

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE GOIÁS Uni-ANHANGUERA  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**ENERGIA SOLAR: VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA  
PRODUÇÃO E USO EM UMA INDÚSTRIA TÊXTIL**

**MÁRCIO AURELIO QUINAN  
VANDERLI BORGES PINHEIRO**

GOIÂNIA  
Novembro/2019

**MÁRCIO AURELIO QUINAN  
VANDERLI BORGES PINHEIRO**

**ENERGIA SOLAR: VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA  
PRODUÇÃO E USO EM UMA INDÚSTRIA TÊXTIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro Universitário de Goiás Uni-ANHANGUERA, sob orientação do Professor Especialista Elias Anacleto de Tolêdo Júnior, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharelado em Engenharia Civil.

GOIÂNIA  
Novembro/2019

**MÁRCIO AURELIO QUINAN  
VANDERLI BORGES PINHEIRO**

**ENERGIA SOLAR: VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA  
PRODUÇÃO E USO EM UMA INDÚSTRIA TÊXTIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca examinadora como requisito parcial para obtenção do Bacharelado em Engenharia Civil do Centro Universitário de Goiás - Uni-ANHANGUERA, defendido e aprovado em 22 de novembro de 2019 pela banca examinadora constituída por:

---

Prof. Especialista. Elias Anacleto de Tolêdo Júnior

Orientador

---

Prof(a). Especialista. Helena Bernardes Cortez

Membro

---

Prof(a). MA. Kelen Cristiane Noleto da Costa

Membro

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por ter nos abençoado e capacitado em cada etapa do curso. Aos nossos pais, e familiares por todo o apoio, paciência e compreensão ao longo de todo o percurso acadêmico. Obrigada por ser exemplo de amor, dedicação, educação em nossas vidas. Ao Professor Elias Anacleto de Toledo Junior, nosso orientador, agradeço pela paciência, pela disponibilidade em nos orientarmos e pelos conhecimentos transmitidos, que foram fundamentais para o desenvolvimento do nosso TFC. A Uni-Anhanguera pela oportunidade de alcançar nossos objetivos. Aos nossos colegas e professores do curso. Obrigado pela amizade, disponibilidade, acolhimento, que nos ajudou na realização deste sonho. A coordenação do Curso muito obrigado.

## RESUMO

A autossuficiência energética tem um grande potencial de crescimento no futuro bem próximo, sendo uma ótima alternativa para a implementação de novas tecnologias de geração energética própria. O Brasil apresenta elevados valores de irradiação solar sendo bem distribuída por todo o país. E com a queda nos preços dos materiais fotovoltaicos em conjunto com a grande disponibilidade de incidência solar, acaba tornando esta fonte de energia uma alternativa atraente. Sendo a instalação bastante simples e rápida com praticamente zero de impacto ambiental, a produção de energia está disponível imediatamente após a instalação e o retorno financeiro do investimento é feito em alguns anos, após isso pode-se ter uma fonte de renda. O resultado apresentou as condições necessárias para o dimensionamento do projeto de sistema fotovoltaico que atenda as normas em vigor. Foi apresentada também a viabilidade técnica e econômica, bem como indicadores financeiros apropriados comparando com outros tipos de investimento, apurando como resultado que o investimento em usina solar é viável. A indústria com o sistema solar instalado vai ter uma economia de R\$1.200.000,00 ao longo de 25 anos, de acordo com as condições do governo atual.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sistemas Fotovoltaicos. Usina Solar. Fonte de Energia.  
Autossuficiência energética.

## 1 INTRODUÇÃO

É correto que o consumo mundial de energia tem tendência a elevar com o passar dos anos. Esse aumento no consumo deve-se a um bom desenvolvimento nos continentes como a Ásia, América do Sul e África e da mesma forma a um provável aumento da população mundial. Grande parte dessa energia abastecida é gerada por usinas hidrelétricas e termoelétricas, ainda que sejam limitadas são consideradas nocivas ao meio ambiente (SILVA, 2009).

Com o advento da revolução industrial houve um aumento da demanda por energia. Para atender essa demanda se intensificou a geração de eletricidade de formas não renováveis, o que ocasionou a intensificação do efeito estufa e a diminuição dos recursos naturais com o passar dos anos. Acredita-se que com mudanças ainda há condições de salvar o mundo, utilizando outras fontes renováveis de energia. Uma das alternativas é a energia solar, sendo uma fonte sustentável e limpa, ao contrário das outras fontes que são retiradas da natureza de forma degradante (LURYAN; AFONSO; ERICSON, 2015).

Segundo Canestraro (2010), o consumo de energia mundial atualmente é em média 13 terawatts de potência. Em 2050 considerando o grande crescimento da população mundial, o avanço crescente da ciência e tecnologia, e a melhoria na qualidade de vida espera-se que este consumo aumente para 30 terawatts. Em importância, a queima de combustíveis fósseis para a produção de energia ocorrerá um fator de maior preocupação em relação à poluição, resultando em problemas ambientais prejudiciais ao planeta.

A necessidade e esforço para desenvolver um mundo mais sustentável é uma preocupação que vem crescendo com o passar dos anos, tanto na sociedade como nas instituições governamentais. A elaboração de políticas públicas direcionadas à renovação de áreas como energia e transporte é importante, mas também é integrada pelo esforço e compreensão deste ponto de vista por parte da sociedade. O conceito de uma sociedade sustentável está crescendo e se propagando rapidamente com o passar dos anos, sendo cada vez mais discutido e enfatizado em encontros internacionais, com propósito de Desenvolvimento Sustentável da Organização das Nações Unidas nesta década (ONU, 2015).

A Terra possui uma variedade de fontes de energia renováveis como biomassa, eólica, geotérmica, hídrica, hidrogênio, ondas, maré e solar, que além da variedade não apresentam impactos prejudiciais expressivo ao planeta. Dentre estas variadas fontes de energia destacam-se a solar, por ser uma fonte renovável gratuita e abundante. Entretanto, se

diferencia como uma das mais rentáveis para geração de eletricidade que abastece o planeta (SILVA, 2009).

Quando as unidades geradoras descentralizadas são conectadas à rede, os benefícios podem ser superiores, se comparados com o sistema usual. Este modelo de sistema possibilita menores perdas na distribuição de energia da rede convencional, alivia as grandes unidades produtoras através da disponibilidade de energia solar e pode reduzir preços de energia convencional em horas de pico (se haver um sistema de armazenamento de energia). Unidades consumidoras com grande demanda podem além de suprir sua necessidade durante o dia, como auxiliar no abastecimento da rede convencional. Para que os ganhos se consolidem, são necessárias regulamentações governamentais que autorizem as trocas positivas entre pequenas unidades geradoras e órgãos fornecedores de energia convencional (VAHL; RÜTHER; CASAROTTO FILHO, 2013).

O Brasil é um país favorecido no âmbito da energia fotovoltaica no qual representa elevados níveis de radiação solar. No entanto, em nosso país ainda há uma escassez de investimentos e incentivos governamentais, na intensificação do mercado de energia solar. Segundo Vasconcelos (2013), a produção de energia solar, cresce a um ritmo acelerado, em torno de 50 % por ano, mas sua participação na matriz energética ainda é muito pequena com cerca de 1 %, no Brasil representa 0,01 % do total no mundo (MACHADO & MIRANDA, 2014).

Atualmente o método de conversão de energia solar em energia elétrica, é feito através de células fotovoltaicas, produzidas principalmente de silício com alto grau de pureza. No entanto, a limpeza da matéria-prima para a fabricação de tais células requer o uso de tecnologia avançada, além do consumo elevado de energia (MARTINS *et al.*, 2013). Tais fatores são utilizados para a produção de células a base de silício, que favorecem a elevação do valor do produto final, além de oferecer prejuízos ao meio ambiente devido à grande energia necessária para sua fabricação e por utilizar material inorgânico, (silício).

Atualmente já existem alguns trabalhos que simulam a rentabilidade financeira de diferentes tipos de sistemas fotovoltaicos. Lacchini e Rüter (2015) avaliaram a rentabilidade dos sistemas fotovoltaicos em diferentes regiões do Brasil. Miranda (2014) avaliou a influência do tamanho do sistema em sua rentabilidade, enquanto outros estudos avaliaram outras características diversas. No entanto, a maioria destes estudos estima a produção de um sistema fotovoltaico modelado por um software, e com tal estimativa, analisa a viabilidade

econômica do sistema, calculando o valor presente líquido e taxa interna de retorno do sistema a ser instalado.

A metodologia desta pesquisa é o comparativo da viabilidade técnica e econômica da produção e uso em uma indústria têxtil do consumo de energia elétrica da concessionária e a produção de energia solar fotovoltaica, levantamento de eficiência energética, custo benefício, investimento e retorno para a implantação do sistema, dimensionamento do sistema com capacidade para atender a demanda da indústria, estudo do local de instalações dos painéis e componentes para melhor aproveitamento solar. Este trabalho tem como objetivo apresentar os custos de implantação do sistema bem como descrever as especificações técnicas dos materiais, destacar os pontos positivos e negativos, analisar a importância da energia solar como fonte renovável, ressaltar o potencial de crescimento da energia solar e como funcionam os créditos obtidos com o excedente de produção.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Os materiais e os métodos de execução incluíram o estudo de medidas de eficiência energética realizada por profissional com conhecimento técnico de acordo com as normas de regulamentação. Foi apresentado um plano de eficiência energética do uso de energia na indústria localizada no pólo industrial em Inhumas-GO, juntamente com a realização da geração de energia fotovoltaica, que determina o custo-benefício alcançado com o sistema fotovoltaico, o investimento necessário, a quantidade de tempo necessário para obter o retorno financeiro com a instalação do sistema de geração de energia solar e como funcionam os créditos obtidos com o excedente da produção de energia elétrica inserida na rede através do sistema fotovoltaico.

Para obter o consumo mensal médio para o dimensionamento fotovoltaico foi verificado as contas e o consumo de energia elétrica da indústria em Inhumas-GO no período de 12 meses, para dimensionar um sistema fotovoltaico que visa suprir a demanda de energia elétrica consumida. Realizou o estudo da área disponível para implantação do sistema, esta informação é de extrema importância, para determinar o número de painéis que o sistema necessita.

A instalação do sistema de geração de energia solar foi realizada em 2018 na indústria localizada em Inhumas-Go, o projeto levou em consideração a sua localização, o recurso solar disponível onde a temperatura durante o ano varia de 16 a 32 °C, a inclinação em um ângulo ideal do telhado da edificação, a trajetória de nascer e pôr do sol nas diferentes épocas do ano e assim definir a posição de instalação para melhor aproveitamento solar e evitar sombreamento nos painéis durante todo o período do dia. Este método é aplicado tanto para construções residências, indústrias ou edifícios.

O kit de energia solar para instalação em indústria tem todos os equipamentos necessários para montar um sistema de geração de energia solar para uma indústria conectada na rede elétrica da concessionária, ou seja, é um kit solar completo com painéis fotovoltaicos (painel solar), inversor solar, estrutura de fixação, cabeamento especial para corrente contínua e conectores especiais.

O kit de é composto de 96 painéis solar fotovoltaica marca CANADIUN SOLAR, policristalinos de 72 células com capacidade de produção de 315 a 330 (picos) e performance de captação de radiação solar de 96% representado na figura 1 na indústria em Inhumas-GO.



Figura 1 – Imagem do sistema fotovoltaico da indústria em Inhumas-Go

Inversor solar marca Fronius Symo com potência de 8,0 a 13,0 KWp utilizada na indústria para conversão de corrente de energia contínua para alternada conforme figura 2.



Figura 2: Modelo Inversor Fronius Symo  
Fonte: Fronius 2019

Estrutura em aço galvanizado e perfis em alumínio para instalação dos painéis, cabeamentos e conectores especiais específicos para uso em corrente contínua representados conforme figuras 3.

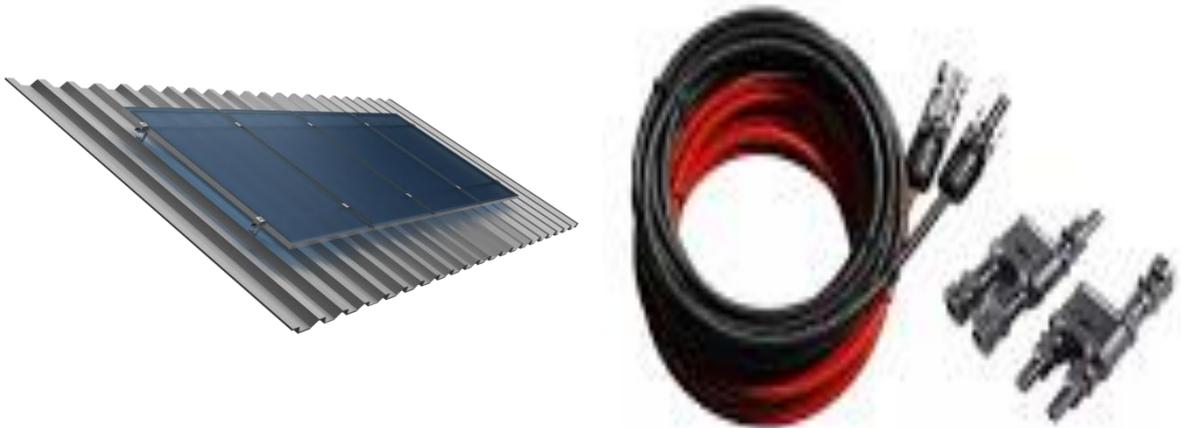


Figura 3: Suportes para Painel Solar em Telha Ondulada, Cabos e Conectores especiais  
Fonte: Romagnole 2019

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com os resultados obtidos foi constatada a eficiência da usina de energia solar na indústria têxtil, logo após a instalação do sistema já foi possível observar os dados da produção de energia, conforme mostra a Figura 5 e Figura 6. Sendo que deve ser salientado que o financiamento feito para compra do sistema e sua instalação foi aprovado primeiro somente a compra de metade dos painéis solares, assim foram instalados metade do sistema e somente após 3 meses que o sistema foi instalado por completo.

O sistema estudado possui 96 painéis solares que produzem mensalmente uma média de 2,250 Mwh de energia. O suficiente para que ele possa suprir a demanda total da indústria e com o excedente de energia produzida é utilizada para abater na conta de energia da sua casa, o valor de aproximadamente mil reais mensal, conforme mostra a Figura 4. Observando que para a autoprodução de energia solar é necessário que a pessoa pague a taxa mínima da conta de energia, correspondente ao serviço do concessionário de deixar disponível a energia a disposição do morador.

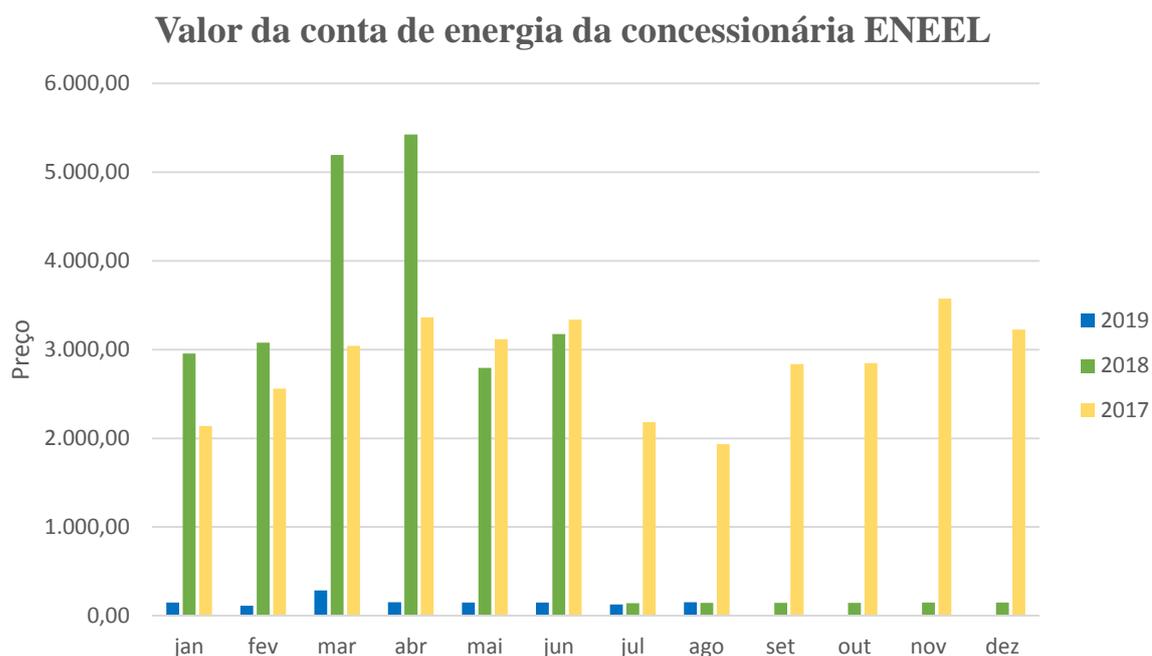


Figura 4 – Valor da Conta de Energia

As Figuras mostram o valor da conta de energia e a quantidade de energia fotovoltaica produzida em um período de 2 anos anterior a instalação da usina solar e no período de 8 meses após a instalação do sistema.

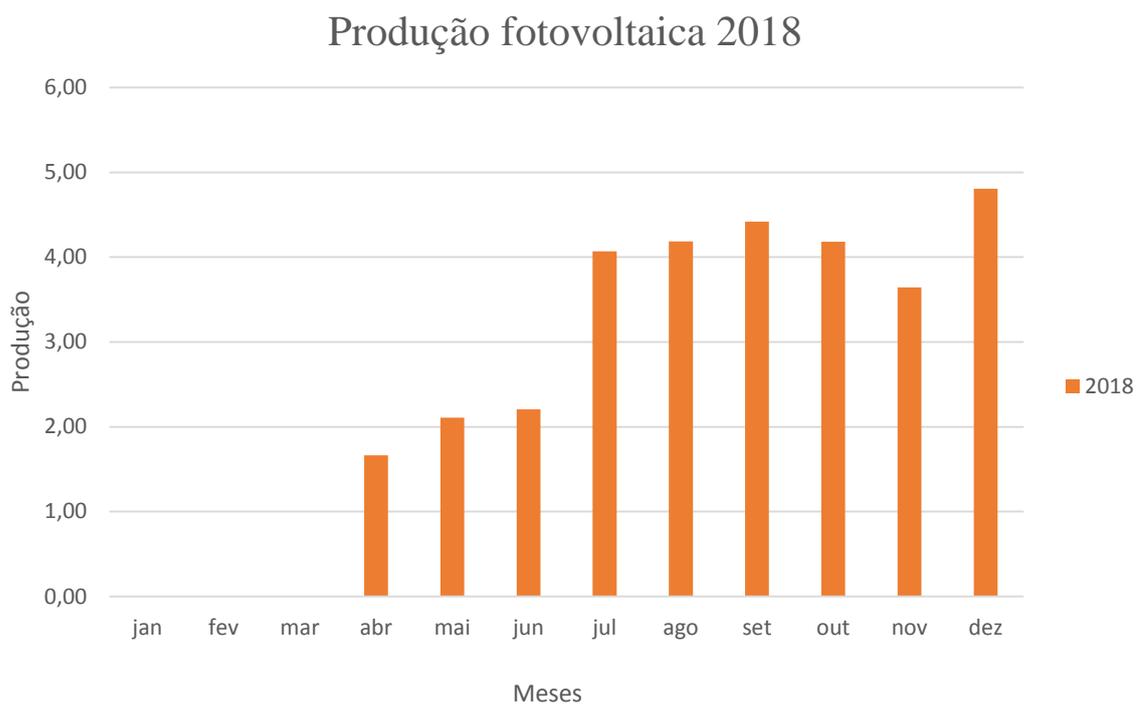


Figura 5 – Produção fotovoltaica em 2018

A Figura a seguir não possui os dados posterior ao mês de maio devido a empresa que instalou o sistema ter acesso a somente 1 ano após a instalação para monitorar se não possui nenhum erro na produção.

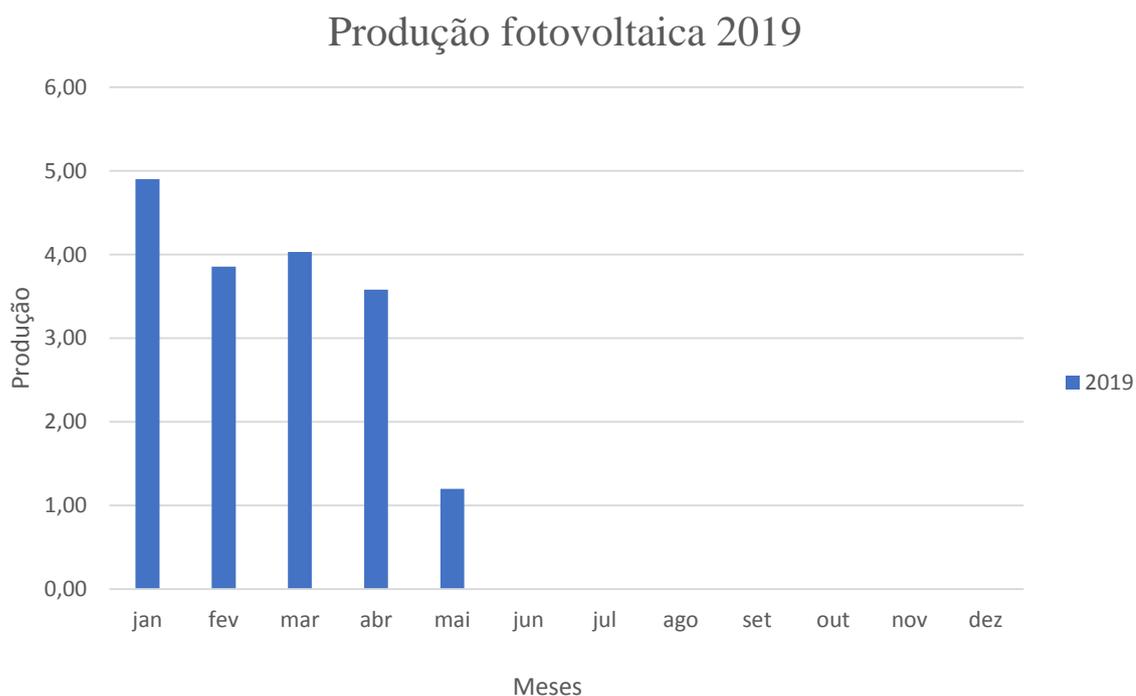


Figura 6 – Produção fotovoltaica em 2019

## Bloqueio da Tarifa Solar

A tarifa média nominal de energia elétrica sofreu um aumento de 230% nos últimos 18 anos. E um aumento de 189% do índice de preços ao consumidor amplo, representando a inflação. Com a instalação da energia solar o consumidor “trava” o seu custo de energia pelos próximos 25 anos, deixando de estar sujeito à inflação energética, conforme mostra a Figura 7. A tarifa solar é calculada com base no valor do sistema, dividido por sua vida útil.

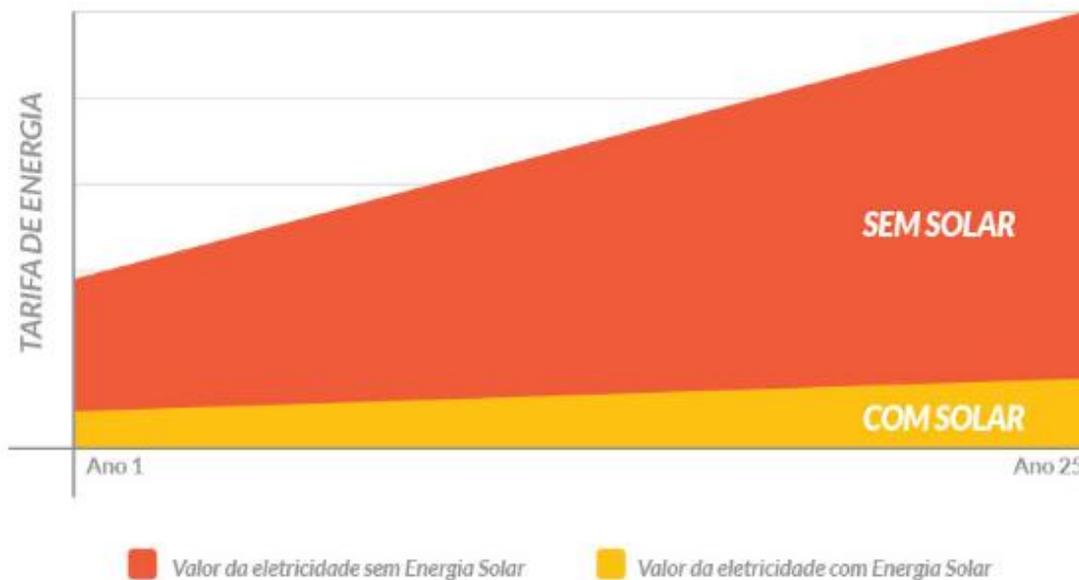


Figura 7 – Comparação da tarifa da energia.

Fonte: BlueSol Energia solar, 2019

## Investimento na Energia Solar

Analisando a energia solar ao longo de 25 anos, economizaríamos R\$1.200.000,00, superior a 30% a.a, de acordo com as condições do governo atual, conforme mostra a Figura 8. Realizando a comparação do valor investido na instalação com outras formas de investimentos como poupança no ano de 2016 obtemos os seguintes resultados:

- Caderneta de Poupança (8,3%): R\$ 13.280,00
- NTN F – Notas do Tesouro Nacional, série F (9,66%): R\$ 15.456,00
- LTN – Letra do Tesouro Nacional (10,17%): R\$ 16.272,00
- NTN B – Notas do Tesouro Nacional, série B (11,55%): R\$ 18.480,00
- Sistema fotovoltaico (economia anual aproximada de 30%\*): R\$ 48.000,00

A Figura 8 representa o gráfico relacionando o retorno financeiro da implementação do sistema solar ao longo de 25 anos. A cada ano o retorno financeiro é de R\$48.000,00, sendo que os primeiros 4 anos é o tempo necessário para pagar o sistema.

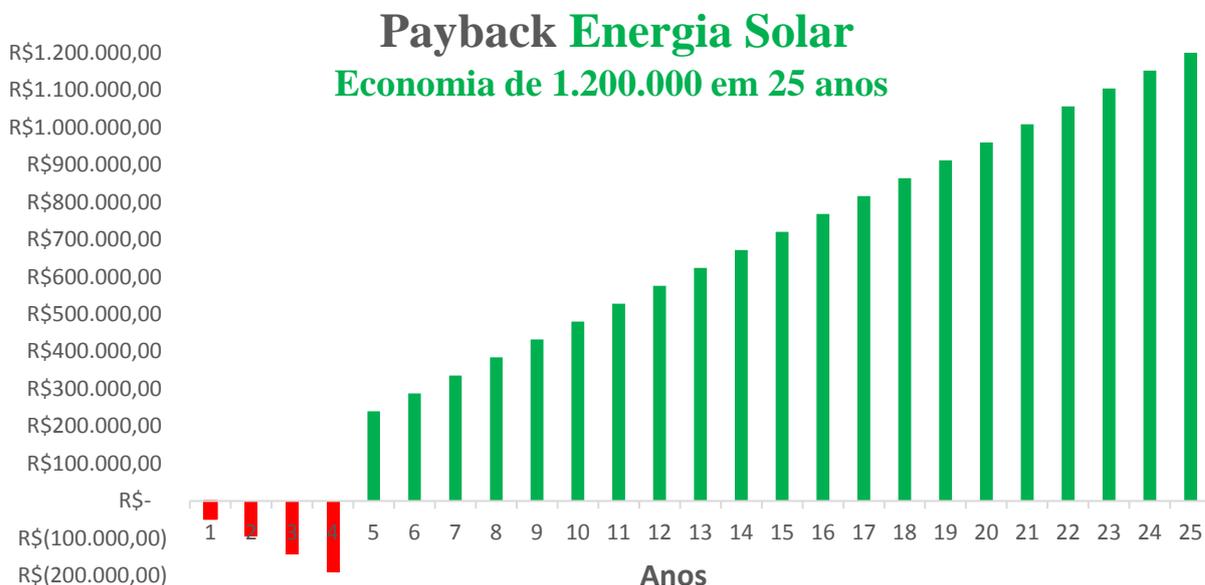


Figura 8 – Retorno Financeiro da Energia Solar

### Aumento da temperatura

Ao contrário do esperado com o aumento da temperatura ambiente a eficiência dos painéis solares diminui. Isso ocorre devido a dissipação de calor pelo aumento da temperatura e a diminuição da capacidade de trabalho, a eficiência máxima do sistema ocorre quando o tempo está nublado e com mormaço.

### Sombreamentos nos Módulos Fotovoltaicos

Quando os módulos estiverem parcialmente sombreados eles passarão a receber menor quantidade de irradiação solar assim ocorre uma queda nas voltagens consumindo potência ao invés de gerar, conforme mostra a Figura 9. Diminuindo o rendimento do sistema, podendo vir até a danificar as células fotovoltaicas devido ao aumento da corrente elétrica passando pela mesma, aumentando assim sua temperatura, problema conhecido como *hotspot*.

A Figura 9 a seguir representa a relação entre a potência e tensão nos módulos fotovoltaicos quando estão submetidos a sombreamento e também parcialmente sombreados.

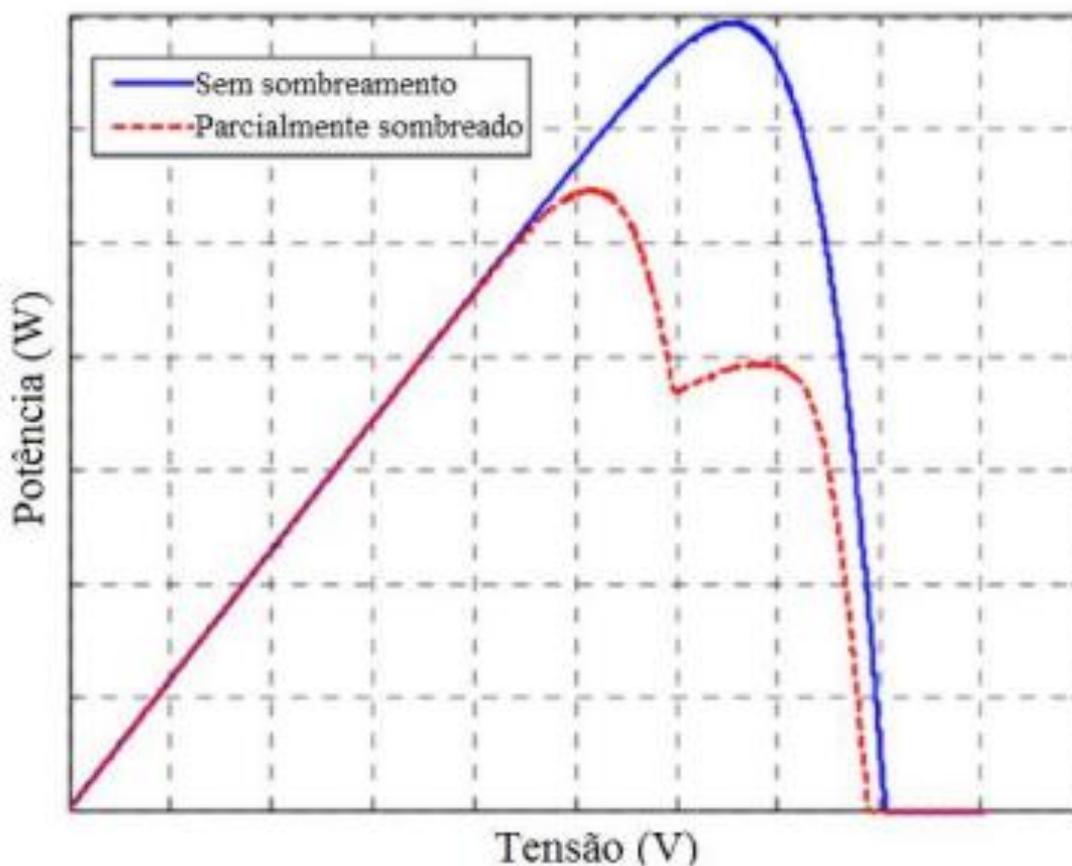


Figura 9 – Relação entre potência e tensão  
 Fonte: Kandemir (2017)

### **Inclinação dos Módulos Fotovoltaicos**

A posição ideal para a montagem dos painéis fotovoltaicos no Brasil é voltada para o Norte, devido ao país ter uma posição privilegiada em relação ao Sol. É ideal o sistema fotovoltaico ter um grau de inclinação menor que o da Latitude do local instalado que é de 16°, e na indústria em Inhumas-GO, os painéis estão instalados com uma inclinação de aproximadamente 15° o que é favorável para absorver a maior incidência dos raios solares.

### **Inversor com sistema de potência em serie**

Sistemas fotovoltaicos em que o inversor não possui o sistema de rastreamento de máxima potência ocorrem que os painéis solares trabalham de forma iguais com a mesma potência. Por exemplo, caso um dos módulos tenha a interferência de uma sombra, todos os outros trabalharão como se estivessem sofrendo a mesma interferência.

#### **4 CONCLUSÃO**

Este trabalho destaca a metodologia de estudo relacionada à viabilidade econômica, a fim de suprir o consumo de energia elétrica da indústria através da geração de energia solar fotovoltaica. Novos estudos que se renovem com o passar do tempo, dado que a legislação e a política relacionadas aos preços dos sistemas fotovoltaicos sofrem grandes mudanças ano a ano. Felizmente, o cenário dos últimos cinco anos indica variações positivas, com uma maior concessão para instalação de sistemas de grande demanda e queda no preço dos módulos fotovoltaico, o que podemos ter uma expectativa de crescimento significativa nos próximos anos.

Em relação à indústria têxtil, após o estudo da utilização de energia, concluiu-se que é viável instalar módulos para atender toda demanda anual do consumo de eletricidade na indústria. Sobrando ainda uma margem em relação ao consumo anual para ser atendido pela rede de grande demanda no local, considerando valores projetados para 2018. Com esta margem, mesmo em caso de aumento elevado do consumo, o resultado de um verão com temperatura maior e um período mais longo, ainda sim seria possível ter uma produção autossuficiente de energia elétrica, combinada a um modelo conectado à rede. O estudo constatou que não é necessária uma grande área de geração de energia para atender a grandes demandas urbanas, e serve para comprovar que é possível realizar uma grande redução de custos na conta de luz somente utilizando os espaços já existentes.

As vantagens apresentadas neste projeto vão além das vantagens na área econômica, demonstrados através de um ótimo tempo de retorno de aproximadamente quatro anos. A indústria com o sistema solar instalado terá uma economia de R\$1.200.000,00 ao longo de 25 anos de acordo com as condições do governo atual, sendo que esse é o tempo mínimo de vida útil podendo se prolongar por mais tempo.

## REFERÊNCIAS

- BLUESOL. **Bluesol Energia Solar**. Disponível em: <<https://bluesol.com.br/simulador-solar-resultado/>>. Acesso em: 25 out. 2019.
- CANADIAN SOLAR INC. **Painéis Solares Fotovoltaico**. Disponível em: <<https://www.canadiansolar.com/solarPanels/detail/31>> Acesso: 30 Set. 2019.
- CANESTRARO, D. C. *Dispositivo Fotovoltaicos Orgânicos: Estudo de Camadas Ativas e Eletrodos*. 2010. 193 p. Tese - Engenharia e Ciência dos Materiais, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2010. Acesso em: 15 de mai. 2019.
- COIMBRA, Leila. **Energia Elétrica Subiu**. Disponível em: <<http://www.agenciainfra.com/blog/energia-eletrica-subiu-230-em-18-anos-enquanto-inflacao-foi-de-189-diz-aneel/>>. Acesso em: 25 out. 2019.
- DOMINGUES, S. H. **Filmes Finos, Transparentes e Condutores Baseados em Grafeno**. Curitiba, 2013. 119 p. Tese – Pós-graduação em Química, Universidade Federal do Paraná. Acesso em: 25 out. 2019.
- FACILITA. **Energia solar fotovoltaica x poupança**. Disponível em: <<https://facilita.eng.br/energia-solar-fotovoltaica-x-poupanca/>>. Acesso em: 25 out. 2019.
- FRONIUS. **Inversores Fronius Symo**. Disponível Em: <<https://www.fronius.com/pt-br/brasil/energia-solar/produtos/todos-os-produtos/inversor/fronius-symo-brasil/fronius-symo-10-0-3-208-240>> Acesso em: 30 Set. 2019
- IVAN, GABRIEL; VITORINO, DANIEL. **Análise do sombreamento entre painéis fotovoltaicos**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Engenharia Mecânica – Gramado, 2018. Acesso em: 25 out. 2019.
- CANALSOLAR. **Inversores com múltiplos mppt** .Disponível no site <<https://canalsolar.com.br/index.php/artigos/item/129-inversores-com-multiplos-mppt>>. Acesso: 14 nov. 2019
- LACCHINI, C.; RÜTHER, R. **The influence of government strategies on the financial return of capital invested in PV systems located in different climatic zones in Brazil**. Renewable Energy, v. 83, p. 786-798, 2015. Acesso em: 15 de mai. 2019.
- LOPO, A. B. **Análise do desempenho térmico de um sistema de aquecimento solar de baixo custo**. 2010. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010. Acesso em: 15 de mai. 2019.
- LUCON, GOLDEMBERG. **Crise financeira, energia e sustentabilidade no Brasil**. Estud. av. vol.23 no.65 São Paulo, 2009. Acesso em: 15 de mai. 2019.

LURYAN, AFONSO E ERICSON. **Geração de Energia Solar Fotovoltaica**. Disponível no site <<https://pt.slideshare.net/LuryanFPs/energia-solar-45722447>>. Acesso: 22 fev. 2019

MIRANDA, A. B. C. M. **Análise de viabilidade econômica de um sistema fotovoltaico conectado à rede**. 2014. 98f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014. Acesso em: 15 de mai. 2019.

MARTINS, D. A.; *et al.* **Otimização de células Fotovoltaicas**. *E- xacta*, Belo Horizonte, v. 6, n. 2, p. 79-92, 2013. Acesso em: 15 de mai. 2019.

MACHADO, C. T.; MIRANDA, F. S. **Energia Solar Fotovoltaica: Uma breve Revisão**. *Revista Virtual de Química*, v.7, n.1, p. 126-143, 2014.

ORGANIZAÇÕES DAS NAÇÕES UNIDAS, 2015. **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. Nova Iorque, abril de 2019. Traduzido pelo Centro de Informações das Nações Unidas para o Brasil (UNIC Rio). Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/jovens-precisam-de-ferramentas-para-criar-mundo-mais-sustentavel-diz-presidente-do-ecosoc/>>. Acesso em: 15 de mai. 2019.

PORTAL SOLAR. **A Melhor Direção do Pannel Solar Fotovoltaico**. Disponível no site <<https://www.portalsolar.com.br/a-melhor-direcao-do-pannel-solar-fotovoltaico.html>>. Acesso: 14 nov. 2019

ROMAGNOLE. **Suportes para Pannel Solar em Telha Ondulada**. Disponível no site <<https://www.romagnole.com.br/produtos/estruturas-fotovoltaicas/suporte-pannel-solar-telha-ondulada>>. Acesso: 30 nov. 2019.

SOLAR BRASIL. **Efeito do sombreamento em módulos solares fotovoltaicos**. Disponível no site <<https://www.solarbrasil.com.br/blog/efeito-do-sombreamento-em-modulos-solares-fotovoltaicos-e-consequencias-para-o-arranjo-solar-em-sistemas-de-geracao-de-energia-solar-fotovoltaica-parte-i/>>. Acesso: 14 nov. 2019

## **APÊNDICE A. apresentado no Congresso de Iniciação Científica CIC-CEPEX**

### **ENERGIA SOLAR: VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA PRODUÇÃO E USO EM UMA INDÚSTRIA TÊXTIL**

**PINHEIRO, Vanderli Borges<sup>1</sup>; QUINAN, Márcio Aurélio<sup>2</sup>; TOLEDO JÚNIOR, Elias Anacleto <sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Estudante do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Goiás – Uni-ANHANGUERA.

<sup>2</sup>Estudante do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Goiás – Uni-ANHANGUERA.

<sup>3</sup> Professor Orientador Esp. do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Goiás – Uni-ANHANGUERA.

A autossuficiência energética tem um grande potencial de crescimento no futuro bem próximo, sendo uma ótima alternativa para a implementação de novas tecnologias de geração energética própria. O Brasil apresenta elevados valores de irradiação solar sendo bem distribuída por todo o país. E com a queda nos preços dos materiais fotovoltaicos em conjunto com a grande disponibilidade de incidência solar, acaba tornando esta fonte de energia uma alternativa atraente. Sendo a instalação bastante simples e rápida, com praticamente zero de impacto ambiental, a produção de energia está disponível imediatamente após a instalação e o retorno financeiro do investimento é feito em alguns anos, após isso pode-se ter uma fonte de renda. O resultado apresenta as condições necessárias para o dimensionamento de um projeto de sistema fotovoltaico para que atenda as normas em vigor. Foi apresentado também a viabilidade técnica e econômica, bem como indicadores financeiros apropriados. Apurando como resultado que o investimento em usina solar é viável.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sistemas Fotovoltaicos. Usina Solar. Fonte de Energia. Autossuficiência. Energética.

## ANEXO A. Especificações Técnicas do Inversor Fronius Symo

<b>Número de MPPT</b>	2,0
<b>Potência fotovoltaica recomendada (kWp)</b>	8,0 - 13,0 kWp
<b>Corrente máx. de entrada</b>	25,0 / 16,5 A
<b>Corrente total máx. de entrada (MPPT<sub>1</sub> + MPPT<sub>2</sub>)</b>	41,5 A
<b>Tensão nominal de entrada</b>	350,0 V
<b>Faixa operacional de tensão</b>	200 - 600 V
<b>Faixa de tensão MPP</b>	300 - 500 V
<b>Tensão máx. de entrada</b>	600,0 V
<b>Suportes para fusíveis integrados CC</b>	NA

### Dados de saída

<b>Potência máx. de saída 480 V</b>	NA
<b>Potência máx. de saída 240 V</b>	9995 VA
<b>Potência máx. de saída 208 V</b>	9995 VA

<b>Configuração da saída</b>	3~ NPE 208 / 240 V
<b>Faixa de frequência</b>	45 - 65 Hz
<b>Frequência de operação nominal</b>	60,0 Hz
<b>Distorção total harmônica</b>	< 1,5 % 1,5="" %="">
<b>Faixa de fator de potência</b>	0 - 1 ind./cap.
<b>Corrente máx. de saída 480 V</b>	NA
<b>Corrente máx. de saída 240 V</b>	24,0 A
<b>Corrente máx. de saída 208 V</b>	27,7 A
<b>Capacidade do disjuntor OCPD/CA 480 V</b>	NA
<b>Capacidade do disjuntor OCPD/CA 240 V</b>	30 A
<b>Capacidade do disjuntor OCPD/CA 208 V</b>	35 A
<b>Grau máx. de eficiência</b>	97,0 %
<b>Grau de eficiência CEC 480 V</b>	NA
<b>Grau de eficiência CEC 240 V</b>	96,5 %
<b>Grau de eficiência CEC 208 V</b>	96,5 %
<b>Dados gerais</b>	

<b>Dimensões (largura)</b>	511,0 mm
<b>Dimensões (altura)</b>	724,0 mm
<b>Dimensões (profundidade)</b>	226,0 mm
<b>Peso</b>	41,68 kg
<b>Grau de proteção</b>	NEMA 4X
<b>Consumo no período noturno</b>	< 1 w 1="">
<b>Topologia do inversor</b>	Sem transformador
<b>Refrigeração</b>	Ventilador de velocidade variável
<b>Elevação</b>	3400 metros com tensão máxima de entrada de 600 V
<b>Certificados e conformidade com as normas</b>	UL 1741-2010 Second Edition (incl. UL1741 Supplement SA 2016-09 for California Rule 21 and Hawaiian Electric Code Rule 14H), UL1998 (para funções: AFCI and isolation monitoring), IEEE 1547-2003, IEEE 1547a-2014, IEEE 1547.1-2003, ANSI/IEEE C62.41, FCC Part 15 A & B, NEC 2017 Article 690, C22. 2 No. 107.1-16, UL1699B Issue 2 -2013, CSA TIL

<b>Bornes de conexão CC</b>	Borne de conexão parafusado 6x CC+ e 6x CC- para cobre (sólido/trançado/trança fina) ou alumínio (sólido/trançado)
-----------------------------	--

<b>Bornes de conexão CA</b>	Borne de conexão parafusado 14-6 AWG
-----------------------------	--------------------------------------

### Dispositivos De Proteção

### Interfaces

<b>USB</b>	Registro de dados e atualização do inversor possível via USB
<b>2x RS422 (soquete RJ45)</b>	Fronius Solar Net
<b>Wi-Fi / Ethernet / Serial / Datalogger e Webserver</b>	Padrão WLAN 802.11 b/g/n / FroniusSolar.web, SunSpecModbus TCP, JSON / SunSpecModbus RTU
<b>6 entradas e 4 I/Os digitais</b>	Gerenciamento de carga; I/O universal de sinalização

## **ANEXO B. Dados do Módulo Fotovoltaico**

Potência nominal do sistema: 15,84 kWp

Módulos fotovoltaicos e inversores: 96 Módulos fotovoltaicos da Marca CANADIAN SOLAR e 1 inversor da Marca FRONIUS, conforme mostra a figura 2,3 e 4.

Especificações gerais do arranjo fotovoltaico

a) Módulos fotovoltaicos policristalinos de 72 células

- Voc<sub>stc</sub>: 547,2 V
- Isc<sub>stc</sub>: 18,9 A
- Vmp<sub>stc</sub>: 446,4 V
- Imp<sub>stc</sub>: 17,76 A
- Pmp<sub>stc</sub>: 15.840,00 W
- Tecnologia: POLICRISTALINO
- Dimensões: 1960 x 992 x 40 mm
- Peso: 22,4 kg

b) Número total de módulos: 96

c) Número de séries fotovoltaicas: 8

d) Quantidade de módulos fotovoltaicos por série: 12

Informações Das Séries Fotovoltaicas

- Especificação do condutor: # 6 mm<sup>2</sup> - 1000 v com duplo isolamento

Detalhes Elétricos Do Arranjo Fotovoltaico

- Especificações do condutor: # 6 mm<sup>2</sup> - 1000 v – cabo flexível com duplo isolamento.
- Localização das caixas de junção: interna, na própria string-box.

- Localização, tipo de características de tensão e de corrente das chaves c.c.: interna, em caixa de proteção denominada string box, tensão 1000 v c.c., corrente 32 a pôr série
- Especificações do dispositivo de proteção contra sobre corrente – fusível cilíndrico, 15 a, 1000 v dc.

#### Aterramento E Proteção Contra Sobretensão

- Condutores de aterramento/equipotencialização: condutores flexíveis externos com duplo isolamento #6 mm<sup>2</sup>, condutores flexíveis internos # 6mm<sup>2</sup>. conexão com a haste de aterramento da unidade consumidora.

#### Dispositivo de proteção contra surto do lado C.C.:

- Classe II
- Localização: interna no quadro de proteção de corrente contínua (string box)
- Tensão de corrente contínua: 1000 V
- Corrente de descarga nominal/máxima: 20kA / 40 kA.

#### Dispositivo de proteção contra surto do lado C.A.

- Classe II
- Localização: interna no quadro de proteção de corrente alternada
- Tensão: 275 VCA
- Corrente de descarga nominal/máxima: 20kA / 45 kA.

#### Sistema C.A.

- Especificações do condutor: # 10 mm<sup>2</sup> – cabo flexível.
- Localização: interna, tensão 380/220, 28,9 A.
- Localização, tipo e característica de tensão e de corrente do dispositivo de proteção contra sobre corrente: interno, no quadro de corrente alternada, tipo tripolar, tensão de operação máxima VCA 250/440 v, corrente nominal 40 A.



## MAXPOWER CS6U-315 | 320 | 325 | 330P

Canadian Solar's modules use the latest innovative cell technology, increasing module power output and system reliability, ensured by 15 years of experience in module manufacturing, well-engineered module design, stringent BOM quality testing, an automated manufacturing process and 100% EL testing.

### KEY FEATURES

-  Excellent module efficiency of up to 16.97 %
-  Outstanding low irradiance performance of up to 96.0 %
-  High PTC rating of up to 91.55 %
-  IP67 junction box for long-term weather endurance
-  Heavy snow load up to 5400 Pa, wind load up to 2400 Pa



**25** years linear power output warranty

**10** years product warranty on materials and workmanship

### MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATES\*

ISO 9001:2008 / Quality management system  
ISO 14001:2004 / Standards for environmental management system  
OHSAS 18001:2007 / International standards for occupational health & safety

### PRODUCT CERTIFICATES\*

IEC 61215 / IEC 61730: VDE / CE / CQC / MCS / INMETRO / CEC AU  
UL 1703 / IEC 61215 performance: CEC listed (US) / FSEC (US Florida)  
UL 1703: CSA / IEC 61701 ED2: VDE / IEC 62716: VDE  
UNI 9177 Reaction to Fire: Class 1  
IEC 60068-2-68: SGS  
Take-e-way



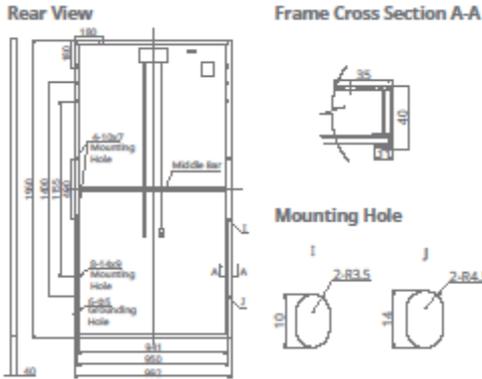
\* As there are different certification requirements in different markets, please contact your local Canadian Solar sales representative for the specific certificates applicable to the products in the region in which the products are to be used.

**CANADIAN SOLAR INC.** is committed to providing high quality solar products, solar system solutions and services to customers around the world. As a leading PV project developer and manufacturer of solar modules with over 17 GW deployed around the world since 2001, Canadian Solar Inc. (NASDAQ: CSIQ) is one of the most bankable solar companies worldwide.

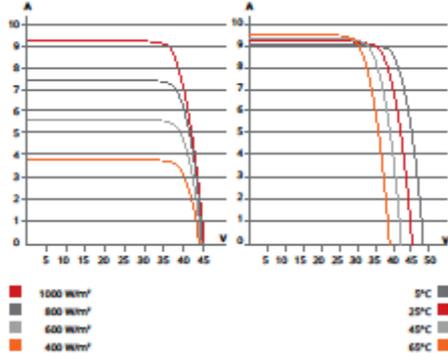
### CANADIAN SOLAR INC.

545 Speedvale Avenue West, Guelph, Ontario N1K 1E6, Canada, [www.canadiansolar.com](http://www.canadiansolar.com), [support@canadiansolar.com](mailto:support@canadiansolar.com)

### ENGINEERING DRAWING (mm)



### CS6U-320P / I-V CURVES



### ELECTRICAL DATA | STC\*

CS6U	315P	320P	325P	330P
Nominal Max. Power (Pmax)	315 W	320 W	325 W	330 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	36.6 V	36.8 V	37.0 V	37.2 V
Opt. Operating Current (Imp)	8.61 A	8.69 A	8.78 A	8.88 A
Open Circuit Voltage (Voc)	45.1 V	45.3 V	45.5 V	45.6 V
Short Circuit Current (Isc)	9.18 A	9.26 A	9.34 A	9.45 A
Module Efficiency	16.20%	16.46%	16.72%	16.97%
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C			
Max. System Voltage	1000 V (IEC) or 1000 V (UL)			
Module Fire Performance	TYPE 1 (UL 1703) or CLASS C (IEC 61730)			
Max. Series Fuse Rating	15 A			
Application Classification	Class A			
Power Tolerance	0 ~ +5 W			

\* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000 W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.

### MECHANICAL DATA

Specification	Data
Cell Type	Poly-crystalline, 6 inch
Cell Arrangement	72 (6x12)
Dimensions	1960 x 992 x 40 mm (77.2 x 39.1 x 1.57 in)
Weight	22.4 kg (49.4 lbs)
Front Cover	3.2 mm tempered glass
Frame Material	Anodized aluminium alloy
J-Box	IP67, 3 diodes
Cable	4 mm² (IEC) or 4 mm² & 12 AWG 1000V (UL), 1160 mm (45.7 in)
Connector	T4 series or PV2 series
Per Pallet	26 pieces, 635 kg (1400 lbs)
Per container (40' HQ)	624 pieces

### ELECTRICAL DATA | NOCT\*

CS6U	315P	320P	325P	330P
Nominal Max. Power (Pmax)	228 W	232 W	236 W	239 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	33.4 V	33.6 V	33.7 V	33.9 V
Opt. Operating Current (Imp)	6.84 A	6.91 A	6.98 A	7.05 A
Open Circuit Voltage (Voc)	41.5 V	41.6 V	41.8 V	41.9 V
Short Circuit Current (Isc)	7.44 A	7.50 A	7.57 A	7.66 A

\* Under Nominal Operating Cell Temperature (NOCT), irradiance of 800 W/m², spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s.

### TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Specification	Data
Temperature Coefficient (Pmax)	-0.41 % / °C
Temperature Coefficient (Voc)	-0.31 % / °C
Temperature Coefficient (Isc)	0.053 % / °C
Nominal Operating Cell Temperature	45±2 °C

### PERFORMANCE AT LOW IRRADIANCE

Outstanding performance at low irradiance, with an average relative efficiency of 96.0 % from irradiances, between 1000 W/m² and 200 W/m² (AM 1.5, 25°C).

The specification and key features described in this datasheet may deviate slightly and are not guaranteed. Due to on-going innovation, research and product enhancement, Canadian Solar Inc. reserves the right to make any adjustment to the information described herein at any time without notice. Please always obtain the most recent version of the datasheet which shall be duly incorporated into the binding contract made by the parties governing all transactions related to the purchase and sale of the products described herein.

Caution: For professional use only. The installation and handling of PV modules requires professional skills and should only be performed by qualified professionals. Please read the safety and installation instructions before using the modules.

### PARTNER SECTION



CANADIAN SOLAR INC. Jan. 2017. All rights reserved, PV Module Product Datasheet V5.531\_EN



