

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS

LUCCA BARBOSA BORGES
POLICK CHEN ZHANPENG

**Projeto fotovoltaico para suprir 20% da energia consumida na
Universidade de São Paulo – Campus São Carlos**

São Carlos
2023

LUCCA BARBOSA BORGES
POLICK CHEN ZHANPENG

**Projeto fotovoltaico para suprir 20% da energia consumida na
Universidade de São Paulo – Campus São Carlos**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Elétrica, da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Orientador: Prof. Dr. Elmer Pablo Tito Cari

São Carlos

2023

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Dr. Sérgio Rodrigues Fontes da
EESC/USP com os dados inseridos pelo(a) autor(a).

BB238p Barbosa Borges, Lucca
Projeto fotovoltaico para suprir 20% da energia
consumida na Universidade de São Paulo – Campus São
Carlos / Lucca Barbosa Borges; orientador Elmer Pablo
Tito Cari. São Carlos, 2023.

Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica com
ênfase em Sistemas de Energia e Automação) -- Escola de
Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo,
2023.

1. Projeto . 2. Fotovoltaico. 3. Energia. I.
Título.

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Dr. Sérgio Rodrigues Fontes da
EESC/USP com os dados inseridos pelo(a) autor(a).

CC518p Chen Zhanpeng, Polick
Projeto fotovoltaico para suprir 20% da energia
consumida na Universidade de São Paulo – Campus São
Carlos / Polick Chen Zhanpeng; orientador Elmer Pablo
Tito Cari. São Carlos, 2023.

Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica com
ênfase em Sistemas de Energia e Automação) -- Escola de
Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo,
2023.

1. Projeto. 2. Fotovoltáico. 3. Energia. I. Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome: Polick Chen Zhanpeng

Título: “Projeto fotovoltaico a fim de gerar 20% da energia consumida na Universidade de São Paulo – Campus São Carlos”

**Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado
em 14 / 12 / 2023,**

com NOTA 8,3 (oito ,três), pela Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Elmer Pablo Tito Cari - Orientador - SEL/EESC/USP

**Mestre Gustavo Henrique de Paula Santos - Doutorando -
EESC/USP**

Mestre Francisco Rodrigues Lemes - Doutorando - EESC/USP

**Coordenador da CoC-Engenharia Elétrica - EESC/USP:
Professor Associado José Carlos de Melo Vieira Júnior**

FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome: Lucca Barbosa Borges

Título: “Projeto fotovoltaico a fim de gerar 20% da energia consumida na Universidade de São Paulo – Campus São Carlos”

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado
em 14 / 12 / 2023,

com NOTA 8,3 (oito ,três), pela Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Elmer Pablo Tito Cari - Orientador - SEL/EESC/USP

Mestre Gustavo Henrique de Paula Santos - Doutorando -
EESC/USP

Mestre Francisco Rodrigues Lemes - Doutorando - EESC/USP

Coordenador da CoC-Engenharia Elétrica - EESC/USP:
Professor Associado José Carlos de Melo Vieira Júnior

*A todos amigos, professores e
servidores da Escola de Engenharia
de São Carlos, dos quais fomos
incentivados desde o início.*

AGRADECIMENTOS

Em nome da dupla, é com imensa gratidão que dedicamos este trabalho a todos os valorosos funcionários da Escola de Engenharia de São Carlos. Ao longo de nossa trajetória acadêmica, eles desempenharam um papel fundamental em nosso desenvolvimento, contribuindo de maneira significativa por meio de seu profissionalismo e dedicação. Gostaríamos de expressar um agradecimento especial à secretária Jussara Ramos e ao funcionário João Betoni, cuja proatividade e disposição em nos auxiliar sempre que precisamos foram notáveis. Reconhecemos a importância de sua colaboração para o progresso de nosso trabalho e estamos profundamente gratos por tê-los como parte essencial de nossa jornada acadêmica.

Gostaríamos de estender nossos agradecimentos especiais à nossa amada família, pais, mães, irmãos, bem como aos nossos amigos e colegas de curso de Engenharia Elétrica. Sua presença constante ao longo dos anos na USP, tanto dentro quanto fora da universidade, foi fundamental para compartilhar momentos de dificuldades e experiências positivas. Agradecemos por todo o apoio e incentivo que nos proporcionaram durante nossa jornada acadêmica.

Por fim, reservamos uma dedicatória especial ao Professor Doutor Elmer Pablo Tito Cari, nosso orientador. Sua orientação sábia e experiente guiou todo o conteúdo presente neste trabalho. Sem a sua orientação valiosa, nada disso teria se concretizado, e sempre fomos agraciados com seus bons conselhos. Estamos imensamente gratos pela oportunidade de aprender com o senhor e pelo impacto positivo que teve em nossa formação acadêmica.

“Aqueles que se sentem satisfeitos sentam-se e nada fazem. Os insatisfeitos são os únicos benfeitores do mundo”

Walter Savage Landor

RESUMO

BORGES, L. B. e ZHANPENG, P. C. **“Projeto fotovoltaico para suprir 20% da energia consumida na Universidade de São Paulo – Campus São Carlos”** 2023. 96 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2023.

O objetivo deste trabalho é desenvolver um memorial descritivo básico de sistemas fotovoltaicos a serem instalados na Universidade de São Paulo – Campus São Carlos. O projeto prevê a instalação de miniusinas instaladas nos telhados dos prédios e em solo a fim de gerar 20% de toda energia consumida pela universidade.

São detalhados todos os fins necessários para elaborar o memorial que consiste em realizar a análise das contas de energia da universidade, cálculo da energia fotovoltaica a ser gerada para compensar 20% da energia consumida, cálculo da potência fotovoltaica a ser instalada, escolha dos prédios por meio de drones, visitas técnicas, preenchimento de checklists, dimensionamento dos módulos e o dimensionamento do inversor.

Após uma análise preliminar na USP Área I, foram identificados 23 prédios e uma miniusina, resultando em uma capacidade de 12% da potência fotovoltaica necessária para cobrir 100% do consumo total de energia.

Na USP Área II, está prevista a instalação de um sistema fotovoltaico no telhado do centro de convenções, com uma potência de 75 kWp. Esse sistema será complementar à usina de solo já existente na Área II, com 60 kWp de potência instalada. Assim, a Área II da USP Campus São Carlos contará com um total de 135 kWp de capacidade fotovoltaica.

Palavras-chave: Energia. Usina fotovoltaica. Memorial Descritivo. Potência fotovoltaica.

ABSTRACT

BORGES, L. B. e ZHANPENG, P. C. **“Photovoltaic project to supply 20% of the energy consumed at the University of São Paulo – Campus São Carlos”** 2023. 96 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2023.

The objective of this work is to develop a basic descriptive memorandum of photovoltaic systems to be installed at the University of São Paulo - São Carlos Campus. The project envisages the installation of mini power plants on the roofs of buildings and on the ground to generate 20% of all energy consumed by the university.

All necessary purposes are detailed to elaborate the memorandum, which includes conducting an analysis of the university's energy accounts, calculating the photovoltaic energy to be generated to offset 20% of the consumed energy, determining the photovoltaic power to be installed, selecting buildings through drones, technical visits, checklist completion, module sizing, and inverter sizing.

After a preliminary analysis in USP Area I, 23 buildings and a mini power plant were identified, resulting in a capacity of 12% of the necessary photovoltaic power to cover 100% of the total energy consumption.

In USP Area II, the installation of a photovoltaic system on the roof of the convention center is planned, with a power of 75 kWp. This system will be complementary to the existing ground power plant in Area II, with an installed power of 60 kWp. Thus, USP Area II at São Carlos Campus will have a total photovoltaic capacity of 135 kWp.

Keywords: Energy. Photovoltaic plant. Descriptive Memorandum. Photovoltaic Power.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Matriz elétrica brasileira 2023.....	22
Figura 2: Garagem solar do SEL.....	30
Figura 3: Prédio do departamento com instalação fotovoltaica	31
Figura 4: Vista superior do carport novo ao lado do carport já instalado	32
Figura 5: Sistema fotovoltaico atual do campus II.....	33
Figura 6: Checklist para as instalações no telhado.....	44
Figura 7: Checklist para as instalações no solo.....	44
Figura 8: Fluxograma do projeto fotovoltaico	49
Figura 9: Prédio Bloco B – Produção.....	51
Figura 10: Tabela de Irradiância solar de São Carlos	52
Figura 11: Vista por cima do prédio.....	53
Figura 12: Disposição dos módulos no prédio	54
Figura 13: Datasheet do inversor trifásico Growatt	56
Figura 14: Local para instalação dos dois inversores.....	57
Figura 15: Quadro de distribuição principal.....	58
Figura 16: Disjuntor do Quadro de Distribuição Principal CA.....	59
Figura 17: Mapas dos prédios selecionados	61
Figura 18: Foto área do campus I onde se realizada as instalações.....	62
Figura 19: Bloco 4 – Central – ICMC.....	62
Figura 20: Bloco 4 – Lado direito – ICMC	63
Figura 21: Bloco 3 – Sala dos Professores – ICMC.....	63
Figura 22: BLOCO 3 – Pesquisa – ICMC	64
Figura 23: BLOCO 2 – Biblioteca – ICMC	64
Figura 24: BIBLIOTECA EESC	65
Figura 25: BLOCO B – PRODUÇÃO.....	65
Figura 26: BLOCO D – EESC.....	66
Figura 27: PRÉDIO Antigo – SEL – EESC	66
Figura 28: PRÉDIO NOVO – SEL – EESC.....	67
Figura 29: CETEPE – EESC	67
Figura 30: Transporte – EESC	68
Figura 31: Sala de aula IQSC – Q5	68
Figura 32: Laboratório IQSC – Q1	69
Figura 33: Laboratório de Pesquisa - IFSC.....	69
Figura 34: BLOCO D – IFSC.....	70
Figura 35: BLOCO C – IFSC.....	70
Figura 36: BLOCO A – IFSC.....	71
Figura 37: Laboratório Didático IFSC.....	71
Figura 38: Marcenaria – EESC.....	72
Figura 39: Salão de eventos – PCASC	72
Figura 40: CEFER Academia – PCASC.....	73
Figura 41: CEFER ADM – PCASC	73
Figura 42: MiniUsina – Almoxarifado – PCASC.....	74
Figura 43: Centro de convenções - USP Área II.....	76

Figura 44: Laudo realizado pela T&M engenharia	78
Figura 45: Prédios selecionados após o laudo	78
Figura 46: Mapa dos prédios selecionados	80

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Produção fotovoltaica no departamento de engenharia elétrica e de computação	33
Tabela 2: Produção fotovoltaica no campus II	34
Tabela 3: Consumo anual de energia e total pago da Área Norte	36
Tabela 4: Consumo anual de energia e total pago da Área Sul.....	36
Tabela 5: Consumo anual de energia e total pago da área IFSC I	36
Tabela 6: Consumo anual de energia e total pago da área IFSC II	37
Tabela 7: Consumo anual de energia e total pago da área II.....	37
Tabela 8: Cálculo da energia fotovoltaica para cada unidade consumidora	39
Tabela 9: Cálculo da potência necessária para chegar em 20% na área I.....	40
Tabela 10: Cálculo da potência necessária para chegar em 20% na área II.....	40
Tabela 11: Limite da potência na área II	41
Tabela 12: Potência fotovoltaica gerada em relação a energia consumida	60
Tabela 13: Potencial gerado em cada um dos prédios selecionados	74
Tabela 14: Potencial gerado nos projetos da área II.....	75

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Elemento opcional. É composto de uma relação alfabética das abreviaturas e siglas utilizadas no texto seguido do seu significado.

ABNT	–	Associação Brasileira de Normas Técnicas
MME	–	Ministério de Minas e Energia
MWh	–	Mega Watt hora
MW	–	Mega Watt
BNDES	–	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
SIN	–	Sistema Integrado Nacional
ESG	–	Environmental, Social and Governance
IEA	–	International Energy Agency
ODS	–	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ANEEL	–	Agência Nacional de Energia Elétrica
FV	–	Fotovoltaico
CA	–	Corrente Alternada
CC	–	Corrente Contínua
USP	–	Universidade São Paulo
UFPB	–	Universidade Federal da Paraíba
UFG	–	Universidade Federal de Goiás
UnB	–	Universidade de Brasília
UEL	–	Universidade Estadual de Londrina
UEM	–	Universidade Estadual de Maringá
kWp	–	Kilo Watt Pico
CRESEB	–	Centro de pesquisa de energia elétrica
CEPEL	–	Centro de referência para energia solar e eólica
IA	–	Inteligência artificial
MPPT	–	Maximum power point tracking

Sumário

1. INTRODUÇÃO	20
1.1. Universidades como agentes da transição energética.....	20
1.2. Matriz elétrica brasileira.....	21
1.3. Projetos fotovoltaicos em instituições públicas.....	22
1.4. Projeto fotovoltaico na Universidade de São Paulo (USP) Campus São Carlos.....	23
1.4.1. Objetivo geral.....	23
1.4.2. Objetivos específicos.....	23
2. PROJETOS FOTOVOLTAICOS NAS UNIVERSIDADES.....	24
2.1. Projeto fotovoltaico na Universidade de São Paulo (USP) Campus de São Paulo – Instituto de Energia e Meio Ambiente (IEE).....	24
2.2. Projeto fotovoltaico da Universidade Federal da Paraíba (UFPB).....	24
2.3. Projetos de universidades do estado do Paraná	25
2.4. Projeto fotovoltaico Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).....	26
2.5. Projeto fotovoltaico Universidade Federal do Goiás (UFG).....	27
2.6. Projeto fotovoltaico Universidade de Brasília (UnB)	28
2.7. Projetos fotovoltaicos Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).....	29
2.7.1. Projeto fotovoltaico Universidade Estadual de Campinas – Campus Limeira.....	29
2.7.2. Projeto fotovoltaico Universidade Estadual de Campinas – Campus Campinas	29
2.8. Sistemas fotovoltaicos em operação na Universidade de São Paulo Campus de São Carlos	30
2.8.1. Sistemas fotovoltaicos em operação na USP São Carlos – Área I	30
2.8.2. Sistemas fotovoltaicos em operação na USP São Carlos – Área II.....	33
2.9. Projetos fotovoltaicos em todos os Campus da Universidade de São Paulo	34
3. METODOLOGIA	35
3.1. Análise da energia consumida no Campus USP São Carlos	35
3.2. Cálculo da energia fotovoltaica necessária para compensar 20% da energia consumida	38
3.3. Cálculo da potência fotovoltaica necessária para atingir o objetivo de 20%	39
3.4. Mapeamento prévio dos possíveis prédios que poderiam ser utilizados por uso de drones..	41
3.5. Visitas técnicas.....	42
3.6. Preenchimento de checklist com principais informações.....	43
3.7. Planejamento da disposição dos módulos – dimensionamento	45
3.8. Dimensionamento do inversor	47
3.9. Memorial descritivo	47
4. EXEMPLIFICAÇÃO DE APLICAÇÃO DA METODOLOGIA.....	50

4.5.	Escolha do local	50
4.6.	Dados de incidência solar.....	51
4.7.	Dimensionamento.....	52
4.7.1.	Normas técnicas	52
4.7.2.	Dimensionamento dos módulos	53
4.8.	Inversor solar trifásico.....	54
4.9.	Quadro de distribuição e local de instalação do inversor	56
5.	RESULTADOS	60
5.5.	Área I.....	60
5.6.	Área II	75
6.	CONCLUSÃO	76
6.5.	Atualizações no memorial descritivo (Análise Estrutural).....	77
	REFERÊNCIAS.....	81
	APÊNDICE A – MEMORIAL DESCRITIVO COMPLETO.....	83

1. INTRODUÇÃO

1.1. Universidades como agentes da transição energética

Com o crescente aumento da demanda energética mundial, a busca por fontes de energia renovável tem se tornado cada vez mais necessária. Entre as fontes de energia renovável pode-se mencionar a energia solar, eólica, hidráulica, biomassa, entre outras.

Além disso, as fontes renováveis de energia têm como principal objetivo reduzir a dependência de fontes não renováveis, que causam impactos ambientais e possuem um esgotamento previsto para o futuro. Além disso, a utilização de energia renovável apresenta benefícios econômicos, sociais e ambientais, tornando-se uma alternativa viável e sustentável para o suprimento de energia.

Nesse contexto, as universidades podem atuar como protagonistas em pesquisas que cooperam com a transição energética e transformem o futuro da sociedade. Através de parcerias com empresas e órgãos governamentais, essas instituições podem realizar estudos de viabilidade técnica e econômica, projetos de implantação e manutenção de sistemas de geração de energia renovável, além de fornecer treinamentos e capacitação para profissionais da área. Além de suas funções tradicionais de pesquisa e educação, ela se destaca como um modelo exemplar para a sociedade, conscientizando a população sobre a importância e viabilidade do uso de fontes de energia sustentáveis.

Entre as atuais fontes de energia renovável mais preservam o meio ambiente, destacam-se a energia eólica e solar. A energia eólica, de certa forma, apresenta limitações geográficas, sendo mais viável nas regiões norte e sul do país, bem como em instalações off-shore, embora esta última seja uma opção mais dispendiosa. Por outro lado, a energia solar fotovoltaica emerge como uma solução altamente eficaz. Ela desempenha um papel crucial como fonte renovável e estão prontamente disponíveis para aproveitamento em todo o território nacional. O Brasil, por suas características geográficas e climáticas favoráveis, destaca-se como um dos melhores países para a utilização dessa forma de energia sustentável

Com isso, é importante que os estudantes de engenharia elétrica estejam familiarizados com essas tecnologias e sejam capacitados a desenvolver projetos que envolvam a utilização de energia renovável.

1.2. Matriz elétrica brasileira

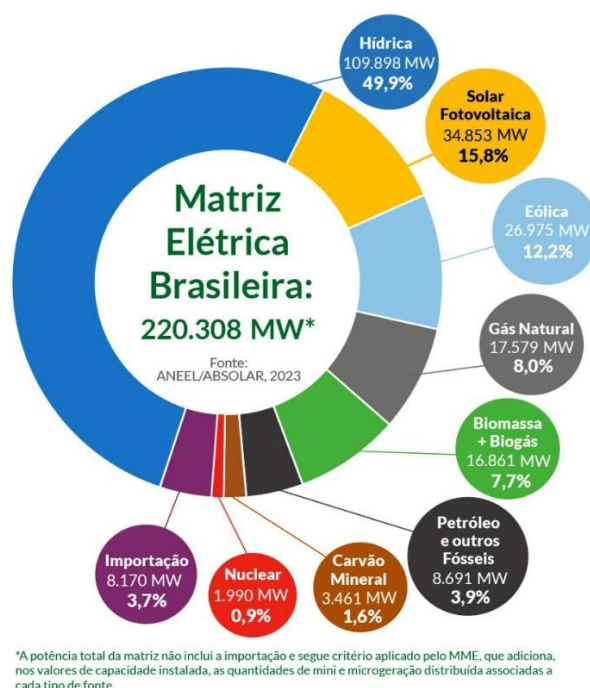
A matriz elétrica de um país é um elemento crucial para o seu desenvolvimento econômico e social, fornecendo a infraestrutura energética necessária para impulsionar diversos setores produtivos. No contexto atual, a Matriz Elétrica Brasileira representa um cenário complexo e dinâmico, marcado por avanços tecnológicos, mudanças regulatórias e preocupações crescentes com a sustentabilidade ambiental.

A história da matriz elétrica brasileira remonta ao final do século XIX, com a implantação das primeiras usinas hidrelétricas para atender demandas locais. Desde então, a geração de energia no país passou por mudanças significativas, impulsionadas principalmente pelo crescimento industrial e urbano. A década de 1970 foi marcada pela diversificação das fontes de energia com a introdução de usinas nucleares e termelétricas movidas a combustíveis fósseis.

Atualmente, a matriz elétrica brasileira é dominada pela geração hidrelétrica, que historicamente desempenhou um papel fundamental na garantia do suprimento energético nacional. As usinas hidrelétricas são responsáveis por 49,9% da capacidade instalada, beneficiando-se da vasta rede hidrográfica do país e de uma topografia propícia para a construção de barragens. A energia eólica e solar também têm ganhado espaço significativo nos últimos anos, impulsionadas por políticas públicas de incentivo às fontes renováveis.

No entanto, mesmo com um panorama favorável para a expansão das energias limpas, a Matriz Elétrica Brasileira ainda enfrenta desafios cruciais. A dependência excessiva das hidrelétricas torna o sistema vulnerável a variações climáticas, resultando em períodos de escassez hídrica e necessidade de acionamento de usinas termelétricas emergenciais, o que pode encarecer a conta de energia e aumentar as emissões de gases de efeito estufa. Diante do contexto descrito, torna-se evidente a pertinência dos investimentos em usinas solares e eólicas, capitalizando o vasto potencial do país para a exploração dessas fontes de energia.

Figura 1: Matriz elétrica brasileira 2023



Fonte: (ABSOLAR, 2023)

Em 2023, um marco significativo foi atingido quando a participação da fonte hidrelétrica na matriz elétrica do Brasil caiu abaixo de 50%, considerando a contribuição da geração distribuída. Essa parcela é predominantemente representada pela fonte solar fotovoltaica, que, por conseguinte, ascendeu para a segunda posição na matriz elétrica nacional. Essa mudança ilustra o crescente impacto e a ascensão da energia solar fotovoltaica como uma fonte crucial e cada vez mais proeminente no cenário energético do país.

1.3.Projetos fotovoltaicos em instituições públicas

O papel essencial do governo é promover e adotar medidas que contribuam para o bem-estar futuro da sociedade como um todo. Nesse contexto, a Califórnia, em 2018, estabeleceu normas inovadoras que tornaram obrigatória a instalação de painéis de captação de energia solar em todas as casas e edifícios com menos de 3 andares construídos a partir de 2020.

Seguindo esse exemplo, diversas cidades brasileiras estão adotando legislações que fomentam e difundem o uso de fontes de energia renovável. Em Porto Alegre (RS), um projeto de lei foi promulgado em 2021, tornando obrigatória a implementação de energia solar em prédios públicos, com a meta de que 20% da energia consumida seja proveniente de fonte solar

fotovoltaica. Em paralelo, a câmara de vereadores de São José do Rio Preto (SP) aprovou, no mesmo ano, uma lei que exige que a prefeitura instale módulos fotovoltaicos em seus prédios públicos, com o objetivo de compensar 50% do consumo energético desses edifícios.

Por fim, Campinas deu um passo significativo na promoção da energia solar fotovoltaica ao criar uma legislação que estabelece a meta de que até 2023, 50% da energia consumida pelos prédios públicos da cidade seja proveniente de fonte solar fotovoltaica. Para alcançar essa meta, todos os novos prédios públicos já contam com estrutura projetada para receber sistemas fotovoltaicos.

Em resumo, as ações governamentais voltadas para a promoção de energia renovável, como a instalação de painéis solares em edifícios públicos e a imposição de metas ambiciosas, refletem uma resposta assertiva à necessidade urgente de transição para fontes mais sustentáveis. Essas iniciativas não só buscam reduzir a dependência de fontes não renováveis, mas também desempenham um papel crucial na mitigação das mudanças climáticas, além de servirem de exemplo para outras instituições públicas.

1.4. Projeto fotovoltaico na Universidade de São Paulo (USP) Campus São Carlos

1.4.1. Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo apresentar uma abordagem detalhada referente à elaboração e dimensionamento do memorial descritivo, que compreende o projeto do sistema solar fotovoltaico no Campus de São Carlos da USP. A intenção central é esclarecer as nuances e passos essenciais envolvidos nesse processo específico, visando alcançar a meta de gerar **20% da energia consumida** por meio da implementação do sistema fotovoltaico.

1.4.2. Objetivos específicos

Ao longo do processo, foram avaliados diversos aspectos, desde a análise do perfil de consumo de energia da universidade até a seleção criteriosa de equipamentos e tecnologias fotovoltaicas mais adequadas ao clima e à localização geográfica da região. Foram também considerados os aspectos regulatórios e normativos, a fim de assegurar a conformidade com as diretrizes estabelecidas pelas autoridades competentes.

Para elaboração do memorial, etapas foram sistematicamente seguidas:

- Análise das contas de energia da Universidade
- Cálculo da energia fotovoltaica necessária para compensar 20% da energia consumida
- Cálculo da potência total a ser instalada
- Mapeamento prévio dos prédios utilizando Drone e ferramenta online Google Maps
- Visitas técnicas
- Checklist
- Dimensionamento e planejamento da distribuição dos módulos
- Dimensionamento do Inversor
- Elaboração do memorial descritivo do prédio em questão

2. PROJETOS FOTOVOLTAICOS NAS UNIVERSIDADES

2.1. Projeto fotovoltaico na Universidade de São Paulo (USP) Campus de São Paulo – Instituto de Energia e Meio Ambiente (IEE)

O “1º Prêmio Inovação e Tecnologia Brasil Solar”, promovido pelo EnerSolar + Brasil – Feira Internacional de Tecnologias para Energia Solar, reconheceu um projeto pioneiro que implantou quatro estações de energia solar fotovoltaicas no campus da Universidade de São Paulo (USP), em São Paulo, no ano de 2015. O sistema, desenvolvido pelo Instituto de Energia e Meio Ambiente (IEE) da USP, em parceria com a Escola Politécnica (Poli) da universidade, além das empresas Companhia de Transmissão de Energia Elétrica Paulista (CTEEP) e Cesp, obteve o primeiro lugar na categoria “Melhor Projeto Acadêmico de 2015”.

As quatro estações, em operação desde 2014, totalizam uma potência instalada de 540 kW no campus da USP, localizado no bairro do Butantã. O projeto teve como objetivo pesquisar diferentes arranjos de conexão para a interconexão à rede elétrica, visando aprofundar o estudo das características e propriedades do sistema solar fotovoltaico. O investimento para a instalação das usinas foi de aproximadamente R\$ 7.000,00 por kW.

2.2. Projeto fotovoltaico da Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

A Universidade Federal da Paraíba (UFPB) inaugurou em 2023 uma nova usina fotovoltaica nas dependências do Centro de Tecnologia e Desenvolvimento Regional (CTDR).

Este capítulo explora o desenvolvimento de uma solução inovadora baseada em inteligência artificial (IA) que se integra ao sistema fotovoltaico já instalado pela universidade no ano anterior.

O projeto, resultado de uma parceria estratégica entre a UFPB, a empresa L8 Energy e a Huawei, incorpora a mais recente tecnologia de trackers solares, responsáveis por maximizar a captação da radiação solar pelos painéis fotovoltaicos. Esses trackers inteligentes foram projetados com algoritmos desenvolvidos pelos pesquisadores da UFPB em conjunto com a tecnologia avançada da Huawei, determinando o melhor ângulo de posicionamento dos módulos ao longo do dia, resultando em um alto aproveitamento de energia e maior eficiência quando comparado aos sistemas fotovoltaicos convencionais.

Nesse contexto, o professor Euler Machado, coordenador do projeto, ressalta a relevância desse equipamento para o desenvolvimento de pesquisas na universidade, realçando o papel fundamental da inteligência artificial na obtenção de um aumento de até 6% na geração de energia mesmo em dias nublados ou chuvosos, algo além do que sistemas fotovoltaicos convencionais poderiam alcançar.

A usina possui uma potência instalada de 241,8 kWp e pode gerar até 520 MWh por ano, atendendo a demanda aproximada de 280 residências. Seu complexo sistema foi montado com o auxílio de trackers da STI Norland, cuidadosamente combinados com 372 módulos Canadian de 650 W cada, além de dois inversores fornecidos pela Huawei.

A iniciativa da UFPB de expandir sua geração de energia solar por meio da sinergia com a inteligência artificial é um passo significativo em direção à adoção de fontes de energia mais limpas e eficientes. Essa combinação de tecnologias avançadas não apenas supre de maneira sustentável as necessidades energéticas da universidade, mas também contribui para o progresso da pesquisa e da inovação tecnológica no campo da energia renovável.

Com esse projeto inovador, a UFPB reafirma o seu firme compromisso com a sustentabilidade energética, estabelecendo-se como uma referência inspiradora para outras instituições e empresas que buscam adotar soluções cada vez mais eficientes e amigas do meio ambiente.

2.3. Projetos de universidades do estado do Paraná

A Unioeste (Universidade Estadual do Oeste do Paraná) recentemente se juntou ao grupo de instituições que investem nessa fonte limpa de energia. A universidade inaugurou sua própria usina fotovoltaica em 2023, que recebeu um investimento de R\$ 1,04 milhão e foi

equipada com 572 módulos fotovoltaicos de 550 W de potência. Essa iniciativa faz parte do Programa de Eficiência Energética da Copel (Companhia Paranaense de Energia), que busca incentivar a adoção de energias renováveis.

A UEL (Universidade Estadual de Londrina) foi uma das pioneiras nesse movimento no Paraná, iniciando a operação de sua usina solar em 2019. Composta por 1.020 painéis solares, a usina tem uma capacidade média de geração de 400 MWh por ano e ocupa uma área de aproximadamente dois mil metros quadrados no estacionamento da Clínica Odontológica Universitária.

Outra instituição que aderiu à geração solar é a UEM (Universidade Estadual de Maringá). Em junho de 2020, a universidade implantou um sistema fotovoltaico com 1.440 módulos, resultando em uma geração média de 574 MWh por ano.

A Unicentro (Universidade Estadual do Centro-Oeste) também está comprometida com a sustentabilidade e, em dezembro de 2022, instalou 179 painéis solares, com capacidade de geração de 80 kWp.

2.4. Projeto fotovoltaico Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

A Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) celebrou a inauguração do conjunto de usinas fotovoltaicas instaladas nos três Centros de Atividades Didáticas (CADs) do campus Pampulha em junho de 2022. Esse complexo é composto por três usinas que abrangem uma área de 2.627 metros quadrados e têm uma potência instalada total de 507 kWp (quilowatt pico). O projeto, que contou com um investimento de R\$ 2,2 milhões, foi financiado pela Secretaria de Educação Superior do Ministério da Educação (MEC) e prevê uma economia anual estimada em R\$ 415 mil para a Universidade.

O vice-reitor da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Alessandro Fernandes Moreira, enfatizou a significância do projeto não apenas como um meio de economia, mas também como uma oportunidade de formação e pesquisa para os estudantes de graduação e pós-graduação envolvidos no processo. Ademais, salientou a decisão acertada da UFMG em conceber um projeto de energia sustentável, abrangendo não apenas os painéis fotovoltaicos, mas também as turbinas e o banco de energia da minirrede da universidade. Esta abordagem é direcionada à redução dos custos com energia e à instituição de um modelo mais sustentável de geração energética.

O projeto Oásis-UFMG, um braço da iniciativa UFMG Sustentável, também foi enfatizado como um exemplo de investigação técnico-científica que pode servir de modelo para outras instituições de ensino públicas e privadas.

Usina CAD 1: 311 painéis, área estimada de 700 m², potência instalada de 129 kWp e geração estimada de 169 MWh/ano, com potencial de economia anual de R\$ 113 mil.

Usina CAD 2: 508 painéis, área estimada de 1.122 m², potência instalada de 229 kWp e geração estimada de 290,1 MWh/ano. Essa usina deve iniciar suas operações no primeiro semestre de 2023, com potencial de economia anual de R\$ 176 mil.

Usina CAD 3: 358 painéis, área estimada de 805 m², potência instalada de 149 kWp e geração estimada de 187,4 MWh/ano, com potencial de economia anual de R\$ 126 mil.

Com a inauguração desse complexo fotovoltaico, a UFMG dá um importante passo rumo à sustentabilidade energética, contribuindo para a redução de custos e para o desenvolvimento de tecnologias limpas e renováveis.

2.5. Projeto fotovoltaico Universidade Federal do Goiás (UFG)

A Universidade Federal de Goiás (UFG) celebrou um importante marco na sua trajetória rumo à sustentabilidade energética. Foi inaugurado o conjunto de usinas fotovoltaicas em dezembro de 2021 que, fruto de um projeto iniciado em 2018, agora representa 36% do consumo de energia elétrica utilizado pela instituição. O objetivo central desse empreendimento foi a redução do consumo de energia por meio da adoção de fontes renováveis.

O complexo fotovoltaico da UFG é composto por 24 usinas, distribuídas nos Campus Samambaia e Colemar Natal e Silva. Esse conjunto totaliza mais de 10 mil painéis solares, capazes de gerar 3,7 megawatts (MW) de energia, equivalente ao consumo anual de 2.935 residências populares. Estima-se que as usinas proporcionarão uma economia anual de aproximadamente R\$ 4,52 milhões.

Um aspecto relevante do projeto é a preocupação com o impacto ambiental. O diretor do Comitê Gestor de Energia Elétrica (CGEE), Antonio Melo, enfatizou que a energia gerada pelas usinas contribuirá significativamente para a redução de emissões de gás carbônico (CO₂) na atmosfera, evitando a liberação de aproximadamente 517 toneladas de CO₂. Para neutralizar essa quantidade de carbono, seriam necessárias cerca de 3.700 árvores.

Outro ponto a se destacar é a eficiência espacial do projeto. Apesar de ocuparem uma área total de 31.53 metros quadrados, a maioria das usinas foi instalada nos telhados das unidades e órgãos da universidade, priorizando o uso racional dos espaços. Apenas 6 das 24 usinas foram implantadas no solo.

Do ponto de vista financeiro, a iniciativa é fundamental para a UFG. A tarifa de energia elétrica tem um peso significativo no orçamento da instituição, que enfrenta um cenário desafiador em relação ao financiamento nos últimos anos. O pró-reitor de Administração e Finanças (Proad) da UFG, Robson Maia, revelou que a redução nos gastos com energia elétrica é imprescindível para aliviar o orçamento, que sofreu cortes sucessivos. Com as usinas fotovoltaicas em operação, a universidade prevê uma economia anual de R\$ 4,5 milhões, o que representa quase 40% do orçamento total de 2021, estimado em cerca de R\$ 50 milhões.

2.6. Projeto fotovoltaico Universidade de Brasília (UnB)

A Faculdade UnB Gama (FGA) inaugurou em 2019 o primeiro sistema de geração de energia solar fotovoltaica da universidade. Foram instalados 294 módulos fotovoltaicos, com capacidade máxima de geração de 104,6 kWp (quilowatt-pico). Estima-se que o sistema será capaz de suprir cerca de um terço da demanda atual da FGA. O investimento de R\$ 505 mil foi financiado pelo orçamento próprio da Universidade.

A reitora Márcia Abrahão ressaltou a importância do projeto como ferramenta de aprendizado para os estudantes e destacou a união e cooperação entre as diversas faculdades e setores da universidade. Ela enfatizou a responsabilidade da instituição em buscar soluções práticas para problemas concretos, mostrando o valor e a excelência da UnB em todas as suas ações.

A implementação do sistema de geração de energia solar fotovoltaica na FGA faz parte de um conjunto de ações alinhadas com o Plano de Logística Sustentável da instituição. Nesse sentido, além dos módulos fotovoltaicos na FGA, a Universidade já inaugurou usinas fotovoltaicas em outras unidades, como a Faculdade UnB Ceilândia, a Faculdade UnB Planaltina e o campus Darcy Ribeiro.

2.7. Projetos fotovoltaicos Universidade Estadual de Campinas (Unicamp)

2.7.1. Projeto fotovoltaico Universidade Estadual de Campinas – Campus Limeira

A empresa Neoenergia marcou a inauguração de um sistema fotovoltaico no Campus da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) em Limeira (SP) no dia 31 de maio de 2023. Com capacidade para abastecer o equivalente a 300 residências, as três usinas solares possuem um total de 520 kWp de potência instalada e promovem uma considerável redução de aproximadamente 33% no consumo de energia da Universidade de Campinas – Campus de Limeira. Essa eficiência traduz-se em uma economia mensal de cerca de R\$ 60 mil na conta. O sistema, composto por 978 painéis, abrange o fornecimento para instituições de ensino, incluindo a Faculdade de Ciências Aplicadas (FCA), a Faculdade de Tecnologia e o Colégio Técnico de Limeira (Cotil), atendendo a mais de três mil pessoas, entre alunos e professores.

2.7.2. Projeto fotovoltaico Universidade Estadual de Campinas – Campus Campinas

Anteriormente a este projeto, a Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) celebrou um marco histórico ao inaugurar a primeira fase de sua usina de energia solar, um projeto inovador e sem precedentes em universidades públicas em abril de 2019. Em colaboração com a CPFL Paulista, a Unicamp investiu R\$ 10 milhões nesse empreendimento ambicioso, marcando uma nova era na busca por soluções sustentáveis e eficientes.

A magnitude desse projeto foi evidenciada pela capacidade dos módulos fotovoltaicos, atingindo 534 kWp (quilowatt-pico), marco que inaugurava a maior planta de energia fotovoltaica da América Latina em uma universidade.

O sistema fotovoltaico tem a capacidade de gerar impressionantes 1 milhão de kWh durante 12 meses, o suficiente para abastecer 450 residências anualmente. Esta iniciativa não apenas representa um avanço ecologicamente responsável, mas também promete gerar uma economia substancial na conta de luz da universidade, estimada em até R\$ 2 milhões por ano.

Além do impacto imediato na eficiência energética da Unicamp, o projeto visa utilizar os dados gerados pelos módulos fotovoltaicos em pesquisas acadêmicas, contribuindo para a formação de uma consciência ambiental entre os estudantes e a capacitação de mão de obra qualificada para a indústria de energia elétrica.

2.8. Sistemas fotovoltaicos em operação na Universidade de São Paulo Campus de São Carlos

A Universidade de São Paulo (USP) Campus São Carlos já possui 4 sistemas fotovoltaicos instalados em operação, sendo 3 na Área I e 1 na Área II. Segue abaixo o detalhamento de cada um deles:

2.8.1. Sistemas fotovoltaicos em operação na USP São Carlos – Área I

A Universidade de São Paulo (USP) tem liderado o caminho na adoção de tecnologias sustentáveis, com destaque para a energia solar fotovoltaica, em suas unidades acadêmicas. Um notável exemplo dessa iniciativa pode ser encontrado no Departamento de Engenharia Elétrica e de Computação (SEL) da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC), em janeiro de 2020, o SEL recebeu a instalação de uma moderna garagem coberta, equipada com avançados painéis solares. A estrutura consiste em 12 painéis fotovoltaicos, cada um com uma potência de 380W da marca AstroSemi e um inversor da marca WEG modelo SIW300H/M040 de 4kW, responsável por converter a energia solar gerada em energia alternada, prontamente utilizável na rede elétrica.

Figura 2: Garagem solar do SEL



Fonte: (SEL, 2020)

Com duas entradas CA disponíveis no inversor, o sistema atinge seu desempenho máximo, gerando até 529 kWh/mês, quantidade suficiente para abastecer duas residências com quatro moradores cada. Além disso, a garagem também está equipada com tomadas para o carregamento de carros elétricos e celulares, tornando-a ainda mais versátil e eficiente em termos energéticos.

Essa iniciativa não é a primeira do tipo na USP em São Carlos, uma vez que o professor Elmer já coordenou anteriormente um projeto que resultou na instalação do primeiro sistema fotovoltaico na cobertura de um dos prédios do Departamento. Esse sistema também é utilizado para geração de energia elétrica e possui potência de 3.100 W, onde o sistema é composto de 12 painéis fotovoltaicos, cada um com uma potência de 270W, e um inversor de 3kW, responsável por converter a energia solar gerada em energia alternada. Sendo que ambos os sistemas fotovoltaicos são monitorados pela central de monitoramento do sistema cuja localização fica no Laboratório de Análise Computacional em Sistemas Elétricos (Lacosep), onde é possível acompanhar toda a potência gerada pelos painéis em tempo real e fazer uma estimativa de quanto é possível gerar no futuro baseado nos dados obtidos.

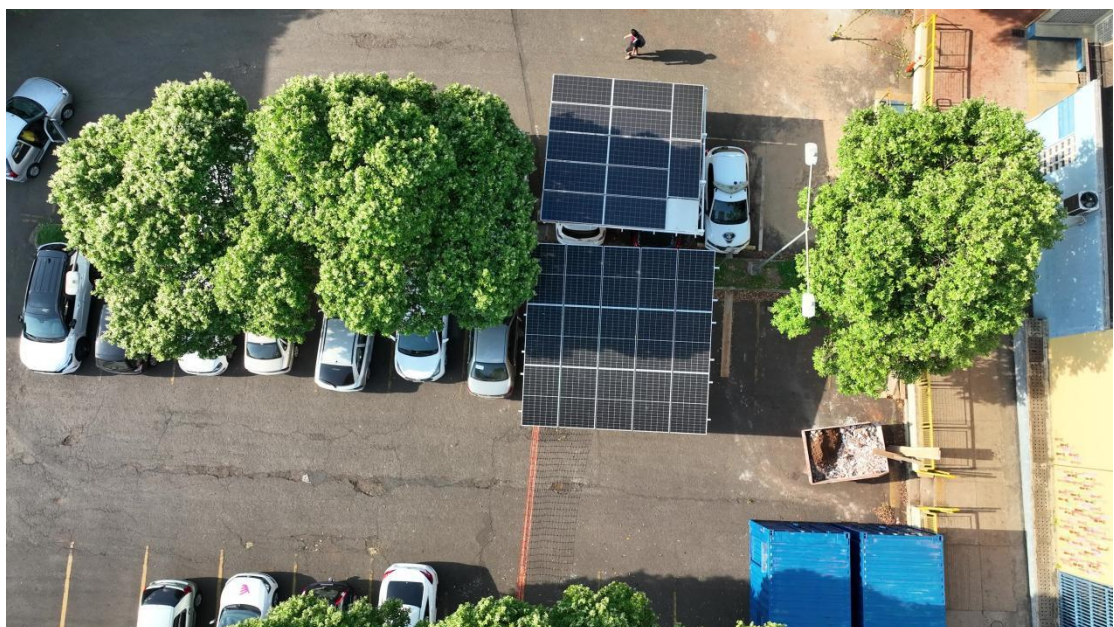
Figura 3: Prédio do departamento com instalação fotovoltaica



Fonte: (Autoria própria, 2023)

Por fim, recentemente em 2023, foi instalado um novo projeto de Carport Solar bastante semelhante ao projeto do Carport Solar anteriormente apresentado. O sistema conta com 15 módulos de 475W de potência resultando em uma potência fotovoltaica de 7,1kWp e uma potência CA de 6,0kW. O novo Carport solar também se encontra no Departamento de Engenharia Elétrica e Computação da Área I, próximo ao Carport Solar já instalado.

Figura 4: Vista superior do carport novo ao lado do carport já instalado



Fonte: (Autoria própria, 2023)

Assim, com o novo carport instalado e as demais instalações fotovoltaicas no departamento de engenharia elétrica e computação temos a 13kW de potência injetada e 14,9kW de potência no lado CC conforme mostrado na tabela abaixo.

Tabela 1: Produção fotovoltaica no departamento de engenharia elétrica e de computação

Local	Módulo (W)	Potência CC (kW)	Potência CA (kW)	Localização
Lacosep	270	3,1	3,0	Dep. Eng. Elétrica e Comp.
Carport-antigo	370	4,5	4,0	Dep. Eng. Elétrica e Comp.
Carport novo	475	7,1	6,0	Dep. Eng. Elétrica e Comp.

Fonte: (Autoria própria, 2023)

2.8.2. Sistemas fotovoltaicos em operação na USP São Carlos – Área II

A Universidade de São Paulo São Carlos Área II, em parceria com a reitoria da universidade, implementaram um novo e inovador sistema fotovoltaico instalado no gramado próximo centro de convenções do campus. Essa iniciativa marca mais um passo significativo para a sustentabilidade e busca por fontes de energia limpa na instituição.

O sistema fotovoltaico de grande escala é composto por três strings no solo, cada uma contendo 50 painéis solares, resultando em um total de 150 painéis fotovoltaicos. Cada painel possui uma potência de 400W, somando uma potência total de 60 kW para todo o sistema. Além disso, conta com um inversor de kW responsável por converter a energia solar gerada em energia alternada, permitindo a utilização direta da eletricidade gerada pelos painéis.

Figura 5: Sistema fotovoltaico atual do campus II



Fonte: (http://www.sel.eesc.usp.br/cursosolar/?page_id=3028., 2023)

Tabela 2: Produção fotovoltaica no campus II

Nome	Módulo (W)	Potência CC (kW)	Potência CA (kW)	Localização
Microiusina CConv	405	60,75	60	USP-São Carlos/Area II

Fonte: (Autoria própria, 2023)

2.9. Projetos fotovoltaicos em todos os Campus da Universidade de São Paulo

Com a intenção de adotar práticas mais sustentáveis, o reitor da Universidade de São Paulo, Professor Carlotti, anunciou a decisão de instalar sistemas fotovoltaicos em todos os campus da instituição, sendo eles: Campus de São Paulo (Cidade Universitária), Campus de Ribeirão Preto, Campus de Piracicaba (Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - ESALQ), Campus de Lorena, Campus de São Carlos, Campus de Bauru, Campus de Pirassununga (Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos - FZEA), Campus de Santos, Campus de São José do Rio Preto, Campus de Pinheiros (Faculdade de Medicina). Essa medida tem como objetivo diversificar a matriz energética, buscando gerar 20% da energia consumida em cada campus por meio desses sistemas renováveis. A iniciativa reflete não apenas um compromisso com a responsabilidade ambiental, mas também destaca a importância crescente da energia solar fotovoltaica na transição para fontes mais limpas e ecologicamente conscientes.

A seguir, será detalhado o trabalho que foi realizado na USP de São Carlos a fim de atingir este objetivo proposto pelo reitor Carlotti.

3. METODOLOGIA

A Universidade de São Paulo Campus São Carlos está dividida em duas áreas distintas. A Área I, situada no centro da cidade, abriga a maioria dos cursos oferecidos pela universidade e encontra-se praticamente completamente construída, sendo a localização original do Campus. Por outro lado, a Área II está localizada em uma região mais afastada do centro, proporcionando um amplo espaço para futuras edificações.

A Área I é composta por quatro unidades consumidoras, nomeadas como UC Área Norte, UC Área Sul, UC IFSC – I e UC IFSC – II. Em contraste, a Área II possui apenas uma unidade consumidora.

A seguir, será mostrado como foi conduzido cada passo do projeto de cada prédio até finalizarmos com a elaboração do memorial descritivo.

3.1. Análise da energia consumida no Campus USP São Carlos

A fim de obter informações essenciais sobre a demanda e o consumo de energia elétrica da universidade, foi realizada uma análise das contas de energia, excluindo-se o período afetado pela pandemia. Essa análise é de extrema importância, pois permite compreender o perfil de consumo da instituição, facilitando a determinação da potência fotovoltaica necessária para ser instalada.

Os registros incluíram informações como o período de dias, a quantidade de energia consumida mensalmente em kWh, os horários de pico de consumo, a carga máxima demandada e o total pago incluso as multas e outros fatores desconhecidos para compreender o padrão de consumo de energia da universidade.

Com base nessas informações, várias tabelas foram criadas para apresentar os resultados da análise das contas de energia. As tabelas oferecem uma visão clara e organizada dos dados coletados, permitindo uma melhor compreensão dos padrões de consumo de energia ao longo do tempo. As tabelas abaixo apresentam um resumo dos principais dados obtidos durante a análise das contas de energia da universidade:

Tabela 3: Consumo anual de energia e total pago da Área Norte

Área Norte					
Mês	Tarifa	Consumo de Ponta (kWh)	Consumo F. Ponta (kWh)	Consumo Total (kWh)	Total (R\$)
jan-19	THS Verde	27.620,00	309.840,00	337.460,00	R\$ 147.398,42
fev-19	THS Verde	27.080,00	281.020,00	308.100,00	R\$ 139.476,54
mar-19	THS Verde	31.000,00	318.020,00	349.020,00	R\$ 160.198,06
abr-19	THS Verde	33.500,00	306.700,00	340.200,00	R\$ 167.330,18
mai-19	THS Verde	32.160,00	290.160,00	322.320,00	R\$ 158.741,64
jun-19	THS Verde	25.960,00	248.660,00	274.620,00	R\$ 132.726,36
jul-19	THS Verde	27.800,00	236.100,00	263.900,00	R\$ 135.711,92
ago-19	THS Verde	29.820,00	258.840,00	288.660,00	R\$ 153.046,09
set-19	THS Verde	32.820,00	299.820,00	332.640,00	R\$ 175.354,28
out-19	THS Verde	39.320,00	354.600,00	393.920,00	R\$ 199.066,02
nov-19	THS Verde	26.020,00	271.060,00	297.080,00	R\$ 149.453,48
dez-19	THS Verde	26.020,00	271.060,00	297.080,00	R\$ 149.453,48

Fonte: (Autoria própria, 2023)

Tabela 4: Consumo anual de energia e total pago da Área Sul

Área Sul					
Mês	Tarifa	Consumo de Ponta (kWh)	Consumo F. Ponta (kWh)	Consumo Total (kWh)	Total (R\$)
jan/19	THS Verde	29.394,00	373.292,00	402.686,00	R\$ 173.427,76
fev/19	THS Verde	34.781,00	397.163,00	431.943,00	R\$ 187.924,75
mar/19	THS Verde	40.165,00	385.306,00	425.472,00	R\$ 186.016,12
abr/19	THS Verde	50.048,00	420.643,00	470.690,00	R\$ 218.064,72
mai/19	THS Verde	44.312,00	428.628,00	472.940,00	R\$ 235.666,31
jun/19	THS Verde	41.293,00	352.165,00	393.459,00	R\$ 192.363,89
jul/19	THS Verde	37.826,00	341.467,00	379.293,00	R\$ 184.370,55
ago/19	THS Verde	36.727,00	342.414,00	379.141,00	R\$ 192.261,15
set/19	THS Verde	41.265,00	355.275,00	396.540,00	R\$ 210.246,17
out/19	THS Verde	56.249,00	465.092,00	521.340,00	R\$ 279.075,93
nov/19	THS Verde	68.322,00	608.528,00	676.850,00	R\$ 352.733,82
dez/19	THS Verde	33.469,00	320.835,00	354.304,00	R\$ 179.347,33

Fonte: (Autoria própria, 2023)

Tabela 5: Consumo anual de energia e total pago da área IFSC I

IFSC - I					
Mês	Tarifa	Consumo de Ponta	Consumo F. Ponta	Consumo Total	Total

		(kWh)	(kWh)	(kWh)	(R\$)
jan/19	THS Verde	14.511,00	164.987,00	179.498,00	R\$ 80.033,95
fev/19	THS Verde	15.467,00	177.615,00	193.082,00	R\$ 84.916,69
mar/19	THS Verde	17.211,00	179.372,00	196.583,00	R\$ 86.453,65
abr/19	THS Verde	19.307,00	186.124,00	205.430,00	R\$ 93.597,58
mai/19	THS Verde	16.674,00	186.875,00	203.549,00	R\$ 100.013,64
jun/19	THS Verde	14.788,00	146.551,00	161.339,00	R\$ 79.504,61
jul/19	THS Verde	15.253,00	152.768,00	168.020,00	R\$ 82.381,62
ago/19	THS Verde	14.810,00	148.403,00	163.213,00	R\$ 84.096,22
set/19	THS Verde	15.360,00	149.600,00	164.960,00	R\$ 86.907,11
out/19	THS Verde	20.164,00	194.791,00	214.955,00	R\$ 110.146,23
nov/19	THS Verde	26.778,00	269.236,00	296.014,00	R\$ 149.619,66
dez/19	THS Verde	16.149,00	168.023,00	184.172,00	R\$ 93.193,46

Fonte: (Autoria própria, 2023)

Tabela 6: Consumo anual de energia e total pago da área IFSC II

IFSC - II					
Mês	Tarifa	Consumo de Ponta (kWh)	Consumo F. Ponta (kWh)	Consumo Total (kWh)	Total (R\$)
jan-19	THS Verde	3.557,00	47.228,00	50.785,00	R\$ 22.371,68
fev-19	THS Verde	4.316,00	52.048,00	56.364,00	R\$ 24.677,95
mar-19	THS Verde	4.781,00	49.044,00	53.825,00	R\$ 23.904,23
abr-19	THS Verde	5.781,00	52.405,00	58.186,00	R\$ 26.872,12
mai-19	THS Verde	4.839,00	50.239,00	55.078,00	R\$ 27.570,96
jun-19	THS Verde	4.143,00	37.051,00	41.194,00	R\$ 20.957,93
jul-19	THS Verde	3.950,00	38.078,00	42.028,00	R\$ 21.105,25
ago-19	THS Verde	3.636,00	37.300,00	40.936,00	R\$ 21.395,76
set-19	THS Verde	4.254,00	39.408,00	43.661,00	R\$ 23.427,33
out-19	THS Verde	6.277,00	54.662,00	60.940,00	R\$ 31.853,90
nov-19	THS Verde	7.532,00	70.897,00	78.429,00	R\$ 40.306,07
dez-19	THS Verde	4.289,00	43.167,00	47.457,00	R\$ 24.432,46

Fonte: (Autoria própria, 2023)

Tabela 7: Consumo anual de energia e total pago da área II

Área II					
Mês	Tarifa	Consumo de Ponta (kWh)	Consumo F. Ponta (kWh)	Consumo Total (kWh)	Total (R\$)
jan/19	THS Verde	16.021,00	173.695,00	189.716,00	R\$ 89.540,73
fev/19	THS Verde	17.944,00	197.222,00	215.166,00	R\$ 100.677,97

mar/19	THS Verde	18.666,00	212.355,00	231.021,00	R\$ 107.136,54
abr/19	THS Verde	18.347,00	192.546,00	210.893,00	R\$ 104.338,61
mai/19	THS Verde	19.479,00	206.699,00	226.178,00	R\$ 119.219,05
jun/19	THS Verde	19.124,00	190.745,00	209.868,00	R\$ 104.988,73
jul/19	THS Verde	19.736,00	181.050,00	200.786,00	R\$ 101.367,43
ago/19	THS Verde	18.833,00	172.930,00	191.764,00	R\$ 105.927,24
set/19	THS Verde	19.580,00	205.038,00	224.618,00	R\$ 124.578,23
out/19	THS Verde	22.977,00	229.696,00	252.672,00	R\$ 137.237,72
nov/19	THS Verde	24.812,00	262.472,00	287.284,00	R\$ 157.260,23
dez/19	THS Verde	17.147,00	183.664,00	200.811,00	R\$ 108.092,92

Fonte: (Autoria própria, 2023)

3.2. Cálculo da energia fotovoltaica necessária para compensar 20% da energia consumida

Após analisarmos as informações de consumo de energia de cada unidade consumidora no Campus, torna-se possível realizar o cálculo da energia fotovoltaica necessária para compensar o consumo total da universidade. Dado que o objetivo deste trabalho é gerar 20% da energia consumida, a metodologia adotada consiste, primeiramente, em calcular a energia fotovoltaica necessária para compensar 100% do consumo (denominada "Energia Fotovoltaica 100%"). Posteriormente, multiplicaremos esse valor por 20% para concluir o cálculo da potência fotovoltaica, como será detalhado no próximo item.

Ao calcular a energia fotovoltaica para uma unidade consumidora do Grupo A, ou seja, aquela conectada à rede em uma tensão superior a 2,3 kV, é imprescindível levar em conta tanto o consumo no horário de ponta quanto o consumo fora do horário de ponta, além das tarifas (TE) aplicáveis a cada período. Isso se mostra necessário, pois como a tarifa do período de ponta é maior, deve-se gerar mais energia fotovoltaica a fim de compensar essa diferença de preço. Segue abaixo a fórmula a ser utilizada para o cálculo da Energia Fotovoltaica 100%:

Equação 1: Cálculo da energia fotovoltaica (100%)

$$E_{fv\ 100} = \text{Consumo fora ponta} + \frac{\text{TE ponta}}{\text{TE fora ponta}} * \text{Consumo ponta}$$

Onde $E_{fv\ 100}$ é a energia fotovoltaica 100% em questão em kWh. Os dados de consumo de cada unidade consumidora podem ser encontrados nas tabelas fornecidas no item anterior e

as tarifas para TE consideradas para esse cálculo foi a tarifa de agosto de 2022, onde TE (Ponta) = 0,49 e TE (Fora ponta) = 0,30. Segue abaixo tabela com os cálculos da energia fotovoltaica para cada unidade consumidora:

Tabela 8: Cálculo da energia fotovoltaica para cada unidade consumidora

Energia Fotovoltaica 100% (kWh)					
Mês	Área Norte	Área Sul	IFSC - I	IFSC - II	Área II
jan-19	354.961,97	421.312,10	188.693,19	53.038,97	199.868,03
fev-19	325.259,79	453.983,69	202.882,98	59.098,92	226.536,58
mar-19	368.663,78	450.922,37	207.489,10	56.854,58	242.849,09
abr-19	361.427,95	502.404,93	217.665,27	61.849,25	222.518,95
mai-19	342.698,84	501.019,20	214.114,82	58.144,33	238.521,26
jun-19	291.070,08	419.624,15	170.709,72	43.819,30	221.987,31
jul-19	281.516,03	403.262,21	177.686,37	44.531,00	213.292,12
ago-19	307.556,05	402.413,81	172.597,66	43.240,03	203.696,91
set-19	353.437,06	422.688,40	174.693,18	46.357,63	237.025,26
out-19	418.835,92	556.984,32	227.732,33	64.916,55	267.232,84
nov-19	313.568,10	720.143,62	312.982,42	83.201,80	303.006,63
dez-19	313.568,10	375.512,31	194.405,14	50.173,81	211.676,54
Total	4.032.563,67	5.630.271,11	2.461.652,17	665.226,16	2.788.211,53

Fonte: (Autoria própria, 2023)

Para determinarmos a quantidade de energia fotovoltaica necessária para cobrir 20%, é suficiente multiplicar o valor total da energia fotovoltaica 100% apresentada na tabela por 20%, conforme mencionado anteriormente:

Equação 2: Cálculo da energia fotovoltaica (20%)

$$E_{fv\ 20} = E_{fv\ 100} * 20\%$$

Onde $E_{fv\ 20}$ é a energia fotovoltaica necessária para suprir 20% da energia consumida.

3.3. Cálculo da potência fotovoltaica necessária para atingir o objetivo de 20%

Com base nos dados coletados na análise das contas de energia, foi possível calcular a energia fotovoltaica necessária para suprir 20% do consumo total da universidade. Com isso, torna-se possível realizar o cálculo da potência fotovoltaica (potência do lado CC) necessária para atingir a energia calculada.

Para tanto, utilizamos da fórmula abaixo para realizar o cálculo da potência fotovoltaica:

Equação 3: Cálculo da potência fotovoltaica

$$P_{FV} = \frac{E_{fv\ 20} * 1000}{\eta * 365 * irs}$$

Sendo η o rendimento do sistema fotovoltaico, irs a irradiância solar em kWh/(m².dia) e P_{FV} a potência fotovoltaica em kW. Para esse projeto consideramos $\eta = 0,8$ e $irs = 4,97\ kWh/(m^2.dia)$.

Segue abaixo o consolidado do cálculo da potência fotovoltaica a ser instalada em cada unidade consumidora da Área I:

Tabela 9: Cálculo da potência necessária para chegar em 20% na área I

UC	Energia Fotovoltaica 100% (kWh/Ano)	Energia Fotovoltaica 20% (kWh/Ano)	Potência Fotovoltaica (kWp)
Área Norte	4.032.563,67	806.512,73	555,74
Área Sul	5.630.271,11	1.126.054,22	775,93
IFSC - I	2.461.652,17	492.330,43	339,25
IFSC - II	665.226,16	133.045,23	91,68
Total	12.789.713,10	2.557.942,62	1.762,59

Fonte: (Autoria própria, 2023)

Segue abaixo o cálculo da potência para a Área II:

Tabela 10: Cálculo da potência necessária para chegar em 20% na área II

UC	Energia Fotovoltaica 100% (kWh/Ano)	Energia Fotovoltaica 20% (kWh/Ano)	Potência Fotovoltaica (kWp)
Área II	2.788.211,53	557.642,31	356,71

Fonte: (Autoria própria, 2023)

No entanto, para o cálculo da potência da Área II, deparou-se com um obstáculo que foi prontamente identificado, destacando a relevância de se realizar esses cálculos antes de iniciar qualquer dimensionamento de projeto fotovoltaico. Em que a demanda contratada na Área II é inferior à potência fotovoltaica calculada. Em resposta a essa discrepância, optou-se por limitar a potência com base na diferença entre a demanda contratada de 240 kW e o sistema já instalado de 60 kW dada a predisposição dos projetistas em alterar o dimensionamento do projeto do que

abrir uma solicitação de aumento na demanda contratada na distribuidora de energia do Campus. Dessa forma, apresenta-se a decisão tomada a seguir:

Tabela 11: Limite da potência na área II

Descrição	Potência Lado CA (kW)	Potência Lado CC (kWp)
Potência atual	60	60,67
Potência nova	180	234
Potência total	240	294,67

Fonte: (Autoria própria, 2023)

Assim, a capacidade máxima de potência CA que poderia ser instalada era de 180 kW. Ao levarmos em conta um fator de dimensionamento do inversor (FDI) de 1,3, é possível calcular a potência fotovoltaica máxima atual, alcançando 234 kWp.

3.4. Mapeamento prévio dos possíveis prédios que poderiam ser utilizados por uso de drones

Após determinar a potência necessária, foi realizado um mapeamento prévio dos possíveis prédios do campus que poderiam ser utilizados para instalação de módulos fotovoltaicos. Esse mapeamento considerou fatores como sombreamento, direção do telhado e propriedade privada, por exemplo. Para obter informações precisas, foi utilizado um drone para analisar o sombreamento dos prédios, o que é fundamental para garantir a eficiência do sistema.

A primeira etapa do nosso processo consistiu em listar os prédios potenciais com base em suas estruturas, identificando aqueles que apresentavam condições mínimas para receber a instalação de um sistema fotovoltaico. Paralelamente, investigamos se o telhado de cada prédio sofria com qualquer sombreamento ao longo do dia, proveniente de equipamentos no telhado (como ar-condicionado ou exaustores), presença de árvores ou outros edifícios vizinhos, por meio da utilização de drone.

Por fim, na fase inicial do processo de seleção, optamos por focar exclusivamente em prédios públicos, ou seja, edificações que são efetivamente propriedade da universidade. Nesse

sentido, excluímos instituições privadas localizadas no campus, como bancos e lanchonetes, do escopo de nossa análise. Essa abordagem nos permitiu direcionar nossa atenção para os edifícios que estão sob a gestão direta da universidade, maximizando o potencial de implementação do sistema fotovoltaico em locais onde há maior controle e envolvimento da instituição acadêmica.

Em seguida, avançamos para uma análise mais aprofundada, observando a orientação do telhado em relação à direção dos raios solares em diferentes estações do ano. Esse estudo permitiu compreender o comportamento do sombreamento e nos auxiliou na realização de uma filtragem criteriosa por meio de um modelo funil, resultando na seleção dos prédios mais adequados para receber a instalação dos painéis solares.

Em um terceiro momento, utilizamos um drone para obter imagens visuais e fotografias detalhadas dos telhados, a fim de analisar minuciosamente suas condições e identificar possíveis áreas de sombreamento que poderiam não ter sido detectadas nas análises anteriores. Nessa etapa, tornou-se imprescindível registrar imagens de qualidade para a documentação do projeto, além de realizarmos uma apresentação ao grupo para validar o mapeamento prévio e obter feedback adicional.

Dessa forma, essas etapas metodológicas nos permitiram realizar uma seleção precisa e embasada dos prédios mais adequados para a instalação do sistema fotovoltaico, considerando tanto a estrutura física quanto as condições de sombreamento. A utilização de drones foi uma ferramenta essencial para obter informações visuais e documentação do projeto, contribuindo para a precisão e eficiência de nossa análise.

3.5. Visitas técnicas

Com a conclusão do mapeamento prévio, partimos para a etapa seguinte, na qual foram realizadas visitas técnicas em cada um dos prédios identificados como possíveis locais para a instalação dos módulos fotovoltaicos. Durante essas visitas, nossa equipe conduziu uma avaliação minuciosa, levando em consideração uma série de aspectos relevantes para o planejamento e execução do projeto.

Um dos fatores analisados foi a capacidade do transformador local, que é responsável por fornecer a alimentação de energia elétrica para os prédios em questão. Verificamos a potência nominal do transformador, garantindo que fosse adequada para suportar a adição dos módulos solares e sua consequente geração de energia.

Além disso, avaliamos a corrente do disjuntor do prédio, verificando se o sistema elétrico era capaz de lidar com a capacidade adicional gerada pelos painéis fotovoltaicos. Essa análise foi fundamental para garantir a segurança e o bom funcionamento do sistema como um todo, considerando que em momentos de pico solar, temos uma maior corrente elétrica.

Associado à avaliação da corrente do disjuntor, nossa equipe também realizou uma análise mais abrangente da instalação elétrica do prédio como um todo. Durante as visitas técnicas, examinamos o quadro de distribuição, os cabos elétricos e os demais disjuntores presentes, verificando sua adequação e capacidade para suportar a incorporação dos módulos fotovoltaicos.

Também foi realizado um laudo preliminar estrutural, no qual avaliamos a resistência e a integridade dos telhados selecionados. Essa análise nos permitiu verificar se as estruturas eram adequadas para suportar a instalação dos módulos solares, garantindo a segurança das edificações.

Além disso, foram tiradas várias fotografias dos locais visitados, registrando detalhes importantes para o preenchimento do checklist e para o planejamento preciso da disposição dos módulos. Essas imagens documentaram as características físicas dos telhados, permitindo uma análise mais detalhada posteriormente.

Todas essas informações obtidas durante as visitas técnicas foram cruciais para embasar o preenchimento do checklist de requisitos, bem como para direcionar o planejamento da disposição dos módulos solares em cada prédio. Essa abordagem minuciosa garantiu a adequação e a viabilidade do projeto, considerando tanto as questões técnicas quanto a integridade estrutural dos edifícios selecionados.

3.6. Preenchimento de checklist com principais informações

Durante as visitas técnicas realizadas, foram coletadas informações para o desenvolvimento e implementação do sistema fotovoltaico. Com o intuito de criar uma base sólida para esse processo, foi elaborado um checklist abrangente que abarcava diversos aspectos relevantes. Dentre as informações a serem preenchidas, destacam-se a altura do prédio, dados específicos do quadro de distribuição, características do telhado, e outros detalhes relevantes para a infraestrutura.

O preenchimento dessas informações não apenas fornece um panorama abrangente do ambiente, mas também desempenha um papel fundamental na garantia da eficiência operacional do sistema. Além disso, contribui significativamente para a prevenção de possíveis

problemas futuros, permitindo uma abordagem eficiente na identificação e resolução de potenciais desafios e para futuras manutenções preventivas.

Assim, a coleta detalhada e precisa desses dados através do checklist não apenas otimiza a implementação do sistema, mas também assegura sua funcionalidade contínua, proporcionando um ambiente mais confiável e resiliente.

Figura 6: Checklist para as instalações no telhado

DADOS PARA MEMORIAL DESCRITIVO DOS PROJETOS FOTOVOLTAICOS		USP	
http://www.sel.eesc.usp.br/cursosolar/			
IDENTIFICAÇÃO - INSTALAÇÃO EM TELHADOS			
Local: _____		Código: _____	
Responsável da vistoria: _____		Data: ____/____/____	
DADOS			
1. Acessibilidade ao telhado	() Sim () Não	Como? _____	
2. Subir no telhado	() Sim () Não	Como? _____	
3. Medir áreas disponíveis	a) Foto altura do prédio: altura _____ m (aprox) () Ok b) Foto do local da instalação () Ok c) Foto do telhado () Ok d) Foto da saída dos cabos para o quadro CA () Ok e) Foto da estrutura interna do telhado () Ok f) Vídeo do telhado mostrando a área disponível () Ok g) Vídeo de entrada ao bloco () Ok		
4. Tipo de telhado	() Cerâmico () Trap. met. term. (sanduí)		
Nro de inclinações: _____	() Fibrocimento ondulado () Trap. met. simples		
Inclinação(ões): _____	() Fibrocimento canaleta () Outros _____		
5. Estado telhado e estrutura	() Bom () Médio () Ruim		
6. Necessidade de laudo estrutural?	() Sim () Não	Motivo: _____	
7. Identificar qual quadro de distribuição o sistema será ligado? Há espaço disponível?			
Local: _____		Tag do quadro: _____	
Espaço disponível: _____			
a) Foto do exterior do quadro () Ok			
b) Foto do disjuntor principal () Ok			
8. Próximo do quadro há espaço para instalar inversor string? () Sim () Não			
Medidas disponíveis: _____			
a) Foto do local sugerido para colocar o inversor e string box (se necessário) () Ok			
9. Medir distância entre o local de instalação dos módulos e o quadro de distribuição escolhido			
Distância: _____			
Qtd. sugerida de caixas de passagem: _____			
10. Dados do quadro princ. CA: Tensão: _____ () Monofásico () Bifásico 3 fios () Trifásico			
Corrente Disjuntor: _____ Seção cabo (aprox) _____ mm ²			
Esquema: () TN-S () TN-C-S () TN-C () TT () IT			
Há espaço disponível p/ disjuntor e DPS CA? () Sim () Não			
Distância entre inversor string e quadro CA: _____ [m]			
a) Foto cabo de energia () Ok			
b) Foto cabo de aterramento () Ok Sem aterramento ()			
c) Foto disjuntor principal () Ok			
11. Dados do medidor de entrada Tag: _____			
Tensão: _____ () Monofásico () Bifásico 3 fios () Trifásico			
Corrente: _____			
Há espaço disponível p/ medidor bidirecional? () Sim () Não			
Nro do Poste: _____			
a) Foto do medidor () Ok			
b) Foto do padrão de entrada () Ok			
c) Foto do poste onde é ligado o medidor () Ok			

Fonte: (Curso Solar USP, 2023)

Figura 7: Checklist para as instalações no solo

DADOS PARA MEMORIAL DESCRITIVO DOS PROJETOS FOTOVOLTAICOS http://www.sel.eesc.usp.br/cursosolar/		USP	
IDENTIFICAÇÃO -INSTALAÇÃO EM SOLO			
Local: _____ Código: _____			
Responsável da vistoria: _____		Data: ____/____/____	
DADOS			
1. Acessibilidade ao telhado () Sim () Não Como? _____			
2. Subir no telhado () Sim () Não Como? _____			
3. Medir áreas disponíveis			
a) Foto do local da instalação			() Ok
b) Vídeo do lugar mostrando a área disponível			() Ok
c) Foto mostrando o local da instalação e o quadro CA			() Ok
4. Dados do lugar			
Largura: _____		Comprimento: _____	
Superfície: () Terra () Gramado () Outro: _____			
Inclinação(ões): _____			
5. Necessidade de Terraplanagem? () Sim () Não			
Motivo: _____			
6. Identificar qual quadro de distribuição o sistema será ligado? Há espaço disponível?			
Local: _____		Tag do quadro: _____	
Espaço disponível: _____			
a) Foto do exterior do quadro			() Ok
b) Foto do disjuntor principal			() Ok
7. Próximo do quadro há espaço para instalar inversor string? () Sim () Não			
Medidas disponíveis: _____			
a) Foto do local sugerido para colocar o inversor e string box (se necessário)			() Ok
8. Medir distância entre o local de instalação dos módulos e o quadro de distribuição escolhido			
Distância: _____			
Qtd. sugerida de caixas de passagem: _____			
9. Dados do quadro princ. CA:			
Tensão: _____ () Monofásico () Bifásico 3 fios () Trifásico			
Corrente Disjuntor: _____		Seção cabo (aprox) _____ mm ²	
Esquema: () TN-S () TN-C-S () TN-C () TT () IT			
Há espaço disponível p/ disjuntor e DPS CA? () Sim () Não			
Distância entre inversor string e quadro CA: _____ [m]			
a) Foto cabo de energia			() Ok
b) Foto cabo de aterramento			() Ok Sem aterramento ()
c) Foto disjuntor principal			() Ok
10. Dados do medidor de entrada			
Tensão: _____ () Monofásico () Bifásico 3 fios () Trifásico		Tag: _____	
Corrente: _____			
Há espaço disponível p/ medidor bidirecional? () Sim () Não			
Nro do Poste: _____			
a) Foto do medidor			() Ok
b) Foto do padrão de entrada			() Ok
c) Foto do poste onde é ligado o medidor			() Ok

Fonte: (Curso Solar USP, 2023)

3.7. Planejamento da disposição dos módulos – dimensionamento

No planejamento da disposição dos módulos solares nos edifícios, seguimos diretrizes específicas a fim de garantir uma instalação segura, eficiente e esteticamente harmoniosa. Ao considerar o modelo de painel solar Canadian 550W CS6W-550MS, cujas dimensões são de 2,3 metros de comprimento por 1,2 metros de largura, asseguramos que cada módulo seja acomodado adequadamente nos telhados dos prédios selecionados.

Para evitar interferências com a estrutura física do edifício e garantir a integridade do sistema, estabelecemos uma distância mínima de 0,8 metros a partir das extremidades do telhado. Essa margem de segurança é crucial para acomodar qualquer variação nas dimensões

dos painéis, permitindo uma instalação adequada e evitando danos ou impactos negativos nos componentes do sistema solar. Além disso, mantemos um espaçamento de pelo menos 5 centímetros entre os módulos no trilho. Essa medida tem como objetivo proporcionar uma dissipação de calor eficiente e prevenir o sombreamento indesejado. Ao garantir esse espaçamento adequado, otimizamos o desempenho individual de cada módulo, evitando perdas de eficiência decorrentes de possíveis interferências entre as células solares e garantimos a segurança da instalação.

Outro aspecto crucial considerado no planejamento é o distanciamento entre as strings, que são os conjuntos de módulos solares interligados em série. Esse distanciamento também promove uma melhor circulação de ar, contribuindo para a refrigeração dos módulos e, conseqüentemente, aumentando a eficiência energética do sistema. Por fim, esse distanciamento pode ser adequado dependendo de cada prédio e sua respectiva forma de acesso ao telhado, ou seja, esse distanciamento é flexível.

Cabe ressaltar que as medidas utilizadas de distanciamento e espaçamento seguem todas as normas técnicas, porém o intervalo sugerido pode variar entre fabricantes, de acordo com as especificações presentes em seus manuais de instalação. Contudo, a fim de garantir a consistência e a viabilidade do projeto, utilizamos valores que estão em conformidade com as normas e com grande maioria das marcas e modelos disponíveis no mercado. Dessa forma, estabelecemos diretrizes amplamente aplicáveis, fundamentadas nas melhores práticas e recomendações da indústria solar.

Graças a essas premissas estruturais, foi possível realizar um planejamento detalhado e preciso para a disposição dos módulos solares nos edifícios da universidade. Essa abordagem cuidadosa permitiu maximizar a geração de energia, otimizar o aproveitamento do espaço disponível nos telhados e garantir uma integração esteticamente harmoniosa dos painéis solares ao ambiente arquitetônico. Com os prédios mapeados, visitas técnicas realizadas, checklists preenchidos foi possível elaborar o esboço da disposição dos painéis solares nos telhados selecionados seguindo as premissas citadas anteriormente.

O cálculo do número de módulos foi realizado levando em consideração as dimensões específicas do módulo em questão, assim como as medidas obtidas durante as visitas técnicas realizadas e/ou previamente obtidas por meio do Google Maps (para cálculo aproximado, preliminar). Além disso, a orientação dos módulos (retrato ou paisagem) era determinada com base nos requisitos dos trilhos de instalação, que, por sua vez, eram adaptados de acordo com o tipo de telhado.

Em um segundo momento, após determinar a orientação dos módulos (retrato ou paisagem), estabelecemos uma relação entre as dimensões obtidas durante as visitas técnicas nos telhados e as dimensões do módulo selecionado. Quando optamos pela instalação dos módulos no formato “retrato”, relacionamos a largura do módulo com o comprimento do telhado, enquanto o comprimento do módulo era correspondente à largura do telhado. Por outro lado, quando os módulos eram instalados em formato “paisagem”, ocorria a inversão dessa relação, em que a largura do módulo era alinhada com a largura do telhado, enquanto o comprimento do módulo correspondia ao comprimento do telhado.

Em síntese, concluída essa fase, obtém-se a informação sobre a quantidade de módulos a serem instalados (potência fotovoltaica) e sua disposição e posição específicas.

3.8. Dimensionamento do inversor

Após completar o checklist e definir o planejamento da disposição dos módulos e o dimensionamento do sistema do prédio (potência fotovoltaica), torna-se possível calcular a potência do inversor. No escopo deste projeto, são preferidos inversores trifásicos para manter o equilíbrio da rede elétrica da universidade, considerando um fator de sobredimensionamento de inversor (FDI) máximo de 1,3. Isso implica em uma potência do lado CC 30% superior à potência nominal CA do inversor.

Para garantir a adequada conexão elétrica das strings nos MPPTs do inversor, a análise recai sobre a tensão máxima (tensão em circuito aberto) da string de módulos fotovoltaicos. É crucial que essa tensão seja inferior à capacidade máxima suportada pelo MPPT do inversor.

Com esses parâmetros estabelecidos, a próxima etapa é a escolha do modelo do inversor. O inversor deve ser trifásico, com FDI de 1,3 no máximo, e as strings devem ser conectadas de maneira que respeite os limites de tensão de cada MPPT do inversor. Para esta seleção, o catálogo da Growatt é utilizado, dada a facilidade em encontrar inversores trifásicos de diferentes potências, uma flexibilidade essencial para o desenvolvimento do projeto.

3.9. Memorial descritivo

Após a implementação da metodologia predefinida, passamos à elaboração dos memoriais descritivos, desempenhando um papel crucial na análise técnica dos projetos. Cada edificação selecionada, num total de 23 prédios e 1 miniusina, foi meticulosamente

documentada. Ao final do projeto, consolidamos essas informações em um memorial descritivo abrangente, integrando detalhes de todas as unidades consumidoras e projetos individuais. Essa abordagem minuciosa e metódica revelou-se essencial, proporcionando um memorial completo e eficaz. A riqueza de dados contidos neste documento não apenas atende às demandas do presente, mas também facilita o trabalho de integradores e futuros engenheiros, tornando-se uma fonte valiosa para análises e estudos posteriores.

Para a elaboração do memorial descritivo final, adotamos uma divisão que consideramos ideal para abordar de maneira abrangente todos os aspectos técnicos envolvidos em um projeto de sistema fotovoltaico. A estrutura utilizada é a seguinte:

- Objetivo: Destacamos de maneira precisa os objetivos específicos do projeto, delineando claramente as metas almejadas.

- Descrição do Sistema Geral:

- i. Localização: Detalhamos a localização geográfica do projeto, contextualizando aspectos relevantes.
- ii. Tensão da Rede: Apresentamos a análise da tensão da rede elétrica, explicando sua importância para a eficiência do sistema.
- iii. Unidades Consumidoras: Cada unidade consumidora é abordada individualmente, proporcionando informações detalhadas sobre a rede elétrica e subestações associadas.

- Dados do Sistema Fotovoltaico Contratado: Fornecemos informações específicas sobre o sistema fotovoltaico escolhido, incluindo detalhes técnicos e capacidade de geração.

- Dados que Devem Conter o Memorial Executivo Final: Explicitamos os requisitos essenciais que devem ser abordados no memorial executivo final, respeitando normas e regulamentações específicas.

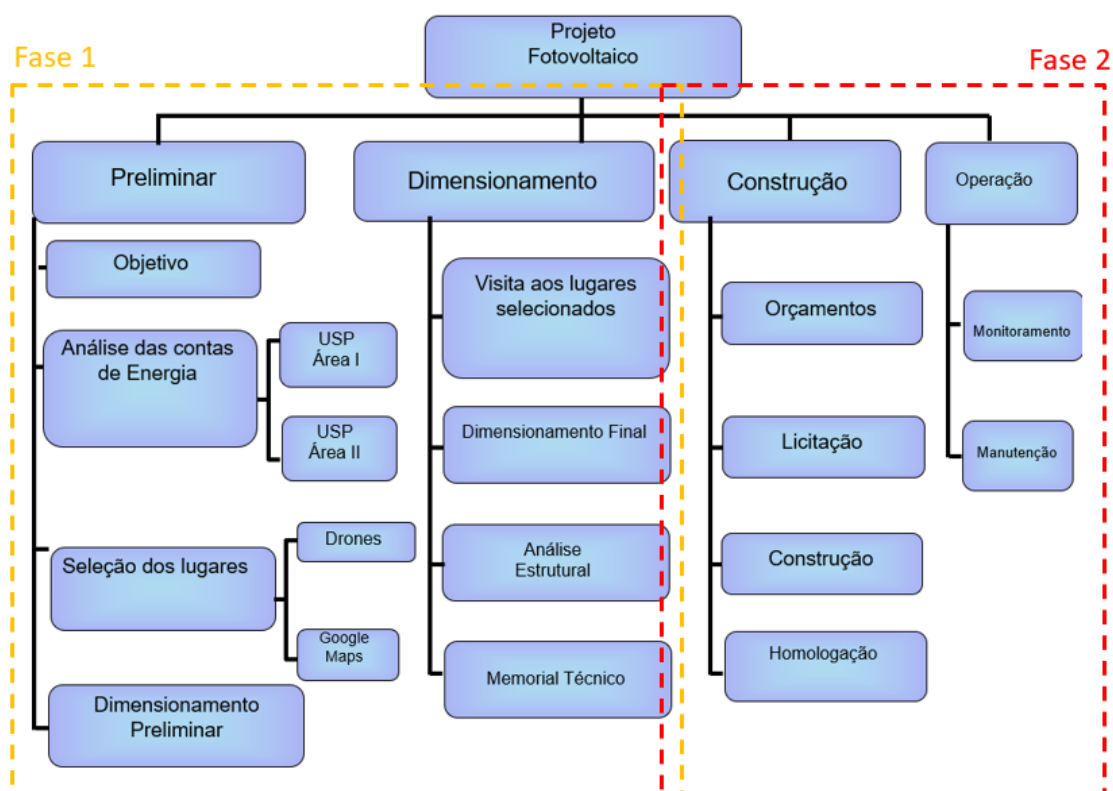
- Limpeza Final do Serviço: Descrevemos os procedimentos adotados para a limpeza pós-execução, destacando sua importância na integridade e segurança do projeto.

- Prazo de Execução: Apresentamos considerações temporais relacionadas à execução dos projetos, evidenciando prazos definidos e seu gerenciamento ao longo do processo.

Ressaltamos que todo o projeto é preliminar, e, portanto, um engenheiro é designado para o memorial final, assumindo a responsabilidade técnica pela execução e realização do projeto executivo final. Essa estrutura não apenas organiza eficientemente os aspectos técnicos do projeto, mas também estabelece clareza sobre a responsabilidade profissional associada ao processo. Em apêndice, encontra-se o memorial descritivo completo do sistema de 23 prédios e miniusina da Universidade de São Paulo – Campus São Carlos.

Com a finalização do memorial descritivo e das demais etapas anteriores, teremos realizados todas as fases preliminares e de dimensionamento de um projeto fotovoltaico como pode ser vista no fluxograma abaixo. Esse trabalho compreende as atividades referentes à fase 1 do projeto, enquanto que as atividades da fase 2 estão em andamento:

Figura 8: Fluxograma do projeto fotovoltaico



Fonte: (Autoria própria, 2023)

4. EXEMPLIFICAÇÃO DE APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

A seguir, será apresentado o caminho se seguido para a realização do memorial descritivo do prédio do Bloco B, a fim de exemplificar o processo que se repetiu para todos os outros prédios, utilizando a metodologia descrita anteriormente e o fluxograma para acompanhamento de cada fase.

4.5. Escolha do local

O primeiro passo dado para a escolha do melhor local para se implantar um sistema fotovoltaico foi a análise de todas as áreas disponíveis dentro da universidade através do software de mapas Google Earth e com o auxílio de um drone. Com a ferramenta foi possível localizar os terrenos mais favoráveis que ainda não possuem instalação solar feita e levantar alguns dados de cada um. Por exemplo suas áreas, ângulos azimutais, uma avaliação preliminar do estado do telhado e até mesmo o desnível dos terrenos ou do teto. Após este levantamento preliminar de dados, cada estabelecimento foi visitado e diversas fotos foram tiradas durante diferentes períodos do dia, a fim de se estudar o comportamento das sombras causadas por construções e vegetações próximas a eles, sendo este um motivo para tornar o terreno impróprio para a instalação de um sistema fotovoltaico.

Vários locais foram escolhidos e selecionados, após analisar as possíveis áreas de instalação com base na verificação das condições imposta pelo checklist e assim foram determinados 23 prédios e 3 miniusinas. A fim de aplicar a metodologia utilizada, foi escolhido o prédio da produção – Bloco B – USP São Carlos para exemplificar todas as demais instalações como mostrado na figura abaixo:

Figura 9: Prédio Bloco B – Produção



Fonte: (Autoria própria, 2023)

4.6. Dados de incidência solar

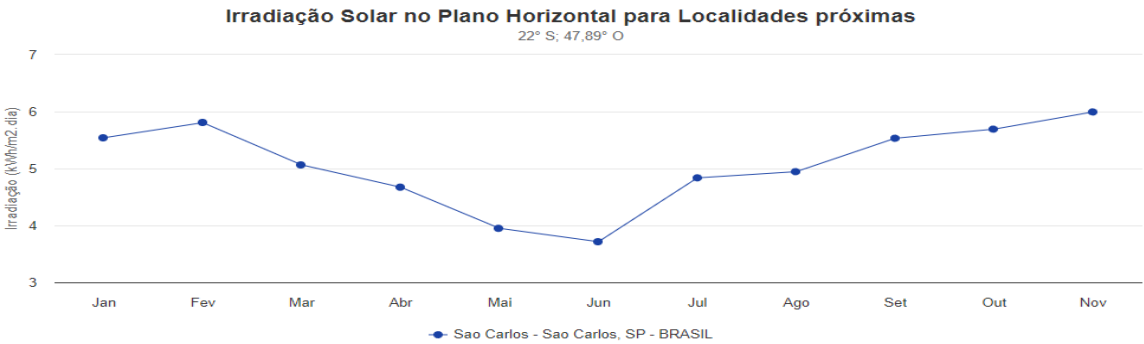
Esta seção diz respeito aos valores de incidência solares durante meses do ano obtido através site do CRESEB: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data> para a determinação da irradiância solar e aplicando as coordenadas geográficas do prédio da produção – Bloco B – USP São Carlos encontramos os valores de irradiação solar diária média mensal ($\text{kWh/m}^2\cdot\text{dia}$) como mostrado abaixo:

Figura 10: Tabela de Irradiância solar de São Carlos

Latitude: 22° S

Longitude: 47.89° O

#	Estação	Município	UF	País	Irradiação solar diária média [kWh/m².dia]																
					Latitude [°]	Longitude [°]	Distância [km]	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
☒	Sao Carlos	Sao Carlos	SP	BRASIL	22° S	47.849° O	4,2	5,54	5,81	5,06	4,67	3,95	3,71	3,91	4,84	4,95	5,53	5,69	5,99	4,97	2,28
☐	Sao Carlos	Sao Carlos	SP	BRASIL	22° S	47.949° O	6,1	5,55	5,82	5,09	4,66	3,95	3,71	3,88	4,78	4,95	5,51	5,68	6,00	4,96	2,29
☐	Sao Carlos	Sao Carlos	SP	BRASIL	21.901° S	47.849° O	11,8	5,56	5,86	5,11	4,72	3,98	3,72	3,91	4,83	4,95	5,53	5,68	5,99	4,99	2,27



Fonte: (CRESESB, 2023)

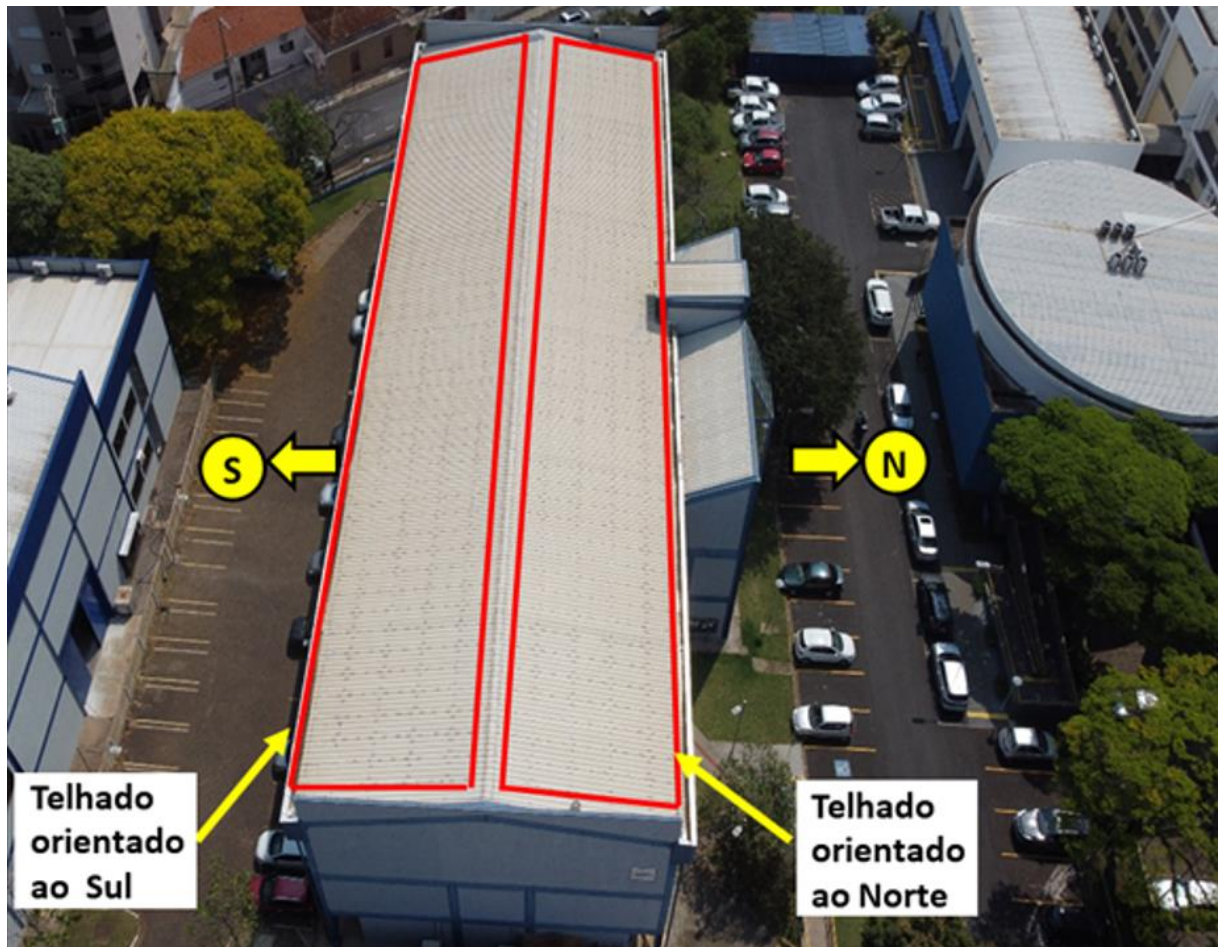
Com estes valores é possível estimar a produção com bastante exatidão. Entretanto, para período curtos, principalmente os menores de um dia, a aleatoriedade do movimento das nuvens pode resultar em variações repentinas de produção. Já a média de longo prazo, que depende em grande parte da irradiação global, varia pouco anualmente, e é notavelmente mais estável que outras fontes como eólica e hidrelétrica.

4.7. Dimensionamento

4.7.1. Normas técnicas

Esta seção aborda os principais critérios empregados no dimensionamento da capacidade do sistema fotovoltaico conforme descrito nos itens anteriores, o local utilizado para exemplificação será o prédio da engenharia de produção (Bloco B) da Universidade de São Paulo em São Carlos que possui dimensões aproximadas de 54,78 metros de comprimento por 17 metros de largura, totalizando uma área de 931 metros quadrados. Para a instalação, serão utilizados ambos os lados do telhado, seguindo as normas vigentes para a implantação de painéis fotovoltaicos das normas ABNT NBR 16690 e ABNT NBR 5410.

Figura 11: Vista por cima do prédio

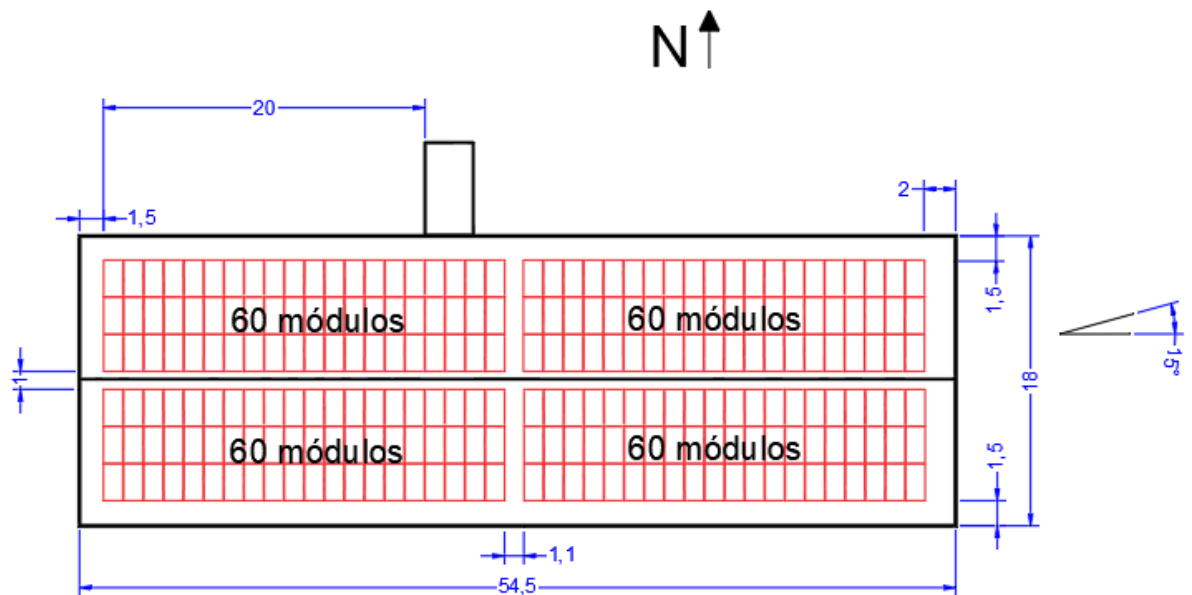


Fonte: (Autoria própria, 2023)

4.7.2. Dimensionamento dos módulos

Tendo as informações e medidas reais do bloco B e empregando o uso do software AutoCAD com o principal propósito de otimizar o arranjo dos painéis, respeitando as dimensões específicas (2,3m x 1,2m x 0,035m) e aderindo rigorosamente às normas de instalação, onde pela norma de segurança é obrigatório uma distância mínima de afastamento entre o pé e o início da string de pelo menos 50 cm de distância para cada lado, chegamos no seguinte layout mostrado pela figura abaixo.

Figura 12: Disposição dos módulos no prédio



Fonte: (Autoria própria, 2023)

Para viabilizar futuras intervenções de manutenção e limpeza, foi estabelecido um espaçamento de 1m entre as strings. Conforme mostra o layout, a disposição dos módulos permitiria a instalação de 240 painéis solares, distribuídos igualmente entre as águas do telhado. Essa configuração foi adotada para manter a simetria da instalação. Além disso, o AutoCAD proporcionou uma visualização detalhada, evidenciando um espaçamento de 5cm entre os painéis na estrutura de fixação, favorecendo não apenas a estética, mas também a acessibilidade para manutenções.

4.8. Inversor solar trifásico

Para a determinação do inversor solar, utiliza-se como base a potência pico do sistema que, especificando os inversores que iniciam seu range a partir dessa potência. Lembrando que os inversores devem estar numa faixa de potência de 80 a 120 por cento da potência nominal do sistema para que haja um funcionamento adequado dele.

Equação 4: Cálculo da potência do inversor

$$P_{inversor} = N_{módulos} \times P_{módulo} \times 0,75$$

Onde

P_{inversor} – potência do inversor – kW

$N_{\text{módulos}}$ – número de módulos do gerador

$P_{\text{módulo}}$ – potência de pico do módulo FV - kWp

Como temos duas águas bem definidas e por questão de catálogo, decidiu-se separar em dois inversores idênticos. Essa escolha visa otimizar o desempenho do sistema, distribuindo de forma equitativa a demanda de cada uma das águas atendidas.

Essa abordagem permite uma melhor gestão do fornecimento de energia solar, bem como facilita a manutenção e o monitoramento desses inversores. Além disso, a utilização de inversores idênticos garante uma maior compatibilidade entre os componentes do sistema e oferece uma maior flexibilidade para futuras expansões ou adaptações.

Assim:

$$P_{\text{inv1}} = P_{\text{inv2}} = 120 * 550 * 0,75$$

$$P_{\text{inv1}} = P_{\text{inv2}} = 49500 \text{ W}$$

O modelo de inversor mais próximo dos valores encontrado é o modelo da growatt MAX50KTL3-XL2 cuja potência nominal de saída CA é de 50 Kw. Como mencionado acima, cada água terá um inversor próprio e assim, serão duas strings de 60 módulos para cada inversor e sendo compatível com a corrente e tensão máxima suportada pelo inversor fotovoltaico mostrado pelo datasheet abaixo.

Figura 13: Datasheet do inversor trifásico Growatt

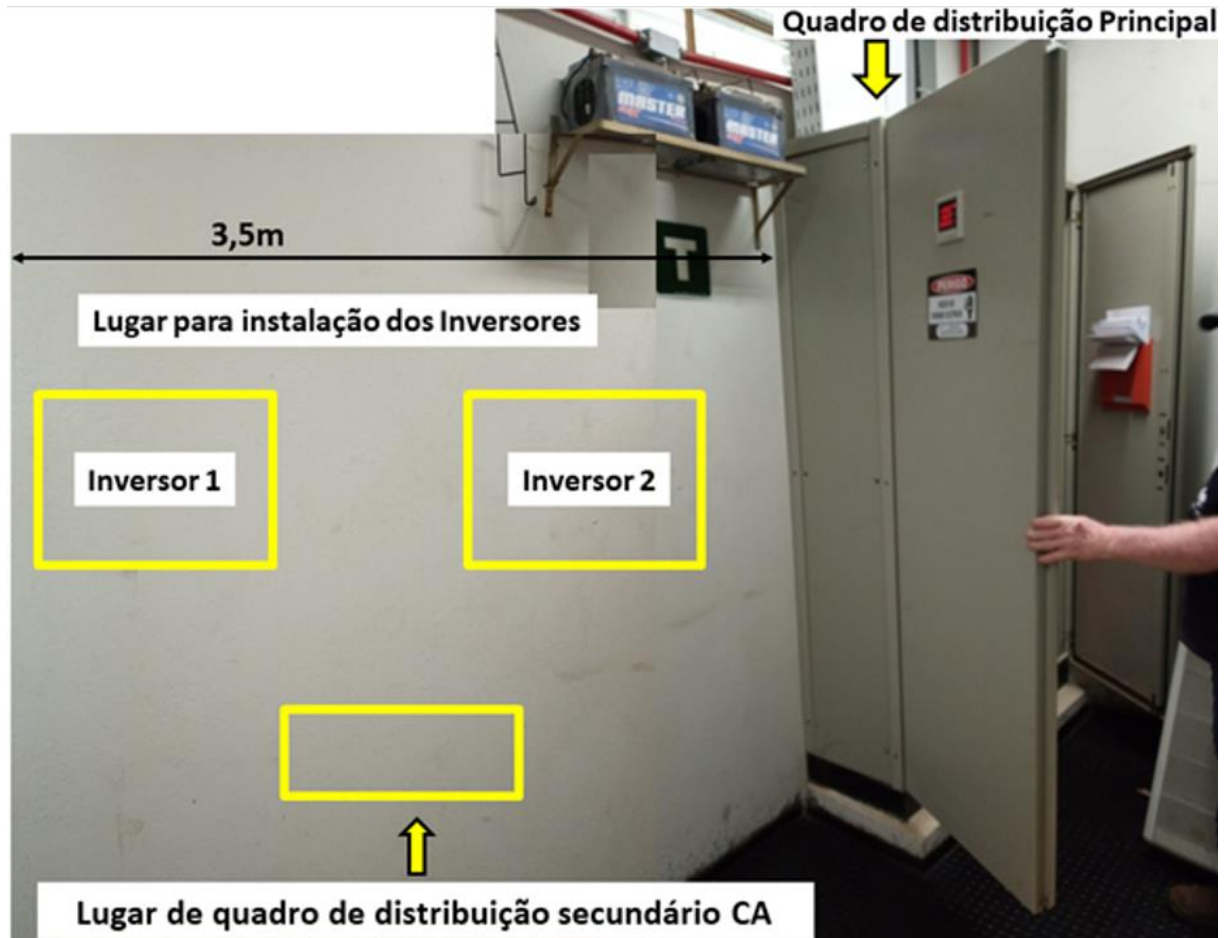
Ficha de dados	MAX 50KTL3-XL2	MAX 60KTL3-XL2	MAX 70KTL3-XL2	MAX 73KTL3-XL2	MAX 75KTL3-XL2
Dados de entrada (CC)					
Máxima potência CC	75000W	90000W	105000W	109500W	112500W
Faixa de tensão MPP	180V-850V				
Tensão de partida	195V				
Tensão nominal	370V				
Faixa de potência Máxima*	370-650V				
Números de MPP trackers	8				
Número de Strings PV por MPP trackers	2				
Máxima corrente de entrada por MPP Tracker	45A				
Máxima corrente de curto-circuito por MPP tracker	56.5A				
Dados de saída (CA)					
Potência nominal de saída CA	50000W	60000W	70000W	73000W	75000W
Potência máxima aparente CA.	55000VA	66000VA	66000VA @208V 70000VA @220V 73000VA @230V	69000VA @208V 73000VA @220V 75000VA @230V	71000VA @208V 75000VA @220V 78400VA @230V
Tensão nominal de saída CA (faixa)	127V/220V (101.6-139.7V)				
Frequência da rede CA	50/60Hz(45~55Hz/55-65 Hz)				
Corrente máxima de saída.	145.8A @220V	175.0A @220V	183.7A @220V	191.6A @220V	196.9A @220V
Fator de potência ajustável	0.8 capacitivo ...0.8 reativo				
THDI	<3%				
Tipo de conexão da rede CA	3W/N/PE				
Eficiência					
Máx. Eficiência	98.80%				
Eficiência europeia	98.30%				
Eficiência MPPT	99.90%				
Dispositivos de proteção					
Proteção polaridade reversa CC	Sim				
Interruptor CC	Sim				
Proteção de surtos CA/CC	Type II / Type II				
Monitoramento de resistência de isolamento	Sim				
Proteção de curto-circuito CA	Sim				
Monitoramento de falta à terra	Sim				
Deteção de string	Sim				
Função Anti-PID	Opcional				
Deteccção de falha de arco	Opcional				

Fonte: (Growatt, 2023)

4.9. Quadro de distribuição e local de instalação do inversor

Durante a visita realizada ao local, obtivemos informações referentes à rede elétrica e à configuração dos módulos e dos locais para a instalação dos inversores. Verificamos que o quadro de distribuição principal (CA) está localizado no 1º andar do prédio, com uma tensão trifásica de 220V, conforme indicado na figura abaixo.

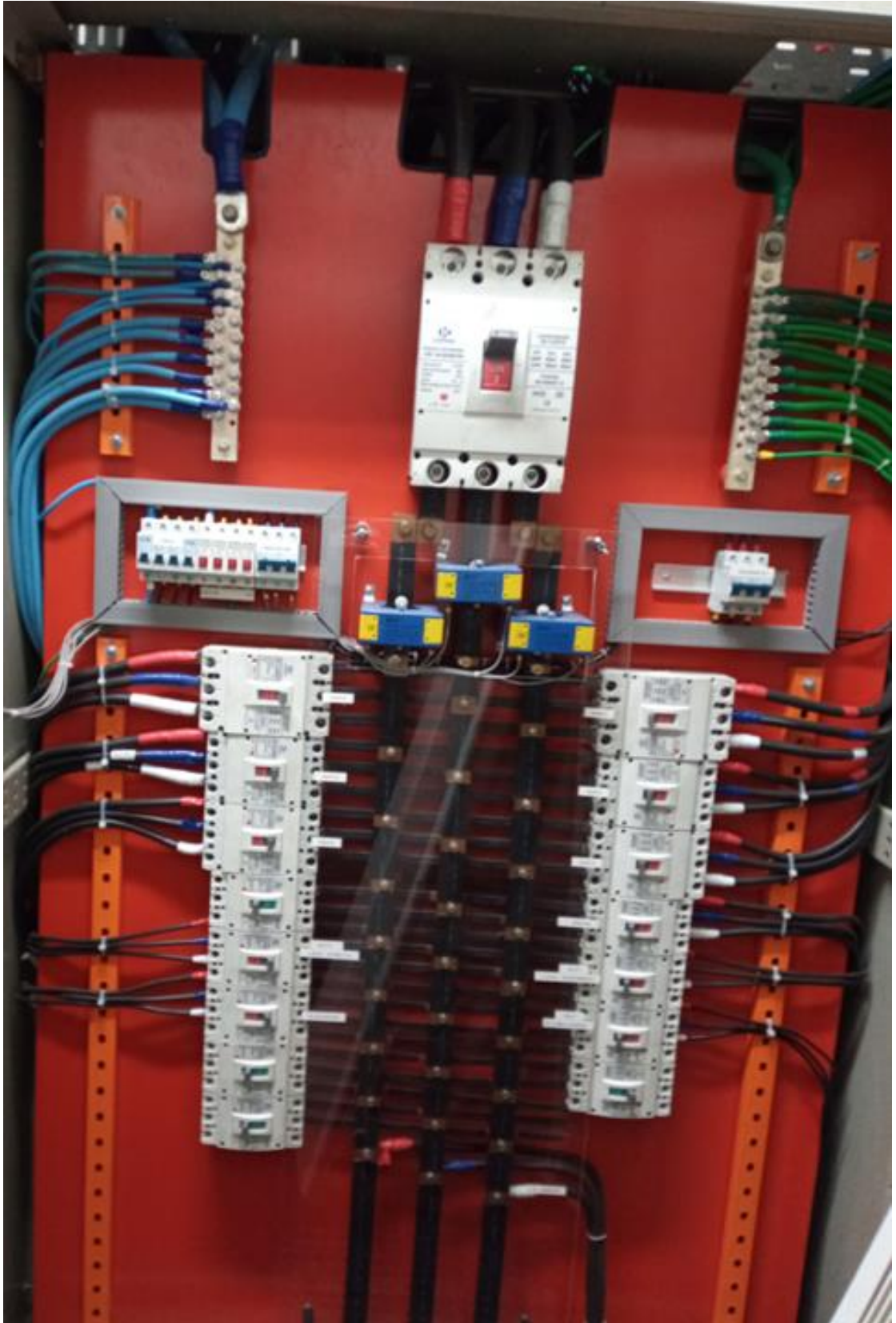
Figura 14: Local para instalação dos dois inversores



Fonte: (Autoria própria, 2023)

Com base na análise realizada, constatou-se que o disjuntor do quadro de distribuição principal possui uma corrente de 600^a e a seção do condutor desse disjuntor é de 75mm². É importante destacar que a configuração da ligação adotada é o TN-C-S.

Figura 15: Quadro de distribuição principal



Fonte: (Autoria própria, 2023)

Quanto ao quadro de distribuição CA secundário, não se identificou a necessidade de sua instalação. Recomenda-se, então, que os elementos de proteção e manobra na saída do inversor sejam alocados no quadro de distribuição principal CA. Sugere-se a utilização de um disjuntor trifásico com corrente nominal de 175^a e tensão de 220V como dispositivo de manobra. Além disso, é indicado o uso de Dispositivos de Proteção contra Surtos (DPS) CA trifásicos, com U_c de 275V, classe II e I_{max} de 20Ka, visando à proteção contra surtos de tensão.

No que diz respeito ao quadro de junção (Stringbox), sua necessidade será determinada pela presença ou ausência dos elementos de proteção e manobra integrados no inversor. Caso o inversor já contenha esses elementos, o quadro de junção não será necessário. Entretanto, se o inversor não apresentar esses componentes, será imprescindível a instalação de uma String box com uma chave seccionadora CC adequada à tensão e corrente do arranjo.

Figura 16: Disjuntor do Quadro de Distribuição Principal CA



Fonte: (Autoria própria, 2023)

5. RESULTADOS

Todos os demais edifícios aderiram à metodologia exposta, seguindo de maneira bastante semelhante ao exemplo do Bloco B anteriormente descrito. Assim, após um minucioso mapeamento dos prédios e uma análise detalhada do consumo de energia, é possível apresentar os resultados obtidos com o projeto fotovoltaico implementado no Campus de São Carlos da Universidade de São Paulo.

5.5. Área I

Após diversas etapas, desde a análise das contas de energia da universidade, mapeamento dos prédios, visitas até a elaboração dos memoriais descritivos, conseguimos comparar o resultado daquilo que projetamos em comparação com aquilo que tínhamos como meta. Considerando uma potência fotovoltaica instalada capaz de gerar 100% da energia consumida pela universidade que chamaremos de “Potência FV Total Projetada”, podemos comparar a porcentagem que o nosso sistema atingiu. Vale ressaltar que a “Potência FV Atingida” desejada no início era de 20% do total da “Potência FV Total Projetada”, como dito anteriormente. Segue abaixo as tabelas indicando os resultados por Unidade Consumidora do Campus I:

Tabela 12: Potência fotovoltaica gerada em relação a energia consumida

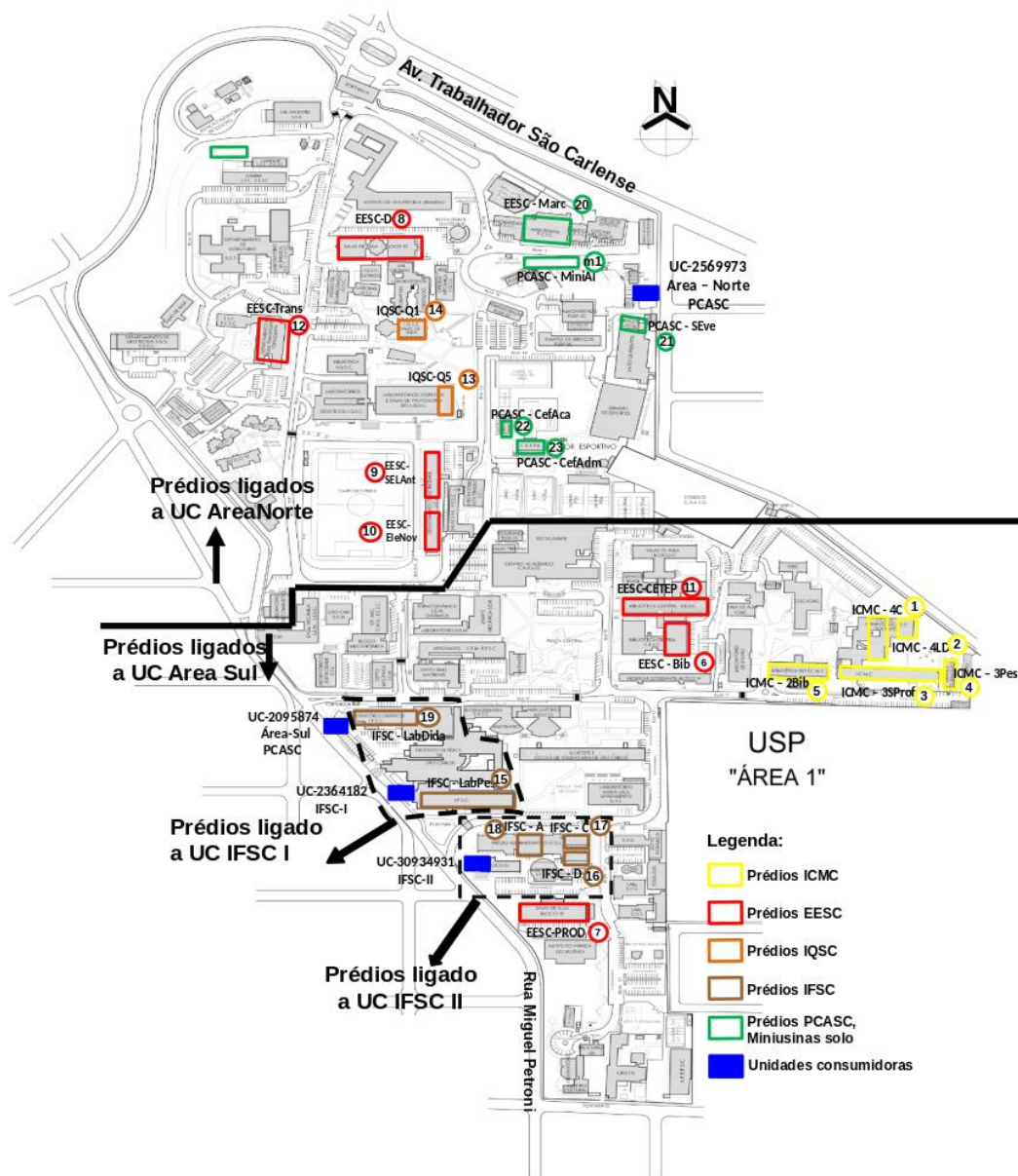
Área I			
Unidade Consumidora	Potência FV Total Projetada (kWp)	Potência FV Atingida (kWp)	Atingida/Projetada (%)
U.C. Área Norte	2.778,7	225,5	8%
U.C. Área Sul	3.879,63	607,8	17%
U.C. Física I	1.696,24	123,2	8%
U.C. Física II	458,38	99,0	23%
Total	8.812,96	1055,5	12%

Fonte: (Autoria própria, 2023)

Como indica a tabela acima, conseguimos atingir uma potência fotovoltaica suficiente para gerar 11,2% da energia consumida pela universidade.

Além disso, segue abaixo a planta indicando os prédios que foram considerados no nosso projeto para a Área I e as fotos áreas tiradas pelo campus dos prédios selecionados:

Figura 17: Mapas dos prédios selecionados



Fonte: (Autoria própria, 2023)

Figura 18: Foto área do campus I onde se realizada as instalações



Fonte: (Autoria própria, 2023)

Figura 19: Bloco 4 – Central – ICMC



Fonte: (Autoria própria, 2023)

Figura 20: Bloco 4 – Lado direito – ICMC



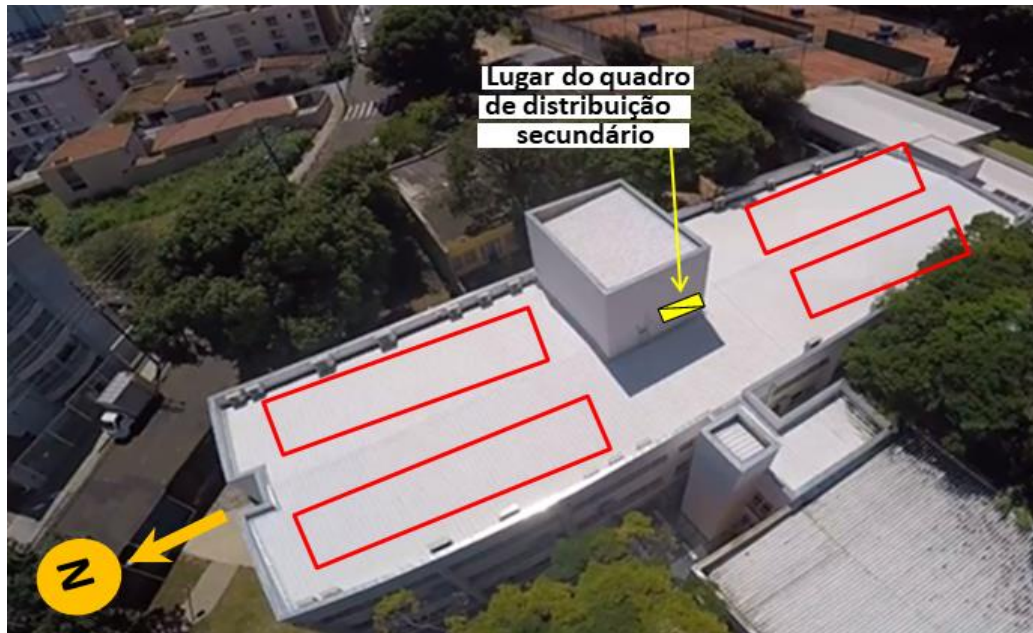
Fonte: (Autoria própria, 2023)

Figura 21: Bloco 3 – Sala dos Professores – ICMC



Fonte: (Autoria própria, 2023)

Figura 22: BLOCO 3 – Pesquisa – ICMC



Fonte: (Autoria própria, 2023)

Figura 23: BLOCO 2 – Biblioteca – ICMC



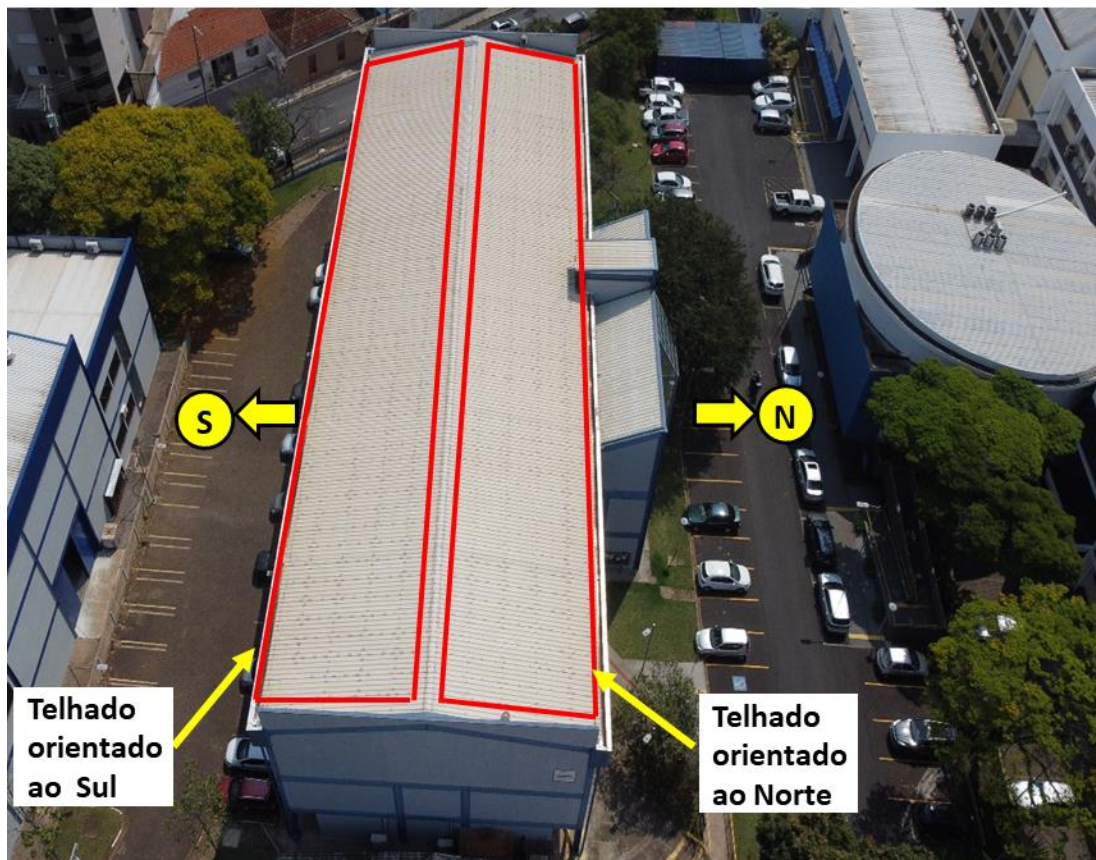
Fonte: (Autoria própria, 2023)

Figura 24: BIBLIOTECA EESC



Fonte: (Autoria própria, 2023)

Figura 25: BLOCO B – PRODUÇÃO



Fonte: (Autoria própria, 2023)

Figura 26: BLOCO D – EESC



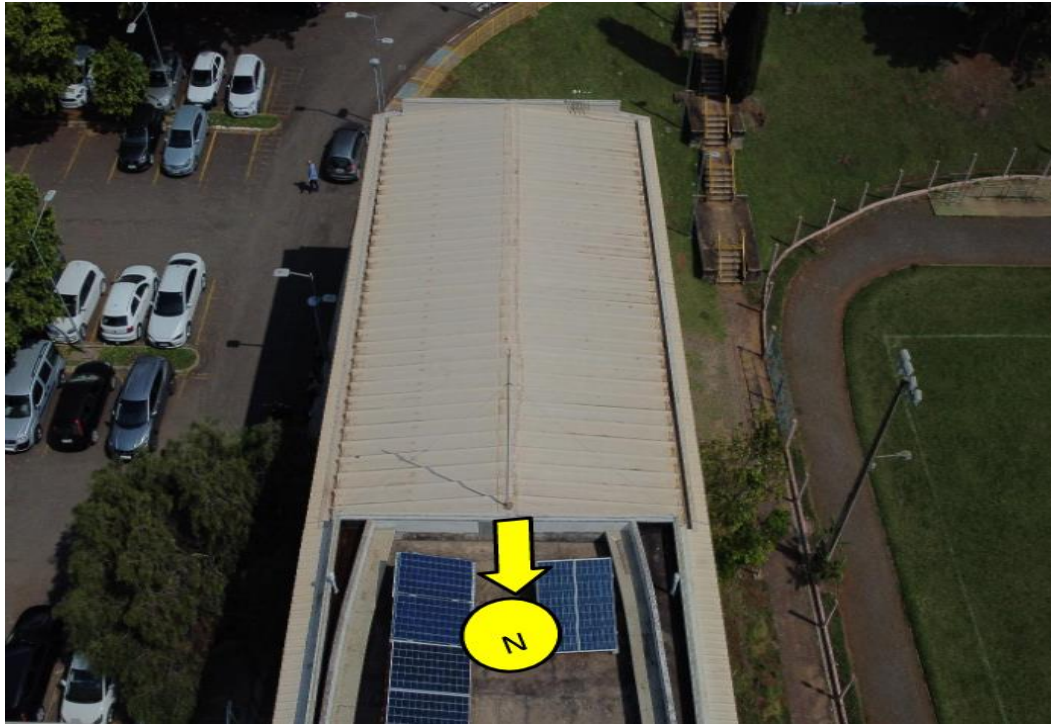
Fonte: (Autoria própria, 2023)

Figura 27: PRÉDIO Antigo – SEL – EESC



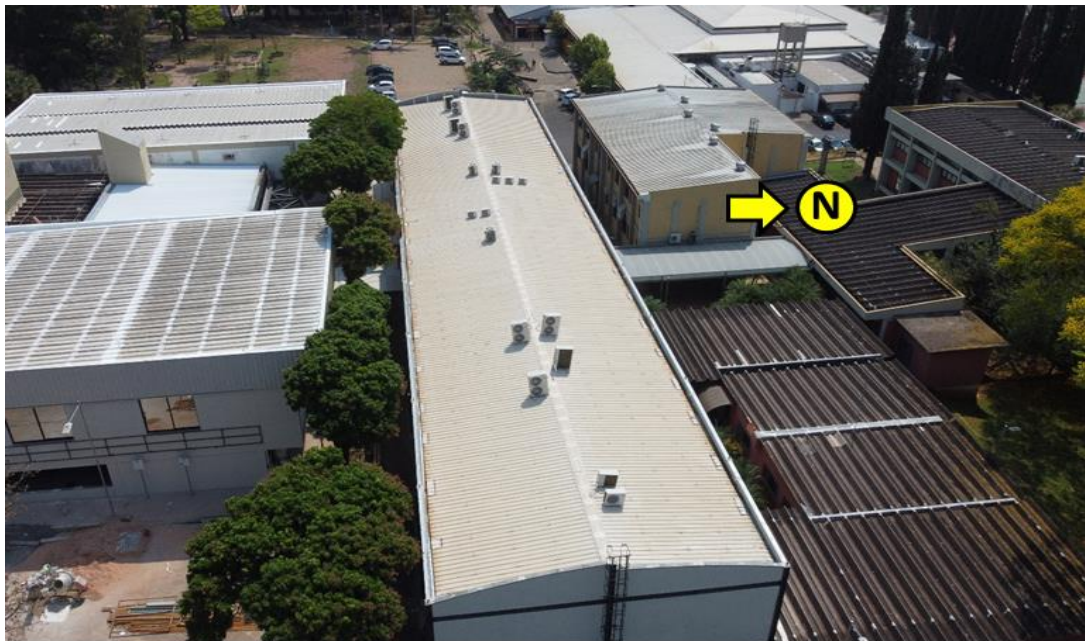
Fonte: (Autoria própria, 2023)

Figura 28: PRÉDIO NOVO – SEL – EESC



Fonte: (Autoria própria, 2023)

Figura 29: CETEPE – EESC



Fonte: (Autoria própria, 2023)

Figura 30: Transporte – EESC



Fonte: (Autoria própria, 2023)

Figura 31: Sala de aula IQSC – Q5



Fonte: (Autoria própria, 2023)

Figura 32: Laboratório IQSC – Q1



Fonte: (Autoria própria, 2023)

Figura 33: Laboratório de Pesquisa - IFSC



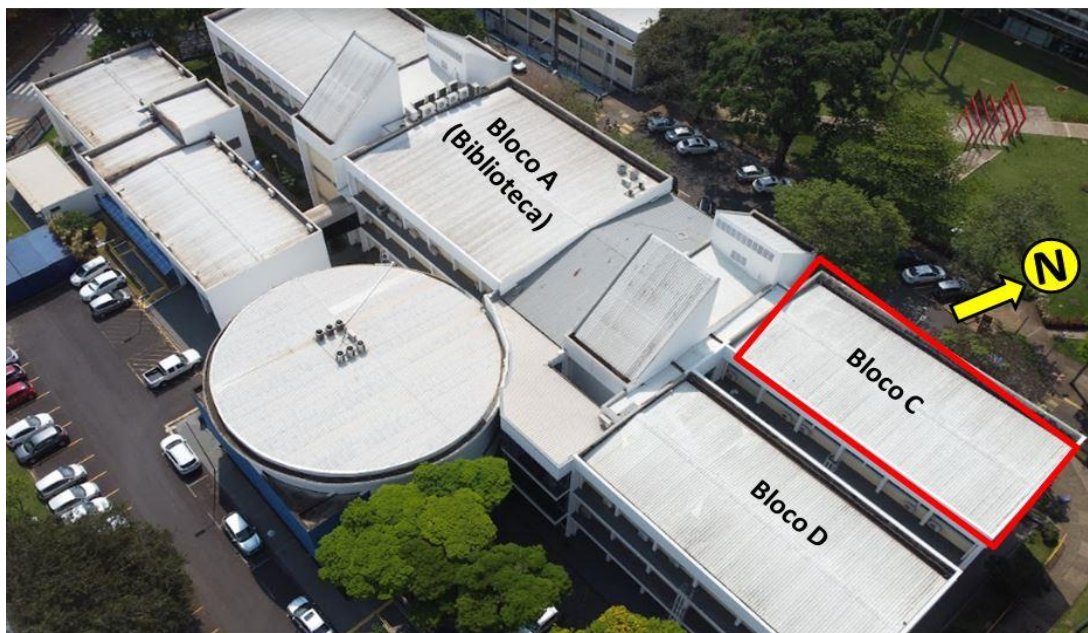
Fonte: (Autoria própria, 2023)

Figura 34: BLOCO D – IFSC



Fonte: (Autoria própria, 2023)

Figura 35: BLOCO C – IFSC



Fonte: (Autoria própria, 2023)

Figura 36: BLOCO A – IFSC



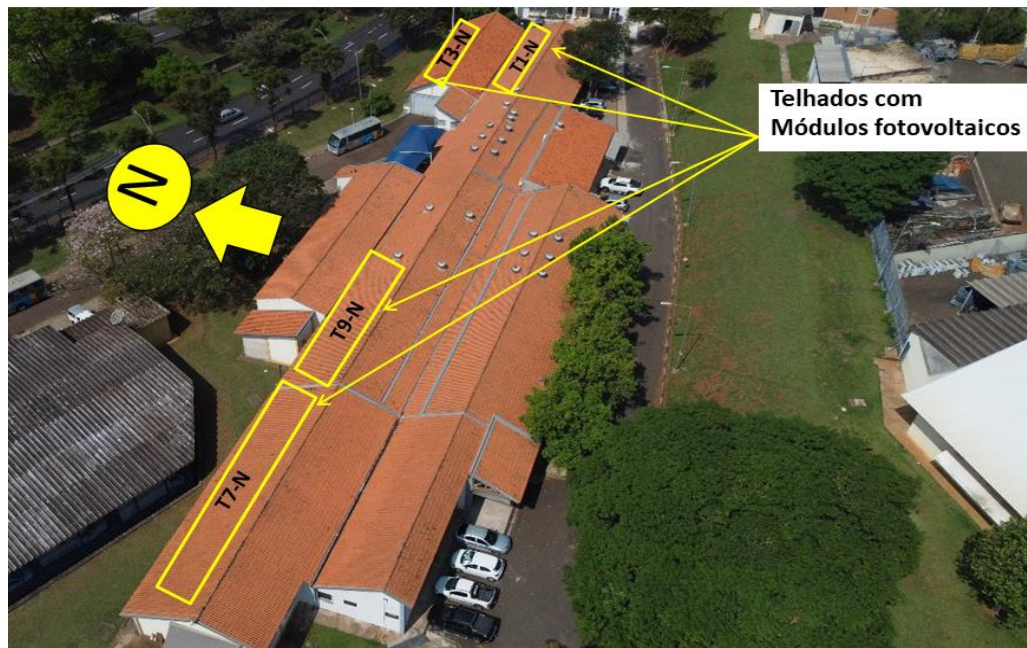
Fonte: (Autoria própria, 2023)

Figura 37: Laboratório Didático IFSC



Fonte: (Autoria própria, 2023)

Figura 38: Marcenaria – EESC



Fonte: (Autoria própria, 2023)

Figura 39: Salão de eventos – PCASC



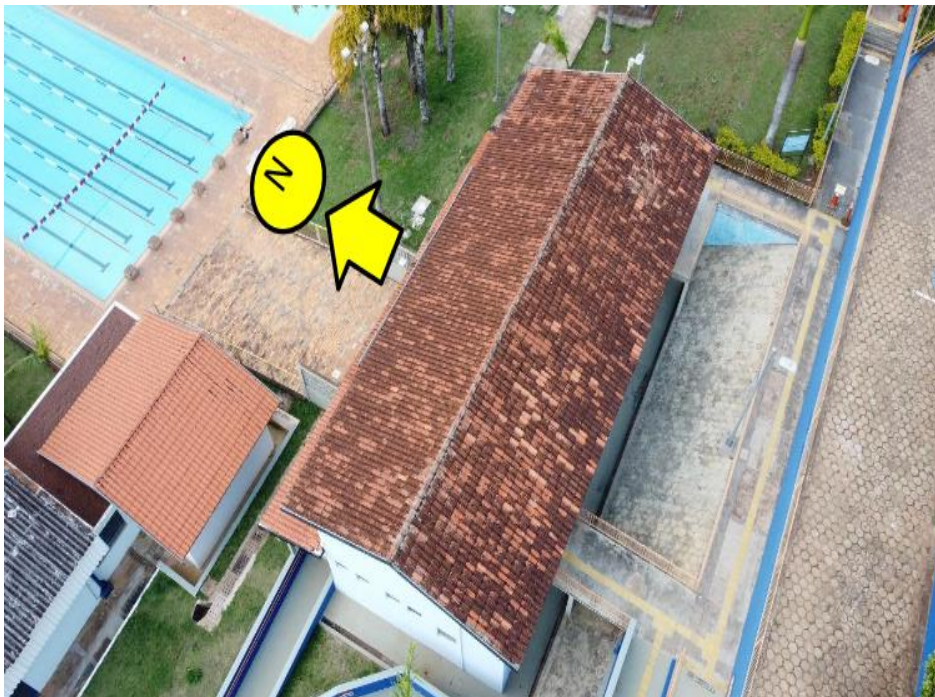
Fonte: (Autoria própria, 2023)

Figura 40: CEFER Academia – PCASC



Fonte: (Autoria própria, 2023)

Figura 41: CEFER ADM – PCASC



Fonte: (Autoria própria, 2023)

Figura 42: MiniUsina – Almoxarifado – PCASC



Fonte: (Autoria própria, 2023)

Por fim, ao término do trabalho, conseguimos juntar todos os dados em uma tabela a fim de apresentar melhor o trabalho que foi realizado em cada prédio. Segue abaixo os detalhes de cada prédio do projeto realizado no Área 1:

Tabela 13: Potencial gerado em cada um dos prédios selecionados

Local	UC	Nº Módulos	Potência FV (kWp)	Potência CA (kW)
BLOCO 4 – Central – ICMC	Área Sul	32	17,6	15,0
BLOCO 4 – Lateral direito – ICMC	Área Sul	16	8,8	8,0
BLOCO 3 – Sala de professores – ICMC	Área Sul	48	26,4	20,0
BLOCO 3 – Pesquisa – ICMC	Área Sul	120	66	54,0
BLOCO 2 – Biblioteca – ICMC	Área Sul	128	70,4	60,0
BIBLIOTECA EESC	Área Sul	100	55	50,0
BLOCO B – PRODUÇÃO	Área Sul	240	132	100,0
BLOCO D – EESC	Área Sul	168	92,4	70,0
PRÉDIO Antigo – SEL – EESC	Área Sul	44	24,2	20,0
PRÉDIO NOVO – SEL – EESC	Área Norte	44	24,2	20,0
CETEPE – EESC	Área Sul	96	52,8	50,0
Transporte – EESC	Área Norte	60	33	30,0
Sala de aula IQSC – Q5	Área Sul	75	41,3	36,0
Laboratório IQSC – Q1	Área Sul	38	20,9	20,0
Laboratório de Pesquisa IFSC	IFSC-I	160	88	60,0
BLOCO D – IFSC	IFSC-II	48	26,4	20,0
BLOCO C – IFSC	IFSC-II	60	33	30,0
BLOCO A – IFSC	IFSC-II	72	39,6	36,0
Laboratório Didático IFSC	IFSC-I	64	35,2	30,0

Marcenaria – EESC	Área Norte	128	70,4	50,0
Salão de eventos – PCASC	Área Norte	74	40,7	36,0
CEFER Academia – PCASC	Área Norte	36	19,8	15,0
CEFER ADM – PCASC	Área Norte	24	13,2	10,8
MiniUsina – Almoxarifado – PCASC	Área Norte	44	24,2	20,0
Total		1.919	1055,5	860,8

Fonte: (Autoria própria, 2023)

5.6. Área II

Na Área II, conforme discutido anteriormente, deparou-se com limitações devido à baixa demanda contratada em relação à potência fotovoltaica que se planejava instalar. Diante disso, o projeto de um carport solar (com maior potência) foi suspenso temporariamente, sendo substituído por um projeto adicional no telhado do centro de convenções.

Assim, a Área II passou a contar com a usina de solo de 60 kW mencionada anteriormente, além do novo projeto no telhado do centro de convenções. A tabela a seguir apresenta os resultados dos projetos na Área II:

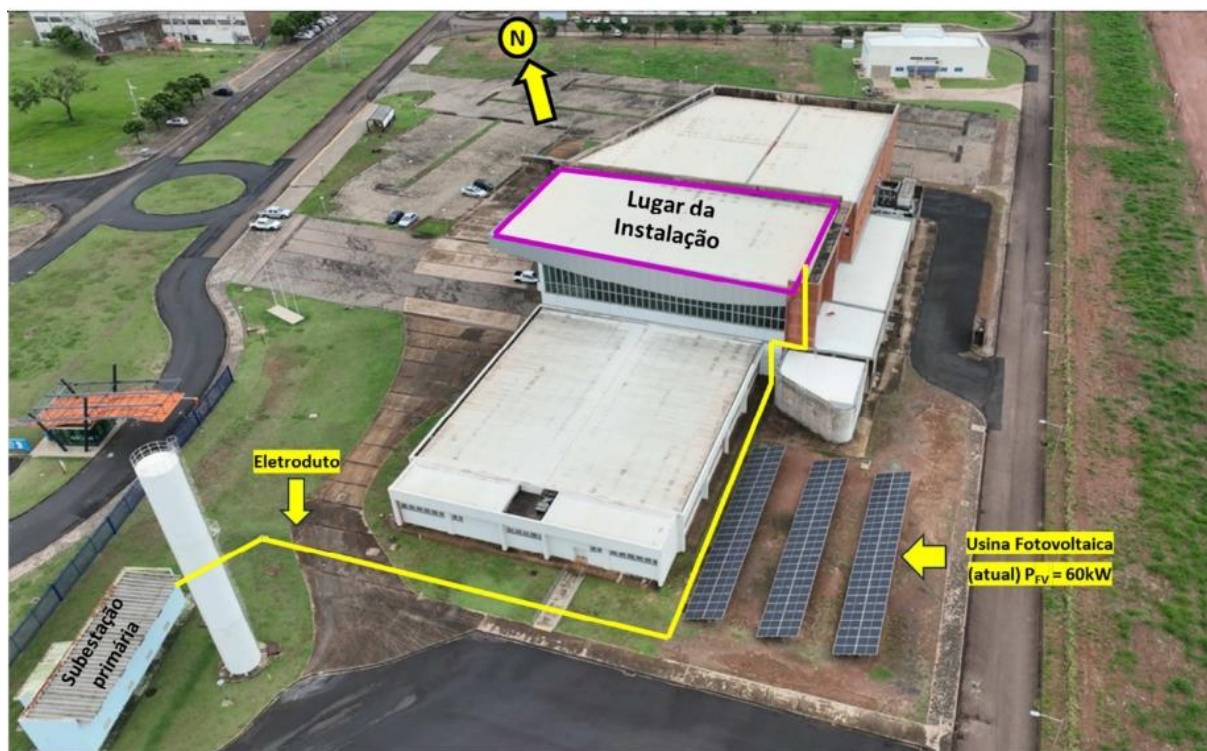
Tabela 14: Potencial gerado nos projetos da área II

Projeto	Potência Fotovoltaica - Lado CC (kWp)	Potência do Inversor - Lado CA (kW)
Miniusina*	60,7	60,0
Telhado Centro de Convenções	107,8	75,0
Total	168,5	135,0

* Já construída

Fonte: (Autoria própria, 2023)

Figura 43: Centro de convenções - USP Área II



Fonte: (Autoria própria, 2023)

Assim, ao possuir uma demanda contratada de 240 kW, este projeto eleva a capacidade na Área II para 135 kWp, o que equivale a 56,3% da potência máxima permitida para instalação na unidade consumidora.

6. CONCLUSÃO

No presente estudo, desenvolvemos um passo a passo destinado à concepção de um projeto preliminar de um sistema fotovoltaico a ser implementado em uma instituição universitária pública. O método abrange a análise das faturas de consumo de energia da instituição, o cálculo da energia fotovoltaica requerida para compensar 20% do consumo total, a determinação da potência fotovoltaica a ser implantada, a seleção de edifícios por intermédio de veículos aéreos não tripulados (drones), a realização de visitas técnicas, o preenchimento de listas de verificação, o dimensionamento dos módulos e a especificação do inversor.

Ao considerar o consumo de cada unidade, incluindo padrões de consumo em horários de pico e fora de pico, calculamos a energia fotovoltaica necessária para cobrir 100% do consumo. Multiplicamos essa energia por 20% para determinar a potência fotovoltaica necessária, levando em conta os dados de irradiação solar em São Carlos. Em seguida, seguimos um processo detalhado para a seleção de edifícios e o dimensionamento dos sistemas fotovoltaicos para atingir a potência calculada.

Após visitas e o dimensionamento das miniusinas, elaboramos um memorial descritivo para cada projeto. Consolidamos as informações em um único memorial para apresentar os resultados globalmente. Na Área I, alcançamos 12% da potência fotovoltaica necessária para cobrir 100% do consumo, enquanto na Área II, devido às limitações na demanda contratada, optamos por adicionar uma miniusina no telhado do centro de convenções à já existente no solo, totalizando 56,3% da potência máxima permitida para instalação na unidade consumidora.

Concluimos que, devido à quantidade substancial de dados a serem levantados, assim como ao elevado número de edifícios e etapas até a conclusão do projeto, é fundamental ter uma abordagem organizada e sistemática. Isso garante a minimização de erros, buscando apresentar resultados o mais próximo possível da realidade.

6.5. Atualizações no memorial descritivo (Análise Estrutural)

No contexto da implementação de módulos fotovoltaicos na Universidade de São Paulo (USP) - Campus São Carlos, torna-se obrigatório realizar uma análise aprofundada das estruturas das coberturas e suas respectivas telhas de fechamento. Conforme solicitado pelo prof. Elmer, este laudo propõe-se a conduzir um levantamento minucioso em 23 unidades selecionadas, com ênfase na identificação dos tipos de estruturas, suas dimensões e perfis, bem como no registro dos tipos e modelos das telhas empregadas com o auxílio do checklist realizado durante as etapas passadas. A avaliação estrutural será realizada de acordo com as normas vigentes, possibilitando comparações criteriosas que determinarão a aprovação ou reprovação destas estruturas para a instalação dos módulos fotovoltaicos. A análise abrangerá uma inspeção da montagem das estruturas existentes, visando garantir não apenas a

conformidade normativa, mas também a eficiência e segurança necessárias. A norma ABNT NBR 8800/2006, que trata do projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios, foi adotada como referência principal para este estudo pelo profissional contratado, fornecendo diretrizes específicas para as avaliações estruturais a serem conduzidas no escopo deste projeto fotovoltaico para a USP São Carlos.

Figura 44: Laudo realizado pela T&M engenharia

		Laudo		Peso					
		Estrutural		Tipo de	Peso	estrutura de	Peso dos	peso	area
Local		Código		Recomendação	Telhado	módulo (kg)	fixação	microinversores	total total (m²)
ICMC	1) BLOCO 4 - Central - ICMC	ICMC-4C	OK	obrigatório trocar as telhas	trap simples	928	96	0	1024 83.2
	2) BLOCO 4 - Lateral direito - ICMC	ICMC-4LD	OK	obrigatório trocar as telhas	trap simples	464	48	0	512 41.6
	3) BLOCO 3 - Sala de professores - ICMC	ICMC-3SProf	OK	obrigatório trocar as telhas	trap simples	1392	144	0	1536 124.8
	4) BLOCO 3 - Pesquisa - ICMC	ICMC-3Pes	OK	manter telhas	trap, sanduiche	2668	276	150	3094 239.2
	5) BLOCO 2 - Biblioteca - ICMC	ICMC-2Bib	OK	obrigatório trocar as telhas	trap simples	3712	384	0	4096 332.8
Subtotal									
EESC	6) BIBLIOTECA EESC	EESC-Bib	OK	manter telhas	trap simples	2900	300	0	3200 260
	7) BLOCO B - PRODUÇÃO - EESC	EESC-PROD	OK	manter telhas	trap, sanduiche	6960	720	0	7680 624
	8) BLOCO D - EESC	EESC-D	OK	recomendado trocar telhas	trap simples	4872	504	0	5376 436.8
	9) PRÉDIO Antigo - SEL - EESC	EESC-SELAnt	OK	obrigatório trocar as telhas	Kalhetão	1276	132	0	1408 114.4
	10) PRÉDIO Novo - SEL - EESC	EESC-SELNov	OK	recomendado trocar telhas	trap simples	1276	132	0	1408 114.4
	11) CETERPE - EESC	EESC-CETE	OK	manter telhas	trap, sanduiche	2784	288	0	3072 249.6
	12) Transporte-EESC	EESC-TRAN	OK	manter telhas	trap, sanduiche	1740	180	0	1920 156
Subtotal									
IQSC	13) Sala de aula IQSC - Q5	IQSC-Q5	OK	manter telhas	trap, sanduiche	2175	225		2400 195
	14) Laboratório IQSC - Q1	IQSC-Q1	OK	manter telhas	trap, sanduiche	1102	114	0	1216 98.8
Subtotal									
IFSC	15) Laboratório de Pesquisa IFSC	IFSC - LabPes	OK	manter telhas	trap, sanduiche	4640	480	0	5120 416
	16) BLOCO D - IFSC	IFSC - D	OK	manter telhas	trap, sanduiche	1392	144	0	1536 124.8
	17) BLOCO C - IFSC	IFSC - C	OK	manter telhas	trap, sanduiche	1740	180	0	1920 156
	18) BLOCO A - IFSC	IFSC - A	OK	manter telhas	trap, sanduiche	2088	216	0	2304 187.2
	19) Laboratório Didático IFSC	IFSC - LabDid	OK	manter telhas	trap, sanduiche	1856	192	0	2048 166.4
Subtotal									
PCASC	20) Salão de eventos - PCASC	PCASC - SEve	OK	manter telhas	trap simples	2146	222	0	2368 192.4
	21) CEFER Academia - PCASC	PCASC - CefAcad	OK	manter telhas	trap simples	1044	108	0	1152 93.6
	22) CEFER Administração - PCASC	PCASC - CefAdm	OK	recomendado trocar telhas	cerâmica	696	72	30	798 62.4
	23) Marcenaria	EESC - Marc	OK	manter telhas	cerâmica	3712	384	0	4096 332.8
	m1) MiniUsina - Almoxarifado - PCASC	PCASC - MiniAlm	Não precisa		Usina de solo	Não é necessário análise estrutural			
	m2) MiniUsina - frente à Bandeira USP - PCASC	PCASC-MiniBand	Não precisa		Usina de solo	Não é necessário análise estrutural			
	m3) Carport Solar parte baixa-SEL - PCASC	PCASC-SEL-Car-Bai	Não precisa		Carport	Não é necessário análise estrutural			
Subtotal									

Fonte: (Thiago Martins Engenharia, 2023)

Até o presente momento deste trabalho, onde o projeto foi desenvolvido de agosto de 2022 até agosto de 2023 com a pretensão de utilizar as 23 instalações prediais e mais 3 miniusinas com o laudo fornecido pela empresa responsável (Thiago Martins Engenharia) pela análise estrutural destes locais acima e com base nas informações fornecidas foi necessário retirar algumas instalações como pode ser mostrada pela figura abaixo. Assim ficaram:

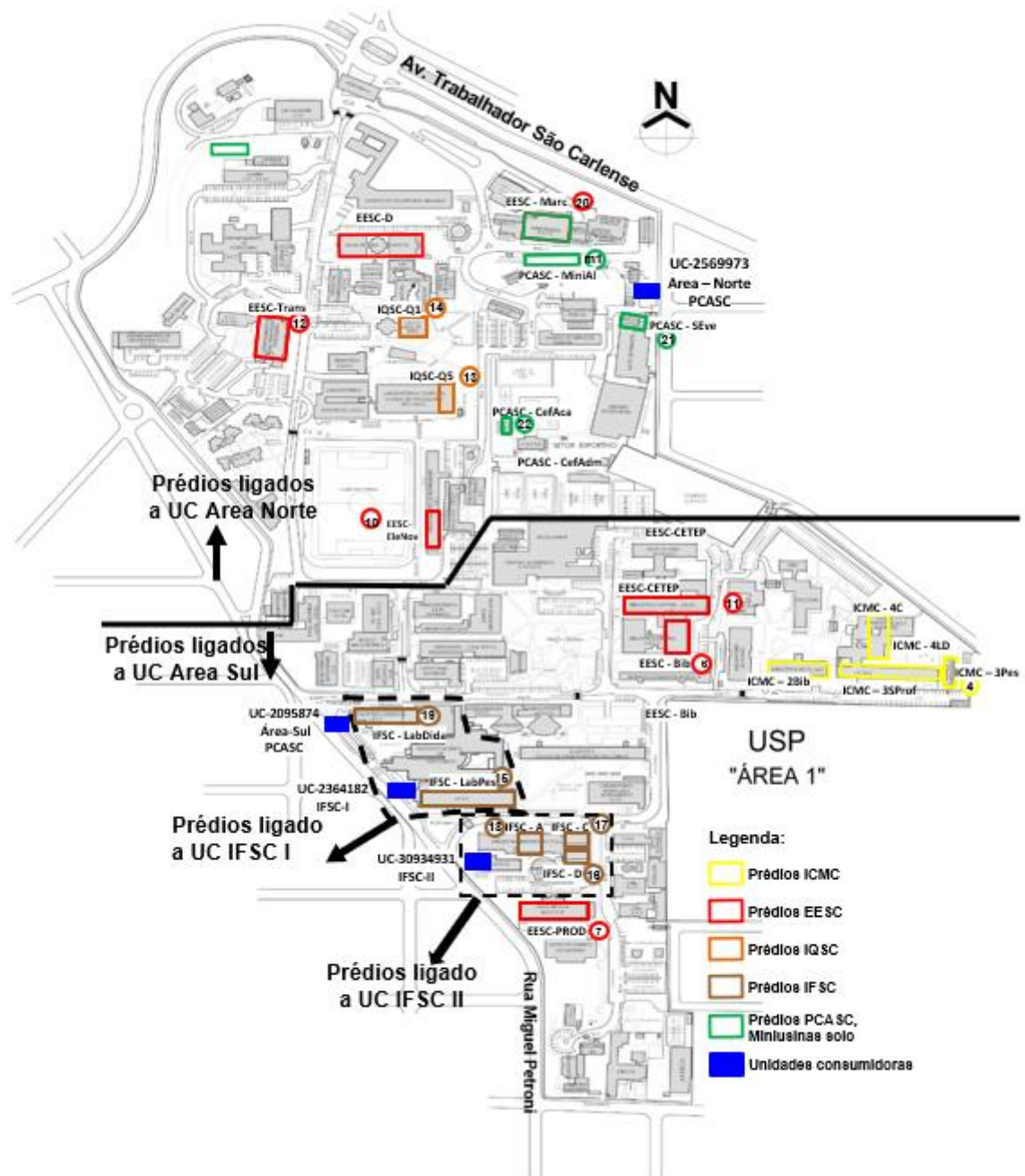
Figura 45: Prédios selecionados após o laudo

Potência total fotovoltaica Area I - USP São Carlos							Peso			
	Local	Código	Laudo Estrutural	Nº Orientações Água telhado	Telhado Atual	Peso módulo (kg)	estrutura de fixação	Peso dos microinversores	peso total	area total (m²)
	4 BLOCO 3 - Pesquisa - ICMC	ICMC-3Pes	ok	1	trap. sanduiche	3480	360	150	3990	312
	Subtotal									
EESC	6 BIBLIOTECA EESC	EESC-Bib	ok	1	trap simples	2900	300	0	3200	260
	7 BLOCO B - PRODUÇÃO - EESC	EESC-PROD	ok	2	trap. sanduiche	6960	720	0	7680	624
	10 PRÉDIO Novo - SEL - EESC	EESC-SELNov	ok	2	trap simples	1278	132	0	1408	114,4
	11 CETEPE - EESC	EESC-CETE	ok	2	trap. sanduiche	2784	288	0	3072	249,6
	12 Transporte-EESC	EESC-TRAN	ok	2	trap. sanduiche	1740	180	0	1920	156
	20 Marcenaria - EESC	EESC - Marc	ok	2	cerâmica	3712	384	0	4096	332,8
	Subtotal									
IQSC	13 Sala de aula IQSC - Q5	IQSC-Q5	ok	2	trap. sanduiche	2175	225		2400	195
	14 Laboratório IQSC - Q1	IQSC-Q1	ok	2	trap. sanduiche	1102	114	0	1216	98,8
	Subtotal									
IFSC	15 Laboratório de Pesquisa IFSC	IFSC - LabPes	ok	2	trap. sanduiche	4640	480	0	5120	416
	16 BLOCO D - IFSC	IFSC - D	ok	2	trap. sanduiche	1392	144	0	1536	124,8
	17 BLOCO C - IFSC	IFSC - C	ok	2	trap. sanduiche	1740	180	0	1920	156
	18 BLOCO A - IFSC	IFSC - A	ok	2	trap. sanduiche	2088	216	0	2304	187,2
	19 Laboratório Didático IFSC	IFSC - LabDida	ok	2	trap sanduiche	1856	192	0	2048	166,4
	Subtotal									
PCASC	21 Salão de eventos - PCASC	PCASC - SEve	ok	2	trap simples	2146	222	0	2368	192,4
	22 CEFER academia - PCASC	PCASC - CefAcad	ok	2	trap simples	1044	108	0	1152	93,6
	m1 MiniUsina - Almoarifado - PCAS	PCASC - MiniAlm	ok	1	Usina de solo	Não é necessário análise estrutural				
	Subtotal									

Fonte: (Autoria própria, 2023)

Com base na tabela apresentada, serão realizadas duas fases para a implementação do sistema fotovoltaico. Em que a primeira fase abrangerá o desenvolvimento do orçamento pelos futuros alunos deste projeto, a condução do processo licitatório, a homologação e operacionalização das 16 instalações prediais e de uma miniusina nesta etapa, já para a segunda fase do projeto será feito uma nova prospecção de locais que serão incluídas com o intuito de alcançar a meta estabelecida de 20% de compensação da energia consumida.

Figura 46: Mapa dos prédios selecionados



Fonte: (Autoria própria, 2023)

Segue o link do memorial descritivo que está sendo atualizado:
https://linktr.ee/ProjetoFotovoltaicoUSP_SC

REFERÊNCIAS

Distribuição de energia elétrica. Wikipedia, 2022. Disponível em: < https://pt.wikipedia.org/wiki/Distribui%C3%A7%C3%A3o_de_energia_el%C3%A9trica>. Acesso em: 30/09/2023.

GOMES, Antonio Claret Silva et al. **O setor elétrico.** In: SÃO PAULO, Elizabeth Maria De; KALACHE FILHO, Jorge (Org.). Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social 50 anos: histórias setoriais. Rio de Janeiro: Dbá , 2002. Sem volume, p.[321]-347.

LORENZO, Helena Carvalho. **O setor elétrico brasileiro: passado e futuro.** Perspectivas: Revista de Ciências Sociais, v. 24/25, 2001/2002. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/108151>>.

Projeto de lei número 414 de 2021. **Expansão Livre Mercado Setor Elétrico.** 01/06/2022. PL 414/2021. Disponível em <<https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2270036>>.

PSR INC. **Energy Report – October.** 2022. Pesquisa Consultiva de Mercado.

IEA ORG. **Brazil Energy profile Report.** 2023. Disponível em: < <https://www.iea.org/reports/brazil-energy-profile>>. Acesso em: 27 novembro 2023.

GLOBAL SOLAR ATLAS. **Maps for Brazil.** Disponível em: <<http://globalsolaratlas.info/downloads/brazil>>. Acesso em: 22 novembro 2023.

ABNT. (2004). NBR 5410: **Instalações elétricas de baixa tensão.** Rio de Janeiro: ABNT.

ABNT. (2018). NBR 16690: Sistemas fotovoltaicos – **Requisitos mínimos para sistemas fotovoltaicos conectados em paralelo com a rede elétrica de distribuição.** Rio de Janeiro: ABNT.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (USP). **Curso Solar** - Laboratório de Sistemas Fotovoltaicos. Disponível em: <<http://www.sel.eesc.usp.br/cursosolar/>>. Acesso em: 22 novembro 2023.

EPBR. **TotalEnergies investirá R\$ 134 mi em projetos de energias renováveis de universidades brasileiras.** Disponível em: <<https://epbr.com.br/totalenergies-investira-r-134-mi-em-projetos-de-energias-renovaveis-de-universidades-brasileiras/>>. Acesso em: 22 novembro 2023.

UNIVERSIDADES ESTADUAIS DO PARANÁ. **Produção de energia a partir de captação solar.** Disponível em: <<https://www.aen.pr.gov.br/Noticia/Universidades-estaduais-do-Parana-produzem-energia-partir-de-captacao-solar>>. Acesso em: 22 novembro 2023.

UNICAMP. **Inauguração da Usina de Energia Solar com capacidade para abastecer 450 casas em um ano.** Disponível em: <<https://g1.globo.com/sp/campinas-regiao/noticia/2019/04/11/unicamp-inaugura-usina-de-energia-solar-com-capacidade-para-abastecer-450-casas-em-um-ano.ghtml>>. Acesso em: 22 novembro 2023.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS (UFMG). **Autossuficiência Energética: Usinas Fotovoltaicas são instaladas nos CADs 1 e 3.** Disponível em: <<https://ufmg.br/comunicacao/noticias/autossuficiencia-energetica-usinas-fotovoltaicas-sao-instaladas-nos-cads-1-e-3>>. Acesso em: 22 novembro 2023.

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA (UFPB). **Em parceria com a Huawei, UFPB inaugura Usina Escola Fotovoltaica que utiliza Inteligência Artificial.** Disponível em: <<https://www.ufpb.br/ufpb/contents/noticias/em-parceria-com-a-huawei-ufpb-inaugura-usina-escola-fotovoltaica-que-utiliza-inteligencia-artificial>>. Acesso em: 22 novembro 2023.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (USP). **Inauguração da Usina Solar Fotovoltaica de 540 kW.** Disponível em: <<https://www.energia.usp.br/?q=pt-br/evento/inaugura%C3%A7%C3%A3o-da-usina-solar-fotovoltaica-540kw>>. Acesso em: 22 novembro 2023.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA (UNB). **Inauguração da Usina de Energia Solar no Gama.** Disponível em: <<https://www.noticias.unb.br/76-institucional/3752-universidade-inaugura-usina-de-energia-solar-no-gama#:~:text=Foram%20instaladas%20294%20placas%2C%20com,da%20atual%20demand a%20da%20FGA>..>>. Acesso em: 22 novembro 2023.

Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). **Atlas de Energia Solar do Brasil.** Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/energias-renovaveis/atlas-solar-brasil>>. Acesso em: 22 novembro 2023.

APÊNDICE A – MEMORIAL DESCRITIVO COMPLETO

**Universidade de São Paulo
Campus de São Carlos**

**Memorial dos sistemas fotovoltaicos-23 prédios e 1
Mini-usina**

**Responsável: Prof. Elmer Pablo Tito Cari
Nº USP: 4976413
Email: elmerpab@sc.usp.br**

Setembro 2023

Índice

1.0 OBJETIVO**2.0 DESCRIÇÃO DO SISTEMA GERAL****2.1) Localização****2.2) Tensão de Rede****2.3) Unidades consumidoras**

2.3)1. Dados da Rede e da Subestação na Unidade Consumidora Área Norte. (UC-Área-Norte)

2.3)2. Dados da Rede e da Subestação na Unidade Consumidora Área Sul. (UC-Área-Sul)

2.3)3. Dados da Rede e da Subestação na Unidade Consumidora IFSC I. (UC-IFSC-I)

2.3)4. Dados da Rede e da Subestação na Unidade Consumidora IFSC II. (UC-IFSC-II)

3.0 DADOS DO SISTEMA FOTOVOLTAICO CONTRATADO**4.0 DADOS QUE DEVE CONTER O MEMORIAL EXECUTIVO FINAL****5.0 LIMPEZA FINAL DO SERVIÇO****6.0 PRAZO DE EXECUÇÃO****1.0) OBJETIVO**

O presente documento apresenta as especificações técnicas gerais para elaboração do projeto executivo, instalação e solicitação de acesso junto à concessionária e obra civil, quando necessário de sete sistemas fotovoltaicos na Universidade de São Paulo, campus de São Carlos-Área I. Não é necessário laudo técnico e estrutural dos prédios selecionados. Deverá também ser entregue o projeto completo detalhado (diagrama Unifilar, manual dos equipamentos, etc). Os materiais a serem empregados deverão ser de primeira linha e satisfazer a todas as exigências das normas técnicas da ABNT e estar de Conformidade com o INMETRO.

2.0) DESCRIÇÃO DO SISTEMA GERAL**2.1) Localização**

As instalações fotovoltaicas serão realizadas na Universidade de São Paulo, Campus de São Carlos- Área I, localizado na Av Trabalhador São Carlense 400, Parque Arnold Schmidt, São Carlos/SP; CEP 13566-590. A lista dos prédios selecionados é mostrada na Tabela abaixo, onde indica à unidade ao qual pertence (Escola de Engenharia de São Carlos, EESC ou Prefeitura do Campus de São Carlos, PCASC), o código utilizado e a latitude e longitude no Google Maps.

Tabela 1: Lista dos lugares selecionados para instalação fotovoltaica.

	Local	Código	Google Maps Latitude e Longitude
1	BLOCO 4 - Central - ICMC	ICMC-4C	-22.007278, -47.894284
2	BLOCO 4 - Lateral direito - ICMC	ICMC-4LD	-22.007248, -47.894112
3	BLOCO 3 - Sala de professores - ICMC	ICMC-3SProf	-22.007637, -47.894164
4	BLOCO 3 - Pesquisa - ICMC	ICMC-3Pes	-22.007641, -47.893699
5	BLOCO 2 - Biblioteca - ICMC	ICMC-2Bib	-22.007615, -47.894902
6	BIBLIOTECA EESC	EESC-Bib	-22.007351, -47.895932
7	BLOCO B - PRODUÇÃO - EESC	EESC-PROD	-22.009804, -47.896809
8	BLOCO D - EESC	EESC-D	-22.004056, -47.898410
9	PRÉDIO Antigo - SEL - EESC	EESC-SELAnt	-22.005930, -47.897940
10	PRÉDIO Novo - SEL - EESC	EESC-SELNov	-22.006646, -47.897881
11	CETEPE - EESC	EESC-CETE	-22.007112, -47.896045
12	Transporte-EESC	EESC-TRAN	-22.004900, -47.899174
20	Marcenaria - EESC	EESC - Marc	-22.003910, -47.897288
13	Sala de aula IQSC - Q5	IQSC-Q5	-22.005383, -47.897808
14	Laboratório IQSC - Q1	IQSC-Q1	-22.004784, -47.898102
15	Laboratório de Pesquisa IFSC	IFSC - LabPes	-22.008840, -47.897490
16	BLOCO D - IFSC	IFSC - D	-22.009302, -47.896635
17	BLOCO C - IFSC	IFSC - C	-22.009168, -47.896635
18	BLOCO A - IFSC	IFSC - A	-22.009245, -47.897018
19	Laboratório Didático IFSC	IFSC - LabDida	-22.008140, -47.898204
21	Salão de eventos - PCASC	PCASC - SEve	-22.004893, -47.896371
22	CEFER Academia - PCASC	PCASC - CefAcad	-22.005594, -47.897326
23	CEFER Administração - PCASC	PCASC - CefAdm	-22.005790, -47.897076
m1	MiniUsina - Almojarifado - PCASC	PCASC - MiniAlm	-22.004039, -47.896861

Legenda:

SEL: Departamento de Engenharia Elétrica e de Computação

CEFER: Centro de Educação Física, Esportes e Recreação

EESC: Escola de Engenharia de São Carlos

IFSC: Instituto de Física de São Carlos

IQSC: Instituto de Química de São Carlos

ICMC: Instituto de Ciências Matemáticas e Computação

PCASC: Prefeitura do Campus USP São Carlos

Os prédios e usinas estão ligados às seguintes Unidades Consumidoras (UC):

- Os prédios 8, 9, 10, 12, 13, 14, 20, 21, 22, 23 e a miniusina m1 estão ligados à UC-Área-Norte.
- Os prédios 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 11 estão ligados à UC-Área-Sul.
- Os prédios 15 e 19 estão ligados à UC-IFSC I.
- Os prédios 16, 17 e 18 estão ligados à UC-IFSC II.

Uma vista do lugar da instalação junto com a localização das unidades consumidoras está na figura abaixo.

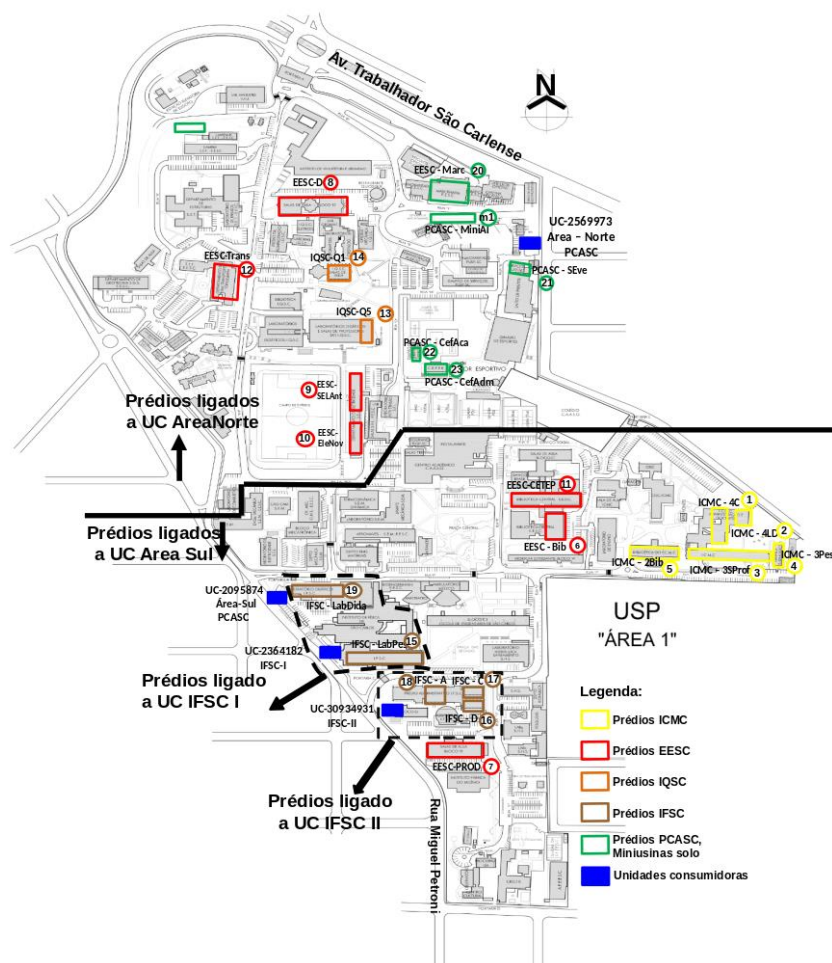


Figura 1: Vista da localização dos prédios selecionados incluindo a localização das UC e das mini-usinas.

2.2) Dados da Rede e da Subestação nas Unidades Consumidoras da USP - Área I.

a) Tensão da Rede: 220V (trifásico)

A tensão da rede no quadro de distribuição principal CA de cada prédio selecionado é trifásica 220V.

b) Unidades consumidoras

O campus USP São Carlos Área I é composto de quatro unidades consumidoras: Área Norte, Área Sul, Física I e Física II. A tensão no lado de baixa tensão é trifásica 220V.

b.1) Dados da Subestação principal e da Unidade Consumidora Área Norte (UC-Área-Norte)

Os prédios 8, 9, 10, 12, 13, 14, 20, 21, 22, 23 e a miniusina m1 estão ligados a Unidade Consumidora Área Norte No 2569973 que é alimentado em 220V como mostra a Figura 2.



Figura 2: Vista da unidade consumidora Área Norte

Dentro da cabine da subestação da Unidade Consumidora Área Norte tem um relé da marca Pektron, modelo URPE7104A e um disjuntor a Vacuo da marca Areva como mostra a Figura 3.

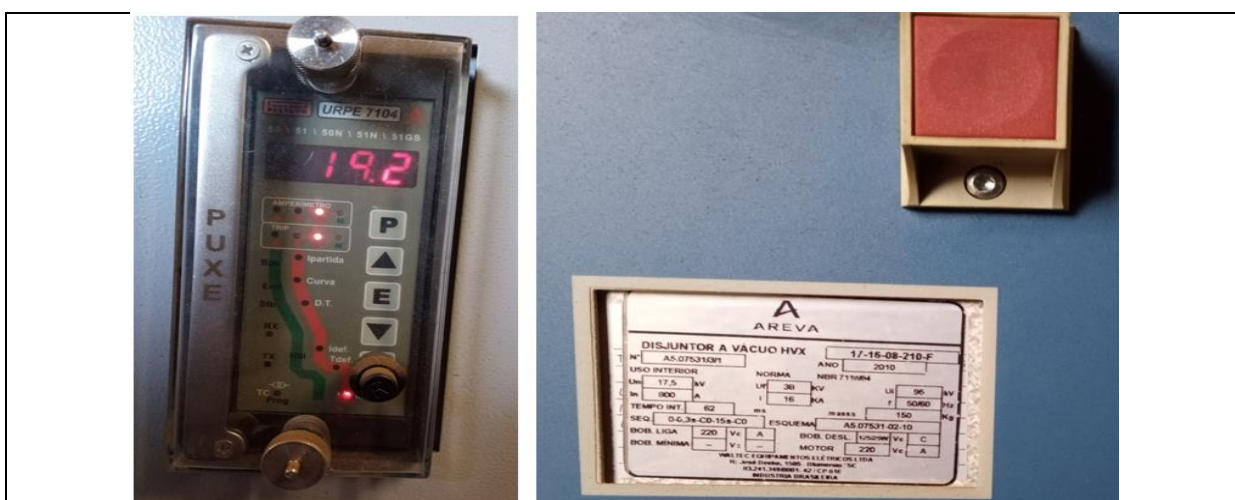


Figura 3: Relé de proteção e Disjuntor principal da unidade consumidora Área Norte

b.2) Dados da Subestação principal e da Unidade Consumidora Área Sul (UC-Área-Sul)

Os prédios 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 11 estão ligados a Unidade Consumidora Área Sul No 2095874 que é alimentado em 220V como mostra a Figura 4.



Figura 4: Vista da unidade consumidora Área Sul

Dentro da cabine da subestação da Unidade consumidora Área Sul tem um relé da marca Pektron, modelo URPE6104A e um disjuntor a Vacua da marca Areva como mostra a Figura 5.



Figura 5: Relé de proteção e Disjuntor principal da unidade consumidora Área Sul

b.3) Dados da Subestação principal e da Unidade Consumidora IFSC I (UC-IFSC-I)

Os prédios 15 e 19 estão ligados a Unidade Consumidora IFSC I No 2364182 que é alimentado em 220V como mostra as Figuras 6 e 7.



Figura 6: Vista da unidade consumidora IFSC I

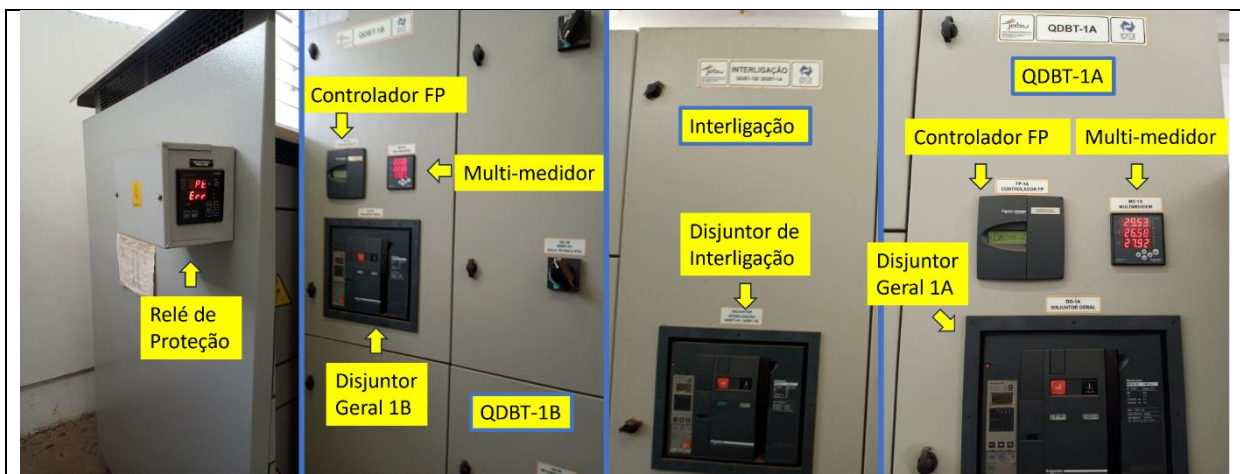


Figura 7: Relés e Disjuntores dentro da IFSC I

Dentro da cabine da subestação da Unidade consumidora IFSC I tem um relé da marca Schneider, modelo SEPAM 1000 + S23 e um disjuntor Masterpact NW16N1 da marca Schneider como mostra a Figura 8.



Figura 8: Relé de proteção e Disjuntor principal da unidade consumidora IFSC I

b.4) Dados da Subestação principal e da Unidade Consumidora IFSC II (UC-IFSC-II)

Os prédios 16, 17 e 18 estão ligados a Unidade Consumidora IFSC II No 30934931 que é alimentado em 220V como mostra as Figuras 6 e 7.



Figura 6: Vista da unidade consumidora IFSC II

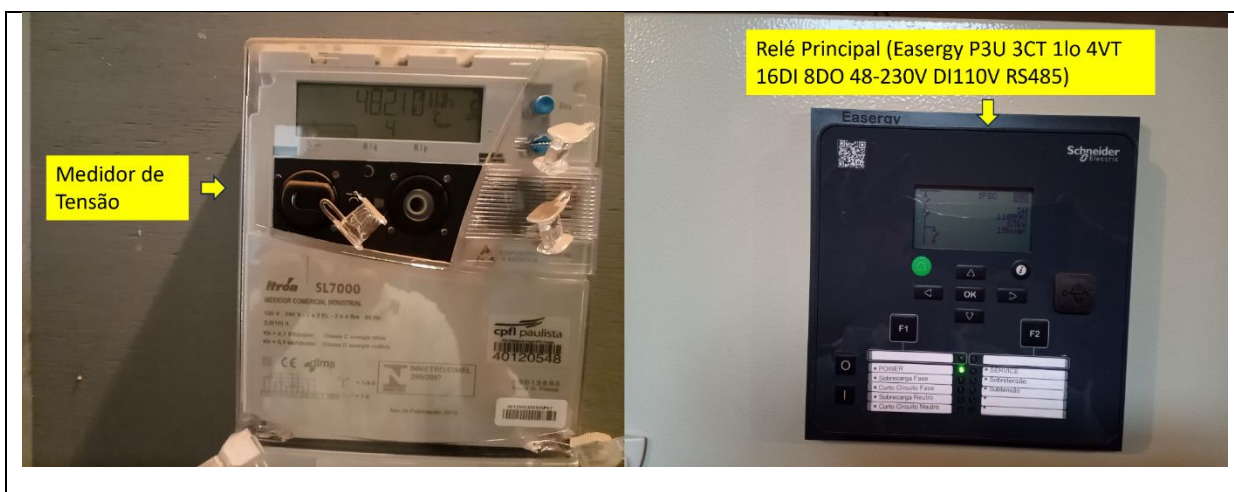


Figura 7: Relé e Medidor de Tensão dentro da IFSC II

Dentro da cabine da subestação da Unidade consumidora IFSC II tem um relé da marca Schneider, modelo Easergy P3U 3CT 1lo 4VT 16DI 8DO 48-230V DI110V RS485 e um disjuntor Easypact EXF da marca Schneider como mostra a Figura 8.



Figura 8: Disjuntor principal da unidade consumidora IFSC II

3.0) DADOS DO SISTEMA FOTOVOLTAICO CONTRATADO

Os materiais a serem empregados deverão ser de primeira linha, bem como satisfazer a todas as exigências das normas técnicas da ABNT. Somente serão aceitos na obra materiais com a Marca de Conformidade do INMETRO. Caberá à Fiscalização o direito de rejeitar qualquer material colocado na obra em desacordo com o projeto e suas especificações ou que apresente falhas ou defeitos.

3.1) Módulos Fotovoltaicos: Os módulos fotovoltaicos deverão ter certificado de conformidade do INMETRO. Deverá ser usada necessariamente módulos de 550W (ou próximo, ex.: 555W, 560W, etc.). Isto devido ao tamanho do lugar disponível para a instalação.

3.2) Número de módulos e Potência pico lado CC.

O número de módulos e a potência pico do lado CC para cada um dos lugares selecionados é mostrado na Tabela 2. O número total de módulos é 2015, sendo 1919 para instalação e 96 de reserva (5%). O número de módulos não pode ser alterado.

Tabela 2: Lugares selecionados com informações do sistema fotovoltaico instalado.

Potência total fotovoltaica Área I - USP São Carlos												
	Local	Código	Unidade Consumidora	Nº módulos	Pot. CC PFV (kW)	Pot. CA (kW)	Nro Invers.	Tipo Inversor	Pot. Inversor (kW)	Nº mínimo Strings/MPPT	Corrente nom CA (A)	Nº Orientações Água telhado
ICMC	1 BLOCO 4 - Central - ICMC	ICMC-4C	Área Sul	32	17,6	15	1	String (3φ)	15	3/3	39,4	3
	2 BLOCO 4 - Lateral direito - ICMC	ICMC-4LD	Área Sul	16	8,8	8	1	String (1φ)	8	2/2	36,4	2
	3 BLOCO 3 - Sala de professores - ICMC	ICMC-3SProf	Área Sul	48	26,4	20	1	String (3φ)	20	2/3	52,5	1
	4 BLOCO 3 - Pesquisa - ICMC	ICMC-3Pes	Área Sul	120	66	54	30	microinversor	1,8	1/4	141,7	1
	5 BLOCO 2 - Biblioteca - ICMC	ICMC-2Bib	Área Sul	128	70,4	60	1	String (3φ)	60	8/4	157,5	1
Subtotal				344	189,2	157						
EESC	6 BIBLIOTECA EESC	EESC-Bib	Área Sul	100	55,0	50	1	String (3φ)	50	16/8	131,2	1
	7 BLOCO B - PRODUÇÃO - EESC	EESC-PROD	Área Sul	240	132,0	100	2	String (3φ)	50	16/8	131,2	2
	8 BLOCO D - EESC	EESC-D	Área Sul	168	92,4	70	1	String (3φ)	70	16/8 ou 3/4	183,7	2
	9 PRÉDIO Antigo - SEL - EESC	EESC-SELAnt	Área Sul	44	24,2	20	1	String (3φ)	20	4/2	52,5	2
	10 PRÉDIO Novo - SEL - EESC	EESC-SELNov	Área Norte	44	24,2	20	1	String (3φ)	20	4/2	52,5	2
	11 CETEPE - EESC	EESC-CETE	Área Sul	96	52,8	50	1	String (3φ)	50	8/4 ou 9/3	131,2	2
	12 Transporte-EESC	EESC-TRAN	Área Norte	60	33,0	30	1	String (3φ)	30	12/4 ou 6/3	78,7	2
	20 Marcenaria - EESC	EESC-Marc	Área Norte	128	70,4	50	1	String (3φ)	50	16/8	131,2	2
	Subtotal				880	484,0	390					
	13 Sala de aula IQSC - Q5	IQSC-Q5	Área Sul	75	41,3	36	1	String (3φ)	36	8/4 ou 9/3	94,5	2
IQSC	14 Laboratório IQSC - Q1	IQSC-Q1	Área Sul	38	20,9	20	1	String (3φ)	20	4/2	52,5	2
	Subtotal				113	62,2	56					
IFSC	15 Laboratório de Pesquisa IFSC	IFSC-LabPes	IFSC-I	160	88,0	60	1	String (3φ)	60	16/8	157,5	2
	16 BLOCO D - IFSC	IFSC-D	IFSC-II	48	26,4	20	1	String (3φ)	20	6/3 ou 4/2	52,5	2
	17 BLOCO C - IFSC	IFSC-C	IFSC-II	60	33,0	30	1	String (3φ)	30	8/4 ou 9/3	78,7	2
	18 BLOCO A - IFSC	IFSC-A	IFSC-II	72	39,6	36	1	String (3φ)	36	9/3 ou 8/4	94,5	2
	19 Laboratório Didático IFSC	IFSC-LabDida	IFSC-I	64	35,2	30	1	String (3φ)	30	2/2	78,7	2
	Subtotal				404	222,2	176					
PCASC	21 Salão de eventos - PCASC	PCASC-SEve	Área Norte	74	40,7	36	1	String (3φ)	36	12/3 ou 6/3	94,5	2
	22 CEFER Academia - PCASC	PCASC-CefAcad	Área Norte	36	19,8	15	1	String (3φ)	15	8/4	39,4	2
	23 CEFER Administração - PCASC	PCASC-CefAdm	Área Norte	24	13,2	10,8	6	microinversor	1,8	4/4	28,3	2
	m1 MiniÚstina - Almoarifado - PCASC	PCASC-MiniAlm	Área Norte	44	24,2	20	1	String (3φ)	20	8/4 ou 4/2	52,5	1
Subtotal				178	97,9	81,8						
Total				1919	1055,5	860,8						
Módulos de reserva				96								
Total Módulos				2015								

3.3) Tipo de inversor:

Deverão ser utilizados Inversores String e microinversores de acordo com a Tabela 2. Como a tensão de alimentação da USP-São Carlos/Área 1 é 220V, **recomenda-se inversores e microinversores de 220V, de potência de acordo com a Tabela 2 ou com valores próximos.** Entretanto, também é possível o uso de inversores de outro nível de tensão, desde que seja usado transformadores ou autotransformadores para adaptar a tensão da rede ao inversor.

No caso da opção de microinversor, também é possível utilizar um inversor string de potência similar à potência CA total. Os prédios onde isto pode ser feito são:

“BLOCO 3 - Pesquisa - ICMC” (Prédio 4)

“CEFER Administração - PCASC” (Prédio 23)

Os Inversores String e Microinversores deverão ter certificado de conformidade do INMETRO. O tipo de inversor a ser usado junto com algumas especificações (potência, corrente nominal, nro mínimo de strings e MPPTs) pode ser visto na Tabela 2.

3.4) Estrutura e Suporte dos módulos:

3.4.1) Estrutura para instalações em telhados: A estrutura de suporte dos módulos em telhados deverá ser de primeira linha de alumínio anodizado e os periféricos (parafusos e porcas) de aço inox, com vida útil acima de 25 anos.

3.5) Laudo Técnico Estrutural: Já foi realizada a análise estrutural dos prédios selecionados por uma empresa externa (Thiago Martins Engenharia). Portanto, o fornecimento de um novo laudo técnico estrutural não é necessário. Os resultados do laudo mostram que todos os prédios selecionados suportam o peso dos módulos fotovoltaicos, sendo apenas necessária a troca de alguns telhados por telhas novas, conforme mostrado na Tabela 3, coluna 11. Informações sobre os tipos de telhado dos prédios, bem como dos novos telhados caso seja necessária a troca, estão presentes na Tabela 3 e no Apêndice A.

Tabela 3: Informações dos lugares para laudo técnico estrutural.

Potência total fotovoltaica Área I - USP São Carlos												
	Local	Código	Unidade Consumidora	Nº módulos	Pot. CC PFV (kW)	Pot. CA (kW)	Nro Invers.	Tipo Inversor	Laudo Estrutural	Nº Orientações Água telhado	Telhado Atual	Troca de Telhado para
ICMC	1 BLOCO 4 - Central - ICMC	ICMC-4C	Area Sul	32	17,6	15	1	String (3φ)	Trocar Telhas	3	trap simples	trap. sanduiche
	2 BLOCO 4 - Lateral direito - ICMC	ICMC-4LD	Area Sul	16	8,8	8	1	String (1φ)	Trocar Telhas	2	trap simples	trap. sanduiche
	3 BLOCO 3 - Sala de professores - ICMC	ICMC-3SProf	Area Sul	48	26,4	20	1	String (3φ)	Trocar Telhas	1	trap simples	trap. sanduiche
	4 BLOCO 3 - Pesquisa - ICMC	ICMC-3Pes	Area Sul	120	66	54	30	microInversor	ok	1	trap. sanduiche	
	5 BLOCO 2 - Biblioteca - ICMC	ICMC-2Bib	Area Sul	128	70,4	60	1	String (3φ)	Trocar Telhas	1	trap simples	trap. sanduiche
Subtotal				344	189,2	157						
EESC	6 BIBLIOTECA EESC	EESC-Bib	Area Sul	100	55,0	50	1	String (3φ)	ok	1	trap simples	
	7 BLOCO B - PRODUÇÃO - EESC	EESC-PROD	Area Sul	240	132,0	100	2	String (3φ)	ok	2	trap. sanduiche	
	8 BLOCO D - EESC	EESC-D	Area Sul	168	92,4	70	1	String (3φ)	Trocar Telhas	2	trap simples	trap. sanduiche
	9 PRÉDIO Antigo - SEL - EESC	EESC-SELAnt	Area Sul	44	24,2	20	1	String (3φ)	Trocar Telhas	2	Kalhetão	trap. sanduiche
	10 PRÉDIO Novo - SEL - EESC	EESC-SELNov	Area Norte	44	24,2	20	1	String (3φ)	Trocar Telhas	2	trap simples	trap. sanduiche
	11 CETEP - EESC	EESC-CETE	Area Sul	96	52,8	50	1	String (3φ)	ok	2	trap. sanduiche	
	12 Transporte-EESC	EESC-TRAN	Area Norte	60	33,0	30	1	String (3φ)	ok	2	trap. sanduiche	
	20 Marcenaria - EESC	EESC-Marc	Area Norte	128	70,4	50	1	String (3φ)	ok	2	cerâmica	
Subtotal				880	484,0	390						
IQSC	13 Sala de aula IQSC - Q5	IQSC-Q5	Area Sul	75	41,3	36	1	String (3φ)	ok	2	trap. sanduiche	
	14 Laboratório IQSC - Q1	IQSC-Q1	Area Sul	38	20,9	20	1	String (3φ)	ok	2	trap. sanduiche	
	Subtotal			113	62,2	56						
IFSC	15 Laboratório de Pesquisa IFSC	IFSC - LabPes	IFSC-I	160	88,0	60	1	String (3φ)	ok	2	trap. sanduiche	
	16 BLOCO D - IFSC	IFSC - D	IFSC-II	48	26,4	20	1	String (3φ)	ok	2	trap. sanduiche	
	17 BLOCO C - IFSC	IFSC - C	IFSC-II	60	33,0	30	1	String (3φ)	ok	2	trap. sanduiche	
	18 BLOCO A - IFSC	IFSC - A	IFSC-II	72	39,6	36	1	String (3φ)	ok	2	trap. sanduiche	
	19 Laboratório Didático IFSC	IFSC - LabDidat	IFSC-I	64	35,2	30	1	String (3φ)	ok	2	trap sanduiche	
Subtotal				404	222,2	176						
PCASC	21 Salão de eventos - PCASC	PCASC - SEve	Area Norte	74	40,7	36	1	String (3φ)	ok	2	trap simples	
	22 CEFER Academia - PCASC	PCASC - CefAcad	Area Norte	36	19,8	15	1	String (3φ)	ok	2	trap simples	
	23 CEFER Administração - PCASC	PCASC - CefAdm	Area Norte	24	13,2	10,8	6	microInversor	Trocar Telhas	2	cerâmica	cerâmica
	m1 MiniUsina - Almoarifado - PCASC	PCASC - MiniAlm	Area Norte	44	24,2	20	1	String (3φ)	ok	1	Usina de solo	
Subtotal				178	97,9	81,8						
Total				1919	1055,5	860,8						
Módulos de reserva				96								
Total Módulos				2015								

3.5.1) Troca de Telhado: Faz parte do escopo desta memorial a troca do telhado dos edifícios por parte da CONTRATADA (vide Tabela 03, colunas 13 e 14):

a) Troca de telhado por telhado termoacústico (trapezoidal sanduiche):

“BLOCO 4 - Central - ICMC” (Edifício 1),
 “BLOCO 4 - Lateral direito - ICMC” (Edifício 2),
 “BLOCO 3 - Sala de professores - ICMC” (Edifício 3),
 “BLOCO 2 - Biblioteca - ICMC” (Edifício 5),
 “BLOCO D - EESC” (Edifício 8),
 “PRÉDIO Antigo - SEL - EESC” (Edifício 9),
 “PRÉDIO Novo - SEL - EESC” (Edifício 10) e

b) Troca de telhado por Telhado cerâmico:

“CEFER Administração - PCASC” (Edifício 23).

Mais detalhes sobre esses prédios podem ser encontrados em suas respectivas seções do Apêndice “A_DETALHES DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONTRATADOS”.

3.6) Fundações e obra civil : Deve incluir a obra civil de adaptações necessárias para instalações em telhados.

Ressalta-se que o método de instalação dos módulos não pode afetar a impermeabilização da laje. Caso a instalação venha a comprometer essa impermeabilização, a CONTRATADA deverá tomar as medidas cabíveis para sanar o problema e evitar a penetração de águas pluviais.

3.7) Cabos do lado CC: Os condutores destinados as interligações dos módulos fotovoltaicos deverão ser especialmente para sistemas fotovoltaicos (com proteção UV) com diâmetro de no mínimo 4mm² e estar acordo com as características da ABNT 16612:

Temperatura máxima no condutor em serviço contínuo: 120 °C

Tensão de trabalho: Ac Uo/U = 0,6/1 kV e cc Um = 1,8 kV.

Cobertura de composto termofixo XLPE 120° C

3.8) Cabos do lado CA: Os condutores destinados as ligações da saída dos inversores strings ou microinversores até o quadro de distribuição CA e deverá estar em conformidade as recomendações do fabricante e deverá ser:

Cabo de cobre flexível, isolamento em EPR 90°C - 0,6/1KV

3.9) Canaletas e Eletrodutos: Deverá ser providenciada as canaletas e eletrodutos.

3.10) Quadro de Distribuição Secundário CA para elementos de proteção e manobra.

Deve ser providenciado **um quadro de distribuição secundária CA**, independente para cada inversor em cada prédio segundo as características detalha no Apêndice.

3.11) Solicitação de acesso

Deve ser feito todo o processo de solicitação de acesso junto à concessionária (CPFL).

3.12) Proteção contra furto Inversor String (cadeado): Sim

3.13) Sistema de Monitoramento Básico

Os sistemas fotovoltaicos deverão ser equipados com um Sistema de Monitoramento Básico, que consiste na coleta e disponibilização on-line dos dados monitorados pelos próprios inversores fotovoltaicos.

As grandezas monitoradas deverão ser integralizadas a cada 05 minutos, sendo que as variáveis mínimas a serem monitorados por inversor são:

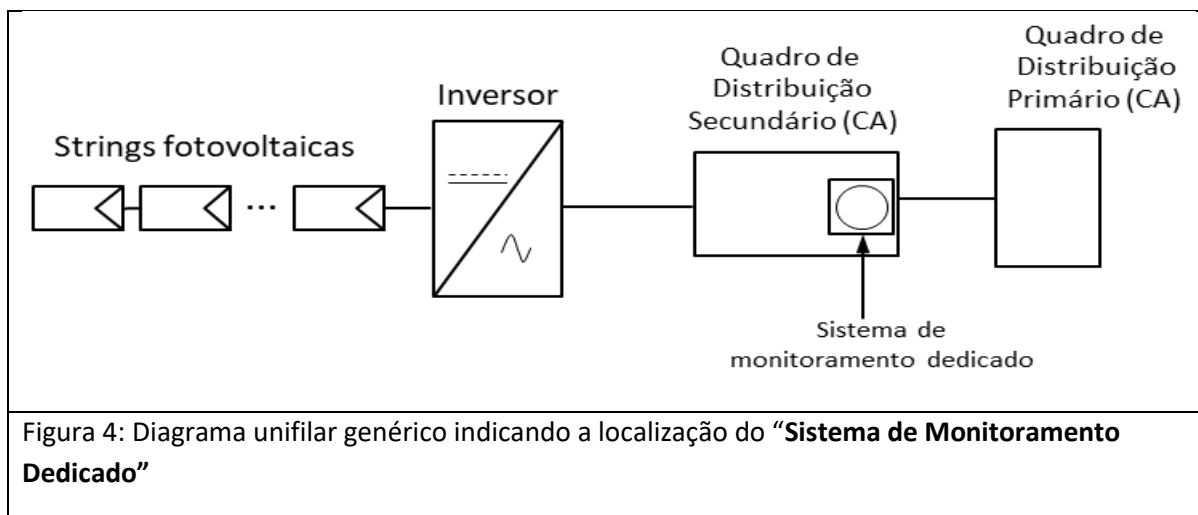
- Tensão CC (por MPPT);
- Corrente CC (por MPPT);
- Potência CC (por MPPT)
- Tensão CA (por fase);
- Corrente CA (por fases + neutro se disponível);
- Potência ativa e reativa (por fase);

Para cada grandeza monitorada, deverão ser armazenados os valores médios, máximos e mínimos de cada período de integração.

O projeto deve contemplar todos os componentes necessários para a conexão do sistema de monitoramento básico à internet, de forma a permitir a visualização e coleta dos dados de forma remota.

3.14) Sistema de Monitoramento Dedicado

A usina fotovoltaica deverá ser equipada com um sistema de Monitoramento Dedicado no lado CA, além do monitoramento realizado pelos próprios inversores. Mais especificamente, o sistema de monitoramento deverá ser instalado na saída do inversor, dentro do “Quadros de Distribuição Secundário CA” como mostra a Figura 4.



O sistema deverá ser instalado de forma a monitorar apenas o acumulado de todos os inversores que fazem conexão no mesmo barramento, ou seja, não é necessário fazer o monitoramento individual na saída CA de cada um dos inversores.

O sistema de monitoramento dedicado deverá ser implementado através de qualquer solução convencional de mercado tais como multimedidores de grandezas elétricas (como referência o equipamento **Mult-K 05** fabricado pela KRON atende essas especificações), contudo, mandatoriamente deverá possuir interface RS-485 Modbus RTU, com o intuito de permitir a comunicação do multimedidor com sistemas de supervisão remotos.

Ressalta-se que a CONTRATADA será responsável apenas pelo fornecimento e instalação do multimedidor e acessórios (painel, TCs e TPs), não fazendo parte do escopo a integração do multimedidor com o sistema supervisório remoto.

As grandezas monitoradas deverão ser no mínimo as apresentadas na Tabela 1, e as mesmas deverão ser integralizadas a cada 05 minutos. Para cada grandeza monitorada, deverão ser armazenados os valores médios, máximos e mínimos de cada período de integração.

Tabela 1: Grandezas monitorados pelo sistema de monitoramento dedicado- IGC

	Grandeza	Unidade	Tipo de Medição
Instantâneas	Tensão	Vc.a.	Fase-fase, fase-neutro e trifásica
	Corrente	Ac.a.	Por fase e trifásica
	Potência Ativa	W	Por fase e trifásica
	Potência Reativa	VAr	Por fase e trifásica
	Potência Aparente	VA	Por fase e trifásica
	Fator de Potência	-	Por fase e trifásico (Ind. ou Cap.)
	Frequência	Hz	Fase R
	THD Distorção Harmônica Total	%	Por fase de tensão e corrente

4.0) DADOS QUE DEVE CONTER O MEMORIAL EXECUTIVO FINAL

Deverá ser fornecido um memorial detalhado completo do sistema instalado o qual deve incluir:

- Capacidade real do sistema fotovoltaico (lado CC e lado CA);

- Módulos fotovoltaicos, inversor string ou microinversores – fabricante, modelo, quantidade;
- Certificado de conformidade do INMETRO dos módulos fotovoltaicos e inversor string ou Microinversor;
- Data dos ensaios de comissionamento;
- Informações do projetista e do responsável técnico (ART);
- Diagrama unifilar e multifilar da instalação fotovoltaico;
- Especificação (tensão e corrente) dos dispositivos de proteção contra sobretensão do lado CA;
- Especificação (tensão e corrente) dos dispositivos de manobra lado CA;
- Detalhes estruturas metálicas;
- Login e senha do sistema de sistema de monitoramento básico dos microinversores ou inversor string.
- Monitoramento dedicado conforme explicado no item 3.4.
- Cronograma de execução

5.0) LIMPEZA FINAL DO SERVIÇO

O local da instalação da instalação deverá ser deixado condições de utilização o qual inclui a limpeza final do lugar.

6.0) PRAZO DE EXECUÇÃO

O prazo total para a execução dos serviços até a operação é de 09 (nove) meses, a contar da data de assinatura do contrato.