26,2% (AVICULTURA, 2019).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019) no quarto trimestre de 2018 o Brasil exportou 961 216 toneladas de carne de frango. Seguindo a ordem dos três principais exportadores, o Paraná lidera com 36,8%, seguindo com Santa Catarina 30,7% e Rio Grande do Sul 12,4%. Os principais consumidores foram Arábia Saudita, China e Japão, sendo que cada país comercializou mais de 100 toneladas.

A atividade avícola independente gera uma margem líquida de 10,92% ao ano e a atividade avícola com parcerias com frigoríficos, cooperativas e outros gera 11,11% líquido ao ano (KRUGER, PEROSSO, 2017).

2.7. Aviário modelo *Dark House*

Modelo *Dark House* de produção de frangos, conta com os aviários totalmente isolados do ambiente externo, tendo um controle de temperatura, umidade e iluminação, sem nenhuma variável externa que prejudique o desenvolvimento das aves, utilizando-se de cortinas que ficam fechadas. Em épocas quentes do ano, conta com sistema de exaustores para manter a temperatura ideal, garantido o conformo térmico das aves. Da mesma forma em tempos que a temperaturas são baixas conta com estrutura de aquecimento (GALLO, 2009).

3. ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO

O presente estudo será uma pesquisa de campo do tipo quantitativo-descritiva conforme conceituado por LAKATOS (2003).

3.1. Materiais utilizados na pesquisa

3.1.1. Propriedade rural da possível instalação dos painéis solares fotovoltaicos

A propriedade rural que será feito o estudo da viabilidade de instalação dos painéis solares fotovoltaicos está localizada no município Cascavel Paraná aproximadamente 10 km do centro da cidade. Esta propriedade tem como sua principal atividade produção de frangos de corte, contando com três aviários modelos *Dark House* com aproximadamente 70 mil aves. A latitude e longitude do local serão necessárias para obter informações da irradiação solar. Coordenadas de latitude e longitude 24°50'46.2"S 53°18'29.2"W.

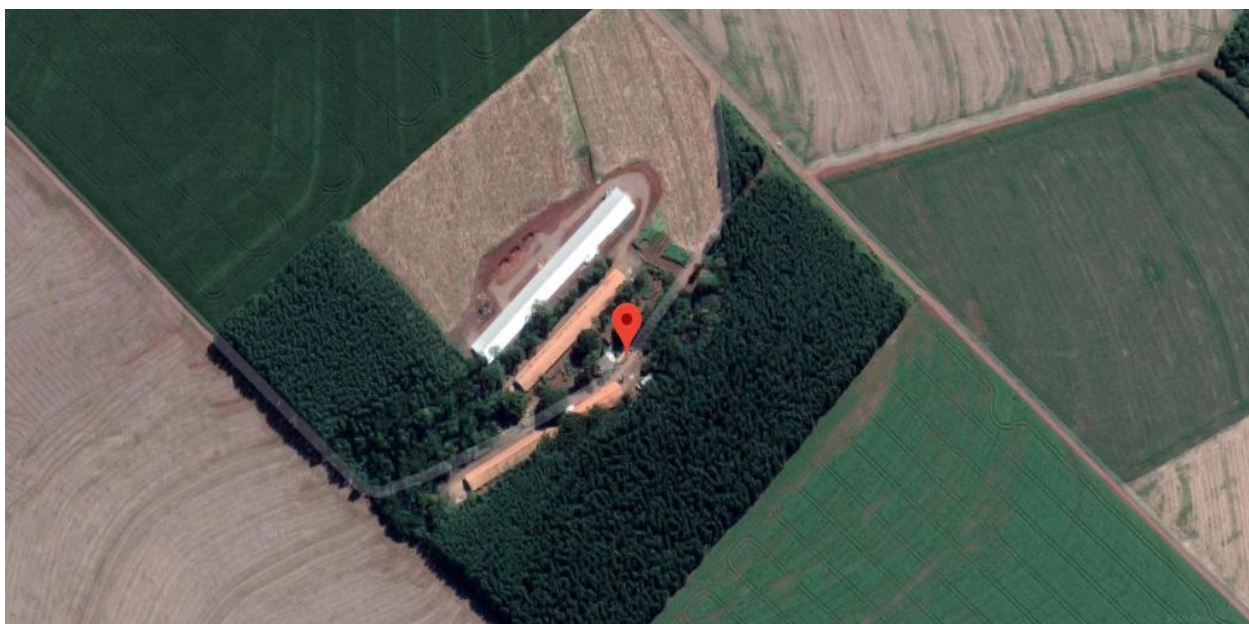


Figura 4: Cede da propriedade rural estudada

(Fonte: Google Maps, 2019).

3.1.2. Consumo de energia elétrica da propriedade rural estudada

Com a finalidade de calcular a quantidade de painéis solares fotovoltaicos necessários e realizar o cálculo da viabilidade econômica da possível instalação do sistema fotovoltaico, solicitou-se junto à COPEL um relatório contendo o consumo de energia elétrica em kWh e o custo em reais originado pelo consumo de energia elétrica na propriedade rural pelo período de um ano.

O relatório fornecido pela empresa revelou que foram consumidos 118.500 kWh cujo custo implicou em aproximadamente R\$ 43.845,00, obtendo-se uma média mensal de 9.875 kWh e R\$ 3.653,75. De acordo com Pinho e Galdino (2014), um parecer mais conciso acerca do consumo de energia na propriedade demanda a análise de no mínimo 12 meses tendo em vista a oscilação no consumo ocasionada por motivos diversos. Sendo assim, para este estudo foram analisadas as faturas dos gastos com energia elétrica compreendidas entre os meses de setembro de 2018 a agosto de 2019.

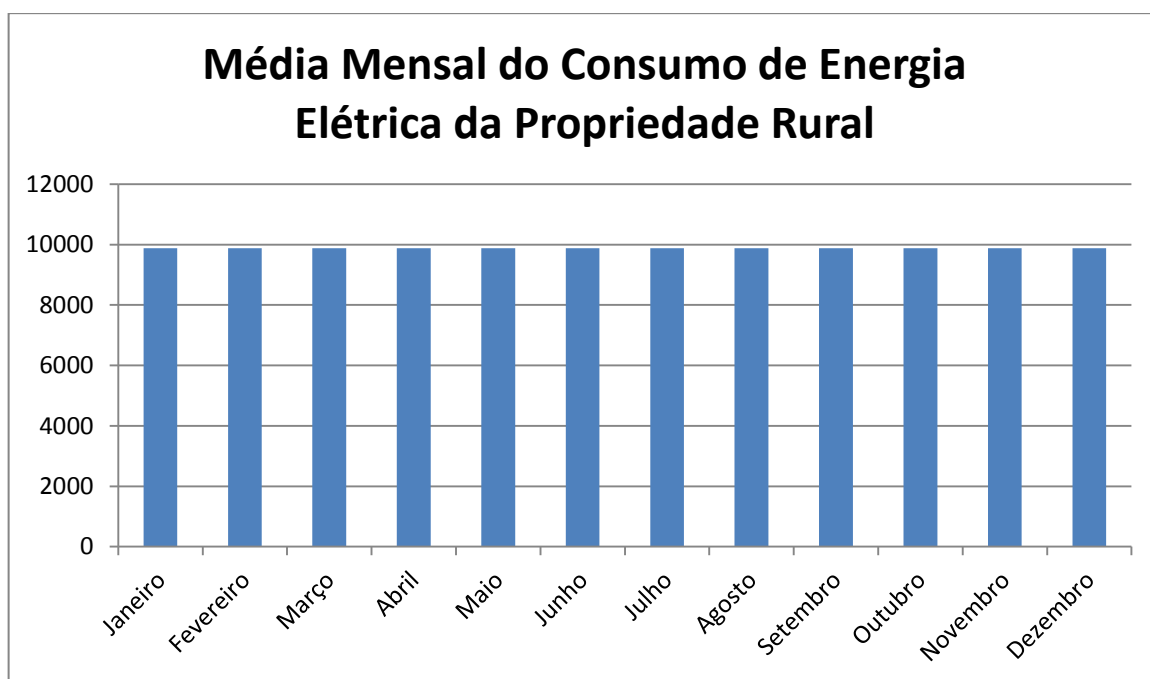


Gráfico 1 – Gráfico da média mensal do consumo de energia elétrica em kWh

(Fonte: Adaptado AUTOR, 2019).

3.1.3. Escolha do painel solar fotovoltaico

Primeiramente será necessário definir se o sistema irá ser conectado à rede elétrica ou será autônomo, levando em consideração o custo benefício e sem causar danos ao meio

ambiente dentro do possível. Segundo o Centro de pesquisa de Energia Elétrica (CEPEL, 2014) os sistemas conectados à rede elétrica têm uma viabilidade econômica maior devido ao fato de não precisar de baterias para armazenamento de energia solar, cuja aquisição e manutenção possuem custo elevado, além de que, baterias são antiecológicas.

Considerando a definição do CEPEL (2014) e tendo rede elétrica na propriedade rural estudada, fica definido que o sistema será conectado a rede elétrica, dado motivo do maior custo benefício sem gastos com compra e manutenção de baterias e cuidados com o meio ambiente.

Após a definição da categoria do sistema solar fotovoltaico, será escolhida também, uma placa solar fotovoltaica que atenda aos requisitos da categoria definida. Os painéis solares fotovoltaicos tradicionalmente achados no mercado se classificam em três categorias, sendo os módulos de 36 células, com potência de pico entre 130 W e 140 W, módulos de 60 células, com potência entre 240 W a 270 W e de 72 células entre 300 W a 365 W. As placas solares fotovoltaicas de 36 células são aconselhadas para sistemas autônomos, dado o motivo de serem adequados para sistemas fotovoltaicos de baixa tensão. Os modelos de 60 e 72 células são indicados para sistemas conectados à rede elétrica, nos quais os pontos de tensão costumam serem maiores (VILLALVA, 2015).

A escolha do modelo do painel solar fotovoltaico foi feita pela sua potência, eficiência e facilidade de encontrar no mercado e respectivamente sua manutenção. O Equipamento escolhido tem certificação do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO). A tabela abaixo mostra os modelos pesquisados para a escolha:

Modelo	Risen Rsm72-6-330p	Jinko 340w Monocristalino	Q Cells Q.PEAK L-G5.0.G Q.ANTUM 365 W	Byd Policristalino 335w
Tecnologia	Policristalino	Monocristalino	Monocristalino	Policristalino
Potência	330 W	340 W	365 W	335 W
Rendimento	17,1%	17,25%	18,8%	17,0%
Valor 1	R\$ 875,00	R\$ 990,00	R\$ 890,00	R\$ 830,70
Valor 2		R\$ 1100,00	R\$ 919,00	R\$ 855,68
Valor 3			R\$ 1249,00	R\$ 887,50

Tabela 1 – Cotação de valores de módulos solares fotovoltaicos

(Fonte: adaptado AUTOR, 2019).

3.1.4. Escolha do inversor

Como vimos na fundamentação teórica, inversor é o responsável por transformar corrente contínua gerada pelos painéis solares fotovoltaicos em corrente alternada, para que

seja compatível com a rede pública, sendo admissível a utilização da energia elétrica gerada em aparelhos elétricos. Segundo Villalva (2015) para a escolha correta do inversor é necessário considerar os seguintes critérios:

A tensão do circuito aberto da *string* não pode ultrapassar a tensão máxima permitida da entrada do inversor. Caso não seja levado em consideração esse critério e haja uma sobre tensão na entrada do inversor pode haver danos no equipamento.

Inversor deve ser especificado para uma potência igual ou superior à potência de pico do conjunto de módulos.

Strings são conjuntos de módulos ligados em série, quando se dimensiona um sistema fotovoltaico primeiramente os módulos são ligados em série formando os *strings*. Pode se colocar *strings* em paralelo para um aumento de potência conforme o necessário, como mostrados na figura 5.

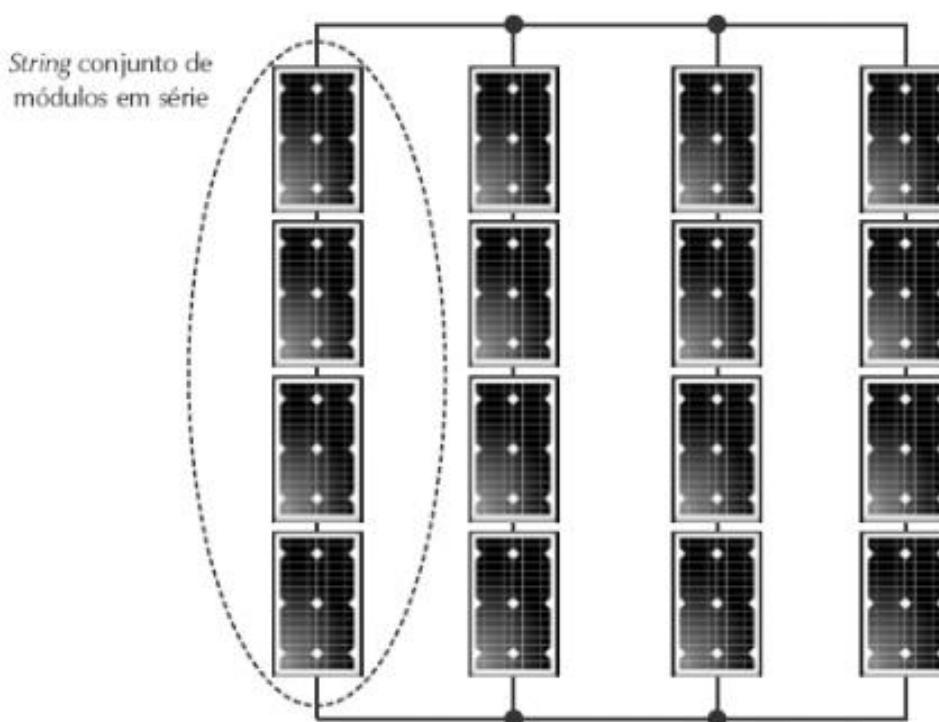


Figura 5: String conjunto de módulos em série

(Fonte: Villalva, 2015).

3.1.5. Levantamento de dados de irradiação solar

Para saber a quantidade de energia gerada em um módulo fotovoltaico será necessária a obtenção de dados do tempo útil de irradiação solar diária no local. Segundo

Marcelo Gradella Villalva (2015), para a obtenção de informações sobre irradiação solar no intuito de montar um sistema para micro e minigeração de energia elétrica não é preciso instalar uma estação solarimétrica, pode-se recorrer aos dados fornecidos por programas confiáveis como o Sundata, por exemplo, INPE/SWERA e PVSYST,

Os dados sobre os níveis de irradiação solar na propriedade objeto de análise foram oriundos do INPE/SWERA e encontram-se especificados na tabela abaixo:

Mês	Irradiação Global
Janeiro	6,498 kWh/m ² /dia
Fevereiro	5,513 kWh/m ² /dia
Março	5,832 kWh/m ² /dia
Abril	6,203 kWh/m ² /dia
Maio	5,256 kWh/m ² /dia
Junho	4,160 kWh/m ² /dia
Julho	3,373 kWh/m ² /dia
Agosto	6,108 kWh/m ² /dia
Setembro	5,487 kWh/m ² /dia
Outubro	5,829 kWh/m ² /dia
Novembro	6,918 kWh/m ² /dia
Dezembro	7,243 kWh/m ² /dia

Tabela 2 – Dados de irradiação solar global

(Fonte: INPE/SWERA, 2019).

A propriedade rural estudada apresenta uma irradiação solar média anual global de 5,70 kWh/m²/dia.

3.2. Métodos de pesquisa

3.2.1. Escolha do ângulo de inclinação dos painéis solares fotovoltaicos

Visando maximizar a captação de raios solares pelo módulo solar durante o dia, faz-se necessário o estudo e a escolha do melhor ângulo para a instalação das placas fotovoltaicas em relação ao solo, como mostrados na figura 6:

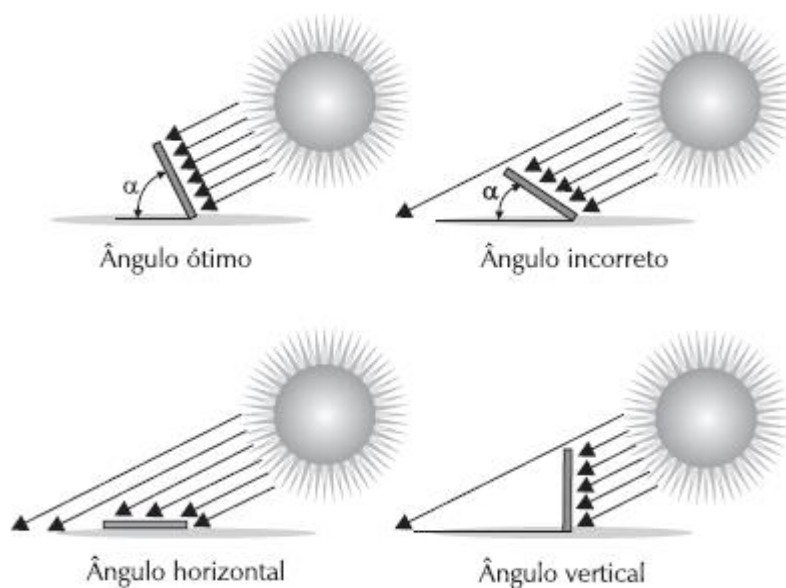


Figura 6: Captação dos raios solares pelas placas fotovoltaicas

Fonte (Villalva, 2015).

Não existe uma regra geral para a escolha correta do ângulo para a instalação dos módulos, a inclinação horizontal privilegia a captação dos raios solares no verão e vertical no inverno. No entanto, existem métodos utilizados por fabricantes para a melhor escolha possível do ângulo que possibilita um bom desempenho das placas solares fotovoltaicas. Um desses métodos utilizado é o *Installation and Safety Manual of the Bosch Solar Modules* apresentado na figura 4. Não são utilizados ângulos abaixo de 10° para que não haja acúmulo de sujeiras sobre as placas (VILLALVA, 2015).

Latitude geográfica do local	Ângulo de inclinação recomendado
0° a 10°	$\alpha = 10^\circ$
11° a 20°	$\alpha = \text{latitude}$
21° a 30°	$\alpha = \text{latitude} + 5^\circ$
31° a 40°	$\alpha = \text{latitude} + 10^\circ$
41° ou mais	$\alpha = \text{latitude} + 15^\circ$

Figura 7: Padronização dos ângulos recomendados para o posicionamento dos módulos solares

Fonte (Villalva, 2015).

3.2.2. Cálculos para dimensionamento da quantidade de painéis solares fotovoltaicos necessários para atender a demanda de energia elétrica da propriedade rural

3.2.2.1 Cálculo da eficiência do módulo fotovoltaico

Normalmente a eficiência do painel solar fotovoltaico é informada pelo fabricante na ficha técnica do produto. Levando em consideração que esta informação não seja informada é possível calcular a partir de suas características. Segundo Villalva (2015) encontra – se a eficiência do módulo pela equação 1:

$$\eta = \frac{P_{m\acute{a}x}}{A_p \times 1000} \quad (1)$$

η = Eficiência do módulo (%)

$P_{m\acute{a}x}$ = Potência máxima ou de pico do módulo (W)

A_p = área do módulo (m²)

Na fórmula apresentada o número 1000 corresponde à taxa de radiação solar padronizada de 1000 W/m².

3.2.2.2. Cálculo da energia produzida pelo módulo fotovoltaico

A partir do momento em que se conhece qual o módulo fotovoltaico, é possível calcular a quantidade de energia produzida pela placa solar fotovoltaica no local que possivelmente será instalado. Segundo Villalva (2015), a energia produzida pode obtida pela seguinte equação 2:

$$E_p = E_s \times A_m \times \eta \quad (2)$$

E_p : Energia produzida pelo módulo diariamente [kWh/dia]

E_s : irradiação global diária [kWh/m²/dia]

A_m : Área da superfície do módulo [m²]

η : Eficiência do módulo (%)

Para saber a quantidade de energia elétrica produzida mensalmente basta multiplicar por 30 o valor obtido diariamente.

3.2.2.3. Quantidade de módulos necessários

Obtidos os valores de energia produzidos por um módulo fotovoltaico e conhecendo a quantidade de energia elétrica que se deseja produzir mensalmente, tomando como base os dados fornecidos pela Copel, é possível determinar a quantidade de painéis solares fotovoltaicos necessários para a propriedade rural. Segundo Villalva (2015), o número de módulos necessários pode ser definido pela equação 3:

$$Np = \frac{Esistema}{Emódulo} \quad (3)$$

Np = Número de módulos da instalação fotovoltaica;

$Esistema$ = Energia produzida pelo sistema (kWh) no intervalo de tempo considerado;

$Emódulo$ = Energia produzida por um módulo (kWh) no mesmo intervalo de tempo.

O intervalo de tempo considerado para este estudo é mensal.

3.2.3 Inversos

Segundo Pinho; Galdino (2014) a equação 4, apresentada a seguir, possibilita a obtenção da quantidade de módulos fotovoltaicos por inversor, para que suporte a potência de pico dos strings.

$$Nm_{\max} = \frac{P_{inv}}{P_m} \quad (4)$$

$Nm_{\max}$ = número máximo de módulos;

P_{inv} = Potência do inversor;

P_m = Potência do módulo.

3.2.4. Análise da viabilidade da instalação do sistema solar fotovoltaico

Será calculado o tempo de retorno do investimento, utilizando “payback” simples que mostrará o tempo necessário para que o custo da instalação do sistema solar fotovoltaico se pague (CAMARGO; COSTA, 2017). “Payback” simples é definido pela equação 5:

$$Payback = \frac{\textit{investimento (R\$)}}{\textit{Energia gerada (kWh)} \times \textit{valorda tarifa}} \quad (5)$$

Depois de estimado o tempo de retorno do investimento, será averiguada a vida útil do sistema fotovoltaico na ficha técnica do fabricante, analisando a viabilidade do sistema fotovoltaico.

Outra forma que pode ser utilizada para o estudo de viabilidade é a rentabilidade. O cálculo mostra qual a taxa de retorno anual ao se investir em sistema solar fotovoltaico, utilizando dados da economia adquirida durante um ano e o custo do investimento do sistema solar fotovoltaico (KNAPP; VELHO, 2015). A rentabilidade é definida pela equação 6:

$$Rentabilidade = \frac{\textit{economia (R\$)}}{\textit{custo investimento (R\$)}} \quad (6)$$

A partir do cálculo da rentabilidade pode-se comparar tais dados ao desempenho de aplicações financeiras, como por exemplo, a poupança, Ibovespa entre outros, mostrando ao interessado se compensa o investimento no sistema solar fotovoltaico.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Resultados do dimensionamento do Sistema Solar Fotovoltaico para os três aviários

O painel solar fotovoltaico escolhido, Q CELLS, modelo Q.PEAK L-G5.0.G Q.ANTUM com especificações mecânicas do produto mostradas conforme catálogo apresentado na tabela abaixo:

Potência máxima (Pmax):	365 W
Formato:	1.960mm × 991mm × 35mm (incluindo estrutura)
Peso:	Peso 22,5kg ±5%
Cobertura:	Cobertura dianteira Vidro temperado de 3,2mm com
Tecnologia:	tecnologia contra reflexos
Cobertura:	Cobertura traseira Filme composto
Estrutura:	Estrutura Alumínio anodizado
Célula:	Célula 6 × 12 células solares Q.ANTUM monocristalinas
Caixa de derivação:	Caixa de derivação 66-77 × 90-115 × 15-20 mm
Classe de proteção:	Classe de proteção ≥IP67, com díodos de derivação
Cabo:	Cabo Cabo solar de 4

Tabela 3 - Especificações mecânicas do painel solar fotovoltaico escolhido (Fonte: Q CELLS, Q.PEAK L-G5.0.G Q.ANTUM, 2019).

Com os dados de irradiação solar 5,70 kWh/m²/dia, obteve-se o valor da energia produzida pelo módulo fotovoltaico, utilizando-se a equação 2, o qual irá produzir 2,08 kWh/dia, para a quantidade mensal produzida pelo mesmo foi multiplicado o valor por 30 dias, totalizando 62,44 kWh mensais.

Com o valor da energia elétrica produzida diariamente por um painel solar fotovoltaico e tendo o conhecimento da necessidade mensal da produção de energia elétrica

de 9.875 kWh, utilizando a equação 3, encontra-se a quantidade de 159 módulos solares fotovoltaicos.

Considerando a padronização do ângulo recomendado por Villalva (2015), mostrado na figura 4, com a latitude geográfica do local de 24°50'46.2"S. O ângulo da instalação dos painéis solares fotovoltaicos é de 29°.

A escolha do inversor ocorreu considerando-se a quantidade de módulos fotovoltaicos e a potência máxima gerada. O modelo escolhido foi o Renovigi Inversor Trifásico RENO-60k, que pode ser instalado a uma potência máxima de 72 kWp.

4.2. Custos para aquisição e instalação do sistema solar fotovoltaico

O custo total do sistema solar fotovoltaico para que supra a necessidade de energia elétrica para os três aviários é de R\$ 199.344,00, como pode ser analisado na tabela abaixo:

Módulos fotovoltaicos	R\$ 141.510,00
Inversor	R\$ 30.000,00
40 estruturas de fixação	R\$ 16.704,00
Mão de obra para instalação	R\$ 11.130,00
Total	R\$ 199.344,00

Tabela 4 – Orçamento do custo para aquisição do sistema solar fotovoltaico (Fonte: Adaptado AUTOR, 2019).

Não foi considerado o custo de manutenção para limpar os módulos, devido ao motivo que o proprietário conta com colaboradores para exercer a determinada função. O custo para instalação do sistema solar fotovoltaico é de R\$ 70,00 por placa solar fotovoltaica, estando incluso no valor as instalações dos demais equipamentos.

4.3. Capacidade de geração do sistema solar fotovoltaico proposto

O sistema irá produzir anualmente 119.135,52 kWh, obtendo uma média mensal de 9.927,96 kWh, desconsiderando a perda de rendimento dos painéis solares fotovoltaicos. Atendendo a necessidade da propriedade rural.

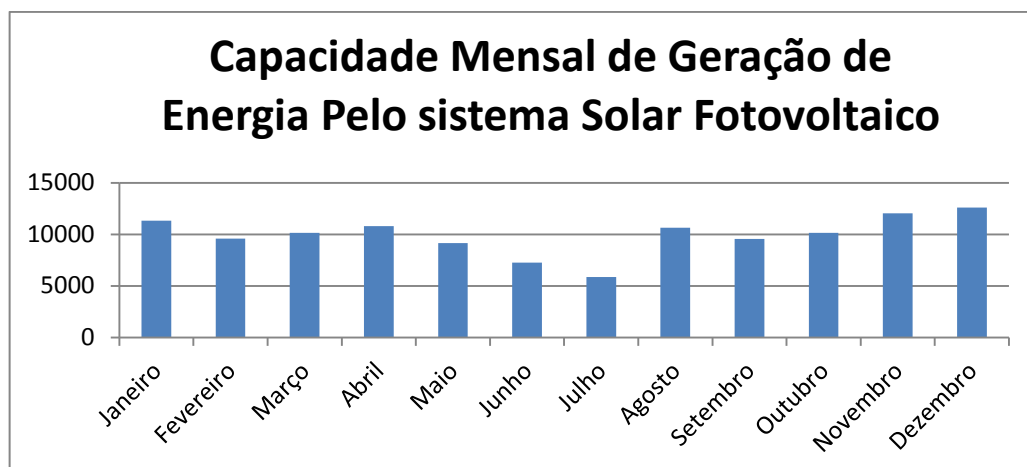


Gráfico 2 – Gráfico da capacidade de geração de energia em kWh por mês pelo sistema solar fotovoltaico proposto (Fonte: AUTOR, 2019).

4.4. Análise da viabilidade da instalação do sistema solar fotovoltaico

O inversor tem uma garantia de 12 anos e as placas fotovoltaicas solares tem uma vida útil de 25 anos, conforme fabricantes de ambos. Para o cálculo de viabilidade é necessário considerar duas trocas de inversores durante o período de tempo da vida útil do sistema solar fotovoltaico. Totalizando um investimento de R\$ 259.344,00. O custo para aquisição do inversor no 12º e 24º ano foi considerado o mesmo do valor atual.

O tempo necessário para o retorno do investimento é de 5 anos, calculado por *payback* simples, com um saldo positivo de R\$ 11.871,73. No total dos 25 anos o sistema irá economizar R\$ 733.414,03 e irá gerar 2.683.129,82 kWh. A tabela abaixo apresenta o estudo de *payback* simples para a propriedade rural estudada, estando descontados R\$ 30.000,00 no 12º e 24º ano, totalizando os R\$ 259.344,00 do investimento:

Ano	Rendimento dos painéis Solares Fotovoltaicos	Geração anual de energia (kWh/ano) com perda do rendimento dos painéis	Economia gerada R\$	Retorno do investimento
0	100%	0	0	-199.344,00
1	97%	115600,8	42772,29	-156.571,71
2	96,4%	114885,7	42507,72	-114.063,99
3	95,8%	114170,7	42243,15	-71.820,85
4	95,2%	113455,6	41978,58	-29.842,27
5	94,6%	112740,6	41714,00	11.871,73
6	94,0%	112025,5	41449,43	53.321,16

7	93,4%	111310,4	41184,86	94.506,03
8	92,8%	110595,4	40920,29	135.426,32
9	92,2%	109880,3	40655,72	176.082,04
10	92%	109642,0	40567,53	216.649,57
11	91,4%	108926,9	40302,96	256.952,53
12	90,8%	108211,9	40038,39	266.990,92
13	90,2%	107496,8	39773,82	306.764,74
14	89,6%	106781,7	39509,25	346.273,99
15	89,0%	106066,7	39244,68	385.518,66
16	88,4%	105351,6	38980,11	424.498,77
17	87,8%	104636,6	38715,53	463.214,30
18	87,2%	103921,5	38450,96	501.665,27
19	86,6%	103206,5	38186,39	539.851,66
20	86,0%	102491,4	37921,82	577.773,48
21	85,4%	101776,4	37657,25	615.430,73
22	84,8%	101061,3	37392,68	652.823,41
23	84,2%	100346,2	37128,11	689.951,52
24	83,6%	99631,19	36863,54	696.815,06
25	83,0%	98916,13	36598,97	733.414,03

Tabela 5 – Tempo para retorno do investimento e capacidade de geração de energia por ano do sistema solar fotovoltaico (Fonte: AUTOR, 2019).

Aplicando a equação 6, a rentabilidade no período dos 25 anos foi de 282,79% e 11,33% ao ano.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os dados levantados o sistema solar fotovoltaico terá uma potência de 58,03 kWp e será capaz de suprir o consumo anual de energia elétrica da propriedade rural, produzindo 9.927,96 kWh ao mês.

O custo para instalação do sistema será de R\$ 199.344,00. O inversor tem vida útil de 12 anos precisando ser trocado duas vezes em relação ao período de 25 anos de vida útil dos módulos fotovoltaicos, aumentando assim, o custo total, do sistema que chegará aos R\$ 259.344,00 durante o período estimado de funcionamento.

O retorno do investimento ocorrerá em 7 anos, com uma taxa de rentabilidade de 11,31% ao mês e 282,79% nos 25 anos de uso do sistema. Comparando com a rentabilidade do investimento de uma produção avícola que gera 11,11% ao ano para produções contendo parceria e 10,92% para a atividade independente (KRUGER, PEROSSO, 2017), mostra-se muito parecido o lucro do investimento do sistema fotovoltaico, dando uma diferença de 0,20% a avicultura cooperada e 0,39% autônoma. A partir do investimento do aumento da produção avícola tem-se a vantagem de o capital investido não se perder, podendo ser resgato sem a reposição de frangos e venda de aviários.

Sendo assim, a adesão ao sistema solar fotovoltaico mostra-se atrativa ao produtor rural, além de ficar nítido o retorno lucrativo estimado e o fato de que se trata de uma alternativa de geração de energia elétrica ecologicamente correta por produzir energia limpa e renovável, sem a utilização de energias esgotáveis e que promovem degradação do meio ambiente, o que contribui para a ampliação da produção de energia elétrica no território brasileiro o que constitui grande preocupação e desafio para o futuro.

6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Viabilidade da utilização de energia eólica na propriedade rural;
- Viabilidade da utilização de energia solar fotovoltaica comparando com o investimento agropecuário;
- Viabilidade da utilização de energia solar fotovoltaica x biogás.

REFERÊNCIAS

ABSOLAR. **A energia que cresce**, 2017.

ABSOLAR 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL - **Resolução Normativa Nº 482**, de 17 de abril de 2012.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Atlas de energia elétrica do Brasil. **Brasília: ANEEL**, 2008. 236p.

BERTIN, A. J. DE O. **Análise de Geração Distribuída de Eletricidade com Tecnologia Heliotérmica em Usina Sucroalcooleira como vetot de Economia de Bagaço de Cana-de-açúcar**. [s.l.] USP - Universidade de São Paulo, 2017.

CAMARGO, M. P. DE; COSTA, C. R. Viabilidade econômica do cultivo de videira.

Niágara Rosada. **Revista iPecege**, v. 3, n. 2, p. 52, 2017.

CENTRO DE PESQUISA DE ENERGIA ELÉTRICA. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: CEPEL - CRESESB, 2014. 530 p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB - **Estudo na Conab mostra o que mais pessoas no custo de produção de arroz**, 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA - **Soja em números** (2017/2018), 2018.

ESPOSITO, A. S.; FUCHS, P. G. **Desenvolvimento tecnológico e inserção da energia solar no Brasil**. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, n. 40, p. 85-113, dez. 2013.

GALLINA, A. L. **Uma alternativa sustentável para a produção de biodiesel *Cyperus esculentus***. 2011. Dissertação (Mestrado em Bioenergia) – Universidade do Centro Oeste, Guarapuava.

GALLO, B. B. Dark House: manejo x desempenho frente ao sistema tradicional. In: SIMPÓSIO BRASIL SUL DE AVICULTURA, 10, 2009, Chapecó, SC. Anais do X Simpósio Brasil Sul de Avicultura e I Brasil Sul Poultry Fair. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2009, 140p.

<https://www.aviculturaindustrial.com.br/imprensa/as-cidades-brasileiras-com-o-maior-numero-de-aves/20190925-114955-N622>.

IBGE. Indicadores da Produção Pecuária. 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. São José dos Campos: INPE, 2017. 79 p.

IEA - International Energy Agency. World Energy Outlook. Paris: IEA, 2016.

LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 5ª Ed. – São Paulo, Atlas, 2003.

LUCILENE TERESA KNAPP; CASSIANE OLIVEIRA VELHO - análise de rentabilidade de empresas listadas no novo mercado de governança corporativa da bm&f Bovespa, 2015.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Projeções do Agronegócio 2017/2018 – 2027-2028**, 2018.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Energia solar fotovoltaica cresceu quase 30% no mundo em 2014**, 2015.

NADIR, I.; VILELA, R.; PERES, E. Análise Do Mercado Potencial Da Geração Distribuída Fotovoltaica No Brasil. p. 1-6, 2016.

NETO, A. O. **Análise do impacto da geração distribuída em um sistema de distribuição. Estudo de caso: Alimentador do setor de embaixadas sul, Brasília - DF**. 2016. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia de Energia, Universidade de Brasília, Brasília.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. **MANUAL DE ENGENHARIA PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS**. 2. ed. Rio de Janeiro: [s.n.].

REISSER JUNIOR, AZEVEDO, AZEVEDO, R. M. de; BOHMER, C., **Energia solar é aliada da horticultura**, 2017.

Revista Cadernos de Economia, Chapecó, v. 21, n. 37, p. 63-86, 2017.

SILVEIRA, M. F. da. **Análise do impacto da geração distribuída sobre a rede elétrica de distribuição devido à utilização de geradores fotovoltaicos**. 2013. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo.

URBANETZ JUNIOR, J. **Sistemas fotovoltaicos conectados a redes de distribuição urbanas: sua influência na qualidade da energia elétrica e análise dos parâmetros que possam afetar a conectividade**. 2010. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

VILLALVA, M. G. **Energia solar Fotovoltaica – Conceitos e Aplicações**, 2ª. Ed, 2015.

ANEXO 1 – Catálogo Módulo Solar Fotovoltaico

powered by
Q.ANTUM



Q.PEAK L-G5.O.G 355-370

MÓDULO SOLAR Q.ANTUM

O módulo solar Q.PEAK L-G5.O.G Q.ANTUM com classes de potência até 370Wp é o módulo mais poderoso da sua categoria no mercado global. Alimentado por 72 células solares Q.ANTUM, o Q.PEAK L-G5.O.G foi especialmente concebido para grandes centrais de energia solar, de modo a reduzir os custos do sistema de equilíbrio. Apenas a Q CELLS oferece a qualidade da engenharia alemã com a nossa segurança de rendimento exclusiva Q CELLS.



CUSTOS DE PRODUÇÃO BAIXA DE ELETRICIDADE
Maior rendimento por área e menores custos de sistema de equilíbrio graças a classes de potência superiores e uma taxa de eficiência de até 19,3%.



TECNOLOGIA INOVADORA DE RESISTÊNCIA A TODAS AS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS
Rendimentos ideais, independentemente das condições climáticas, com excelente comportamento em luminosidade e temperaturas reduzidas.



ELEVADO DESEMPENHO RESISTENTE
Segurança de rendimento em longo prazo com tecnologia Anti LID, tecnologia Anti PID, Hot-Spot Protect e Traceable Quality Tra.Q™.



CLASSIFICAÇÃO PARA CONDIÇÕES CLIMÁTICAS EXTREMAS
Estrutura em liga de alumínio de tecnologia de ponte, certificada para elevadas cargas de neve (5.400 Pa) e vento (2.400 Pa).



UM INVESTIMENTO CONFIÁVEL
Incluindo uma garantia de 12 anos sobre o produto e uma garantia de desempenho linear de 25 anos¹.







¹ Consultar ficha de dados na parte traseira para obter mais informações.

A SOLUÇÃO IDEAL PARA:



Centrais de energia solar instaladas no solo

Engineered in Germany

Q CELLS

