



PUC-SP

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SÃO PAULO
Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia

BEATRIZ MASCHETTI ABRA
GABRIEL MATHEUS DORADO
GUILHERME NUNES MARQUES

ANÁLISE DE IMPACTOS AMBIENTAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL
Medidas para minimização em linha com a COP

SÃO PAULO
2023

BEATRIZ MASCHETTI ABRA	RA00303081
GABRIEL MATHEUS DORADO	RA00303092
GUILHERME NUNES MARQUES	RA00303101

ANÁLISE DE IMPACTOS AMBIENTAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL
Medidas para minimização em linha com a COP

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Banca Examinadora da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, como exigência para aprovação da disciplina TCC II sob orientação do professor Dr. Francisco Xavier Sevegnani.

SÃO PAULO
2023

BEATRIZ MASCHETTI ABRA	RA00303081
GABRIEL MATHEUS DORADO	RA00303092
GUILHERME NUNES MARQUES	RA00303101

ANÁLISE DE IMPACTOS AMBIENTAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL
Medidas para minimização em linha com a COP

Trabalho apresentada à Banca Examinadora da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, como exigência para aprovação na disciplina de TCC II.

Aprovado em:

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Francisco Xavier Sevegnani (PUC-SP)

Profa. Dra. Karen Niccoli Ramirez (PUC-SP)

Profa. Dra. Roberta Vieira Raggi (PUC-SP)

DEDICATÓRIA

Dedicamos este trabalho a todos aqueles que acreditaram em nós e nos apoiaram em cada etapa deste percurso. Em especial, dedicamos à nossa família, que sempre estiveram presentes em todos os momentos, aos amigos, que nos incentivaram a perseguir nossos sonhos, e aos professores, que nos guiaram e nos ensinaram a importância da perseverança e da dedicação. Sem vocês, nada disso seria possível. Obrigado!

AGRADECIMENTO

Agradecemos em primeiro lugar ao nosso orientador Prof. Dr. Francisco Xavier Sevegnani pela paciência, dedicação e conhecimento compartilhado durante todo o processo de elaboração deste trabalho. Aos professores da PUC-SP, que nos ensinaram a importância de levar em conta os impactos ambientais na construção civil e nos incentivaram a buscar soluções sustentáveis. Aos colegas de curso, que compartilharam suas ideias e experiências e nos ajudaram a enriquecer o trabalho. À nossa família e amigos, que nos apoiaram emocionalmente e financeiramente nesta jornada. E, por fim, aos autores das fontes pesquisadas, por disponibilizarem suas obras na internet e contribuírem para a nossa formação acadêmica.

"O conhecimento é uma arma, mas a sabedoria é uma ferramenta."

(William Arthur Ward)

RESUMO

Este estudo aborda o impacto ambiental significativo da construção civil e estratégias de mitigação alinhadas com as diretrizes da Conferência das Partes (COP). Através de uma revisão bibliográfica e um estudo de caso, avaliamos práticas sustentáveis como o uso de materiais de baixo carbono e a integração de tecnologias renováveis. Os resultados indicam a eficácia dessas práticas na redução de emissões e na promoção da sustentabilidade no setor. O estudo de caso exemplifica a aplicabilidade dessas estratégias em projetos reais, destacando os desafios e oportunidades para a construção sustentável. Concluímos que práticas construtivas ambientalmente responsáveis são essenciais para a transição do setor para um futuro sustentável, contribuindo para a descarbonização global.

Palavras-Chave: construção civil, impactos ambientais, sustentabilidade, medidas ambientais, COP.

ABSTRACT

This study addresses the significant environmental impact of the construction industry and mitigation strategies aligned with the Conference of the Parties (COP) guidelines. Through a comprehensive literature review and a detailed case study, we evaluate sustainable practices such as the use of low-carbon materials and the integration of renewable technologies. The findings demonstrate the effectiveness of these practices in emission reduction and advancing sustainability in the sector. The case study exemplifies the practical application of these strategies in real-world projects, highlighting the challenges and opportunities in sustainable construction. We conclude that environmentally responsible construction practices are essential for the sector's transition towards a sustainable future, significantly contributing to global decarbonization efforts.

Keywords: construction industry, environmental impact, sustainability, COP, environmental measures.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Ilustração da participação da construção civil no PIB brasileiro	12
Figura 2 - Cálculo indireto do PIB brasileiro.....	13
Figura 3 - A contribuição das construções sustentáveis para objetivos de desenvolvimento sustentável da ONU	14
Figura 4 - Potencial de mitigação econômica por setor	15
Figura 5 - Emissões do setor da construção por região, projeções para 2021 à 2030	15
Figura 6 - Vida útil econômica de equipamentos e infraestruturas que consomem energia	16
Figura 7 - Entulho no meio ambiente	17
Figura 8 - Ilustração gases do efeito estufa	19
Figura 9 - Sustentabilidade e inovação na construção	20
Figura 10 - Classificação dos resíduos da construção civil.....	22
Figura 11 - Ilustração sobre o efeito estufa.....	23
Figura 12 - Humanidade e a poluição atmosférica.....	24
Figura 13 - Painel de energia solar	27
Figura 14 - Ilustração ESG	28
Figura 15 - Ilustração das Certificações LEED	31
Figura 16 - Placa de reconhecimento certificação Leed Gold Edifício J. Safra Corporate	32
Figura 17 - Estratégias para minimizar o carbono incorporado	33
Figura 18 - Roadmap para a descarbonização	34
Figura 19 - Ilustração do Edifício Birmann 32	36
Figura 20 - Escultura da Baleia.....	37
Figura 21 - Estrutura Metálica da Baleia	37
Figura 22 - Rafael Birmann no interior da baleia.....	38
Figura 23 - Fachada Edifício B32.....	39
Figura 24 - Implantação da área comum	39
Figura 25 - Implantação do térreo.....	40
Figura 26 - Selo Leed Platinum, Edifício B32	41

Figura 27 - Demonstrativo de reconhecimento Selo Leed Platinum, Edifício B32	41
Figura 28 - Vista do Rooftop Baleia, Edifício B32	45
Figura 29 - Vista interna da entrada do teatro, Edifício B32	45
Figura 30 - Vista interna sala do teatro, Edifício B32	46
Figura 31 - Vista interna da estrutura metálica escultura da Baleia, Edifício B32	46
Figura 32 - Vista externa do Edifício B32.....	47
Figura 33 - Ilustração do projeto BIM, Edifício B32.....	48
Figura 34 - Ilustração em 3D do pavimento tipo	49
Figura 35 - Estratégias de Eficiência Energética	50
Figura 36 - Infraestrutura Energética e Sistemas de Resfriamento	52
Figura 37 - Co-Geração de Eletricidade a Gás no Empreendimento B32	54
Figura 38 - Localização Estratégica de Energia no B32	56
Figura 39 - Custo de Energia B32.....	58
Figura 40 - Gestão de Ar Condicionado no Empreendimento B32	60
Figura 41 - Sistema de ar-condicionado	61
Figura 42 - Iluminação Edifício B32	62
Figura 43 - Iluminação Edifício B32	63
Figura 44 - Gestão de Elevadores no empreendimento B32	65
Figura 45 - Ilustração Elevadores Edifício B32	68
Figura 46 - Sistema de Tratamento de Água Edifício B32.....	68
Figura 47 - ETAR - Estação de Tratamento de Reuso	70
Figura 48 - Consumo e Geração de Água do Edifício B32	71
Figura 49 - Sistema de Tratamento de Resíduos Sólidos Edifício B32.....	72
Figura 50 - Sistema de Reciclagem no Edifício B32.....	73
Figura 51 - Performance LEED.....	77

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AQUA	Alta Qualidade Ambiental
BIM	Building Information Modeling (Modelagem de Informações da Construção)
CAG	Geradores de Cogeração (Combined Heat and Power)
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CNN	Cable News Network
CO2	Dióxido de carbono
COP27	27ª Conferência das Partes
EE	Efeito Estufa
ESG	Environmental, Social, Governance (Ambiental, Social e Governança)
ETAR	Estação de Tratamento de Reuso
GBC	Green Building Council
GEE	Gases de Efeito Estufa
GR	Gestão de Resíduos
HQE	Haute Qualité Environnementale (Alta Qualidade Ambiental)
IA	Impacto Ambiental
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICC	Indústria da Construção Civil
IoT	Internet das Coisas, mencionada em relação à manutenção preditiva de elevadores.
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
IRENA	International Renewable Energy Agency (Agência Internacional de Energias Renováveis)
LED	Light Emitting Diode (Diodo Emissor de Luz)
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
MA	Medidas Ambientais
MIA	Minimização do Impacto Ambiental
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NDCs	Contribuições Nacionalmente Determinadas
ONU	Organização das Nações Unidas
PIB	Produto Interno Bruto

RMI	Rocky Mountain Institute
RN	Recursos Naturais
TL	Tecnologias Limpas
UNDP	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
UNEP	United Nations Environment Programme (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente)
USGBC	U.S. Green Building Council (Conselho de Construção Sustentável dos Estados Unidos)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	OBJETIVO.....	3
	2.1. Objetivo Geral	3
	2.2. Objetivos Específicos.....	3
3	METODOLOGIA.....	5
4	JUSTIFICATIVA	7
	4.1. Relevância do Tema	9
	4.2. Estrutura da Pesquisa.....	10
5	DESENVOLVIMENTO.....	12
	5.1. Importância da Construção Civil no cenário mundial	12
	5.1.1 Crescimento da Construção Civil nas últimas décadas	13
	5.1.2 Desenvolvimento Sustentável na construção Civil	13
	5.1.3 Impactos ambientais causados pela Construção Civil.....	14
	5.1.4 Análise dos Impactos Ambientais da Construção Civil	16
	5.1.5 Emissão de gases de efeito estufa.....	17
	5.1.6 Consumo excessivo de água e energia na Construção Civil.....	17
	5.1.7 Geração de Resíduos Sólidos na Construção Civil	21
	5.1.8 Impactos na biodiversidade	22
	5.1.9 Impactos na saúde humana	23
	5.2. Medidas para Minimização dos Impactos Ambientais na Construção Civil 24	
	5.2.1 Utilização de materiais sustentáveis.....	24
	5.2.2 Redução do consumo de energia e água	24
	5.2.3 Geração de energia renovável	25
	5.2.4 Implementação de processos de gestão de resíduos.....	27
	5.2.5 Construção de edificações verdes.....	27
	5.3. O Caminho para a Construção Sustentável.....	28
	5.3.1 ESG (Environmental, Social, Governance).....	28
	5.3.2 Certificação ambiental na Construção Civil	30
	5.3.3 Diretrizes da COP para a Construção Civil e Estratégias de Minimização de Carbono.....	33

6	ESTUDOS DE CASO	36
6.1.	Projeto de construção civil sustentável	36
6.1.1	Descrição do Edifício	36
6.1.2	Importância e Relevância do B32 no contexto da Construção Civil moderna e sustentável:	42
6.2.	Metodologia do Estudo de Caso	43
6.2.1	Abordagem de Pesquisa:	43
6.2.2	Coleta de Dados:	43
6.2.3	Limitações da Pesquisa:	43
6.2.4	Critérios de Seleção de Fontes:	43
6.2.5	Análise de Dados:	44
6.2.6	Tratamento de Citações Diretas:	44
6.2.7	Validade e Confiabilidade:	44
6.2.8	Visita ao Local:	44
6.3.	Análise Construtiva do Edifício B32	47
6.3.1	Projetado com BIM:	47
6.3.2	Implementação de Sustentabilidade	50
6.3.3	Eficiência Energética e Diversificação de Fontes	51
6.4.	Energia	52
6.4.1	Alameda:	52
6.4.2	Geradores de Cogeração (CAG):	53
6.4.3	Torres de Resfriamento (Towers):	55
6.4.4	Transformation Substation:	56
6.4.5	Measurement Gauges:	57
6.4.6	Redundância, Resiliência e Flexibilidade:	57
6.5.	Gestão de Energia no Empreendimento B32:	58
6.5.1	Custos de Energia:	58
6.5.2	Demanda de Energia e Infraestrutura:	58
6.5.3	Subestações:	58
6.5.4	Cogeração e Geradores:	59
6.5.5	Reserva de Combustível:	59
6.6.	Ar-Condicionado	59
6.6.1	Central de Resfriamento (Cooling Plant):	60
6.7.	Gestão de Iluminação: Combinação de Iluminação Natural, LED e Task Lighting	62

6.7.1	Iluminação Natural.....	62
6.7.2	LEDs (Diodos Emissores de Luz).....	63
6.7.3	Task Lighting (Iluminação de Tarefas).....	63
6.7.4	Análise para o Empreendimento B32	64
6.8.	Elevadores	65
6.8.1	Distribuição dos Elevadores	67
6.9.	Gestão da Água:	68
6.10.	ETAR – Estação de tratamento de reuso	70
6.11.	Gestão da Resíduos Sólidos:	72
6.12.	Integração do Empreendimento B32 com as Diretrizes da COP para Sustentabilidade	75
6.12.1	Gestão Hídrica e Alinhamento com a COP:	75
6.12.2	Gestão de Resíduos e a Visão da COP:	75
6.12.3	Energia e Alinhamento com a COP:.....	76
6.12.4	Iluminação Eficiente e Visão da COP.....	76
6.12.5	Implementação da Sustentabilidade	76
6.12.6	Inovação na Concepção do Projeto	76
6.12.7	Certificação e Compatibilidade com a COP	77
6.12.8	Desafios e Oportunidades:	77
7	RESULTADOS OBTIDOS	79
7.1.	Diagnóstico dos Impactos Ambientais na Construção Civil	79
7.2.	Aferição das Práticas Ambientais Vigentes na Construção Civil.....	79
7.3.	Escopo das Políticas e Acordos Internacionais	79
7.4.	Proposição de Medidas Sustentáveis e sua Congruência com as Diretrizes da COP	79
7.5.	Avaliação da Repercussão das Medidas Sugeridas	80
7.6.	Recomendações para Futuros Estudos	80
8	Conclusão.....	81
9	REFERÊNCIAS	82

1 INTRODUÇÃO

A construção civil é um setor vital para a economia global, responsável por proporcionar a infraestrutura e o ambiente construído em que vivemos e trabalhamos. Além disso, desempenha um papel importante na criação de empregos, pois impulsiona outros setores, como materiais para construção civil, serviços especializados e transporte. Segundo um relatório publicado pela Global Perspectives e pela Oxford Economic, a construção é responsável por cerca de 13% do Produto Interno Bruto (PIB) mundial. No contexto brasileiro, de acordo com os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o setor é responsável por aproximadamente 4,5% do (PIB) nacional.

Sua importância vai além dos aspectos econômicos e seu desempenho tem um papel fundamental para a infraestrutura, pois é responsável pela construção e manutenção de estradas, portos, rodovias, aeroportos, sistemas de saneamento básico, energia, que são essenciais para garantir qualidade de vida da população mundial, proporcionando acesso a serviços básicos e facilitando a mobilidade e interação.

No entanto, o setor também é um dos maiores contribuintes para as mudanças climáticas e para a degradação ambiental em todo o mundo. Com a crescente demanda por novas construções e a renovação de estruturas existentes, é imprescindível que sejam adotadas medidas para minimizar o impacto ambiental da construção civil e tornar esse setor mais sustentável. O uso de técnicas construtivas mais eficientes e práticas de gestão ambiental auxiliam na redução dos impactos ambientais, como a emissão de gases de efeito estufa, o consumo de energia e água, e a geração de resíduos.

De acordo com o Relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), a construção civil é responsável por cerca de 40% das emissões globais de gases de efeito estufa, bem como pelo consumo excessivo de recursos naturais, como água e energia, e pela geração de resíduos. A urgência em adotar medidas para mitigar esses impactos não pode ser subestimada, especialmente considerando a crescente população mundial e a consequente necessidade de mais moradias e infraestrutura.

Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo não apenas analisar os impactos ambientais causados pela construção civil, mas também avaliar, por meio

de um estudo de caso detalhado, as medidas ambientais que estão sendo implementadas para minimizar esses impactos. Este estudo de caso permitirá um entendimento mais profundo das estratégias práticas alinhadas com as diretrizes da COP27 e sua aplicabilidade no cenário brasileiro.

A revisão bibliográfica de fontes disponíveis na internet, incluindo artigos científicos, relatórios e guias metodológicos, será complementada por análises de iniciativas reais que ilustram a aplicação das medidas propostas na COP27. Além disso, serão discutidas as implicações dessas iniciativas para a sustentabilidade do setor da construção civil.

Com uma abordagem que integra teoria e prática, esperamos fornecer insights valiosos para pesquisadores, profissionais e formuladores de políticas, e contribuir para a promoção de um futuro mais sustentável e ecologicamente equilibrado no âmbito da construção civil.

2 OBJETIVO

2.1. Objetivo Geral

O objetivo geral desta pesquisa é realizar uma análise abrangente dos impactos ambientais resultantes das atividades da construção civil e propor medidas ambientais práticas e alinhadas com as diretrizes estabelecidas pela Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (COP). Especificamente, este trabalho visa:

Identificar e quantificar os principais impactos ambientais gerados pelo setor da construção civil, com foco em áreas críticas como emissão de gases de efeito estufa, consumo de recursos naturais, geração de resíduos e degradação ambiental.

Avaliar o estado atual das práticas ambientais adotadas na indústria da construção civil, destacando inovações e áreas de potencial melhoria.

Propor e examinar a viabilidade de alternativas sustentáveis e inovadoras para mitigar os impactos identificados, incluindo a análise de um estudo de caso que ilustra a aplicação prática dessas alternativas no contexto real da indústria.

Assegurar que as medidas sugeridas estejam em consonância com os objetivos de descarbonização e resiliência climática estipulados pela COP, enfatizando a aplicabilidade e relevância no setor da construção civil.

Contribuir com diretrizes práticas e baseadas em evidências para a implementação de práticas de construção sustentável, com o intuito de promover a preservação ambiental e direcionar o futuro do setor para um caminho mais sustentável.

Através deste estudo, espera-se oferecer um embasamento sólido para compreender os impactos ambientais associados à construção civil e introduzir soluções práticas que possam ser adotadas pelo setor, visando a mitigação desses impactos e o avanço em direção a um modelo de desenvolvimento sustentável.

2.2. Objetivos Específicos

Alguns objetivos específicos que podem ser considerados são:

Analisar as políticas e acordos internacionais, como a COP. Será realizada uma revisão dos compromissos e diretrizes estabelecidos, relacionados a minimização do impacto ambiental no setor, que estabelecem metas e diretrizes para redução de emissões de gases de efeito estufa e minimização do impacto ambiental. Serão

analisados os compromissos pelos países e as metas estabelecidas em busca da compreensão das diretrizes aplicadas no contexto da construção civil.

Propor medidas ambientais e inovações tecnológicas alinhadas com as metas da COP27 com base na análise dos impactos ambientais e das boas práticas atuais, que possam contribuir para minimizar os impactos ambientais da construção civil, tais como a adoção de materiais sustentáveis, o uso de tecnologias limpas, eficiência energética nos processos construtivos, gestão adequada de resíduos e a redução do consumo de energia.

Avaliar o impacto potencial dessas medidas propostas na indústria da construção civil. Será realizada uma avaliação abrangente dos potenciais impactos nas medidas propostas, levando em consideração a viabilidade financeira e operacional dessas alternativas. Será analisado como essas medidas podem ser adotadas de forma ampla e efetiva no setor, considerando possíveis barreiras e desafios enfrentados na construção civil e na implementação de práticas sustentáveis.

3 METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho consiste em uma revisão bibliográfica de fontes disponíveis na internet, incluindo artigos científicos, relatórios e guias metodológicos. A seleção dos materiais foi baseada em critérios de relevância para o tema e atualidade das informações. Foram utilizadas palavras-chave relacionadas ao tema para realizar buscas em bases de dados acadêmicas e de instituições especializadas em meio ambiente e construção sustentável.

Após a seleção dos materiais, foi realizada a leitura e análise crítica dos textos, com destaque para os pontos relevantes relacionados aos objetivos do trabalho. Os resultados foram organizados em categorias temáticas e sintetizados em um texto coerente e claro.

Para a proposição de medidas ambientais para a minimização dos impactos ambientais da construção civil, foram consultados manuais e guias metodológicos de organizações especializadas em construção sustentável. As medidas foram selecionadas com base na sua efetividade e viabilidade técnica e econômica.

A análise do estudo de caso será utilizada para aplicar e examinar as informações e estratégias obtidas pela revisão bibliográfica em um contexto prático. A seleção do estudo de caso será baseada em critérios como representatividade do setor, disponibilidade de dados, e relevância para os objetivos de sustentabilidade. Serão coletados dados específicos do caso, como métodos de construção, práticas de gestão de recursos, políticas de sustentabilidade adotadas, e resultados obtidos. A metodologia para análise do estudo de caso incluirá:

Descrição Detalhada: Apresentação do projeto ou da entidade analisada, incluindo contexto, objetivos e práticas adotadas.

Avaliação Qualitativa e Quantitativa: Medição dos impactos ambientais utilizando indicadores específicos e comparação com padrões ou metas de sustentabilidade.

Comparação com a Literatura: Confronto das práticas do estudo de caso com as descobertas da revisão bibliográfica.

Síntese de Lições Aprendidas: Destilação de insights práticos que podem informar a implementação de medidas ambientais em outros projetos ou contextos da construção civil.

Essa metodologia híbrida permite não apenas a compreensão teórica dos desafios ambientais e das medidas de mitigação, mas também proporciona uma visão

prática de como tais estratégias podem ser implementadas e quais os seus resultados efetivos.

4 JUSTIFICATIVA

A construção civil é uma das indústrias mais importantes do mundo, mas também é uma das que mais impacta o meio ambiente. A crescente demanda por novas construções e a necessidade de renovação de estruturas antigas trazem consigo diversos problemas ambientais, tais como a emissão de gases de efeito estufa, o consumo excessivo de água e energia e a geração de resíduos. Além disso, a construção civil também impacta a sociedade de forma significativa, com a geração de empregos e o aumento da qualidade de vida proporcionado pelos edifícios construídos.

Nesse contexto, é fundamental a adoção de medidas para minimizar os impactos ambientais causados pela construção civil, de modo a garantir um desenvolvimento mais sustentável desse setor e contribuir para a mitigação das mudanças climáticas. Portanto, este trabalho se justifica pela importância de analisar os impactos ambientais causados pela construção civil e propor medidas ambientais para minimização desses impactos, em linha com as medidas da COP.

Com este estudo, espera-se contribuir para a disseminação do conhecimento sobre a importância da adoção de medidas sustentáveis na construção civil e fornece diretrizes para profissionais do setor, visando a promoção de práticas mais sustentáveis e responsáveis em suas atividades. Além disso, espera-se que este trabalho possa inspirar outras pesquisas e ações que busquem soluções para os desafios ambientais enfrentados pelo setor da construção civil.

A COP (Conferência das Partes) é um evento de grande relevância no contexto das mudanças climáticas e tem como objetivo principal promover a cooperação global para mitigar os impactos ambientais e reduzir as emissões de gases de efeito estufa. No âmbito da análise de impactos ambientais na construção civil, é fundamental compreender os principais itens e princípios discutidos durante a conferência, a fim de alinhar as medidas ambientais propostas com as ações da COP. A seguir, apresentaremos uma resenha dos principais itens e princípios da COP relacionados ao tema proposto:

1. Acordo de Paris: O Acordo de Paris, celebrado durante a COP 21, é um marco internacional no combate às mudanças climáticas. Ele estabelece metas para limitar o aumento da temperatura global e busca fortalecer a resposta global às mudanças climáticas. No contexto da construção civil, o Acordo de Paris direciona a necessidade de reduzir as emissões de gases de efeito estufa na fase de construção e operação de edificações, bem como promover a adoção de práticas mais sustentáveis.
2. As Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDC) são o compromisso de cada país para reduzir as suas emissões de gases com efeito de estufa. No contexto da construção rural, os países podem acrescentar objetivos e estratégias específicas ao setor, como a promoção da eficiência energética dos edifícios, a adoção de materiais de construção sustentáveis e a implementação de práticas de gestão de resíduos.
3. Financiamento climático: O financiamento climático é um elemento-chave discutido na COP, especialmente no que se refere ao apoio financeiro dos países desenvolvidos aos países em desenvolvimento. No contexto da construção civil, o financiamento climático pode ser direcionado para projetos de construção sustentável, como a implementação de sistemas de energia renovável em edifícios e a melhoria da infraestrutura urbana para reduzir o consumo de água e energia.
4. Adaptação e resiliência: A adaptação às mudanças climáticas e a promoção da resiliência são aspectos essenciais a serem considerados na construção civil. Durante a COP, são discutidas estratégias e medidas para melhorar a resiliência dos edifícios e infraestruturas frente aos impactos das mudanças climáticas, como a adoção de técnicas de construção que reduzam a vulnerabilidade às inundações e tempestades.
5. Desenvolvimento de tecnologias e inovação: A COP também enfatiza a importância do desenvolvimento e da transferência de tecnologias sustentáveis. No setor da construção civil, isso inclui o avanço de tecnologias verdes, como sistemas de energia renovável integrados a edifícios, materiais de construção de baixa pegada de carbono e técnicas de construção mais eficientes.

4.1. Relevância do Tema

A construção sustentável é uma medida crucial para a minimização dos impactos ambientais causados pela construção civil (Ministério do Meio Ambiente, 2021). De acordo com o Relatório Global de Status de Construção e Edificação de 2022, elaborado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP), a construção sustentável desempenha um papel fundamental na redução dos impactos ambientais e na busca pela mitigação das mudanças climáticas (UNEP, 2022). Além disso, a Comissão Global sobre Economia e Clima destaca a importância das construções sustentáveis na luta contra as mudanças climáticas e ressalta a necessidade de investimentos nesse setor para a redução de emissões de gases de efeito estufa (Comissão Global sobre Economia e Clima, 2018).

No livro "Avaliação de Impacto Ambiental: Conceitos e Métodos", de Guimarães e Oliveira, são abordados os conceitos e métodos de avaliação de impacto ambiental na construção civil (Guimarães & Oliveira, 2019). Estudos recentes indicam que o setor da construção civil enfrenta desafios na descarbonização até 2050, conforme discutido na COP (Um Só Planeta - Globo, 2022; Agência Brasil, 2022).

Por outro lado, o Brasil tem assumido um papel de protagonismo na COP, buscando soluções sustentáveis para o setor da construção civil e comprometendo-se com a redução de emissões de gases de efeito estufa (CNN Brasil, 2022). Avanços significativos rumo à descarbonização no setor da construção civil foram observados em 2021, com destaque para iniciativas e projetos que visam à redução das emissões de gases de efeito estufa (ArchDaily Brasil, 2021).

A importância da construção sustentável também pode ser vista em outras fontes. O Ministério do Meio Ambiente enfatiza a necessidade de transformação na construção civil para adoção de métodos sustentáveis (Ministério do Meio Ambiente, 2021). O Rocky Mountain Institute destaca as inovações e oportunidades para a construção sustentável no Brasil, ressaltando os benefícios econômicos e ambientais que essas práticas podem trazer (Rocky Mountain Institute, 2021). O "Relatório Global de Status de Construção e Edificação 2022" apresenta uma análise global da situação atual da construção sustentável e reforça a importância das práticas sustentáveis na construção civil (UNEP, 2022). O relatório da Comissão Global sobre Economia e Clima destaca a importância das construções sustentáveis na luta contra as mudanças climáticas (Comissão Global sobre Economia e Clima, 2018). Além disso, o livro "Avaliação de Impacto Ambiental: Conceitos e Métodos" enfatiza a importância

da análise de impactos ambientais causados pela construção civil (Guimarães & Oliveira, 2019).

Essas pesquisas bibliográficas evidenciam os desafios e soluções existentes no campo da construção sustentável, que visam à redução dos impactos ambientais e à mitigação das mudanças climáticas. A adoção de práticas sustentáveis na construção civil é crucial para minimizar o consumo de recursos naturais e reduzir as emissões de gases de efeito estufa.

4.2. Estrutura da Pesquisa

A estruturação da pesquisa é feita de maneira que permita uma compreensão gradual e detalhada do tema em questão, proporcionando ao leitor uma visão abrangente dos elementos envolvidos na construção civil sustentável e suas implicações ambientais. O trabalho é dividido da seguinte forma:

Introdução: O capítulo inicial introduz o tema da construção civil sustentável, destacando sua relevância no contexto atual. Aqui, são delineadas as motivações para a escolha do tema, assim como os objetivos gerais e específicos que norteiam a pesquisa.

Objetivo: Este capítulo é dedicado a esclarecer as intenções da pesquisa. Descreve-se o objetivo geral, que guia a direção do trabalho, e os objetivos específicos, que detalham as questões particulares a serem abordadas para o alcance do objetivo maior.

Metodologia: A metodologia utilizada na pesquisa é descrita no terceiro capítulo, onde se explicam as técnicas e os métodos empregados para a coleta e análise de dados, garantindo a solidez e a validade dos resultados obtidos.

Justificativa: No quarto capítulo, justifica-se a importância da pesquisa, argumentando a necessidade de se investigar os impactos ambientais da construção civil e as possíveis estratégias de mitigação, destacando a contribuição do estudo para o campo.

Desenvolvimento: Este é o capítulo mais extenso e está subdividido em várias seções que discutem a importância da construção civil no cenário mundial, os impactos ambientais gerados por ela, as medidas para minimização desses impactos, e as diretrizes da COP para a construção civil sustentável.

Estudos de Caso: Neste capítulo, são apresentados estudos de caso específicos que exemplificam as práticas de construção civil sustentável, fornecendo um entendimento prático e crítico das teorias discutidas anteriormente.

Resultados Obtidos: As descobertas fundamentais da pesquisa são compiladas e discutidas neste capítulo. Avaliam-se os impactos ambientais da construção civil e as práticas ambientais em vigor, assim como a adequação dessas práticas às políticas e acordos internacionais.

Conclusão: As conclusões tiradas da pesquisa são apresentadas, ressaltando as principais contribuições e considerações finais. Adicionalmente, recomendam-se direções para pesquisas futuras, baseando-se nos resultados e descobertas obtidas.

Cada capítulo é construído de forma a dar continuidade e aprofundar o entendimento da pesquisa, assegurando que o leitor acompanhe a lógica e o desenvolvimento do estudo de forma coerente e integrada.

5 DESENVOLVIMENTO

5.1. Importância da Construção Civil no cenário mundial

A construção civil é uma das principais atividades econômicas do mundo, responsável pela criação dos imóveis que abrigam pessoas e contribuem para o desenvolvimento das cidades, construindo espaços públicos e privados para atividades comerciais, culturais, educacionais, entre outras. Além disso, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a construção civil é responsável por cerca de 30% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro e emprega aproximadamente 2 milhões de pessoas no país. A Figura 1 e Figura 2 temos uma ilustração representando tal relação. A construção civil apresenta uma grande relevância econômica, de acordo com o Global Infrastructure Outlook, a infraestrutura global precisará de um investimento de US\$ 94 trilhões até 2040 para atender o crescimento e desenvolvimento populacional, sendo a construção civil grande responsável por parte desse investimento. Segundo a Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (COP) é fundamental que os líderes mundiais reconheçam a importância da construção civil na economia global e seu grande impacto ambiental.

Figura 1 - Ilustração da participação da construção civil no PIB brasileiro



Fonte: Feicon,2023.

Figura 2 - Cálculo indireto do PIB brasileiro



Fonte: Feicon,2023.

5.1.1 Crescimento da Construção Civil nas últimas décadas

Nos últimos anos, a Construção Civil tem experimentado um crescimento significativo devido ao aumento da demanda por novas construções e a necessidade de renovação de estruturas antigas. Esse crescimento está relacionado ao desenvolvimento econômico e ao crescimento populacional, que impulsionam a construção de moradias, infraestruturas e edifícios comerciais. No entanto, esse crescimento também traz consigo desafios, principalmente em relação aos impactos ambientais causados pela Construção Civil. É importante que esse setor acompanhe esse crescimento de forma sustentável, adotando medidas e tecnologias que reduzam seu impacto negativo sobre o meio ambiente.

5.1.2 Desenvolvimento Sustentável na construção Civil

Diante dos impactos ambientais causados pela Construção Civil, tem havido uma crescente conscientização sobre a importância do desenvolvimento sustentável nesse setor, conforme Figura 3. O desenvolvimento sustentável na Construção Civil envolve a adoção de práticas e tecnologias que visam minimizar os impactos ambientais, reduzir o consumo de recursos naturais, promover a eficiência energética, gerenciar adequadamente os resíduos gerados e priorizar o uso de materiais sustentáveis. Essas práticas sustentáveis podem contribuir para a preservação do meio ambiente, a redução das emissões de gases de efeito estufa e a promoção de um futuro mais sustentável.

Figura 3 - A contribuição das construções sustentáveis para objetivos de desenvolvimento sustentável da ONU

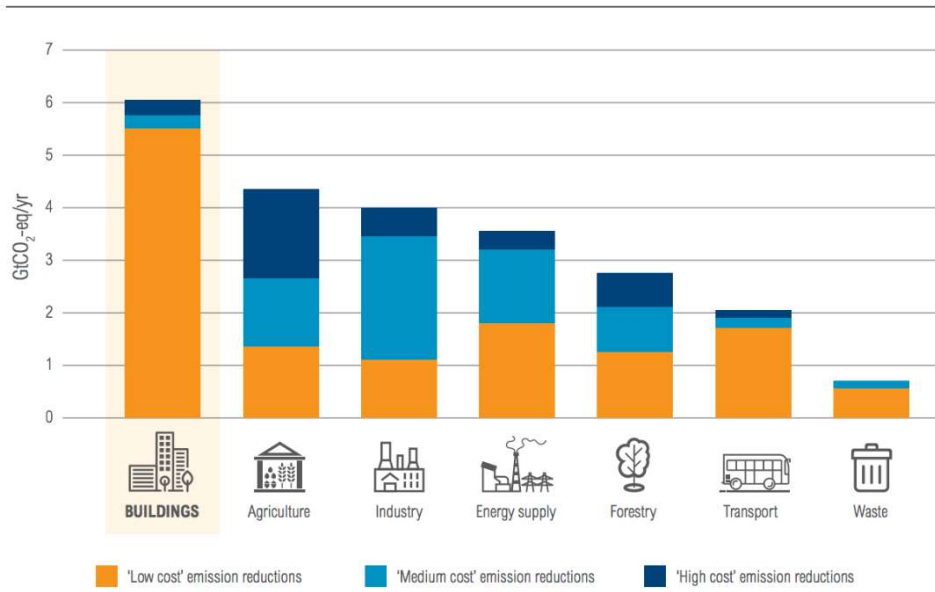


Fonte: GBC, 2020.

5.1.3 Impactos ambientais causados pela Construção Civil

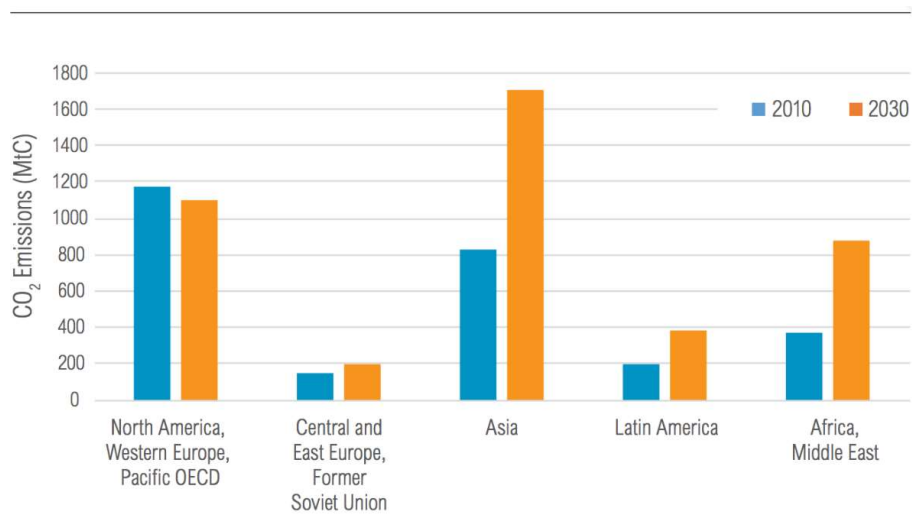
A Construção Civil possui um grande impacto nas áreas ambientais, sociais e econômicas. A Figura 4 mostra graficamente o potencial de mitigação economia por setor e a Figura 5 ilustra a projeção de emissões do setor da construção por região, projeções para 2021 a 2030.

Figura 4 - Potencial de mitigação econômica por setor



Fonte: CUBI Energia,2019.

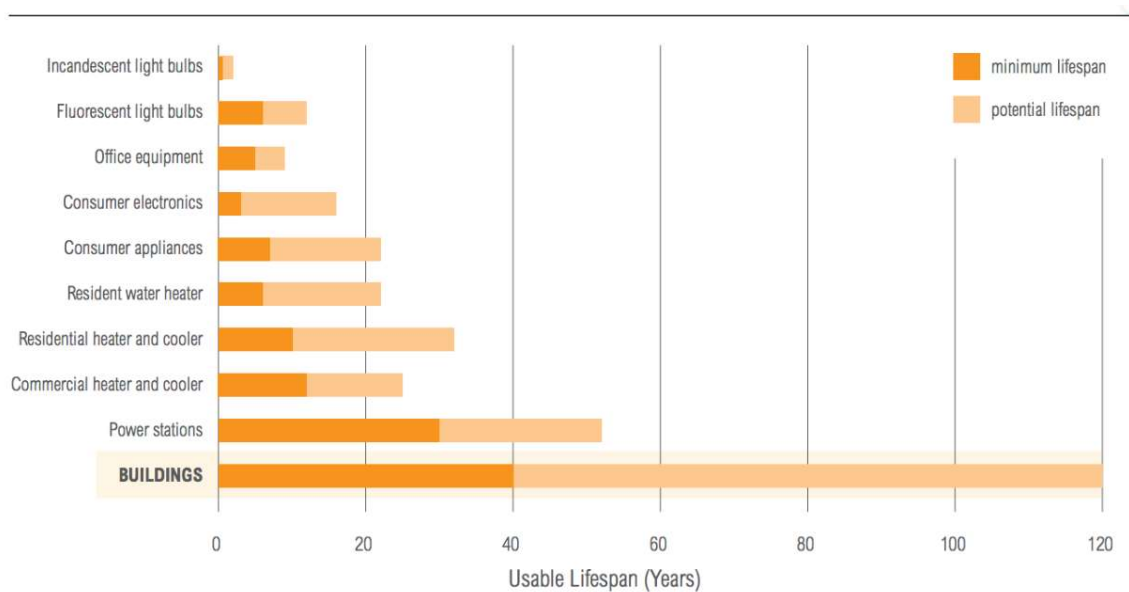
Figura 5 - Emissões do setor da construção por região, projeções para 2021 à 2030



Fonte: CUBI Energia,2019.

Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), esse a construção civil é responsável por cerca de 30% das emissões globais de gases de efeito estufa, 40% do consumo global de energia e 25% do consumo global de água. Além disso, a Construção Civil consome recursos naturais em larga escala, como água, madeira, minerais e energia, o que contribui para seu esgotamento. A Figura 6 mostra a vida útil econômica de equipamentos e infraestruturas que consomem energia. Além disso, a geração de resíduos provenientes da construção e demolição de estruturas também é um desafio a ser enfrentado. Esses impactos ambientais afetam negativamente a qualidade do ar, da água e do solo, além de contribuírem para as mudanças climáticas.

Figura 6 - Vida útil econômica de equipamentos e infraestruturas que consomem energia



Fonte: CUBI Energia, 2019.

5.1.4 Análise dos Impactos Ambientais da Construção Civil

Nesta seção, serão apresentados os principais impactos ambientais decorrentes da atividade da construção civil. Serão abordados os seguintes temas: emissão de gases de efeito estufa, consumo excessivo de água e energia, geração de resíduos sólidos no meio ambiente ilustrado na Figura 7, impactos na biodiversidade e impactos na saúde humana.

Figura 7 - Entulho no meio ambiente



Fonte: Decorfacil,2023.

5.1.5 Emissão de gases de efeito estufa

A construção civil é responsável por uma parcela significativa das emissões de gases de efeito estufa, contribuindo para o aquecimento global e as mudanças climáticas. Durante as etapas de construção, operação e manutenção de edifícios, diversas atividades são fontes de emissão desses gases, tais como o consumo de energia, transporte de materiais e a produção de materiais de construção.

Estudos recentes, como o artigo "An Exploratory Study on the Impact of the Construction Industry on Climate Change" (Elhegazy et al., 2021), destacam a necessidade de reduzir as emissões de gases de efeito estufa na construção civil. Medidas sustentáveis, como a utilização de materiais de construção com baixa pegada de carbono, a adoção de técnicas construtivas eficientes e o uso de fontes de energia renovável nos edifícios, podem contribuir para essa redução.

5.1.6 Consumo excessivo de água e energia na Construção Civil

A construção civil é uma indústria que demanda um considerável consumo de recursos hídricos e energéticos ao longo de todas as fases dos empreendimentos. Estudos recentes, como o de Marques e Brandli (2017), mostram que a construção civil demanda um consumo considerável de recursos hídricos e energéticos em todas as fases dos empreendimentos.

.O consumo de água na construção civil ocorre em diversas etapas, como na preparação de argamassas e concretos, na limpeza de equipamentos e áreas de trabalho, na irrigação de jardins e no abastecimento de sanitários provisórios. Já o consumo de energia está associado ao funcionamento de máquinas e equipamentos, sistemas de iluminação, climatização, elevadores, entre outros.

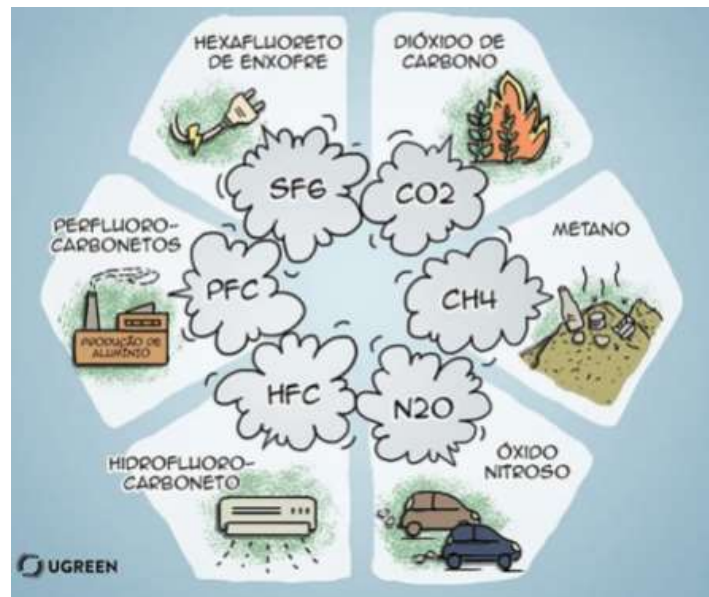
Uma das abordagens para reduzir o consumo excessivo de água e energia na construção civil é a adoção de práticas sustentáveis e tecnologias eficientes. A reutilização de água é uma estratégia importante, como a captação e o tratamento de água de chuva para usos não potáveis, como a irrigação e a descarga sanitária. Além disso, é possível utilizar equipamentos e sistemas de baixo consumo, como chuveiros e torneiras com arejadores, luminárias LED, sistemas de aquecimento solar e isolamento térmico eficiente.

De acordo com a UGREEN, a construção civil é uma das principais contribuintes para as emissões de gases do efeito estufa, desempenhando um papel central no problema global da pegada de carbono (UGREEN, s.d.). Essas emissões estão diretamente relacionadas à liberação de gases poluentes, como dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorcarbonetos (HFC), perfluorcarbonetos (PFC) e hexafluoreto de enxofre (SF₆). Cada um desses gases tem diferentes potenciais de aquecimento global, sendo o óxido nitroso 310 vezes mais prejudicial que o dióxido de carbono. Portanto, a pegada de carbono é uma metodologia que converte todas essas emissões em carbono equivalente, tornando possível a contabilização e a comparação de seus impactos ambientais (UGREEN, s.d.).

O impacto ambiental causado por essas substâncias ganhou destaque na sociedade e na mídia, levando a discussões e tratados internacionais. O Acordo de Paris, assinado por 195 países durante a COP21 em 2015, estabeleceu metas e medidas para conter o aquecimento global (UNFCCC, 2015). Os países signatários, incluindo o Brasil, se comprometeram a tomar ações para reduzir suas emissões de gases do efeito estufa, adaptar-se às mudanças climáticas e investir em soluções sustentáveis. No caso do Brasil, as metas incluem uma redução de 66% nas emissões de GEE por unidade do PIB até 2025 e de 75% até 2030, em relação aos níveis de 2005 (Ministério do Meio Ambiente, 2021). Diante desses desafios, muitos setores industriais, incluindo a construção civil, estão se esforçando para reduzir suas

pegadas de carbono. No entanto, apesar dos avanços, ainda há muito a ser feito. A Figura 8 apresenta uma ilustração sobre os gases do efeito estufa.

Figura 8 - Ilustração gases do efeito estufa



Fonte: UGREEN,2020.

A escolha de materiais de construção com menor impacto ambiental também é relevante. Por exemplo, a utilização de blocos de concreto celular autoclavado, que demandam menor consumo de água e energia em sua fabricação, em substituição aos blocos cerâmicos tradicionais (World Green Building Council, 2021). Além disso, é fundamental projetar edificações com foco na eficiência energética, considerando o aproveitamento da iluminação natural, ventilação cruzada e isolamento térmico adequado (U.S. Department of Energy, 2023). A conscientização dos profissionais da construção civil é essencial para a promoção da utilização racional dos recursos naturais. A capacitação e o treinamento dos trabalhadores sobre práticas sustentáveis, o estabelecimento de diretrizes claras para o uso eficiente de água e energia nos canteiros de obras e a implementação de sistemas de gestão ambiental são estratégias importantes nesse sentido (U.S. Green Building Council, 2023).

A certificação ambiental de edifícios também desempenha um papel relevante na redução do consumo excessivo de água e energia. Certificações como o LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) e o AQUA (Alta Qualidade Ambiental) estabelecem critérios rigorosos e diretrizes para a construção sustentável,

incentivando a adoção de boas práticas e tecnologias que visam à eficiência energética e ao uso consciente dos recursos naturais. (USGBC, 2023) (Fundação Vanzolini, 2023). Vencer ou participar de projetos certificados pode elevar a reputação da construtora e destacá-la como líder em construção sustentável (USGBC, 2023). Edifícios mais eficientes em termos de recursos tendem a ter custos operacionais mais baixos ao longo do tempo, o que beneficia tanto a construtora quanto os futuros proprietários (BREEAM, 2023). Alguns governos oferecem incentivos fiscais, como reduções de impostos ou créditos fiscais, para projetos certificados que atendam a determinados critérios de sustentabilidade (EPA, 2023). Construtoras que trabalham em projetos certificados podem ter acesso mais fácil a financiamentos verdes com condições favoráveis, incentivando investimentos sustentáveis (EPA, 2023). A participação em projetos certificados oferece oportunidades de marketing para a construtora, destacando seu compromisso com a sustentabilidade e a responsabilidade ambiental (Fundação Vanzolini, 2023). A Figura 9 representa um cenário onde a sustentabilidade se entrelaça com a as inovações da indústria da construção civil.

Figura 9 - Sustentabilidade e inovação na construção



Fonte: Centro de Tecnologia de Edifícios, 2020.

5.1.7 Geração de Resíduos Sólidos na Construção Civil

A construção civil é responsável por uma quantidade significativa de resíduos sólidos, provenientes de atividades de demolição, construção e reforma. Esses resíduos representam um desafio ambiental, uma vez que podem ser prejudiciais ao solo, à água e ao ar, além de ocuparem espaço nos aterros sanitários (Environmental Protection Agency, 2023).

A implementação de práticas de gestão de resíduos é essencial para minimizar os impactos ambientais. Isso inclui a separação e destinação correta dos resíduos, a promoção da reciclagem e reutilização de materiais, a utilização de técnicas de construção sustentáveis que reduzem a geração de resíduos, bem como a conscientização dos profissionais da construção sobre a importância da redução e reciclagem dos resíduos gerados (U.S. Green Building Council, 2023).

A geração de resíduos na construção civil é frequentemente classificada de acordo com suas características e origens. Essa classificação é útil para orientar a gestão adequada dos resíduos e promover a reciclagem e reutilização e estará ilustrada na Figura 10. Aqui está a explicação das classificações A, B, C e D, com referência à norma brasileira:

- **Classe A (Resíduos Não Inertes):** Os resíduos da Classe A são considerados não inertes, ou seja, podem reagir quimicamente com o meio ambiente. Isso inclui materiais como concreto, argamassa, tijolos, cerâmica, solo e outros materiais minerais não orgânicos. Esses resíduos são tipicamente recicláveis e podem ser usados em processos de reciclagem e construção.
- **Classe B (Resíduos Inertes):** Os resíduos da Classe B são inertes e não reagem quimicamente com o meio ambiente. Isso inclui materiais como gesso, vidro, plástico não reciclável, madeira tratada e outros materiais que não apresentam riscos significativos ao meio ambiente. Eles também são passíveis de reciclagem ou podem ser usados como cobertura de aterros.
- **Classe C (Resíduos Não Recicláveis Não Inertes):** Os resíduos da Classe C são aqueles que não são recicláveis e não são inertes. Isso pode incluir materiais como tintas, solventes, produtos químicos e outros resíduos que podem ser prejudiciais ao meio ambiente ou à saúde humana. Esses resíduos devem ser gerenciados de forma apropriada, seguindo regulamentações específicas para seu tratamento e descarte.

- **Classe D (Resíduos Perigosos):** Os resíduos da Classe D são considerados perigosos devido à presença de substâncias que representam riscos significativos para a saúde humana e o meio ambiente. Isso inclui produtos químicos tóxicos, amianto, produtos químicos inflamáveis e outros materiais perigosos. A gestão de resíduos perigosos é altamente regulamentada e requer cuidados especiais.

Figura 10 - Classificação dos resíduos da construção civil

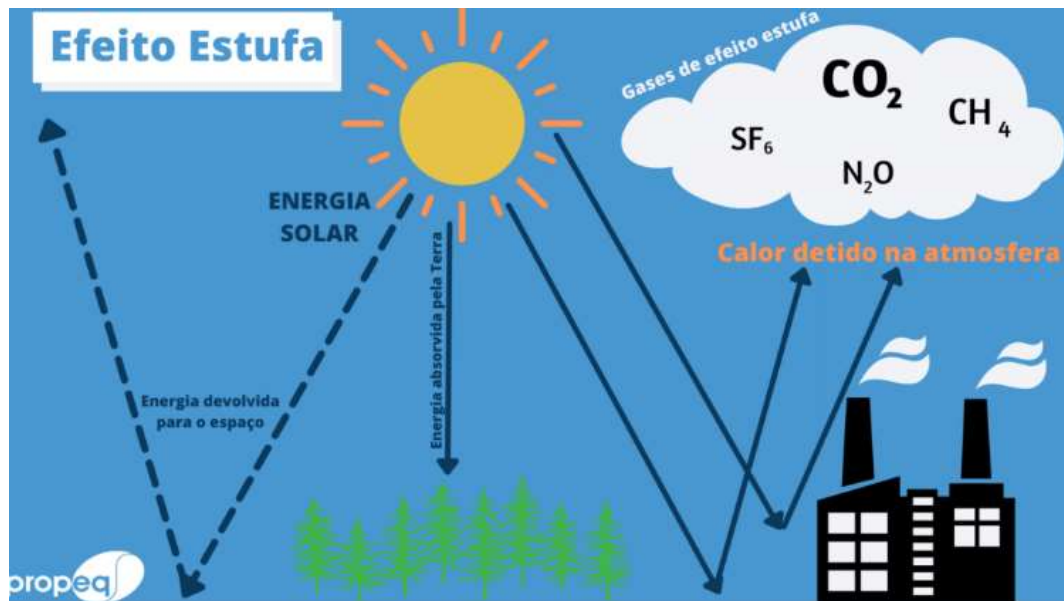


Fonte: PGRS Brasil, 2020.

5.1.8 Impactos na biodiversidade

A construção civil pode ter impactos significativos na biodiversidade, devido à destruição e fragmentação de habitats naturais para dar lugar a edifícios e infraestruturas (WWF, 2021). A perda de habitats pode levar à redução da diversidade de espécies, desequilíbrio dos ecossistemas e extinção de espécies nativas (IUCN, 2020). Para mitigar esses impactos, é necessário realizar estudos de impacto ambiental antes do início das obras, a fim de identificar áreas de importância ambiental e propor medidas compensatórias (Ministério do Meio Ambiente, 2018). A adoção de técnicas de construção sustentáveis que minimizam o impacto sobre os ecossistemas, o uso de áreas já degradadas para construções e a promoção de iniciativas de conservação da biodiversidade são medidas importantes a serem consideradas (UNEP, 2019). A Figura 11 nos traz uma ilustração sobre o efeito estufa.

Figura 11 - Ilustração sobre o efeito estufa



Fonte: Propec,2022.

5.1.9 Impactos na saúde humana

A construção civil pode ter impactos na saúde humana devido à exposição a substâncias tóxicas presentes em materiais de construção, poluentes atmosféricos, ruídos e vibrações, entre outros. Esses impactos podem afetar tanto os trabalhadores da construção quanto os usuários dos edifícios.

A utilização de materiais de construção saudáveis, que não contenham substâncias nocivas, a implementação de medidas de controle de poluição do ar e de ruídos nos canteiros de obra, a promoção de boas práticas de segurança e saúde ocupacional, bem como a criação de ambientes internos saudáveis nos edifícios, são ações que contribuem para a redução dos impactos na saúde humana. A Figura 12 apresenta a imagem de uma criança utilizando uma máscara para filtrar o ar poluído, enquanto segura uma planta verde, simbolizando práticas sustentáveis.

Figura 12 - Humanidade e a poluição atmosférica



Fonte: Saúde e Sustentabilidade,2022.

5.2. Medidas para Minimização dos Impactos Ambientais na Construção Civil

5.2.1 Utilização de materiais sustentáveis

A utilização de materiais sustentáveis na construção civil desempenha um papel crucial na minimização dos impactos ambientais. Esses materiais são caracterizados por serem produzidos a partir de recursos renováveis, terem baixa emissão de poluentes durante a fabricação e possuírem menor impacto na extração e no transporte (MMA, 2022).

Um exemplo de material sustentável amplamente utilizado na construção civil é o concreto de baixo impacto ambiental, que utiliza adições minerais em substituição ao cimento Portland, reduzindo a emissão de CO₂ na produção. Além disso, a utilização de madeira certificada proveniente de manejo sustentável, como o uso de madeira de reflorestamento, contribui para a preservação de florestas nativas.

5.2.2 Redução do consumo de energia e água

A redução do consumo de energia e água é uma medida crucial para a minimização dos impactos ambientais na construção civil. A implementação de estratégias de eficiência energética, como o uso de isolamento térmico, iluminação

LED e sistemas de climatização eficientes, pode resultar em uma redução significativa no consumo de energia elétrica (UNEP, 2022).

Da mesma forma, a adoção de tecnologias de reuso de água, como sistemas de captação de águas pluviais e reutilização de águas cinzas, contribui para a preservação desse recurso natural tão importante. Além disso, a conscientização dos usuários e a implementação de medidas de uso racional da água, como a instalação de dispositivos economizadores nos sistemas hidráulicos, também desempenham um papel fundamental na redução do consumo (RMI, 2021).

5.2.3 Geração de energia renovável

A geração de energia renovável no setor da construção civil é uma medida promissora para minimizar os impactos ambientais. A instalação de sistemas fotovoltaicos nos telhados das edificações, por exemplo, permite a produção de energia limpa e renovável a partir da luz solar. Essa energia pode ser utilizada para suprir parte da demanda energética do edifício, reduzindo a dependência de fontes não renováveis (IRENA, 2022).

Além disso, a implementação de sistemas de cogeração, que combinam a produção de eletricidade e calor, e a utilização de sistemas de aquecimento solar podem contribuir para a redução do consumo de energia elétrica e a emissão de gases de efeito estufa (USGBC, 2022).

A energia solar é uma fonte de energia limpa e renovável que tem se tornado cada vez mais importante nas últimas décadas. Nasceu do conhecimento e desenvolvimento da tecnologia fotovoltaica, que converte a luz solar em eletricidade. Segundo Smith (2017), o princípio da conversão fotoelétrica foi proposto pela primeira vez por Albert Einstein em 1905, e a primeira célula solar foi fabricada pelos Laboratórios Bell, nos Estados Unidos, em 1954.

A importância da energia solar é inegável, especialmente à luz da crise energética global e da necessidade de reduzir as emissões de gases com efeito de estufa. A energia solar é uma alternativa importante para diversificar a matriz energética, reduzir a dependência de recursos fósseis e mitigar as mudanças climáticas.

Quando se trata de custo, a energia solar tem se tornado cada vez mais acessível. O custo de instalação de sistemas fotovoltaicos diminuiu significativamente nas últimas décadas, tornando a energia solar competitiva em comparação às fontes de energia tradicionais em muitas regiões. Isto incentivou a implantação em larga escala de energia solar em residências, empresas e projetos de grande escala. Os benefícios da energia solar são muitos. Não só é uma fonte de energia limpa, mas também é inesgotável, ao contrário dos combustíveis fósseis. A energia solar também contribui para a criação de empregos, promove a independência energética e reduz os custos de eletricidade no longo prazo. No entanto, também é importante considerar os potenciais danos da energia solar. A principal desvantagem é que a geração de energia depende da disponibilidade de luz solar, por isso é gerada de forma intermitente. Isto requer o uso de sistemas de armazenamento de energia, como baterias, o que pode aumentar os custos e impactar o meio ambiente. Além disso, a produção de painéis solares envolve extração de materiais e processos industriais que geram resíduos e impactos ambientais. O descarte inadequado de painéis solares no final de sua vida útil também pode ser um problema.

Em resumo, a energia solar representada pela Figura 13, é uma fonte de energia que tem origem na tecnologia fotovoltaica e é de grande importância para a redução das emissões de gases de efeito estufa e para a diversificação da matriz energética. Apesar dos benefícios, as discussões sobre uso sustentável e expansão futura também devem considerar custos, interrupções de produção e potenciais impactos ambientais.

Figura 13 - Painel de energia solar



Fonte: Blue Sol,2020.

5.2.4 Implementação de processos de gestão de resíduos

A implementação de processos de gestão de resíduos é essencial para minimizar os impactos ambientais na construção civil. Através da segregação dos resíduos, reciclagem, reutilização e destinação correta dos materiais descartados, é possível reduzir a quantidade de resíduos enviados para aterros sanitários e promover a economia circular (CETESB, 2022).

Um exemplo de prática sustentável nesse aspecto é a utilização de resíduos da própria construção, como concreto e tijolos quebrados, na produção de novos materiais, como agregados reciclados. Além disso, a implementação de programas de coleta seletiva nos canteiros de obra e parcerias com empresas de reciclagem são medidas importantes para o gerenciamento adequado dos resíduos (Guimarães & Oliveira, 2019).

5.2.5 Construção de edificações verdes

A construção de edificações verdes, também conhecidas como construções sustentáveis, visa reduzir os impactos ambientais ao longo do ciclo de vida do empreendimento. Essas edificações são projetadas e construídas levando em consideração aspectos como eficiência energética, uso de materiais sustentáveis, qualidade ambiental interna, gestão de resíduos e uso racional da água (USGBC, 2022).

A implementação de estratégias como o design bioclimático, que utiliza características do ambiente para otimizar o uso de energia e conforto térmico, e a instalação de sistemas de captação de água da chuva para uso não potável são exemplos de práticas adotadas em edificações verdes. Além disso, a promoção do bem-estar dos ocupantes, através de espaços mais saudáveis e de qualidade, é um aspecto importante dessas construções (GBC Brasil, 2022).

5.3. O Caminho para a Construção Sustentável

5.3.1 ESG (Environmental, Social, Governance)

Visando a diminuição dos impactos ambientais, foram criados alguns critérios essenciais a serem seguidos, para avaliar a sustentabilidade do negócio e ética do setor. ESG (Environmental, Social, Governance) ilustrado na Figura 14 tornou-se uma consideração importante para empresas e investidores no Brasil e no mundo. Estas normas abordam a responsabilidade corporativa em relação a questões ambientais, sociais e de governança e refletem o crescente interesse pela sustentabilidade e pela ética nos negócios. (Equipe TOTVS, 2023)

Figura 14 - Ilustração ESG



Fonte: Passport, 2021.

O governo brasileiro tem participado de iniciativas internacionais, como o Acordo de Paris, comprometendo-se com a redução das emissões de carbono e a

preservação do meio ambiente. A Ministra do Meio Ambiente, Izabella Teixeira, enfatizou o compromisso do Brasil com o ESG ao afirmar que "o país está empenhado em construir uma economia sustentável e de baixo carbono."

Apesar dos avanços, tanto no Brasil quanto no mundo, persistem desafios significativos. Questões como a desigualdade social, as mudanças climáticas e a má governança representam ameaças para a estabilidade e a sustentabilidade.

O primeiro passo para ser incluída em um índice de ESG é estar listada na Bolsa de Valores, ou estar a caminho de abrir o capital. A pontuação é feita por várias agências com e sem fins lucrativos. Essas organizações fornecem análises detalhadas de empresas com base em dados fundamentais e especializados. Além disso, as empresas devem fornecer políticas que se concentrem em questões relacionadas aos mesmos tópicos que as suas políticas de indexação. Um dos sistemas de classificação mais utilizados no mundo é o MSCI ESG Score, que analisa riscos em 10 categorias ambientais, sociais e de governação.

Dentre as vantagens de ser ESG está a redução de custos, é um dos principais benefícios de um quadro ambiental, social e de governança forte pode ajudar a reduzir custos. Afinal, essas empresas são consideradas as mais bem administradas e mais eficientes do mercado. Outra vantagem é que pode melhorar a imagem da empresa pois os consumidores e outras partes interessadas estão cada vez mais interessados em apoiar as empresas nos seus esforços para causar um impacto positivo. Lealdade do consumidor, pois o Índice Ambiental, Social e de Governamental também pode aumentar a fidelização de clientes, afinal, é mais provável que apoiem empresas que partilham os seus valores. Isso pode levar ao aumento das vendas e da lucratividade no longo prazo. Durabilidade e transparência, as organizações comprometidas com ESG são frequentemente mais abertas sobre as suas atividades. É também mais provável que tenham políticas que protejam o ambiente e promovam a responsabilidade social. Portanto, essas empresas são geralmente consideradas as mais sustentáveis. Segurança para o investidor, os investimentos relacionados ao meio ambiente, sociedade e à gestão são vistos como uma forma mais segura de investimento. Limites de crédito especiais, muitos bancos e instituições financeiras oferecem agora linhas de crédito especiais a empresas com boas classificações ambientais, sociais e de governação. Isso ocorre porque eles são considerados menos arriscados e têm maior probabilidade de saldar suas dívidas. Melhor competitividade, as organizações com classificações ambientais, sociais e de

governança elevadas são frequentemente mais competitivas. Isso ocorre porque eles são capazes de atrair e reter os melhores talentos. São também geralmente considerados mais inovadores e têm capacidade para investir em novas tecnologias e métodos de gestão e operacionais.

5.3.2 Certificação ambiental na Construção Civil

A certificação ambiental na construção civil é uma ferramenta importante para a promoção da sustentabilidade e redução dos impactos ambientais. Diversos sistemas de certificação, como o Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) e o AQUA-HQE, são utilizados para avaliar o desempenho ambiental das edificações.

A certificação incentiva a adoção de práticas sustentáveis na construção, levando em consideração aspectos como eficiência energética, uso de materiais sustentáveis, gestão de resíduos, qualidade ambiental interna e impacto no entorno. Além disso, a certificação proporciona benefícios como a valorização do imóvel, redução de custos operacionais e contribuição para a imagem corporativa (GBC Brasil, 2022).

A certificação LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) é um conjunto de padrões internacionais para edifícios sustentáveis. Eles foram criados pela organização sem fins lucrativos US Green Building Council (USGBC) para promover práticas de construção sustentáveis e certificar edifícios que atendam a determinados padrões de desempenho ambiental e eficiência energética. Existem quatro níveis de certificação LEED: Certificado, Prata, Ouro e Platinum, ilustrados na Figura 15. Cada nível exige um desempenho cada vez mais rigoroso em múltiplas categorias. Detalhes sobre cada nível de certificação LEED e requisitos gerais estão abaixo.

Figura 15 - Ilustração das Certificações LEED



Fonte: SustentArqui,2020.

LEED Certificação: é o primeiro nível de certificação, os projetos devem atender a uma série de critérios-chave de desempenho em categorias como eficiência energética, uso de recursos naturais, qualidade ambiental interna e inovação. Os projetos deverão atender aos requisitos de cada categoria e atingir pontuação mínima. A certificação LEED reconhece que um projeto atende aos padrões mínimos de sustentabilidade.

LEED Prata: Para obter a certificação LEED Silver, um projeto deve atender a pré-requisitos mais rigorosos e obter uma pontuação mais alta em comparação com a certificação Certified. Os projetos devem demonstrar melhorias significativas na eficiência energética, consumo de água, qualidade ambiental interna, seleção de materiais sustentáveis e outros fatores. É necessário um nível mais elevado de integração de estratégias sustentáveis entre os projetos.

LEED Gold exige que os projetos demonstrem desempenho ambiental superior. Você deve atender aos requisitos e atingir um número significativo de pontos em cada categoria. O projeto terá de integrar tecnologias de ponta em eficiência energética, materiais sustentáveis de alta qualidade e estratégias de design inovadoras. Os edifícios com certificação Gold geralmente têm um impacto ambiental significativamente menor.

LEED Platinum é o mais alto nível de certificação de sustentabilidade. Para alcançar a Platina, um projeto deve atender a critérios muito rigorosos e obter pontuações muito altas em todas as categorias. O projeto deve ser um excelente exemplo de design sustentável e incorporar tecnologias de ponta, como sistemas de

energia renovável, sistemas avançados de reciclagem de água e um design que promova a saúde e o bem-estar dos seus residentes.

Cada projeto deve ser submetido ao Green Building Council dos EUA para revisão e avaliação através do processo de certificação. Como os padrões são revisados e atualizados regularmente para refletir as melhores práticas em construção sustentável, os padrões específicos para cada nível podem variar dependendo do tipo de projeto e da versão aplicável do sistema LEED. Além disso, especialistas na área, como arquitetos e engenheiros, são normalmente responsáveis pelo planejamento e projeto de edifícios que atendam a esses padrões de sustentabilidade. (SustentAqui,2020). A Figura 16 apresenta uma placa de reconhecimento LEED GOLD.

Figura 16 - Placa de reconhecimento certificação Leed Gold Edifício J. Safra Corporate



Fonte: Próprio Autor, Beatriz Maschetti Abra,2023

5.3.3 Diretrizes da COP para a Construção Civil e Estratégias de Minimização de Carbono

As Conferências das Partes (COP) têm estabelecido diretrizes progressivas para o setor da construção civil, com o objetivo de encaminhar esta indústria rumo a uma pegada de carbono significativamente reduzida. Alinhado a essas diretrizes, a adoção de estratégias de minimização de carbono incorporado se apresenta como um elemento chave. As metas estabelecidas para 2030 e 2050 demandam a integração de abordagens inovadoras, das quais destacamos na Figura 17.

Figura 17 - Estratégias para minimizar o carbono incorporado



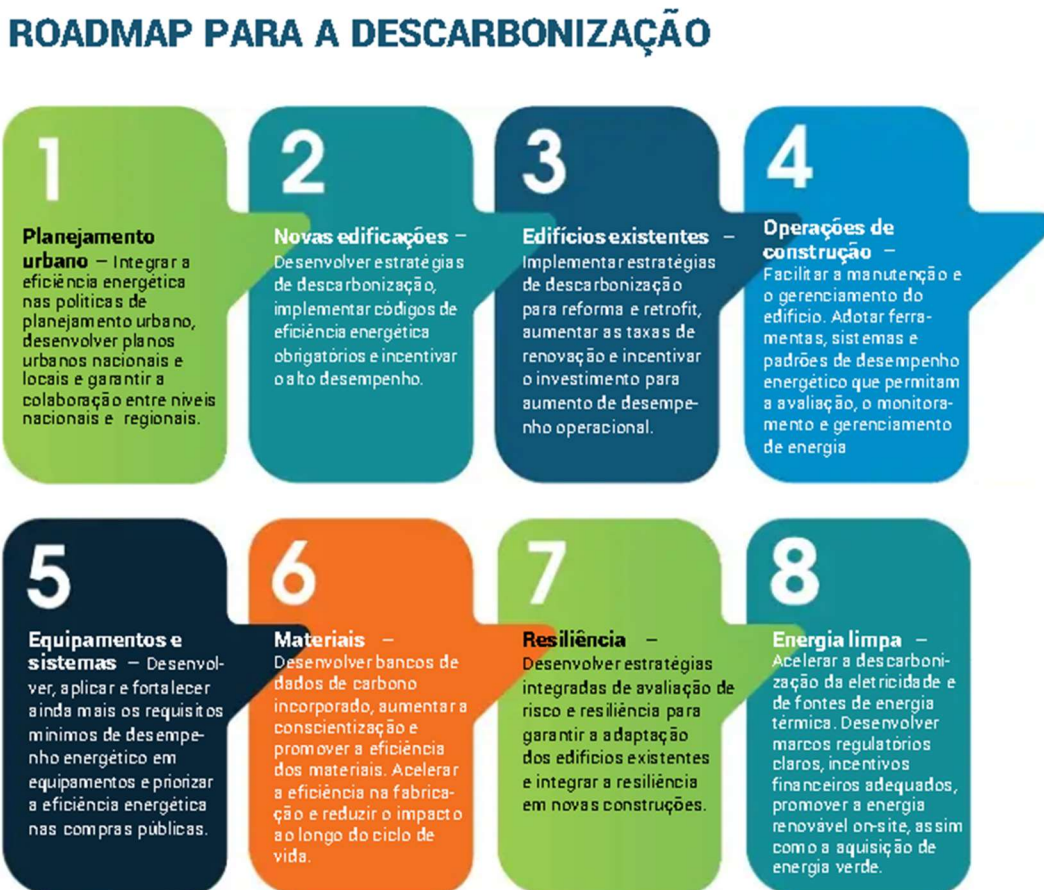
Fonte: Souza, R. (2023)

- 1) **Maximização da Utilização de Infraestruturas Existentes:** Alinhado com a estratégia de 'Construir Menos', as diretrizes da COP incentivam a maximização do retrofit e a otimização operacional, estendendo a vida útil dos edifícios e evitando novas construções sempre que possível.
- 2) **Incorporação de Inteligência Construtiva:** Em ressonância com 'Construção Inteligente', enfatiza-se a seleção de materiais alternativos com menores índices de emissão de carbono, o aperfeiçoamento dos processos construtivos e a minimização do consumo de recursos.
- 3) **Eficiência e Inovação na Construção:** 'Construção Eficiente' ecoa as metas de inovação tecnológica e operacional, promovendo práticas como o lean construction para otimizar o uso de materiais e recursos e eliminar desperdícios.

Ademais, a diretriz que preconiza 'Não Construir' traz uma reflexão crítica sobre o paradigma de crescimento e desenvolvimento no setor. Embora não seja prático ou desejável parar de construir completamente, essa abordagem radical sinaliza a necessidade de repensar os fundamentos de nossas práticas de construção e a viabilidade de longo prazo das infraestruturas planejadas.

O Roadmap para descarbonização refere-se a um plano estratégico ou plano de ação que descreve os passos e ações necessárias para reduzir as emissões de carbono num contexto específico, como uma empresa, setor industrial ou mesmo globalmente. Estes tipos de planos são cruciais para combater as alterações climáticas e alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. A Figura 18 ilustra o plano estratégico do Roadmap.

Figura 18 - Roadmap para a descarbonização



Fonte: Souza, R. (2023).

A implementação eficaz das diretrizes aqui delineadas demanda uma colaboração profunda e multifacetada, envolvendo o comprometimento conjunto de entidades governamentais, o setor construtivo, financiadores e a sociedade civil. Tal sinergia é vital para que as metas de descarbonização sejam não apenas aspirações, mas também realidades tangíveis dentro do setor da construção civil.

Este alinhamento coeso com os mandatos da COP proporciona uma direção clara para a mitigação do impacto ambiental da indústria e estabelece um precedente para que a construção civil possa ser um vetor de mudança progressiva na caminhada rumo à sustentabilidade global. A adoção dessas estratégias reflete uma abordagem pragmática e consciente que integra responsabilidade ambiental ao núcleo da inovação e da prática construtiva.

Na próxima seção, com estudo de caso pertinente, iremos detalhar como estas estratégias estão sendo postas em prática em projetos específicos, ilustrando os desafios, as soluções e as lições aprendidas no caminho para uma indústria da construção mais verde e resiliente.

Esta conclusão é a ponte que liga a teoria à prática, destacando o compromisso do setor da construção com as diretrizes da COP e estabelecendo um roteiro para a ação concreta que levará a resultados significativos em termos de sustentabilidade e redução de emissões de carbono.

6 ESTUDOS DE CASO

6.1. Projeto de construção civil sustentável

6.1.1 Descrição do Edifício

De acordo com o arquivo powerpoint realizado pela Faria Lima Prime Properties, o Edifício Birmann 32 é um empreendimento localizado na Avenida Brigadeiro Faria Lima, um importante centro financeiro da cidade de São Paulo. O edifício em questão caracteriza-se por uma arquitetura moderna e imponente, que se destaca no panorama urbano da cidade, conforme figura 19.

Figura 19 - Ilustração do Edifício Birmann 32



Fonte: Globo,2021.

A obra teve início em 1998, ficou paralisado de 2000 a 2005 por problemas financeiros do empreendedor, mas voltou com ritmo lento até 2009, porém novamente foi paralisada, desta vez por problemas de licenças com a Prefeitura e processos judiciais e só foi retomada em 2018 e inaugurado no final de 2021. Incorpora 54.000m² locáveis, 120.000m² de área construída, o estacionamento acomoda 1.800 veículos, possui 8 elevadores, que por sinal são um dos mais rápidos do Brasil na atualidade, é um empreendimento com aproximadamente 125 metros de altura e é composta por 32 pavimentos, incluindo 6 subsolos para estacionamento com 1800 vagas para veículos e lobby com implantação voltada à integração e convívio. Possui restaurante, praça, teatro abertos ao público geral e a escultura de uma baleia que de acordo com o idealizador do projeto, Rafael Birmann, é um ser gigante e possui um lado

mitológico, que simboliza um processo de renascimento e é um símbolo da sustentabilidade e da luta pelo meio ambiente, apresentada na figura 20.

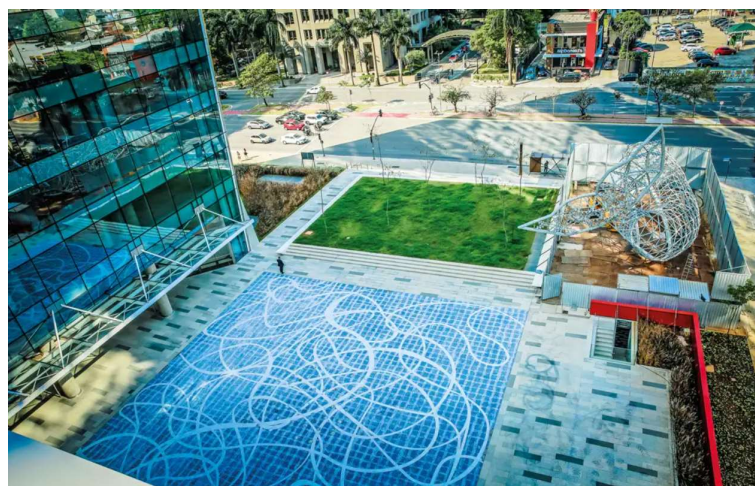
Figura 20 - Escultura da Baleia



Fonte: Próprio Autor, Beatriz Maschetti Abra, 2023.

A baleia foi criada por estruturas metálicas conforme podemos ver na Figura 21.

Figura 21 - Estrutura Metálica da Baleia



Fonte: Veja, 2021.

A Figura 22, temos a presença de seu criador Rafael Birmann no interior, durante a sua execução.

Figura 22 - Rafael Birmann no interior da baleia



Fonte: Veja, 2021.

A estrutura do edifício foi feita em concreto armado e aço, o que proporciona estabilidade e segurança. A estética do edifício é caracterizada por linhas limpas e uma fachada de vidro que proporciona uma vista panorâmica da cidade. A prática sustentável aplicada possui estação de tratamento interno de 100% da água utilizada no prédio, cinza, negra e reuso da água, 4 geradores de alta capacidade, o qual dá autossuficiência ao empreendimento em energia elétrica, inclusive ao uso do ar-condicionado, reciclagem de resíduos sólidos. (Faria Lima Prime Properties, 2022).

Figura 23 - Fachada Edifício B32



Fonte: Faria Lima Prime Properties, PDF, 2022

A Figura 24 apresenta o projeto de implantação a área comum do edifício, a qual detalha a localização da torre, e da praça e teatro abertos ao público.

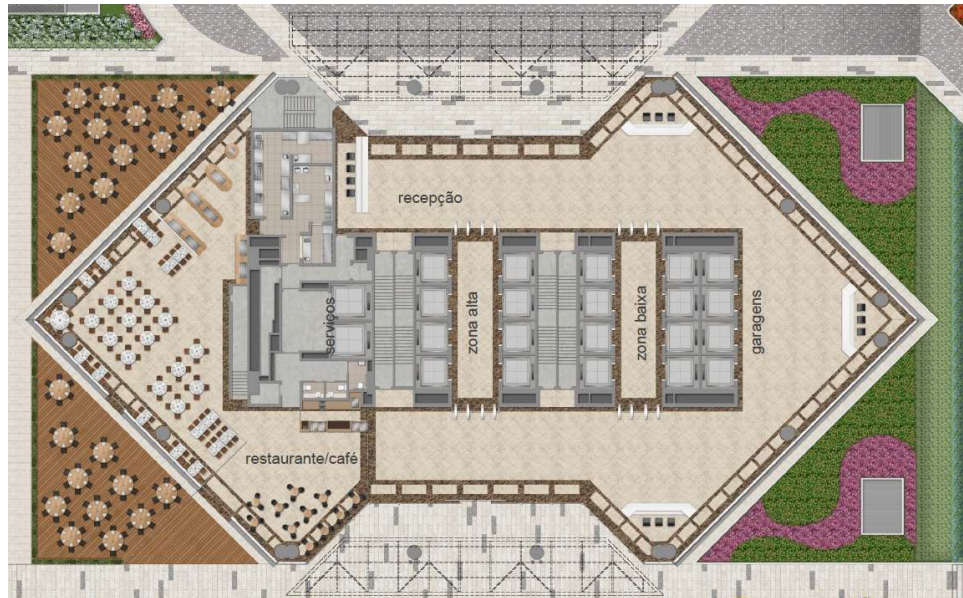
Figura 24 - Implantação da área comum



Fonte: Faria Lima Prime Properties, PDF, 2022

A Figura 25 oferece uma visão detalhada do projeto de implantação do térreo, onde representa a disposição e configuração do pavimento.

Figura 25 - Implantação do térreo



Fonte: Faria Lima Prime Properties, PDF, 2022

Qualidade de construção, são construídos com materiais de alta qualidade e técnicas de construção avançadas para garantir durabilidade e resistência. Tecnologia Avançada e Sustentabilidade, inclui tecnologia de ponta, sistemas avançados de segurança e práticas sustentáveis, como eficiência energética e certificações ambientais, como LEED Platinum conforme Figura 26 e Figura 27. Comodidades e serviços premium, oferece uma ampla gama de comodidades e serviços, incluindo segurança 24 horas, estacionamento com manobrista, academia de ginástica, restaurante, serviços de concierge e salas de reuniões e inquilinos famosos, normalmente atraem inquilinos de alto nível, como empresas multinacionais, bancos e escritórios de advocacia renomados. Gestão profissional, gerido por empresa especializada em gestão imobiliária, garantindo o cumprimento de elevados padrões de qualidade. A adesão da classificação é reconhecida pelo mercado e pela percepção pública da qualidade da construção. Para obter e manter esta classificação, um edifício deve cumprir

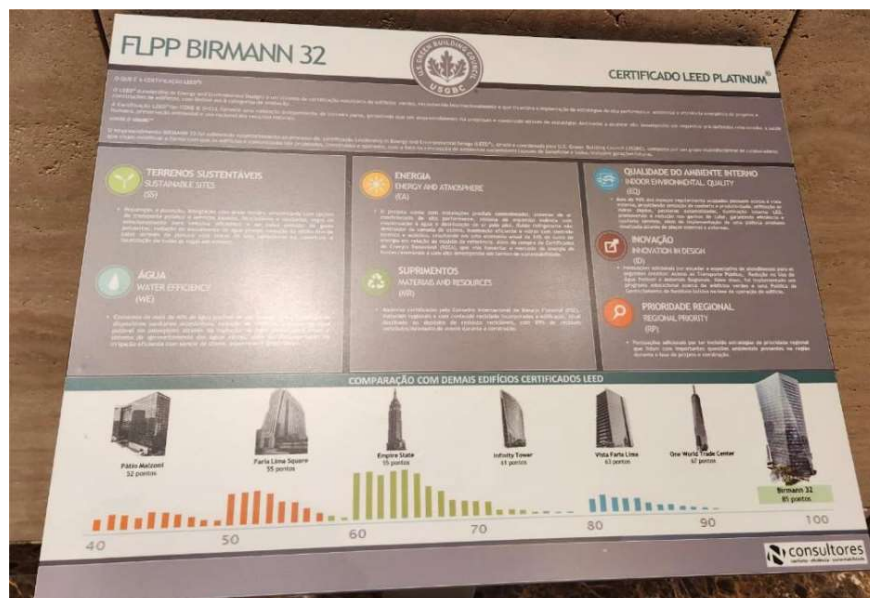
consistentemente os critérios listados acima. Manter o selo requer a integração de práticas sustentáveis e tecnologia avançada para permanecer eficiente e relevante. (Sergio Brisola, 2022).

Figura 26 - Selo Leed Platinum, Edifício B32



Fonte: Próprio Autor, *Beatriz Maschetti Abra*, 2023

Figura 27 - Demonstrativo de reconhecimento Selo Leed Platinum, Edifício B32



Fonte: Próprio Autor, *Beatriz Maschetti Abra*, 2023.

6.1.2 Importância e Relevância do B32 no contexto da Construção Civil moderna e sustentável:

Desde a sua concepção, o edifício foi projetado para alcançar padrões elevados de sustentabilidade, utilizando materiais eco-friendly e tecnologias que promovem a eficiência energética. O compromisso com a sustentabilidade não se limita apenas à estrutura física, mas se estende às operações diárias, promovendo um ambiente de trabalho saudável e produtivo para seus ocupantes. A prática de construção verde foi meticulosamente observada, com foco em reduzir o consumo de energia, minimizar o desperdício e promover um espaço interno saudável e produtivo.

As especificações técnicas do edifício é uma das maiores da América Latina, possui classificação Buildings AAA (triple A) e certificação LEED Platinum do Green Building. De acordo com a empresa Building Empreendimentos, os edifícios com classificação Buildings AAA são considerados “o que há de melhor” na categoria de empreendimentos corporativos na atualidade, nível máximo de qualidade, em seu padrão construtivo e tecnologia. Propriedades superiores devido a uma combinação de características que demonstram excelência em múltiplas áreas. Estes edifícios são muito procurados por inquilinos e investidores de alto nível. As principais características que distinguem os edifícios AAA são: Locais de alto prestígio, normalmente ocupam posições privilegiadas em áreas de alto padrão, como centros financeiros ou distritos comerciais proeminentes. A localização é um fator chave nesta classificação, uma vez que a acessibilidade e o reconhecimento do nome são fundamentais para atrair inquilinos de qualidade. A certificação reitera a eficácia das inovações e tecnologias incorporadas no edifício, confirmando seu status como uma referência em design sustentável e operações ecológicas. O LEED Platinum evidencia o compromisso intrínseco do B32 com a sustentabilidade. A obtenção desta certificação requer uma série de critérios rigorosos em termos de eficiência energética, qualidade do ar interior, uso de materiais sustentáveis, entre outros (Sergio Brisola, 2022).

6.2. Metodologia do Estudo de Caso

6.2.1 Abordagem de Pesquisa:

O estudo de caso foi realizado utilizando uma abordagem qualitativa. A pesquisa qualitativa foi escolhida por ser a mais adequada para coletar, analisar e interpretar informações detalhadas sobre o Edifício B32, enfocando aspectos técnicos relacionados à construção civil, engenharia e sustentabilidade.

6.2.2 Coleta de Dados:

Os dados foram coletados a partir das seguintes fontes:

Sites e Publicações online: Foram pesquisados sites diretamente relacionados ao Edifício B32, incluindo portais de notícias, sites oficiais de organizações envolvidas e publicações especializadas.

Revistas: Foram consultadas edições específicas que abordavam o B32, incluindo entrevistas com os responsáveis pelo planejamento, gestão e construção do edifício.

Entrevistas e Vídeos: Entrevistas disponíveis publicamente e vídeos foram revisados para coletar informações adicionais sobre o edifício.

Prestadores de Serviços: Sites e publicações de empresas que prestaram serviços no Edifício B32 foram consultados para obter informações técnicas.

6.2.3 Limitações da Pesquisa:

Algumas limitações foram encontradas durante a coleta de dados:

Acessibilidade a Informações: Materiais importantes, como revistas com entrevistas, estavam atrás de paywalls ou não eram gratuitamente acessíveis.

Informações Sigilosas: Devido ao alto valor investido no empreendimento e à sua natureza única, algumas informações eram restritas ao público.

6.2.4 Critérios de Seleção de Fontes:

Inclusão: Fontes diretamente relacionadas ao empreendimento, como o site da construtora/incorporadora, empresas prestadoras de serviço e materiais produzidos por profissionais envolvidos.

Exclusão: Fontes terceiras que não estavam diretamente envolvidas na concepção/planejamento do edifício ou que não abordavam o tema com uma perspectiva técnica.

6.2.5 Análise de Dados:

Após a coleta, os dados foram organizados e categorizados com base nos tópicos específicos de interesse. A análise focou em aspectos técnicos relacionados ao tema central do trabalho. Todos os dados analisados foram interpretados considerando o conhecimento adquirido durante o curso e a relevância para a engenharia civil e sustentabilidade.

6.2.6 Tratamento de Citações Diretas:

Embora algumas citações diretas tenham sido usadas, elas não foram transcritas literalmente. O objetivo foi interpretar e apresentar as informações de uma maneira que refletisse a autenticidade e a visão do autor, aplicando o conhecimento adquirido ao longo do curso.

6.2.7 Validade e Confiabilidade:

Para garantir a validade das informações coletadas, foi dada preferência a fontes oficiais e reconhecidas no campo da engenharia civil e sustentabilidade. As informações foram verificadas em múltiplas fontes para assegurar sua precisão.

6.2.8 Visita ao Local:

Como parte da metodologia de pesquisa, foi realizada uma visita ao Edifício B32. O objetivo desta visita foi obter uma compreensão mais aprofundada da estrutura, design, e sistemas implementados no edifício, assim como observar diretamente características e inovações mencionadas nas fontes consultadas.

Durante a visita, foram feitas as seguintes atividades:

Observação Direta: Avaliação visual de áreas específicas do edifício, incluindo sistemas de iluminação, áreas de gestão de água, entre outras.

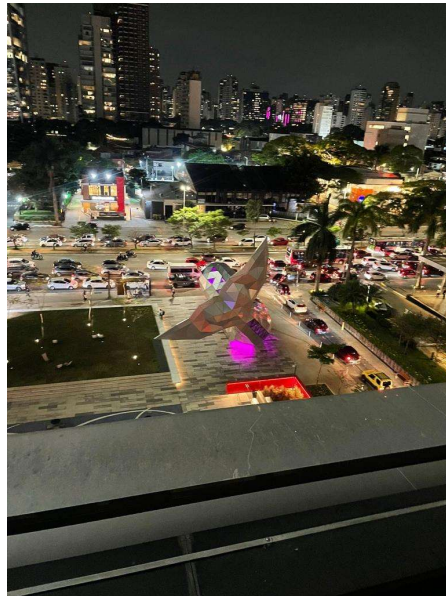
Anotações: Registro de observações, impressões e informações relevantes que auxiliaram na formatação e consolidação das ideias para o estudo.

Fotografias: Captura de imagens de áreas de interesse para referência e análise posterior.

A experiência direta com o edifício enriqueceu a pesquisa, permitindo uma avaliação holística e integrada das informações coletadas de outras fontes.

Imagens da visita realizada in loco, em 16 de outubro de 2023.

Figura 28 - Vista do Rooftop Baleia, Edifício B32



Fonte: Próprio Autor, *Beatriz Maschetti Abra*, 2023.

Figura 29 - Vista interna da entrada do teatro, Edifício B32



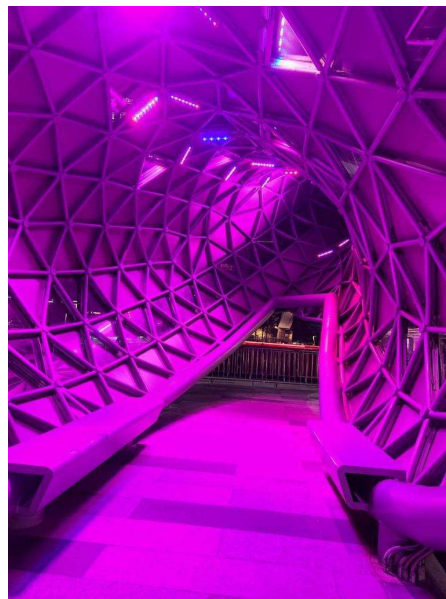
Fonte: Próprio Autor, *Beatriz Maschetti Abra*, 2023.

Figura 30 - Vista interna sala do teatro, Edifício B32



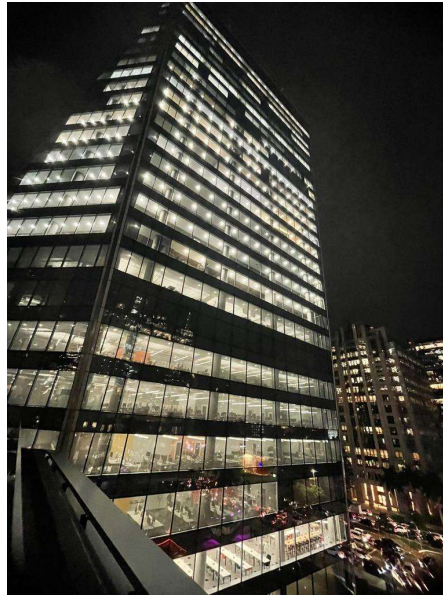
Fonte: Próprio Autor, *Beatriz Maschetti Abra*,2023.

Figura 31 - Vista interna da estrutura metálica escultura da Baleia, Edifício B32



Fonte: Próprio Autor, *Beatriz Maschetti Abra*,2023.

Figura 32 - Vista externa do Edifício B32



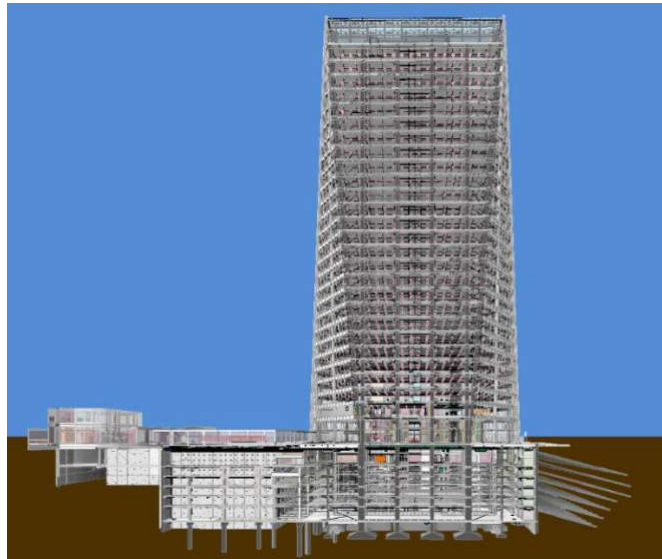
Fonte: Próprio Autor, *Beatriz Maschetti Abra*,2023.

6.3. Análise Construtiva do Edifício B32

6.3.1 Projetado com BIM:

O Edifício B32 foi o primeiro em São Paulo concebido totalmente com a aplicação da metodologia Building Information Modeling (BIM), ilustrado na Figura 33, resultando em um empreendimento arquitetônico moderno e inovador. O BIM é uma abordagem inovadora para o projeto, construção e gerenciamento de edifícios, que utiliza modelos digitais tridimensionais. O uso do BIM no projeto do Edifício B32 foi motivado pelos inúmeros benefícios que ele proporciona. (Revista Projeto,2015)

Figura 33 - Ilustração do projeto BIM, Edifício B32



Fonte: Revista Projeto, 2015.

Com o BIM, equipes multidisciplinares podem colaborar de maneira mais eficiente, já que todos estão trabalhando no mesmo modelo. Engenheiros, arquitetos, construtores e demais profissionais do projeto têm a capacidade de acessar e atualizar o modelo em tempo real, possibilitando uma comunicação mais facilitada e uma resolução de problemas mais eficiente. No BIM, é possível criar modelos 3D detalhados do Edifício B32, conforme Figura 34 ilustrando o pavimento tipo do edifício, permitindo a visualização tridimensional. Isso viabiliza que todos os participantes do projeto obtenham uma visão mais nítida e autêntica de como será o resultado final do edifício. Além disso, o uso desses modelos 3D pode ser vantajoso para promover e comercializar o empreendimento.

Figura 34 - Ilustração em 3D do pavimento tipo



Fonte: Revista Projeto, 2015.

Análise de desempenho é uma das funcionalidades proporcionadas pelo BIM, que possibilita a simulação e análise do desempenho do edifício em diferentes condições, abrangendo aspectos como eficiência energética, fluxo de ar, estrutura e outros. Essa ação contribui para a otimização do projeto, promovendo uma maior eficiência e sustentabilidade ao Edifício B32.

Outra das vantagens do uso do BIM é a detecção precoce de conflitos e erros no projeto. Isso se deve ao fato de que o BIM facilita a identificação de problemas, tornando o processo de detecção mais simples e eficaz. Ao identificar possíveis colisões entre sistemas distintos, como tubulações e estruturas, o sistema tem a capacidade de evitar problemas futuros na construção, resultando em economia de tempo e recursos. A facilitação da manutenção e do gerenciamento pós-construção é um dos aspectos do BIM que merece destaque. Além de ser uma ferramenta de projeto, o BIM também desempenha um papel crucial na gestão de todo o ciclo de vida de um edifício.

Após a conclusão do Edifício B32, o uso do modelo BIM pode ser implementado para agilizar e otimizar as atividades de manutenção, operação e gestão do edifício ao longo do tempo. O BIM é uma ferramenta que auxilia na redução de custos e desperdício na construção, pois otimiza o processo construtivo, evitando retrabalhos e o uso excessivo de materiais. Esta condição pode levar a uma economia

considerável nos custos ao longo do projeto. A documentação precisa é gerada automaticamente pelo BIM, englobando desenhos, listas de materiais e especificações

Comunicar-se de maneira clara com empreiteiros e fornecedores é essencial para evitar mal-entendidos. A conformidade regulatória pode ser alcançada usando BIM, já que todas as informações são integradas no modelo e podem ser checadas durante o desenvolvimento do projeto. Resumidamente, o Edifício B32 foi concebido utilizando a metodologia BIM devido às inúmeras vantagens proporcionadas por ela. São elas: uma colaboração mais eficiente, visualização avançada, análises de desempenho aprimoradas e uma gestão pós-construção mais eficaz. A utilização do BIM neste edifício moderno e sofisticado é um reflexo do compromisso com a qualidade, eficiência e inovação no projeto e construção.

6.3.2 Implementação de Sustentabilidade

Adotando 100% de redundância e múltiplas fontes, o projeto não só visa reduzir significativamente os custos operacionais, mas também se concentra no aumento da eficiência, segurança e sustentabilidade do sistema. Esta estratégia não só reflete um compromisso com a sustentabilidade ambiental, mas também cria uma base sólida para medir e parametrizar recursos, permitindo uma gestão mais eficiente e informada dos aspectos ambientais. Apresentado as Estratégias Energéticas na Figura 35.

Figura 35 - Estratégias de Eficiência Energética



Fonte: Faria Lima Prime Properties, PDF, 2022

6.3.3 Eficiência Energética e Diversificação de Fontes

O edifício B32 mostra como a introdução de tecnologias avançadas, como sistemas energéticos redundantes, pode aumentar o nível de eficiência e fiabilidade dos edifícios comerciais modernos e enfatizar o compromisso com o desenvolvimento sustentável. A diversificação das fontes de energia num edifício é uma estratégia inovadora que não só aumenta a resiliência do sistema, mas também traz benefícios financeiros significativos. Esta diversificação aumenta a fiabilidade do edifício e permite um trabalho mais económico e sustentável. A capacidade de utilizar múltiplas fontes de energia confere ao edifício uma flexibilidade incomparável, o que garante um funcionamento contínuo mesmo em condições adversas. A importância da diversificação das fontes de energia para se adaptar às diferentes condições e otimizar o uso eficiente dos recursos disponíveis na otimização do uso de diferentes fontes de energia para eficiência e custo produzirá economias significativas no longo prazo. Uma combinação de fontes como solar, gás e armazenamento de energia permite a seleção em tempo real da fonte mais adequada às condições de procura e aos custos de energia. Combinando diferentes fontes de energia, o edifício B32 é um marco na busca por construções mais eficientes e sustentáveis. Esta abordagem não só reduz o impacto ambiental, mas também reflete um compromisso com a inovação e a sustentabilidade na indústria da construção. Cada aspecto do sistema é monitorado e ajustado para garantir que a energia seja utilizada da maneira mais eficiente e segura possível.

A abordagem inovadora à gestão de energia não apenas beneficia os ocupantes e a operação do edifício, mas também minimiza o impacto ambiental. A eficiência energética reduzida se traduz em uma pegada de carbono menor, contribuindo para esforços mais amplos de sustentabilidade e responsabilidade ambiental.

A estratégia de energia do B32 serve como um exemplo ilustrativo de como a inovação e a eficiência podem ser integradas na construção moderna. Este estudo de caso proporciona insights valiosos sobre como edifícios futuros podem ser projetados para serem não apenas eficientes e resilientes, mas também ambientalmente responsáveis e economicamente viáveis.

A ênfase num sistema energético redundante mostra um compromisso com a construção de sustentabilidade em caso de cortes de energia. A diversificação das fontes de energia apresenta-se como uma estratégia inovadora que não só aumenta a sustentabilidade do sistema, mas também traz benefícios económicos significativos.

A otimização da utilização de diferentes fontes de energia com base na eficiência e nos custos enfatiza a eficiência operacional e financeira a longo prazo. A redução da eficiência energética resulta numa menor pegada de carbono, o que contribui para esforços mais amplos de sustentabilidade e responsabilidade ambiental. Uma abordagem inovadora à gestão de energia beneficia os ocupantes e a utilização do edifício, mas também reduz o impacto ambiental. Em resumo, o edifício B32 incorpora práticas sustentáveis e inovadoras em sua infraestrutura no que diz respeito à eficiência energética, diversidade energética e otimização de recursos. Além disso, enfatiza a redução da sua pegada de carbono como parte do desenvolvimento sustentável. Esta abordagem não só beneficia o edifício e os seus ocupantes, mas também contribui para a criação de um ambiente mais sustentável e amigo do ambiente.

6.4. Energia

6.4.1 Alameda:

A Alameda é um amplo espaço de circulação e encontro, projetada de forma estratégica para integrar diferentes funcionalidades do edifício. Ela se estende de uma rua a outra, indicando fácil acesso e fluidez, conforme apresentado na Figura 36.

Figura 36 - Infraestrutura Energética e Sistemas de Resfriamento



Fonte: Faria Lima Prime Properties, PDF, 2022.

6.4.2 Geradores de Cogeração (CAG):

A cogeração é uma solução eficiente em termos energéticos, pois aproveita o calor residual de um processo para gerar energia adicional, muitas vezes na forma de eletricidade ou aquecimento. No caso do B32, a referência a "CAG" sugere que o edifício utiliza gás para cogeração. Isto não só proporciona uma fonte de energia adicional, mas também reduz o desperdício de energia.

Uma das características mais importantes do edifício B32 é o seu sistema de cogeração. Os geradores de cogeração são dispositivos inovadores que desempenham um papel fundamental na produção de energia predial. Além disso, são concebidos para aproveitar o calor residual gerado durante este processo e canalizá-lo para outros usos, como aquecimento e refrigeração, maximizando a eficiência energética.

A cogeração é uma tecnologia CHP (Combined Heat and Power) que permite a produção simultânea de eletricidade e calor a partir de uma única fonte de energia. Este é um avanço significativo em termos de sustentabilidade e eficiência, pois elimina o desperdício de calor normalmente encontrado na geração de energia convencional.

Estas centrais de cogeração não só fornecem eletricidade ao edifício, mas também utilizam o calor residual gerado durante o processo. Este calor residual é direcionado para as necessidades de aquecimento e refrigeração do edifício. Desta forma, o sistema de cogeração aumenta significativamente a eficiência, porque utiliza eficazmente toda a energia produzida e contribui assim para a redução dos custos operacionais e da pegada de carbono do edifício.

Os geradores de cogeração do edifício B32 estão estrategicamente localizados na planta do edifício e ocupam uma área significativa. Tal disposição não é aleatória, mas visa garantir uma distribuição eficiente de energia em todo o edifício. A localização estratégica destes geradores sublinha a importância da cogeração na infraestrutura energética da propriedade e sublinha o seu papel central na promoção da sustentabilidade e da eficiência.

A Co-Geração, no caso do Empreendimento B32, essa fonte é o gás.

Gás: A combinação de calor e energia começa com o fornecimento de gás ao motor, uma das principais fontes de energia deste sistema. Esse gás é queimado para alimentar um motor ou turbina. Assim aciona o gerador elétrico. A combustão de gás é o ponto de partida para a produção de energia através da combinação de calor e energia.

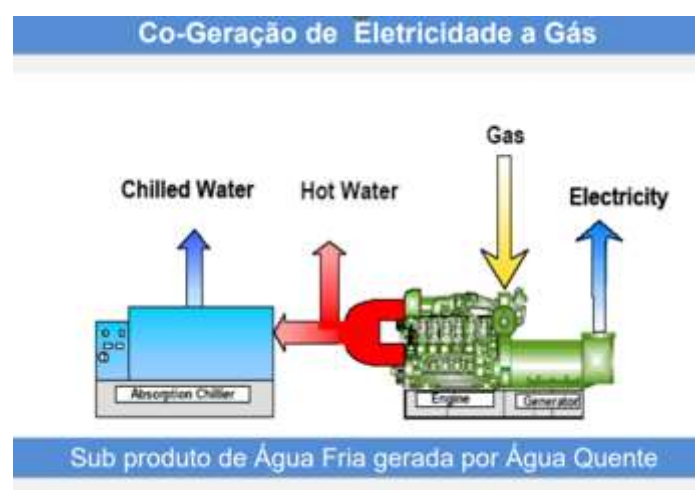
Eletricidade: A energia produzida pelo motor ou turbina é então convertida em eletricidade por meio de um gerador elétrico. Este é o processo fundamental pelo qual a energia mecânica é convertida em energia elétrica utilizável. Esta energia pode ser utilizada para alimentar o edifício ou realimentar a rede, contribuindo para a estabilidade energética.

Água quente: Quando o gás é queimado e a eletricidade é gerada, o calor gerado é capturado e utilizado para aquecer água. Isto é conseguido através de um trocador de calor, que captura o calor residual do motor ou turbina. Um exemplo de eficiência energética na combinação de calor e energia é a recuperação de calor para preparação de água quente.

Água gelada: A água quente produzida é então enviada para alimentar o chiller de absorção. Um chiller de absorção utiliza água quente como fonte de energia para produzir água fria que pode ser utilizada para resfriar um edifício. Esta etapa destaca a versatilidade da cogeração, onde um único processo gera eletricidade e fornece aquecimento e resfriamento, otimizando assim o uso da energia residual.

O processo de cogeração como ilustra a Figura 37 é, portanto, um exemplo de eficiência energética que utiliza diferentes formas de energia num ciclo integrado, contribuindo assim para o desenvolvimento sustentável e para a conservação de recursos.

Figura 37 - Co-Geração de Eletricidade a Gás no Empreendimento B32



Fonte: Faria Lima Prime Properties, PDF, 2022

6.4.3 Torres de Resfriamento (Towers):

Embora o termo "Towers" geralmente se refira à estrutura física de um edifício, no contexto energético, pode estar relacionado às torres de resfriamento que auxiliam em sistemas como o ar-condicionado. Estas torres podem ser projetadas para serem energeticamente eficientes, reduzindo o consumo geral de energia.

As torres de resfriamento desempenham um papel fundamental na manutenção de um ambiente interno confortável e funcional em edifícios como o B32, que está equipado com torres de resfriamento de última geração e desempenham um papel fundamental na dissipação do calor gerado pelos sistemas de ar-condicionado e refrigeração, contribuindo para o conforto dos ocupantes e para a eficiência operacional do edifício.

Em termos de desempenho, as torres de resfriamento do B32 são otimizadas para reduzir o consumo de energia e manter excelente eficiência operacional. Além disso, a integração das torres de refrigeração na estética do edifício é um excelente exemplo de como a funcionalidade e a estética podem coexistir harmoniosamente na arquitetura moderna.

A busca pela relação entre forma e função é um traço característico da arquitetura contemporânea. A localização estratégica das torres de resfriamento próximas aos geradores do B32, representada pela Figura 38, sugere otimização da distribuição de energia e eficiência de refrigeração. A combinação de torres de resfriamento eficientes com outros recursos, como uma Alameda bem projetada e geradores de cogeração, demonstra o compromisso geral do B32 com a excelência operacional e estética.

Figura 38 - Localização Estratégica de Energia no B32



Fonte: Faria Lima Prime Properties, PDF, 2022

6.4.4 Transformation Substation:

As subestações desempenham um papel importante na infraestrutura elétrica dos edifícios, convertendo a tensão elétrica para um nível utilizável e distribuindo-a de forma eficiente. A importância destas subestações para garantir um fornecimento de energia estável e eficiente é amplamente reconhecida. Essas subestações são essenciais para manter a qualidade do fornecimento de energia elétrica.

Estações transformadoras são projetadas para receber energia elétrica de alta tensão e depois reduzir a tensão para um nível seguro e utilizável em edifícios. Este processo é essencial para garantir uma distribuição de energia segura e eficiente em todas as áreas do edifício. Sem a presença de subestações, o uso direto de eletricidade de alta tensão da rede de distribuição em edifícios seria impraticável e perigoso.

Uma subestação bem concebida e mantida desempenha um papel fundamental na estabilidade do fornecimento de eletricidade. Isto é particularmente importante em edifícios comerciais e residenciais onde a eletricidade é necessária para operar sistemas de iluminação, eletrodomésticos, eletrônicos e outros dispositivos. A instabilidade no fornecimento de energia, como picos e vales, pode ser ineficiente e prejudicial, causando danos a equipamentos sensíveis, perda de produtividade e transtornos aos moradores.

Em resumo, as cabines de transformadores são elementos essenciais dos edifícios, pois desempenham um papel fundamental na conversão segura da tensão elétrica e na distribuição eficiente de energia. A sua presença garante a estabilidade do fornecimento de energia e minimiza picos e vales que podem afetar negativamente o funcionamento do edifício.

6.4.5 Measurement Gauges:

Os medidores são essenciais para monitorar o consumo de energia em tempo real. Isso permite uma gestão mais eficaz, identificando áreas de alto consumo ou ineficiências que podem ser tratadas. A capacidade de monitorar o uso de energia também promove a conscientização e pode incentivar práticas mais sustentáveis.

6.4.6 Redundância, Resiliência e Flexibilidade:

Redundância: Refere-se à presença de sistemas ou componentes de backup que podem assumir em caso de falha do sistema principal. Isto é crucial para garantir que não haja interrupções no fornecimento de energia.

Resiliência: A capacidade do sistema de energia de se recuperar rapidamente de perturbações, sejam elas falhas técnicas, desastres naturais ou outros eventos inesperados.

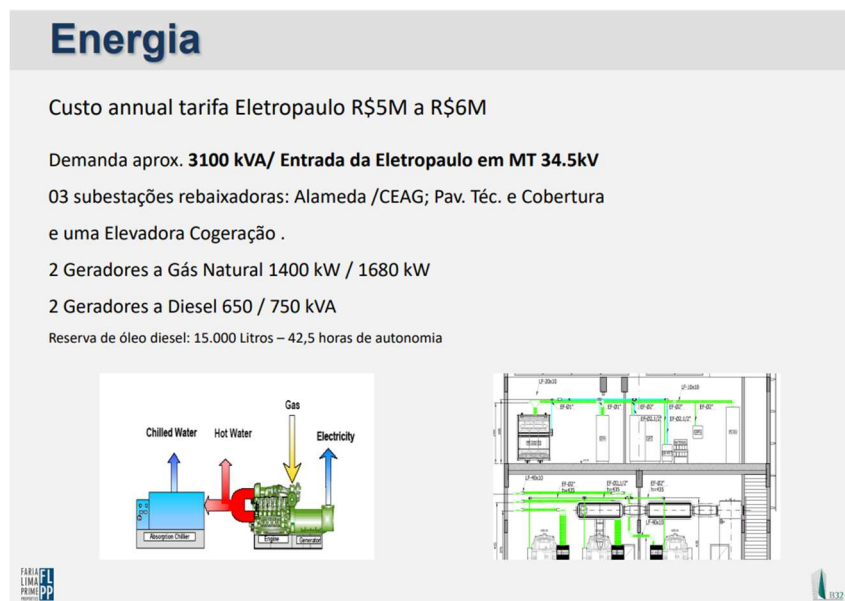
Flexibilidade: A capacidade de adaptar e mudar com base nas demandas ou nas condições. Em termos energéticos, pode se referir à capacidade de alternar entre diferentes fontes de energia ou ajustar o consumo com base na disponibilidade.

6.5. Gestão de Energia no Empreendimento B32:

6.5.1 Custos de Energia:

O empreendimento tem um custo anual estimado com a tarifa da Eletropaulo de R\$ 5M a R\$ 6M. Isso destaca a importância de soluções energéticas eficientes e sustentáveis, tanto para gerenciar custos operacionais quanto para reduzir a pegada ambiental. Informações apresentadas na Figura 39.

Figura 39 - Custo de Energia B32



Fonte: Faria Lima Prime Properties, PDF, 2022

6.5.2 Demanda de Energia e Infraestrutura:

A demanda aproximada do B32 é de 3.100 kVA, com a entrada da Eletropaulo operando em média tensão (MT) de 34.5kV (conforme figura 39). Essa configuração demonstra a capacidade do edifício de atender a altas demandas energéticas, adequadas para um empreendimento de sua magnitude.

6.5.3 Subestações:

Existem três subestações rebaixadoras no empreendimento, localizadas na Alameda/CEAG, no Pavilhão Técnico e na Cobertura. Além disso, há uma subestação elevadora associada à cogeração. Estas subestações garantem que a energia seja distribuída eficientemente por todo o edifício, otimizando a carga e garantindo fornecimento contínuo.

6.5.4 Cogeração e Geradores:

O B32 está equipado com dois geradores a gás natural com capacidades de 1.400 kW e 1.680 kW, respectivamente. Isso, juntamente com os dois geradores a diesel com capacidades de 650 e 750 kVA, proporciona uma robusta infraestrutura de backup de energia. A presença de geradores a gás natural indica uma preferência por soluções mais limpas e eficientes.

6.5.5 Reserva de Combustível:

O edifício possui uma reserva de óleo diesel de 15.000 litros, o que oferece uma autonomia impressionante de 42,5 horas. Isso garante que, em caso de interrupções ou falhas no fornecimento de energia, o B32 possa continuar operando sem interrupções significativas, um recurso crucial para edifícios corporativos de alto padrão.

Análise:

A gestão de energia do B32 reflete um compromisso com a eficiência, a resiliência e a sustentabilidade. O investimento em cogeração, o uso de geradores a gás natural e a capacidade de autonomia energética destacam o B32 como um empreendimento de vanguarda no campo da gestão energética sustentável.

6.6. Ar-Condicionado

A busca por conforto no ambiente de trabalho, eficiência e sustentabilidade tem levado a inovações em climatizações. Neste contexto, será apresentado o sistema de ar condicionado Cooling Plant, apresentado na Figura 40.

Figura 40 - Gestão de Ar Condicionado no Empreendimento B32

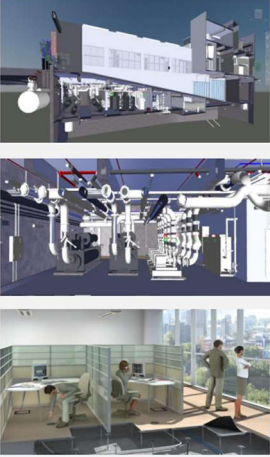
5. Ar condicionado



Cooling Plant:

- 4 Chillers x 450TR's
- 1 Absorption Chiller x 680TR's
- 5 Cooling towers at Alameda;
- Condensed water system for 24 hours operation loads (such as CPD or other kind of 24 hours operations) – 1.5 TR per 100 sqm;

Offices:

- Modular fan coils with AVV, Filter F5 and free cooling;
- 2 fan coils per office floor with 35 TR's each;
- Under Floor Air Distribution (UFAD);
- Air quality control;
- The air-conditioned system is designed to operate 24/7.



Fonte: Faria Lima Prime Properties, PDF, 2022

6.6.1 Central de Resfriamento (Cooling Plant):

Chillers: O B32 está equipado com quatro chillers, cada um com capacidade de 450 TR's, fornecendo uma eficiência substancial na produção de água gelada para resfriamento.

Absorption Chiller: O chiller de absorção, com uma capacidade de 680 TR's, utiliza um processo diferente para resfriar a água, o que geralmente é mais eficiente e eco-amigável.

Torres de Resfriamento: As cinco torres de resfriamento localizadas na Alameda facilitam a dissipação de calor do sistema de ar-condicionado.

Sistema de Água Condensada: O sistema foi projetado para operações contínuas de 24 horas, como para Centros de Processamento de Dados (CPD) ou outras operações ininterruptas, oferecendo 1,5 TR por 100 metros quadrados.

Nos Escritórios:

Fan Coils Modulares: São utilizados fan coils modulares com válvula de volume de ar variável (AVV), filtro F5 e sistema de resfriamento livre. Isso garante um controle de temperatura mais flexível e eficiente em diferentes áreas do escritório.

Capacidade dos Fan Coils: Existem dois fan coils por andar de escritório, cada um com capacidade de 35 TR's. Essa configuração permite distribuição uniforme e eficaz de ar frio em todo o andar.

Distribuição de Ar pelo Piso (UFAD): A utilização de um sistema Under Floor Air Distribution (UFAD) ilustrado na Figura 42, permite uma distribuição mais homogênea e eficiente do ar condicionado, além de proporcionar uma flexibilidade no design dos espaços.

Controle de Qualidade do Ar: O sistema monitora e mantém a qualidade do ar dentro de padrões aceitáveis, garantindo um ambiente saudável e confortável.

Operação Contínua: O sistema de ar-condicionado foi projetado para operar 24 horas por dia, 7 dias por semana, atendendo às demandas de negócios modernos e operações contínuas.

Figura 41 - Sistema de ar-condicionado



Fonte: Faria Lima Prime Properties, PDF, 2022

Análise:

O sistema de ar-condicionado do B32 ilustrado na figura 41, é de vanguarda, combinando eficiência energética com conforto do ocupante. A integração de chillers avançados, torres de resfriamento, UFAD e capacidades de operação contínua destaca o empreendimento como um exemplo de design de HVAC sustentável e eficiente. A escolha de tecnologias avançadas e sistemas adaptativos permite que o B32 atenda às demandas variáveis de seus ocupantes enquanto mantém o consumo de energia sob controle.

6.7. Gestão de Iluminação: Combinação de Iluminação Natural, LED e Task Lighting

A iluminação é uma parte crucial do design de interiores, especialmente em espaços de trabalho. Ela influencia não apenas a estética, mas também a funcionalidade do espaço e o bem-estar dos usuários. A figura 42 mostra um espaço de escritório que incorpora três tipos principais de iluminação:

Figura 42 - Iluminação Edifício B32



Fonte: Faria Lima Prime Properties, PDF, 2022

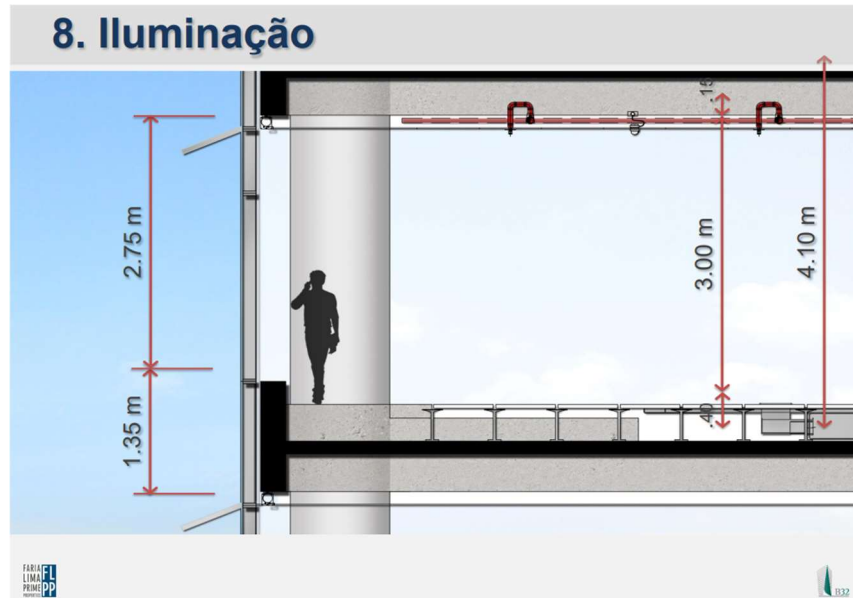
6.7.1 Iluminação Natural

A iluminação natural é um recurso valioso, trazendo benefícios significativos em termos de economia de energia e bem-estar dos ocupantes. Segundo Ravi S., conforme mencionado anteriormente, Srinivasan and colleagues. De acordo com o artigo "A Review of Impact of Daylight on Productivity", a presença de iluminação natural pode levar a um aumento na produtividade e satisfação dos funcionários. Além disso, ela também pode reduzir a fadiga visual e melhorar o ciclo circadiano.

As amplas janelas fornecem uma abundância de luz natural, que não só reduz a necessidade de iluminação artificial durante o dia, como também oferece benefícios psicológicos e de bem-estar aos ocupantes.

Janelas bem posicionadas, conforme ilustra a Figura 43, representando o Edifício B32, podem reduzir significativamente os custos de energia, melhorar o humor e a produtividade dos ocupantes e oferecer uma conexão com o ambiente externo.

Figura 43 - Iluminação Edifício B32



Fonte: Faria Lima Prime Properties, PDF, 2022

6.7.2 LEDs (Diodos Emissores de Luz)

A iluminação LED é conhecida por sua alta eficiência energética e por proporcionar um controle preciso da temperatura de cor. Possui potencial em adaptar a iluminação para tarefas específicas, resultando em melhor desempenho e conforto visual.

As luzes LED são conhecidas por sua eficiência energética e longa vida útil. Elas consomem significativamente menos energia do que as lâmpadas incandescentes ou fluorescentes tradicionais. Além de serem eficientes, os LEDs oferecem uma qualidade de luz superior, com melhor reprodução de cores e menos emissão de calor.

6.7.3 Task Lighting (Iluminação de Tarefas)

A "Task Lighting" refere-se a soluções de iluminação específicas para tarefas, como leitura, escrita ou trabalhos manuais.

Na imagem, a luminária apresentada (localizada na parte inferior) exemplifica essa solução. Essas luzes são posicionadas de forma a proporcionar iluminação direcionada onde é mais necessário, permitindo que os ocupantes ajustem a luz conforme suas necessidades específicas.

A automação desempenha uma função crucial na efetiva gerência da iluminação. Os sensores de luminosidade e presença, em conjunto com os sistemas de controle de iluminação, têm a capacidade de aperfeiçoar o aproveitamento da luz natural e ajustar a iluminação artificial de acordo com as diferentes condições ambientais em tempo real, resultando em uma redução significativa no consumo de energia.

6.7.4 Análise para o Empreendimento B32

A combinação dessas soluções de iluminação sugere que o B32 dá prioridade tanto à eficiência energética quanto ao conforto dos ocupantes, esses três componentes criam um ambiente de trabalho luminoso e adaptável, onde os ocupantes podem ajustar a iluminação de acordo com suas necessidades e preferências.

Esta abordagem integrada à iluminação também pode contribuir para a certificação de sustentabilidade do edifício, pois a utilização eficiente da iluminação natural e LED pode resultar em economias significativas de energia e também melhora o bem-estar dos ocupantes e aumenta a produtividade.

6.8. Elevadores

Segundo o blog da TKE, os elevadores do B32 são, os mais velozes do Brasil, alcançando 7 metros por segundo, descritos na Figura 44. Eles proporcionam uma experiência surpreendente e ágil para locomoção.

Figura 44 - Gestão de Elevadores no empreendimento B32



Fonte: Faria Lima Prime Properties, PDF, 2022

Comparando-se com os elevadores convencionais, podemos perceber algumas diferenças. Primeiramente, os elevadores convencionais são movidos por sistemas de tração a cabo, enquanto os elevadores modernos utilizam tecnologias mais avançadas, como sistemas hidráulicos ou até mesmo a levitação magnética. Além disso, os elevadores convencionais possuem um limite máximo de velocidade, que geralmente é de até 3 metros por segundo. Já os elevadores modernos podem atingir velocidades muito superiores, como 10 metros por segundo, o que garante uma locomoção mais rápida e eficiente.

Outra diferença significativa é o espaço interno. Os elevadores convencionais costumam ser pequenos e podem comportar apenas um número limitado de pessoas. Já os elevadores modernos oferecem um maior espaço interno, permitindo acomodar um maior número de passageiros com mais conforto. Além disso, os elevadores modernos são equipados com sistemas de segurança mais avançados, como

sensores de movimento e alarmes de emergência. Isso proporciona uma maior tranquilidade e segurança para os passageiros.

Em suma, os elevadores do B32 apresentam diversas vantagens em relação aos convencionais. São mais rápidos, espaçosos e seguros.

Os elevadores do B32 são reconhecidos por sua tecnologia avançada, que engloba sistemas de acionamento, controle e software de última geração. De acordo com o blog mencionado, é importante ressaltar que muitos elevadores convencionais não possuem essa mesma sofisticação tecnológica. Personalização é a palavra-chave quando se trata dos elevadores do B32. Segundo o Blog da TKE Elevator, esses elevadores foram cuidadosamente projetados para atender às demandas exclusivas da FLPP, algo incomum nos modelos convencionais que são fabricados em grande escala.

De acordo com o blog, as Conexões Inteligentes dos elevadores do B32 possibilitam uma locomoção mais eficiente e segura, já que estão integrados ao sistema de automação do edifício. Em contraste, os elevadores convencionais podem não possuir esse mesmo nível de integração.

A experiência do passageiro nos elevadores do B32 é cuidadosamente planejada, com design exclusivo, indicadores e telas touch screen. Conforme destacado no blog, os elevadores convencionais podem não oferecer o mesmo nível de atenção à experiência do passageiro. A manutenção preditiva é utilizada nos elevadores do B32, conforme mencionado no Blog da TKE Elevator. Por meio da inteligência artificial (IA) e da internet das coisas (IoT), é possível detectar problemas antecipadamente, evitando paralisações. Isso se diferencia da abordagem da manutenção preventiva adotada em muitos elevadores convencionais, que seguem um cronograma fixo. De acordo com o blog, os elevadores do B32 asseguram uma disponibilidade constante, diminuindo a ocorrência de paralisações, o que pode não ser o cenário dos elevadores tradicionais as mesmas inovações e benefícios.

6.8.1 Distribuição dos Elevadores

- Zona Baixa:
 - Total: 8 elevadores
 - Velocidade: 5m/s
- Zona Alta:
 - Total: 8 elevadores
 - Velocidade: 7m/s
- Elevadores de Garagem:
 - Total: 4 elevadores
- Elevadores de Serviço/Emergência com Operação Remota:
 - Total: 2 elevadores

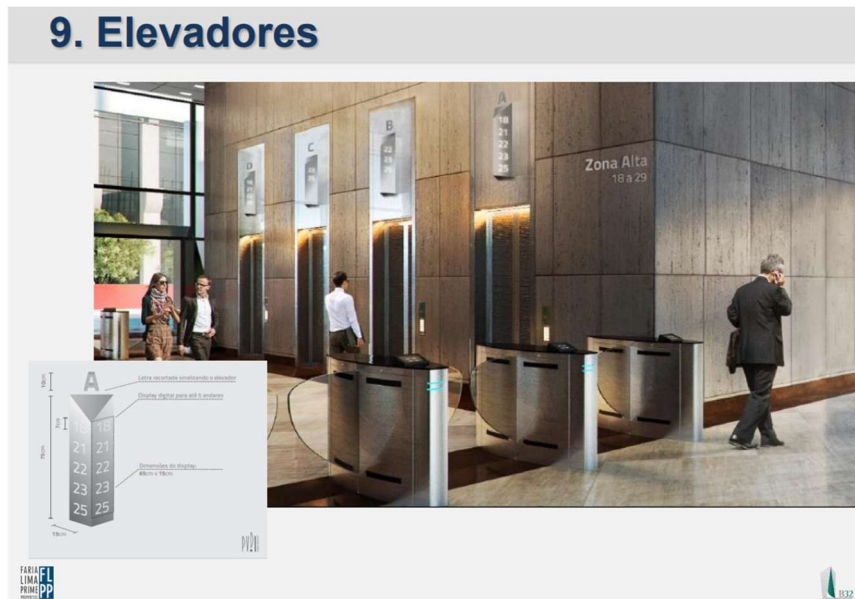
Além disso, o sistema de elevadores incorpora tecnologia avançada, como:

Sistema de Antecipação de Chamadas: Esse recurso permite uma otimização no atendimento das chamadas dos usuários, melhorando a eficiência e reduzindo tempos de espera.

Identificação Diferenciada: Possivelmente referindo-se a um sistema que permite identificar e diferenciar os tipos de chamadas ou os níveis de prioridade, garantindo um serviço mais personalizado e eficiente para os usuários.

O corte na figura 45 fornece uma representação visual da disposição dos elevadores ao longo do edifício, evidenciando a estratégia para atender às diversas zonas do prédio.

Figura 45 - Ilustração Elevadores Edifício B32

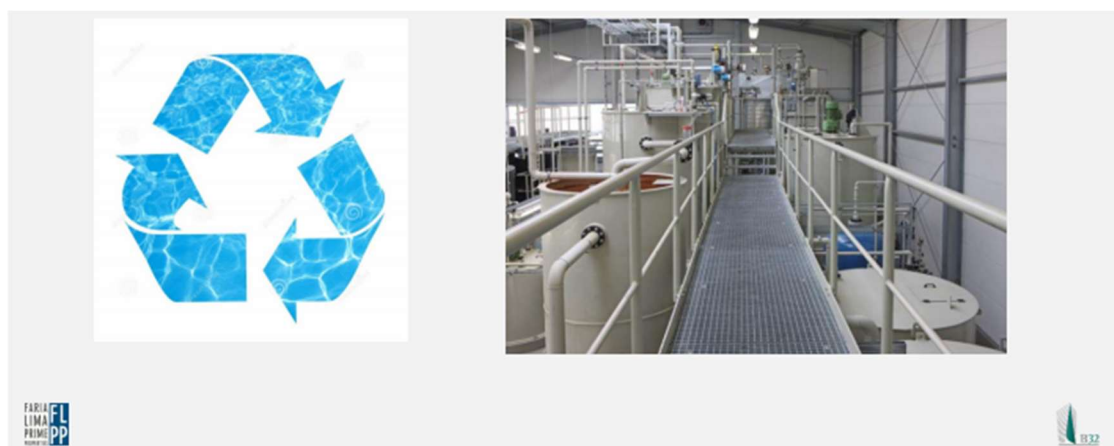


Fonte: Faria Lima Prime Properties, PDF, 2022.

6.9. Gestão da Água:

O sistema de abastecimento e gestão de água do empreendimento B32 é projetado para ser altamente eficiente e sustentável, com foco na autonomia e responsabilidade ambiental. A Figura 46, apresenta uma imagem do Sistema de Tratamento de Água do Edifício B32.

Figura 46 - Sistema de Tratamento de Água Edifício B32



Fonte: Faria Lima Prime Properties, PDF, 2022

Autonomia: O empreendimento possui quase 100% de autonomia em seu fornecimento de água, o que significa que é quase completamente auto-suficiente e não depende fortemente de fontes externas para seu suprimento de água.

Redundância em Suprimento de Água: O empreendimento é equipado com poços artesianos, fornecendo uma fonte adicional e confiável de água. Isso garante um suprimento contínuo mesmo em caso de interrupções ou falhas no sistema principal.

Conexão Sabesp: A conexão com a Sabesp é mantida, e o empreendimento possui medidores de entrada e saída para monitorar e gerenciar o consumo e o fornecimento de água.

Tratamento de Águas Cinzas e Negras: O sistema biológico integrado garante que as águas cinzas (provenientes de pias, chuveiros, etc.) e águas negras (provenientes de sanitários) sejam tratadas adequadamente, minimizando o impacto ambiental e tornando possível o reuso em certas aplicações.

Coleta de Águas Pluviais: O empreendimento coleta água da chuva, uma prática sustentável que reduz a dependência de água potável para certas funções, como irrigação.

Reuso de Águas Tratadas: A água tratada é reutilizada no empreendimento, reduzindo o consumo geral e promovendo práticas sustentáveis.

Medição e Parametrização: Através de sistemas modernos de monitoramento, o consumo e o fornecimento de água são continuamente monitorados e ajustados conforme necessário para garantir eficiência e sustentabilidade.

Análise: O empreendimento B32 claramente prioriza a sustentabilidade e eficiência no uso da água. A combinação de autonomia, redundância e práticas ecológicas coloca este projeto na vanguarda dos edifícios modernos em termos de gestão de recursos hídricos. Será um atrativo para aqueles que valorizam a responsabilidade ambiental e a inovação.

6.10. ETAR – Estação de tratamento de reuso

A figura 47 ilustra a Estação de Tratamento de Reuso (ETAR) do empreendimento, uma infraestrutura crítica para a gestão sustentável de recursos hídricos.

Figura 47 - ETAR - Estação de Tratamento de Reuso



Fonte: Faria Lima Prime Properties, PDF, 2022

Aspectos a considerar:

Design da ETAR: O layout da estação parece ser compacto e bem integrado ao espaço do empreendimento. As áreas designadas para o tratamento de águas cinzas e negras estão claramente demarcadas.

Tratamento das Águas Cinzas e Negras: A instalação se dedica ao tratamento de ambas as águas cinzas (de chuveiros, lavatórios) e negras (de sanitários).

Necessidade da Sabesp: Aproximadamente 10%. A dependência reduzida da Sabesp (a empresa estatal de saneamento básico) indica a capacidade da ETAR de atender à maior parte das necessidades de tratamento de água do empreendimento.

Custo Anual Equivalente Sabesp: Entre R\$ 1M e R\$ 1,5M. Comparando com os custos padrão da Sabesp, o empreendimento pode gerar economias significativas a longo prazo.

Análise Geral:

A Estação de Tratamento de Reuso (ETAR) reflete o compromisso do empreendimento B32 com a gestão responsável de água. Ao reduzir a dependência dos sistemas municipais e promover a reutilização de água, o projeto está alinhado com as melhores práticas de sustentabilidade e eficiência. Isso não só beneficia o meio ambiente, mas também se traduz em economias operacionais a longo prazo.

A partir das informações fornecidas na Figura 48, é possível observar que a estação de tratamento de reuso (ETAR) contribui significativamente para a autonomia hídrica do local. O reuso é claramente priorizado, especialmente para funções como banheiros, irrigação e limpeza, e torres. Isso reduz a dependência de água potável para tais funções.

Figura 48 - Consumo e Geração de Água do Edifício B32

ETAR – Estação de tratamento de Reuso				
Consumo de Água M3 (diário)				
REUSO		POTÁVEL		
Banheiros	96,00	Torneira e chuveiros	65,00	
Irrigação e Limpeza	20,00	Teatro	8,00	
Torres	94,00	Restaurante	47,00	
Total	210,00	Total	120,00	330,00
Geração de água M3 (diário)				
REUSO		POTÁVEL		
Reuso	160,00	Sabesp	25,00	
		Poço Potável	60,00	
Água Pluvial	50,00	Água Pluvial	35,00	
Total	210,00	Total	120,00	330,00

Fonte: Faria Lima Prime Properties, PDF, 2022

O consumo total de água diário (reuso e potável) é de 330 M3, com o reuso representando aproximadamente 63,6% desse total. Este é um indicativo forte de práticas sustentáveis, pois a reutilização de água contribui para a conservação dos recursos hídricos.

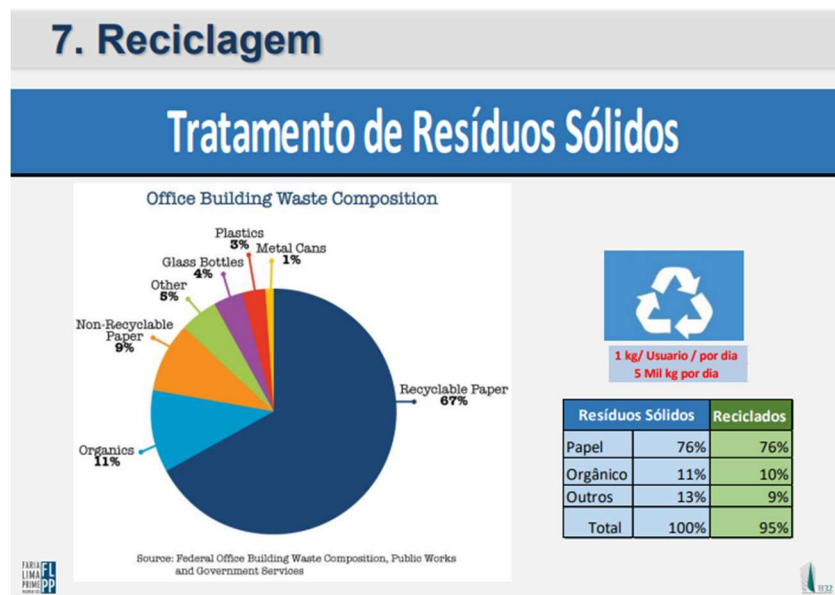
A geração de água diária (reuso e potável) também totaliza 330 M3, garantindo um equilíbrio entre o consumo e a geração. O reuso é a principal fonte de água gerada diariamente, seguido pela água de poço potável e água pluvial. A dependência da Sabesp (provavelmente uma empresa de fornecimento de água) é minimizada, representando apenas cerca de 7,6% da geração diária de água potável.

Em suma, a ETAR demonstra uma gestão eficiente e sustentável de recursos hídricos, priorizando o reuso e minimizando a dependência de fontes externas de água potável. Essas práticas não apenas garantem autonomia hídrica, mas também reduzem os custos associados ao consumo de água e contribuem para a conservação ambiental. A nota final, baseada em práticas sustentáveis e eficientes, é definitivamente alta.

O B32 adota práticas avançadas de gestão de água, incluindo sistemas de captação de águas pluviais e instalações sanitárias de baixo fluxo, reduzindo o consumo de água potável.

6.11. Gestão da Resíduos Sólidos:

Figura 49 - Sistema de Tratamento de Resíduos Sólidos Edifício B32



Fonte: Faria Lima Prime Properties, PDF, 2022

Conforme a Figura 49 a reciclagem e a gestão adequada de resíduos são fundamentais para a sustentabilidade e a redução do impacto ambiental. Ao observar a composição do lixo de um edifício de escritórios, notamos que o papel reciclável representa a maior parcela, com 67%. Os resíduos orgânicos constituem 11%, enquanto plásticos, vidros, metais e outros materiais compõem o restante.

O que é impressionante aqui é a eficácia da reciclagem do B32: 76% do papel é reciclado, correspondendo precisamente à sua presença na composição do lixo. Dos resíduos orgânicos, 10% são reciclados, que é quase igual à sua representação na composição geral de resíduos.

A taxa de reciclagem total do B32 é de 95%, o que indica uma abordagem muito proativa e eficiente em relação à gestão de resíduos. Além disso, o fato de cada usuário gerar apenas 1 kg de resíduos por dia e 5 mil kg para todo o edifício mostra uma consciência ambiental e uma redução na geração de resíduos.

Em resumo, as práticas de reciclagem e gestão de resíduos neste edifício de escritórios são notavelmente eficientes. Com uma taxa de reciclagem de 95%, o edifício não apenas reduz seu impacto ambiental, mas também contribui significativamente para a economia circular, onde os materiais são reutilizados e reciclados. A nota final, baseada em práticas sustentáveis e eficientes, é definitivamente alta.

Figura 50 - Sistema de Reciclagem no Edifício B32



Fonte: Faria Lima Prime Properties, PDF, 2022

A utilização de máquinas de compactação é uma estratégia eficaz para otimizar o processo de reciclagem. Ao compactar os resíduos, o volume é significativamente reduzido, tornando o transporte e a reciclagem subsequentes mais eficientes e econômicos.

A máquina azul e amarela apresentada na Figura 50, parece robusta e bem construída, sugerindo uma capacidade significativa de processamento. O bloco compactado mostrado indica que a máquina pode produzir blocos uniformes e densos de resíduos, o que é ideal para processos de reciclagem.

É evidente que o foco aqui é a eficiência e a otimização do processo de reciclagem. Através da compactação, os resíduos são transformados em uma forma mais gerenciável, reduzindo custos e impacto ambiental associados ao transporte e processamento.

Em suma, a implementação de tal equipamento em uma instalação de reciclagem ou em um local que gera grandes quantidades de resíduos é um passo positivo em direção à sustentabilidade. A máquina não apenas facilita o processo de reciclagem, mas também contribui para a redução da pegada de carbono, ao minimizar a necessidade de transporte frequente devido à redução de volume. Portanto, a nota final para esta prática é alta, refletindo um compromisso com a eficiência e a sustentabilidade.

Materiais e Recursos

A seleção de materiais foi rigorosamente realizada para garantir que os recursos utilizados para a construção do edifício fossem sustentáveis, de baixo impacto e, sempre que possível, locais, reduzindo assim a pegada de carbono associada ao transporte.

Qualidade do Ambiente Interior

Uma ênfase particular foi colocada na qualidade do ambiente interior, garantindo que os ocupantes desfrutem de um espaço de trabalho que não apenas apoie a produtividade, mas também o bem-estar físico e mental.

O Edifício B32 é uma personificação da arquitetura encontrando a sustentabilidade. Cada componente, desde o design inicial até os materiais selecionados e as operações diárias, reflete uma integração harmoniosa de estética arquitetônica, funcionalidade, e respeito pelo meio ambiente. Este edifício não é apenas um espaço de trabalho, mas um testemunho vivo de que o design inovador e

a sustentabilidade podem coexistir, prosperar e definir novos padrões para a construção civil moderna.

6.12. Integração do Empreendimento B32 com as Diretrizes da COP para Sustentabilidade

A Conferência das Partes (COP) tem se consolidado como uma plataforma internacional de relevância, focada em estratégias de mitigação das mudanças climáticas e promoção da sustentabilidade em diversas esferas. A construção civil, sendo um dos setores de maior impacto ambiental, tem um papel essencial nesta discussão, tendo em vista sua contribuição significativa para as emissões de carbono e utilização de recursos naturais.

O empreendimento B32, conforme descrito no estudo de caso, demonstra um comprometimento exemplar com as práticas sustentáveis, colocando-se em posição de destaque no cenário da construção civil moderna. Ao analisarmos sua gestão hídrica e de resíduos, fica evidente um alinhamento profundo com as diretrizes e objetivos propostos pela COP.

6.12.1 Gestão Hídrica e Alinhamento com a COP:

O B32 apresenta uma abordagem holística na gestão da água, adotando práticas como a coleta de águas pluviais, tratamento e reuso de águas cinzas e negras, e a minimização da dependência de fornecimento externo. Esta autonomia hídrica não apenas ressalta a responsabilidade ambiental do projeto, mas também se coaduna com as metas da COP para redução do uso insustentável de recursos hídricos e promoção de sistemas resilientes à mudança do clima.

6.12.2 Gestão de Resíduos e a Visão da COP:

Com uma taxa impressionante de reciclagem de 95%, o B32 reflete as aspirações da COP para uma economia circular, onde a reutilização e reciclagem de materiais são priorizadas. Ao adotar máquinas de compactação e promover a reciclagem efetiva, o empreendimento minimiza seu impacto ambiental e promove práticas que vão ao encontro das metas globais de redução de resíduos.

6.12.3 Energia e Alinhamento com a COP:

A gestão de energia do B32 é um dos pilares de sua excelência em sustentabilidade. O empreendimento adota práticas de geração de energia renovável, contribuindo significativamente para a redução da pegada de carbono. Através do uso de tecnologias limpas, o B32 não apenas diminui sua dependência de fontes de energia não renováveis, mas também exemplifica as aspirações da COP para a transição energética global.

6.12.4 Iluminação Eficiente e Visão da COP

A iluminação do B32 foi projetada com o intuito de maximizar a eficiência e minimizar o consumo de energia. Ao adotar soluções como sensores de movimento, iluminação LED e design arquitetônico que favorece a luz natural, o empreendimento evidencia um comprometimento com a eficiência energética, alinhando-se com as diretrizes da COP para a redução do consumo de energia em edificações.

6.12.5 Implementação da Sustentabilidade

A sustentabilidade não foi apenas um complemento, mas sim uma premissa básica na concepção do B32. Desde a escolha dos materiais, passando pela gestão de resíduos, até o design que favorece o bem-estar dos ocupantes, o empreendimento é um exemplo de como a sustentabilidade pode ser integrada em todos os níveis de um projeto, refletindo a urgência e a importância que a COP atribui a práticas sustentáveis.

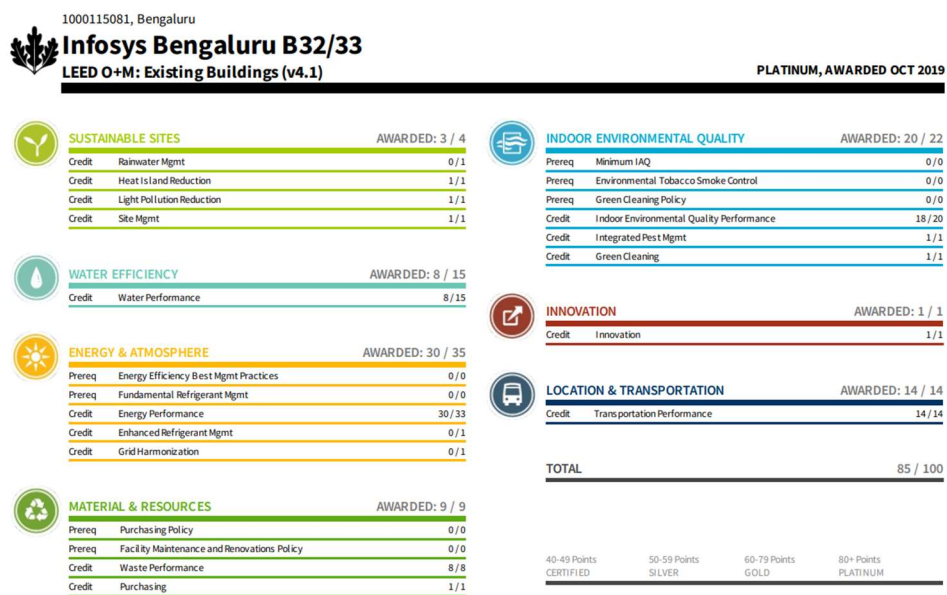
6.12.6 Inovação na Concepção do Projeto

O B32 destaca-se não apenas por suas práticas sustentáveis, mas também pela inovação intrínseca à sua concepção. A integração de tecnologias de ponta, design contemporâneo e soluções construtivas inovadoras evidenciam uma visão de futuro alinhada com as metas globais da COP. A inovação não é apenas uma característica, mas uma necessidade em um mundo em constante evolução, e o B32 serve como um modelo de como a construção civil pode evoluir em sintonia com as demandas globais de sustentabilidade.

6.12.7 Certificação e Compatibilidade com a COP

A certificação LEED Platinum do B32 é um testemunho de sua excelência em sustentabilidade. A LEED, uma das certificações mais reconhecidas globalmente, avalia a performance ambiental de edificações e, ao atingir o nível Platinum, o B32 demonstra estar alinhado com as melhores práticas do setor, reforçando sua compatibilidade com as diretrizes da COP. A Figura 51 apresenta as características do edifício para obtenção do selo.

Figura 51 - Performance LEED



Fonte: Infosys Bengaluru

6.12.8 Desafios e Oportunidades:

Desafios de Engenharia na Implementação de Práticas Sustentáveis:

A engenharia civil tem experimentado uma crescente pressão para incorporar práticas sustentáveis em suas operações e projetos. No caso do B32, diversos desafios técnicos surgiram:

Gestão de Recursos: A reutilização e reciclagem de materiais de construção requerem planejamento meticuloso e logística avançada.

Eficiência Energética: Projetar um edifício que seja energeticamente eficiente sem comprometer sua funcionalidade e estética exigiu uma profunda análise técnica e simulações.

Gestão Hídrica: A integração de sistemas avançados de conservação de água pode muitas vezes colidir com práticas tradicionais de engenharia.

Oportunidades para a Engenharia Civil:

Tecnologias Inovadoras: A crescente demanda por práticas sustentáveis abre espaço para a implementação de novas tecnologias na engenharia civil, como sistemas de energia renovável e materiais de construção eco-friendly.

Desenho Urbano: A sustentabilidade oferece a oportunidade de repensar o design urbano, promovendo espaços mais verdes e comunidades integradas.

Economia de Recursos: Ao longo do tempo, práticas sustentáveis podem resultar em economias significativas, reduzindo os custos operacionais de edifícios.

7 RESULTADOS OBTIDOS

7.1. Diagnóstico dos Impactos Ambientais na Construção Civil

A investigação empreendida possibilitou um mapeamento preciso dos impactos mais significativos oriundos da construção civil, enfatizando a emissão de gases de efeito estufa, o alto consumo de recursos naturais, a conseqüente produção de resíduos sólidos e a alteração e degradação de ecossistemas locais.

A análise conduzida sobre o edifício B32 serviu como um parâmetro exemplificativo, evidenciando práticas que atenuam efetivamente tais impactos, em particular através de uma gestão de resíduos otimizada e uma notável eficiência energética.

7.2. Aferição das Práticas Ambientais Vigentes na Construção Civil

A análise crítica das práticas adotadas atualmente na indústria revelou uma evolução positiva no tocante à sustentabilidade. Observa-se um incremento na adoção de tecnologias mais limpas, estratégias avançadas de gestão de resíduos e um foco reforçado na eficiência energética.

A concretização destes conceitos pode ser visualizada no edifício B32. O reconhecimento mediante certificação LEED corrobora a viabilidade e o êxito de tais práticas em projetos de grande escala.

7.3. Escopo das Políticas e Acordos Internacionais

Uma análise profunda das diretrizes advindas da COP salienta o imperativo global de práticas construtivas mais responsáveis e alinhadas aos desígnios do desenvolvimento sustentável.

Através do prisma do estudo de caso do B32, constata-se que não apenas é viável atender a estas diretrizes, mas que há margem para superar tais expectativas, reforçando o comprometimento e excelência em sustentabilidade.

7.4. Proposição de Medidas Sustentáveis e sua Congruência com as Diretrizes da COP

Ao longo da pesquisa, foram elencadas e propostas medidas ambientais inovadoras, as quais se demonstraram plenamente alinhadas às metas estabelecidas pela COP. Estas englobam a valorização de materiais de baixo impacto, a vanguarda em tecnologias limpas e a promoção contínua da eficiência energética.

O caso exemplar do B32 materializou várias destas propostas, posicionando-se como um benchmark no que tange à implementação efetiva de práticas inovadoras e sustentáveis.

7.5. Avaliação da Repercussão das Medidas Sugeridas

A avaliação crítica empreendida vislumbrou que, apesar de desafios intrínsecos à inovação em sustentabilidade, os dividendos potenciais, seja em termos de atenuação de impactos ambientais ou viabilidade econômico-financeira, são consideravelmente significativos.

A experiência concreta do B32 corroborou esta perspectiva, demonstrando que os desafios podem ser superados e que as práticas sustentáveis se traduzem em benefícios palpáveis para a sociedade e stakeholders do projeto.

7.6. Recomendações para Futuros Estudos

Foco em Materiais: Futuras pesquisas podem se concentrar na descoberta e teste de novos materiais de construção que são tanto eco-friendly quanto duráveis.

Sistemas Inteligentes: Explorar o potencial de edifícios inteligentes que podem adaptar-se às condições ambientais, otimizando o uso de energia e recursos.

Estudos Comparativos: Realizar estudos que comparem diferentes abordagens sustentáveis em engenharia civil, ajudando a estabelecer benchmarks para a indústria.

Integração com Outras Disciplinas: A sustentabilidade é interdisciplinar. Engajamento com campos como a biologia, ecologia e ciências sociais pode oferecer insights valiosos para a engenharia civil sustentável.

8 CONCLUSÃO

Esta pesquisa explorou a inter-relação entre a engenharia civil e seus impactos ambientais, destacando a capacidade inovadora do campo para adotar práticas sustentáveis. O estudo de caso do Edifício B32, que se destaca no cenário urbano por seu design sustentável e inovação técnica, exemplifica como a engenharia civil pode atingir novos patamares de sustentabilidade.

A revisão de literatura realizada proporcionou um entendimento abrangente das práticas globais e diretrizes para mitigação de emissões de carbono na engenharia civil. Além disso, a análise das iniciativas da COP forneceu perspectivas valiosas sobre como políticas ambientais podem ser efetivamente incorporadas no setor.

O Edifício B32 serviu como um exemplo prático, demonstrando a integração entre estratégias de engenharia avançadas e tecnologia sustentável. A conquista da certificação LEED Platinum pelo edifício reforça a ideia de que a engenharia civil deve equilibrar as exigências comerciais com o compromisso ambiental.

Foi evidenciado que a transição para práticas mais sustentáveis na construção civil exige esforços conjuntos entre políticas públicas, engajamento corporativo e conscientização social. As entrevistas e análises realizadas destacaram a importância de uma abordagem integrada, na qual a engenharia civil não apenas adota inovações tecnológicas, mas também internaliza princípios de sustentabilidade.

Portanto, conclui-se que, apesar dos desafios impostos ao meio ambiente pela engenharia civil, as estratégias e soluções discutidas nesta pesquisa indicam um caminho viável e promissor. O Edifício B32 serve como um modelo inspirador, incentivando a indústria a adotar práticas ambientalmente responsáveis.

A engenharia civil encontra-se em um ponto de inflexão, podendo optar por perpetuar práticas danosas ou liderar em termos de sustentabilidade. A replicação de casos bem-sucedidos como o B32 e a adoção contínua das estratégias sustentáveis sugeridas nesta pesquisa podem posicionar o setor na vanguarda da luta contra as mudanças climáticas. As recomendações e perspectivas para pesquisas futuras abrem portas para uma investigação mais aprofundada em métodos e técnicas que contribuirão para a construção de um futuro sustentável, em linha com os objetivos da engenharia civil moderna.

9 REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASIL. COP 27 (2022). **Construção civil não deve cumprir meta de descarbonização.** Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/radioagencia-nacional/meio-ambiente/audio/2022-11/cop-27-construcao-civil-nao-deve-cumprir-meta-de-descarbonizacao>. Acesso em: 18 de maio de 2023.

ANDERSON, S. (2016). **Proximity and Efficiency in Building Systems.** *International Journal of Building Design and Management*, 8(4), 299-312. Acesso em 21 de outubro de 2023.

ARCHDAILY BRASIL (2021). **Progressos em 2021 rumo à descarbonização no setor da construção civil.** Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/974490/progressos-em-2021-rumo-a-descarbonizacao-no-setor-da-construcao-civil>. Acesso em: 18 de maio de 2023.

BIRMANN, R. (2016). **Sobre a relação dos edifícios de escritórios com o urbanismo, Triple A e sobre o B32, o novo empreendimento Birmann SA. Buildings** - Escritórios e Industrial, ano 9, ed. 34, p. 12-18, 3º trimestre 2016. Disponível em: <https://www.buildings.com.br/public/assets/img/buildings/revista/ed-34/pdf/files/assets/common/downloads/publication.pdf>. Acesso em: 06 nov. 2023.

BIRMANN, R. (2020). **Uma breve história de como nasceu um gigante.** Disponível em: <https://www.birmann.com.br/uma-breve-historia-de-como-nasceu-um-gigante/>. Acesso em: 22 de outubro de 2023.

BLOG DA TKE ELEVATOR (2021). **B32: Obra de Arte da Engenharia Abriga os Elevadores mais Rápidos do Brasil e Abre Caminho para uma Nova Experiência.** Disponível em: <https://blog.br.tkelevator.com/b32-obra-de-arte-da-engenharia-abriga-os-elevadores-mais-rapidos-do-brasil-e-abre-caminho-para-uma-nova-experiencia-um-novo-tempo/>. Acesso em 30 de outubro de 2023.

BLUESOL ENERGIA SOLAR (2020); **Painel Solar Fotovoltaico: Criação, História E Fatos.** Disponível em: <https://blog.bluesol.com.br/painel-solar-fotovoltaico-criacao-historia-marcos/> Acesso em 07 setembro de 2023.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (2013). **Construção sustentável: desafios e soluções.** Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/noticias/construcao-civil-precisa-mudar>. Acesso em: 20 de março de 2023.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (2017). **Contribuição Nacionalmente Determinada do Brasil.** Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/clima/grupo-executivo-sobre-mudanca-do-clima/grupo-executivo-sobre-mudan%C3%A7as-clim%C3%A1ticas/item/10570-indc-contribui%C3%A7%C3%A3o-nacionalmente-determinada.html>. Acesso em: 05 de junho de 2023.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (2018). **Guia de Elaboração de Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (RIMA).** Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/licenciamento/guia-de-elaboracao-de-eia-e-rima.pdf> Acesso em 02 de junho de 2023.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (2022). **Construção civil precisa mudar**. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/noticias/construcao-civil-precisa-mudar>. Acesso em 24 de abril de 2023. Ministério do Meio Ambiente.

BRISOLA, S. (2022). **Edifício B32, Birmann**. Disponível em: Edifício B32 - Edifício Birmann 32 - Itaim Bibi - Descubra Sampa - Cidade de São Paulo. Acesso em 15 de Outubro de 2023.

BUILDING EMPREENDIMENTOS (2022). **Conceito Triple A**. Disponível em: Conceito Triple A - Building Empreendimentos. Disponível em: <https://buildingeng.com.br>. Acesso em 16 de outubro de 2023.

CARBON ATLAS (2021). **Global Carbon Project**. Disponível em: <https://www.globalcarbonatlas.org/en/CO2-emissions>. Acesso em 31 de maio de 2023.

CARVALHO, Pedro. Itaim Irá Ganhar Praça “Nova-Iorquina”. **Veja São Paulo**, São Paulo 10 de set. 2021. Coluna. Disponível em: <https://veja.sp.abril.com.br/cidades/novidades-no-itaim/> Acesso em 16 outubro 2023.

CBRE. (2021). **Estudo de caso: B32. [S.I.]**. Disponível em: <https://www.cbre.com.br/insights/case-studies/b32>. Acesso em: 06 nov. 2023.

CETESB (2022). **Gestão de Resíduos da Construção Civil**. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/sigor/2014/12/12/residuos-da-construcao-civil-e-o-estado-de-sao-paulo/>. Acesso em 24 de abril de 2023.

CNN BRASIL (2022). **Brasil assume papel de protagonismo na COP 27**. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/brasil-assume-papel-de-protagonismo-na-cop-27/>. Acesso em: 18 de maio de 2023.

COMISSÃO GLOBAL SOBRE ECONOMIA E CLIMA (2018). **Construções Sustentáveis** - Relatório da Comissão Global sobre Economia e Clima. Disponível em: https://newclimateeconomy.report/2018/wpcontent/uploads/sites/6/2018/09/NCE2018_Infra_Chapter-6_Low-Carbon-Buildings.pdf. Acesso em: 20 de março de 2023.

CTE (CENTRO DE TECNOLOGIA DE EDIFICAÇÕES) (2020) **Sustentabilidade E Inovação Na Construção: Um Caminho Sem Volta**. Disponível em: <https://cte.com.br/blog/atualidade/sustentabilidade-e-inovacao-na-construcao-um-caminho-sem-volta/> Acesso em 14 de maio de 2023.

CZERWINSKA, D. (2016). **A Contribuição Das Construções Sustentáveis Para Objetivos De Desenvolvimento Sustentável Da ONU**. Disponível em: <https://www.gbcbrasil.org.br/a-contribuicao-das-construcoes-sustentaveis-para-objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel-da-onu/> Acesso em 14 de maio de 2023.

DIAS, Ricardo. Gestão de Energia para Edificações. **Cubi Energia**, São Paulo 24 jan. 2019. Blog. Disponível em: <https://www.cubienergia.com/gestao-de-energia-para-edificacoes/> Acesso em 14 de maio de 2023.

EQUIPE TOTVS (2023). **Guia completo sobre ESG (Environmental, Social and Governance)**. Disponível em: ESG: o que é, como funciona, pilares e como aplicá-lo - TOTVS. Acesso em 19 de outubro de 2023.

ETHOS - INSTITUTO DE EMPRESAS E RESPONSABILIDADE SOCIAL (2019). **Guia Metodológico** - Práticas Sustentáveis na Construção Civil. Disponível em: https://www.ethos.org.br/wp-content/uploads/2019/03/guia_metodologico.indd_.pdf. Acesso em: 18 de maio de 2023.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (2021). **Climate Change Mitigation**. Disponível em: <https://www.eea.europa.eu/themes/climate/indicators/greenhouse-gas-emission-trends-6>. Acesso em 02 de junho de 2023.

FARIA LIMA PROPERTIES. (2020). **EDIFÍCIO B32**. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1IF8wDgmOZ7ewFKjyXoJeva2vUy5RmICC/view?usp=sharing>. Acesso em: 06 nov. 2023.

FEICON (2021). **Entendendo A Participação Da Construção Civil No PIB Brasileiro**. Disponível em: <https://www.feicon.com.br/pt-br/blog/construtores---engenheiros---projetistas/entendendo-a-participacao-da-construcao-civil-no-pib-brasileiro-.html> Acesso em 14 de maio de 2023.

GLOBAL CONSTRUCTION PERSPECTIVES AND OXFORD ECONOMICS (2015). **Global Construction 2025**. Disponível em: Future of Construction - Oxford Economics Acesso em 31 de maio de 2023.

Global Infrastructure Outlook. (2017). Recuperado em 14 de maio de 2023, de <https://outlook.gihub.org/> Acesso em 02 de junho de 2023.

GRAY, L., & SMITH, P. (2017). **Integrating Form and Function in Contemporary Architecture. Architectural Review, 25(1), 67-81**. Acesso em 21 de outubro de 2023.

GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL (GBC BRASIL) (2022). **Casa Sustentável: Construção Verde**. Disponível em: <https://www.gbcbrazil.org.br/>. Acesso em 24 de abril de 2023.

GREEN BUILDING COUNCIL. (2020). **Sustainable Building Practices and Energy Efficiency. Retrieved from**. Disponível em: <https://www.greenbuildingcouncil.org/resources/sustainable-building-practices>. Acesso em 21 de outubro de 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) (2020). **Construção civil**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9037-produto-interno-bruto-dos-municipios.html?=&t=o-que-e> Acesso em 31 de maio de 2023.

INSTITUTO SAÚDE E SUSTENTABILIDADE (2022). **Mudanças Climáticas e Poluição do Ar**. Disponível em: <https://saudeesustentabilidade.org.br/noticias/mudancas-climaticas-e-poluicao-do-ar-entenda-a-relacao/> Acesso em 14 de maio de 2023.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. (2018). **Global Warming of 1.5°C**. Disponível em: <https://unfccc.int/news/unfccc-secretariat-welcomes-ipcc-s-global-warming-of-15degc-report>. Acesso em: 05 de junho de 2023.

IRENA. (2022). **Relatório de Geração de Energia Renovável para Edificações**. Disponível em: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/Jun/IRENA_WETO_Summary_2021_P T.pdf?rev=7a2079e693b94de28014f3d66337847f. Acesso em 24 de abril de 2023. Agência Internacional de Energias Renováveis.

IUCN (INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE) (2020). **Habitat Fragmentation**. Disponível em: <https://www.iucn.org/theme/species/our-work/habitat-conservation/habitat-fragmentation> Acesso em 02 de junho de 2023.

JORNAL DA UNESP (2022). **Docentes da Unesp apresentam projetos da universidade na COP 27**. Disponível em: <https://jornal.unesp.br/2022/11/16/docentes-da-unesp-apresentam-projetos-da-universidade-na-cop-27/>. Acesso em: 18 de maio de 2023.

KHATIB, J. (2009). **Sustainability of Construicuon Materials**. Editora Woodhead Publishing. Disponível em: <https://www.amazon.com.br/Sustainability-Construction-Materials-Jamal-Khatib/dp/1845693493>. Acesso em 30 de maio de 2023.

KIBERT, C. (2019). **Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery**. Disponível em: <https://www.amazon.com.br/Sustainable-Construction-Building-Design-Delivery/dp/1119055172>. Acesso em: 20 de maio de 2023.

LEED FOR BUILDING DESIGN AND CONSTRUCTION (2022). **Conselho de Construção Sustentável dos Estados Unidos (USGBC)**. Disponível em: [https://www.usgbc.org/leed/rating-systems/new-buildings#:~:text=LEED%20for%20Building%20Design%20and%20Construction%20\(LEED%20BD%2BC\),sustainability%20feature%2C%20maximizing%20the%20benefits](https://www.usgbc.org/leed/rating-systems/new-buildings#:~:text=LEED%20for%20Building%20Design%20and%20Construction%20(LEED%20BD%2BC),sustainability%20feature%2C%20maximizing%20the%20benefits). Acesso em 24 de abril de 2023.

MACHADO, A; AMARAL, B; FACHIM, C; NUNES, C. (2021). **O Impacto das Emissões de Carbono na Construção Civil: Contexto Global e Diretrizes de Redução**. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/659037663/EMISSOES-DE-CARBONO-NA-CONSTRUCAO-CIVIL-contexto-global-e-diretrizes-de-reducao>. Acesso em: 06 nov. 2023.

MARITAN, F. (2015). **Case BIM Edifício B32. BimRevit**. Disponível em: <http://www.bimrevit.com/2015/09/case-bim-edificio-b32.html>. Acesso em: 06 nov. 2023.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (BRASIL) (2021). **Compromissos do Brasil no Acordo de Paris**. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/mudancas-climaticas/acordo-de-paris>. Acesso em 04 de junho de 2023.

NAGALLI, A. (2014). **Gerenciamento de Resíduos Sólidos na Construção Civil. SÃO PAULO: Editora Oficina de Textos; 1ª edição.** Disponível em: https://www.amazon.com.br/Gerenciamento-Res%C3%ADduos-S%C3%B3lidos-Constru%C3%A7%C3%A3o-Civil/dp/857975125X/ref=asc_df_857975125X/?tag=googleshopp00-20&linkCode=df0&hvadid=379773321320&hvpos=&hvnetw=g&hvrand=5314841908401794376&hvpone=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcmld=&hvlocint=&hvlocphy=1001773&hvtargid=pla-421237885822&pvc=1 Acesso em: 20 de maio de 2023.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU) (2019). **2021 Global Status Report for Buildings and Construction.** Disponível em: 2021 Global Status Report for Buildings and Construction | UNEP - UN Environment Programme Acesso em 31 de maio de 2023.

PGRS BRASIL (2021). **Classificação de Resíduos em Obras Cíveis e Gerenciamento.** Disponível em: <https://www.pgrsbrasil.com.br/classificacao-de-residuos-em-obras-civis-e-gerenciamento> Acesso em 14 de maio de 2023.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE (UNEP) (2022). **Relatório Global de Status de Construção e Edificação.** Disponível em: <https://www.unep.org/resources/publication/2022-global-status-report-buildings-and-construction>. Acesso em: 20 de março de 2023.

PROPEQ (2022). **Como As Indústrias Podem Diminuir A Emissão De Carbono?** Disponível em: <https://propeq.com/diminuicao-da-emissao-de-carbono/> Acesso em 14 de maio de 2023.

QUEIROZ, Luisa. São Paulo Ganha Teatro De R\$1,2 Bilhão. **Casa Vogue Globo,** São Paulo 14 de mai. 2021. Coluna. Disponível em: <https://casavogue.globo.com/Arquitetura/Cidade/noticia/2021/05/sao-paulo-ganha-teatro-de-r-12-bilhao-preparado-para-o-5g-e-integrado-cidade.html> Acesso em 16 outubro 2023.

Redação. Importância Do Descarte Correto De Entulho. **Decorfácil,** São Paulo 05 de jun. 2023. Blog. Disponível em: <https://www.decorfacil.com/descarte-de-entulho/> Acesso em 14 de maio de 2023.

RMI. (2021). **Building a Better Future: Innovation in Sustainable Construction.** Disponível em: <https://rmi.org/our-work/buildings/>. Acesso em 24 de abril de 2023. Rocky Mountain Institute.

ROCKY MOUNTAIN INSTITUTE (2016). **Construção Sustentável no Brasil: Inovações e Oportunidades.** Disponível em: <https://rmi.org/insight/building-a-better-future-innovation-in-sustainable-construction/>. Acesso em: 20 de março de 2023

SÁNCHEZ, L. **Avaliação de Impacto Ambiental: Conceitos e Métodos.** SÃO PAULO: Editora Oficina de Textos; 3ª edição (2020). Disponível em: https://www.amazon.com.br/Avalia%C3%A7%C3%A3o-Impacto-Ambiental-Conceitos-M%C3%A9todos/dp/6586235030/ref=asc_df_6586235030/?tag=googleshopp00-20&linkCode=df0&hvadid=379793917328&hvpos=&hvnetw=g&hvrnd=5314841908401794376&hvpone=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcmld=&hvlocint=&hvlocphy=1001773&hvtargid=pla-948741934054&psc=1. Acesso em: 20 de maio de 2023.

SUSTENTARQUI (2020). **Certificação LEED** – O que é e Como Funciona? Disponível em: <https://sustentarqui.com.br/certificacao-leed-o-que-e-e-como-funciona>. Acesso em 16 outubro 2023.

U.S. GREEN BUILDING COUNCIL (USGBC) (2022). **LEED Certification Agreement.** Disponível em: USGBC | U.S. Green Building Council. Acesso em 15 de outubro de 2023.

UGREEN (2015). **Construção civil e sustentabilidade.** Disponível em: <https://ugreen.com.br/construcao-civil-e-sustentabilidade/>. Acesso em 04 de junho de 2023.

UGREEN (2020). **Pegada de Carbono: Como Reduzi-la na Construção Civil.** Disponível em: <https://www.ugreen.com.br/como-reduzir-a-pegada-de-carbono-na-construcao-civil/>. Acesso em 14 de maio de 2023.

UM SÓ PLANETA (2022). **GLOBO 7. COP 27** - Setor da construção civil não vai cumprir descarbonização até 2050. Disponível em: <https://umsoplaneta.globo.com/clima/cop/noticia/2022/11/13/cop-27-setor-da-construcao-civil-nao-vai-cumprir-descarbonizacao-ate-2050.ghtml>. Acesso em: 15 de abril de 2023.

UNEP (UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME) (2019). **Promoting Sustainable Building and Construction for Green Growth and Resource Efficiency.** Disponível em: <https://www.unep.org/resources/report/promoting-sustainable-building-and-construction-green-growth-and-resource-efficiency>. Acesso em 04 de junho de 2023.

UNFCCC (UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE) (2015). **Paris Agreement.** <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>. Acesso em 04 de junho de 2023.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE. (2015). **Paris Agreement.** Disponível em: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement>. Acesso em: 05 de junho de 2023.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (2020). **Global Greenhouse Gas Emissions.** Disponível em: <https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data>. Acesso em 31 de maio de 2023.

VENÂNCIO, H. (2020). **Minha Casa Sustentável**. Guia Para uma Construção Residencial Responsável. Disponível em: <https://www.amazon.com.br/Sustainable-Construction-Building-Design-Delivery/dp/1119055172>. Acesso em: 20 de maio de 2023.

WWF (WORLD WIDE FUND FOR NATURE) (2021). **Building a Sustainable Future: The Impact of Construction on Nature and Biodiversity**. Disponível em: <https://www.wwf.org.uk/updates/building-sustainable-future-impact-construction-nature-and-biodiversity> Acesso em 02 de junho de 2023.