

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA E SEGURANÇA DO
TRABALHO

CARLOS ALEXANDRE DE SOUZA PANTALEÃO

SISTEMAS FOTOVOLTAICOS: UM ESTUDO DE CASO ENVOLVENDO NORMAS
DE INSTALAÇÃO E PROTEÇÃO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO

PONTA GROSSA

2018

CARLOS ALEXANDRE DE SOUZA PANTALEÃO

**SISTEMAS FOTOVOLTAICOS: UM ESTUDO DE CASO
ENVOLVENDO NORMAS DE INSTALAÇÃO E PROTEÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Engenharia e Segurança do Trabalho, Área de Conhecimento: Higiene e Segurança do Trabalho, do Curso de Especialização em Engenharia e Segurança do Trabalho, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Prof. Claudinor
Bittencourt Nascimento

PONTA GROSSA

2018



FOLHA DE APROVAÇÃO

Título do artigo nº. 10/2018

SISTEMAS FOTOVOLTAICOS: UM ESTUDO DE CASO ENVOLVENDO NORMAS DE INSTALAÇÃO E PROTEÇÃO

Desenvolvido por:
Carlos Alexandre de Souza Pantaleão

Este artigo foi apresentado no dia 30 de agosto de 2018 às 14 horas como requisito parcial para a obtenção do título de ESPECIALISTA EM ENGENHARIA E SEGURANÇA DO TRABALHO. O candidato foi argüido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo citados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof Ariel Orlei Michaloski
1º membro

Prof Antonio Carlos Frasson
2º membro

Prof. Prof. Claudinor Bittencourt Nascimento
Orientador

Sistemas Fotovoltaicos: um estudo de caso envolvendo normas de instalação e proteção

Carlos Alexandre de Souza Pantaleão
UTFPR – Ponta Grossa
E-mail: carlos@crossoversolucoes.com.br

Claudinor Bittencourt Nascimento
UTFPR – Ponta Grossa
E-mail: claudinor@utfpr.edu.br

Resumo: Este trabalho apresenta um estudo de caso da implantação de um sistema fotovoltaico em uma residência no município de Ponta Grossa. São abordadas as normas e diretivas utilizadas no desenvolvimento do projeto, bem como, os procedimentos de segurança relacionados aos sistemas fotovoltaicos. Os resultados, provenientes do sistema de gerenciamento e monitoramento utilizados possibilitaram a análise de eficiência mensal do projeto, superando as expectativas mensais de produção de energia e garantindo economia e geração de energia limpa e sustentável.

Palavras-chave: sistemas fotovoltaicos, normas de segurança, energia sustentável.

Abstract: This work presents a case study of a photovoltaic power system developed for a residency held in Ponta Grossa, a city located in the southern Brazil region. The rules and directives applied to the developing of this project, as well the security procedures related with the photovoltaic power systems are address. The results, extracted from the monitoring and management system, overcome the monthly production expectation, guaranteeing economy and generation of clean and sustainable energy.

Keyword: photovoltaic power systems, security rules, sustainable energy.

1. Introdução

O crescimento da população mundial, associado ao desenvolvimento tecnológico atual conduz a um grande aumento da demanda energética. Nas últimas décadas tem-se visto um período de redução de possibilidades energéticas, principalmente das originadas de combustíveis fósseis. Além do imenso impacto ambiental causado por essas fontes de energia e a insustentabilidade do modo como obtém-se a energia que nos move (KNIJNIK, 1994), uma intensificação do efeito estufa na atmosfera também tem sido observada. (JANNUZZI, 2009).

Devido a estes fatos, esforços vêm sendo realizados na busca de novas alternativas para a geração de energia a um nível sustentável (CASARO, 2008).

Uma das tecnologias renováveis que vem sendo cada vez mais utilizada nos países desenvolvidos é a energia solar fotovoltaica (MARINOSKI, 2004).

Em países como Japão, EUA, Alemanha e outros países europeus vêm sendo desenvolvidos mecanismos regulatórios específicos para estimular o seu uso, seja através de programas governamentais, ou de incentivos financeiros e/ou fiscais (VARELLA, 2008). Uma das apostas utilizadas é o uso de sistemas fotovoltaicos conectados à rede. É a tecnologia que apresenta a maior taxa de crescimento e queda nos custos atualmente, devidos aos avanços tecnológicos e descobertas promissoras. Prevê-se que a energia gerada através desses sistemas se tornará competitiva com as tarifas de eletricidade pagas pelos consumidores europeus até 2020 e com os custos médios de geração depois de 2030. (JANNUZZI, 2009)

Apesar de possuir altos níveis de radiação solar (AGÊNCIA, 2005) e potencial para desenvolvimento da energia solar acima de outras nações (SILVA, 2015), o Brasil apenas deu seus primeiros passos. Desde 2012, após a Resolução Normativa no. 482 da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), uma pessoa física pode injetar eletricidade na rede brasileira. Se a energia é produzida por fontes renováveis, ela pode ser abatida do consumo da própria unidade ou de outra do mesmo titular, o que motivou a indústria a desenvolver tecnologia nessa área (MACHADO, 2015). Recentemente, com a entrada em vigor da Resolução Normativa no. 687 de 24 de novembro de 2015, a Resolução no. 482 sofreu grandes atualizações, impactando diretamente sobre o mercado de energia elétrica para micro e minigeradores distribuídos, pois cria novos nichos de consumidores e possibilidades de negócios. Além disso, diminui o processo burocrático para a inserção das centrais geradoras junto às concessionárias de energia elétrica, beneficiando também, de forma direta, a mão de obra capacitada com o surgimento de novos postos de trabalho.

Este trabalho tem como objetivo principal realizar um estudo de caso analisando os principais procedimentos de projeto, instalação e proteção determinados pelas normas NBR5410:2004, NR-10, Resoluções Normativas N° 482/12, N° 687/15 e PRODIST da ANEEL, referente à implantação de um sistema de geração fotovoltaica em uma residência no município de Ponta Grossa – PR.

O sistema instalado é capaz de gerar energia elétrica para a edificação a partir da energia solar, com utilização de placas solares fotovoltaicas. Assim, é possível verificar a relação entre esta geração e o consumo de energia. O projeto, desenvolvimento e instalação atende às normas vigentes e procedimentos da concessionária local, possibilitando um estudo sobre as alternativas de equipamentos disponíveis no mercado, visando ampliar os conceitos relacionados às normas de segurança de um sistema fotovoltaico.

2. Sistemas Fotovoltaicos

De acordo com Pinho & Galdino (2014), um sistema fotovoltaico é uma fonte de potência elétrica, na qual as células fotovoltaicas baseadas em diferentes elementos semicondutores transformam a radiação solar diretamente em energia elétrica.

Os sistemas fotovoltaicos devem ser implantados em lugares onde há radiação solar suficiente. Algumas vantagens são: a) exigem menor manutenção, por não utilizarem combustíveis e por serem dispositivos de estado sólido; b) não produzem ruído acústico ou eletromagnético, e tampouco emitem gases tóxicos ou outro tipo de poluição ambiental; c) podem ser utilizados em locais inóspitos como no espaço, desertos, selvas, regiões remotas, por exemplo, com alta confiabilidade (QUASCHNING, 2016).

Muitos sistemas fotovoltaicos têm sido aplicados em sistemas de bombeamento de água, sistemas de telecomunicações e monitoramento remoto, cerca elétrica, dessalinização da água, entre outros (SOUZA, 2012). Estes sistemas possuem características específicas de acordo com a sua aplicação, mas em regras gerais podem ser classificados em Sistemas Isolados e Sistemas conectados à rede (On-Grid), de acordo com a geração ou entrega da energia elétrica (SOUZA, 2012).

Um Sistema Isolado é aquele que não tem contato com a rede de distribuição de eletricidade das concessionárias. Já os Sistemas Conectados à Rede (On-Grid) fornecem energia para as redes de distribuição e geralmente não utilizam sistemas de armazenamento de energia, ou seja, todo potencial gerado é rapidamente escoado para a rede. Estes sistemas, escopo deste trabalho, dependem de regulamentação e legislação vigente, pois usam a rede de distribuição das concessionárias para o escoamento da energia gerada.

Os principais componentes de um Sistema On-Grid estão listados a seguir e representados na Figura 1.

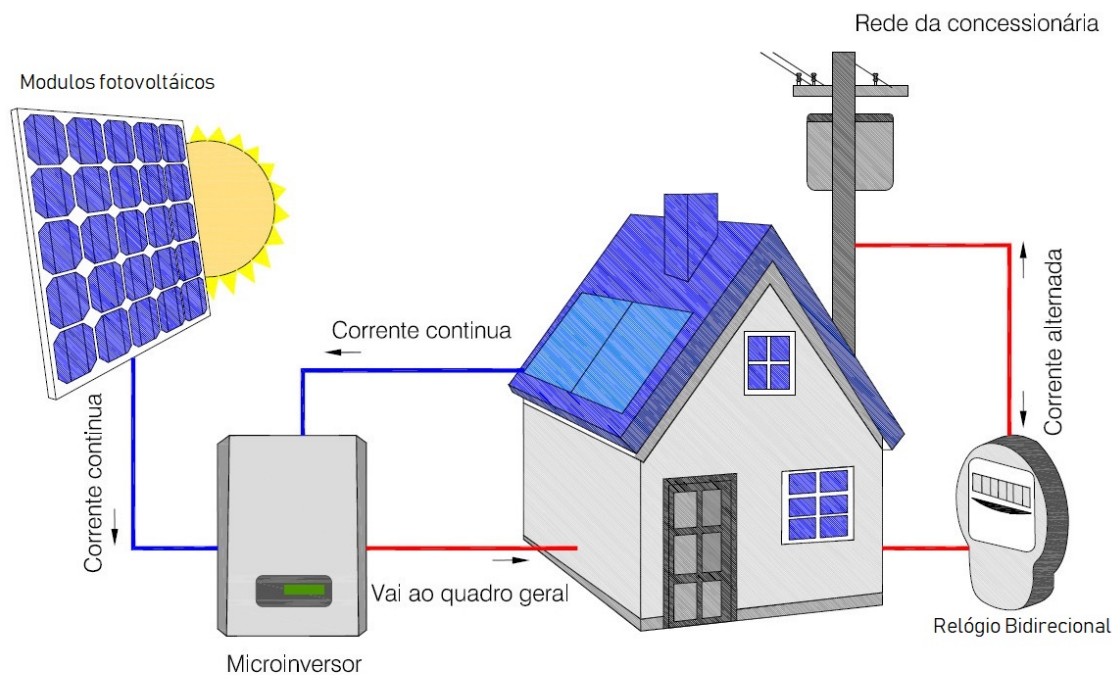


Figura 1 – Sistema fotovoltaico conectado à rede.

1 – Módulos Fotovoltaicos: conjuntos de células fotovoltaicas conectadas entre si. Por exemplo, para construir um módulo de tensão nominal em 12 volts, os fabricantes podem conectar entre 30 e 40 células, onde cada célula produz uma tensão de aproximadamente 0,46 a 0,56 volts;

2 – Microinversor: transforma a corrente contínua proveniente do módulo fotovoltaico em corrente alternada de 127 V/220 V e 60Hz, compatível com a eletricidade da rede;

3 – Quadro geral: distribui energia para casa. A eletricidade alimenta os utensílios e eletrodomésticos;

4 – Relógio Bidirecional: É o medidor de energia. O excedente volta para a rede elétrica através do medidor fazendo-o rodar ao contrário, reduzindo a tarifa de energia elétrica.

A cada dia novas pesquisas vêm apresentando diferentes tecnologias para utilização e aproveitamento desta fonte de energia, bem como, novas propostas de

regulamentação, normalização e incentivos. O trabalho de Marinoski *et. al.* (2004) apresentou um estudo de caso do pré-dimensionamento de um sistema solar fotovoltaico integrado a uma edificação urbana e interligado à rede elétrica pública a fim de gerar energia elétrica para a edificação a partir da energia solar, com utilização de placas solares fotovoltaicas, verificando a relação entre esta geração e o consumo do prédio.

Casaro *et. al.* (2008) apresentou um sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica comercial em configuração centralizada e construído com um inversor trifásico de dois estágios capaz de extrair a máxima potência do arranjo dos módulos fotovoltaicos.

Em Varella (2008), os autores desenvolveram um estudo a fim de mostrar a evolução dos incentivos regulatórios ao uso da energia solar fotovoltaica no Brasil ao longo dos anos.

Neste trabalho, com o intuito de demonstrar a eficiência energética e economia em sistemas fotovoltaicos on-grid, são apresentados os resultados de um estudo de caso em uma residência na região de Ponta Grossa, dando ênfase nos procedimentos e dispositivos de segurança que devem ser aplicados.

2.2. Normas e Legislação de Sistemas On-Grid

Diversas diretrizes e normas vem sendo estudadas e atualizadas a fim de atender as especificações técnicas e de segurança em sistemas fotovoltaicos. Nesta seção serão abordados os principais procedimentos que devem ser considerados no projeto, instalação e manutenção de sistemas fotovoltaicos On-Grid.

2.2.1 Projeto

O projeto de sistemas fotovoltaicos devem considerar o planejamento da interconexão dos diversos componentes do sistema de forma eficiente, evitando perdas de energia. Projetos com conexão em baixa tensão devem respeitar as condicionantes da Norma NBR5410:2004 - Instalações Elétricas de Baixa Tensão. Além disso deve ser adequado aos requisitos de segurança, obedecendo às normas e aos regulamentos técnicos aplicáveis para instalações elétricas, contemplando-se a segurança do próprio sistema e do usuário, bem como da rede elétrica. Deve, também, respeitar as diretrizes estipuladas pela concessionária, principalmente nos equipamentos utilizados, que devem ser certificados pelo INMETRO.

2.2.2 Instalação e recomendações de segurança

Para a instalação dos equipamentos, deve-se seguir normas e recomendações técnicas nacionais vigentes, bem como, as normas de conexão dos sistemas à rede elétrica elaboradas pelas concessionárias locais de distribuição.

De acordo com Pinho & Galdino (2014), deve-se seguir alguns procedimentos gerais de segurança, a fim de auxiliar a instalação adequada:

- Restringir o acesso à área de trabalho;
- Nos ambientes onde os equipamentos forem instalados, afixar placas de advertência quanto ao perigo de choque elétrico devido à geração própria;
- Instalar dispositivos de proteção elétrica adequados para equipamentos e para o ser humano;
- Disponibilizar manuais básicos de segurança, operação e manutenção aos usuários do sistema;

- Retirar todos os objetos pessoais metálicos antes dos trabalhos em instalações elétricas;
- Vestir roupas e usar equipamentos de proteção adequados ao trabalho e em bom estado de conservação (camisa, calça, cinto de segurança, capacete, máscara, luvas, calçado, entre outros);
- Sempre usar ferramentas adequadas, secas e com cabos isolados;
- Utilizar equipamentos de teste e medição de grandezas elétricas (por exemplo, um multímetro) para conferência da montagem;
- Não trabalhar sozinho, tendo sempre alguém por perto, que possa auxiliar na atividade e, principalmente, em caso de acidentes;
- Durante a realização das conexões elétricas, impedir que a radiação solar incida sobre o gerador fotovoltaico. Para isso, deve-se cobri-lo com uma manta ou outra cobertura opaca;
- Descarregar a eletricidade estática do corpo, tocando um condutor aterrado antes de tocar os terminais dos módulos, especialmente em locais e dias de clima seco;
- Fazer as conexões elétricas respeitando sempre a polaridade e as instruções do fabricante;
- Evitar contatos indesejados de pessoas, animais ou outros objetos com o módulo. Apesar da relativa rigidez de sua estrutura, choques mecânicos podem resultar em danos ao vidro de proteção e até mesmo às células fotovoltaicas;
- Instalar uma cerca ao redor do gerador fotovoltaico, caso o local onde ele esteja situado possa ser facilmente acessado por pessoas não autorizadas ou animais;
- Os componentes de proteção como chaves, fusíveis disjuntores e dispositivos de proteção contra surtos (DPS) devem ser selecionados em função dos valores máximos permitidos de tensão e corrente em cada trecho do circuito.

Nos sistemas On-Grid é necessário fazer o aterramento de proteção dos equipamentos (conexão da carcaça condutora ao terra) e o aterramento funcional do sistema (conexão do circuito elétrico ao terra, através do condutor neutro, ao lado c.a.). O aterramento do lado cc depende da tecnologia de módulo ou de inversor utilizadas (PINHO & GALDINO, 2014). Por razão de segurança é importante que as caixas e as estruturas metálicas de suporte dos módulos fotovoltaicos estejam devidamente conectadas à terra. Todo metal exposto, que possa ser tocado, também deve ser aterrado. O aterramento dos sistemas On-Grid difere dos sistemas isolados, pois o aterramento de cada unidade, individualmente, é interconectado com o aterramento de outras unidades consumidoras da concessionária, aumento a eficiência da malha de aterramento.

É recomendável manter a instalação monitorada e sob controle, a fim de garantir seu funcionamento correto e eficiente. Isto pode ser realizado instalando sensores e atuadores eletrônicos em pontos estratégicos e/ou através de controladores com módulo Ethernet capazes de disponibilizar informações remotamente em tempo real ao usuário.

No que se refere à instalação dos medidores de energia estes devem ser abrigados e instalados em caixas apropriadas, conforme recomendação da concessionária e das normas técnicas específicas para a conexão de geração própria à rede de baixa tensão.

2.2.3 Desenvolvimento do Projeto

O desenvolvimento do projeto obedeceu os critérios do Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Paraná (CREA-PR), as diretrizes da norma da ABNT e da concessionária local, a Companhia Paranaense de Energia (COPEL), bem como às normas técnicas descritas a seguir:

- NBR 5410 :2004– Instalações Elétricas de Baixa Tensão – ABNT;
- NR-10 – Instalações e Serviços em Eletricidade;
- Resolução Normativa Nº 482/12 – ANEEL;
- Resolução Normativa Nº 687/15 – ANEEL;
- PRODIST – Módulo 3: Acesso ao Sistema de Distribuição – ANEEL.

Foram elaborados desenho, memorial descritivo e de cálculo, especificação técnica, orçamento e cronograma, além de disponibilizada uma lista completa de materiais e equipamentos (fabricante, modelo, norma de certificação), seus catálogos e manuais, inclusive dos equipamentos de controle , monitoramento e medição do sistema fotovoltaico.

A Figura 2 ilustra a planta do sistema fotovoltaico estudada neste trabalho.

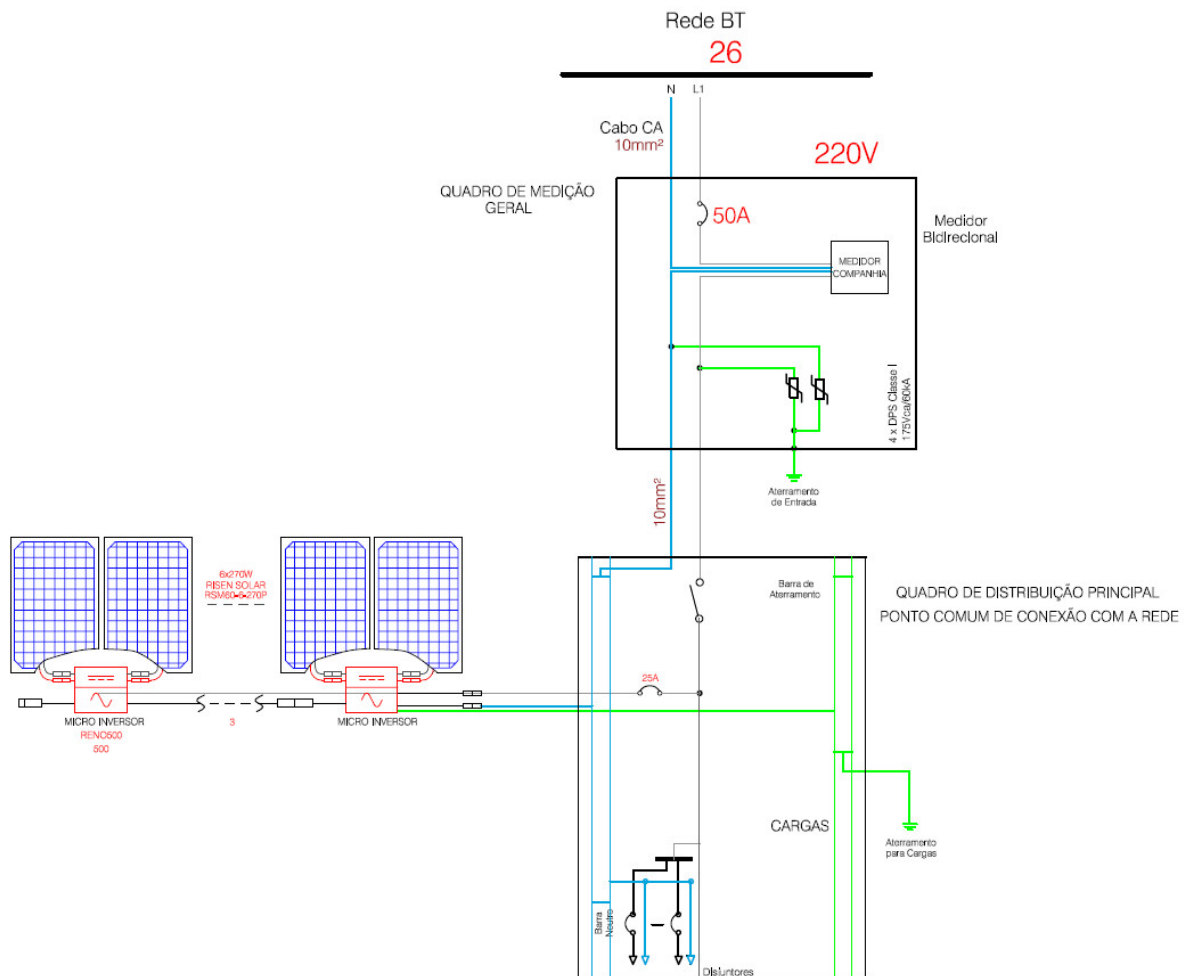


Figura 2 – Planta do Sistema fotovoltaico estudado neste trabalho.

3.1. Instalação

Na instalação há uma entrada aérea de 2x50a que alimenta toda a residência, e estão presentes as demais proteções de acordo com a NBR 5410:2004. Assim sendo, foram instalados seis (6) módulos fotovoltaicos no telhado, da marca RISEN SOLAR de 270Wp, e três (3) microinversores de frequência da marca RENOVI, modelo RENO500, 220VV de 500W cada, homologados pelo INMETRO conforme registro 003548/2017. Os microinversores foram conectados à rede da concessionária por meio do quadro geral de circuitos (QDG) do imóvel, com todas as proteções necessárias, tais como disjuntor 2x25A e DPS classe II.

Os módulos fotovoltaicos foram fixados através de estruturas metálicas de alumínio anodizado com alta resistência à corrosão, conforme apresentado na Figura 3. Elas foram montadas diretamente sobre os telhados através de parafusos auto atarraxantes que se fixam na estrutura que o sustenta, proporcionando uma alta resistência a ventos.



Figura 3 – Módulos fotovoltaicos instalados

A maioria dos sistemas implementados atualmente utilizam inversores, porém neste trabalho foi utilizado um microinversor, conforme ilustrado na Figura 4. O microinversor é instalado junto ao painel fotovoltaico, diminuindo os custos na

instalação e perdas relativas à impedância dos cabos (comprimento), aumentando a segurança contra possíveis surtos e cargas elétricas.



Figura 4 – Microinversor instalado junto aos painéis fotovoltaicos.

Os microinversores RENO500 atendem as normas ABNT NBR 16149:2013, ABNT NBR 16150:2013 e ABNT NBR IEC 62116:2012 (Procedimentos de ensaio anti-ilhamento para inversores de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica). O sistema será interrompido automaticamente na falta de energia na rede pública.

A conexão entre os microinversores e o quadro de distribuição dos circuitos superior foi realizada por cabos de 4,0mm² com as proteções necessárias contra curto circuito e sobrecarga, tanto na entrada de corrente contínua quanto na saída do microinversor em corrente alternada. Também foram instalados dispositivo de proteção contra surtos (DPS) e disjuntores bifásicos.

Os microinversores foram instalados sob os módulos, no telhado, não sendo necessário nenhum tipo de manutenção, e o seu monitoramento pode ser feito via software. O inversor RENO500 não necessita de proteção CC. No lado CA do Inversor, foi previsto Proteção de subtensão (25) e IDR (25) .

Foi dimensionado um sistema de 1.5 kW_p, que deve produzir em média 177.5 kWh kWh/mês. O medidor instalado pela concessionária é bifásico, bidirecional, disjuntor 50A, caixa de medição embutida no muro, com poste auxiliar em concreto tipo BT. Também foi instalada uma placa de sinalização de segurança junto ao padrão de entrada, próximo a caixa de medição, conforme Figura 5.



Figura 5 – Placa de sinalização de segurança.

A Figura 6 ilustra o diagrama unifilar desenvolvido neste trabalho.

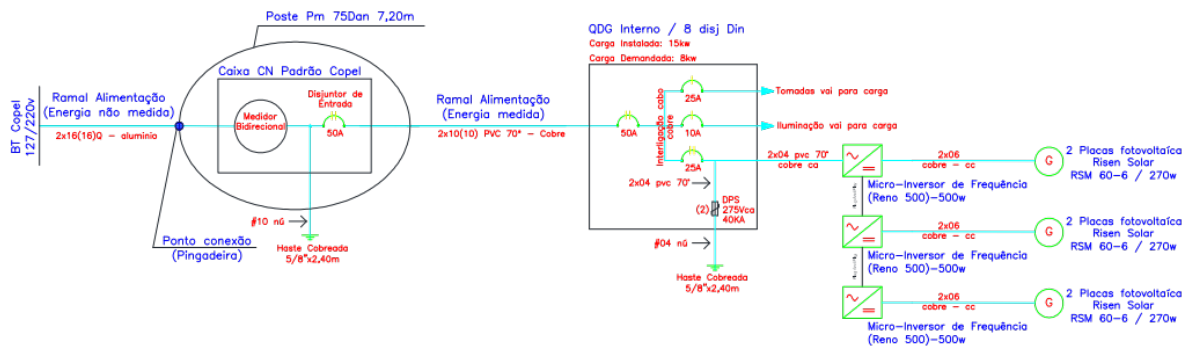


Figura 6 – Diagrama Unifilar

4. Resultados e Discussões

Foram analisados os resultados decorrentes de um mês de funcionamento do sistema fotovoltaico instalado.

A Figura 7 ilustra o módulo de gerenciamento em funcionamento. Este módulo é conectado nas mesmas fases que alimentam os micro inversores e fornece uma saída web para gestão de monitoramento

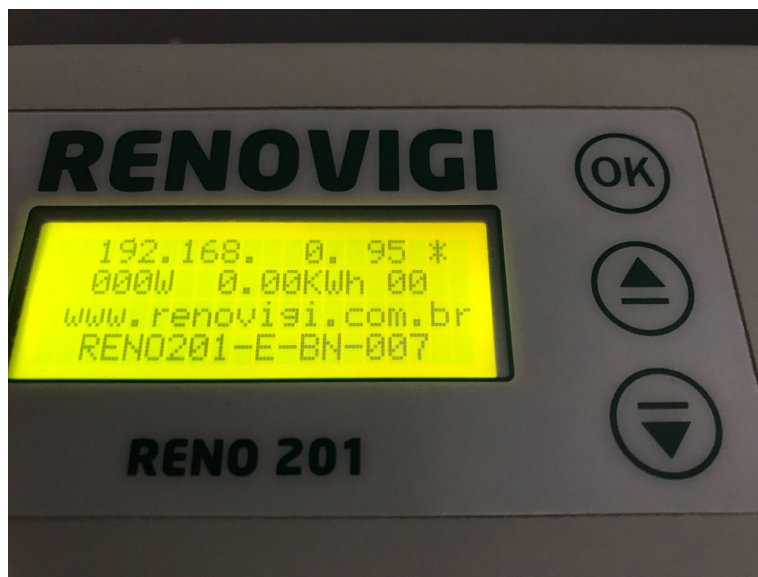


Figura 7 – Módulo de Gerenciamento em funcionamento

O dimensionamento para o consumo, segundo a fatura de energia elétrica relacionada à este estudo de caso, está estimado em 178kWh kWh/mês, conforme Figura 8, simulador online para cálculo do projeto (PORTAL SOLAR, 2018).

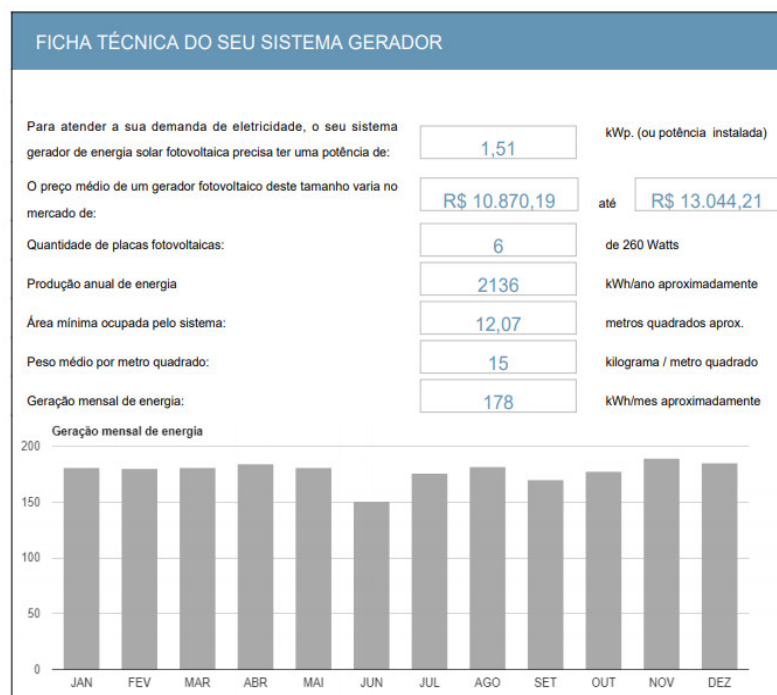


Figura 8 – Sistema online de gerenciamento

Antes da instalação, o valor médio mensal (considerando 12 meses) da fatura de energia elétrica pago era de R\$126,69. O projeto foi estimado para a redução de 100% do consumo, restando para o consumidor somente o pagamento da tarifa básica de conexão com a concessionária, valor especificado de R\$50,00.

Pode-se verificar na Figura 9 que a produção do mês analisado (abril) ultrapassa 200 kWh kWh/mês, mais do que a média mensal prevista.

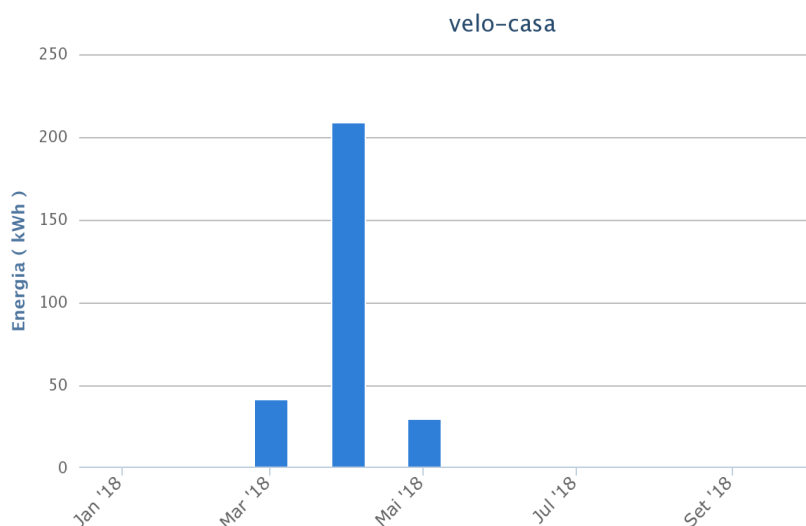


Figura 9 – Produção de Energia ao longo dos meses.

Assim sendo, em alguns meses, especialmente no inverno, a produção pode diminuir, e nestas situações, o consumidor terá crédito sobrando para possível aumento de consumo neste período.

A Figura 10 apresenta os detalhes de produção de cada dia do mês estudado.

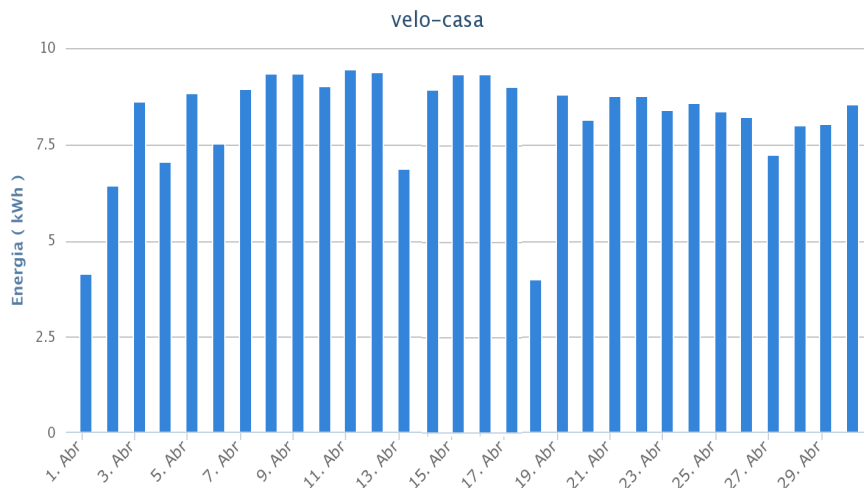


Figura 10 – Produção de Energia no mês de abril.

Percebe-se, na Figura 10 que o posicionamento dos painéis fotovoltaicos está apropriado, sem possíveis sombreamentos, levando em consideração que foi utilizada a face norte, com ângulo de 30 graus, iniciando e finalizando a produção aproximadamente às 06h50 e 18h respectivamente, conforme detalhado para um dia específico (21 de abril) na Figura 11.

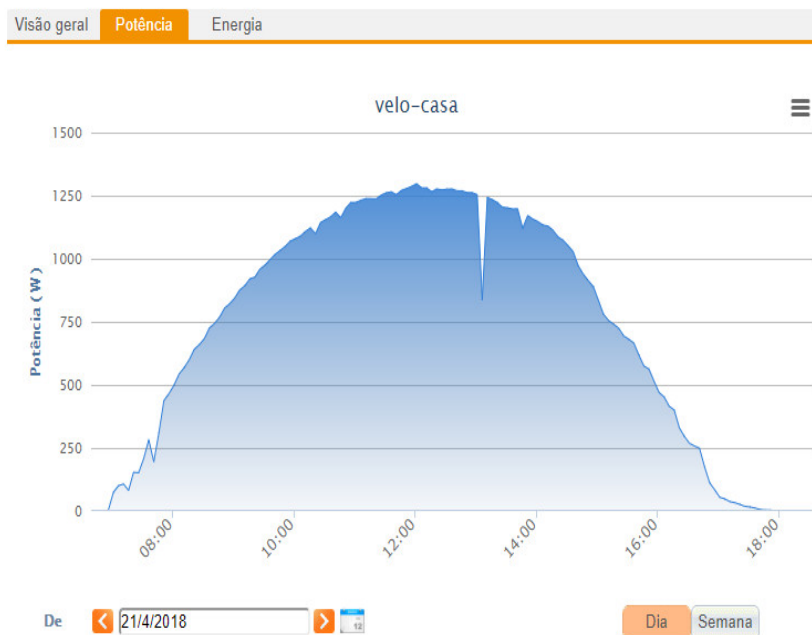


Figura 11 – Detalhamento da Potência nos horários do dia 21 de abril.

O Quadro 1 apresenta os detalhes do custos e investimentos da implantação deste Sistema On-Grid estudado.

Quadro 1 – Resumo dos custos e investimento relacionados

Investimento	R\$10.370,00
Produção	2136kwh/ano x R\$0,69
Payback	7 anos
Custo fixo concessionária	R\$50,00 + iluminação pública

Observa-se que, ao longo de 7 anos, todo o investimento realizado na implantação do sistema será pago. Nota-se também, além do benefício econômico, um compromisso social com o meio ambiente e a geração de energia limpa, fomentando e vivenciando o desenvolvimento sustentável.

4. Conclusão

Este trabalho apresentou um estudo de caso de projeto e instalação de um sistema fotovoltaico On-Grid em uma residência no município de Ponta Grossa.

Foram relatadas as especificações do projeto, dos componentes e dispositivos utilizados, levando em conta a utilização de dispositivos de segurança como o microinversor em substituição do inversor, e de DPS (dispositivos de proteção contra surtos). Os resultados decorrentes de um mês de funcionamento foram analisados através do sistema de gerenciamento e monitoramento implementados.

Os resultados demonstraram que, para o sistema On-Grid considerado neste estudo de caso, a produção mensal ultrapassou o estimado no planejamento do projeto, possibilitando perspectivas futuras, onde uma maior demanda pode ocorrer, principalmente em meses de inverno.

Assim sendo concluiu-se que, além de assegurar um compromisso com o meio ambiente e com o desenvolvimento sustentável, o investimento em sistemas fotovoltaicos On-Grid podem atender demandas dos consumidores brasileiros, atendendo às normas nacionais e respeitando os procedimentos de instalação e proteção no âmbito da energia elétrica.

Referências

ABRAHAM, B. & LEDOLTER, J. *Statistical Methods for Forecasting*. New York: John Wiley & Sons, 1983.

ABDEL-AAL, R.E. & AL-GARNI, Z. *Forecasting Monthly Electric Energy Consumption in eastern Saudi Arabia using Univariate Time-Series Analysis*. Energy Vol. 22, n.11, p.1059-1069, 1997.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Atlas da Energia Elétrica do

Brasil. Brasília – DF, 2005. 2ª Edição

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa no. 482/2012. 17 de abril de 2012.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa no. 687/2015. 24 de novembro de 2015.

CASARO, M. M., & MARTINS, D. C. *Processamento eletrônico da energia solar fotovoltaica em sistemas conectados à rede elétrica.* Revista Controle & Automação, 21(2), 159-172, 2010.

JANNUZZI, M. D. , VARELLA, G., F. K., & GOMES, R. D. M. *Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica no Brasil: panorama da atual legislação.* International Energy Initiative para an América Latina (IEI-LA) e Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), 2009.

KNIJNIK, ROBERTO. *Energia e meio ambiente em Porto Alegre: bases para o desenvolvimento.* CEPEA, 1994.

MACHADO, C. T., & MIRANDA, F. S. *Energia Solar Fotovoltaica: uma breve revisão.* Revista Virtual de Química, 7(1), 126-143, 2014.

MARINOSKI, D. L., SALAMONI, I. T., & RÜTHER, R. *Pré-dimensionamento de sistema solar fotovoltaico: estudo de caso do edifício sede do CREA-SC.* In Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável. São Paulo, Brasil, 2004.

Ministério de Minas e Energia (MME). Boletim mensal de monitoramento do setor elétrico – dezembro de 2016. Brasília: MME, 2017.

NASCIMENTO, R. L. *Energia solar no Brasil: situação e perspectivas.* Disponível em:
bd.camara.gov.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/32259/energia_solar_limp.pdf?...1
Acesso em 07 de junho de 2018.

PELLEGRINI, F.R. & FOGLIATTO, F. *Estudo comparativo entre modelos de Winters e de Box-Jenkins para a previsão de demanda sazonal.* Revista Produto & Produção. Vol. 4, número especial, p.72-85, 2000.

PINHO, JOÃO TAVARES, AND GALDINO, MARCO ANTONIO. *Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos.* Grupo de trabalho de energia solar–GTES. CEPEL–DTE–CRESESB, 2014.

PORTAL SOLAR. Disponível em <https://www.portalsolar.com.br/calculo-solar>. Acesso em 26 de junho de 2018.

QUASCHNING, VOLKER. *Understanding renewable energy systems*. Routledge, 2016.

SILVA, R. M. D. *Energia solar no Brasil: dos incentivos ao desafios*. 2015. Disponível em: <http://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/507212/TD166-RutellyMSilva.pdf?sequence=1>. Acesso em 19 de abril de 2018.

SOUZA, Ronilson di. *Os Sistemas de Energia Solar Fotovoltáica*. Livro Digital de Introdução aos Sistemas Solares. *Ribeirão Preto: Bluesol*, 2012.

VARELLA, F. K. O. M., CAVALIERO, C. K. N., & SILVA, E. P. D. *Energia solar fotovoltaica no Brasil: Incentivos regulatórios*. *Revista Brasileira de Energia*, 14(1), 9-22, 2008.

AUTORIA

Inserir aqui os dados completos do autor responsável pelo trabalho:

Nome completo: Carlos Alexandre de Souza Pantaleão

Filiação institucional: Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Departamento: Curso de Especialização em Engenharia de Segurança dp Trabalho

Função ou cargo ocupado: Pós-graduando

Endereço completo para correspondência (bairro, cidade, estado, país e CEP): Rua Conrado Schiffer 80

Telefones para contato:42-999250000

E-mail: carlos@crossoversolucoes.com.br