

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE ENGENHARIAS, CIÊNCIAS AGRÁRIAS E DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

ANA CAROLINA BARROS
JULIA GALVÃO DOS SANTOS

ANÁLISE DA VIABILIDADE DOS PAINÉIS SOLARES EM ESTRUTURAS DE
CARPORT NO ESTACIONAMENTO DO HOSPITAL UNIVERSITÁRIO REGIONAL
DE PONTA GROSSA – PR – UEPG

PONTA GROSSA
2024

ANA CAROLINA BARROS
JULIA GALVÃO DOS SANTOS

ANÁLISE DA VIABILIDADE DOS PAINÉIS SOLARES EM ESTRUTURAS DE
CARPORT NO ESTACIONAMENTO DO HOSPITAL UNIVERSITÁRIO REGIONAL
DE PONTA GROSSA – PR – UEPG

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado para a obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil pela
Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Silvia Barbosa de
Souza Ferreira
Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Eloise Aparecida
Langaro

PONTA GROSSA
2024

ANA CAROLINA BARROS
JULIA GALVÃO DOS SANTOS

ANÁLISE DA VIABILIDADE DOS PAINÉIS SOLARES EM ESTRUTURA DE
CARPORT NO ESTACIONAMENTO DO HOSPITAL UNIVERSITÁRIO REGIONAL
DE PONTA GROSSA – PR – UEPG

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado e aprovado como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Ponta Grossa.

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a Silvia Barbosa de Souza Ferreira
Departamento de Engenharia Civil – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof. Me. Cleyton Cristiano Crovador
Departamento de Engenharia Civil – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof.^a Dr.^a Nisiane Madalozzo Wambier
Departamento de Engenharia Civil – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Ponta Grossa, 28 de outubro de 2024

Dedico a tudo e todos que me
impulsionaram na realização deste
trabalho.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus, por nos conceder força, sabedoria e saúde para superar os desafios ao longo dessa jornada. Aos nossos pais, por todo o amor, apoio e incentivo incondicional. Também às professoras, cujas orientações, correções e ensinamentos foram fundamentais para o aprimoramento e melhor desenvolvimento deste trabalho. Por fim, estendemos nossa gratidão à Prefeitura do Campus da Universidade Estadual de Ponta Grossa (PRECAM), pelos projetos fornecidos, que foram de grande apoio para a execução e desenvolvimento deste trabalho.

RESUMO

Este trabalho apresenta a análise da viabilidade para a implantação de painéis solares em formato de *carports* no estacionamento do Hospital Universitário Regional Wallace Thadeu de Mello e Silva, localizado em Ponta Grossa – PR. O trabalho busca melhorar a eficiência energética da instituição, ao mesmo tempo em que integra soluções sustentáveis para o ambiente urbano. Foi elaborado um estudo detalhado de replicabilidade do sistema de *carports* solares, considerando a flexibilidade e a adaptabilidade do estacionamento em futuras expansões do hospital. A metodologia envolveu a análise das legislações locais, como o Código de Obras de Ponta Grossa – PR, além da aplicação das normas técnicas NBR 9050/2020 e NBR 14022/2009 para acessibilidade e dimensionamento de vagas. O projeto foi modelado no software Revit 2022, com foco no planejamento arquitetônico, dimensionamento das estruturas e na integração com o ambiente. Os resultados indicam que a implementação dos *carports* solares é tecnicamente viável e pode ser expandida para outras áreas do estacionamento à medida que o hospital cresça. A modelagem do sistema foi elaborada para maximizar a eficiência energética sem comprometer a acessibilidade ou a circulação de veículos e pedestres. Além disso, foi preparado um checklist para garantir que todas as etapas essenciais sejam seguidas durante a replicação do projeto, assegurando conformidade com as normas de acessibilidade e eficiência energética.

Palavras-chave: Hospital; Estacionamento; *Carports* Solares.

ABSTRACT

This study presents the analysis of the feasibility of implementing solar panels in the form of carports in the parking lot of the Wallace Thadeu de Mello e Silva Regional University Hospital, located in Ponta Grossa, PR, Brazil. The project aims to improve the institution's energy efficiency while integrating sustainable solutions into the urban environment. A detailed study was conducted on the replicability of the solar carport system, considering the parking lot's flexibility and adaptability for future hospital expansions. The methodology included an analysis of local legislation, such as the Ponta Grossa Building Code, and the application of technical standards NBR 9050/2020 and NBR 14022/2009 for accessibility and parking space dimensions. The project was modeled using Revit 2022 software, with a focus on architectural planning, structural design, and environmental integration. The results indicate that the implementation of solar carports is technically feasible and can be expanded to other parking areas as the hospital grows. The system was designed to maximize energy efficiency without compromising accessibility or the circulation of vehicles and pedestrians. Additionally, a checklist was prepared to ensure that all essential steps are followed during the replication of the project, guaranteeing compliance with accessibility and energy efficiency standards.

Keywords: Hospital; Parking Lot; Solar Carports.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Matriz elétrica brasileira	11
Figura 2 - Geração de energia solar distribuída nacional	12
Figura 3 - Evolução da geração distribuída 2018-2022	16
Figura 4 - Exemplo de painel solar	19
Figura 5 - Exemplo de inversor solar fotovoltaico	19
Figura 6 - Exemplo de quadro de proteção CA	20
Figura 7 - Exemplo de <i>string box</i>	20
Figura 8 - Exemplo de medidor bidirecional	21
Figura 9 - Funcionamento sistema fotovoltaico <i>on-grid</i>	22
Figura 10 - Usina solar em formato de carport localizada em Sorocaba - SP.....	28
Figura 11 - Usina solar em formato de carport localizada em Sorocaba - SP.....	28
Figura 12 - Área atual de vagas do HU-UEPG	29
Figura 13 - Área utilizada para implantação do bolsão de <i>carports</i>	31
Figura 14 - Fluxograma do projeto	31
Figura 15 - Distribuição das áreas de estacionamento, calçada e área verde	35
Figura 16 - Resedá (<i>Lagerstroemia indica</i>)	36
Figura 17 - Escova-de-garrafa (<i>Callistemon viminalis</i>)	36
Figura 18 - Grama Esmeralda (<i>Zoysia japonica</i>)	37
Figura 19 - Grama São Carlos (<i>Axonopus compressus</i>)	37
Figura 20 - Luminária pública pétala	38
Figura 21 - <i>Carport</i> com a estrutura em balanço	40
Figura 22 - Área de estacionamento do AME com bolsão de <i>carports</i> solares.....	42
Figura 23 - Bolsão para vagas comuns.....	43
Figura 24 - Bolsão para vagas PCD	43

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	OBJETIVOS	13
1.1.1	Objetivos gerais	13
1.1.2	Objetivos específicos	13
1.2	JUSTIFICATIVA	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1	O CRESCIMENTO DA ENERGIA SOLAR NO BRASIL	15
2.2	ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA E SEUS ELEMENTOS	18
2.2.1	Sistema fotovoltaico <i>on-grid</i>	21
2.3	CARPORT SOLAR: POTENCIALIDADE, BENEFÍCIOS E DESAFIOS	23
2.3.1	Desafios da implantação dos <i>carports</i> solares	24
2.4	APLICAÇÃO DE ENERGIA SOLAR EM HOSPITAIS	25
2.4.1	Estudo de caso	27
3	METODOLOGIA	29
3.1	ETAPA 1	32
3.1.1	Viabilidade do projeto	32
3.2	ETAPA 2	32
3.2.1	Indicações para a implantação	32
3.3	ETAPA 3	33
3.3.1	Implantação do <i>carport</i>	33
3.4	ETAPA 4	33
3.4.1	Projeto arquitetônico	33
4	RESULTADOS	34
4.1	VIABILIDADE DO PROJETO	34
4.2	ESCOLHA DO BOLSÃO	38
4.3	ESCOLHA DE ESTRUTURA DO CARPORT	40
4.4	MODELAGEM FINAL	42
5	CONCLUSÃO	45
5.1	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	46
	REFERÊNCIAS	47

ANEXOS.....	52
ANEXO A – MANUAL DE MONTAGEM DA ESTRUTURA DO <i>CARPORT</i>	
MONOPOSTE.....	52
APÊNDICES	53
APÊNDICE A – PROJETO DE IMPLANTAÇÃO DOS <i>CARPORTS</i> SOLARES NO	
ESTACIONAMENTO DO AME	53
APÊNDICE B – DETALHAMENTO DA IMPLANTAÇÃO DO BOLSÃO PARA VAGAS	
COMUNS	53
APÊNDICE C – DETALHAMENTO DA IMPLANTAÇÃO DO BOLSÃO PARA VAGAS	
PCD	53
APÊNDICE D – CHECKLIST DE IMPLANTAÇÃO E REPLICAÇÃO DOS	
<i>CARPORTS</i> SOLARES	53

1 INTRODUÇÃO

Durante todo o século XX a significativa oferta de energia obtida principalmente a partir dos combustíveis fósseis, como petróleo e carvão mineral, deu suporte ao crescimento e às transformações da economia mundial, com notáveis prejuízos ambientais, em especial contribuindo com a emissão de dióxido de carbono e outros gases de efeito estufa. Todavia, nos primeiros anos do século XXI percebeu-se a necessidade de modelos de desenvolvimento sustentáveis de geração de energia (Piva, 2010). Dessa forma, com o intuito de reduzir os impactos ambientais e aumentar o fortalecimento do desenvolvimento mais sustentável, notou-se uma crescente conscientização sobre a urgência de abordar as questões ambientais, que tem impulsionado a busca por soluções energéticas sustentáveis. O aumento exponencial na demanda por energia tem levado à uma exploração cada vez maior de diversas fontes energéticas, sendo que, nesse contexto, as energias renováveis têm ganhado destaque (Lopes; Taques, 2018). Contudo, é essencial o investimento em pesquisas sobre essa questão, bem como a promoção de políticas que incentivem a transição para um sistema energético mais limpo e resiliente, com a finalidade de um futuro mais sustentável (Lopes; Taques, 2018).

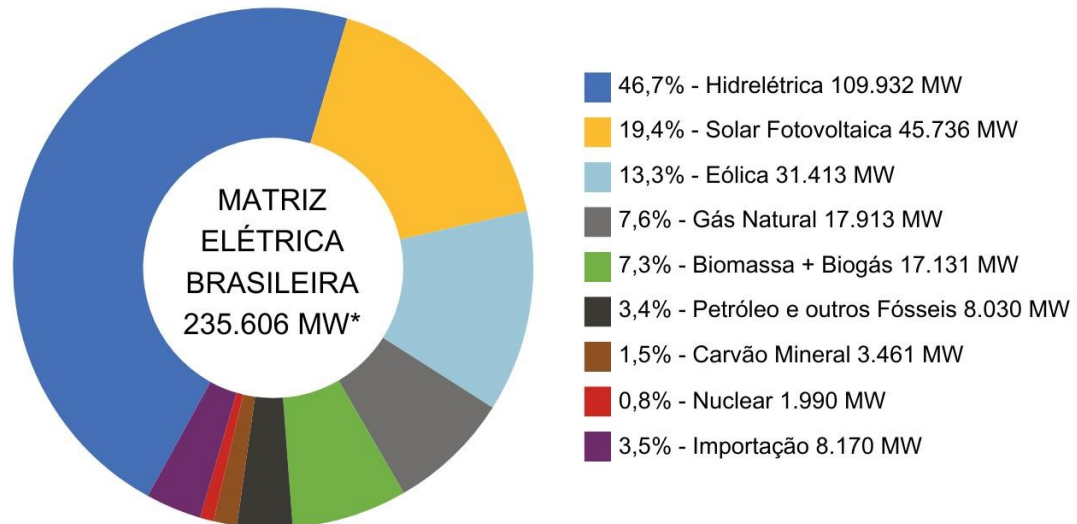
Atualmente no Brasil, a matriz elétrica é diversificada e composta principalmente por fontes renováveis, com predominância da energia hidrelétrica, que compõe 46,7% da matriz, com capacidade de 109.932 MW.

A Figura 1 destaca a crescente importância da energia solar fotovoltaica, que compõe 19,4% da matriz, somando uma capacidade de 45.736 MW, posicionando-a como a segunda maior fonte de geração elétrica no Brasil. Em seguida, a energia eólica também tem um papel importante como uma fonte renovável, representando 13,3% da matriz. O gás natural representa 7,6% da matriz, contribuindo para a flexibilidade do sistema, enquanto a biomassa e o biogás representam 7,3% da matriz, com o aproveitamento de resíduos agrícolas e urbanos. Outras fontes como petróleo e outros fósseis (3,4%), carvão mineral (1,5%) e nuclear (0,8%), têm participação menor, mas são relevantes para a segurança energética. A importação de energia, que representa 3,5% da matriz, demonstra a integração do Brasil com os sistemas elétricos regionais.

No entanto, relacionado à energia hidrelétrica, tendo em vista alguns fatores como a crise hídrica, escassez de chuvas e os impactos ambientais causados pela construção de novas usinas hidrelétricas, incluindo alterações no ecossistema, rios, e

até extinção de animais, busca-se outras alternativas de energia sustentável (Silva; Araújo, 2022). Dessa maneira, a energia solar fotovoltaica emerge como uma opção promissora.

Figura 1 - Matriz elétrica brasileira



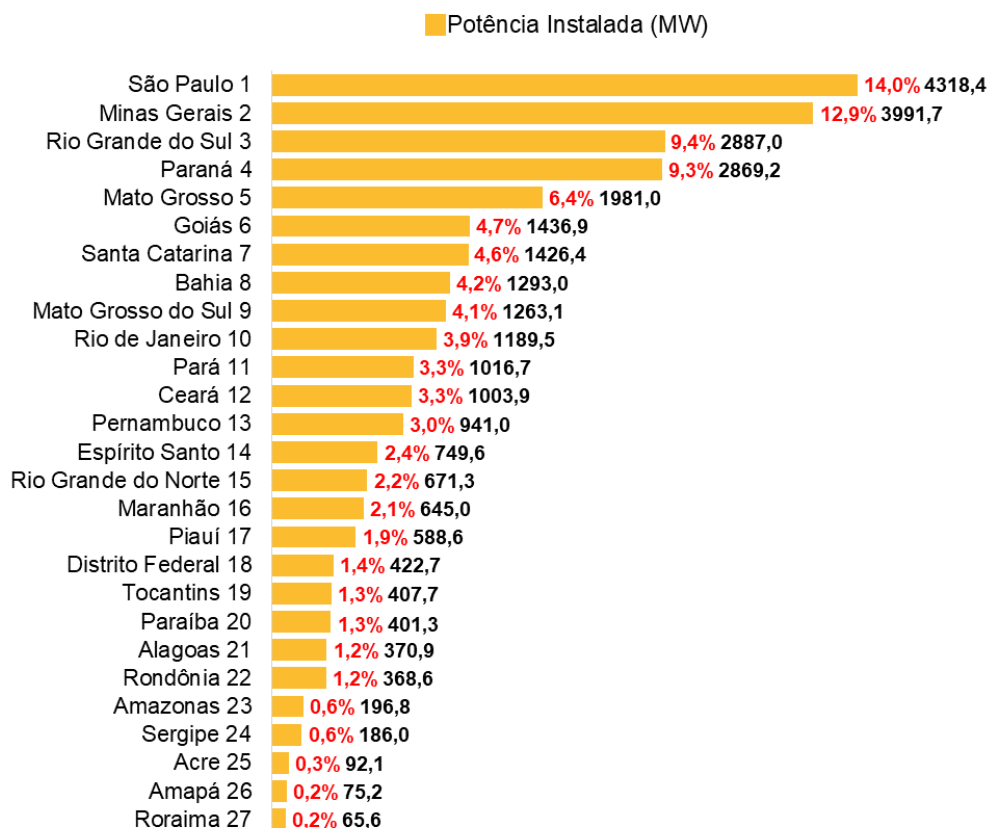
*A potência total da matriz não inclui a importância e segue critério aplicado pelo MME, que adiciona nos valores de capacidade instalada, as quantidades de mini e microgeração associadas a cada tipo de fonte.

Fonte: Adaptado de ANEEL/ABSOLAR (2024).

De acordo com dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), atualmente, o Brasil conta com um total de 89,9 milhões de unidades consumidoras de energia elétrica, no entanto, apenas 3,2 milhões dessas unidades são beneficiadas pela geração solar distribuída (Helte, 2024). Sendo assim, essa disparidade indica um mercado como significativo potencial a ser explorado.

No Brasil, os Estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio Grande do Sul se encontram em lugares de destaques no ranking dos principais contribuintes de geração de energia solar distribuída. O Estado do Paraná apresenta-se em quarto lugar neste ranking, com uma potência instalada de 2.869,2 MW, o que representa 9,3% da geração de energia solar distribuída nacional (Figura 2).

Figura 2 - Geração de energia solar distribuída nacional



Fonte: Adaptado de ANEEL/ABSOLAR (2024).

De acordo com o Plano Diretor de Ponta Grossa, é necessário criar formas de incentivo ao uso de sistemas de cogeração de energia e de equipamentos e instalações que compartilhem energia elétrica, eólica, solar e gás natural, especialmente em empreendimentos de grande porte, como o hospital, além de espaços urbanos e complexos multiusos (Ponta Grossa, 2022). Essas iniciativas são fundamentais para fortalecer a infraestrutura energética e promover a sustentabilidade no contexto urbano.

Este trabalho busca contribuir para a implementação de painéis solares em estruturas de *carports* no estacionamento do Complexo do Hospital Universitário da Universidade Estadual de Ponta Grossa (HU-UEPG), localizado em Ponta Grossa – PR. Com a ampliação prevista, a área total do estacionamento do hospital passará a ser de aproximadamente 10.275 m². O número de vagas para carros aumentará de 146 para cerca de 763 (PROPLAN, 2024).

Atualmente, o complexo do HU-UEPG está passando por uma expansão significativa. Além das construções existentes, como o hospital e a casa de acolhida, há um ambulatório em fase de construção e um novo prédio do hospital previsto para

ser adicionado em breve. No futuro, também poderão ser implementadas outras estruturas, como o Centro de Logística CAD e um Centro Especializado em Reabilitação (CER). Com essas novas construções, a área de estacionamento e o número de vagas deverão aumentar, criando ainda mais oportunidades para o desenvolvimento de *carports* solares, promovendo sustentabilidade e eficiência energética para o complexo hospitalar.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivos gerais

Propor um modelo de bolsão de vagas em forma de *carports* para implementação de painéis solares no estacionamento do Complexo Hospitalar Universitário da Universidade Estadual de Ponta Grossa – PR.

1.1.2 Objetivos específicos

- Analisar os critérios relevantes para a seleção dos painéis solares com as características mais adequadas, levando em conta a compatibilidade com o sistema de instalação da estrutura do carport, a reflexão causada por eles e a melhor potência em relação às demais características.

- Estudar a forma de instalação de *carports* solares seguindo as condições propostas pela NBR 9050/2020 e pela legislação da PMPG.

- Selecionar espécies de árvores, implementar um sistema de iluminação artificial adequado e desenvolver soluções para minimizar o ofuscamento dos reflexos dos painéis solares, assegurando conforto visual para motoristas e pedestres.

- Elaborar um checklist detalhado para a implantação dos *carports* solares, contemplando etapas essenciais como acessibilidade, eficiência energética, permeabilidade do solo e impacto no fluxo de veículos, de forma a garantir que todos os aspectos técnicos e normativos sejam atendidos no projeto.

1.2 JUSTIFICATIVA

Nos hospitais e unidades de saúde, o consumo de energia e geração de resíduos atingem proporções significativas devido à necessidade de manter equipamentos médicos em funcionamento contínuo, iluminação apropriada e sistemas de climatização para proporcionar conforto tanto aos pacientes quanto aos profissionais. Segundo a Agência Internacional de Energia (IEA), o setor de saúde é

responsável por cerca de 7% do consumo total de energia em edifícios comerciais em todo o mundo (Baraban, 2024). Diante desta realidade, é importante adotar estratégias que visem minimizar o impacto ambiental dessas instalações, ocasionado pelo alto consumo de recursos e da alta geração de resíduos e poluentes. Uma abordagem essencial consiste na incorporação de fontes de energia limpa, renovável e eficiente, sendo esta, uma conclusão destacada por especialistas, como Guenther e Vittori (2013), cuja obra denominada *Sustainable Healthcare Architecture* ressalta a importância de se adotar práticas mais sustentáveis no contexto da arquitetura e operação de instituições de saúde.

A implementação de energia solar no HU-UEPG, é uma medida estratégica, tendo em vista que a mesma contribuirá significativamente para a redução dos custos operacionais da instituição, pois ao produzir parte ou mesmo a totalidade da energia consumida pelo hospital, os gastos com eletricidade provenientes da rede elétrica serão consideravelmente reduzidos, liberando recursos financeiros que podem ser direcionados para outras áreas prioritárias do hospital (Baraban, 2024). Além disso, espera-se alcançar uma maior autossuficiência energética, reduzindo a dependência da rede elétrica convencional e aumentando a resiliência do hospital em casos de falhas na rede pública.

Serão definidas áreas específicas em bolsões para a implantação dos painéis solares em forma de *carports*, permitindo que o projeto seja replicável e flexível, mesmo que ocorram alterações no projeto de ampliação do complexo durante a fase de execução. A criação desse bolsão levará em consideração fatores como acessibilidade, arborização, iluminação e a dinâmica das vias, garantindo a funcionalidade e a eficiência do estacionamento.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O CRESCIMENTO DA ENERGIA SOLAR NO BRASIL

A energia solar tem se destacado como a fonte com o maior aumento na capacidade instalada globalmente a cada ano. Esse fenômeno pode ser atribuído à redução dos preços ao longo dos anos, à comprovada robustez tecnológica evidenciada por projetos com mais de três décadas em operação, ao amplo potencial técnico disponível e à ausência de emissões de gases de efeito estufa durante o funcionamento dos parques solares (Silva; Araújo, 2022).

Devido à sua localização geográfica favorável, o Brasil recebe altos níveis de irradiação solar, comparáveis aos de nações onde a tecnologia fotovoltaica está mais avançada. Essa irradiação é relativamente uniforme em todo o território nacional, o que possibilita o desenvolvimento de projetos solares viáveis em diversas regiões com alta capacidade produtiva. Além disso, o país é um dos maiores produtores de silício, material usado na fabricação de painéis solares (Silva; Araújo, 2022). Com a redução de custos associada à energia solar, essa fonte se torna uma alternativa competitiva para o fornecimento de energia, podendo contribuir para os compromissos nacionais de redução das emissões de gases de efeito estufa (PNE 2050, 2020).

A trajetória desse crescimento é pontuada por marcos significativos ao longo dos anos. A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), que faz parte do Ministério de Minas e Energia, foi estabelecida pela Lei nº 9.427/1996 e pelo Decreto nº 2.335/1997, com a finalidade de supervisionar e regulamentar o sistema elétrico do Brasil. Além de regular, fiscalizar e estabelecer tarifas para a energia elétrica, a ANEEL resolve disputas, implementa políticas do governo e promove atividades de outorga. Sua missão é garantir um mercado elétrico equilibrado e benéfico para a sociedade (ANEEL, 2022).

Em 2010, a ANEEL publicou a Consulta Pública nº 015/2010, visando simplificar as barreiras para instalação da geração distribuída a partir de fontes renováveis no país (ABSOLAR, 2020). No ano seguinte, a Portaria INMETRO nº 004/2011 e a Chamada Pública nº 013/2011 estabeleceram regras fundamentais e consolidaram conhecimentos relevantes para orientar a operação da geração distribuída solar fotovoltaica no Brasil (ABSOLAR, 2020).

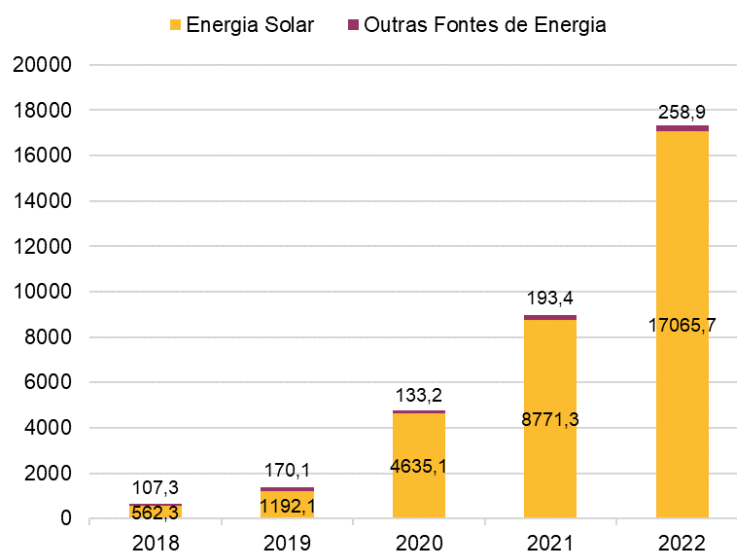
Em 2012, um marco importante foi estabelecido com a publicação da Resolução Normativa REN nº 482/2012, que introduziu o sistema de compensação de

energia elétrica, abrindo portas para o crescimento do mercado de energia solar fotovoltaica (ANEEL, 2022).

A partir de 2015, uma série de medidas foram adotadas para incentivar ainda mais o crescimento do setor. O Convênio ICMS nº 16/2015 autorizou os estados brasileiros a conceder isenção de impostos estaduais sobre a energia solar distribuída (Sunergia, 2018). Em 2017, a energia solar fotovoltaica participou pela primeira vez do Leilão de Energia Nova A-4, garantindo 20 contratos de novas usinas solares fotovoltaicas de grande escala (ABSOLAR, 2017). O setor continuou a crescer rapidamente, atingindo marcos importantes, como o primeiro gigawatt (GW) de capacidade instalada em janeiro de 2018 e 4 GW de capacidade instalada em 2020, demonstrando um progresso significativo e promissor no mercado nacional de energia fotovoltaica (ABSOLAR, 2020).

Conforme a Figura 3, a GD solar teve um crescimento notável entre 2018 e 2022 quando comparada à outras fontes de energia, contribuindo para a expansão total da capacidade de geração distribuída. A consolidação da legislação relacionada à GD, conforme estabelecido pela Lei 14.300/2022, impulsionou um grande movimento de instalação de energia solar fotovoltaica nos setores residencial e comercial. Isso foi possível devido à manutenção das condições de acesso ao sistema de distribuição e ao sistema de compensação financeira estabelecido pela Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012, em oposição às mudanças previstas para o ano seguinte à publicação da Lei (ANEEL, 2022).

Figura 3 - Evolução da geração distribuída 2018-2022



Fonte: Adaptado de ANEEL/ABSOLAR (2022).

Em janeiro de 2023, a energia solar assumiu o segundo lugar do posto de matriz elétrica mais utilizada no Brasil, representando 12% de participação, ficando à frente das energias de fonte eólica e gás natural (ABSOLAR, 2024). Em 2024, essa porcentagem aumentou para 19,4%, demonstrando o rápido crescimento e a crescente importância da energia solar no país (ABSOLAR, 2024).

A versatilidade da tecnologia fotovoltaica permite a implementação de projetos em diferentes escalas, tanto centralizados quanto distribuídos. Uma alternativa adicional que está ganhando destaque é a tecnologia conhecida como fotovoltaica integrada à construção (BIPV, do inglês *building-integrated photovoltaics*) (PNE 2050, 2020). Esta abordagem inovadora visa integrar a geração de energia solar aos próprios componentes da edificação, como telhados e janelas. Essa tendência representa uma linha de desenvolvimento tecnológico promissora, que combina funcionalidade arquitetônica com sustentabilidade energética (PNE 2050, 2020).

A evolução das células fotovoltaicas e dos módulos é outro fator a ser considerado como uma tendência, devido ao seu contínuo aprimoramento. Anualmente, novas adaptações nas células de silício são implementadas, seja por meio de ajustes nas propriedades naturais do material, redução na espessura das células ou alterações na configuração dos contatos. Estão em andamento pesquisas voltadas para uma nova geração de tecnologias, que incluem células sensibilizadas por corantes, células orgânicas, células de perovskita, células CZTS (célula fotovoltaica que utiliza materiais compostos principalmente de cobre (Cu), zinco (Zn), estanho (Sn) e enxofre (S)) e suas variantes, bem como células sensibilizadas por pontos quânticos (PNE 2050, 2020).

No campo dos módulos solares, também estão sendo feitos aprimoramentos contínuos. Nos últimos anos, houve um aumento no tamanho padrão dos módulos, passando de cerca de 1,6 m² para 2 m², além do incremento no número de células e a introdução de novas configurações, como o uso de células cortadas ao meio e a substituição do polímero traseiro por um segundo vidro. Isso permite que a irradiação solar seja aproveitada também na parte traseira dos módulos, em modelos conhecidos como módulos bifaciais. Esses avanços podem resultar em um aumento de até 50% na geração de energia em comparação com os módulos convencionais (PNE 2050, 2020).

2.2 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA E SEUS ELEMENTOS

A energia solar, tal como a conhecemos atualmente, teve seu surgimento em 1954, quando Russell Shoemaker Ohl anunciou a primeira célula fotovoltaica durante uma reunião da *National Academy of Sciences*. Esse marco inaugurou a era dos painéis solares, que começaram a ser utilizados em larga escala a partir de 1958. A partir dos anos 90, o mundo enfrentou crises energéticas, mudanças climáticas e desafios econômicos, levando à uma crescente demanda por soluções sustentáveis e fontes de energia renovável (Portal Solar, 2024). Os avanços tecnológicos permitiram a criação de painéis solares mais eficazes e acessíveis, dando origem à Geração Distribuída (GD). Isso significa que os consumidores passaram a gerar sua própria energia por meio de sistemas instalados próximos ou conectados às suas residências, uma prática adotada em muitos países desenvolvidos (CONFEA, 2020).

A diferença entre aquecimento solar e energia solar pode gerar dúvidas, pois ambos utilizam os raios solares como fonte. A energia solar se baseia no efeito fotovoltaico, que converte a luz do sol em eletricidade, liberando elétrons nos painéis solares para gerar uma corrente elétrica. Já os aquecedores solares convertem a luz solar em calor, usado para aquecer a água, sem produzir eletricidade. Coletores solares absorvem a luz solar, transformando-a em calor, que é transferido para um tanque de água, disponibilizando o líquido aquecido para uso no imóvel (Barros, 2015).

Para que um sistema solar fotovoltaico opere de forma eficiente e confiável, diversos componentes devem trabalhar em conjunto. Esses componentes incluem o painel solar, inversor, quadro de proteção dos circuitos em corrente alternada, *string box* e medidor de energia bidirecional. A integração correta desses componentes assegura a produção de energia limpa e sustentável, essencial para o funcionamento adequado do sistema (EERE, 2024).

Os painéis solares, também conhecidos como módulos solares (Figura 4), são componentes essenciais do sistema fotovoltaico de geração de energia. Eles são compostos por várias células fotovoltaicas conectadas eletricamente em série e/ou paralelo, conforme as tensões e correntes especificadas no projeto. O conjunto desses módulos é denominado gerador fotovoltaico, representando a primeira etapa do sistema. Esses módulos captam a radiação solar e a convertem em energia elétrica (Silva, 2023).

Figura 4 - Exemplo de painel solar



Fonte: Portal Solar (2024).

Os inversores fotovoltaicos (Figura 5) são fundamentais em sistemas de energia solar, desempenhando a função de converter a corrente contínua (CC) produzida pelos painéis solares em corrente alternada (CA), viabilizando seu uso em dispositivos elétricos comuns (Canal Solar, 2022).

Figura 5 - Exemplo de inversor solar fotovoltaico



Fonte: Aldo Solar (2023).

O quadro de proteção dos circuitos em corrente alternada (CA) (Figura 6) em um sistema fotovoltaico é fundamental para conectar o inversor à rede elétrica, protegendo contra qualquer anomalia vinda da rede. Os dispositivos de proteção e o método de dimensionamento são similares aos utilizados em instalações elétricas convencionais de baixa tensão. Os principais componentes do quadro de proteção CA incluem disjuntores termomagnéticos, disjuntores residuais, dispositivos de proteção

contra surtos (DPS) para circuitos CA, além de barramentos e bornes para as conexões (Villalva, 2012).

Figura 6 - Exemplo de quadro de proteção CA



Fonte: PHB Solar (2024).

A *string box* (Figura 7) tem a função de proteger o arranjo fotovoltaico contra curtos-circuitos e surtos elétricos. Amplamente utilizada em sistemas fotovoltaicos, é uma parte essencial que facilita a manutenção do sistema ao simplificar as conexões. Esta caixa contém bornes de entrada e saída, DPS, fusíveis e uma chave seccionadora, todos dimensionados conforme o arranjo fotovoltaico. A inclusão de fusíveis na *string box* depende da aplicação específica da instalação e fica a critério do projetista (SolarVolt, 2016).

Figura 7 - Exemplo de *string box*



Fonte: Aumax (2024).

O medidor de energia bidirecional (Figura 8) é um componente essencial em sistemas de energia solar fotovoltaica conectados à rede elétrica. Diferentemente dos medidores convencionais, ele não só registra a quantidade de energia consumida pela instalação, mas também a quantidade de energia que o sistema fotovoltaico injeta na rede pública. Em residências com energia solar, o medidor bidirecional monitora tanto o consumo de energia em quilowatt-hora (kWh) quando a energia excedente gerada e enviada de volta à rede, proporcionando uma forma eficiente de calcular o saldo entre consumo e produção (Solis Energia, 2019).

Mensalmente, a companhia elétrica local realiza a leitura desses valores, permitindo que os consumidores compensem a energia consumida com a energia gerada. Por exemplo, se uma casa injetar 300 kWh na rede e consumir a mesma quantidade, o usuário não pagará pela energia consumida, pois ela já foi “paga” com a energia gerada pelo sistema solar. Embora alguns consumidores possam questionar a precisão das medições, é importante entender que a energia registrada pelo medidor bidirecional se refere apenas ao excedente enviado à rede, enquanto a energia produzida que é consumida diretamente na residência não é contabilizada pelo medidor, mas sim, pelo inversor do sistema (Solis Energia, 2019).

Figura 8 - Exemplo de medidor bidirecional



Fonte: Metertec (2024).

2.2.1 Sistema fotovoltaico *on-grid*

A crescente demanda de sistemas fotovoltaicos para geração de energia tem impulsionado a diversificação das opções disponíveis no mercado. Estes sistemas podem ser categorizados em dois tipos principais: conectados à rede (*on-grid*) e

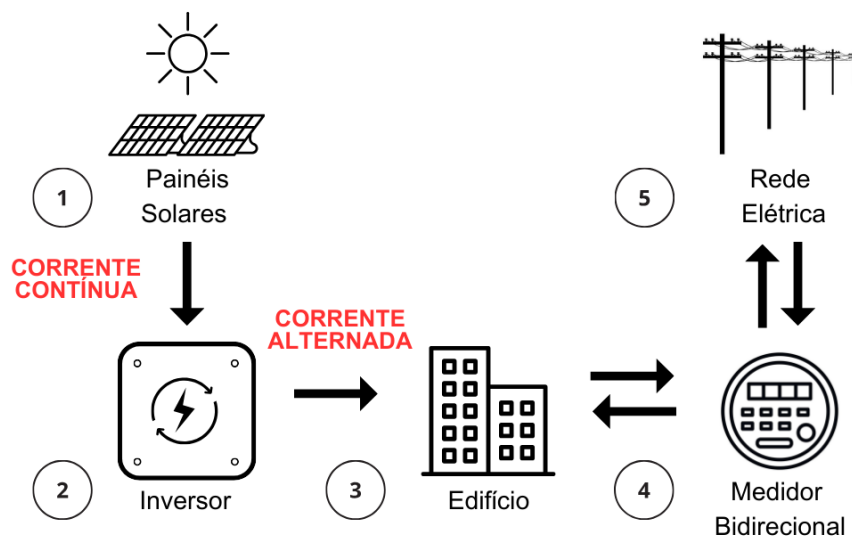
isolados (*off-grid*). Cada tipo apresenta suas próprias características e benefícios, atendendo à diferentes necessidades e cenários de utilização (Alves, 2019).

No sistema denominado *on-grid*, a instalação solar em residências ou estabelecimentos está interligada à rede elétrica local, garantindo o abastecimento contínuo de energia, mesmo quando a geração solar não é suficiente, como à noite. O excedente de energia gerado é injetado na rede, gerando créditos que podem ser utilizados para compensar o consumo posterior (Alves, 2019).

No entanto, as desvantagens incluem interrupções no fornecimento de energia quando há queda na rede elétrica, já que o inversor desliga para evitar injeção de energia durante trabalhos de manutenção (Alves, 2019). Dessa forma, o sistema fica dependente da rede de distribuição elétrica.

Conforme ilustrado na Figura 9, os painéis solares convertem a luz solar em energia elétrica de corrente contínua, que o inversor transforma em corrente alternada para abastecer o quadro de distribuição do edifício. O medidor bidirecional registra a energia fornecida à rede e a consumida. A energia excedente é enviada à rede, gerando créditos para compensar o consumo em momentos de baixa produção solar. Assim, a rede elétrica atua como um banco de energia, fornecendo eletricidade quando a geração solar é insuficiente, como à noite ou em dias nublados.

Figura 9 - Funcionamento sistema fotovoltaico *on-grid*



Fonte: Autoras (2024).

2.3 CARPORT SOLAR: POTENCIALIDADE, BENEFÍCIOS E DESAFIOS

O termo “*carport*” tem origem na expressão francesa “*porte-cochère*”, que inicialmente designava uma cobertura na entrada de residências e estabelecimentos, proporcionando um espaço protegido para que veículos pudessem desembarcar seus passageiros. O termo *carport* solar começou a se popularizar em estacionamentos cobertos sem paredes laterais a partir da década de 1930 (Portal Solar, 2024).

Por definição, *carport* solar é uma estrutura metálica coberta destinada a abrigar veículos em estacionamentos. Ao invés de telhas ou telhados convencionais, essa estrutura é equipada com painéis solares, que captam a energia solar e a convertem em eletricidade. Esta eletricidade pode ser utilizada para atender às necessidades energéticas de residências, empresas ou instituições que adotam essa tecnologia, contribuindo para uma economia mais sustentável e com menor emissão de gases de efeito estufa (Portal Solar, 2024). Assim, os *carports* solares não só proporcionam economia financeira, como também ajudam a reduzir a emissão de poluentes na atmosfera.

O funcionamento de um *carport* solar é simples e semelhante ao de um sistema fotovoltaico conectado à rede. Os painéis solares instalados no teto da estrutura metálica são feitos de materiais semicondutores, que têm a capacidade de converter diretamente a energia solar em energia elétrica (Solar Prime, 2023). Os painéis solares operam transformando a luz solar em energia elétrica. Eles são compostos por materiais semicondutores, como silício tipo P e N, que, ao absorverem a luz solar, geram um deslocamento de elétrons, resultando em uma corrente elétrica contínua (CC) (Pinho; Galdino, 2014). Por fim, essa corrente elétrica contínua é então conduzida para um inversor solar, permitindo que a energia solar seja utilizada como fonte de energia elétrica convencional (Solar Prime, 2023).

A capacidade de geração de energia de um *carport* solar está diretamente ligada à quantidade de watt-pico (Wp) que o módulo solar instalado pode produzir. O watt-pico é a unidade de medida que indica a potência máxima que um sistema solar fotovoltaico pode gerar, representando os picos máximos de produção de energia (OMS Engenharia, 2022).

Por exemplo, um *carport* solar equipado com 15 módulos de 335 Wp cada um tem uma capacidade instalada de 5 kWp (quilowatts-pico) (OMS Engenharia, 2022). Em contrapartida, um *carport* solar com 15 módulos de 380 Wp possui uma potência instalada de 8,64 kWp (Silva; Silveira, 2022).

A manutenção necessária para a estrutura do *carport* solar é relativamente baixa. A manutenção inclui a limpeza periódica dos painéis solares para assegurar sua eficiência máxima, e a manutenção mecânica e elétrica da estrutura, que, dependendo da sua qualidade e durabilidade, pode ser necessária no máximo duas vezes ao ano, desde que sejam seguidos os cuidados adequados para a sua conservação (Portal Solar, 2023).

O *carport* solar também se destaca como um atrativo para clientes e investidores, que valorizam o uso de energia renovável devido aos seus benefícios econômicos a longo prazo (Portal Solar, 2023).

2.3.1 Desafios da implantação dos *carports* solares

A instalação de *carports* solares envolve um investimento inicial significativo, que inclui custos com a estrutura metálica, painéis solares, inversores e outros equipamentos. Além disso, os custos de mão de obra e de engenharia para projetar e construir a estrutura também podem ser elevados. Esse alto investimento inicial pode ser um obstáculo para muitas organizações, especialmente se o retorno financeiro não for imediato (GreenYellow, 2024).

O espaço necessário para instalar *carports* solares pode ser um desafio em locais com espaço limitado ou onde o estacionamento precisa acomodar um grande número de veículos. O planejamento do layout do estacionamento deve considerar a disposição dos *carports* de forma que não interfira na circulação de veículos, manobras, ou na acessibilidade dos usuários. É fundamental garantir que o projeto siga as diretrizes da NBR 9050/2020 para acessibilidade, assegurando que haja vagas destinadas a pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida, próximas à entrada e com a sinalização adequada.

Além disso, deve-se garantir que as rotas acessíveis não sejam bloqueadas ou dificultadas pelas estruturas dos *carports*, permitindo o livre acesso de cadeirantes e pessoas com mobilidade reduzida. É importante prever espaços de circulação amplos, com rampas ou passagens adequadas, para que todas as pessoas possam se deslocar com segurança e autonomia (Parahyba; Elias; Zurba, 2016).

A estrutura dos *carports* também deve ser suficientemente robusta para suportar os painéis solares e quaisquer cargas adicionais, como o vento, além de ser projetada para não interferir na iluminação natural e na ventilação das áreas de circulação (Hein, 2021). A altura e a disposição dos *carports* devem permitir a

passagem de veículos de emergência e respeitar a legislação vigente, garantindo segurança e conforto para todos os usuários (Hein, 2021).

O reflexo da luz solar nos painéis solares pode causar ofuscamento, especialmente para motoristas e pedestres nas proximidades. Esse efeito pode ser mitigado pelo uso de painéis bifaciais, que possuem menos reflexão, e pela inclinação adequada dos painéis para direcionar os reflexos para longe de áreas sensíveis (Bailey, 2023).

Além de contribuir para o conforto térmico e a estética dos estacionamentos, a presença de árvores e vegetação oferece sombra e cria um ambiente mais agradável. É essencial incentivar a preservação da arborização nativa e a permeabilidade do solo ao implantar estacionamentos públicos e privados. Contudo, essas árvores podem representar um desafio para os *carports* solares, uma vez que o sombreamento pode reduzir a eficiência dos painéis. Para mitigar esse impacto, é fundamental selecionar espécies de árvores que não interfiram significativamente na captura de energia solar ou planejar a disposição dos *carports* de forma que a sombra não comprometa o desempenho dos painéis (Tarek, 2024).

Por fim, um bom planejamento de iluminação é necessário para que o estacionamento não fique escuro e para garantir a segurança e a visibilidade dos usuários, especialmente durante a noite (Ponta Grossa, 2022). O sistema de iluminação deve ser projetado para maximizar a segurança e utilizando sensores de movimento para otimizar o uso da luz (Quintanilha, 2015). A iluminação adequada, aliada ao design dos *carports*, contribuirá para um ambiente seguro e acessível (Quintanilha, 2015).

2.4 APLICAÇÃO DE ENERGIA SOLAR EM HOSPITAIS

O consumo de energia em hospitais é bastante diversificado e representa uma parcela significativa dos custos operacionais devido à extensa lista de equipamentos e sistemas em operação contínua. Estes estabelecimentos dependem de energia para uma variedade de equipamentos médicos, como por exemplo: monitores cardíacos, aparelhos de ressonância magnética e máquinas de raios-x, todos essenciais para os procedimentos médicos diários. Ademais, sistemas de iluminação, climatização, refrigeração de medicamentos e até mesmo elevadores contribuem consideravelmente para o consumo total de energia (Baraban, 2024).

Dada a natureza crítica dos serviços prestados, manter um fornecimento ininterrupto de energia é imperativo, o que inevitavelmente resulta em custos elevados e a necessidade de sistemas de energia confiáveis. Portanto, a gestão cuidadosa do consumo de energia é fundamental não apenas para a sustentabilidade financeira dessas instituições, mas também para garantir o atendimento eficiente e contínuo aos pacientes (Baraban, 2024).

O alto consumo de energia em hospitais representa um desafio financeiro significativo devido aos custos elevados associados à compra de eletricidade. Além disso, a manutenção constante dos equipamentos e sistemas essenciais aumenta ainda mais os gastos operacionais. Com muitos hospitais funcionando ininterruptamente, a demanda contínua por energia resulta em faturas de eletricidade consideráveis. Esses custos energéticos podem consumir uma parte substancial do orçamento hospitalar, limitando os recursos disponíveis para outras áreas essenciais, como investimentos em equipamentos e melhoria das instalações. Portanto, a implementação de medidas de eficiência energética e a adoção de fontes de energia renovável são estratégias importantes para reduzir os custos operacionais a longo prazo e promover a sustentabilidade financeira das instituições de saúde (Baraban, 2024).

As características de alimentação de uma unidade hospitalar são fundamentais para garantir a operação contínua e segura dos sistemas essenciais. Hospitais geralmente possuem geradores de backup e sistemas de alimentação ininterrupta (UPS) para assegurar a continuidade do fornecimento elétrico durante falhas na rede principal. Além disso, são alimentados por múltiplas linhas de transmissão de energia para minimizar interrupções.

A distribuição elétrica é gerenciada através de quadros de distribuição e circuitos independentes para áreas críticas, enquanto sistemas de gerenciamento de energia monitoram e ajustam o consumo em tempo real para otimizar a eficiência. Técnicas específicas, como o uso de filtros de tensão e reguladores, garantem a qualidade da energia fornecida, protegendo equipamentos sensíveis (Marinho, 2011). A eficiência energética é promovida através de sistemas de iluminação LED e HVAC eficientes, e a segurança elétrica é assegurada com aterramento eficaz e dispositivos de proteção contra sobretensão (Melo, 2014).

Finalmente, muitos hospitais estão integrando fontes de energia renovável, como sistemas fotovoltaicos e armazenamento de energia, para reduzir custos

operacionais e promover a sustentabilidade (Blum; Sofic, 2016). Podendo também, melhorar a imagem do hospital ao facilitar a obtenção de certificados como LEED e ISO 14001, demonstrando um compromisso com a sustentabilidade e a eficiência energética (Faria, 2024).

2.4.1 Estudo de caso

Foi inaugurada em Sorocaba, no interior de São Paulo, uma das maiores usinas solares em formato de carport do Brasil (Figura 10 e Figura 11), destacando-se pela sua capacidade instalada de 3 MWp. Este projeto, desenvolvido pela Viridian Ecoenergia, conta com 4.589 módulos fotovoltaicos bifaciais de 655 W da Canadian Solar e 10 inversores de 250 kW da Sungrow. Localizada no bairro Alto da Boa Vista, a usina tem uma capacidade de geração anual estimada em 4,5 GWh. A estrutura, que abrigará 789 veículos, inclui 37 vagas equipadas para a recarga de veículos elétricos. Este investimento de R\$ 21 milhões foi realizado pelo Banco de Olhos de Sorocaba, visando não apenas a geração de energia, mas também a sustentabilidade e modernização do hospital oftalmológico. A usina utiliza uma estrutura metálica leve e resistente, totalizando 56 toneladas de aço, que suporta os painéis solares em uma configuração de colmeia, proporcionando maior segurança e redução de custos materiais (Araújo, 2023).

Um dos grandes diferenciais deste projeto é a central de inteligência de dois andares, que abriga toda a parte eletrônica da usina em um ambiente climatizado, garantindo a máxima eficiência dos inversores ao evitar a degradação que seria causada por variações climáticas. Além disso, a usina foi projetada com potencial de expansão tanto em área quanto em capacidade de geração de energia. Outro ponto inovador é a previsão de pontos de recarga para veículos elétricos aéreos de pouso e decolagem verticais (eVTOLs), desenvolvidos pela EVE Air Mobility, uma spin-off da Embraer. Este avanço prepara a infraestrutura para o futuro do transporte, com previsão de operação desses veículos no Brasil a partir de 2026. A distância de 12,5 metros entre as vagas, pensada para acomodar a envergadura dos eVTOLs, demonstra a visão de longo prazo do projeto, que combina eficiência energética com inovação tecnológica (Araújo, 2023).

Figura 10 - Usina solar em formato de carport localizada em Sorocaba - SP



Fonte: Canal Solar (2023).

Figura 11 - Usina solar em formato de carport localizada em Sorocaba - SP



Fonte: Canal Solar (2023).

3 METODOLOGIA

Foi escolhido como objeto de estudo o Complexo do Hospital Universitário da Universidade Estadual de Ponta Grossa (HU-UEPG), situado na Rua Prof. Gabriel de Paula Machado, nº 601 – Uvaranas, Ponta Grossa, Paraná. Atualmente o hospital possui 146 vagas de 2,5 x 5,0 m, tendo assim uma área de aproximadamente 8.861,3 m² ocupada por vaga e áreas de manobras, desconsiderando as vagas para motos e vagas para veículos utilizados pelo hospital (Figura 12).

Figura 12 - Área atual de vagas do HU-UEPG



Fonte: Google Earth (2024).

De acordo com dados fornecidos pela Pró-Reitoria de Planejamento da Universidade Estadual de Ponta Grossa (PROPLAN), o HU-UEPG está passando por uma grande expansão, que inclui a construção de um novo edifício. Com essa ampliação, o estacionamento também será expandido para acompanhar o crescimento da demanda no complexo hospitalar, oferecendo mais vagas e infraestrutura aprimorada para seus usuários.

Atualmente, além do hospital existente, o complexo conta com um ambulatório em fase de construção e a previsão de adição de um novo prédio hospitalar. No futuro, novas estruturas podem ser implementadas, como o Centro de Logística CAD e o Centro Especializado em Reabilitação (CER). Essas expansões indicam um aumento significativo na área do estacionamento, o que abre novas possibilidades para a instalação de *carports* solares. Isso permitirá não só ampliar a capacidade de vagas,

mas também integrar soluções de sustentabilidade e eficiência energética para o hospital, alinhadas às necessidades do complexo.

Considerando que durante as etapas de execução o projeto pode sofrer alterações, foi realizado um estudo de um modelo de bolsão de *carports* que poderá ser instalado nas vagas de estacionamento, durante projeto executivo do hospital ou posteriormente. Esse bolsão servirá como um protótipo replicável, permitindo a expansão e adaptação do sistema de *carports* solares em diferentes áreas do estacionamento, garantindo flexibilidade e eficiência durante todo o processo de execução do projeto. Esse estudo visa garantir a flexibilidade e a adaptabilidade do sistema de *carports* solares, permitindo que ele seja implementado de forma eficaz, independentemente das alterações que possam ocorrer ao longo do desenvolvimento do novo prédio. Assim, a sustentabilidade e a eficiência energética do projeto serão mantidas, acompanhando as necessidades dinâmicas do hospital durante sua expansão.

Para o dimensionamento do bolsão de estacionamento neste trabalho, foi selecionada a área atualmente em construção destinada ao AME (Ambulatório Médico de Especialidades) (Figura 13). O projeto existente dessa área foi utilizado como base para a projeção dos *carports* solares. A escolha dessa localização foi motivada pela ampla área de estacionamento disponível, que inclui vagas destinadas a pessoas com deficiência (PCD) e oferece o espaço necessário para manobras seguras e eficientes. Além disso, a presença de áreas verdes permite uma análise detalhada da permeabilidade do solo, bem como a seleção cuidadosa das espécies de árvores e vegetação rasteira que melhor se adequam ao local. Esses fatores asseguram uma abordagem completa, que integra acessibilidade, sustentabilidade e eficiência no aproveitamento do espaço.

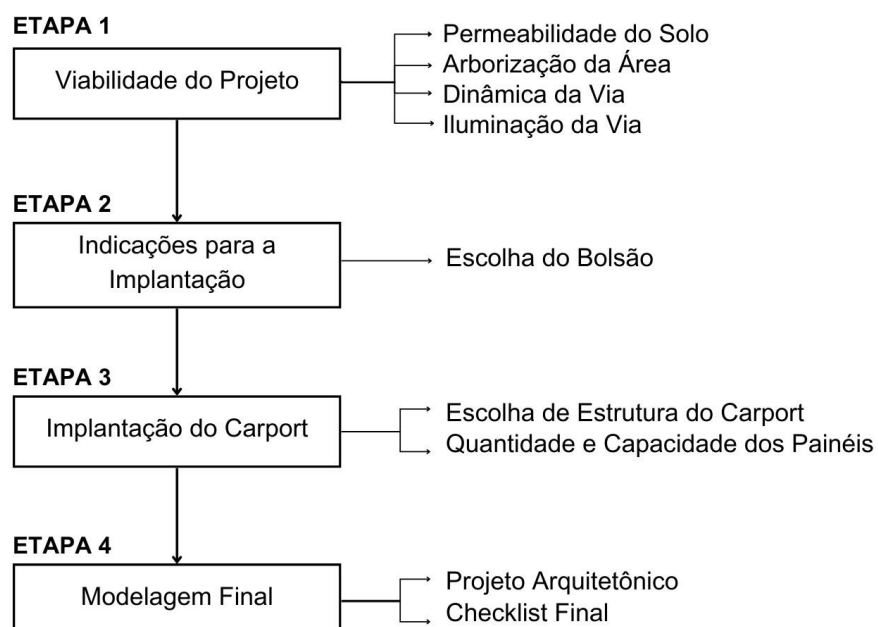
Figura 13 - Área utilizada para implantação do bolsão de *carports*



Fonte: Adaptado de UEPG (2024).

Para atingir o objetivo proposto foi elaborado um fluxograma de projeto, o qual está descrito na Figura 14. Neste fluxograma, pode-se observar que o trabalho foi dividido em 4 etapas principais: viabilidade do projeto, indicações para a implantação, implantação do *carport* e modelagem final. As etapas serão descritas e detalhadas na sequência.

Figura 14 - Fluxograma do projeto



Fonte: Autoras (2024).

3.1 ETAPA 1

3.1.1 Viabilidade do projeto

Para avaliar a viabilidade do projeto, inicialmente, foi necessário verificar em qual zona o Complexo do HU-UEPG está situado, assim como identificar a taxa de permeabilidade do solo exigida para essa área, ambas informações disponíveis no Zoneamento de Ponta Grossa na Lei Complementar nº 205/2021. A implantação do estacionamento deve garantir que as normas de permeabilidade sejam respeitadas, de forma a assegurar a infiltração adequada da água da chuva.

Quanto à disposição e estrutura dos *carports*, foi planejada de forma a garantir uma dinâmica eficiente da via, evitando que as áreas de manobra fossem comprometidas. A localização dos *carports* foi projetada para proporcionar boa visibilidade nas vias e facilitar a locomoção dos veículos, promovendo segurança e eficiência nas manobras.

Na metodologia adotada para o desenvolvimento do projeto de iluminação do estacionamento, a escolha dos postes foi pautada pela necessidade de iluminar áreas amplas de forma homogênea, cobrindo o máximo de espaço possível.

3.2 ETAPA 2

3.2.1 Indicações para a implantação

Para a análise inicial dos *carports* do estacionamento do ambulatório, foram consideradas as diferentes dimensões das vagas. As vagas comuns possuem dimensões de 5 x 2,50 metros, enquanto as vagas destinadas a pessoas com deficiência (PCD) são ligeiramente maiores, medindo 5 x 2,60 metros. Além disso, foi realizada uma análise das áreas de acessibilidade, que inclui uma faixa adicional de 5 x 1,20 metros entre duas vagas PCD.

Dado o impacto dessas diferentes dimensões, foi fundamental realizar a análise de dois tipos de vagas de estacionamento, considerando as particularidades de cada configuração. Para garantir a replicabilidade e adequação em futuras implantações, foram definidos os principais critérios a serem verificados, incluindo as dimensões das vagas, espaço adicional para manobra dos carros, dimensões de vagas PCD de acordo com a NBR 9050/2020, além da desobstrução das rotas acessíveis para cadeirantes.

3.3 ETAPA 3

3.3.1 Implantação do *carport*

Para a escolha da estrutura do *carport* no estacionamento do ambulatório, foi adotada uma metodologia que prioriza a funcionalidade, acessibilidade e eficiência energética do projeto.

Dessa forma, foram analisados dois tipos principais de estrutura para os *carports*: a estrutura em balanço e a de quatro apoios. A escolha da estrutura baseia-se nos resultados dessas análises, garantindo que o *carport* atenda de forma eficiente às exigências do hospital.

Com base nas dimensões das estruturas selecionadas para os *carports*, foi realizada uma análise detalhada da capacidade de instalação de painéis solares, considerando a área ocupada por cada painel sobre a estrutura.

3.4 ETAPA 4

3.4.1 Projeto arquitetônico

Para a realização do projeto arquitetônico do bolsão de estacionamento, foi utilizado o *software* Revit 2022. O objetivo principal desta etapa foi apresentar a disposição das vagas do ambulatório em conjunto com as estruturas dos *carports* e os painéis solares, proporcionando uma visualização clara de como o sistema seria implantado no local. No entanto, o projeto elétrico do sistema fotovoltaico não foi elaborado, pois essa etapa geralmente é realizada por empresas especializadas, responsáveis pela instalação. Além disso, para definir adequadamente os demais equipamentos, como o inversor, é necessário conhecer o número total de painéis a serem instalados.

Por fim, para garantir a replicabilidade e adequação em futuras implantações, foi elaborado um checklist, que reúne os principais critérios a serem verificados.

4 RESULTADOS

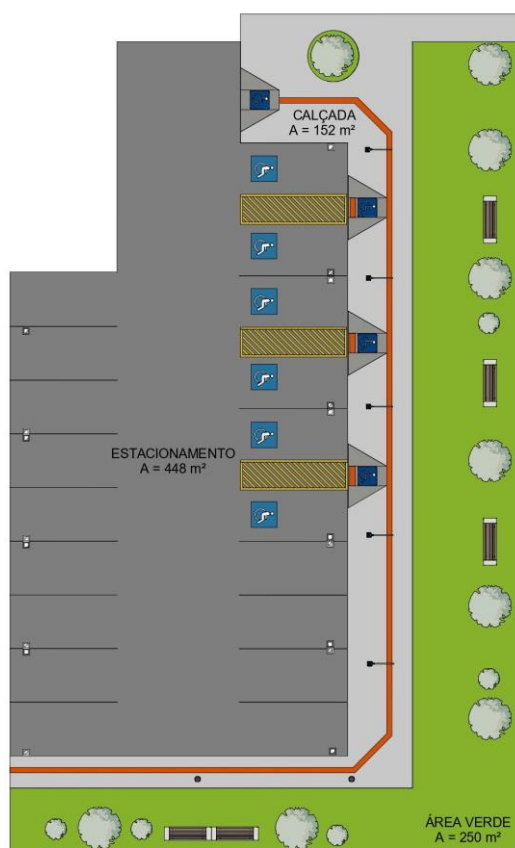
4.1 VIABILIDADE DO PROJETO

Para avaliar a viabilidade do projeto, de acordo com o Zoneamento de Ponta Grossa na Lei Complementar nº 205/2021, foi verificado que o complexo do hospital está situado na Zona Mista 1, onde a legislação exige uma taxa de permeabilidade do solo de 25%. O planejamento do estacionamento, portanto, incluiu soluções que garantam essa exigência, assegurando a preservação da capacidade de permeabilidade de água pelo solo e minimizando riscos de alagamentos ou acúmulo excessivo de água.

De acordo com o Artigo nº 166 do Código de Obras de Ponta Grossa – PR, estacionamentos descobertos sobre o solo devem ser arborizados na proporção mínima de uma árvore para cada seis vagas. As árvores devem estar localizadas no próprio estacionamento, com um espaço mínimo de 0,60 m de largura e comprimento para cada uma e plantadas a uma distância de no mínimo 0,30 m da borda do canteiro. Além disso, o espaço destinado às árvores não deve interferir nas áreas mínimas de vagas e corredores de circulação e manobra do estacionamento. Para árvores já existentes, é exigida a preservação da integridade dessas espécies, devendo ser consultado o órgão municipal de meio ambiente para autorização e orientação adequada. Para atingir esse objetivo e integrar áreas verdes ao projeto, foi incorporado um paisagismo que inclui gramados, vegetação e árvores, distribuídos ao longo do estacionamento.

Considerando exclusivamente o bolsão do estacionamento analisado, sem relação com a área total do hospital, verificou-se que o estacionamento em si possui uma área de 448 m², a calçada 152 m² e a área verde 250 m², conforme apresentado na Figura 15. Dessa forma, a taxa de permeabilidade do solo é de 41,6%, superando o mínimo de 25% exigido pela legislação, promovendo uma gestão eficiente da água da chuva e reforçando o compromisso com a sustentabilidade e o equilíbrio ambiental do hospital.

Figura 15 - Distribuição das áreas de estacionamento, calçada e área verde



Fonte: Autoras (2024).

Essas áreas verdes não apenas melhoram a estética e o conforto ambiental, como também desempenham um papel essencial na manutenção da permeabilidade do solo. Projetadas como jardins de chuva, essas zonas verdes têm a função de captar e infiltrar a água superficial de forma eficiente, contribuindo para uma drenagem natural que ajuda a controlar o escoamento e a reduzir o risco de alagamentos (Barros *et al.*, 2024).

Em relação à arborização das áreas verdes, foi realizada a seleção de árvores de porte baixo a médio, com o intuito de minimizar o sombreamento sobre os painéis solares. A escolha cuidadosa das espécies teve em vista assegurar que a vegetação não interferisse na eficiência da geração de energia solar, mantendo o desempenho ideal do sistema fotovoltaico e garantindo que a produção de energia não fosse comprometida pela sombra das árvores.

Dentre as espécies de árvores selecionadas, destacam-se o Resedá (*Lagerstroemia indica*) (Figura 16) e a Escova-de-garrafa (*Callistemon viminalis*) (Figura 17), que são excelentes escolhas por vários motivos. Essas espécies têm

crescimento controlado, alcançando alturas entre 3 a 5 metros, o que é ideal para não interferir nos painéis solares instalados em *carports* (Patro, 2024).

A copa vertical e menos densa dessas árvores minimiza a sombra nos painéis, mantendo a eficiência da captação solar. O Resedá possui raízes não agressivas, ideal para áreas urbanas, enquanto a Escova-de-garrafa é rústica e de baixa manutenção. Ambas, embora exóticas, são comuns em paisagismo por sua beleza e fácil manejo, e autorizações para eventual remoção são relativamente simples. Assim, contribuem para a harmonia do projeto sem comprometer a funcionalidade do sistema fotovoltaico.

Figura 16 - Resedá (*Lagerstroemia indica*)



Fonte: Viveiro (2024).

Figura 17 - Escova-de-garrafa (*Callistemon viminalis*)



Fonte: Biologia da Paisagem (2022).

Para a vegetação rasteira e cobertura do solo, foi considerada a escolha de plantas densas que favoreçam a permeabilidade do solo e promovam a infiltração da água, sem competir com as raízes das árvores. Essas plantas foram selecionadas com base em sua resistência ao pisoteio, garantindo durabilidade e funcionalidade em áreas de alta circulação. A seleção e o planejamento dessas plantas visam otimizar a eficiência do sistema de drenagem e assegurar que o solo permaneça permeável e adequado para a infraestrutura do estacionamento.

Para a vegetação rasteira e cobertura do solo, a Grama Esmeralda (*Zoysia japonica*) (Figura 18) continua sendo uma excelente opção devido ao seu crescimento lento e denso e à sua resistência ao pisoteio, sendo bastante utilizada no Brasil. (Bel Agro, 2019). Uma opção alternativa é a Grama São Carlos (*Axonopus compressus*) (Figura 19), uma planta que proporciona uma boa cobertura do espaço, sendo ideal para grandes áreas, além de serem resistentes ao clima e exigirem pouca manutenção em relação à fertilização (Bel Agro, 2019).

Figura 18 - Grama Esmeralda (*Zoysia japonica*)



Fonte: Viveiro (2024).

Figura 19 - Grama São Carlos (*Axonopus compressus*)



Fonte: Grama Legal (2024).

Além dos postes convencionais de iluminação difusa já existentes no projeto do estacionamento do hospital, foram recomendados postes com altura inferior à média dos *carports* solares disponíveis no mercado, que é de aproximadamente 3,5 metros. Para complementar a iluminação sem interferir nos painéis solares, postes de cerca de 3,48 metros foram indicados. Essa abordagem visa proporcionar um nível adicional de conforto e segurança aos usuários, assegurando que o estacionamento esteja bem iluminado e mais seguro durante a noite, sem comprometer a eficiência dos *carports*. Há diversas opções de luminárias que podem ser utilizadas, como a Luminária Pública Pétala LED 50W (Figura 20), de cor branca fria, que é ideal para postes de rua e oferece eficiência energética e durabilidade, garantindo iluminação adequada em toda a área.

Figura 20 - Luminária pública pétala



Fonte: Sustenta Led (2024).

Ressaltando que, todos os elementos mencionados, como a arborização, vegetação rasteira, e a iluminação do estacionamento, foram integrados e indicados na modelagem final do projeto, conforme apresentado na Etapa 4. Essa modelagem final permite uma visualização clara e detalhada de como as soluções propostas se integram ao ambiente físico, assegurando que os aspectos de permeabilidade, eficiência energética e conforto sejam devidamente contemplados no planejamento final do estacionamento.

4.2 ESCOLHA DO BOLSÃO

A fim de garantir uma melhor dinâmica no tráfego do estacionamento, a localização e estrutura dos *carports* foram planejadas para facilitar a circulação de

veículos e evitar que as áreas de manobra fossem comprometidas. Com isso as vagas foram projetadas de acordo com as normas e medidas da NBR 14022/2009.

Além disso, as vagas PCD foram planejadas de acordo com as diretrizes da NBR 9050/2020 e o Artigo nº 161 do Código de Obras de Ponta Grossa – PR, que determina a reserva de 2% do total de vagas disponíveis em estacionamentos públicos e privados para pessoas com deficiência. Essas vagas são ligeiramente maiores para atender às necessidades de acessibilidade, além disso, entre duas vagas especiais, há uma faixa adicional de 1,20 x 5 metros, fundamental para garantir a circulação e manobra de utilitários adaptados.

Por conta dessas especificidades, a estrutura dos *carports* destinados às vagas PCD também foi adaptada, assegurando acessibilidade plena, respeitando todas as normas vigentes e promovendo a inclusão de pessoas com mobilidade reduzida.

O bolsão escolhido para os *carports* solares é a área do ambulatório, que atende a diversos requisitos essenciais para o projeto. Essa área inclui vagas regulares e para PCD, além de espaços verdes que permitem analisar a permeabilidade do solo, onde é possível incorporar árvores e vegetação rasteira para conforto térmico e integração paisagística. A escolha também favorece manobras seguras, acessibilidade e flexibilidade para instalar sistemas fotovoltaicos, promovendo um uso sustentável do espaço e eficiente captação de energia solar.

Para isso, foi realizado um detalhamento dos dois tipos de vagas existentes: as vagas comuns e as vagas destinadas a pessoas com deficiência (PCD). As vagas comuns foram projetadas com dimensões padrão de 5,00 m x 2,50 m, atendendo às diretrizes estabelecidas pela legislação vigente, garantindo conforto e praticidade para todos os usuários. Por outro lado, as vagas PCD foram dimensionadas conforme as normas de acessibilidade da NBR 9050, com 5,00 m x 2,50 m e uma faixa lateral adicional de 1,20 m x 5,00 m para facilitar manobras e o uso de dispositivos de auxílio, como cadeiras de rodas.

Por fim, a sinalização das vagas e do bolsão foi instalada de forma clara e visível, seguindo as normas da NBR 9050/2020 e da NBR 14022/2009, assegurando que os usuários tenham uma experiência segura e inclusiva.

4.3 ESCOLHA DE ESTRUTURA DO CARPORT

Na escolha do tipo de estrutura para os *carports*, diversos aspectos foram considerados. O primeiro passo foi avaliar os fatores críticos de desempenho, como a facilidade de manobra dos veículos, a visibilidade dentro da área coberta e a praticidade de entrada e saída dos carros.

Duas opções principais de estrutura foram analisadas: a estrutura com quatro apoios e a estrutura em balanço. A estrutura com quatro apoios, embora ofereça maior estabilidade e suporte, pode comprometer o espaço de circulação, especialmente nas vagas PCD, onde a acessibilidade é um requisito essencial. Por outro lado, a estrutura em balanço, que utiliza apoios apenas em um dos lados, proporciona maior liberdade de circulação e facilita as manobras, sendo mais indicada para áreas de grande fluxo de veículos, como o estacionamento de um hospital.

Assim, devido à facilidade de locomoção e ao fato de as estruturas não interferirem na acessibilidade dos usuários do estacionamento, a estrutura em balanço (Figura 21), também conhecida como monoposte, foi a escolhida para o projeto.

Figura 21 - Carport com a estrutura em balanço



Fonte: Sustenta Led (2024).

Além disso, foi feita uma análise comparativa entre o uso de estruturas pré-fabricadas e estruturas personalizadas. As estruturas pré-fabricadas destacaram-se pela rápida implantação e menor custo, tornando-se uma opção eficiente para projetos com prazos curtos. Já as estruturas sob medida foram consideradas mais adequadas para situações em que as vagas possuem dimensões não convencionais, garantindo maior flexibilidade no projeto arquitetônico.

Dentre as opções de mercado disponíveis de estruturas pré-fabricadas, a estrutura da marca Izi Estruturas apresenta-se como a que melhor se encaixa nas

categorias de monoposte e nas dimensões para as vagas convencionais. Sua facilidade e praticidade de instalação contribuem para otimizar o tempo de execução e reduzir os custos de mão de obra. Além disso, cada kit de carport da Izi Estruturas comporta duas vagas convencionais, permitindo uma disposição modular eficiente para o estacionamento.

A estrutura do *carport* é feita em aço galvanizado a fogo, proporcionando maior resistência e durabilidade, especialmente em ambientes externos. A montagem é simples e eficaz, adaptando-se a painéis solares de variadas dimensões. O cálculo estrutural foi informado pelo fabricante, de acordo com a NBR 6123/2023, que trata das forças devidas ao vento em edificações, e considera uma sobrecarga de vento de até 40 m/s, garantindo segurança e estabilidade da estrutura. No Anexo – A do projeto está presente o manual de montagem da estrutura, que detalha os passos necessários para a correta instalação e fixação dos componentes.

Para a estrutura personalizada de *carport*, foi elaborado um projeto arquitetônico com medidas e referências de montagem específicas para as vagas PCD, considerando suas dimensões diferenciadas e requisitos de acessibilidade. Esse tipo de estrutura deve ser fabricado por empresas especializadas em estruturas de aço galvanizado, e recomenda-se que seja realizado um estudo estrutural completo para garantir a resistência e segurança adequadas.

No entanto, neste trabalho, está sendo desenvolvido apenas o projeto arquitetônico como uma indicação para futura implantação, sem a realização de cálculos estruturais ou de resistência ao vento. Esses cálculos devem ser realizados posteriormente para garantir a viabilidade técnica da estrutura.

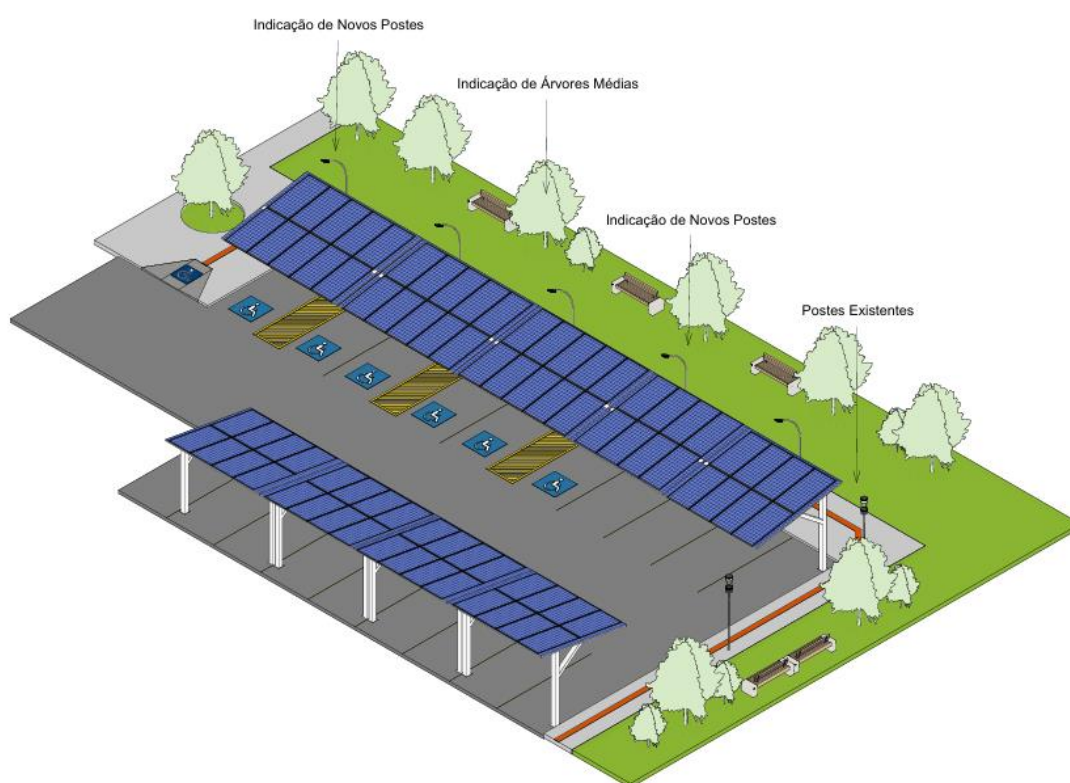
Para a escolha do painel, foram levados em conta diversos fatores, como o fato de ele ser bifacial, o que contribui para a diminuição da reflexão dos painéis, garantindo uma melhor distribuição da luz captada e refletida. Além disso, foram consideradas as dimensões dos painéis, que possuem 2,279 x 1,134 x 0,035 m. Essas medidas são ideais para o espaço disponível nos *carports*, permitindo um arranjo eficiente dos painéis. Combinadas com a alta potência dos painéis, essas dimensões garantem uma geração de energia otimizada, atendendo de maneira mais eficiente às demandas do projeto, sem comprometer a estética ou a funcionalidade da estrutura. No caso das vagas comuns, foi possível instalar 8 painéis a cada duas vagas, enquanto nas vagas PCD, devido às dimensões ampliadas e à faixa de circulação,

foram instalados 10 painéis, garantindo uma cobertura mais adequada para essas áreas.

4.4 MODELAGEM FINAL

Para a modelagem 3D, foi utilizado o Revit 2022, no qual foi projetado um bolsão para as vagas comuns e para as vagas destinadas a pessoas com deficiência (PCD) (Figura 22), todas devidamente dimensionadas de acordo com as normas vigentes. O arquivo contendo o projeto de implantação dos carports solares no estacionamento do AME está disponível no Apêndice – A.

Figura 22 - Área de estacionamento do AME com bolsão de *carports* solares



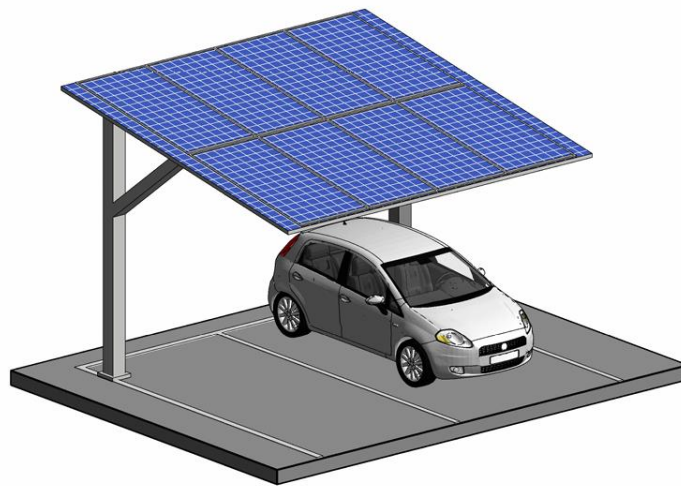
Fonte: Autoras (2024).

Cada *carport* foi modelado no Revit com a quantidade adequada de painéis solares, otimizando a eficiência energética e garantindo a harmonização estética com o estacionamento do ambulatorio, totalizando 6 vagas destinadas a PCD e 12 vagas para uso comum. A altura dos *carports*, tanto para as vagas comuns, quanto para as vagas PCD, foi definida como sendo de 3,48 metros na parte mais alta, assegurando a circulação adequada de veículos. No caso das vagas PCD, além de seguir as dimensões ampliadas exigidas por normas de acessibilidade, foi projetada uma rampa

de acesso, garantindo que a estrutura dos *carports* não interferisse na mobilidade dos usuários ou na circulação em áreas de manobra. Esse planejamento assegurou a integração entre a instalação dos painéis solares e o cumprimento das exigências de acessibilidade, oferecendo uma solução prática e confortável.

A Figura 23 apresenta o detalhamento do bolsão de estudo, destacando a distribuição e o dimensionamento das vagas comuns.

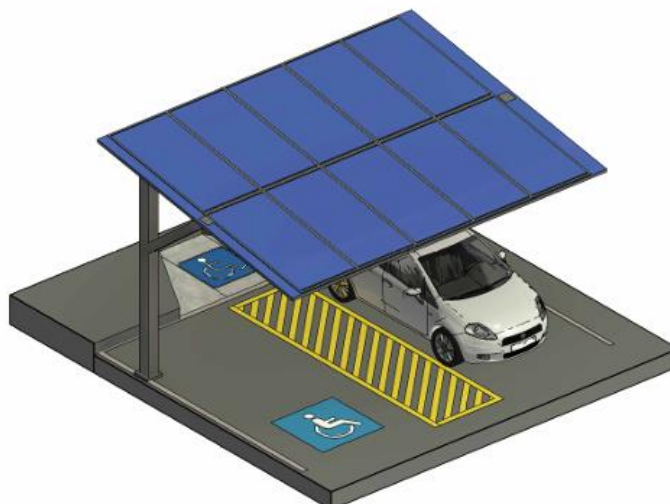
Figura 23 - Bolsão para vagas comuns



Fonte: Autoras (2024).

A Figura 24 ilustra o detalhamento das vagas PCD, incluindo suas dimensões ampliadas e a faixa adicional de 1,20 x 5 metros entre as vagas.

Figura 24 - Bolsão para vagas PCD



Fonte: Autoras (2024).

Os arquivos contendo o projeto de detalhamento completo do bolsão estão disponíveis no Apêndice – B (vagas comuns) e Apêndice – C (vagas PCD). O foco do projeto esteve voltado à correta localização dos *carports* e à definição da inclinação ideal dos painéis solares, que varia entre 5° e 15°, maximizando a eficiência energética e a integração com o ambiente circundante, sem abordar aspectos estruturais.

Por fim, foi elaborado um checklist detalhado para a implantação e replicação dos *carports* solares (Apêndice – D), abrangendo todas as etapas essenciais para garantir o sucesso do projeto. Esse documento funciona como uma ferramenta prática e eficiente, assegurando que todas as etapas sejam seguidas de maneira precisa, tanto na fase inicial quanto em futuras expansões, e garantindo a conformidade com as normas técnicas, de acessibilidade e de segurança. Assim, o checklist se torna um recurso valioso para facilitar a replicação do projeto em outros locais, assegurando a funcionalidade e a eficiência energética.

5 CONCLUSÃO

O Hospital Universitário Regional Wallace Thadeu de Mello e Silva possui atualmente uma vasta área de estacionamento descoberto e, com as reformas e ampliações em andamento, essa área será significativamente expandida. Diante desse cenário, a implantação de *carports* solares no estacionamento se apresenta como uma solução vantajosa, não apenas para proporcionar maior conforto térmico aos usuários, mas também para gerar uma redução substancial nas despesas energéticas do hospital. A instalação dos painéis solares nos *carports*, além de aproveitar um espaço subutilizado, contribuirá diretamente para a economia nas contas de luz, beneficiando financeiramente o hospital a médio e longo prazo.

Em relação à estrutura dos *carports*, optou-se pela estrutura monoposte, que oferece melhor circulação e espaço para manobras no estacionamento, especialmente nas vagas PCD. A arborização e as áreas verdes foram planejadas para atender à taxa de permeabilidade do solo de 25%, conforme exigido pelo Zoneamento de Ponta Grossa. A escolha de espécies, como o Resedá e a Escova-de-garrafa, visou minimizar o sombreamento dos painéis solares, preservando a máxima eficiência do sistema fotovoltaico, além de promover conforto térmico e agregar valor estético ao local. A utilização de gramas resistentes, como a Grama Esmeralda e a Grama São Carlos, contribui para a durabilidade e a manutenção da permeabilidade do solo, promovendo a permeabilidade de água e prevenindo alagamentos. Por fim, os sistemas de iluminação foram planejados para garantir segurança e conforto aos usuários.

Para viabilizar a replicação dos *carports* solares ao longo de toda a área de estacionamento, foi elaborado um checklist detalhado. Com o checklist, será possível replicar a solução dos *carports* solares de forma organizada e escalável em outras áreas do hospital ou até mesmo em diferentes instalações, pois ele proporciona uma base sólida para a execução do projeto, garantindo que os *carports* sejam implementados de maneira consistente, segura e eficiente, resultando em economia de energia e melhorias na infraestrutura do hospital a longo prazo.

Assim, a implantação dos *carports* solares no estacionamento do hospital não só atende às demandas crescentes por sustentabilidade e eficiência energética, mas também representa uma oportunidade estratégica de otimização de recursos. A conclusão deste estudo sugere que, embora o potencial seja promissor, um planejamento detalhado, envolvendo engenheiros civis, eletricitas e especialistas em

energia solar, é fundamental para garantir o sucesso da iniciativa e sua replicabilidade em outras áreas do hospital. Dessa forma, o projeto poderá contribuir de forma eficaz para a redução dos custos operacionais do hospital e reforçar o compromisso da instituição com práticas sustentáveis.

5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como mencionado ao longo do trabalho, o projeto elétrico completo não foi desenvolvido, por conta disso, recomenda-se, portanto, a execução de um projeto elétrico detalhado para garantir a eficácia do sistema. Paralelamente, um projeto estrutural é essencial para assegurar a segurança e durabilidade da instalação, considerando tanto o peso dos painéis solares quanto as condições climáticas locais, incluindo ventos e chuvas intensas.

Embora este estudo não tenha se aprofundado na viabilidade técnica, econômica e operacional, vale ressaltar que essas análises são cruciais para o sucesso dos *carports* solares. Esse processo inclui o desenvolvimento de um projeto elétrico completo, abrangendo o dimensionamento correto de inversores, cabos e sistemas de monitoramento, além de uma análise de compatibilidade com a rede elétrica do hospital. Também é imprescindível um projeto estrutural específico, capaz de suportar a carga dos painéis solares e responder adequadamente aos desafios climáticos locais, garantindo assim a segurança e a durabilidade do sistema.

REFERÊNCIAS

ABSOLAR. **Estatísticas e análises exclusivas do mercado solar fotovoltaico.** Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica, 2020. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/mercado/>. Acesso em: 10 abr. 2024.

ABSOLAR. **Fonte solar fotovoltaica surpreende em leilão de energia nova A-4 com liderança no volume contratado e forte redução de preço.** Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica, 19 dez. 2017. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/noticia/fonte-solar-fotovoltaica-surpreende-em-leilao-de-energia-nova-a-4-com-lideranca-no-volume-contratado/>. Acesso em: 10 abr. 2024.

ABSOLAR. **Panorama da solar fotovoltaica no Brasil e no mundo.** Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica, 2024. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/mercado/infografico/>. Acesso em: 10 abr. 2024.

ALVES, Marliana de Oliveira Lage. **Energia solar: estudo da geração de energia elétrica através dos sistemas fotovoltaicos *on-grid* e *off-grid*.** 2019. 75 f. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) - Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas, Universidade Federal de Ouro Preto, João Monlevade, 2019. Disponível em: https://monografias.ufop.br/bitstream/35400000/2019/6/MONOGRAFIA_EnergiaSolarEstudo.pdf. Acesso em: 20 abr. 2024.

ANEEL. **A ANEEL.** Agência Nacional de Energia Elétrica, 13 jan. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/aceso-a-informacao/institucional/a-aneel>. Acesso em: 10 abr. 2024.

ANEEL. **Aviso de Consulta Pública nº 015/2010.** 10 set. 2010. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/acp2010015.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2024.

ANEEL. **Micro e minigeração distribuída.** Agência Nacional de Energia Elétrica, 10 fev. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/geracao-distribuida>. Acesso em: 11 abr. 2024.

ANEEL. **Regulação do novo marco legal de micro e minigeração distribuída entra em consulta pública.** Agência Nacional de Energia Elétrica, 01 nov. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2022/regulacao-do-novo-marco-legal-de-micro-e-minigeracao-distribuida-entra-em-consulta-publica>. Acesso em: 10 abr. 2024.

ARAÚJO, Ericka. **Carport solar de 3 MWp é inaugurado em Sorocaba (SP).** Canal Solar, 16 mai. 2023. Disponível em: <https://canalsolar.com.br/carport-solar-de-3-mwp-e-inaugurado-em-sorocaba-sp/>. Acesso em: 02 set. 2024.

BAILEY. **Solar panel reflection problems: a comprehensive guide to identification and solutions.** SolVoltaics, 19 ago. 2023. Disponível em: <https://solvoltaics.com/solar-panel-reflection-problems/>. Acesso em: 01 set. 2024.

BARABAN, Diogo. **Quais são os desafios da eficiência energética nos hospitais?** Energia solar, 11 abr. 2024. Disponível em: <https://solucoes.edp.com.br/blog/desafios-eficiencia-energetica-hospitais/>. Acesso em: 16 maio 2024.

BARROS, Edenia Nascimento; CABRAL, Jaime Joaquim da Silva Pereira; PALECHOR, Erwin Ulises Lopez; TAVARES, Paulo Roberto Lacerda; MENEZES, Lucas Amorim Amaral; SILVA JUNIOR, Marcos Antonio Barbosa. **Jardins de chuva para mitigação dos alagamentos urbanos: análise de um projeto piloto**. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 17, n. 2, p. 1396–1411, 2024. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/259253>. Acesso em: 15 jun. 2024.

BARROS, Félix do Rêgo. **Desenvolvimento de aplicativo de simulação de sistemas: geração de energia fotovoltaica (FV) e aquecimento solar (SAS)**. 2015. 63 f. Dissertação (Mestrado em Fenômenos de Transporte; Mecânica dos Sólidos) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <http://www.bdt.d.uerj.br/handle/1/11725>. Acesso em: 28 ago. 2024.

BEL AGRO. **Conheça os tipos de grama e saiba qual é o mais adequado para o seu jardim**. Blog Bel Agro, 10 mai. 2019. Disponível em: <https://blog.belagro.com.br/conheca-os-tipos-de-grama-e-saiba-qual-e-o-mais-adequado-para-o-seu-jardim/>. Acesso em: 13 set. 2024.

BLUM, Jurgen; SOFIC, Dragan. **Fontes de alimentação de segurança para hospitais e data centers**. Revista Eletricidade Moderna, v.45, n. 512, p.58-71, 20 nov. 2016. Disponível em: https://www.arandanet.com.br/revista/em/materia/2016/11/20/fontes_de_alimentacao.html. Acesso em: 02 set. 2024.

CANAL SOLAR. **Inversor solar, o que é e para que serve?** Canal Solar, 24 mar. 2022. Disponível em: <https://canalsolar.com.br/inversor-solar-o-que-e-e-pra-que-serve/>. Acesso em: 13 abr. 2024.

CONFEEA. **Nota Técnica nº 482/2012 – ANEEL**. 2020. Disponível em: <https://www.confear.org.br/midias/uploads-imce/energiasolar-notaconfea-resolucao-482-aneel.pdf>. Acesso em: 23 maio 2024.

EERE. **Solar photovoltaic system design basics**. Solar Energy Technologies Office, 2024. Disponível em: <https://www.energy.gov/eere/solar/solar-photovoltaic-system-design-basics>. Acesso em: 27 abr. 2024.

FARIA, Rogério. **Certificações ambientais: reduza o impacto ambiental da sua empresa**. BRK Tecnologia, 24 jul. 2024. Disponível em: <https://brktecnologia.com.br/blog/certificacoes-ambientais/>. Acesso em: 02 set. 2024.

GREENYELLOW. **Carport solar: a revolução em estacionamentos sustentáveis**. GreenYellow, 23 abr. 2024. Disponível em: <https://greenyellow.com.br/carport-solar/>. Acesso em: 28 ago. 2024.

HEIN. **Carports em alta no mercado brasileiro de energia solar**. Canal Solar, 23 jul. 2021. Disponível em: <https://canalsolar.com.br/carports-em-alta-no-mercado-brasileiro-de-energia-solar-fotovoltaica/>. Acesso em: 29 ago. 2024.

HELTE, Junior. **2024: O ano da energia solar no Brasil**. ABSOLAR, 15 mar. 2024. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/noticia/https-www-modaisemfoco-com-br-noticias-2024-o-ano-da-energia-solar-no-brasil/>. Acesso em: 24 mar. 2024.

LOPES, Mariana Cristina; TAQUES, Fernando Henrique. **O desafio da energia sustentável no Brasil**. Energia, Chapecó, ano 2016, v. 20, n. 36, p. 71-96, 24 jul. 2018. Disponível em: <https://bell.unochapeco.edu.br/revistas/index.php/rce/article/view/4478>. Acesso em: 24 mar. 2024.

MARINHO, Gisele Souza Parmezzani. **Apresentação de uma indústria sucroalcooleira sob os conceitos de microrrede de energia elétrica**. 2011. 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho, Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica, Ilha Solteira, 2011. Disponível em: <https://repositorio.uft.edu.br/handle/11612/1093>. Acesso em: 01 set. 2024.

MELO, Rezerneide Guimarães. **Planejamento para minimização de fatores de riscos relacionados a descargas elétricas em programas de habitação e urbanização no Estado do Pará**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Pará, Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica, Belém, 2014. Disponível em: <http://repositorio.ufpa.br/jspui/handle/2011/6143>. Acesso em: 01 set. 2024.

OMS ENGENHARIA. **Carport solar: tudo sobre a instalação de estacionamentos fotovoltaicos que geram energia solar!** OMS Engenharia, 05 abr. 2022. Disponível em: <https://omsengenharia.com.br/blog/carport-solar/>. Acesso em: 20 abr. 2024.

PARAHYBA, Thaís Gontijo Araújo; ELIAS, Sergio José Barbosa; ZURBA, Nadia Khaled. **Propostas de adaptações de acessibilidade baseadas na NBR 9050: estudo de caso no Hospital Universitário Walter Cantídio**. In: Encontro Nacional de Ergonomia do Ambiente Construído, 4., Recife, 2016. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/24051>. Acesso em: 29 ago. 2024.

PATRO, Raquel. **Escova-de-garrafa**. Jardineiro.net, 29 jul. 2024. Disponível em: <https://www.jardineiro.net/plantas/escova-de-garrafa-callistemon-spp.html>. Acesso em: 13 set. 2024.

PATRO, Raquel. **Resedá**. Jardineiro.net, 16 mai. 2020. Disponível em: <https://www.jardineiro.net/plantas/reseda-lagerstroemia-indica.html>. Acesso em: 13 set. 2024.

PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antonio. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. CRESESB, 2014. Disponível em: https://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf. Acesso em: 23 maio 2024.

PIVA, Rodrigo Barcellos. **Economia ambiental sustentável: os combustíveis fósseis e as alternativas energéticas**. 2010. 81 f. (Trabalho de Conclusão de Curso – Monografia), Curso de Bacharelado em Ciências Econômicas, Universidade Federal

do Rio Grande do Sul. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/26107>. Acesso em: 24 mar. 2024.

PNE 2050. **Relatório Final do PNE 2050**. Empresa de Pesquisa Energética, 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Plano-Nacional-de-Energia-2050>. Acesso em: 10 abr. 2024.

PONTA GROSSA. **Plano Diretor de Ponta Grossa**. 2022. Disponível em: <https://iplan.pontagrossa.pr.gov.br/wp-content/uploads/2023/07/Plano-Diretor-LEI-N-14305.pdf>. Acesso em: 14 set. 2024.

PORTAL SOLAR. **Carport solar: como funciona o estacionamento que gera energia solar (guia completo)**. Portal Solar, 2023. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/carport-solar>. Acesso em: 22 abr. 2024.

PORTAL SOLAR. **Energia solar fotovoltaica em hospitais e clínicas**. Portal Solar, 2024. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/energia-solar-fotovoltaica-em-hospitais-e-clinicas>. Acesso em: 20 abr. 2024.

PORTAL SOLAR. **Quem criou a energia solar? História da energia solar**. Portal Solar, 2024. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/historia-e-origem-da-energia-solar>. Acesso em: 22 abr. 2024.

PORTAL SOLAR. **Tudo sobre a manutenção do painel solar e do sistema fotovoltaico**. Portal Solar, 2023. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/tudo-sobre-a-manutencao-do-painel-solar>. Acesso em: 22 abr. 2024.

QUINTANILHA, Inês de Carvalho. **A influência da iluminação artificial no comportamento de usuários de praças públicas: o caso da Praça Coronel Pedro Osório**. 2015. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Pelotas, Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Pelotas, dez. 2015. Disponível em: <https://guaiaca.ufpel.edu.br/handle/prefix/5210>. Acesso em: 14 set. 2024.

SILVA, Fausto Batista Felix; SILVEIRA, Nicolli Sperança. **Análise de desempenho de carports com diferentes tecnologias fotovoltaicas**. Anais CBENS, 2022. Disponível em: <https://anaiscbens.emnuvens.com.br/cbens/article/view/1151>. Acesso em: 11 jun. 2024.

SILVA, Heitor Marques Francelino da; ARAÚJO, Francisco José Costa. **Energia solar fotovoltaica no Brasil: uma revisão bibliográfica**. Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação, [S. l.], v.8, n. 3, p.859-869, 2022. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/4654>. Acesso em: 24 mar. 2024.

SILVA, Lyandra Araújo da. **Energia solar fotovoltaica: estudo de caso, viabilidade técnica e financeira para atendimento de prédio comercial em Tucuruí - PA**. Orientador: Samuel Antonio Pereira Filho; Coorientador: Raphael Barros Teixeira. 2023. 90 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Campus Universitário de Tucuruí, Universidade Federal do Pará, Tucuruí, 2023. Disponível em: <https://bdm.ufpa.br:8443/jspui/handle/prefix/5394>. Acesso em: 27 abr. 2024.

SOLAR PRIME. **Quando vale a pena colocar energia solar?** Solar Prime, 2023. Disponível em: <https://solarprime.com.br/vale-a-pena-colocar-energia-solar/>. Acesso em: 20 abr. 2024.

SOLARVOLT. **String box: o que é e como funciona?** SolarVolt, 2016. Disponível em: <https://www.solarvoltenergia.com.br/blog/string-box-o-que-e-e-como-funciona/>. Acesso em: 13 abr. 2024.

SOLIS ENERGIA. **Como funciona o medidor bidirecional da energia solar?** Solis Energia, 04 mar. 2019. Disponível em: <https://solisenergia.com.br/como-funciona-o-medidor-bidirecional-da-energia-solar/>. Acesso em: 13 abr. 2024.

SUNERGIA. **Convênio ICMS nº16/2015 autoriza isenção sobre a energia solar.** Sunergia, 17 abr. 2018. Disponível em: <https://sunergia.com.br/blog/convenio-icms-no-16-2015-autoriza-isencao-do-icms-sobre-a-energia-solar/>. Acesso em: 22 abr. 2024.

TAREK. **How trees affect solar panels: the shady impact.** Aussie Solar Tech, 22 jun. 2024. Disponível em: <https://aussiesolartech.com.au/solar-panel/how-trees-affect-solar-panels/>. Acesso em: 01 set. 2024.

VILLALVA, Marcelo Gradella. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações.** 2. ed. rev. e atual. São Paulo: Érica, 2012.

ANEXOS**ANEXO A – MANUAL DE MONTAGEM DA ESTRUTURA DO CARPORT
MONOPOSTE**

APÊNDICES

APÊNDICE A – PROJETO DE IMPLANTAÇÃO DOS CARPORTS SOLARES NO ESTACIONAMENTO DO AME

APÊNDICE B – DETALHAMENTO DA IMPLANTAÇÃO DO BOLSÃO PARA VAGAS COMUNS

APÊNDICE C – DETALHAMENTO DA IMPLANTAÇÃO DO BOLSÃO PARA VAGAS PCD

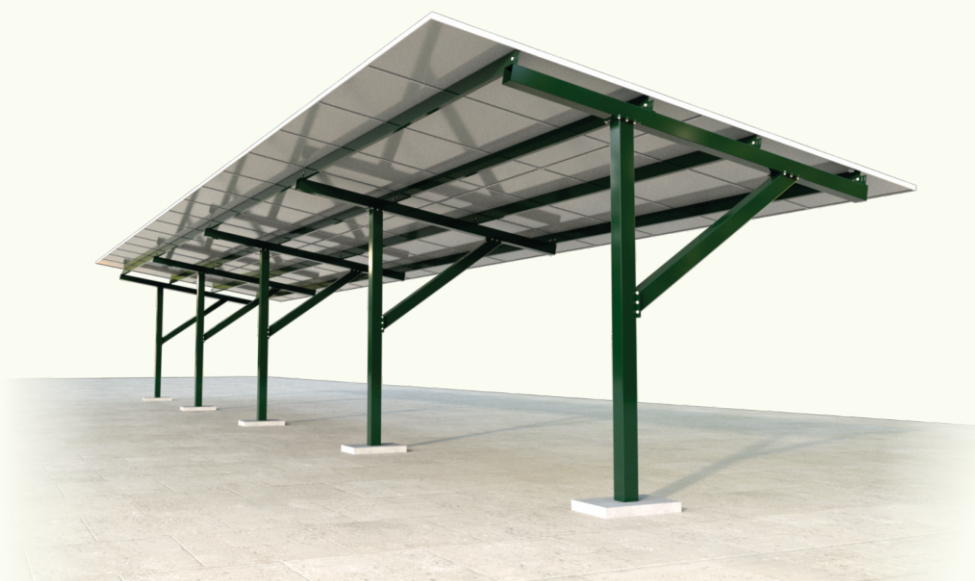
APÊNDICE D – CHECKLIST DE IMPLANTAÇÃO E REPLICAÇÃO DOS CARPORTS SOLARES



 17 3283-2018

MANUAL DE MONTAGEM
CARPORT MONOPOSTE

ESTRUTURA CARPORT MONOPOSTE



- Estrutura carport em aço galvanizado a fogo, maior resistência e durabilidade.
- Montagem simples e eficaz para módulos das mais variadas dimensões.

ATENÇÃO

- Cálculo efetuado segundo a NBR 6123
- Cálculo sobrecarga de vento de 40m/s

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- Peso médio da estrutura por módulo: aproximadamente ?
- Estrutura modular;

FERRAMENTAS (MONTAGEM)

- Linha de Nível
- Trena
- Parafusadeira
- Chave sextavada 1/2"
- Chave sextavada 5/16"
- Medidor de Nível
- Medidor de Ângulo

COMPOSIÇÃO

BANZO

- Dimensões: 3500x130x130mm
- Material: Aço Civil 300 galvanizado a fogo
- Espessura: 2,25mm

PILAR

- Dimensões: 3700x130x130mm
- Material: Aço Civil 300 galvanizado a fogo
- Espessura: 3,00mm

MÃO FRANCESA

- Dimensões: 1985x130x130mm
- Material: Aço Civil 300 galvanizado a fogo
- Espessura: 3,00mm

TERÇA

- Dimensões: 5120x120x40mm e 6000x120x40mm
- Material: Aço Civil 300 galvanizado a fogo
- Espessura: 2,65mm

GRAMPO CLAMP

- Dimensões: 45x39mm
- Material: Alumínio 3mm
- Parafuso Cabeça francesa 5/16x1", arruela 5/16 e porca 5/16.

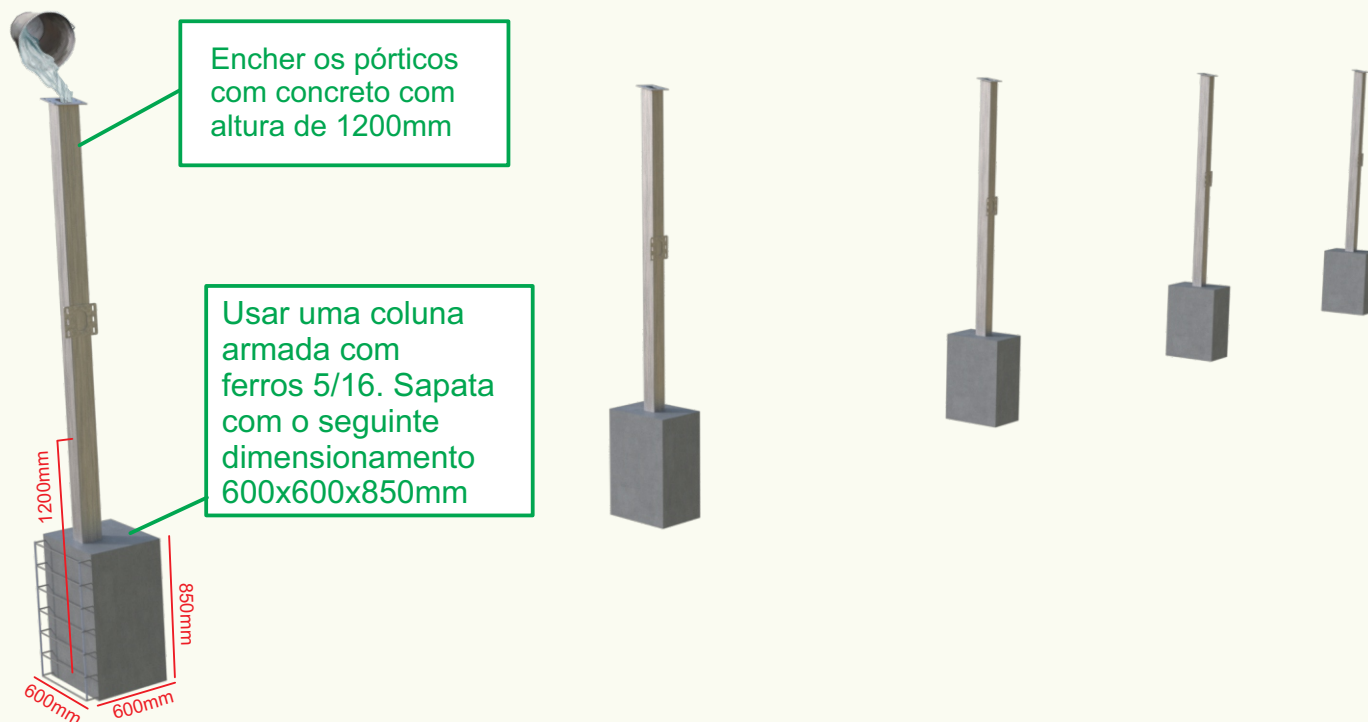
PARAFUSO

- Dimensões: 12x25mm
- Inox

MONTAGEM DA ESTRUTURA

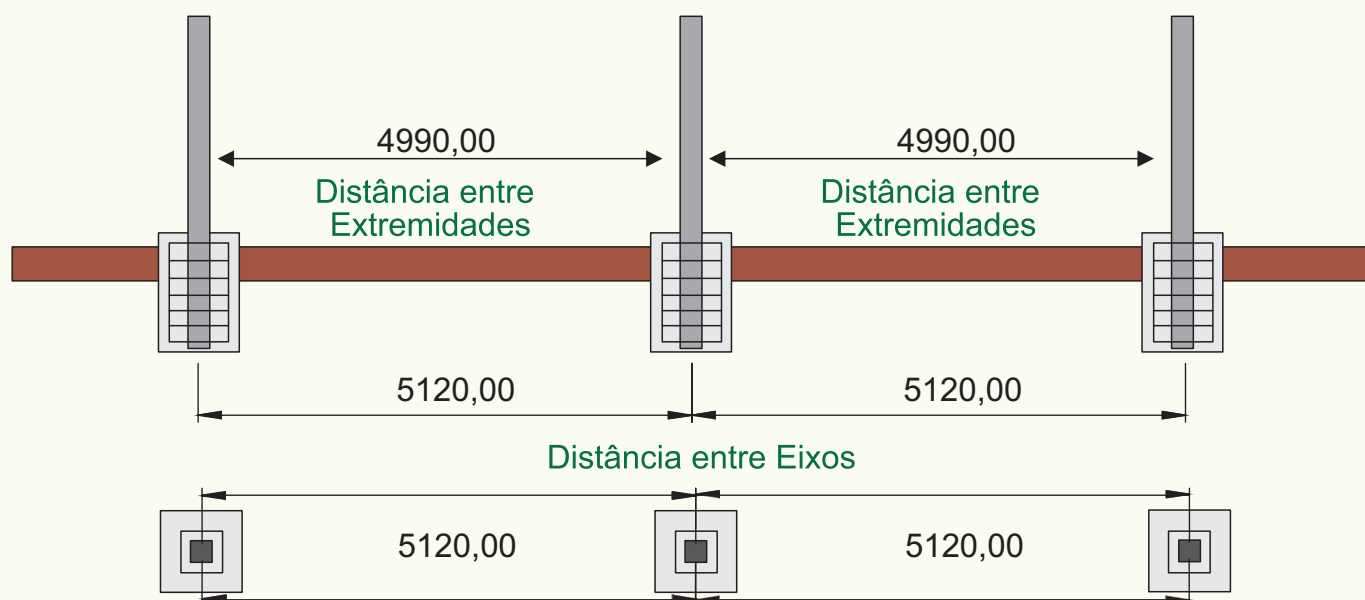
ATENÇÃO

- Fazer a sondagem do solo de acordo com a norma vigente NBR 16840. A escavação depende do tipo de solo encontrado com isso aconselhamos a contratação de um engenheiro civil para os cálculos de fundação.



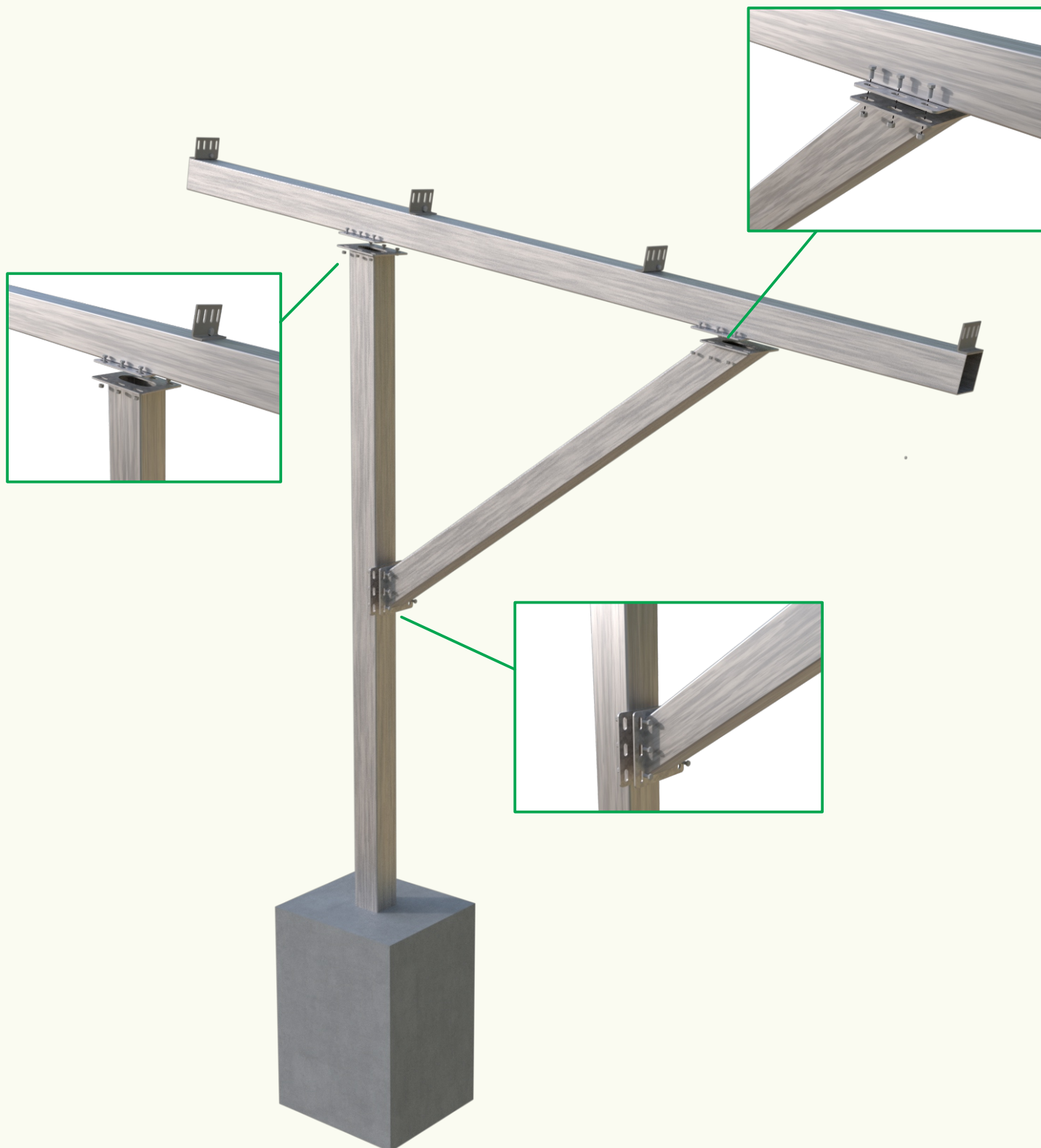
- 1 Instale os pilares e concrete as sapatas, seguindo o projeto de fundação, mantendo o alinhamento e distanciamento de 5120,00mm entre eixos e Aguarde a cura. Aguarde 5 dias no mínimo 5 dias de cura, logo após encher os pórtilcos com concreto até a altura de 1200,00mm.

VISTA FRONTAL

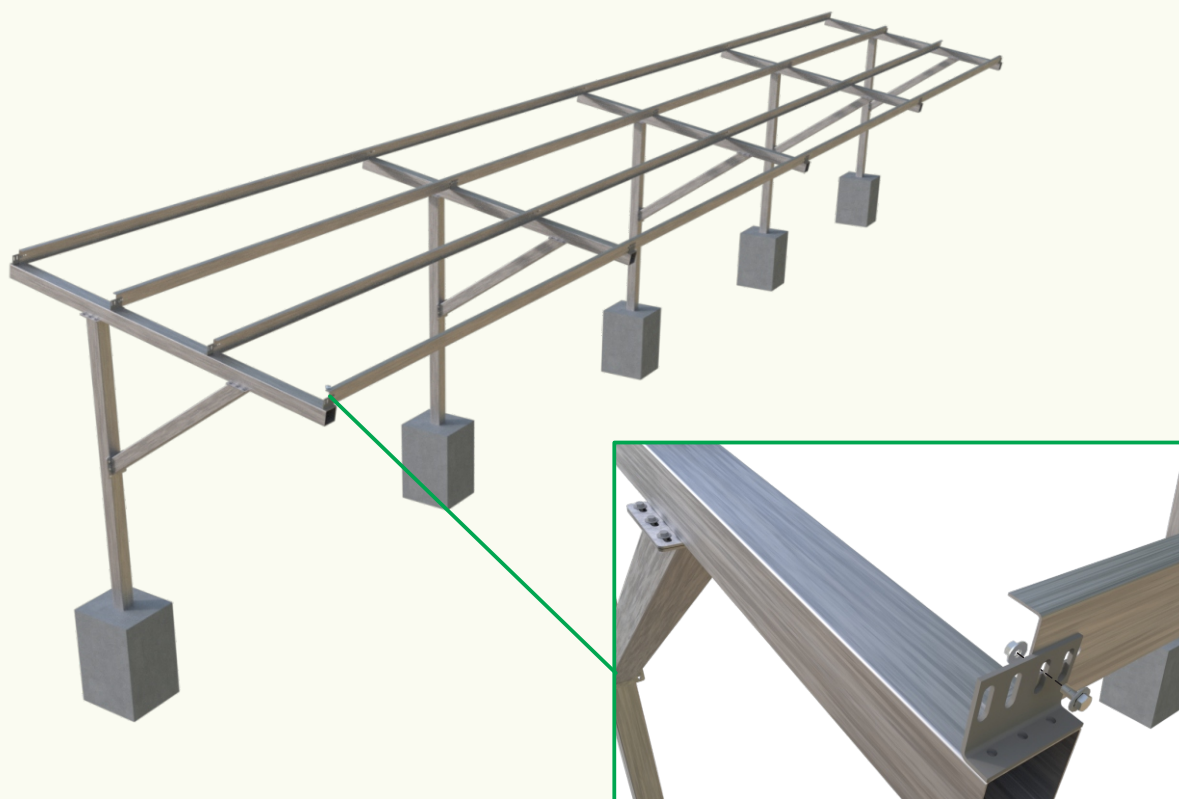


MONTAGEM DA ESTRUTURA

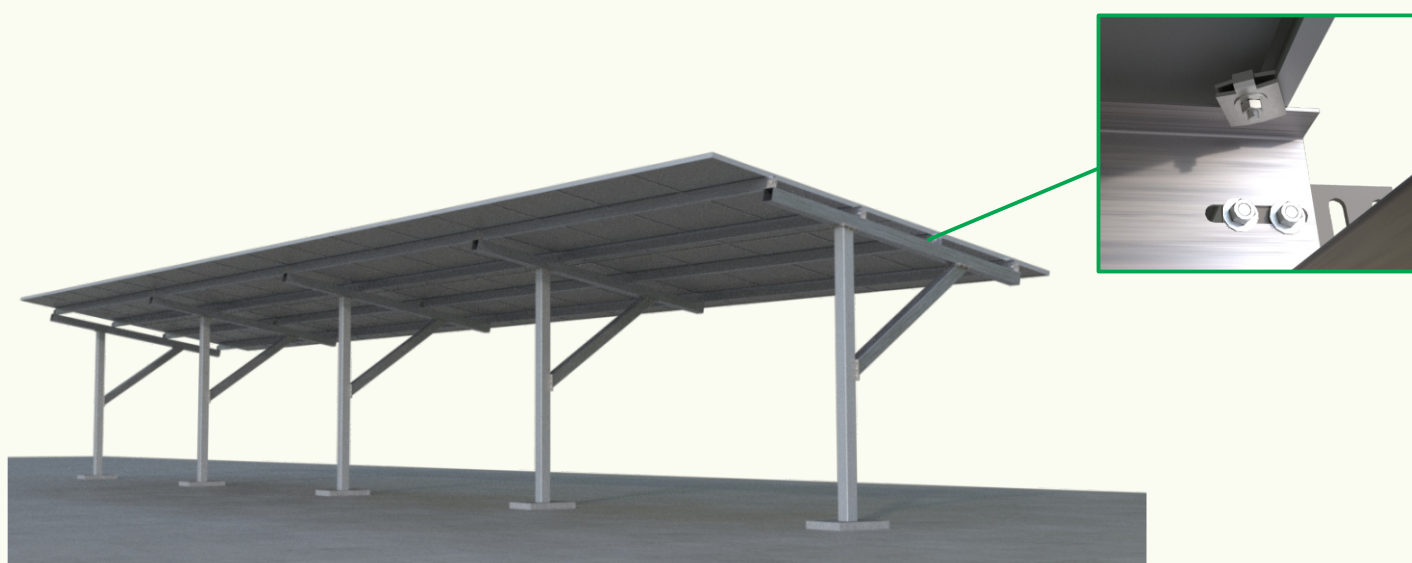
- 2 Unir as peças pórtico, mão francesa e banzo com os parafusos 12x25mm, apertar os parafusos com força de 50Nm.



- 3 Fixar o perfil no banco com auxílio de parafusos 12x25mm.



- 4 Posicione os painéis sobre as terças e fixe-os com o auxílio dos grampos clamps nas quatro extremidades de apoio entre o módulo e as terças. Certifique-se que os suportes clamps foram bem instalados.



ATENÇÃO

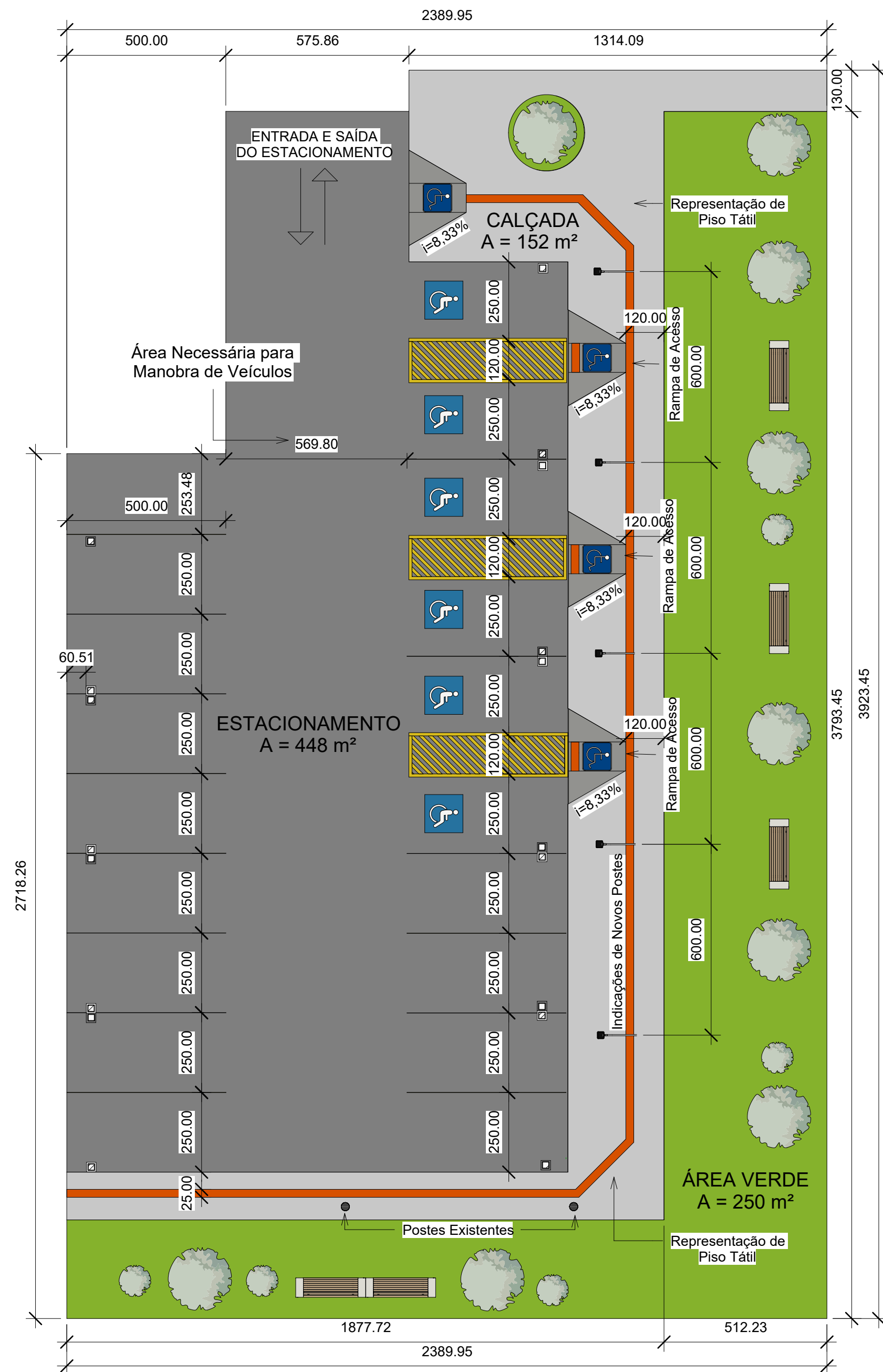
É indispensável a manutenção periódica de no mínimo 6 meses:
Aperto dos parafusos de 18 a 24NM(newton metros), pois com a vibração do vento pode deixá-los soltos.



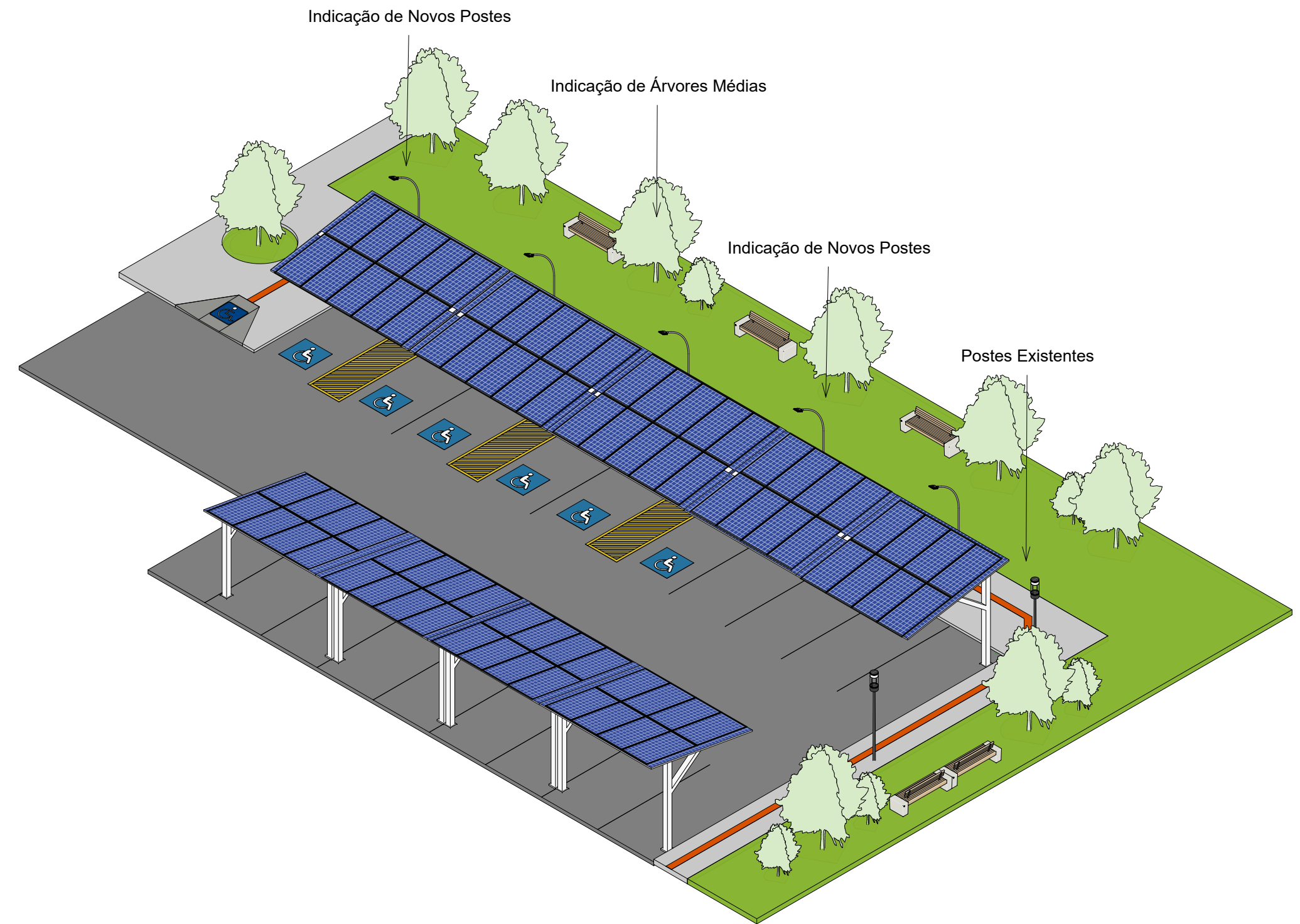
Izi Industrial LTDA
www.iziestruturas.com.br

 @iziestruturas

 17 3283-2018



1
Planta Baixa
1 : 125

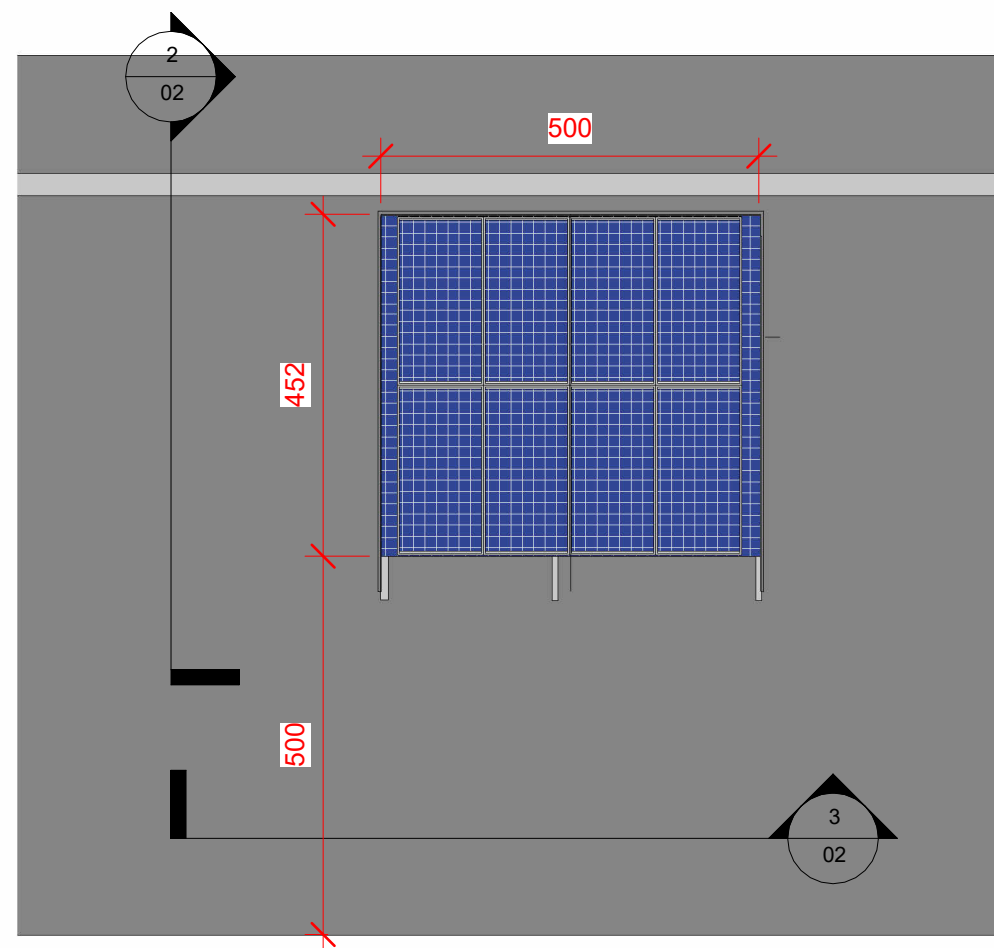


2
Isométrico

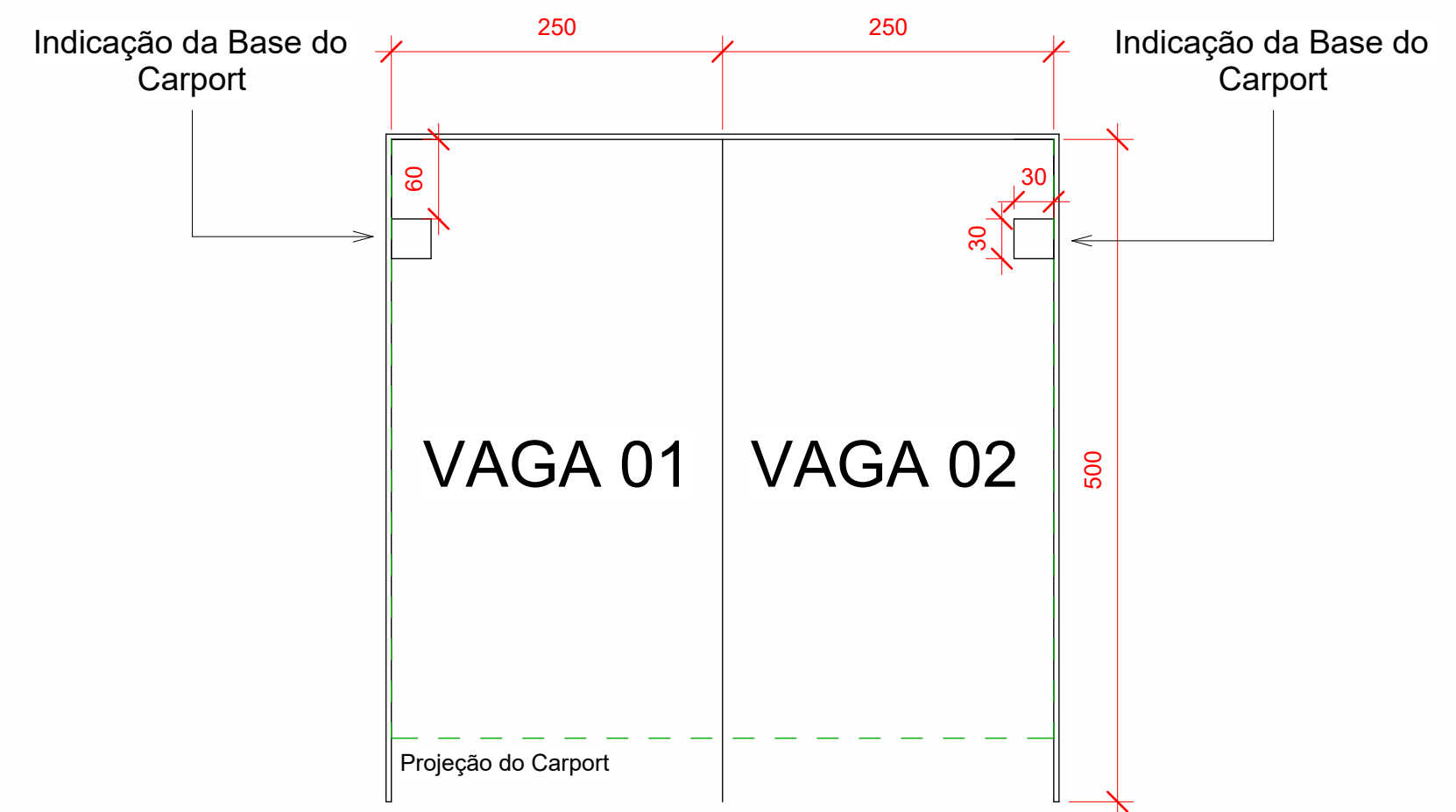
Observações:

- O bolsão escolhido contém 12 vagas comuns e 6 vagas PCD.
- As árvores do projeto são representações de espécies de pequeno e médio porte.
- O estacionamento e a calçada possuem ao todo 600 m², e a área verde possui 250 m², logo, o estacionamento possui um coeficiente de permeabilidade de 41,6% (mínimo para ZM-1= 25%)

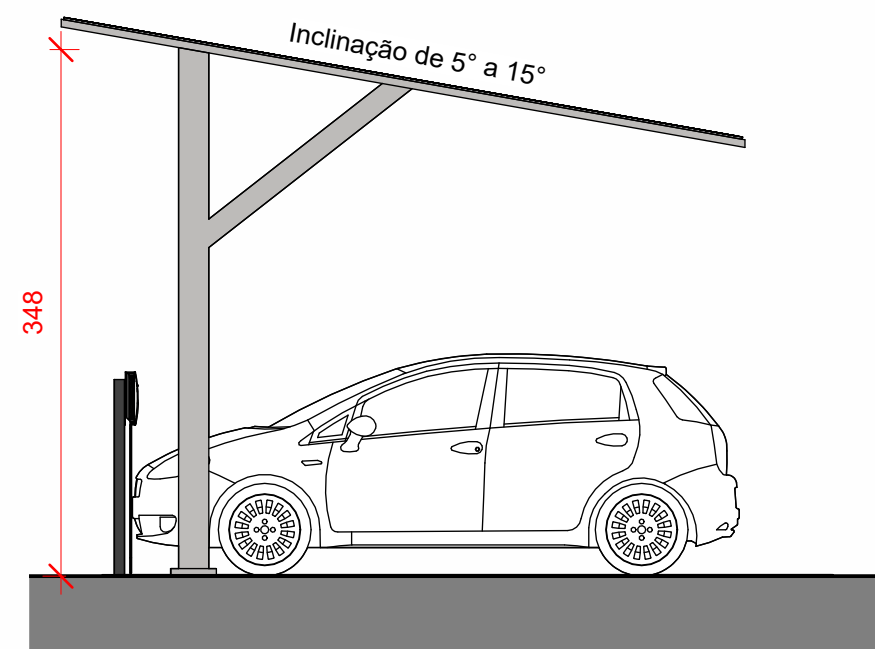
OBRA: Implantação de Carports - Estacionamento Ambulatório	
DISCIPLINA: Trabalho de Conclusão de Curso - TCC	
PROJETISTA: Ana Carolina Barros e Julia Galvão dos Santos	FOLHA: 01/03



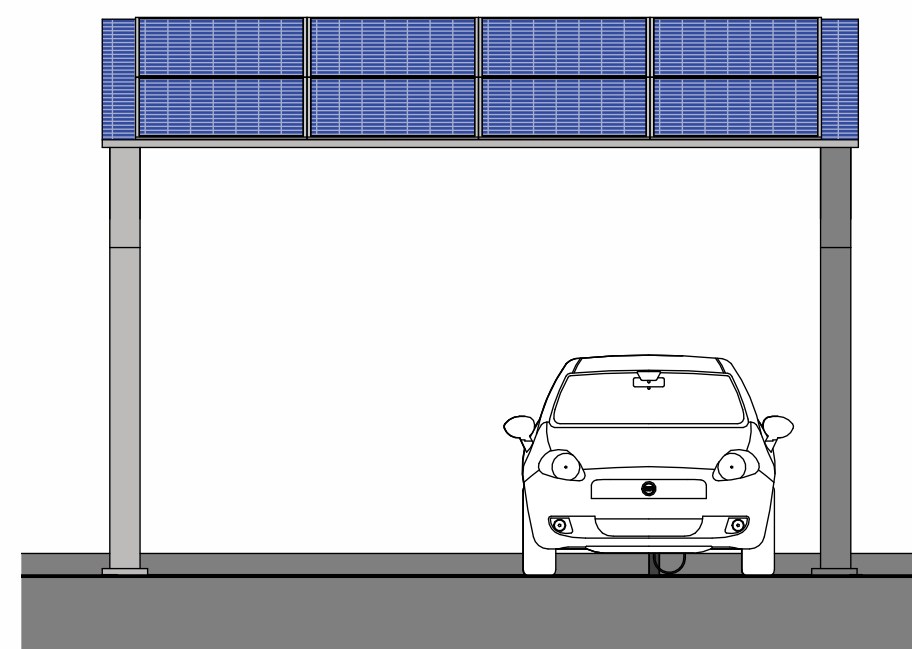
1 Planta Baixa
1 : 100



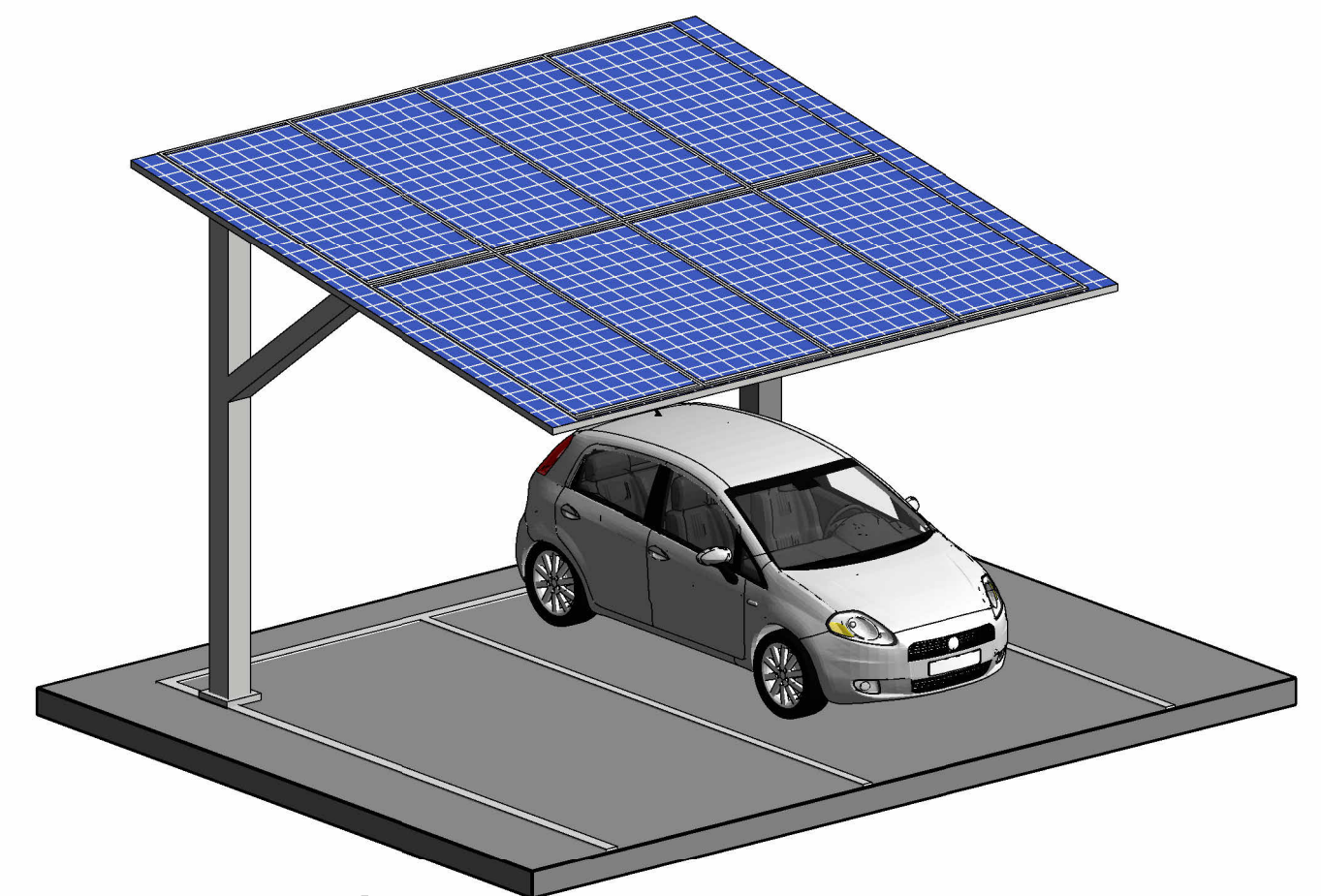
4 Detalhamento Vagas
1 : 50



2 Corte AA
1 : 50

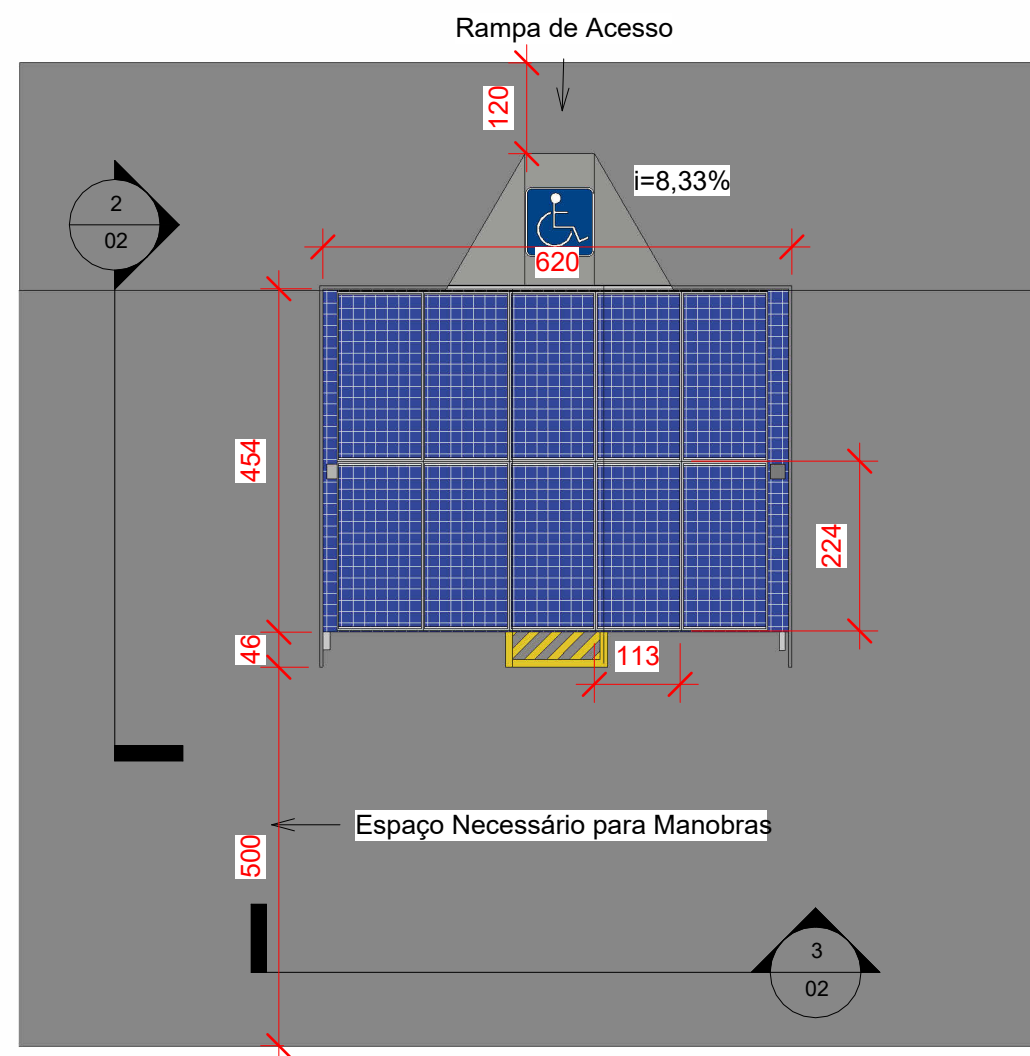


3 Corte BB
1 : 50

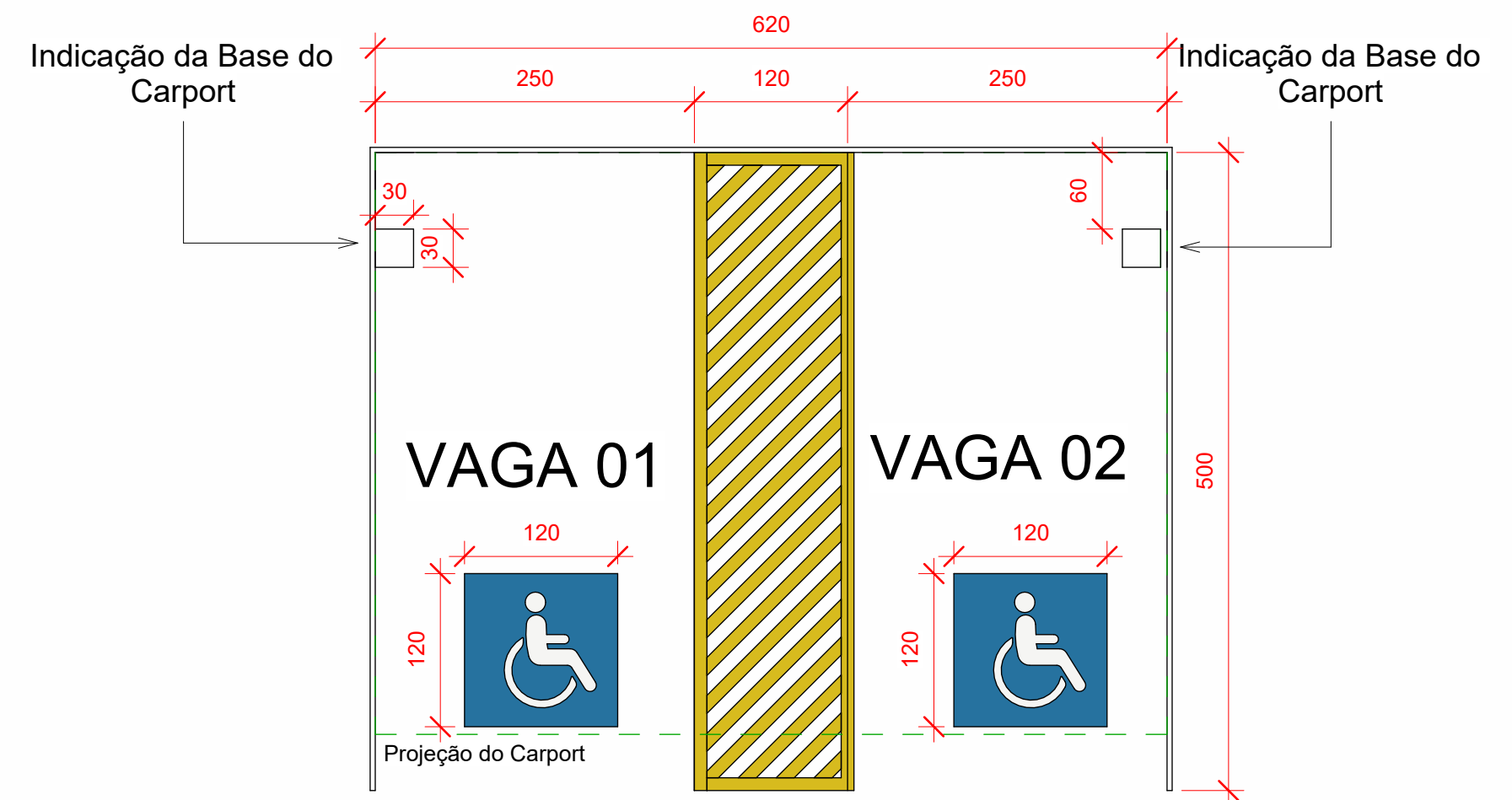


5 Isométrico

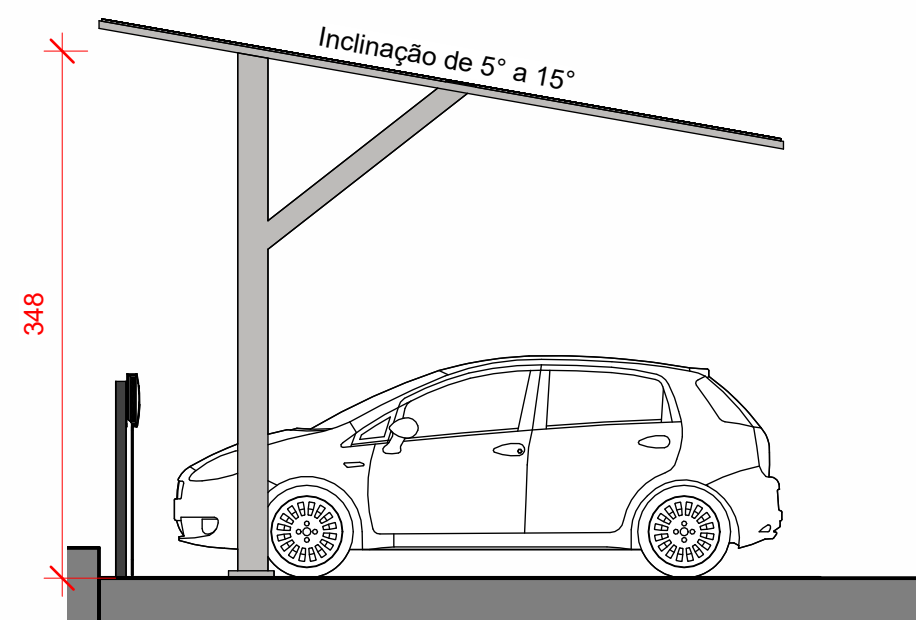
OBRA:	
Carport Replicável - Vagas Comuns	
DISCIPLINA:	
Trabalho de Conclusão de Curso - TCC	
PROJETISTA:	Folha:
Ana Carolina Barros e Julia Galvão dos Santos	02/03



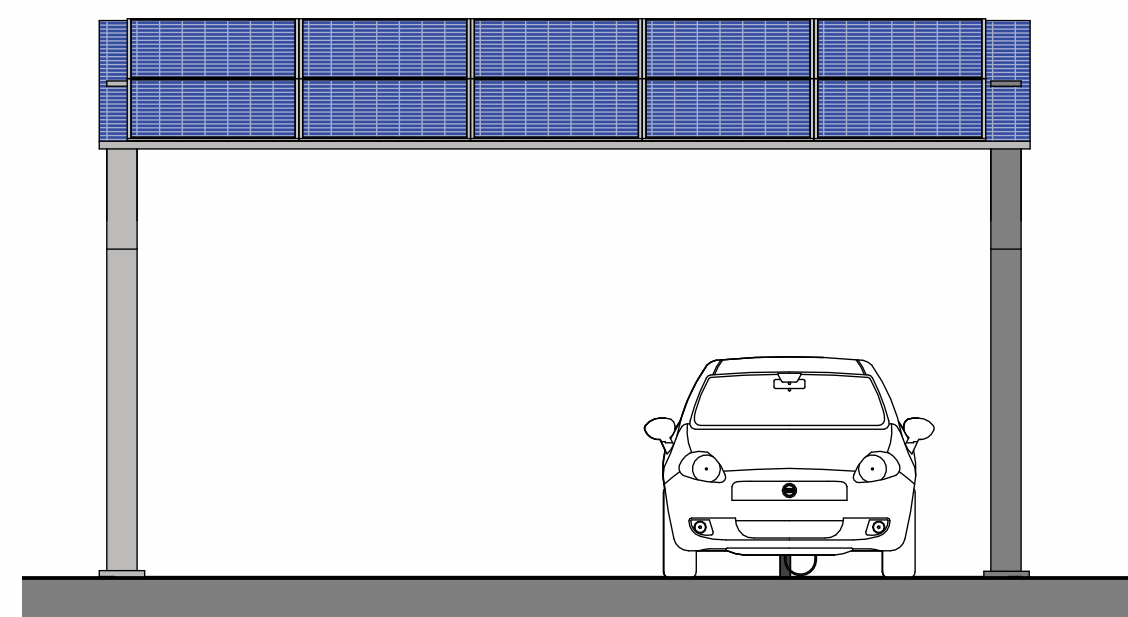
1 Planta Baixa
1 : 100



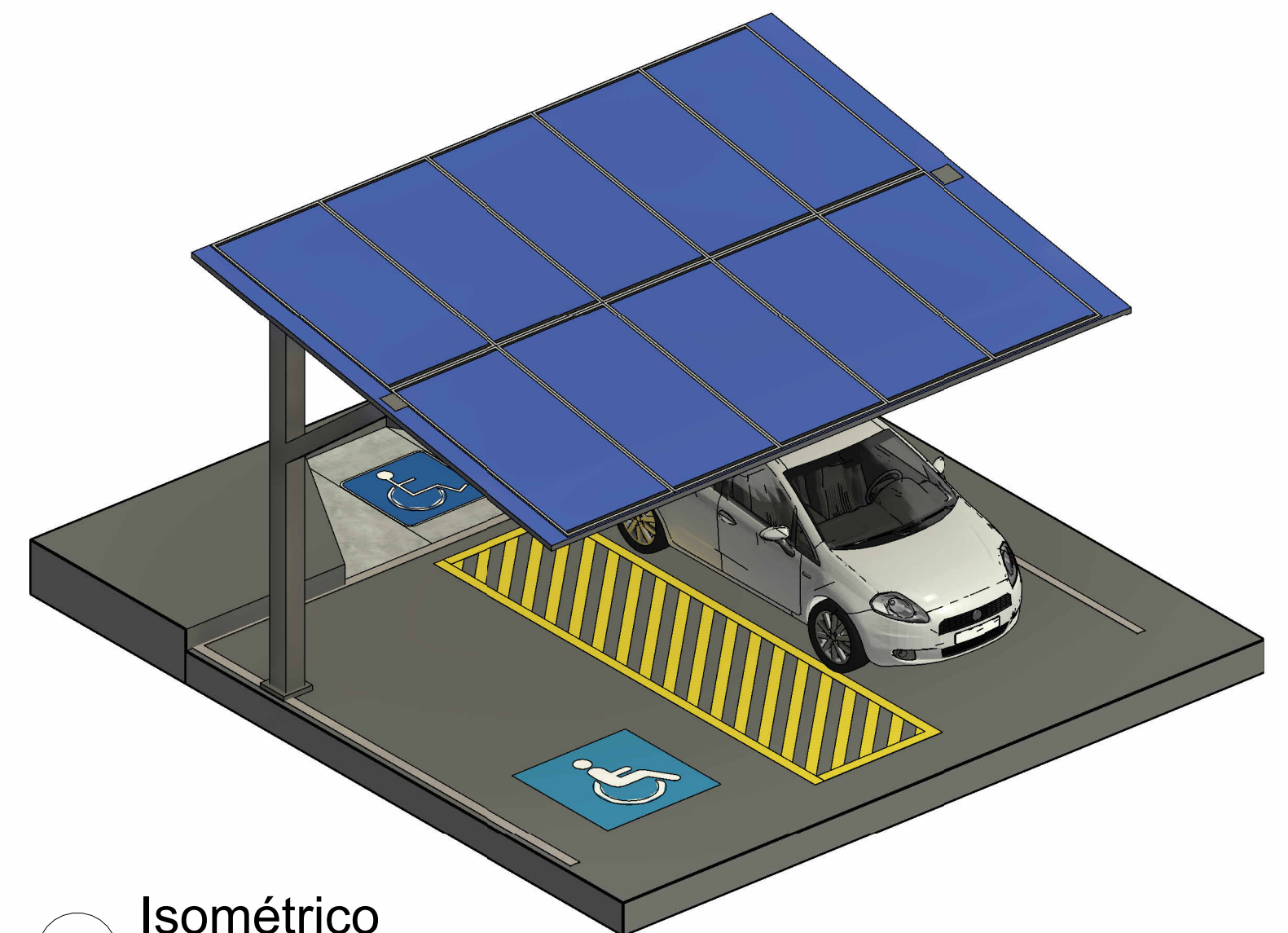
4 Detalhamento Vagas
1 : 50



2 Corte AA
1 : 50



3 Corte BB
1 : 50



5 Isométrico

Este checklist visa assegurar a correta implantação dos carports solares no estacionamento do Hospital Universitário, abordando aspectos de acessibilidade, permeabilidade do solo, eficiência energética e conformidade com as normas técnicas.

1. Verificação da Zona de Implantação

- Confirmar a zona de localização do hospital conforme o Zoneamento de Ponta Grossa.
- Verificar as exigências de permeabilidade do solo para a área de implantação, assegurando que a taxa mínima de acordo com o Zoneamento de Ponta Grossa seja atendida.

2. Permeabilidade do Solo

- Incluir soluções para infiltração da água da chuva, como pavimento permeável e sistemas de drenagem.
- Garantir a presença de áreas verdes integradas ao projeto para auxiliar na permeabilidade.
- Escolher árvores e planejar o paisagismo adequadamente.
- Escolher árvores com raízes profundas para ajudar na infiltração da água.
- Optar por espécies de árvores com copa controlada ou de crescimento lento para evitar sombreamento excessivo nos painéis solares.

3. Dimensionamento e Planejamento de Vagas

- Verificar se as dimensões das vagas comuns são de 5 x 2,5 metros, conforme os padrões.
- Garantir que as vagas PCD tenham dimensões de 5 x 2,50 metros, de acordo com a NBR 9050/2020.
- Incluir faixa de 5 x 1,20 metros para permitir a manobra de veículos adaptados.

- Certificar uma vaga PCD a cada conjunto de 50 vagas comuns.

4. Disposição e Material dos Carports

- Planejar carports para cada conjunto de duas vagas, com 8 painéis solares por bolsão de vagas comuns.
- Adaptar a estrutura dos carports com 10 painéis solares a cada duas vagas PCD.
- Selecionar materiais duráveis e resistentes às condições climáticas da região.

5. Mobilidade e Acessibilidade

- Instalar rampas de acesso de até 8,33% de inclinação nas vagas PCD para garantir acessibilidade.
- Verificar rotas de circulação desobstruídas para cadeirantes e pedestres.
- Assegurar que todas as vagas e áreas de circulação estejam em conformidade com NBR 9050/2020.

6. Circulação e Manobras no Estacionamento

- Garantir áreas de circulação e manobra adequadas para veículos e pedestres.
- Localizar os carports de forma a não comprometer as manobras.

7. Escolha da Estrutura do Carport

- Escolher entre estrutura em balanço ou de quatro apoios com base na funcionalidade.
- Verificar a resistência dos materiais escolhidos considerando o clima e as cargas dos painéis.

8. Eficiência Energética

- Preferir painéis bifaciais para maior eficiência.
- Orientar os painéis para o norte, leste ou oeste, evitando o sul.
- Planejar a replicação dos carports em outras áreas do estacionamento.

9. Sinalização

- Instalar sinalização clara para as vagas comuns e PCD, conforme as exigências da NBR 9050/2020.
- Certificar de que as vagas PCD possuam placas de sinalização adequadas.

10. Verificações de Normas e Conformidade

- Garantir que as vagas e rotas de circulação estejam em conformidade com as normas NBR 9050/2020 e NBR 14022/2009.
- Confirmar que a instalação dos painéis solares atenda às regulamentações técnicas relacionadas à eficiência energética e segurança.

11. Manutenção e Desenvolvimento dos Projetos Complementares

- Realizar manutenção periódica das estruturas e limpeza dos painéis solares a cada 6 meses.
- Desenvolver projeto elétrico para a verificação da quantidade de carports, instalação das ligações elétricas, definição do sistema fotovoltaico (inversores, cabeamento, etc.) e instalação da iluminação (postes).
- Dimensionar a estrutura, considerando se será em balanço ou com quatro apoios, levando em conta as cargas de vento, peso da estrutura e painéis solares.
- Desenvolver projeto de drenagem do estacionamento, com direcionamento da água da chuva das áreas impermeáveis e considerações para evitar acúmulo de água.

12. Execução e Monitoramento

- Monitorar as etapas de instalação para garantir que as estruturas estejam de acordo com o planejamento.
- Confirmar que a inclinação dos painéis solares esteja entre 5° e 15° para maximizar a captação de energia.
- Implementar um sistema de monitoramento contínuo para avaliar o desempenho dos painéis solares.