



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

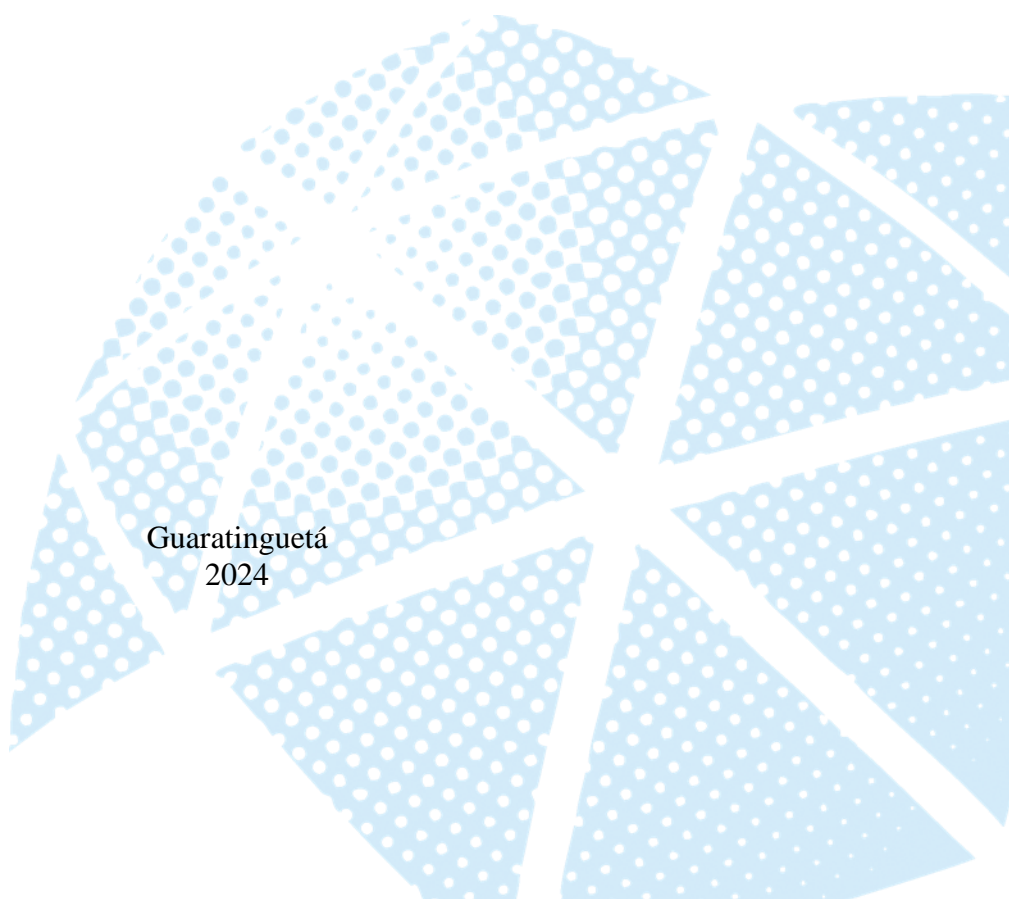
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

Faculdade de Engenharia e Ciências de Guaratinguetá

DANILO ELIAS ISSA

Projeto de um hostel ecoeficiente

Guaratinguetá
2024



DANILO ELIAS ISSA

Projeto de um hostel ecoeficiente

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia e Ciências do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof^a Dr^a Isabel Cristina de Barros Trannin.

Guaratinguetá
2024

186p	<p>Issa, Danilo Elias Projeto de um hostel ecoeficiente / Danilo Elias Issa - Guaratinguetá, 2024. 71 f : il. Bibliografia: f. 70-71</p>
	<p>Trabalho de Graduação em Engenharia Civil – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia e Ciências de Guaratinguetá, 2024.</p>
	<p>Orientadora: Profª. Drª. Isabel Cristina de Barros Trannin</p>
	<p>1. Construção sustentável. 2. Sustentabilidade. 3. Água - Captação. I. Título.</p>
	<p>CDU 69</p>

Luciana Máximo
Bibliotecária/CRB-8 3595

DANILO ELIAS ISSA

Projeto de um Hostel Ecoeficiente

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia e Ciências de Guaratinguetá, Guaratinguetá, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Data da defesa: 21/11/2024

Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 **ISABEL CRISTINA DE BARROS TRANNIN**
Data: 06/12/2024 12:37:17-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Profª Drª Isabel Cristina de Barros Trannin

Orientadora - UNESP-FEG

Documento assinado digitalmente
 **TEOFILO MIGUEL DE SOUZA**
Data: 06/12/2024 15:48:13-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Teófilo Miguel de Souza

UNESP-FEG

Documento assinado digitalmente
 **VICTOR ARRUDA FERRAZ DE CAMPOS**
Data: 06/12/2024 16:30:35-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Victor Arruda Ferraz de Campos

UNESP-FEG

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por me permitir ter saúde e dar forças para superar os obstáculos da vida. Agradeço a minha mãe Sonia Maria Issa, meu pai Dirceu Gelk, minha tia Leila Gelk, padrinho Dirceu Gelk Junior, a todos os familiares Issa e Gelk.

Aos meus professores do Ensino Médio e cursinhos pré-vestibulares, representados por Rivaldo Quaresma, Flávia Flakes, Anderson Belezinha e Tsunediro.

Aos meus professores e instrutores na EsPCEEx – Escola Preparatória de Cadetes do Exército, representados pelos oficiais Réuber Tavares e Gonçalves Dias.

Aos meus professores universitários, representados por Roberto Artur Cornetti Silva (nosso eterno “coió” *in memoriam*), minha orientadora professora Isabel Cristina de Barros Trannin, professores Paulo Valladares Soares, Marcia Regina de Freitas, Mariana Ferreira Benessiuti Motta, João Ubiratan, Aluízio de Faça, entre outros.

Aos funcionários da FEG representados pela família de Regina Célia Ferreira da Silva Souza, Ana Lúcia Ferreira da Silva Rabelo, Sidney Eustáquio Ramos Rabelo, ao famoso “Formiga” e por Cristóvão José Dias da Cunha.

Aos instrutores e colegas de salvamentos, representados pelos Guarda-vidas e Bombeiros Militares Tony, Esteves, Gabriel Hoffman, Rafael Menezes, Paulo Leone, Paulo Gabriel Bartoloto, Álvaro Henrique, Rodrigo De Jesus, Lucas Oliveira, e aos colegas GVTs ombreados na rotina de guarda-vidas e salvamentos.

A todos os colegas de trabalho, supervisores e empregadores de toda minha trajetória profissional, representados por Luciano Porto e Walid Abdouni (Kyowa Tapeçaria), Renan Alves (Comercial Arco Íris e Arco Deccor).

Aos profissionais engenheiros, arquitetos, empreiteiros e profissionais do ramo da construção civil que compartilharam com o desenvolvimento deste Trabalho de Graduação, representados por Marcos Penha ArquiDesign e Denilson Piá.

Aos amigos(as) pessoais, representados por Nicole Ruas, Paulo Henrique, Edna Rodrigues, Omar Jarkas, Eric Ciz, Helen Yoshioka, João Florentino, Jairo Mamede, Bruno Rossi, Dayse Brucieri, João Cecato, Luiz Antonio, J Costa, Julio Giovanini, amigos das repúblicas Adega Abate Inferninho, APAE e ONU, e outros amigos(as) que participaram da minha vida.

Por fim, agradeço especialmente a minha mãe, Sonia Maria Issa e ao meu pai, Dirceu Gelk, a conclusão deste curso, e deixo o incentivo aos meus primos João Guilherme e João Gabriel de que o caminho do bem, dos estudos e do trabalho é satisfatório, honroso e digno.

"O bom humor espalha mais felicidade que todas as riquezas do mundo.

Vem do hábito de olhar para as coisas com esperança e de esperar o melhor e não o pior."

(Alfred Montapert, 1933)

"A vida é uma grande batalha entre a mediocridade e sua melhor versão."

(David Goggins, 2018)

RESUMO

O projeto do hostel ecoeficiente buscou atender as necessidades dos usuários, garantindo uma boa qualidade de vida, além de preservar o meio ambiente, criando assim, uma edificação sustentável e, ao mesmo tempo, ecologicamente eficiente. Neste trabalho de graduação serão apresentadas as características e as tecnologias ecológicas, conhecidas como ecotécnicas, de um projeto de um hostel, que também poderá ser aplicada a uma residência familiar, visando a redução do impacto ambiental, comum em construções tradicionais. Serão apresentadas também algumas observações para promover a adoção de ecotécnicas e avançar a construção sustentável no Brasil. Com base no projeto de hostel ecoeficiente verificou-se que a implementação de sistemas construtivos sustentáveis no Brasil é ainda um processo muito honeroso pela falta de incentivos fiscais, divulgação de conhecimentos técnicos, conscientização dos benefícios ambientais e de saúde pública, e baixa disponibilidade de profissionais e mão de obra qualificada no mercado de trabalho.

PALAVRAS-CHAVE: Construção Sustentável; Ecotécnicas; Sustentabilidade; Captação de Água Pluvial; Energia Fotovoltaica, Telhado Verde.

ABSTRACT

The eco-efficient hostel project sought to meet the needs of its users, ensuring a good quality of life, in addition to preserving the environment, thus creating a sustainable and, at the same time, ecologically efficient building. This undergraduate work will present the characteristics and ecological technologies, known as ecotechniques, of a hostel project, which can also be applied to a family residence, aiming at reducing the environmental impact, common in traditional constructions. Some observations will also be presented to promote the adoption of ecotechniques and advance sustainable construction in Brazil. Based on the eco-efficient hostel project, it was found that the implementation of sustainable construction systems in Brazil is still a very expensive process due to the lack of tax incentives, dissemination of technical knowledge, awareness of environmental and public health benefits, and low availability of professionals and qualified labor in the job market.

KEYWORDS: Sustainable Construction; Ecotechniques; Sustainability; Rainwater Harvesting; Photovoltaic Energy, Green Roof.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama esquemático de um Sistema Fotovoltaico ON-GRID.....	21
Figura 2 - Distribuição das diferentes camadas que constituem um telhado verde.....	23
Figura 3 – Componentes de um sistema de captação simples de água de chuva.	24
Figura 4 - Composteira simples.....	29
Figura 5 – Tipos de tijolos.....	35
Figura 6 – Módulo fotovoltaico, inversor de corrente elétrica e string box.....	36
Figura 7 - Chuveiro elétrico Cardal Tradicional Florenza branco 7800W/ 220V.....	37
Figura 8 – Soquete Sensor De Presença.....	37
Figura 9 – Arejador de Sensor Automático.....	38
Figura 10 – Demonstração de Instalação do Arejador com sensor	38
Figura 11 – Corte de Detalhamento do Telhado Verde	39
Figura 12 – Mapa com a localização de Peruíbe.	40
Figura 13 – Corte da Captação d’água da chuva no Hostel	41
Figura 14 – Disposição das placas voltaicas e telhado verde.....	43
Figura 15 - Imagem 3D externa do Hostel.....	61
Figura 16 - Imagem 3D externa do Hostel.....	61
Figura 17 - Imagem 3D externa do Hostel.....	62
Figura 18 – Planta do Pavimento Térreo.....	63
Figura 19 – Planta do 2º Pavimento.....	63
Figura 20 – Planta do 3º Pavimento.....	64
Figura 21 – Corte B.....	64
Figura 22 – Elevação 01.....	65
Figura 23 – Elevação 02.....	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Fatores multiplicadores conforme tijolo escolhido	57
Tabela 2 – Alguns dos custos contabilizados	60

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
RCD	Resíduos de Construção Civil e Demolição
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
AQUA	Alta Qualidade Ambiental
MCMV	Minha Casa Minha Vida
BIM	Building Information Modeling
LUOS	Lei de Uso e Ocupação do Solo
COV	Compostos Orgânicos Voláteis

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2.OBJETIVOS	13
2.1.OBJETIVO GERAL	13
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
3.1. CENÁRIO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO CIVIL	14
3.2. IMPACTOS AMBIENTAIS DA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	16
3.3. ECOTÉCNICAS APLICADAS À CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL.....	18
3.3.1. Utilização de Energias Renováveis	19
3.3.2. Telhado verde.....	22
3.3.3. Aproveitamento de águas pluviais	23
3.3.4. Gestão dos Resíduos da Construção Civil e demolição (RCD).....	25
3.4. CONSTRUÇÕES ECOEFICIENTES.....	30
4.MATERIAL E MÉTODOS	33
4.1.METODOLOGIA	33
4.2.MATERIAIS.....	34
4.3.ELEMENTOS DE ECOTÉCNICAS INCORPORADOS AO PROJETO	39
4.4.CÁLCULOS	44
4.4.1.Cálculo de instalação das lâmpadas	44
4.4.2.Cálculo da quantidade de concreto para a fundação RADIER.....	54
4.4.3. Cálculo de tijolos ecológicos	56
4.4.3.1. Cálculo da quantidade de tijolo ecológico inteiro:	56
4.4.3.2. Cálculo da quantidade de meio tijolo ecológico:	57
4.4.3.3. Cálculo da quantidade de tijolos canaletas:	57
4.4.4. Cálculo da energia gerada pelos módulos fotovoltaicos e do payback	58
5.RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	60
5.1. PROJETO DE HOSTEL ECOEFICIENTE	60
5.1.1. Projeto arquitetônico	62
5.2 BENEFÍCIOS E NECESSIDADES PARA IMPLEMENTAR ECOTÉCNICAS	65
5.2.1. Benefícios econômicos	65
5.2.2. Benefícios sociais.....	66
5.2.3. Benefícios ambientais.....	66

5.2.4. Resultado da análise sobre as necessidades para implementação de ecotécnicas na construção civil brasileira.....	66
6.CONCLUSÕES.....	68
REFERÊNCIAS	70

1. INTRODUÇÃO

O crescimento da população mundial, a degradação ambiental e as mudanças climáticas, são alguns dos temas que estão em pauta nas discussões globais, exigindo nossa atenção imediata e consciente em relação ao nosso modo de vida e às nossas habitações.

A indústria da construção civil, ao mesmo tempo que é considerada uma das mais importantes para o desenvolvimento econômico, também tem sido apontada como uma das que mais impactam o ambiente (TRANNIN; PANCIERI, 2019, SILVA; CORREIA, 2021).

A degradação ambiental está diretamente ligada às práticas insustentáveis, como o desmatamento e a mudança da paisagem para o desenvolvimento de atividades econômicas, em especial para o processo de urbanização, que exige da indústria da construção civil, o consumo elevado de recursos naturais e energia e a geração de grandes volumes de resíduos que se não forem destinados adequadamente, resultam em poluição ambiental. Estes impactos, em conjunto, causam danos irreparáveis aos ecossistemas, ameaçando a biodiversidade e colocando em risco a qualidade de vida (SILVA; CORREIA, 2021).

Diante deste cenário crítico, a construção civil está passando por um momento crucial, em que a busca por soluções sustentáveis se tornou uma necessidade premente, em que a concepção de residências ecoeficientes e sustentáveis emerge como uma proposta concreta a estas questões, buscando soluções inovadoras para enfrentar os desafios da atualidade (SILVA; CORREIA, 2021; VAGHETT *et al.*, 2023).

Diante deste cenário, este trabalho de graduação propôs a elaboração de um projeto de hostel ecoeficiente, que atenda às necessidades habitacionais e contribua para a preservação ambiental e para a mitigação das mudanças climáticas. A proposta estabeleceu um modelo de residência, incorporando tecnologias e práticas ecoeficientes em todas as dimensões, visando minimizar o consumo de recursos naturais, reduzir a pegada de carbono e promover um estilo de vida mais consciente e saudável para os moradores.

Ao longo do trabalho são apresentados os elementos-chave, que compõem esta proposta de hostel ecoeficiente, destacando as inovações tecnológicas, o uso de fontes de energias renováveis e a incorporação de materiais sustentáveis. Além disso, são analisados os benefícios econômicos, ambientais e sociais que essa abordagem pode proporcionar, bem como o papel que essa residência pode desempenhar na inspiração de comunidades e indivíduos a adotarem estilos de vida mais responsáveis, destacando as necessidades para a implementação em larga escala deste tipo de construção no cenário brasileiro.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

O objetivo principal deste trabalho de graduação foi elaborar um projeto de um hostel ecoeficiente, buscando incorporar ecotécnicas que: 1 - minimizem o impacto ambiental da construção e durante o uso mensal da edificação; 2 - reduzam o consumo de recursos naturais e; 3 - ofereçam um ambiente saudável para os moradores.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Fundamentar este trabalho de conclusão de curso, por meio da pesquisa bibliográfica sobre projetos de obras ecoeficientes, suas características, elementos principais, métodos construtivos, para identificar as necessidades de adaptação às condições locais de Peruíbe, aplicando as normas técnicas da ABNT e regulamentos da construção civil;

- Elaborar um projeto de hostel ecoeficiente por meio de captação de água pluvial, geração de energia fotovoltaica, telhado verde, iluminação e ventilação natural, uso de chuveiros com resistência níquel-cromo, uso de tijolos ecológicos, uso de lâmpadas de LED com sensores, torneiras com arejadores e com sensores, buscando atingir as metas de sustentabilidade desejadas e, ao mesmo tempo, atender as necessidades dos moradores.

- Analisar os benefícios e as necessidades para a implementação em larga escala deste tipo de construção no cenário brasileiro. Incentivando o avanço da construção sustentável no Brasil.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Esta revisão bibliográfica buscou identificar as necessidades de projetos de obras ecoeficientes e sustentáveis, abordando as características e elementos-chave deste tipo de construção; as tecnologias ecológicas, denominadas de ecotécnicas, que podem ser aplicadas para reduzir o impacto ambiental de uma edificação, buscando relatar o estado atual do conhecimento e as tendências na área da construção sustentável.

3.1. CENÁRIO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO CIVIL

A indústria da construção civil brasileira é dinâmica e desempenha um papel fundamental para o crescimento econômico e para o desenvolvimento nacional. No entanto, esse cenário é afetado por uma série de fatores que influenciam sua trajetória, incluindo a economia, a política, a regulamentação e as demandas por habitação e infraestrutura. A seguir são destacados alguns destes aspectos relevantes.

No Brasil, de acordo com a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) o setor de construção civil está intrinsecamente ligado ao crescimento econômico. Assim, nos anos de expansão econômica, o setor tende a prosperar com investimentos em projetos de infraestrutura, habitação e imóveis comerciais, mas em momentos de desaceleração econômica, a construção civil pode enfrentar desafios significativos (CBIC, 2023).

Considerando a evolução de setor, a CBIC prevê que o Produto Interno Bruto (PIB) da Construção para o ano de 2024 seja de 2,3%, índice acima das previsões deste ano, e superior ao ano de 2023, que foi de apenas 1,5%. O baixo PIB apresentado pelo setor em 2023 foi consequência do prolongado cenário de juros elevados, além da demora no anúncio das novas condições do programa habitacional Minha Casa Minha Vida (MCMV), além da redução de lançamentos imobiliários (CBIC, 2024). Assim, a indústria da construção, que cresceu 10% em 2021 e 6,9% em 2022, reduziu para 1,5% em 2023, porque o setor está sofrendo as consequências por manter as taxas de juros elevadas por muito tempo.

De acordo com o levantamento da CBIC (2023), caso a construção mantenha o ritmo de crescimento de 1,5% ao ano, somente em 2035 o setor recuperaria o seu pico de atividades alcançado em 2013. Apesar da redução na expectativa de crescimento, as perspectivas do setor da construção civil para os próximos meses de 2024 são positivas. Fatores como a decisão do Conselho Curador do Fundo de Garantia do Tempo de Serviço (FGTS) que aumentou em quase R\$ 30 bilhões, o orçamento para o financiamento habitacional de 2023;

as novas condições do MCMV; e o novo programa de aceleração do crescimento, anunciado em 2023, refletem nas projeções positivas do mercado.

Por outro lado, a necessidade de habitação acessível e de qualidade para a população é uma preocupação constante no Brasil. Programas governamentais, como o programa "Minha Casa, Minha Vida", têm desempenhado um papel importante na construção de moradias para famílias de baixa renda (CAMARGO, 2020).

O Brasil enfrenta desafios significativos em termos de infraestrutura, incluindo estradas, pontes, portos e aeroportos. O setor de construção civil desempenha um papel fundamental na expansão e manutenção dessas infraestruturas, com muitos projetos sendo realizados em parceria com o setor privado (CELESTINO, 2023).

A regulamentação no setor de construção está passando por mudanças para promover práticas mais sustentáveis e ecoeficientes. Isto inclui requisitos para certificações ambientais e energéticas em edifícios, visando à redução de emissões de carbono e ao uso eficiente de recursos (CBIC, 2023).

Em busca de reduzir o impacto ambiental da indústria da construção, o setor tem apostado na eficiência energética de edifícios e vem incentivando as construções mais sustentáveis como forma de reduzir emissões de gases de efeito estufa. Entendendo a necessidade de adaptação nos projetos das edificações para o avanço da pauta *ESG*, sigla em inglês que representa sustentabilidade ambiental, social e de governança corporativa, a CBIC (2023) firmou parceria com a *Internacional Finance Corporation* (IFC), membro do Banco Mundial e maior instituição global de desenvolvimento voltada para o setor privado de mercados emergentes.

O setor de construção civil brasileiro está adotando gradualmente novas tecnologias, como a construção modular tridimensional e o uso da plataforma *BIM* (modelagem da informação da Construção) para gerenciamento de projetos e obras. A inovação é vista como um meio de reduzir os impactos ambientais e de aumentar a eficiência e a qualidade da construção civil (HORTA, 2021). No entanto, o setor enfrenta desafios significativos, como a burocracia, a corrupção e a volatilidade econômica. Além disso, a infraestrutura muitas vezes não atende plenamente às necessidades da população, o que gera demandas constantes por investimentos em obras públicas.

A indústria da construção civil brasileira está passando por uma mudança em direção à construção sustentável e ecoeficiente. Isso envolve a conscientização sobre o impacto ambiental das obras, a redução do desperdício de materiais e a adoção de práticas mais amigáveis ao meio ambiente (MARQUES *et al.*, 2018).

Com base nesta revisão, verifica-se que o cenário da indústria da construção civil brasileira é caracterizado por oportunidades e desafios complexos. A demanda por habitação e infraestrutura permanece alta, mas a capacidade de o setor crescer e inovar está sujeita a fatores econômicos, regulatórios e políticos. Neste contexto, a busca por práticas sustentáveis e a incorporação de tecnologias ecológicas, conhecidas como ecotécnicas, são tendências importantes que moldarão o futuro da construção civil no país.

3.2. IMPACTOS AMBIENTAIS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

A construção civil causa impactos ambientais significativos, devido às atividades associadas à extração e ao elevado consumo de recursos naturais, produção de materiais de construção, construção de edificações e infraestruturas, além da operação e manutenção dos edifícios. A seguir são abordados alguns dos principais impactos ambientais da construção civil.

A construção civil é intensiva em termos de consumo de recursos naturais, incluindo água, madeira, minerais, areia e energia. A extração desses recursos pode levar à degradação do meio ambiente e à escassez de recursos em determinadas regiões. O projeto de um hostel ecoeficiente pode minimizar estes danos, pois diminui o consumo mensal de água e energia, através da reutilização da água pluvial e do aquecimento solar da cisterna de água e uso da energia fotovoltaica (CARNEIRO, 2021). O método construtivo organizado e bem cronometrado pode aproveitar de forma mais eficiente os recursos, com a reutilização de formas e escoras metálicas (METROFORM, 2023) e com o uso de tijolos ecológicos (SOUZA, 2022).

Além do consumo de grandes volumes de recursos naturais, a indústria da construção civil gera grandes quantidades de resíduos, incluindo concreto, cerâmica, madeira, gesso e outros materiais. A disposição inadequada dos resíduos da construção civil e demolição (RCD) pode poluir o solo e a água.

Os resíduos da construção civil são aqueles provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, bem como os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, como tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc. Esses resíduos são comumente chamados de entulhos de obras.

Uso e ocupação do solo e sua degradação: A construção de edifícios e infraestrutura frequentemente requer a alteração do uso da terra, o que pode resultar na perda de habitats naturais e na degradação do solo. A Lei de Uso e Ocupação do Solo (LUOS) é uma legislação municipal que estabelece as regras para o uso do solo em uma cidade. O objetivo é garantir o desenvolvimento de forma equilibrada e sustentável. Definindo: a quantidade de solo que pode ser utilizada para construção e moradia; permissões restrições em cada ambiente público; orientações para utilização do espaço urbano. Essa lei foi sancionada em Peruíbe em 2008.

Impacto na Biodiversidade: a construção pode afetar a biodiversidade local, levando à destruição de habitats naturais e à ameaça a espécies nativas. Isso é especialmente preocupante quando projetos são realizados em áreas sensíveis do ponto de vista ambiental. A construção civil pode impactar a biodiversidade de várias formas, como: poluição atmosférica; destruição de áreas verdes; consumo de recursos naturais e geração de resíduos. No entanto, possível é adotar práticas mais sustentáveis e positivas, como: preservação da biodiversidade; integrar a conservação de florestas nos projetos de construção civil; compensar emissões de gases de efeito estufa através dos créditos de carbono.

Desperdício de água: O setor de construção também é um grande consumidor de água, seja na mistura de concreto, no resfriamento de equipamentos ou no uso diário em edifícios. O desperdício de água é uma preocupação, especialmente em regiões com recursos hídricos limitados. A captação de água pluvial em residências é uma técnica sustentável e econômica que pode trazer diversos benefícios para o gerenciamento da água. Essa prática envolve a coleta da água da chuva que cai sobre telhados e outras superfícies para uso em atividades domésticas, como irrigação de jardins, lavagem de áreas externas e até mesmo para uso em descargas de vasos sanitários, dependendo do sistema e da filtragem implementada. Os benefícios provenientes da captação de água pluvial são: economia e redução dos custos com conta de água; reduz a demanda sobre os recursos hídricos tradicionais e reduz o impacto ambiental; oferece uma fonte de água alternativa durante períodos de seca ou escassez.

Poluição do ar e sonora: As operações de construção frequentemente geram poluição do ar e sonora, prejudicando a qualidade do ar e afetando o bem-estar das comunidades vizinhas. As poeiras e partículas geradas por demolição, construção e movimentos de terras, os ruídos sonoros causados por operações de escavação, perfuração, transportes de materiais e tráfego de veículos podem ser minimizados com ações de controle de poeira, como aspersão de água ou sprays, o uso de coberturas temporárias, a reciclagem ou reutilização de resíduos,

o controle de ruídos com equipamentos mais silenciosos, e o planejamento de horários de trabalho.

Materiais tóxicos: Alguns materiais de construção contêm substâncias tóxicas, como amianto (proibido no Brasil) e tintas à base de chumbo, que podem representar riscos para a saúde humana e o meio ambiente durante a construção e demolição. Desta forma, o manuseio de substâncias tóxicas deve ser feito por profissionais qualificados e o uso destes materiais pode ser substituído por substâncias menos nocivas a natureza.

Deslocamento de comunidades: Grandes projetos de construção podem resultar no deslocamento de comunidades locais, causando impactos sociais e ambientais significativos. Estes impactos podem ser variados, sendo os mais comuns os deslocamentos de comunidades de áreas de risco, caso este deslocamento seja preventivo é uma boa ação e atitude que mitiga desastres naturais. Os deslocamentos de comunidades para a implementação de projetos de infraestrutura para a cidade, este proporciona normalmente um melhor fluxo nas vias de transportes e a população costuma ser realocada para conjuntos habitacionais planejados e construídos pelo setor público.

Para mitigar estes impactos ambientais, muitas práticas e tecnologias sustentáveis estão sendo adotadas na construção civil. Isso inclui a utilização de materiais de construção sustentáveis, como madeira certificada e concreto de baixo teor de carbono, o uso de energias renováveis, a redução do desperdício de materiais, a implementação de técnicas de construção ecoeficientes e o investimento em certificações ambientais, como a LEED (Liderança em Energia e Design Ambiental). Além disso, regulamentações ambientais mais rigorosas e a conscientização da sociedade têm contribuído para uma abordagem mais responsável na construção civil.

3.3. ECOTÉCNICAS APLICADAS À CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

A adoção de ecotécnicas eficientes pode favorecer a sustentabilidade na construção civil. Contudo, é preciso ter em mente a relação entre o homem e o meio ambiente que o cerca e entre as construções em si e os outros sistemas relacionados, como as redes de abastecimento de água e energia, a rede de esgotos, os sistemas de drenagem pluvial, as bacias hidrográficas, o microclima local, etc. Nesse sentido, é possível observar que a construção sustentável envolve inúmeros fatores intrinsecamente conectados (CORRÊA, 2009).

3.3.1. Utilização de Energias Renováveis

O gás natural, o carvão mineral, a energia nuclear, a hidroeletricidade, a biomassa, o petróleo e as energias renováveis constituem as matrizes energéticas atualmente utilizadas (BP Statistical Review of World Energy, DUDLEY, 2015). Os combustíveis fósseis, ou seja, o carvão, o petróleo e o gás natural correspondem a mais de 80% do consumo mundial, decorrente da explosão de consumo observada no século XX, atrelada ao desenvolvimento tecnológico (GEA, 2012).

Contudo, a utilização de matriz energeticamente dependente de combustíveis fósseis está associada a alguns problemas e limitações, como: a exaustão dos combustíveis: as reservas disponíveis são conhecidas e possuem previsão de esgotamento, sendo 41 anos para o petróleo, 63 para o gás natural e 147 para o carvão, de modo que estarão indisponíveis em uma ou duas gerações; a segurança no acesso aos combustíveis: as reservas se encontram distribuídas de forma desigual entre os países, acarretando conflitos de interesse geopolítico relacionados ao acesso às mesmas; a degradação da saúde e as condições ambientais: a produção de gás carbônico (CO₂) decorrente da queima de combustíveis fósseis está associada à poluição atmosférica, chuva ácida e aquecimento global (GOLDEMBERG, 2007).

A adoção de fontes de energia renováveis constitui uma alternativa sustentável para estas questões, uma vez que a maioria delas é proveniente da radiação solar (energia eólica, solar térmica, eletricidade solar com células fotovoltaicas e energia de biomassa), que não promove poluição ambiental e não possui previsão de esgotamento. Além disso, a radiação solar se encontra equitativamente distribuída ao redor do planeta, garantindo acesso facilitado.

No Brasil, em contraste com a matriz energética mundial, a utilização de fontes de energia renováveis apresenta um papel bastante significativo, o que contribui para o desenvolvimento de um cenário muito favorável para a sustentabilidade. Enquanto as energias renováveis representam apenas 13,8% da matriz energética mundial, no Brasil elas equivalem a 41%, dos quais 12,5% correspondem à energia hidráulica, 8,3% à lenha e carvão vegetal, 16,1% à derivados da cana de açúcar e 4,2% à outras energias renováveis (CNPE, 2015).

Na produção de eletricidade, a situação é ainda mais favorável: as energias renováveis representam 82,1% da matriz energética brasileira, sendo 13,2% provenientes de energia eólica (7%), biomassa (7,3%) e pequenas centrais hidroelétricas (4,2%) (CNPE, 2015).

De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), entre 2013 e 2023 uma redução na participação da energia hidroelétrica seria acompanhada de um aumento na utilização de outras fontes de energia renováveis (eólica, solar, biomassa e PCH) e uma redução na utilização de derivados do petróleo, o que significaria uma evolução no sentido da sustentabilidade.

Desde 1970 a utilização da energia solar ou fotovoltaica vem sendo proposta como fonte de energia ilimitada e limpa (SHAHSAVAR, 2011). O objetivo da utilização das fontes de energia renováveis é reduzir o consumo de combustíveis fósseis e, conseqüentemente, a emissão de dióxido de carbono (CO_2) na atmosfera. Além disso, sua utilização visa evitar problemas associados à utilização de energia atômica, que oferece prejuízo à segurança e ao meio ambiente, e provocar menor impacto ambiental (associado à ocupação de área, com impacto sobre a fauna e a flora local) e social (associado ao deslocamento da população da área de instalação do reservatório) que a instalação de usinas hidroelétricas causa (ROQUE; PIERRI, 2018).

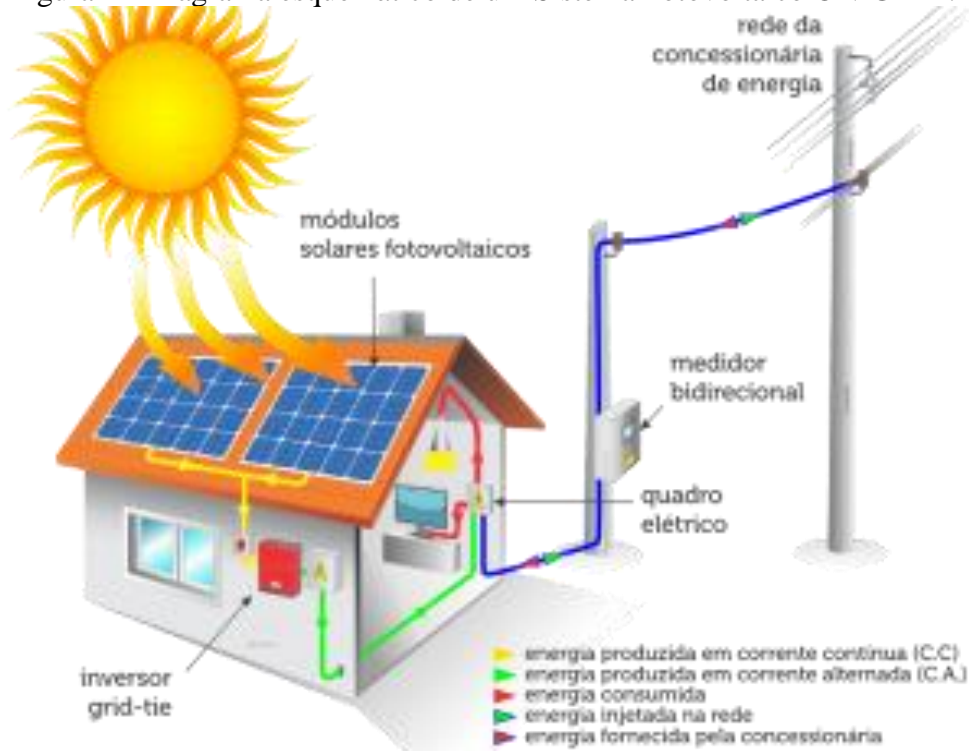
Os sistemas de conversão de energia solar e esquemas de iluminação natural constituem estratégias importantes para produção de energia limpa e representam economia de gastos com eletricidade em edifícios (LI et al., 2009) e indústrias (TORRE et al., 2018). Li et al., 2009 observaram uma economia de 12% no gasto anual de eletricidade em um edifício em Hong Kong, utilizando painéis fotovoltaicos semitransparentes e controles de dimerização. Além disso, a utilização de energia fotovoltaica poderia reduzir a emissão de dióxido de carbono (CO_2), dióxido de enxofre (SO_2) e dióxido de nitrogênio (NO_2) e partículas em comparação à energia proveniente de combustíveis fósseis. Outra vantagem da utilização de energia solar fotovoltaica é a geração de emprego e renda. Em 2017, cerca de 3,4 milhões de pessoas foram empregadas diretamente ou indiretamente pelo setor em todo o mundo (IRENA, 2018).

Os sistemas solares podem apresentar duas especificações, enquanto os sistemas térmicos convertem energia solar em térmica, os sistemas fotovoltaicos realizam a conversão de energia solar em elétrica, normalmente, esses sistemas são utilizados de forma separada (SHAHSAVAR, 2011). Os sistemas fotovoltaicos são robustos, apresentam *design* simples e exigem pouca manutenção. Possuem um vasto conjunto de aplicações, podendo ser utilizados como fonte de energia e bombeamento de água, sistemas domésticos de energia solar, sistemas de comunicação, satélites e veículos espaciais e até mesmo usinas elétricas de escala de megawatts (PARIDA et al., 2011).

O processo fotovoltaico consiste na conversão de fótons provenientes da luz solar em energia elétrica, valendo-se de materiais semicondutores, como o silício, o arsenieto de gálio, o telurieto de cádmio ou o disselenieto de cobre e índio (CHOW, 2011). Contudo, tem-se como desvantagem da utilização desse sistema a sua eficiência, uma vez que fatores como radiação solar, sombreamento e temperatura das placas fotovoltaicas pode afetar negativamente o sistema e resultar em queda da produção de energia (GAGLIA et al., 2017).

Na Figura 1 podem ser observados os componentes de um sistema fotovoltaico residencial.

Figura 1 - Diagrama esquemático de um Sistema Fotovoltaico ON-GRID.



Fonte: SILVA (2024).

O painel solar reage com a luz do sol e produz energia elétrica, os painéis são conectados uns aos outros e então conectados no Inversor Solar. O Inversor converte a energia solar dos painéis (corrente contínua – CC) em energia elétrica (corrente alternada – CA). Esta energia vai para o Quadro de Luz e é distribuída aos aparelhos conectados a rede elétrica e assim reduz a quantidade de energia comprada da distribuidora. A energia elétrica gerada em excesso será enviada para a rede distribuidora, medida por um relógio bidirecional e computada como “créditos de energia” para serem utilizados posteriormente.

Shahsavari et al. (2011) sugeriram a utilização do ar de exaustão de ar-condicionados como fluido de resfriamento de um painel fotovoltaico com 10m² de superfície para elevar a eficiência do mesmo em uma configuração denominada instalação térmica fotovoltaica integrada. Os autores concluíram que a utilização desta configuração promove um aumento de 10% na produção de eletricidade, o que corresponde à 129,2 kWh de energia elétrica extra durante um ano.

3.3.2. Telhado verde

Um telhado verde, também conhecido como telhado vivo ou telhado vegetal, é uma técnica de construção que envolve a instalação de vegetação sobre a superfície de um telhado (MARONEZ, 2017). Essa prática oferece uma série de benefícios ambientais, econômicos e estéticos, e está se tornando cada vez mais popular em projetos de construção sustentável e urbanismo. De acordo com Boni, um telhado verde geralmente é composto por várias camadas, distribuídas conforme ilustra a Figura 2, cada uma com uma função específica:

- Camada de Estrutura (Suporte): Inclui o telhado tradicional e a estrutura do edifício e pode ser de madeira, metal ou concreto.

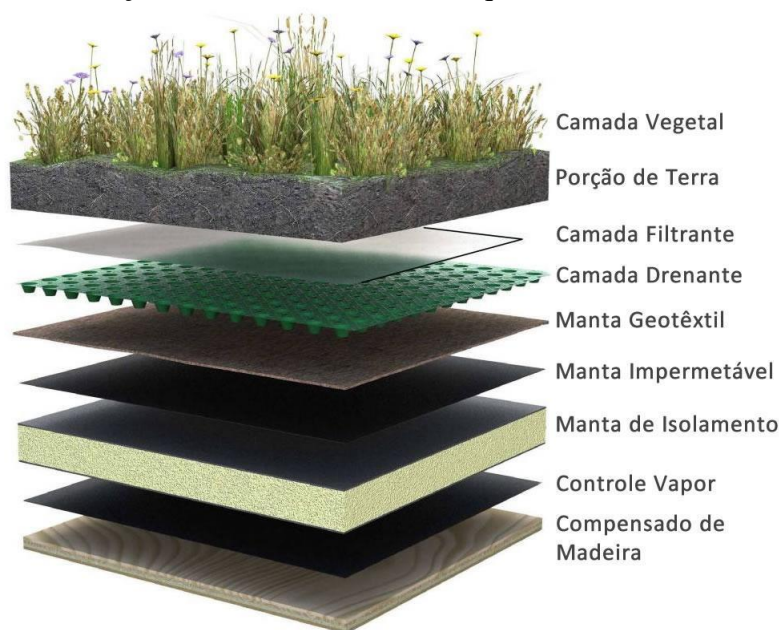
- Camada de Impermeabilização: Um revestimento que impede a entrada de água na estrutura do edifício e protege contra vazamentos.

- Camada de Drenagem: Um sistema de drenagem que evita o acúmulo excessivo de água e garante que a vegetação receba a quantidade adequada de água sem causar sobrecarga na estrutura.

- Camada de Substrato (Solo): Um meio de crescimento que fornece nutrientes e suporte para as plantas. Pode variar em profundidade, dependendo do tipo de vegetação.

- Camada de Vegetação: A camada final que pode incluir uma variedade de plantas, desde gramíneas e plantas de cobertura até arbustos e pequenas árvores, dependendo do projeto e da capacidade do telhado.

Figura 2 - Distribuição das diferentes camadas que constituem um telhado verde.



Fonte: Filipe Boni (2015).

Entre os benefícios ambientais proporcionados pelos telhados verdes, destacam-se a redução da ilha de calor urbana, que contribui para um ambiente mais fresco e agradável; a absorção de águas pluviais, reduzindo o escoamento e risco de enchentes; melhoria da qualidade do ar e fornecimento de oxigênio pelas plantas; aumento da biodiversidade em áreas urbanas, pois podem criar habitats para pássaros, insetos e outras formas de vida; eficiência energética através do isolamento térmico com economias elétricas significativas reduzindo a necessidade de aquecimento e resfriamento do ambiente interno; aumento da vida útil do telhado com a proteção contra danos causados pelo sol, chuva e variações de temperatura; valorização imobiliária por meio de melhor aparência estética e integração com os ocupantes e visitantes por meio de áreas de lazer, recreativas e jardins.

3.3.3. Aproveitamento de águas pluviais

A gestão de recursos hídricos constitui uma demanda importante no planejamento de complexos residenciais, em decorrência da redução do suprimento de água doce (GARCIA-MONTOYA et al., 2016).

O desenvolvimento de modelos de reaproveitamento de águas pluviais é um conceito utilizado há muito tempo em complexos industriais e que vem recebendo maior ênfase em ambientes residenciais, principalmente em conjuntos habitacionais (GARCIA-MONTOYA et al., 2016), uma vez que garante a utilização sustentável dos recursos hídricos, exerce menor

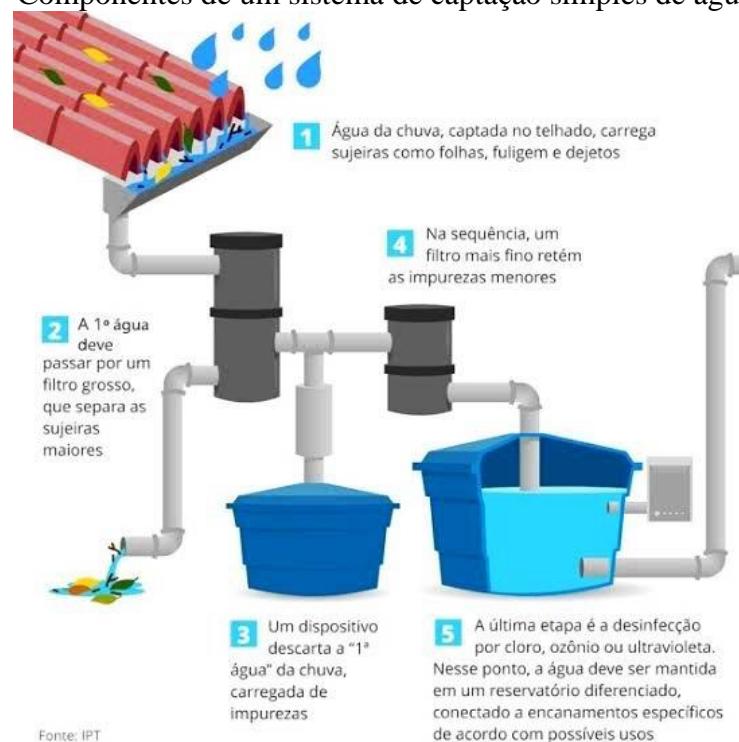
pressão sobre os aquíferos, sobretudo em períodos críticos, e ainda favorece a economia, com possível redução na tarifa de água.

A construção de sistemas de armazenamento de água da chuva não é uma prática recente. Em ilhas gregas, como Creta, esta prática é utilizada para garantir suprimento de água doce desde o início de sua habitação (ANGELAKIS, 2016).

De acordo com Ghisi et al. (2007), a captação de água da chuva da cobertura de edifícios poderia promover uma economia de até 41% de água potável no sudeste do Brasil. Em Barcelona, o reaproveitamento poderia satisfazer aproximadamente 16% da demanda total de água doméstica da cidade (DOMÈNECH; SAURÍ, 2011). Em Paris, a prática poderia cursar com uma economia de até 11% do total de água potável disponível (BELMEZETI et al., 2014). Segundo Domènech e Saurí (2011), a captação de água da chuva da cobertura de edifícios pode atender a mais de 60% da demanda de irrigação da paisagem.

Na Figura 3 são apresentados os componentes de um sistema de captação simples de águas pluviais.

Figura 3 – Componentes de um sistema de captação simples de água de chuva.



Fonte: IPT (2015).

A gestão de águas pluviais e seu melhor aproveitamento em ambientes urbanos pode ser realizada de diversas maneiras. Para solucionar problemas de inundações locais,

impermeabilização do solo, escassez e poluição da água decorrentes do modelo tradicional de desenvolvimento urbano, o governo chinês propôs um novo modelo denominado “Cidade Esponja” (ZHANG et al., 2018). A "cidade esponja" tem como objetivo inserir sustentabilidade no planejamento urbano, com auxílio do gerenciamento da construção. Nesse modelo, a água da chuva é absorvida pela cidade, armazenada, filtrada e purificada. Quando necessário, a água armazenada é liberada para utilização (ZHANG et al., 2018).

Essa abordagem para o gerenciamento das águas pluviais utiliza conceitos de controle multiobjetivo que visam restaurar o ciclo hidrológico natural de águas pluviais (LI; WANG, 2015) e constitui uma das melhores técnicas para adaptação aos eventos de mudanças climáticas e utilização racional dos recursos naturais em ambientes urbanos (MA et al., 2017). Segundo Zhang et al. (2018), a construção das "cidades esponja" deve contemplar as seguintes características:

- *Multiescalas*: a construção é realizada em escala comunitária, escala de drenagem, escala de cidade e escala de bacia hidrográfica para que as chuvas e as inundações urbanas possam ser tratadas em multiescalas e o ciclo hidrológico urbano ser bem regulado.

- *Período de retorno detalhado*: o projeto deve abranger chuvas e inundações com período de retorno distintos (com previsão de eventos de pequeno a grande porte).

- *Versatilidade*: além de prevenir e aliviar o desastre de inundações urbanas, o projeto deve promover ações que minimizem a poluição das chuvas e melhorem o escoamento e o ambiente ecológico da água.

- *Multidisciplinaridade*: o projeto deve ser sistemático e envolver ações para conservação da água, arquitetura, paisagismo etc., contando com profissionais de diversas áreas para planejar, projetar, construir, operar e manter as instalações de engenharia, supervisão e organização dos vários departamentos.

- *Longevidade*: a "cidade esponja" precisa de longo prazo para sua construção, além de gerenciamento contínuo.

3.3.4. Gestão dos Resíduos da Construção Civil e demolição (RCD)

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei Federal nº 12.305/2010, estabelece diretrizes e obrigações dos setores públicos e privados, exigindo transparência no gerenciamento de resíduos. O constante aumento do consumo nas cidades proporciona grande geração de resíduos sólidos urbanos. No cenário internacional, a movimentação transfronteiriça de resíduos perigosos e outros resíduos é normatizada pela Convenção de Basileia e, no Brasil, a autoridade competente para a autorização de

importação e exportação no âmbito desta convenção é o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).

A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 307/2002 visa estabelecer diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, disciplinando as ações necessárias de forma a minimizar os impactos ambientais (BRASIL, 2002). A Resolução CONAMA nº 307/2002 considera como resíduos de construção civil e demolição (RCD), aqueles que sobram das demolições, reformas, construções e reparos de obras, incluindo preparação e escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica, entre outros, comumente denominados de entulhos de obras, e os classifica em:

- Resíduos de Classe A: são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como: *a)* de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infra-estrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem; *b)* de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto; *c)* de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;

- Resíduos de Classe B: são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros;

- Resíduos de Classe C: são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso;

- Resíduos de Classe D: são os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.

O agregado reciclado é o material granular proveniente do beneficiamento de RCD de Classe A, que apresentam características técnicas para a aplicação em obras de edificação, de infra-estrutura, em aterros sanitários ou outras obras de engenharia.

A falta de infraestrutura, decorrente da ausência de políticas públicas voltada para o setor, faz com que o descarte desses resíduos ocorra de forma irregular, muitas vezes em aterros clandestinos, acostamentos e rodovias, levando à contaminação do solo e à degradação de paisagens, além de constituir uma ameaça à saúde pública, favorecendo o

aparecimento de animais peçonhentos, vetores de doenças e espécies patogênicas para os seres humanos, como ratos, moscas, vermes, bactérias, vírus, entre outros. A dimensão desses impactos é determinada pela quantidade e volume dos resíduos, que podem compreender de 50 a 70% do total de resíduos sólidos urbanos gerados no Brasil (ANTENOR, 2020).

A crescente produção de resíduos demanda atenção especial, sobretudo em relação ao tratamento e destinação final deles, uma vez que normalmente os municípios coletam somente os resíduos deixados nos logradouros públicos, enquanto os demais são depositados em locais inadequados. A disposição inadequada constitui uma prática ilegal, com implicações negativas, mas difícil monitoramento, o que denota adoção de medidas de controle e remediação com custos cada vez mais elevados. Para a gestão dos resíduos, é necessário o estabelecimento de diretrizes, critérios e metodologias que permitam ganhos de ordem social, econômica e ambiental. Além disso, se faz necessária a definição de procedimentos para minimizar os impactos ambientais gerados por estes resíduos. A instituição de um programa de gestão e gerenciamento adequado evita a disposição de resíduos em locais inapropriados, como terrenos, encostas e áreas de preservação permanente.

Como forma de preservação de ecossistemas e gestão adequada de resíduos, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabelece diretrizes, critérios, classificação e procedimentos para a gestão e reutilização de resíduos, com o objetivo de minimizar os impactos ambientais ocasionados por estes. Nesse sentido, diversas práticas de reutilização de resíduos estão sendo adotadas em diversos setores, como a própria construção civil, a agricultura e o paisagismo. A Resolução 307/2002 estabelece que os projetos deverão contemplar as seguintes etapas:

I - caracterização: nesta etapa o gerador deverá identificar e quantificar os resíduos; II - triagem: deverá ser realizada, preferencialmente, pelo gerador na origem, ou ser realizada nas áreas de destinação licenciadas para essa finalidade, respeitadas as classes de resíduos; III - acondicionamento: o gerador deve garantir o confinamento dos resíduos após a geração até a etapa de transporte, assegurando em todos os casos em que seja possível, as condições de reutilização e de reciclagem; IV - transporte: deverá ser realizado em conformidade com as etapas anteriores e de acordo com as normas técnicas vigentes para o transporte de resíduos; V - destinação: deverá ser prevista de acordo com a classificação dos resíduos.

Classe A: deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados, ou encaminhados a áreas de aterro de resíduos da construção civil, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura; Classe B: deverão ser reutilizados, reciclados ou

encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura; Classe C e Classe D: deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

Em países desenvolvidos a reciclagem ou a reutilização de resíduos são vistas como mercados promissores e altamente rentáveis, pois permitem a redução de gastos na compra de materiais.

O crescimento populacional, juntamente com sua concentração em centros urbanos, potencializa o consumo e a produção de resíduos, levando à degradação ambiental. Nesse sentido, se fazem necessárias medidas de tratamento, redução, reutilização e reciclagem dos mesmos, bem como sua destinação adequada.

A grande geração de resíduos sólidos, sobretudo matéria orgânica, faz da compostagem uma técnica importante para a reciclagem, redução e o tratamento de resíduos, transformando-os em produtos finais com valor econômico considerável e viável (CORDEIRO, 2010).

A COMPOSTAGEM é definida como um processo aeróbio, mediado por uma população diversificada de microrganismos, através do qual ocorre a transformação de matéria orgânica crua em substâncias húmicas. O produto final deste processo recebe o nome de húmus e apresenta propriedades completamente diferentes do seu material de origem, podendo ser utilizado para fins agrícolas (BIDONE e POVINELLI, 1999).

A temperatura, resultante da atividade metabólica dos microrganismos, constitui um dos fatores de maior influência sobre a eficiência do processo, dada a sua estreita relação com o crescimento microbiano (AZEVEDO M, 2004). A aferição da temperatura da compostagem permite determinar o estágio do processo, presumir os microrganismos atuantes e classificá-lo em 3 fases distintas:

- a fase mesofílica, com temperaturas até 40-45 °C, em que ocorre a degradação de componentes mais simples da matéria orgânica, como açúcares, proteínas, aminoácidos, amido e gorduras;
- a fase termofílica, com temperaturas acima de 45 °C, em que ocorre a degradação de compostos orgânicos mais complexos, como a celulose e a hemicelulose;
- e a fase de maturação, com temperaturas próximas à do ambiente, em que ocorre a degradação de compostos mais resistentes, como a lignina, resultando na produção de um composto maturado e altamente estabilizado (AZEVEDO M., 2004).

Por ser um processo microbiológico, a eficiência da degradação dos resíduos sólidos orgânicos é dependente de um conjunto de fatores, como temperatura, umidade, aeração, pH,

tipos de compostos existentes, granulometria do material, relação carbono/nitrogênio (C/N) e dimensões das leiras, sendo necessário, portanto, o monitoramento destes (BIDONE, 2001). Segundo Tubail e seus colaboradores (2008), o gesso, um resíduo proveniente da construção civil, poderia ser incorporado ao processo de compostagem da matéria orgânica, uma vez que, ao promover retardo na queda dos níveis de nitrogênio, poderia contribuir para o sucesso da técnica. Nesse sentido, além de contribuir para o reaproveitamento de resíduos orgânicos, a compostagem auxiliaria também na destinação de resíduos provenientes da construção civil.

Na Figura 4 é apresentado um croqui de uma composteira simples e suas camadas de recipientes e processos biológicos atuantes. Em seguida é apresentado um passo a passo de como fazer a Composteira Doméstica.

Figura 4 - Composteira simples.



Fonte: Blog Esfera Energia (2024).

A caixa superior da composteira é uma das caixas digestoras e onde fica o lixo orgânico. Ela tem furos no fundo que vão permitir que o excesso de líquido da decomposição dos resíduos escorra para a caixa de baixo e também alguns na tampa. O primeiro passo da montagem é espalhar a terra com as minhocas em todo o fundo da caixa até cobrir toda a base.

Ao colocar os restos orgânicos na composteira não espalhe. O correto é que você coloque os resíduos em um canto e cubra-os completamente com algum tipo de matéria vegetal seca como serragem, grama, palha ou folhas. Isso equilibra os níveis de nitrogênio e

carbono durante a compostagem e evita o aparecimento de moscas e de mau cheiro da decomposição.

A caixa gestora superior vai sendo cheia com mais lixo e os resíduos devem ficar “descansando” por, no mínimo, 30 dias para o ciclo de compostagem acontecer. De 15 em 15 dias, o material pode ser misturado para aerar a terra. Isso contribui para que a decomposição aconteça mais rápido. Caso faça muito calor na sua região, regue a composteira para manter a umidade da caixa, pois a umidade também é um fator fundamental para que as minhocas se mantenham vivas e trabalhando na decomposição dos resíduos orgânicos.

Depois de completar o ciclo de 30 dias, a primeira caixa digestora passa para o meio e a segunda caixa digestora passa para o topo. Dessa forma, ela pode ser abastecida de terra com minhoca e receber mais lixo orgânico para ser decomposto por mais 30 dias. Depois, o ciclo se repete, assim como o revezamento das caixas, e a composteira se mantém ativa e gerando adubo de forma natural e sustentável.

Ao completar o segundo ciclo, a caixa do meio terá uma terra rica em nutrientes, chamada de húmus de minhoca, um adubo natural poderoso que pode ser usado em diversos cultivos e nos cuidados com as plantas e nos jardins de casa. Para retirar o húmus, coloque a caixa no sol, pois as minhocas vão para o fundo para fugir da luz e, assim, é possível raspar a terra sem retirá-las. Na terceira caixa, fica armazenado o chorume orgânico, também chamado de biofertilizante líquido, que pode ser diluído em água e ser usado para regar plantas e o jardim.

3.4. CONSTRUÇÕES ECOEFICIENTES

Construções ecoeficientes são projetadas para minimizar impactos ambientais, promover a eficiência energética e melhorar a qualidade de vida dos ocupantes. A certificação LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) é uma das mais reconhecidas globalmente para edifícios sustentáveis.

Construções ecoeficientes, também conhecidas como construções verdes ou sustentáveis, são aquelas projetadas para reduzir o consumo de recursos naturais e a produção de resíduos e emissões. De acordo com Miller et al. (2016), a ecoeficiência se baseia em três pilares principais: eficiência energética, uso sustentável de materiais e gestão adequada de resíduos e água.

Eficiência Energética: Implementação de tecnologias para reduzir o consumo de energia, como sistemas de aquecimento e resfriamento eficientes, iluminação LED e isolamento térmico de alta performance. Dixon (2017) destaca a importância do design passivo, como o aproveitamento da luz natural e ventilação cruzada, para diminuir a demanda de energia.

Uso Sustentável de Materiais: Seleção de materiais com baixo impacto ambiental, como materiais reciclados e de origem sustentável. Jones (2018) enfatiza o papel dos materiais de construção na redução da pegada ecológica dos edifícios.

Gestão de Água e Resíduos: Sistemas de captação e reutilização de água da chuva, além de estratégias para reduzir e reciclar resíduos de construção. Smith et al. (2019) abordam a importância de práticas de gestão eficiente para minimizar o impacto ambiental durante a construção e operação do edifício.

A certificação LEED é dividida em várias categorias de avaliação, que incluem:

Sustentabilidade do Local: Considera a localização do edifício e seu impacto no meio ambiente, como a redução da poluição e a preservação de ecossistemas locais. Miller (2017) explora a importância da escolha do local para minimizar os impactos ambientais.

Eficiência Hídrica: Avalia a gestão e o uso eficiente da água, incluindo sistemas de conservação e reutilização. Lee (2016) detalha práticas e tecnologias para reduzir o consumo de água em edifícios.

Eficiência Energética: Foca na redução do consumo de energia e na utilização de fontes de energia renovável. Liu et al. (2018) analisam técnicas para melhorar a eficiência energética e integrar fontes renováveis.

Materiais e Recursos: Examina o uso de materiais sustentáveis e a gestão de resíduos durante a construção. Williams (2019) discute a importância da seleção de materiais e práticas de construção para reduzir o impacto ambiental.

Qualidade Ambiental Interna: Avalia a qualidade do ambiente interno, como ventilação, iluminação e controle de poluentes. Taylor (2020) investiga como a qualidade do ambiente interno afeta a saúde e o bem-estar dos ocupantes.

Inovação e Prioridades Regionais: Reconhece inovações em práticas sustentáveis e adaptações regionais específicas. White (2021) explora como a inovação pode contribuir para a sustentabilidade e a adaptação às necessidades locais.

O processo de certificação LEED envolve várias etapas:

Registro: O projeto deve ser registrado no USGBC para começar o processo de certificação.

Submissão: Documentação detalhada sobre as práticas e características sustentáveis do edifício deve ser submetida.

Revisão: A submissão é revisada por uma equipe de avaliadores do USGBC.

Certificação: Com base na revisão, o edifício recebe uma classificação LEED (Certified, Silver, Gold ou Platinum).

A implementação de práticas ecoeficientes e a obtenção de certificações LEED podem exigir investimentos significativos. Os custos iniciais podem ser compensados por economias operacionais e benefícios de longo prazo. O processo de certificação pode ser complexo e exigir coordenação entre vários profissionais, como arquitetos, engenheiros e consultores.

Construções ecoeficientes e a certificação LEED desempenham um papel crucial na promoção da sustentabilidade e na redução do impacto ambiental da construção civil. A adoção de práticas ecoeficientes e a obtenção de certificações como a LEED são desafios que podem trazer benefícios significativos a longo prazo.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1.METODOLOGIA

A metodologia utilizada na elaboração do projeto de hostel ecoeficiente, buscou garantir que a construção e a operação da residência estejam alinhadas aos princípios de sustentabilidade, eficiência e responsabilidade ambiental. Para que este projeto seja bem-sucedido, deverá contar com a colaboração de profissionais especializados e o uso de métricas de desempenho sustentável, que são essenciais para analisar os resultados alcançados.

Inicialmente foram definidos os objetivos e necessidades para elaborar um projeto de residência ecoeficiente, sendo considerado quatro residentes (pai, mãe e dois filhos), suas atividades diárias e necessidades especiais. Em seguida, foram estabelecidas metas claras, como a redução de consumo de energia, o uso de materiais sustentáveis e a integração de tecnologias verdes.

A seleção da localização adequada, buscou aproveitar a topografia do terreno, a orientação solar e a ventilação natural. Também foram considerados, a proximidade de serviços, transporte público e infraestrutura, de forma a promover a mobilidade sustentável. Na concepção e elaboração do projeto arquitetônico, buscou-se maximizar a eficiência energética, aproveitando a luz natural; e minimizar a exposição ao sol forte, otimizando o layout da residência, sendo integradas técnicas de *design* passivo, como isolamento térmico, ventilação cruzada e uso de materiais de alta inércia térmica.

Para atingir o objetivo de eficiência Energética foram selecionados sistemas de iluminação LED, aparelhos eletrodomésticos eficientes e sistemas de isolamento de alta qualidade, projetando a climatização com eficiência, considerando o uso de fontes de aquecimento e resfriamento passivos, sempre que possível. Também foi avaliada a viabilidade da instalação de energias renováveis disponíveis, como painéis solares, turbinas eólicas ou outras fontes de para atender às necessidades energéticas da residência, sendo projetado um sistema de armazenamento de energia para garantir a disponibilidade constante.

Na gestão da água foi implementado um sistema de coleta de água da chuva, com dispositivos economizadores e tecnologias de reutilização da água, selecionando aparelhos e torneiras eficientes em termos de consumo de água.

Materiais de construção civil de baixo impacto ambiental foram selecionados, como madeira certificada, produtos reciclados e tintas de baixo teor de compostos orgânicos

voláteis (COVs), adotando medidas para minimizar o desperdício de materiais durante a construção e para promover a reciclagem dos resíduos gerados.

Quanto à aplicação de tecnologia inteligente, foram integrados sistemas de automação residencial, que permitam o monitoramento e controle eficiente dos sistemas, como iluminação, temperatura e segurança. Em complemento foram utilizados sensores e dispositivos de eficiência energética para otimizar o consumo.

O projeto deve ser avaliado, usando métricas de desempenho sustentável, como as certificações LEED (Liderança em Energia e Design Ambiental) ou outras relevantes, realizando testes e simulações para garantir que as metas de eficiência e sustentabilidade sejam alcançadas.

Para que o projeto seja bem executado, devem ser selecionados empreiteiros e profissionais com experiência em projetos sustentáveis. Além disso, deve prever o monitoramento da construção para garantir a adesão aos padrões de sustentabilidade estabelecidos.

O sucesso do projeto depende também da educação e do engajamento dos moradores, sendo necessário orientar os moradores sobre o funcionamento e a necessidade de manutenção dos sistemas ecoeficientes da residência, para promover um estilo de vida sustentável entre os ocupantes.

A avaliação pós-ocupação deverá ser realizada para verificar se as metas de sustentabilidade estão sendo alcançadas e principalmente para identificar oportunidades de melhoria, implementando ajustes e atualizações de acordo com as necessidades apresentadas.

4.2.MATERIAIS

A primeira etapa abrangeu o estudo do modo construtivo de casas sustentáveis, através de artigos e livros pertinentes ao assunto, idealização do levantamento e estruturação de projetos mais sustentáveis.

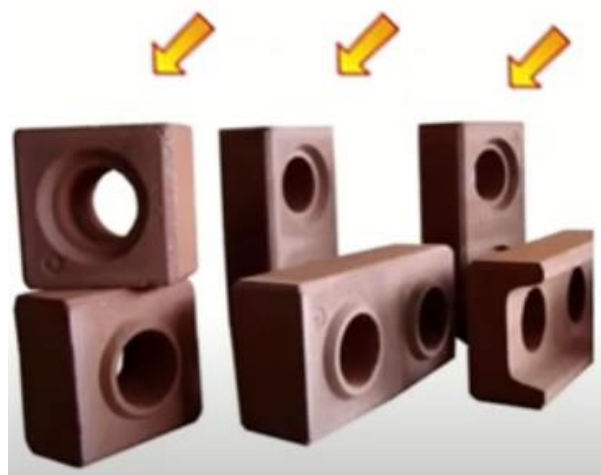
A segunda etapa do projeto, foi compreendida pela criação da planta arquitetônica da casa sustentável. Nesta fase contemplou-se também a aquisição de informações relativas a custo para se construir essa obra.

A terceira etapa se baseou na obtenção de informações mão de obra e projeto arquitetônico.

Os materiais escolhidos para serem utilizados no projeto são:

- **Tijolos ecológicos:** o tijolo ecológico também é conhecido como tijolo solo-cimento, composto por solo, cimento, água, e sua mistura é compactada por uma prensa de até 6 toneladas, evitando a emissão de resíduos de queima dos tijolos no ar como ocorre nas olarias tradicionais. A proporção de cimento para solo no tijolo ecológico é de 1:9. Dentre as razões para o uso de tijolos ecológicos, temos: 1^a) Os furos nos tijolos funcionam como câmeras termoacústicas, ajudam a controlar a temperatura no interior da construção, de dia o ambiente fica fresco e de noite fica aquecido, além de proteger contra a poluição sonora externa. 2^a) Economia de argamassa no assentamento e reboco das paredes, por conta de suas medidas precisas e sistema de encaixe. 3^a) Os furos dos tijolos servem como condutores para as redes hidráulicas e elétricas, evitando a quebra de paredes para instalação desses sistemas. 4^a) Eficiência estrutural dos tijolos é bastante significativa e os furos permitem o embutimento rápido e fácil dos pilares de sustentação. Essa facilidade economiza mão de obra, dispensa o uso de madeiras para as formas e permite a distribuição dos pilares ao longo da construção, aumentando os pontos de sustentação em comparação com um sistema convencional. Na Figura 5 temos os tipos de tijolos ecológicos (meio-tijolo, tijolo reto e tijolo canaleta) e algumas de suas possíveis dimensões são 30,0x15,0x7,50 cm; 25,0x12,50x7,0 cm; 25,0x12,50x6,25 cm e 25,0x12,50x5,0 cm.

Figura 5 – Tipos de tijolos.



Fonte: ITANACIONAL (2020).

- **Módulos fotovoltaicos:** são caracterizados por sua alta confiabilidade e baixo custo de manutenção segundo Silveira et al. No que se refere à geração distribuída, a resolução normativa n.º 687/2015 da Agência Nacional de Energia Elétrica -ANEEL (2017) regulamenta a utilização de energias renováveis para a geração de eletricidade no Brasil em

pontos consumidores como casas, edifícios e propriedades rurais. Quando há excesso de energia, o consumidor ganha créditos, em kWh, que podem ser utilizados dentro de um período de 60 meses. Sendo assim o módulo fotovoltaico permitirá a economia na conta de luz mensal do hostel. A Figura 6 ilustra um módulo fotovoltaico, inversor de corrente elétrica e string box.

Figura 6 – Módulo fotovoltaico, inversor de corrente elétrica e string box.



Fonte: Análises Técnicas e Econômicas de uma Usina Fotovoltaica em uma Estrutura de Garagem. DE CAMPOS (2019).

- **Chuveiros com resistência de níquel-cromo:** “Chuveiro elétrico de parede Cardal Tradicional Florenza branco 7800W/220V” no preço de R\$ 395,00 cada unidade. Sendo utilizadas 5 unidades, totalizando R\$ 1.975,00. Dentre as razões para a escolha da Ducha Floreza Cardal, temos: 1^a) 4 opções de temperaturas. A solução para economizar energia e água no banho. Com as opções: Frio; Morno; Quente; Super Quente é possível atingir a temperatura ideal de banho e ainda diminuir o consumo de energia elétrica e água. 2^a) Compatível no uso com sistemas de aquecimento solar. Proporciona economia de água e energia em dias nublados, possibilitando o desligamento permanente do sistema auxiliar elétrico do aquecedor central. 3^a) Resistência com tratamento térmico. Maior durabilidade O tratamento térmico proporciona à resistência maior defesa à corrosão provocada pelas substâncias químicas contidas na água. Na figura 7, apresenta-se o modelo do chuveiro escolhido.

Figura 7 - Chuveiro elétrico Cardal Tradicional Florenza branco 7800W/ 220V



Fonte: https://www.cardal.com.br/du_florenza.html (2024).

- **Iluminação com lâmpadas LED e soquetes de Sensor de Presença 360°:** Foram utilizadas Lâmpadas LED e Soquete Sensor De Presença Luz Iluminação E27 Movimento 360°, fabricado pela empresa DAHORA, cujo custo individual é de R\$ 19,90. A figura 8 ilustra o soquete utilizados. Total de R\$ 1.154,20 pra 58 sensores.

Figura 8 – Soquete Sensor De Presença



Fonte: <https://www.amazon.com.br/Soquete-Sensor-Prezen> (2024).

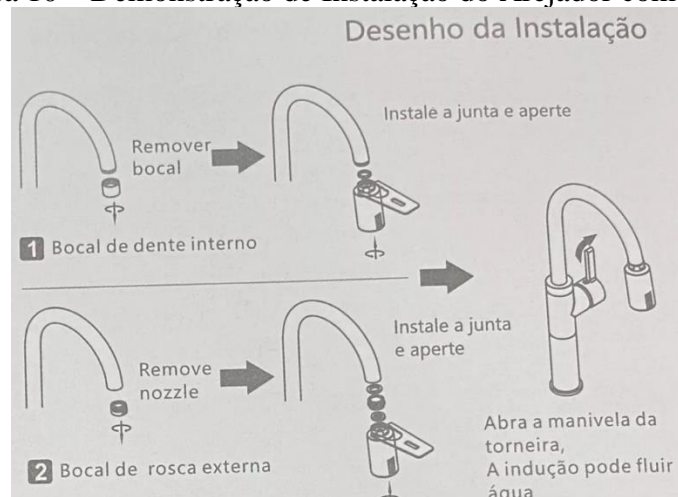
- **Arejador Sensor Automático:** O arejador de torneira sensorizado recarregável USB. Com ele você abre ou fecha o fluxo de água com apenas um toque. O sensor é capaz de identificar um movimento próximo e com isso abre ou fecha o fluxo de água, assim você não precisa mais abrir manualmente a torneira o tempo todo. O custo aproximado é de R\$ 127,40 para cada peça. Ilustrado a seguir na Figura 9 e na Figura 10 a demonstração da instalação. Total de R\$ 1.528,80 para 12 arejadores.

Figura 9 – Arejador de Sensor Automático



Fonte: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-3141821778-arejador-sensor-automatico-para-torneira-cozinha-e-banheiro>. (2024).

Figura 10 – Demonstração de Instalação do Arejador com sensor



Fonte: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-3141821778-arejador-sensor-automatico-para-torneira-cozinha-e-banheiro>. (2024).

- **Telhado verde:** as áreas social e íntima recebem uma camada vegetal sobre a laje impermeabilizada com manta asfáltica. Dentre as vantagens da cobertura verde, estão a facilidade de drenagem, isolamento térmico, visto que podem reduzir até 3°C do ambiente interno, principalmente no verão, e diferencial estético da edificação. Ela poderá até comportar uma horta para consumo próprio. Além disto, o telhado verde proporciona o resfriamento mais eficaz dos módulos fotovoltaicos, o que potencializa o funcionamento destes, aumenta a produção de energia e diminui o tempo de payback. Na Figura 11, há o Corte de Detalhamento do Telhado Verde.

Figura 11 – Corte de Detalhamento do Telhado Verde



Fonte: Autor (2024).

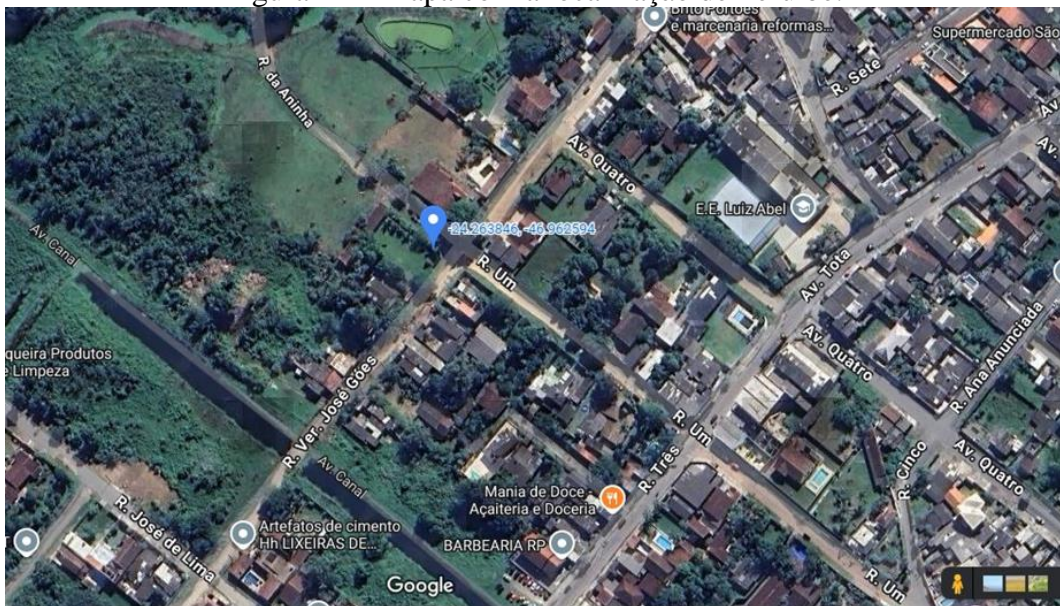
4.3.ELEMENTOS DE ECOTÉCNICAS INCORPORADOS AO PROJETO

A seguir são apresentados os principais elementos incorporados neste projeto de hostel ecoeficiente, que o diferenciam de um projeto tradicional de construção civil.

Design bioclimático: a residência foi projetada de acordo com as condições climáticas do município de Peruíbe (SP), buscando maximizar a entrada de luz natural e minimizar o uso de aquecimento e resfriamento artificiais, sendo necessário para isso, a orientação correta da residência, a utilização de janelas eficientes energeticamente e o isolamento adequado.

Segue abaixo na Figura 12 um mapa com a localização de Peruíbe e de onde ficará o hostel, representado pelo ponto marcador azul. A cidade de São Paulo, a capital mais rica do país, foi usada como base para o custo dos materiais de construção.

Figura 12 – Mapa com a localização de Peruíbe.



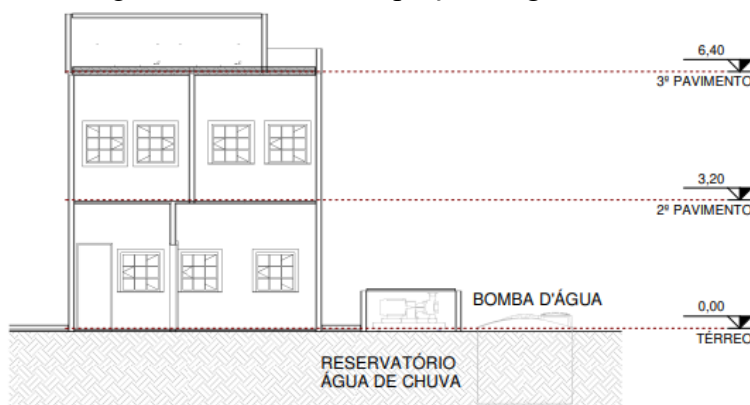
Fonte: Google Maps (2024).

Energia solar: a residência foi equipada com painéis solares no telhado para a geração de eletricidade, de tal forma que o excesso de energia pode ser armazenado em baterias ou vendido de volta à rede.

Coleta de água da chuva: no telhado foi projetado um sistema de coleta de água da chuva que direciona a água para uma caixa de armazenamento, de onde é distribuída para pontos de usos não potáveis, como descargas dos banheiros e para a torneira do tanque da área de serviço, que permite que esta água seja utilizada para irrigação do jardim, lavagem de carro e áreas externas.

Na Figura 13, exhibe-se um Corte com a exposição da Bomba d'água e do Reservatório de Água, mostrando assim o Sistema de Captação de água pluvial.

Figura 13 – Corte da Captação d'água da chuva no Hostel



1 Captação água chuva

ESCALA - 1 : 100

Fonte: Autor (2024).

Materiais de construção civil sustentáveis: o projeto prevê o uso de materiais de construção sustentáveis, como madeira de origem responsável, isolantes ecológicos, tintas não tóxicas e revestimentos reciclados, como os produzidos na reciclagem de isopor e gesso.

Jardim sustentável e horta: a área externa será projetada com paisagismo sustentável, incluindo um espaço dedicado para uma horta, incentivando o cultivo de alimentos orgânicos em casa, o uso eficiente da compostagem, e também com plantas nativas, reduzindo a necessidade de irrigação e o uso de produtos químicos.

Compostagem e reciclagem: Um sistema de compostagem será integrado à cozinha, e recipientes para reciclagem estarão disponíveis em toda a casa.

Iluminação eficiente: a residência será equipada com iluminação LED de baixo consumo de energia, e sensores de presença serão usados para evitar o desperdício de energia. As lâmpadas LED utilizadas possuem sensores de presença instaladas nos soquetes. Foram escolhidos os Soquetes Sensor de Presença E27 de 360°, fabricados pela empresa DAHORA e ligar o interruptor uma única vez, ao perceber movimento, a lâmpada acende e após 2 e 3 minutos sem movimento a lâmpada apaga.

Ventilação natural: o projeto incluirá janelas operáveis estrategicamente localizadas para promover a ventilação natural e a circulação de ar fresco.

Monitoramento inteligente: um sistema de automação residencial permitirá aos moradores monitorarem e controlarem o consumo de energia, água e outros recursos por meio de aplicativos móveis.

A mão-de-obra a ser contratada na construção da residência estará sendo administrada pela empreiteira “Piá Empreiteira de Mão de Obra” localizada em Santos, a qual ficará

responsável pela contratação da equipe de construção e de empresas terceirizadas para a implementação das ecotécnicas.

Em relação a Automação Residencial e Monitoramento Inteligente será executado pela empresa “We Home System Automação”, localizada em Santos. Assim que concluída a instalação inicial, pode-se personalizar suas luzes para ligar ou desligar em determinados horários do dia, ajustá-las de acordo com as estações do ano ou alterná-las automaticamente enquanto estiver fora da cidade. Por exemplo: ‘quando nascer o sol, apague as luzes externas’.

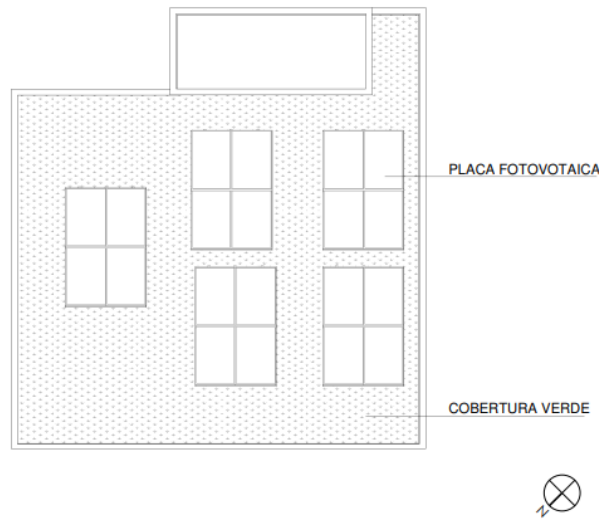
A criação do jardim nativo e da horta será de responsabilidade dos moradores, proporcionando a integração familiar e o aprendizado no manuseio do solo e da compostagem. Será encaminhado materiais e vídeos para o uso correto da compostagem, além de firmada parceria com marcenarias a fim de oferecer materiais como serragem que diminuem o odor e umidade do material composto e facilitam a mistura e decomposição de resíduos orgânicos.

A concepção do hostel envolveu as partes estruturais e de vedação da casa. As partes construtivas e como estas se relacionam com o meio, estão descritas na planta baixa do projeto arquitetônico.

Uso de aberturas em janelas grandes, buscando permitir o escoamento do ar do meio externo para dentro da construção e que este a percorra por completo.

Energia limpa: Uso de coletores solares voltados para o norte, visto que a produção de energia fotovoltaica depende da disponibilidade de luz solar, o que pode ser variável com base em condições climáticas e horários do dia. A integração com sistemas de armazenamento e venda de energia kWh para a concessionária pode ajudar a superar essa limitação. Integração nas funções do sistema fotovoltaico com a cobertura verde, com o auxílio do telhado ecológico, conforme da Figura 14.

Figura 14 – Disposição das placas voltaicas e telhado verde



Fonte: Autor (2024).

- 1) Fundações: são do tipo laje radier.
- 2) Estrutura: toda composta de tijolos de solo-cimento. As peças possuem orifícios para acomodar os conduítes elétricos e tubulação hidráulica, facilitando o andamento da obra.
- 3) Esquadrias: São fabricadas sob medida usando-se ferro ou alumínio com pintura eletrostática.

Estão descritos abaixo os aspectos integrados e utilizados no projeto arquitetônico e executivo.

- a) Otimização de recursos: O projeto se utiliza ao máximo dos recursos naturais. O sol é usado para esquentar a casa, o vento para refrescar e regularizar a alta umidade e a água da chuva para regar o jardim. A modularidade exigida pelo sistema construtivo, tijolos ecológicos, é notado como um fator positivo pois eliminam os resíduos sólidos da construção e otimiza-se o tempo de concepção.
- b) Diminuição do consumo energético: A iluminação natural é preponderante em todos os ambientes da casa, logo há a necessidade da utilização de energia elétrica somente quando não houver mais luz natural. O principal objetivo de um desenho bioclimático é eliminar os dispositivos tecnológicos que proporcionam calor e resfriamento a uma construção.
- c) Melhoria da saúde e bem-estar dos usuários: A ventilação é de forma natural e o tira proveito ao máximo da iluminação natural. Além do mais, conta com áreas descobertas gerando possibilidades de lazer para os usuários. Uma cobertura ajardinada permite também

que os moradores plantem seus próprios alimentos para consumo próprio, ou até mesmo desfrutem como uma área de sol.

- d) Diminuição do preço e da manutenção das casas: A industrialização da obra promove a economia em virtude da produção em grande escala e permite também reduzir o tempo de execução da obra e o desperdício de materiais.

4.4. CÁLCULOS

Segundo os honorários do arquiteto conforme estabelecido pelo escritório de Marcos Penha ArquiDesign obtém-se a quantia de R\$ 21.825,83 para a realização do projeto arquitetônico.

4.4.1. Cálculo de instalação das lâmpadas

Para o cálculo da quantidade de lâmpadas LED foi considerado o roteiro de cálculo ensinado na disciplina de Instalações do 4º ano do curso de Engenharia Civil da UNESP. O trabalho e projeto desenvolvido na época foram utilizados como base. Com o pé-direito (Pd), altura da luz (h_L), altura de trabalho (h_T), conseguimos calcular a altura de utilização (h) a partir da Equação (1). Em seguida calculamos o coeficiente k_C , usando o comprimento (C) e a largura (L) do ambiente através da Equação (2).

Sala de Jantar + Cozinha:

Pé Direito (Pd) = 3,15 m

$h_L = 0,00$ m (Altura da luz)

$h_T = 0,90$ m (Altura de Trabalho)

$$h = Pd - h_L - h_T = 3,15 - 0 - 0,9 = 2,25\text{m (Altura de utilização)} \quad (1)$$

➔ Tipo de superfície:

Teto – 70

Parede – 50

Piso – 10

$$k_C = \frac{C \times L}{h \times (C+L)} = \frac{6,70 \times 6,00}{2,25 \times (6,70+6,00)} = 1,40 \quad (2)$$

Com os índices de identificação conforme o tipo e coloração de teto, parede e piso do ambiente e o coeficiente k_C temos o valor da constante f. No caso do hostel foram usados os índices de teto, parede e piso claros ou brancos. Para encontrar a constante f do ambiente foi

necessária a realização por interpolação (3), já que o valor de k_c encontrado acima não aparecia na tabela.

$$\frac{1,40-1,00}{f-0,53} = \frac{1,25-1,00}{0,58-0,53} \quad (3)$$

$$f = 0,61$$

Com isso calculamos o número de lumens (ϕ) necessários para iluminação deste ambiente, utilizando a área do ambiente (S), que é $S = C \times L$, as constantes $E = 150$ e $d = 0,91$, a partir da Equação (4).

$$\phi = \frac{S \times E}{f \times d} = \frac{(6,70 \times 6,00) \times 150}{0,61 \times 0,91} = 10.862,91 \text{ lumens} \quad (4)$$

Por fim utilizamos o valor anteriormente encontrado para calcular o número de pontos de iluminação necessários para o ambiente (N), com o uso da Equação (5):

$$N = \frac{\phi}{\substack{\text{lumens} \\ \text{da lâmpada} \\ \text{utilizada}}} = \frac{10.862,91}{1350} = 8,04 \quad (5)$$

Portanto, para este ambiente será necessário utilizar 8 lâmpadas de LED de 15W, a um custo de R\$ 29,90 cada. Total de R\$ 239,20.

Sala de Estar:

O roteiro de cálculo é repetido para cada ambiente, chegando então nos seguintes números de lâmpadas.

$$\text{Pé Direito (Pd)} = 3,15 \text{ m}$$

$$h_L = 0,00 \text{ m (Altura da luz)}$$

$$h_T = 0,90 \text{ m (Altura de Trabalho)}$$

$$h = \text{Pd} - h_L - h_T = 3,15 - 0 - 0,9 = 2,25 \text{ m (Altura de utilização)} \quad (1)$$

➔ Tipo de superfície:

Teto – 70

Parede – 50

Piso – 10

$$k_C = \frac{C \times L}{h \times (C+L)} = \frac{3,55 \times 3,90}{2,25 \times (3,55+3,90)} = 0,83 \quad (2)$$

Sendo assim, de acordo com a tabela o valor de f para este k_C é:

$$f = 0,50$$

Com isso calculamos o número de lumens necessários para iluminação deste ambiente:

$$\Phi = \frac{S \times E}{f \times d} = \frac{(3,55 \times 3,90) \times 150}{0,50 \times 0,91} = 4.564,29 \text{ lumens} \quad (4)$$

Por fim utilizamos o valor anteriormente encontrado para calcular o número de pontos de iluminação necessários para o ambiente:

$$N = \frac{\Phi}{\substack{\text{lumens} \\ \text{da lâmpada} \\ \text{utilizada}}} = \frac{4564,29}{1350} = 3,38 \quad (5)$$

Portanto, para este ambiente será necessário utilizar 4 lâmpadas de LED de 15W, a um custo de R\$ 29,90 cada. Total de R\$ 119,60.

Suíte 1:

Pé Direito (Pd) = 3,15 m

$h_L = 0,00$ m (Altura da luz)

$h_T = 0,80$ m (Altura de Trabalho)

$$h = Pd - h_L - h_T = 3,15 - 0 - 0,8 = 2,35 \text{m (Altura de utilização)} \quad (1)$$

➔ Tipo de superfície:

Teto – 70

Parede – 50

Piso – 10

$$k_C = \frac{C \times L}{h \times (C+L)} = \frac{3,00 \times 3,90}{2,35 \times (3,00+3,90)} = 0,72 \quad (2)$$

$$k_C = 0,72$$

Sendo assim, de acordo com a tabela o valor de f para este k_C é:

$$f = 0,4$$

Com isso calculamos o número de lumens necessários para iluminação deste ambiente:

$$\Phi = \frac{S \times E}{f \times d} = \frac{11,70 \times 150}{0,4 \times 0,91} = 4821,43 \text{ lumens} \quad (4)$$

Por fim utilizamos o valor anteriormente encontrado para calcular o número de pontos de iluminação necessários para o ambiente:

$$N = \frac{\phi}{\substack{\text{lumens} \\ \text{da lâmpada} \\ \text{utilizada}}} = \frac{4821,43}{1080} = 4,46 \quad (5)$$

Portanto, para este ambiente será necessário utilizar 5 lâmpadas brancas de LED de 12W, a um custo de R\$ 19,90 cada. Total de R\$ 99,50.

WC Suíte 1:

Pé Direito (Pd) = 3,15 m

$h_L = 0,00$ m (Altura da luz)

$h_T = 0,90$ m (Altura de Trabalho)

$$h = Pd - h_L - h_T = 3,15 - 0 - 0,9 = 2,25 \text{m (Altura de utilização)} \quad (1)$$

➔ Tipo de superfície:

Teto – 70

Parede – 50

Piso – 10

$$k_C = \frac{C \times L}{h \times (C+L)} = \frac{1,84 \times 3,90}{2,25 \times (1,84+3,90)} = 0,55 \quad (2)$$

$$k_C = 0,60$$

Sendo assim, de acordo com a tabela o valor de f para este k_C é:

$$f = 0,4$$

Com isso calculamos o número de lumens necessários para iluminação deste ambiente:

$$\Phi = \frac{S \times E}{f \times d} = \frac{7,18 \times 150}{0,4 \times 0,91} = 2.958,79 \text{ lumens} \quad (4)$$

Por fim utilizamos o valor anteriormente encontrado para calcular o número de pontos de iluminação necessários para o ambiente:

$$N = \frac{\Phi}{\substack{\text{lumens} \\ \text{da lâmpada} \\ \text{utilizada}}} = \frac{2958,79}{1080} = 2,73 \quad (5)$$

Portanto, para este ambiente será necessário utilizar 3 lâmpadas brancas de LED de 12W, a um custo de R\$ 19,90 cada. Total de R\$ 59,70.

WC Masc. e WC Fem. :

Pé Direito (Pd) = 3,15 m

$h_L = 0,00$ m (Altura da luz)

$h_T = 0,90$ m (Altura de Trabalho)

$$h = Pd - h_L - h_T = 3,15 - 0 - 0,9 = 2,25 \text{m (Altura de utilização)} \quad (1)$$

➔ Tipo de superfície:

Teto – 70

Parede – 50

Piso – 10

$$k_C = \frac{C \times L}{h \times (C+L)} = \frac{3,51 \times 1,90}{2,25 \times (3,51+1,90)} = 0,54 \quad (2)$$

$$k_C = 0,6 \text{ (mínimo)}$$

Sendo assim, de acordo com a tabela o valor de f para este k_C é:

$$f = 0,4$$

Com isso calculamos o número de lumens necessários para iluminação deste ambiente:

$$\Phi = \frac{S \times E}{f \times d} = \frac{6,65 \times 150}{0,4 \times 0,91} = 2740 \text{ lumens} \quad (4)$$

Por fim utilizamos o valor anteriormente encontrado para calcular o número de pontos de iluminação necessários para o ambiente:

$$N = \frac{\Phi}{\substack{\text{lumens} \\ \text{da lâmpada} \\ \text{utilizada}}} = \frac{2740}{1080} = 2,53 \quad (5)$$

Portanto, para este ambiente será necessário utilizar 3 lâmpadas brancas de LED de 12W, a um custo de R\$ 19,90. Total de R\$ 59,70 em cada WC.

Lavanderia :

Pé Direito (Pd) = 3,15 m

$h_L = 0,00$ m (Altura da luz)

$h_T = 0,90$ m (Altura de Trabalho)

$$h = Pd - h_L - h_T = 3,15 - 0 - 0,9 = 2,25\text{m (Altura de utilização)} \quad (1)$$

➔ Tipo de superfície:

Teto – 70

Parede – 50

Piso – 10

$$k_C = \frac{C \times L}{h \times (C+L)} = \frac{2,35 \times 3,88}{2,25 \times (2,35+3,88)} = 0,65 \quad (2)$$

Sendo assim, de acordo com a tabela o valor de f para este k_C é:

$$f = 0,42$$

Com isso calculamos o número de lumens necessários para iluminação deste ambiente:

$$\Phi = \frac{S \times E}{f \times d} = \frac{9,11 \times 150}{0,42 \times 0,91} = 3575,35 \text{ lumens} \quad (4)$$

Por fim utilizamos o valor anteriormente encontrado para calcular o número de pontos de iluminação necessários para o ambiente:

$$N = \frac{\phi}{\substack{\text{lumens} \\ \text{da lâmpada} \\ \text{utilizada}}} = \frac{3573,35}{1080} = 3,3 \quad (5)$$

Portanto, para este ambiente será necessário utilizar 4 lâmpadas brancas de LED de 12W, a um custo de R\$ 19,90. Total de R\$ 79,60.

Área de convivência:

Pé Direito (Pd) = 3,10 m

$h_L = 0,00$ m (Altura da luz)

$h_T = 0,80$ m (Altura de Trabalho)

$$h = Pd - h_L - h_T = 3,10 - 0 - 0,8 = 2,30\text{m (Altura de utilização)} \quad (1)$$

➔ Tipo de superfície:

Teto – 70

Parede – 50

Piso – 10

$$k_C = \frac{C \times L}{h \times (C+L)} = \frac{6,00 \times 4,40}{2,3 \times (6,00+4,40)} = 1,10 \quad (2)$$

Para encontrar a constante f do ambiente foi necessária a realização por interpolação, já que o valor de k_C encontrado acima não aparecia na tabela.

$$\frac{f-0,53}{1,10-1,00} = \frac{0,58-0,53}{1,25-1,00} \quad (3)$$

$$f = 0,55$$

Com isso calculamos o número de lumens necessários para iluminação deste ambiente:

$$\phi = \frac{S \times E}{f \times d} = \frac{26,4 \times 150}{0,55 \times 0,91} = 7912,08 \text{ lumens} \quad (4)$$

Por fim utilizamos o valor anteriormente encontrado para calcular o número de pontos de iluminação necessários para o ambiente:

$$N = \frac{\phi}{\substack{\text{lumens} \\ \text{da lâmpada} \\ \text{utilizada}}} = \frac{7912,08}{1080} = 7,33 \quad (5)$$

Portanto, para este ambiente será necessário utilizar 8 lâmpadas brancas de LED de 12W, a um custo de R\$ 19,90. Total de R\$ 159,20.

Dormitório 1:

Pé Direito (Pd) = 3,10 m

$h_L = 0,00$ m (Altura da luz)

$h_T = 0,80$ m (Altura de Trabalho)

$h = Pd - h_L - h_T = 3,10 - 0 - 0,8 = 2,30$ m (Altura de utilização) (1)

➔ Tipo de superfície:

Teto – 70

Parede – 50

Piso – 10

$$k_C = \frac{C \times L}{h \times (C+L)} = \frac{3,93 \times 3,69}{2,30 \times (3,93+3,69)} = 0,83 \quad (2)$$

Sendo assim, de acordo com a tabela o valor de f para este k_C é:

f = 0,45

Com isso calculamos o número de lumens necessários para iluminação deste ambiente:

$$\Phi = \frac{S \times E}{f \times d} = \frac{11,77 \times 150}{0,45 \times 0,91} = 4.311,36 \text{ lumens} \quad (4)$$

Por fim utilizamos o valor anteriormente encontrado para calcular o número de pontos de iluminação necessários para o ambiente:

$$N = \frac{\Phi}{\substack{\text{lumens} \\ \text{da lâmpada} \\ \text{utilizada}}} = \frac{4311,36}{1080} = 3,99 \quad (5)$$

Portanto, para este ambiente será necessário utilizar 4 lâmpadas brancas de LED de 12W, a um custo de R\$ 19,90. Total de R\$ 79,60.

Dormitório 2:

Pé Direito (Pd) = 3,10 m

$h_L = 0,00$ m (Altura da luz)

$h_T = 0,80$ m (Altura de Trabalho)

$h = Pd - h_L - h_T = 3,10 - 0 - 0,8 = 2,30$ m (Altura de utilização) (1)

➔ Tipo de superfície:

Teto – 70

Parede – 50

Piso – 10

$$k_C = \frac{C \times L}{h \times (C+L)} = \frac{3,90 \times 4,00}{2,30 \times (3,90+4,00)} = 0,86 \quad (2)$$

Para encontrar a constante f do ambiente foi necessária a realização por interpolação, já que o valor de k_C encontrado acima não aparecia na tabela.

$$\frac{f-0,48}{0,86-0,80} = \frac{0,53-0,48}{1,00-0,80} \quad (3)$$

$$f = 0,495$$

Com isso calculamos o número de lumens necessários para iluminação deste ambiente:

$$\Phi = \frac{S \times E}{f \times d} = \frac{14,47 \times 150}{0,495 \times 0,91} = 4.818,51 \text{ lumens} \quad (4)$$

Por fim utilizamos o valor anteriormente encontrado para calcular o número de pontos de iluminação necessários para o ambiente:

$$N = \frac{\Phi}{\substack{\text{lumens} \\ \text{da lâmpada} \\ \text{utilizada}}} = \frac{4818,51}{1080} = 4,46 \quad (5)$$

Portanto, para este ambiente será necessário utilizar 5 lâmpadas brancas de LED de 12W, a um custo de R\$ 19,90. Total de R\$ 99,50.

Dormitório 3:

Pé Direito (Pd) = 3,10 m

$h_L = 0,00$ m (Altura da luz)

$h_T = 0,80$ m (Altura de Trabalho)

$$h = Pd - h_L - h_T = 3,10 - 0 - 0,8 = 2,30\text{m (Altura de utilização)} \quad (1)$$

➔ Tipo de superfície:

Teto – 70

Parede – 50

Piso – 10

$$k_C = \frac{C \times L}{h \times (C+L)} = \frac{4,54 \times 3,90}{2,30 \times (4,54+3,90)} = 0,91 \quad (2)$$

Para encontrar a constante f do ambiente foi necessária a realização por interpolação, já que o valor de k_C encontrado acima não aparecia na tabela.

$$\frac{f-0,48}{0,91-0,80} = \frac{0,53-0,48}{1,00-0,80} \quad (3)$$

$$f = 0,5075$$

Com isso calculamos o número de lumens necessários para iluminação deste ambiente:

$$\Phi = \frac{S \times E}{f \times d} = \frac{17,71 \times 150}{0,5075 \times 0,91} = 5752,17 \text{ lumens} \quad (4)$$

Por fim utilizamos o valor anteriormente encontrado para calcular o número de pontos de iluminação necessários para o ambiente:

$$N = \frac{\Phi}{\substack{\text{lumens} \\ \text{da lâmpada} \\ \text{utilizada}}} = \frac{5752,17}{1080} = 5,33 \quad (5)$$

Portanto, para este ambiente será necessário utilizar 6 lâmpadas brancas de LED de 12W, a um custo de R\$ 19,90. Total de R\$ 119,40.

WC Superior Masculino

Pé Direito (Pd) = 3,10 m

$h_L = 0,00$ m (Altura da luz)

$h_T = 0,80$ m (Altura de Trabalho)

$$h = Pd - h_L - h_T = 3,10 - 0 - 0,8 = 2,30 \text{m (Altura de utilização)} \quad (1)$$

➔ Tipo de superfície:

Teto – 70

Parede – 50

Piso – 10

$$k_C = \frac{C \times L}{h \times (C+L)} = \frac{2,85 \times 3,73}{2,30 \times (2,85+3,73)} = 0,70 \quad (2)$$

Sendo assim, de acordo com a tabela o valor de f para este k_C é:

$$f = 0,44$$

Com isso calculamos o número de lumens necessários para iluminação deste ambiente:

$$\Phi = \frac{S \times E}{f \times d} = \frac{10,62 \times 150}{0,44 \times 0,91} = 3978,52 \text{ lumens} \quad (4)$$

Por fim utilizamos o valor anteriormente encontrado para calcular o número de pontos de iluminação necessários para o ambiente:

$$N = \frac{\phi}{\substack{\text{lumens} \\ \text{da lâmpada} \\ \text{utilizada}}} = \frac{3978,52}{1080} = 3,68 \quad (5)$$

Portanto, para este ambiente será necessário utilizar 4 lâmpadas brancas de LED de 12W, a um custo de R\$ 19,90. Total de R\$ 79,60.

WC Superior Feminino

Pé Direito (Pd) = 3,10 m

$h_L = 0,00$ m (Altura da luz)

$h_T = 0,80$ m (Altura de Trabalho)

$$h = Pd - h_L - h_T = 3,10 - 0 - 0,8 = 2,30\text{m (Altura de utilização)} \quad (1)$$

➔ Tipo de superfície:

Teto – 70

Parede – 50

Piso – 10

$$k_C = \frac{C \times L}{h \times (C+L)} = \frac{3,00 \times 3,73}{2,30 \times (3,00+3,73)} = 0,72 \quad (2)$$

Sendo assim, de acordo com a tabela o valor de f para este k_C é:

$$f = 0,45$$

Com isso calculamos o número de lumens necessários para iluminação deste ambiente:

$$\phi = \frac{S \times E}{f \times d} = \frac{10,62 \times 150}{0,45 \times 0,91} = 3978,52 \text{ lumens} \quad (4)$$

Por fim utilizamos o valor anteriormente encontrado para calcular o número de pontos de iluminação necessários para o ambiente:

$$N = \frac{\phi}{\substack{\text{lumens} \\ \text{da lâmpada} \\ \text{utilizada}}} = \frac{3978,52}{1080} = 3,68 \quad (5)$$

Portanto, para este ambiente será necessário utilizar 4 lâmpadas brancas de LED de 12W, a um custo de R\$ 19,90. Total de R\$ 79,60.

TOTAL em LÂMPADAS : R\$ 1.174,70

4.4.2. Cálculo da quantidade de concreto para a fundação
RADIÉR

O radier é um tipo de fundação que se assemelha a uma placa ou laje em contato direto com o solo que abrange toda área de construção. O projeto estrutural de um radier, como de qualquer outro tipo de fundação, deve ser concebido obrigatoriamente baseado em informações geotécnicas do solo, fornecidas pelas investigações do solo realizadas previamente. O processo executivo de um radier resume-se em basicamente 4 etapas: 1º) escavação e preparação do terreno; 2º) Instalação dos componentes das instalações hidráulicas e elétricas; 3º) montagem da caixaria, posicionamento da armadura e colocação da manta plástica; 4º) concretagem e finalização da fundação. O traço utilizado para o projeto será de 1 saco de cimento: 5 latas de areia: 6,5 latas de brita; 1,5 lata de água. Sendo que essas quantidades de materiais resultam no volume de $0,16 \text{ m}^3$ de concreto para fundação.

Cálculo da área do hostel construído + aproximadamente 1,00 m ao redor da casa:
 $A = 12,30 \text{ m} \times 12,50 \text{ m} = 153,75 \text{ m}^2$.

Supondo que a espessura do radier seja de espessura de $10,0 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$. Logo será necessário o volume de $153,75 \times 0,1 = 15,375 \text{ m}^3$. Sendo assim calculou-se a quantidade de traços utilizados para este volume: $15,375 / 0,16 = 96,09$ traços de concreto para radier.

Logo multiplica-se a quantidade de 1 traço por 97 e então teremos as quantidades finais de cimento, areia, brita e água para produzirmos o radier de $15,375 \text{ m}^2$ com $0,1 \text{ m}$ de espessura. As quantidades calculadas para cada material serão:

Cimento: 97×1 saco de cimento = 97 sacos de cimento de 50kg.

Areia: 97×5 latas de areia = 485 latas de areia.

Brita: $97 \times 6,5$ latas de brita = 630,5 latas de brita.

Água: $97 \times 1,5$ latas de água = 145,5 latas de água.

Considerando que $1,0 \text{ m}^3$ de areia possui 50 latas, 1 m^3 cúbico de brita tem 56 latas de brita e $1,0 \text{ m}^3$ de água tem 56 latas de 18L de água, precisa-se de $9,7 \text{ m}^3$ de areia, $11,26 \text{ m}^3$ de brita e 2,6 mil litros de água.

Baseado na loja de materiais de construção Comercial Arco Íris, os custos médios deste material é de:

- 97 sacos de cimento = R\$ 3.288,30;

- $9,7 \text{ m}^3$ de areia = R\$ 1.746,00;

- $11,26 \text{ m}^3$ de brita = R\$ 1.238,60.

- **Total de R\$ 6.272,90.**

4.4.3. Cálculo de tijolos ecológicos

O roteiro de cálculo fora baseado no curso de Tijolo Ecológico do ITANACIONAL (Instituto Tecnológico Agropecuário Nacional) e segue do seguinte modo:

4.4.3.1. Cálculo da quantidade de tijolo ecológico inteiro:

a) Cálculo do comprimento das paredes $C_{p_{\text{terreo}}}$:

$$C_{p_{\text{terreo}}} = 3 \times 10,35 + 2 \times 11,03 + 9,00 + 3,88 + 3,51 + 3,90 = 69,52 \text{ m};$$

$$C_{p_{2\text{pav}}} = 2 \times 10,35 + 11,03 + 9,00 + 3,73 + 6,00 + 8,09 + 3,90 + 2,35 + 1,40 + 1,80 + 2,90 + 4,23 = 75,13 \text{ m};$$

$$C_{p_{3\text{pav}}} = 2 \times 2,20 + 2 \times 5,03 = 14,46 \text{ m}.$$

$$C_p = 69,52 + 75,13 + 14,46 =$$

b) Multiplicar pelo pé-direito de cada pavimento ou ambiente:

$$\text{Térreo: } 69,52 \times 3,15 = 218,99 \text{ m}^2;$$

$$2^\circ \text{ pavimento: } 75,13 \times 3,10 = 232,90 \text{ m}^2;$$

$$3^\circ \text{ pavimento: } 14,46 \times 1,50 = 21,69 \text{ m}^2;$$

$$\text{Total da Área das Paredes} = 473,58 \text{ m}^2.$$

c) Calcular as áreas das portas e das janelas:

$$\text{Portas: } 1 \times (1,16 \times 2,40) + 1 \times (1,60 \times 2,10) + 11 \times (0,80 \times 2,10) = 24,624 \text{ m}^2;$$

$$\text{Janelas: } 16 \times (1,00 \times 1,00) + 2 \times (1,20 \times 1,20) + 5 \times (1,40 \times 1,20) = 27,28 \text{ m}^2;$$

$$\text{Portas e Janelas (PJ)} = 51,904 \text{ m}^2.$$

d) Retirar as áreas de Portas e Janelas da Área das Paredes:

$$473,58 - 51,904 = 421,676 \text{ m}^2.$$

e) Cálculo da quantidade de tijolos:

A Tabela 1 mostra o Fator Multiplicador para cada $1,0\text{m}^2$ de área de parede.

Tabela 1 - Fatores multiplicadores conforme tijolo escolhido

Fator Multiplicador	Tipo de tijolo
45	30,0x15,0x7,50 cm
53	25,0x12,50x7,50 cm
60	25,0x12,0x7,0 cm
65	25,0x12,50x6,25 cm

Fonte: ITANACIONAL (2024).

São necessários 60 tijolos de 25x12x7 cm para uma área de 1,0m² de parede. Logo multiplica-se o fator escolhido pela área final calculada. Neste caso, para o projeto do hostel serão necessários $60 \times 421,676 = 25.300,56$, ou seja **25.301 tijolos**.

4.4.3.2. Cálculo da quantidade de meio tijolo ecológico:

a) Número de paredes de topo (paredes que formam um T na união ou encontro com outras paredes): 29

b) Dividir o pé-direito por 0,07, pois o tijolo tem 7 cm de altura: $3,15/0,07 = 45$ tijolos.

c) Multiplicar pelo número de paredes de topo: $29 \times 45 = 1.305$ meio tijolos.

d) Multiplicar o valor da altura das portas pelo dobro do número de portas e fazer o mesmo para as janelas:

- Portas: $(2,40) \times 2 \times (1) + (2,10) \times 2 \times (12) = 55,2$;

- Janelas: $(1,20) \times 2 \times (7) + (1,00) \times 2 \times (16) = 48,8$.

Portas e Janelas somadas é igual a 104.

e) Dividir este número por 0,07: $104 / 0,07 = 1.485,71$, onde convém adotar 1.486 meio tijolos.

f) Total de meio tijolos é a somatória dos itens c) + e) = $1305 + 1.486 = \mathbf{2.791}$ meio tijolos.

4.4.3.3. Cálculo da quantidade de tijolos canaleta:

Canaletas são tijolos utilizados nas extremidades superiores das paredes para fazer a cinta de amarração e para fazer as vergas e contra-vergas de portas e janelas.

a) Multiplicar o comprimento das paredes por 4 (4 canaletas por metro linear) para obter a quantidade de canaletas por cinta: $159,11 \times 4 = 636,44$, logo 637 tijolos canaletas.

b) Calcular o comprimento das vergas e contra-vergas: as vergas são as “cintas” de amarração na parte superior de portas e janelas e as contra-vergas são as “cintas” de amarração na parte inferior de janelas. E devem ultrapassar 30 cm para cada lado das portas e janelas.

$$\text{- Portas: } 1 \times (1,16 + 0,60) + 1 \times (1,60 + 0,60) + 11 \times (0,80 + 0,60) = 9,24 \text{ m;}$$

$$\text{- Janelas: } 16 \times (1,00 + 0,60) + 7 \times (1,20 + 0,60) = 38,2 \text{ m .}$$

$$\text{Portas e 2 x Janelas, pois as janelas possuem verga e contra-verga: } 9,24 + 2 \times 38,2 = 85,64 \text{ m.}$$

c) Por fim, multiplicar o comprimento total de vergas e contra-vergas por 4: $85,64 \times 4 = 342,56$. Logo serão 343 tijolos canaletas.

d) Total de tijolos canaletas é a soma dos itens (a) e (c): $637 + 343 = \mathbf{980 \text{ tijolos canaletas no total.}}$

Por fim, contabilizamos as seguintes quantidades de tijolos ecológicos de seus diferentes tipos:

- Tijolo inteiro ecológico: 25.301 unidades custando R\$ 18.975,75;

- Meio tijolo ecológico: 2.791 unidades custando R\$ 2.232,80;

- Tijolo canaleta ecológico: 980 unidades custando R\$ 1.225,00.

- Total: R\$ 22.433,55.

4.4.4. Cálculo da energia gerada pelos módulos fotovoltaicos e do payback

No projeto usou-se a calculadora solar da empresa Aldo Solar, uma consultora e instaladora de módulos fotovoltaicos. Considerando a lotação de 11 pessoas no hostel, cujo consumo mensal seja de 1.660 kWh, a tarifa de R\$ 0,89/kWh, tem-se a conta de energia mensal em R\$ 1.477,40. Com um índice de irradiação de 5 kWh/m².dia, a potência necessária de geração seria de 16,50 kWp. A geração estimada por mês seria de 2.178,00 kWh se forem instalados 33 painéis e seria ocupada uma área de 109,39 m². Sendo assim com o uso da

planilha disponibilizada pelo site da Aldo Solar chegamos num custo total de R\$ 26.739,00 e um retorno do investimento de 18 meses, gerando uma economia anual de R\$ 17.728,80, considerando 5 horas de Sol pleno (média brasileira).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O hostel ecoeficiente teve alguns custos contabilizados com as ecotécnicas implementadas, que estão apresentados na Tabela 2 abaixo:

Tabela 2 – Alguns dos custos contabilizados

Lâmpadas	R\$ 1.174,70
Radier	R\$ 6.272,90
Tijolos ecológicos	R\$ 22.433,55
Módulos fotovoltaicos	R\$ 26.739,00
Arejador de torneira	R\$ 1.528,80
Soquete sensor	R\$ 1.154,20
Chuveiros Cardall	R\$ 1.975,00
Arquiteto	R\$ 21.825,83
Total parcial	R\$ 83.103,98

Fonte: Autor (2024).

5.1. PROJETO DE HOSTEL ECOEFICIENTE

O projeto arquitetônico foi feito através de parceria com o arquiteto Marcos Penha da empresa da Marcos Penha ArchiDesign, que projetou a edificação e se prontificou em fornecer as informações necessárias para um estudo de caso completo.

O projeto de hostel criado em 2018 na disciplina de Instalações Prediais, ministrada pelo professor João Ubiratan de Lima e Silva, pelos alunos Danilo Issa e Renan Moreno foi usado como base e referência para a criação e adaptação das plantas baixas, cortes, cálculos das instalações elétricas, e modelos 3D. As Figuras 17, 18 e 19 ilustram a vista 3D externa do hostel.

Figura 15 - Imagem 3D externa do Hostel



Fonte: Autor (2024).

Figura 16 - Imagem 3D externa do Hostel



Fonte: Autor (2024).

Figura 17 - Imagem 3D externa do Hostel

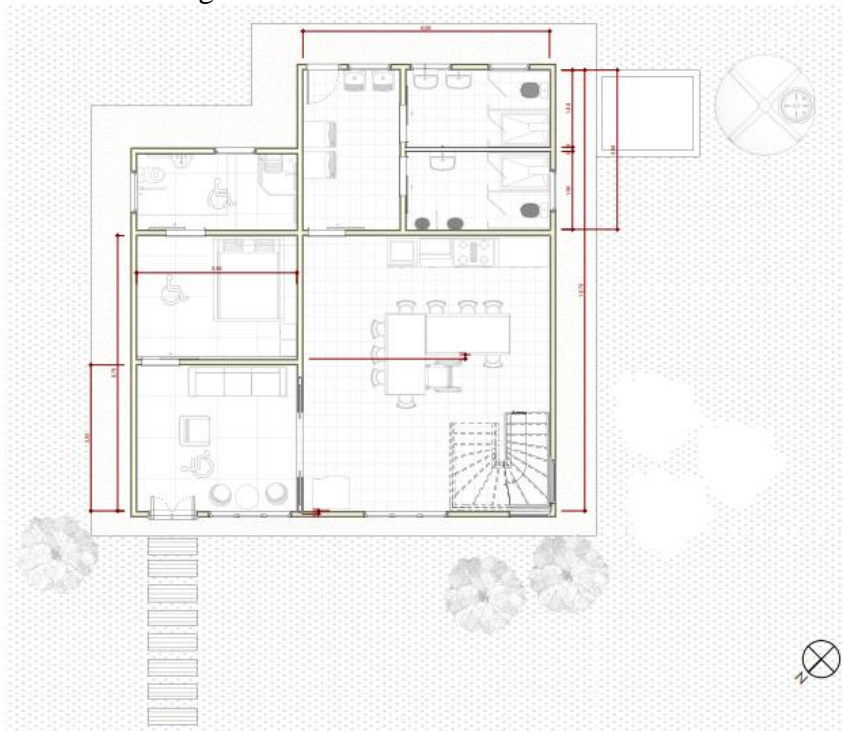


Fonte: Autor (2024).

5.1.1. Projeto arquitetônico

Nas Figuras 20, 21, 22, 23, 24 e 25 estão a Planta do Pavimento Térreo, Planta do 2º Pavimento, Planta do 3º Pavimento, Corte B, Elevação 1, Elevação 01 e Elevação 02, respectivamente.

Figura 18 – Planta do Pavimento Térreo



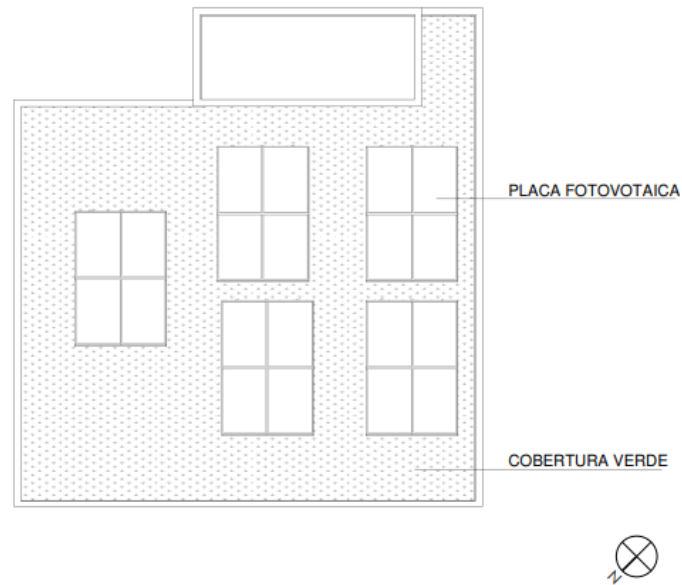
Fonte: Autor (2024).

Figura 19 – Planta do 2º Pavimento



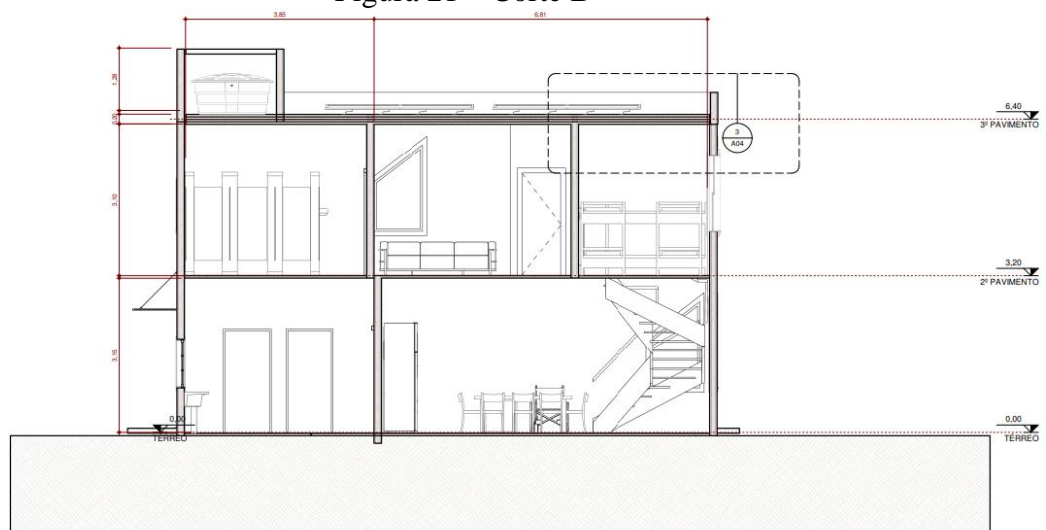
Fonte: Autor (2024).

Figura 20 – Planta do 3º Pavimento



Fonte: Autor (2024).

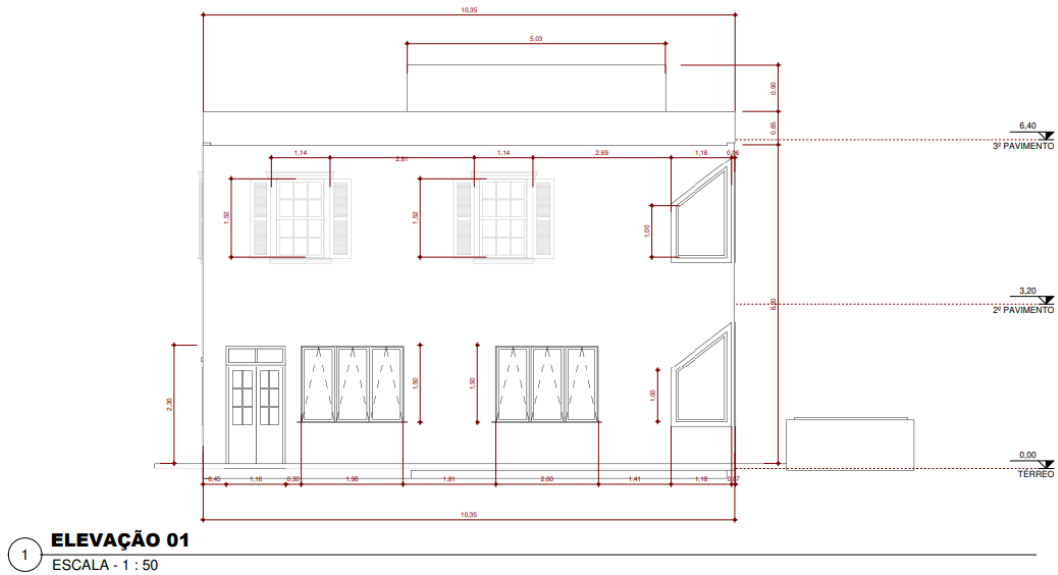
Figura 21 – Corte B



2 **CORTE B**
ESCALA - 1 : 50

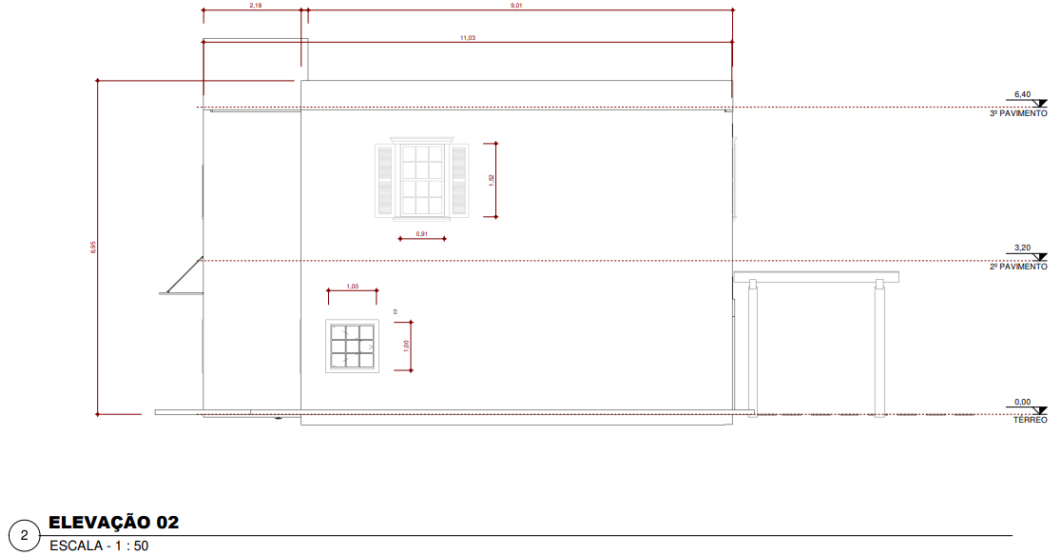
Fonte: Autor (2024).

Figura 22 – Elevação 01



Fonte: Autor (2024).

Figura 23 – Elevação 02



Fonte: Autor (2024).

5.2 BENEFÍCIOS E NECESSIDADES PARA IMPLEMENTAR ECOTÉCNICAS

5.2.1. Benefícios econômicos

A implementação de tecnologias eficientes, como sistemas de ventilação eficiente e iluminação LED, reduz significativamente o consumo de energia, resultando em menores contas de energia elétrica, chegando a redução de até 30% dos gastos.

Sistemas de captação e reutilização de água da chuva podem levar a uma economia de até 50% na conta de água.

A valorização imobiliária de uma residência sustentável pode ter um valor de mercado até 10% superior em comparação com propriedades convencionais. Tecnologias e materiais sustentáveis, como telhados verdes e sistemas de energia solar, tendem a exigir menos manutenção e têm uma vida útil mais longa.

5.2.2. Benefícios sociais

Ambientes Internos Saudáveis: Ecotécnicas, como ventilação adequada e uso de materiais não tóxicos, melhoram a qualidade do ar interno, promovendo a saúde e o bem-estar dos ocupantes. Melhorias na eficiência térmica e acústica, aumentando o conforto dos residentes. **Conscientização Ambiental:** Projetos residenciais que incorporam ecotécnicas frequentemente servem como exemplos educativos, promovendo a conscientização ambiental e incentivando práticas sustentáveis entre a comunidade.

5.2.3. Benefícios ambientais

Ecotécnicas como a utilização de energia solar e o aproveitamento da água da chuva reduzem a dependência de recursos naturais não renováveis. A adoção de energias renováveis pode reduzir significativamente a pegada de carbono das residências.

Práticas como a reciclagem e a compostagem reduzem o impacto ambiental e promovem a economia circular. Telhados verdes ajudam a preservar e criar espaços verdes em áreas urbanas, contribuindo para a preservação de ecossistemas locais e a biodiversidade.

5.2.4. Resultado da análise sobre as necessidades para implementação de ecotécnicas na construção civil brasileira

Para que essas práticas sejam eficazes e implantadas com maior constância na construção civil, é necessário que:

- Profissionais da construção civil, incluindo arquitetos, engenheiros e técnicos estejam capacitados em práticas de construção sustentável e ecotécnicas. Para isso deve-se incorporar na formação acadêmica tais disciplinas comprometidas com a construção verde.
- Conscientização do público através de campanhas educativas informando a população e investidores sobre os benefícios das ecotécnicas e a importância da construção sustentável.
- A criação de incentivos fiscais, como isenção de impostos ou créditos tributários podem aumentar a viabilidade econômica de construções verdes. Além de Linhas de Créditos Especiais para execução de tais projetos Silva et al. (2022).
- Subsídios ou financiamento a baixo custo para a implementação de tecnologias sustentáveis, como sistemas de energia solar e coleta de água da chuva, podem reduzir o custo inicial desses investimentos e torná-los mais acessíveis.
- Criação de Certificações Locais, pois além da promoção e reconhecimento de certificações como LEED e AQUA, a adaptação para as especificidades de cada região do Brasil pode facilitar a adoção de ecotécnicas.

De acordo com Souza et al. (2020), apoiar e financiar pesquisas sobre tecnologias sustentáveis e materiais inovadores pode promover o desenvolvimento de soluções adaptadas ao clima e às condições brasileiras.

- Acesso a materiais de baixo impacto ambiental. Utilização de veículos com baixa emissão e a otimização de rotas de transporte, é importante para reduzir a pegada ecológica dos projetos de construção. Pereira (2023)
- Alinhar os projetos residenciais sustentáveis com as políticas de desenvolvimento urbano.

6. CONCLUSÕES

O hostel ecoeficiente incorporando elementos ecoeficientes minimizou o impacto ambiental da construção, relacionado à economia de água fornecida pela prefeitura em 30% do consumo mensal. Considerando a lotação máxima do hostel de 11 hóspedes, teremos uma economia de 16.462 litros de água.

O hostel ecoeficiente reduziu o consumo de recursos naturais como pedrisco, areia, entre outros, pois utilizou de tijolos ecológicos para o levantamento das paredes. Isso causou uma economia no consumo de argamassa, tanto para assentamento dos tijolos quanto para o emboço. Quanto às fundações o radier, tbm se mostra mais econômico para a quantidade de concreto quando comparado às outras fundações.

O hostel ecoeficiente reduziu o consumo de água e energia e ofereceu um ambiente saudável para os moradores, relacionado ao conforto térmico, melhorou a luminosidade, melhorou o conforto acústico, utilizando os tijolos ecológicos que propiciam um isolamento térmico e acústico aprimorado. Em relação a luminosidade, a implementação de janelas em todos os ambientes e espalhadas permitiu que o uso da energia elétrica fosse reduzido durante o dia. Os sensores de movimento utilizados nos soquetes das lâmpadas também permitirão a economia da energia elétrica, uma vez que eles desligarão as lâmpadas no caso de ausência de movimento, mesmo se o interruptor estiver ligado.

As ecotécnicas contabilizadas e com custos calculados tiveram o total parcial de R\$ 83.103,98.

A adoção de sistemas construtivos ecoeficientes e sustentáveis ainda enfrenta dificuldades relacionadas à qualificação de profissionais e de mão de obra, considerando as especificidades das construções sustentáveis.

O projeto visou demonstrar um hostel em que o consumo dos insumos fosse mais consciente, usando um sistema de captação de água pluvial, geração de energia fotovoltaica, ventilação e iluminação natural e telhado verde, o que proporcionam a economia de água e luz elétrica.

O trabalho destaca também a importância de políticas públicas que incentivem a adoção de ecotécnicas e sistemas construtivos mais sustentáveis, sendo imprescindível a colaboração entre governo, setor privado, sociedade acadêmica e sociedade civil.

É possível sim implementar ecotécnicas em construções civis, elas precisam ser mais divulgadas e incentivadas pelo poder público, beneficiando de forma fiscal estes projetos, cuja prioridade é o meio ambiente e otimização de materiais.

REFERÊNCIAS

- CAMPOS, V. A. F. **Technical and economic analyses of a photovoltaic plant on a garage structure**. Brasília: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, 2019.
- COMO funciona o sistema fotovoltaico? Luz Solar Energia, Florianópolis, 2017. Disponível em: <https://luzsolar.com.br/como-funciona-o-sistema-fotovoltaico/>. Acesso em 07 nov. 2024.
- COMPOSTAGEM doméstica; o que é e como fazer em casa?. Esfera Energia, São Paulo, 2023. Disponível em: <https://blog.esferaenergia.com.br/sustentabilidade/compostagem-domestica-2> . Acesso em: 07 nov. 2024.
- DIXON, T. Design passivo e eficiência energética. **Journal of Sustainable Building**, London, v. 12, n. 4, p. 234-245, 2017.
- JONES, A. Materiais sustentáveis em construção. **Green Building Journal**, United States of America, v. 22, n. 3, p.145-160, 2018.
- LEE, S. Gestão hídrica e eficiência em edifícios. **Water Conservation Journal**, Taipei, p. 10, n. 2, p. 89-102, 2016.
- LIU, J. *et al.* Eficiência energética em edifícios sustentáveis. **Energy Efficiency Journal**, Netherlands, v. 14, n. 3, p. 156-169, 2018.
- MILLER, D. Sustentabilidade do local e impactos ambientais. **Urban Ecology Review**, [S.l.] v. 11, n. 2, p. 92-104, 2017.
- MILLER, G. *et al.* Princípios de construção ecoeficiente. **Journal of Green Architecture**, Yogyakarta, v. 13, n. 1, p. 45-59, 2016.
- MOURA, P.O.M. **Estudo do modo construtivo de casas sustentáveis**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso. (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/28077/1/EstudoModoConstrutivo.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2024.
- NERIS, A. **Chegou a nova calculadora solar Aldo Solar**: mais rápida, simples e dinâmica. Aldo Solar, Maringá, 2022. Disponível em: <https://www.aldo.com.br/blog/simular-a-geracao-de-energia-solar/> . Acesso em 03 dez. 2024.
- PEREIRA, T. Logística e materiais sustentáveis. **Construction Materials Journal**, Switzerland, v. 22, n. 4, p. 95-108, 2023.
- SILVA, A. *et al.* Políticas públicas e incentivos para construção verde. **Environmental Policy Review**, v. 20, n. 3, p. 134-148, 2022.
- SMITH, J. *et al.* Gestão de água e resíduos em construções sustentáveis. **Environmental Engineering Journal**, [S.l.], v. 15, n. 3, p. 145-158, 2019.
- SOUZA, P. *et al.* Pesquisa e inovação em construção sustentável. **Journal of Sustainable Development**, Richmond Hill, v. 13, n. 2, p. 89-104, 2020.

SZIGETHY, L.; ANTENOR, S. **Resíduos sólidos urbanos no Brasil: desafios tecnológicos, políticos e econômicos.** : Centro de Pesquisa em Ciência, Tecnologia e Sociedade: Ipea, Brasília, [20--?]. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/artigos/artigos/217-residuos-solidos-urbanos-no-brasil-desafios-tecnologicos-politicos-e-economicos>. Acesso em 07 nov. 2024.

TAYLOR, L. Qualidade ambiental interna e bem-estar dos ocupantes. **Indoor Environment Quality Review**, United States, v. 7, n. 1, p. 67-82, 2020.

WHITE, P. Inovação e sustentabilidade em construção. **Innovation in Building Design**, Boston, v. 19, n. 2, p. 110-125, 2021.

WILLIAMS, H. Materiais e recursos em construção verde. **Sustainable Materials Journal**, Lancs, v. 23, n. 3, p. 95-110, 2019.