

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIA EM AMBIENTE
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENERGIA E AMBIENTE

ARTUR SOUZA GONDIM SILVA

**AS PRÁTICAS DE SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL: UM ESTUDO
COM OS CONSTRUTORES DE UNIDADES HABITACIONAIS HORIZONTAIS**

São Luís
2022

ARTUR SOUZA GONDIM SILVA

**AS PRÁTICAS DE SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL: UM ESTUDO
COM OS CONSTRUTORES DE UNIDADES HABITACIONAIS HORIZONTAIS**

Dissertação apresentada ao Curso de Energia e Ambiente da Universidade Federal do Maranhão, como requisito para obtenção do grau de Mestre. Orientadora:

Profa. Dra. Darliane Ribeiro Cunha.

São Luís

2022

Silva, Artur Souza Gondim.

As práticas de sustentabilidade na construção civil: um estudo com os construtores de unidades habitacionais horizontais / Artur Souza Gondim Silva. – São Luís, 2022.

97 f.

Orientadora: Dra. Darliane Ribeiro Cunha

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Energia e Ambiente/ccet, Universidade Federal do Maranhão, São Luís/MA, 2022.

1. Construção sustentável. 2. Sustentabilidade. 3. Tecnologia. 4. Unidades habitacionais populares. I. Cunha, Darliane Ribeiro. II. Título..

CDU *****

ARTUR SOUZA GONDIM SILVA

**AS PRÁTICAS DE SUSTENTABILIDADE NA
CONSTRUÇÃO CIVIL: UM ESTUDO COM OS
CONSTRUTORES DE UNIDADES HABITACIONAIS
HORIZONTAIS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Energia e Ambiente da Universidade Federal do Maranhão como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Energia e Ambiente.

Aprovada em: / /

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Darliane Ribeiro Cunha
Universidade Federal do Maranhão – UFMA

Prof. Dr. Sérgio Sampaio Cutrim
Universidade Federal do Maranhão – UFMA

Prof. Dr. Newton Narciso Pereira
Universidade Federal Fluminense – UFF

Dedico este trabalho ao Pai
Celestial pela oportunidade de realizar mais
um projeto de vida.

AGRADECIMENTOS

Ao meu pai Jorge e minha mãe Lúcia, pelos ensinamentos recebidos e que me levaram a ser o Artur que sou.

À Rosalina, minha companheira e amiga, e aos meus queridos filhos João Lucas e Catarina.

À minha orientadora, Profa. Dra. Darliane Ribeiro Cunha, pela atenção e acompanhamento em todo o processo desta dissertação. Meu muito obrigado!

A todos os professores do mestrado, por todo esforço para dar continuidade à realização das atividades do curso apesar da situação de pandemia.

Aos colegas do mestrado, pelo apoio e amizade no decorrer do curso.

Aos amigos Antônio Anglada, Karla Lauleta e Teresa Cristina Viana, pelos incentivos recebidos durante o percurso da elaboração desta dissertação. Minha gratidão!

“A sustentabilidade consiste em construir pensando no futuro.”

Renzo Piano

RESUMO

Esta pesquisa teve como objetivo analisar as práticas de sustentabilidade inseridas no contexto da construção das unidades habitacionais horizontais populares na cidade de São Luís. Trata-se de uma pesquisa descritiva e exploratória com a aplicação de um questionário. A amostra do estudo foi de 26 construtores. Os resultados do estudo destacam que o uso das tecnologias voltadas à sustentabilidade em construção civil de unidades habitacionais populares tende a gerar grandes benefícios não somente para o meio ambiente, como também pode oferecer conforto significativo para seus moradores, e que neste estudo demonstra-se a maximização da preservação do meio ambiente em que se encontram. Conclui-se que os resultados desta pesquisa poderão auxiliar as construtoras a alcançarem vantagens competitivas encorajando uma forte orientação para o mercado através do desenvolvimento de tecnologias, técnicas e práticas baseadas em sustentabilidade. Dessa forma, o presente estudo se apresenta para contribuir com o mercado da construção de unidades habitacionais no sentido de, através da observação das tecnologias pesquisadas, permitir que os construtores evoluam seus produtos oferecidos ao mercado possam contar com desempenho superior aos demais também no âmbito da sustentabilidade.

Palavras-chave: sustentabilidade; construção sustentável; tecnologia; unidades habitacionais populares.

ABSTRACT

This research aimed to analyze the sustainability practices inserted in the context of the construction of popular horizontal housing units in the city of São Luís. It is a descriptive and exploratory research with the application of a questionnaire. The study sample consisted of 26 builders. The results of the study highlight that the use of technologies aimed at sustainability in civil construction of popular housing units tends to generate great benefits not only for the environment, but also can offer significant comfort to its residents, and that this study demonstrates the maximizing the preservation of the environment in which they are located. It is concluded that the results of this research can help construction companies to achieve competitive advantages by encouraging a strong market orientation through the development of technologies, techniques and practices based on sustainability. In this way, the present study presents itself to contribute to the market for the construction of housing units in the sense of, through the observation of the researched technologies, allowing the builders to evolve their products offered to the market to be able to count on a superior performance to the others also in the scope of the sustainability.

Keywords: sustainability; sustainable construction; technology; popular housing units.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1 - Evolução histórica da discussão sobre a sustentabilidade.....	24
Figura 1 - Efeito chaminé	28
Quadro 2 - Classificação de Resíduos da construção civil.....	30
Figura 2 - Funcionamento de aerogerador – turbina de eixo horizontal.....	33
Figura 3 - Sistema híbrido (energia eólica e fotovoltaica).	34
Figura 4 - Bacia de Evapotranspiração.	36
Figura 5 - Reutilização de Águas Cinza.	39
Figura 6 - Ventilação Natural.....	41
Figura 7 - Dimensões do BIM.....	47
Gráfico 1 - Grau de escolaridade dos entrevistados.	51
Gráfico 2 - Tempo de atuação na área.....	52
Tabela 1 - Motivos para não inclusão da sustentabilidade no setor.	53
Figura 8 - Nuvem de palavras da pergunta 6.	54
Figura 9 - Nuvem de palavras da pergunta 7.	55
Gráfico 3 - Destinação dos resíduos gerados na fase da construção.	56
Gráfico 4 - Diferenciais relacionados à sustentabilidade disponíveis na casa pronta.	57
Gráfico 5 - Motivos para a inclusão das práticas de sustentabilidade nas casas prontas.	58
Figura 10 - Composição de preço.	60
Figura 11 - Modelagem virtual.....	62
Tabela 2 - Orçamento Analítico Nível 01.....	63
Tabela 3 - Orçamento Analítico Nível 01.....	64
Figura 12 - Eq. Azevedo neto – Dimensionamento Reservatório.....	65
Figura 13 - Parâmetros de Qualidade.	65
Figura 14 - Frequência de Manutenção.	66
Figura 15 - Ilustração de Sistema de reaproveitamento de Água Pluvial.	66
Figura 16 - Sistema de reaproveitamento de Água Pluvial.	67
Figura 17 - NBR 15575.	69
Figura 18 - Telhado Verde.....	70
Figura 19 - Esquema de Sistema On-Grid.	71

Figura 20 - Plano de Payback.	71
Figura 21 - Sistema On-grid no Modelo.	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Motivos para não inclusão da sustentabilidade no setor.....	53
Tabela 2 - Orçamento Analítico Nível 01.....	63
Tabela 3 - Orçamento Analítico Nível 01.....	64

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 MERCADO DE CONSTRUÇÃO NO BRASIL	17
2.1 Déficit habitacional no Brasil	17
2.2 Programa Casa Verde e Amarela	19
2.3 Diferenças entre as residências de hoje e do passado recente	20
3 SUSTENTABILIDADE	23
3.1 Construção sustentável.....	26
3.2 Resíduos da construção civil.....	28
3.3 Práticas e tecnologias voltadas à sustentabilidade	31
3.3.1 <i>Sistemas domésticos de energia fotovoltaica, eólica e híbridos</i>	31
3.3.2 <i>Tratamento de esgoto através de Bacia de Evapotranspiração (BET) ou Fossa verde (Bananeiras)</i>	35
3.3.3 <i>Reaproveitamento de água de chuva e água cinza de reuso</i>	36
3.3.4 <i>Conforto térmico (correntes de vento)</i>	40
3.3.5 <i>Laje verde</i>	41
3.3.6 <i>Compostagem para resíduos orgânicos domésticos</i>	42
3.3.7 <i>Tijolo Ecológico, Madeira Plástica e Sistemas Construtivos Alternativos</i>	43
4 BUILDING INFORMATION MODELING - BIM	46
5 METODOLOGIA	49
6 RESULTADOS	51
7 MODELOS DE CASA PADRÃO E CASA SUSTENTÁVEL	59
7.1 Casa Padrão	59
7.1.1 <i>Caracterização</i>	60
7.1.2 <i>Modelo BIM para a Casa Padrão</i>	62
7.2 Casa Sustentável	63
7.2.1 <i>Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis</i>	64
7.2.2 <i>Telhado Verde</i>	68
7.2.3 <i>Minigeração Energia Fotovoltaica</i>	70
7.2.2 <i>Casa Tipo Conceito</i>	72
8 CONCLUSÃO	73
REFERÊNCIAS	75
APÊNDICE A – TROCA DE EMAILS COLETA DE INFORMAÇÕES	85

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO DE COLETA DOS DADOS	86
APÊNDICE C – APRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS DADOS DA PESQUISA.....	91
ANEXO A – DECLARAÇÃO SINDUSCON - MA	97

1 INTRODUÇÃO

O assunto sustentabilidade está, atualmente, amplamente inserido nas mais diversas áreas de discussão. Problemas ambientais são evidenciados constantemente em todos os meios de comunicação, noticiando dados alarmantes sobre aquecimento global, poluição do ar, desmatamentos e extinção de espécies, que resultam numa pressão da sociedade que exige cada vez mais soluções alinhadas com a preservação do meio ambiente (BARBIERI *et al.*, 2010).

Paulino, Barbeto e Maciel (2019) destacam o engajamento da geração mais jovem, os *millennials*, que demonstram maior preocupação e interesse em reduzir os efeitos negativos causados ao meio ambiente, e apresentam dados de 2015 onde indica que 66% dos consumidores não se opõem a pagar mais por um produto com orientação sustentável, enquanto entre os *millennials* a porcentagem sobe para 72%.

Barbieri *et al.* (2010) destacam que grandes empresas criaram organizações como forma de mostrar seu comprometimento com esse movimento sustentável. Defende ainda a rapidez como esse movimento foi aceito, destacando um esforço geral para inclusão da sustentabilidade em todos os segmentos com o objetivo principal de ter os efeitos causados ao meio ambiente atenuados, esforço percebido desde iniciativas menores e individuais até projetos maiores de governos e grandes companhias.

Oliveira *et al.* (2020), quando falam da economia brasileira, apresentam o papel significativo da indústria da construção civil na sua manutenção e sustentação, a ligação com a crescente demanda por recursos naturais dessa indústria e, conseqüentemente, a geração de grandes volumes de resíduos. Para eles busca-se minimizar a geração de resíduos da construção civil, geralmente já na fase de construção das obras, não na fase de projetos. Os autores defendem que quando a atenção para a sustentabilidade vem desde a fase de projeto, os resultados deste importante setor melhoram substancialmente.

O déficit habitacional existente para as classes de baixa renda é combatido através de diferentes ações pelo segmento da construção civil no sentido de diminuí-lo. A evolução dos sistemas construtivos cada vez mais industrializados restou como uma

alternativa para esse fim e um desafio para aplicação de práticas de sustentabilidade (NOGUEIRA; SAFFARO; GUADANHIM JUNIOR, 2018).

A percepção dos impactos ambientais das construções, reconhecimento do tema como tendência de assunto mundial e necessidade de combater seus efeitos, tanto para atender as atuais exigências governamentais ou como estratégia de mercado, foi objeto de pesquisa realizada por Grünberg, Medeiros e Tavares (2014), através da comparação de diferentes certificações estrangeiras e nacionais que buscam o uso racional dos recursos.

Os autores apresentam a certificação estrangeira Leed (Leadership in Energy and Environmental Design), desenvolvida em 1998 pela USGBC (United States Green Building Council), como o selo de maior reconhecimento a nível mundial na área da construção sustentável. Possui quatro níveis de classificação, de acordo com a quantidade de pontos obtidos nas dimensões de: eficiência do uso da água, inovação e processos, qualidade ambiente interno, materiais e recursos, energia e atmosfera e créditos de prioridade regional (GRÜNBERG; MEDEIROS; TAVARES, 2014).

Ainda sobre certificações, a Fundação Vanzolini, associada com a Escola Técnica a USP desenvolveu a certificação chamada Aqua-HQE. Aqua vem de Alta Qualidade Ambiental, e HQE, que tem origem francesa, Haute Qualité Environmentale. Se trata de uma certificação reconhecida internacionalmente, implantada no país a partir de 2008, após ajustada para a realidade local, onde considerou características como clima, normas, cultura e leis. Avalia pontos agrupados em quatro famílias: gestão, conforto, ec0-construcao e saúde, podendo obter um dos três níveis de desempenho sobre a qualidade ambiental do edifício (GRÜNBERG; MEDEIROS; TAVARES, 2014).

Em 2018 a Fundação Vanzolini criou ainda o selo de certificação Aqua-HQE Habitação Social Sustentável, voltado aos imóveis considerados econômicos, com o objetivo de demonstrar que não custa caro ser sustentável. Destina-se a certificar as construções de interesses sociais como as enquadradas no Programa Casa Verde e Amarela, mas somente das primeiras faixas de contemplação, e exigem que contemple um nível básico dentre os 14 indicadores de desempenho das categorias de conforto, saúde e baixo impacto ambiental para obtenção do selo (GRÜNBERG; MEDEIROS; TAVARES, 2014).

Derivado do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) criado pelo Ministérios de Minas e Energia e da Indústria e Comércio do Governo Brasileiro em 1985, tem-se o Procel Edifica. Criado em 2013, promove a redução no consumo e classifica construções sustentáveis através da observação da eficiência energética e conforto ambiental, avaliando as fachadas, revestimentos, coberturas, iluminação, conforto térmico e sistema de aquecimento de água (FERRADOR FILHO; FERRADOR FILHO; AGUIAR; KNISS, 2018)

Selo Casa Azul + Caixa, uma evolução do Selo Casa Azul, que foi a certificação nacional pioneira na área de construção civil de habitações no país, criado em 2009 pela Caixa. Evoluiu para Selo Casa Azul + Caixa após 10 anos, procurando se adequar as novas normas em vigor e se adequar as inovações surgidas no setor. Possui quatro níveis de gradação que são alcançados pela obtenção de pontos a partir de critérios estabelecidos nas áreas de qualidade urbana, eficiência energética, gestão eficiente de água, produção sustentável, desenvolvimento social e inovação (CEF, 2021).

Diante disto, levanta-se a seguinte questão de pesquisa: Até que ponto as tecnologias aplicadas em unidades habitacionais podem promover a sustentabilidade, minimizando os efeitos negativos ao meio ambiente? Para responder tal questão tem-se como objetivo geral analisar as práticas de sustentabilidade inseridas no contexto da construção de unidades habitacionais horizontais na cidade de São Luís (MA).

O estudo foi desenvolvido com os seguintes objetivos específicos: apresentar os conceitos teóricos sobre sustentabilidade na construção civil; identificar o atual modelo das unidades habitacionais horizontais; conhecer as modernas tecnologias, técnicas e práticas voltadas à sustentabilidade; propor um modelo habitacional popular com foco na sustentabilidade.

Justifica-se a escolha do tema unidade habitacional horizontal para esta capital, incluindo as fases de planejamento, de construção operação e de manutenção, para propor sugestões que possam ser inseridas nas práticas sustentáveis viáveis.

Espera-se encontrar soluções viáveis que possam ser facilmente implementadas para melhorar o conforto dos usuários e maximizar a preservação do meio ambiente em que se encontram. Os resultados beneficiarão os usuários destas unidades habitacionais

horizontais, que não têm acesso às práticas de sustentabilidade, às vezes por falta de conhecimento e, em alguns casos, por falta de recursos.

O trabalho está estruturado em oito capítulos. Na Introdução, aborda-se a contextualização do tema, a questão de pesquisa, os objetivos, a justificativa e a estrutura do trabalho. O segundo capítulo destaca o Mercado de Construção no Brasil e destaca o déficit habitacional existente, o Programa Casa Verde e Amarela e as diferenças entre residências de hoje e do passado recente.

O terceiro capítulo e o quarto capítulos apresentam o referencial teórico da dissertação. O terceiro capítulo trata da sustentabilidade, apresentando os conceitos da sustentabilidade e sua abordagem histórica, a construção sustentável, os resíduos gerados pela construção civil e as práticas e tecnologias voltadas à sustentabilidade evidenciadas pela literatura. Destacam-se os sistemas domésticos de energia fotovoltaica e outros, o tratamento de esgoto, o reaproveitamento de água, o conforto térmico, a laje verde, a compostagem para resíduos orgânicos domésticos e métodos construtivos.

O quarto apresenta os conceitos da modelagem virtual chamada de Building Information Modeling (BIM). Justifica-se o uso desse tipo de modelagem nesse estudo pois o BIM proporciona uma visão sistêmica de todo o ciclo construtivo de um empreendimento, permitindo analisar o empreendimento como um todo podendo levar a um impacto significativo na economia (MOHAMAD; AMORIN, 2015).

O quinto capítulo apresenta a metodologia da pesquisa exploratória e descritiva envolvendo uma análise qualitativa e os procedimentos técnicos através da pesquisa bibliográfica e estudo de caso. Utilizando-se ainda plataforma própria para aplicação de questionário como instrumento de coleta de dados para o desenvolvimento do estudo.

No sexto capítulo apresenta os resultados do estudo, destacando os resultados obtidos com 26 construtores, mostrando os achados encontrados na pesquisa de campo. O sétimo capítulo evidencia os dois tipos de casas (casa padrão e casa sustentável) com a aplicação do BIM.

Por último, o oitavo capítulo, apresenta a conclusão, destacando os objetivos alcançados, as limitações do estudo e as sugestões para as futuras pesquisas.

2 MERCADO DE CONSTRUÇÃO NO BRASIL

A Indústria da Construção Civil no Brasil é composta por uma cadeia produtiva que abrange diversos setores industriais. Entre eles destacam-se o da cerâmica, madeira, siderurgia e metalurgia de metais, serviços de engenharia etc. Abrange ainda indústrias de tecnologia, que possuem avançada técnica e demandam grande capital, como é o caso das indústrias de cimento, até microempresas empreiteiras de serviços, na sua maioria com menor presença destes itens, sendo esta heterogeneidade uma das principais características do setor da Construção Civil (MELLO; AMORIM, 2009).

Se confirma a complexidade do setor nos diferentes impactos que provoca sobre os aspectos econômicos, sociais, governamentais e tecnológicos. Sua importância, no âmbito dos impactos econômicos, é evidenciada pela significativa parcela de participação no PIB, com destaque para geração de emprego, quando comparado aos indicadores de demais setores do mercado brasileiro (KURESKI *et al.*, 2008).

Com isso, o mercado da Construção Civil apresenta um salário médio mensal de 2,7 salários-mínimos e é responsável por gastos salariais da ordem de R\$ 15,5 bilhões, representando 5,2% do Produto Interno Bruto (PIB) e, aproximadamente, 9% do universo de empregados do Brasil (AMORIM *et al.*, 2008).

2.1 Déficit habitacional no Brasil

Para Prado e Pelin (1993), o conceito de déficit vem da noção do inverso de uma moradia adequada, onde explica como não deve ser uma moradia. No entanto, segundo os autores, a moradia adequada não deve deixar de contar com redes de saneamento, esgoto e água, na sua localização; não pode ser improvisada, como construções sem análises técnicas e em locais indevidos, como embaixo de pontes ou viadutos; não deve possuir cobertura precária, utilizando de palha ou sapê, classificando-se como quartos ou cômodos improvisados; e não deve ser habitada por mais de uma família.

A Fundação João Pinheiro (FJP), instituição adotada pelo Governo Brasileiro como referência e responsável pela estimativa do déficit habitacional, indica que o mesmo está ligado ao baixo estoque de moradias. Apresenta moradias que não são

indicadas para habitação em virtude de problemas ligados à precariedade das construções e comprometimento da estrutura física delas.

O resultado é a necessidade de se promover a construção para aumento do estoque, atendendo demanda de famílias que necessitam de suas respectivas unidades habitacionais e individuais, moradores que apresentam baixa renda e necessitam de programas de assistência social por não possuírem condições financeiras de contrair um compromisso mensal com aluguel ou parcela de financiamento, caso que se aplica também aos que vivem em imóveis alugados que abrigam várias pessoas e mais de uma família.

Inclui-se ainda nesta categoria a moradia em imóveis que não podem ser classificados como propriamente residenciais por suas características. No entanto, pode-se entender, segundo a Fundação, que o déficit habitacional existente seria um déficit por reposição de estoque deteriorado e por incremento de estoque pela demanda formada (FJP, 2013).

Entende-se que o déficit e a falta de adequação habitacional significam a falta de moradias ou a carência por algum tipo de serviço que a habitação necessita para fornecer condições mínimas, mas que, por algum motivo, não o apresenta (BLANCO; CIBILS; MUÑOZ, 2014).

O déficit do estoque diz respeito aos domicílios precários. Utilizando o conceito do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), estes domicílios são aqueles desprovidos de parede de alvenaria ou estrutura de madeira. Devido a suas condições insalubres, essas construções proporcionam desconforto e promovem riscos de contaminação que causam doenças aos seus moradores. (FJP, 2018). No déficit por incremento de estoque está compreendido os domicílios improvisados, aqueles onde convivem mais de uma família, como as unidades alugadas onde residem vários inquilinos e aqueles nos quais famílias com renda familiar de até três salários-mínimos comprometem 30% ou mais de sua renda com despesas de moradia (FJP, 2015).

A ideia de déficit habitacional sempre teve um caráter de dimensionamento pela necessidade de qualificação das unidades habitacionais que deveriam ser substituídas por serem inadequadas, além da própria necessidade de ampliar o estoque de habitações – reposição de baixas e acréscimo do estoque de habitações (AZEVEDO;

ARAÚJO, 2007; FJP, 2018). Além do caráter qualitativo, o déficit habitacional também é chamado em alguns trabalhos acadêmicos e levantamentos governamentais no Brasil e no mundo como déficit quantitativo (ONU, 2015).

De acordo com informações do estudo realizado pela FJP, chamado “Déficit Habitacional e Inadequação de Moradias no Brasil”, o déficit habitacional no Brasil apresentou números absolutos que passaram de 5,7 milhões em 2016 a 5,9 milhões em 2019, proporcionalmente correspondendo a 8% neste ano (FJP, 2021).

Vale ressaltar que o déficit habitacional é um problema social constante para vários países do mundo, e que as consequências causadas pela falta de moradia são, entre outros, o baixo nível de qualidade de vida dos moradores, o que provoca a piora da condição humana. Segundo Nishimura, Freitas e Almeida (2018) o Brasil desenvolveu e aplicou diferentes ações sociais voltadas à política habitacional no decorrer dos anos para combater o déficit habitacional.

2.2 Programa Casa Verde e Amarela

Com início nos anos 2000, as administrações federais, no âmbito da política habitacional, implementaram transformações que levaram ao aumento da produção imobiliária para fins residenciais (RUBIN; BOLFE, 2014). O Governo Federal do Brasil, visando melhorar a situação habitacional no país, trilha rumos em direção à suficiência habitacional e dentre os programas e serviços de responsabilidade da Secretaria Nacional de Habitação do Ministério de Desenvolvimento Regional o mais recente é o Programa Casa Verde e Amarela (PCVA) que substituiu o Programa Minha Casa Minha Vida da gestão anterior (MONTEIRO; VERAS, 2017).

O Programa Casa Verde e Amarela (PCVA), que foi instituído em janeiro de 2021 pela Lei Federal nº 14.118, tem como finalidade a promoção do direito à moradia para as famílias com renda mensal até R\$ 7.000,00 (sete mil reais) e que residam em áreas urbanas e as famílias com renda anual de até R\$ 84.000,00 (oitenta e quatro mil reais), que residam em áreas rurais. Esta promoção está associada a benefícios sociais como desenvolver a economia, gerar emprego e elevar os padrões das construções,

melhorando a qualidade de vida dos usuários que residem nestas áreas (MOREIRA; EUCLYDES; MARTINS, 2021).

Regulamentada pelo Decreto nº 10.600, de 14 de janeiro de 2021, a referida Lei define os objetivos do programa em seu artigo terceiro:

- I- Ampliar o estoque de moradias para atender às necessidades habitacionais, sobretudo da população de baixa renda;
- II- Promover a melhoria do estoque existente de moradias para reparar as inadequações habitacionais, incluídas aquelas de caráter fundiário, edifício, de saneamento, de infraestrutura e de equipamentos públicos;
- III- Estimular a modernização do setor da construção e a inovação tecnológica com vistas à redução dos custos, à sustentabilidade ambiental e à melhoria da qualidade da produção habitacional, com a finalidade de ampliar o atendimento pelo Programa Casa Verde e Amarela;
- IV- Promover o desenvolvimento institucional e a capacitação dos agentes públicos e privados responsáveis pela promoção do Programa Casa Verde e Amarela, com o objetivo de fortalecer a sua ação no cumprimento de suas atribuições; e
- V- Estimular a inserção de microempresas, de pequenas empresas e de microempreendedores individuais do setor da construção civil e de entidades privadas sem fins lucrativos nas ações do Programa Casa Verde e Amarela. (BRASIL, 2021).

Pela leitura do inteiro teor, observa-se que este programa privilegia sustentabilidade na construção civil quando faz alusão, no inciso III do artigo que elenca os objetivos, à inovação tecnológica e sustentabilidade ambiental.

O PCVA possui meta para, até 2024, contemplar 1,6 milhão de famílias de baixa renda através do financiamento habitacional, com redução da taxa de juros da operação que é subsidiada pelo Fundo de Garantia do Tempo de Serviços (FGTS) e ajustes na remuneração do agente financeiro, deixando a operação mais atrativa. Além de promover através do financiamento, o PCVA também favorece a regularização fundiária de imóveis em situação de insegurança jurídica com medidas de urbanização, preservação ambiental e social para propiciar a emissão dos competentes títulos para famílias que alcancem renda mensal de até R\$ 5.000,00 (cinco mil) reais (MELO, 2021).

2.3 Diferenças entre as residências de hoje e do passado recente

Segundo Baron e Perissinotto (2011), a Habitação para a população que reside em área urbana consiste em uma reunião de recursos além da construção simplesmente, uma vez que prevê a disponibilidade de redes de água e esgoto, drenagem superficial ou subterrânea para água pluvial, asfalto etc., e de serviços como assistência à saúde, coleta de lixo regular, transporte coletivo etc. As moradias são temas frequentes em debate nos principais eventos, como nos Congressos Internacionais de Arquitetura Moderna (CIAM), onde se discute os projetos de diferentes edificações e eventuais mudanças para melhor atender às necessidades da sociedade atual.

Em meados do século XIX pode-se observar que a habitação da população urbana começa a sofrer alterações arquitetônicas, tanto pela implantação da edificação no terreno, como também por exigências legais. Nota-se ainda que ao longo do século XX as casas se adaptaram ao estilo de vida das famílias, impactando diretamente na forma de construir.

Destaca-se no período colonial a utilização de materiais como pedras e tijolos de adobe, que são compostos de água e elementos naturais como terra, esterco e palha artesanalmente moldados e deixados ao sol. A madeira que era utilizada nos forros em grande parte das casas foi substituída por lajes de concreto (MONTEIRO; VERAS, 2017). O movimento modernista veio com o desenvolvimento de novas tecnologias construtivas, geradas pelo avanço técnico e econômico, possibilitando novos arranjos arquitetônicos, incluindo o advento do concreto armado.

Ao favorecer a estética, graças à ventilação mecânica e climatização, os ambientes internos passaram a contar cada vez menos com aberturas, impedindo a entrada de ruídos externos excessivos, mas impedindo também a renovação do ar, resultando no aumento dos casos de problemas ligados à qualidade do ar nestes ambientes, trazendo à tona a discussão sobre Qualidade do Ar Interno (QAI), (SATO, 2011). A descoberta da redução dos valores relacionados à troca de ar nesses ambientes internos resultou em uma conseqüente poluição concentrada do ar interno (SCHIRMER *et al.*, 2011).

Atualmente, percebe-se uma grande variedade de materiais que podem ser utilizados nas mais diversas obras de construção civil: portas e janelas de diferentes formatos, que possibilitam a troca de calor e passagem da iluminação; blocos de

concreto e outros elementos para vedação e estruturais; ferragens com dimensionamentos mais precisos evitando desperdício; e, na linha de acabamentos, uma enorme variedade de produtos para revestimento de pisos e paredes (MONTEIRO; VERAS, 2017).

Diante do exposto, pode-se identificar que as casas antigas e contemporâneas têm muitas diferenças entre si. Podendo-se citar dentre estas diferenças: o espaço, a arquitetura, a decoração e a informatização. Vale ressaltar que quando se retratam as casas antigas, referem-se a uma construção do final do século XIX até a primeira metade do século XX (BARON; PERISSINOTTO, 2011).

3 SUSTENTABILIDADE

Para o entendimento da sustentabilidade deve-se ter em mente sua origem envolvida com a biologia (ecologia) e economia. A primeira está ligada ao equilíbrio do ecossistema envolvido, voltado à sua capacidade de recuperação após as atividades presentes que utilizam dos recursos naturais disponíveis. A segunda, como vinculada ao desenvolvimento sem deixar de considerar que o ritmo de produção crescente dos últimos anos para atender o consumo em constante expansão, não encontra viabilidade para continuar (NASCIMENTO, 2012).

A definição de sustentabilidade passa ainda pelo consumo consciente dos recursos não renováveis. Desta maneira, na construção civil a sustentabilidade causa impactos com o descarte de resíduos sólidos e reaproveitamento de materiais (FURTADO *et al.*, 2019). Outras definições sobre sustentabilidade estabelecem que o conceito compreende o equilíbrio do estoque de recursos ambientais, ao retirar os recursos para utilização preservando suas fontes inclusive a futura capacidade de fornecimento, para que as necessidades atuais e as do futuro sejam atendidas (AFONSO, 2006).

Em 1994, Elkington em seu estudo definiu o conceito chave para o desenvolvimento sustentável: “*triple bottom line*”. Segundo esta concepção, a sustentabilidade é fruto das inter-relações entre as dimensões econômica, social e ambiental. Ou seja, apenas quando esses três pilares estão trabalhando de maneira harmoniosa, integrada e simultânea o desenvolvimento sustentável será possível (OLIVEIRA *et al.*, 2012).

Savitz e Weber (2014) citam, em seus estudos, como exemplos de estratégias voltadas ao tema sustentabilidade, no pilar ambiental do *triple bottom line*: a redução da geração de resíduos; adoção de práticas de reuso e reciclagem; preservação da flora e fauna; rigidez no controle de emissões de gases do efeito estufa; proteção dos ecossistemas; consumo consciente de energia, materiais, água e recursos naturais; prioridade para fontes alternativas de energia; promoção da eficiência energética; redução da poluição; criação, manutenção e revitalização de áreas verdes nos centros urbanos.

Os principais acontecimentos históricos responsáveis pela discussão acerca da sustentabilidade podem ser demarcados em uma linha do tempo, conforme Quadro 1 a seguir.

Quadro 1 - Evolução histórica da discussão sobre a sustentabilidade

1961	Introdução do conceito de Arquitetura Bioclimática
1962	Publicação que impulsionou o movimento ambientalista: Silent Spring
1968	Criação do Clube de Roma
1972	1ª United Nations Conference on the Human Environment
1972	Publicação do documento: The Limits to Growth
1985	Convenção de Viena
1987	Publicação do relatório: Our Common Future
1988	Criação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
1992	Rio 92
1997	Protocolo de Kyoto
2002	Rio+10
2010	Criação do Green Climate Fund
2012	Rio+20
2017	Cúpula do Clima em Paris
2018	COP 24 – Katowice Climate Change Conference
2019	COP25 – Madri
2021	Cúpula Mundial de Líderes pelo Clima, Reunião Online
2021	COP26 – Glasgow

Fonte: Goldemberg, Agopyan e John (2011), adaptado pelo autor.

Antecedendo a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente, realizada em Estocolmo no ano 1972, onde se realizou pela primeira vez o debate sobre o tema meio ambiente no tocante a importância de estar alinhado com desenvolvimento sustentável, a década de 1960 se apresentou como importante fase para formação de

base para o debate. Em 1962 foi publicada a “Primavera Silenciosa”, de Rachel Carson, promovendo o movimento ambientalista com reflexões no sentido do impacto sofrido pelo planeta das atitudes causadas pelo homem (CARREGOSA; SILVA; KUNHAVALIK, 2014).

O Clube de Roma surgiu no final da década de 1960, sendo formado por empresários, cientistas, economistas e líderes mundiais, e possuía a missão de promover a discussão acerca dos desafios globais que a humanidade enfrenta, propor soluções baseadas na análise científica, defesa de direitos e diálogo (ROBINSON, 1973). Em 1972, 10 anos após a publicação de “Primavera Silenciosa”, foi realizada pela Organização das Nações Unidas (ONU) a primeira conferência para debater o meio ambiente humano, ou “*United Nations Conference on the Human Environment*” em inglês.

Resulta na publicação de importantes documentos como “*The Limits to Growth*”, ainda em 1972, e o “Relatório *Brundtland*”, ou “*Our common future*”, em 1987 (SARTORI *et al.*, 2014). Conferências envolvendo economia, sociedade e meio ambiente passaram a ser pauta constante de estudos e discussões posteriores. A Convenção de Viena, realizada em 1985, foi um acordo mundial para a manutenção da camada de ozônio. Possibilitou o monitoramento e distribuição de informações sobre as taxas de emissões mundiais de clorofluorcarboneto (CFC), que agridem a camada de ozônio na atmosfera da terra (POTT; ESTRELA, 2017).

Em *Katowice*, Polônia, no ano de 2018, foi realizada a Conferência sobre Mudanças Climáticas, representando a realização das propostas da Cúpula de Paris e garantindo de fato a sua implantação. Por unanimidade, foi aprovado ainda o “Livro de regras” onde estão previstas as condutas e procedimentos a serem seguidas com o objetivo de alcançar as metas propostas em 2017.

O homem, a tecnologia e a natureza foram os principais assuntos discutidos na COP24. Foram incentivados a promoção para o surgimento de soluções chamadas eco eficientes, como desenvolvimento do transporte elétrico; o apoio ao equilíbrio da natureza, visando equilibrar as atividades desenvolvidas pelos seres humanos, e a preservação dos recursos naturais extraídos e a solidariedade com os cidadãos (MARIN; MASCARENHAS, 2020).

Em 2019, entre os dias 2 e 13 de dezembro, foi realizada a 25ª edição da Conferência das Partes, a COP25, em Madri, na Espanha, presidida pelo Chile. As discussões realizadas levaram os países participantes a concluir que as medidas definidas nos eventos anteriores não seriam suficientes para atingir os objetivos esperados, e que seria necessário a definição de estratégias mais rígidas já na próxima conferência (CASTILLO ESPARCIA; LÓPEZ GÓMEZ, 2021).

Provocado pelo novo presidente dos Estados Unidos, demonstrando preocupação com o aquecimento global e para acompanhar o que se está desenvolvendo para amenizar a mudança climática, aconteceu entre os dias 22 e 23 de abril de 2021, de forma on-line, a Cúpula Mundial de Líderes pelo Clima, considerada uma preparação para o próximo evento, sob o objetivo principal de melhorar a qualidade de vida, debateu-se sobre a redução da emissão dos gases do efeito estufa, auxílio, financiamento e benefícios econômicos a países em dificuldade de acompanhar as metas traçadas, novas tecnologias e promoção e incentivo para mais adesões ao programa "emissão líquida zero".

Aconteceu entre os dias 31 de outubro e 12 de novembro de 2021, na cidade de Glasgow, no Reino Unido, a COP26. Havia a expectativa pela definição de estratégias rigorosas para conter o aquecimento global, mantendo o parâmetro máximo de 1,5°C da temperatura média global em relação a temperatura no período pré-industrial. As estratégias rigorosas não foram definidas e o resultado foi o Pacto de Glasgow, que não apresentou medidas tão ambiciosas quanto se esperava, mas manteve 1,5° C como limite de aumento da temperatura média (LOVEDAY; MORRISON; MARTIN, 2022).

Ressalta-se que esta ideologia não visa apenas a redução no consumo de recursos não renováveis por uma adequada gestão dos processos, ou incrementar os investimentos em *designs* mais voltados a sustentabilidade, ou a busca pela compatibilidade de ideias sustentáveis com projetos eficientes, ultrapassa o limite de ser apenas uma despreziosa preocupação com a preservação do meio ambiente.

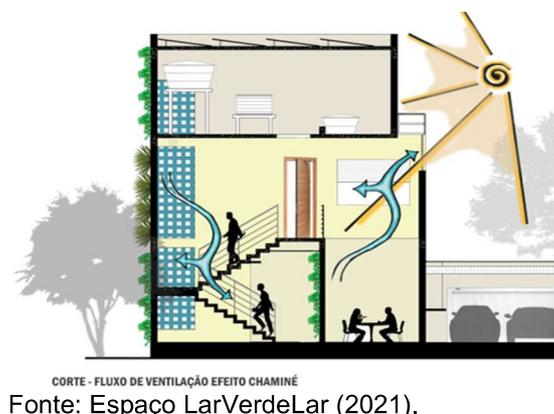
3.1 Construção sustentável

Para ser considerada como uma edificação eficiente é necessário que contribua positivamente para o bem-estar de toda a população envolvida, inclusive comunidades e organizações, favorecendo sua organização e incrementando sua produtividade, a saúde e a economia. Já uma edificação considerada pobre figuraria nos conceitos opostos. A edificação sustentável utiliza estratégias diferentes para atender a diferentes públicos e locais, conforme a realidade onde se encontra, e, quanto maior o sucesso do projeto, maiores serão os benefícios para a sociedade e meio ambiente (FURTADO, 2013).

Nos anos 1960, com a finalidade de atender a demanda da época, os irmãos Olgyay, enquanto buscavam por soluções arquitetônicas que conciliassem o conforto e qualidade da construção alinhados com o propósito de minimizar a degradação do meio ambiente, preservando a natureza, deram início ao uso do termo “Arquitetura Bioclimática” (NEVES, 2006).

Considerando a inserção das soluções e estratégias de bioclimáticas no segmentos da construção civil, Gonçalves e Duarte (2006) relacionam alguns dos pontos a serem observados no desenvolvimento dessa análise: posição da construção de maneira mais eficiente possível, observando o nascer e o pôr-do-sol e as correntes de ventos; o aproveitamento das características naturais do meio ambiente com o ambiente a ser construído; escolha de geometrias que promovam um layout agradável dos ambientes que compreendem a construção; opção por sistemas construtivos e materiais que possibilitem um bom desempenho para a obra e sua manutenção; cuidado com a disposição das janelas, favorecendo a ventilação cruzada e a troca de calor (Figura 1).

Figura 1 - Efeito chaminé



O efeito chaminé pode promover a ventilação em períodos e climas em que se percebe que a presença dos ventos para ventilação natural é reduzida, tornando-se como estratégia de resfriamento através da convecção.

3.2 Resíduos da construção civil

A indústria da construção civil é um setor que contribui com uma parcela significativa para a economia mundial, não somente no segmento de produção de insumos, equipamentos e serviços, mas também como geração de empregos e assim promovendo o desenvolvimento econômico (ÂNGULO; ZORDAN; JOHN, 2001).

Ao longo dos anos esta indústria também foi reconhecida e se consolidou como geradora de grande volume de resíduos e responsável por graves impactos ambientais. Estimativas apontam que 20% a 50% dos resíduos sólidos são gerados pela indústria da construção civil, trazendo para si a responsabilidade destas empresas em desenvolver tecnologias e estratégias para buscar reduzir e controlar os resíduos nas construções civis (BRASILEIRO; MATOS, 2015).

Durante a fabricação dos materiais utilizados na construção civil, são consumidas grandes quantidades de matérias prima, originando diversos tipos de resíduos. Estima-se que de 50% a 75% dos materiais utilizados na construção, retornam para o meio ambiente na forma de resíduos em um período de um ano (GOLDEMBERG; AGOPYAN; JOHN, 2011).

Chega a aproximadamente 2.000 toneladas por ano o total correspondente à geração de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) (BRASILEIRO; MATOS, 2015). Significa que a construção civil causa impactos ao meio ambiente em todos os estágios dos seus empreendimentos.

Uma das prioridades para a construção civil seria promover ações para minimizar a demanda pelos insumos envolvidos, buscar soluções de reaproveitamento para reduzir o descarte, o que amplia a geração de resíduos. Com estratégias e processos bem definidos, a produção transcorre de maneira mais eficiente, devendo ser sempre estudada para buscar-se aprimorar constantemente, contribuindo para uma construção mais limpa e que descarte menos resíduos na natureza.

Destaca que a aplicação de diferentes estratégias permitiu colaborar com a redução dos impactos gerados pelo setor. Com dados que revelam a redução no consumo de energia em 31% e a emissão de gás carbônico em 36%, desde 1990, através do aumento das práticas de reciclagem pela indústria de aço norte-americana (GOLDEMBERG; AGOPYAN; JOHN, 2011).

Além da estratégia mencionada, deve-se reconhecer a importância da inovação como fator determinante para a contínua evolução das práticas de gestão de resíduos e materiais. Insistir no uso dos profissionais do setor viciados nas técnicas tradicionais, com receio em inovar, apesar das muitas tecnologias, materiais e novas metodologias disponíveis, deixarão de ser devidamente aproveitadas e o desenvolvimento sustentável acontecerá mais rapidamente.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) reconhece a importância de se implementar ações competentes para redução dos impactos ambientais causados pelos resíduos gerados na indústria da construção civil. e, para evitar o surgimento de locais impróprios para o descarte destes resíduos, publicou em 5 de julho do ano de 2002 a Resolução n° 307, onde estabelece procedimentos para tratamento de descarte dos resíduos gerados pela construção civil e outras ações voltadas a reduzir os impactos ambientais (CONAMA, 2002).

A Resolução n° 307 entrou em vigor em 2 de janeiro de 2003 e define resíduos da construção civil como aqueles com origem em atividades de construção, reforma,

reparos e demolições de estruturas e estradas, bem como aqueles resultantes da remoção de vegetação e escavação de solos (CONAMA, 2002).

Segundo John *et al.* (2000), percebe-se a necessidade de alterações em toda a cadeia produtiva da construção civil para tornar possível o seu desenvolvimento engajado com o tema sustentabilidade. Entendem os autores que se faz necessária uma revisão dos conceitos e alteração de paradigmas em todas as etapas da cadeia produtiva do segmento da construção civil.

Entende-se ser necessária uma revisão de conceitos e mudança de paradigmas, não apenas na construção civil como também em todas as demais esferas mundiais. Segundo John *et al.* (2000), não será possível o desenvolvimento sustentável sem que toda a cadeia produtiva da construção civil sofra transformações significativas.

A Resolução nº 307 estabelece a classificação dos resíduos da construção em seu artigo 3º como é possível observar no Quadro 2.

Quadro 2 - Classificação de Resíduos da construção civil

Resíduos Classe A	resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, de edificações e peças pré-moldadas em concreto	tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento, argamassa e concreto
Resíduos Classe B	resíduos recicláveis para outras destinações	plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso
Resíduos Classe C	resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação	

Resíduos Classe D	resíduos perigosos oriundos do processo de construção	tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde
-------------------	---	--

Fonte: CONAMA (2002).

3.3 Práticas e tecnologias voltadas à sustentabilidade

Dando continuidade à pesquisa que fundamenta a presente dissertação, nos subtópicos a seguir aprofunda-se o estudo, através de fontes científicas, de já conhecidas e novas técnicas e práticas voltadas ao tema sustentabilidade, descobertas durante o desenvolvimento da pesquisa, para unidades habitacionais horizontais, desde o âmbito de sua construção até sua fase de manutenção.

3.3.1 *Sistemas domésticos de energia fotovoltaica, eólica e híbridos*

A energia elétrica é primordial para o desempenho das atividades realizadas em residências, comércios e indústrias, e por esta característica é um insumo indispensável para o desenvolvimento da economia abrangendo todos os setores.

A produção de energia elétrica como conhece-se, acontece com a geração distante dos locais de consumo, sem a transmissão e a distribuição realizada por longas linhas que causam perdas para o sistema, levando a um aumento do preço de custo, causando prejuízos aos indivíduos envolvidos e impactos ao meio ambiente. A energia fotovoltaica, enquanto isso, apresenta como vantagem a geração próxima ao local de consumo, além de permitir que uma gama de tecnologias possa ser utilizadas na produção de energia elétrica contribuindo com a eficiência do sistema (RODRIGUES, 2002).

Inicialmente, esta fonte de energia foi concebida apenas para sistemas de grande porte, com o objetivo de combater problemas que a rede tradicional enfrenta. Porém,

com o avanço da tecnologia, sistemas de pequeno e médio porte foram possíveis de ser executados, tornando interessante atender o mercado que corresponde a mais da metade do mercado fotovoltaico, que são os sistemas domésticos (ATHANASIA, 2000).

Ressalta-se que para o melhor aproveitamento desta fonte de energia, é preciso um projeto que bem elaborado com dimensionamento de equipamentos para captação e conversão da energia solar em elétrica. O projeto ideal considera as condições do local de sua instalação, realiza o estudo da carga a ser gerada, e, através da simulação computacional com recursos de trajetória do sol, obtém uma estimativa de resultado antes de se realizar o investimento, possibilitando antecipar discussões técnicas (GOETZE, 2017).

Os sistemas fotovoltaicos podem ser classificados em três diferentes categorias: Sistema off-grid autônomo – onde a eletricidade é produzida isoladamente por uma única fonte; Sistema off-grid híbrido – onde os sistemas operam em conjunto com mais de uma fonte, contribuindo para o abastecimento do sistema, podendo ser a eólica ou solar gerando ao mesmo tempo que a combinação com hidrogênio, diesel etc.; Por último, os sistemas on-grid, que se caracterizam por estarem conectados à rede de distribuição existente – a eletricidade gerada pelos painéis contribui como uma fonte extra do sistema elétrico onde o sistema se encontra conectado (GOETZE, 2017).

A energia fotovoltaica pode ser classificada de acordo com a forma de geração ou utilização da energia. São conhecidos como on-grid - sistemas que estão ligados diretamente à rede; off-grid - Sistema autônomo, que não necessita de concessionária de energia. Esses dois sistemas também podem ser utilizados em uma mesma aplicação, como em uma possível falha de transmissão de rede da concessionária, onde o sistema isolado fornece a energia da residência ou empresa até que a energia da concessionária seja reestabelecida (NASCIMENTO, 2015).

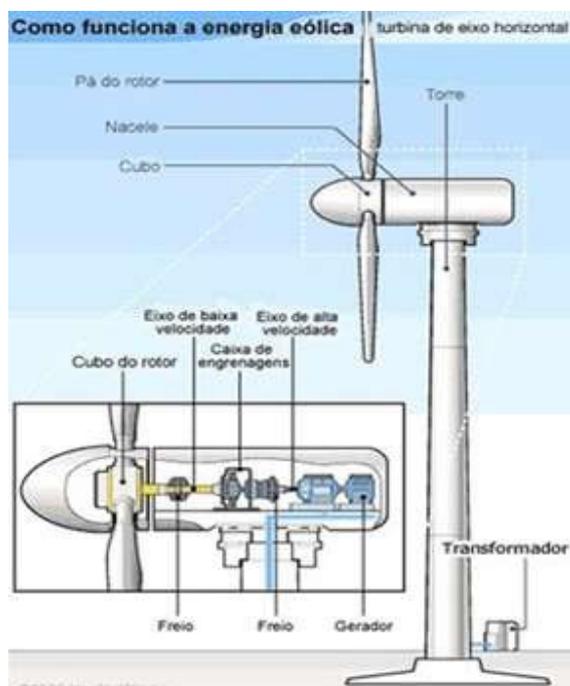
Além do sol, o vento também é uma grande fonte de energia. O autor cita um trabalho publicado no *Journal of Geophysical Research*, realizado por investigadores da Universidade de Stanford, onde se observou que o vento disponível produz cinco vezes a energia exigida na Terra, sendo, portanto, uma fonte capaz de atender toda a demanda energética do planeta (PINHO, 2008).

Reis (2008) faz uma ligação entre a energia solar e a eólica quando explica que a orientação dos raios solares e o movimento natural de translação do planeta provocam a diferença de temperatura na atmosfera que é responsável pelo deslocamento das massas de ar que geram os ventos e movem as pás da energia eólica.

Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), 318,34 megawatts (MW) foram liberados para operação comercial em outubro de 2020, assim divididos: a) geração de fonte eólica, 147,28 MW (46%), b) usinas solares fotovoltaicas, 95,68 MW (30%) e c) fontes térmicas (usinas termelétricas) e hídrica (pequenas centrais hidrelétricas), 75,38 MW (24%).

Reis (2008) destaca que o micro e minigerador eólico possui um rotor com duas, três ou mais pás que capturam e transmitem a força mecânica dos ventos. Para o uso de geração em pequena escala são utilizados os aerogeradores de pequeno porte: de eixo horizontal, que possuem maior eficiência e são mais fáceis de serem encontrados no mercado (Figura 2).

Figura 2 - Funcionamento de aerogerador – turbina de eixo horizontal



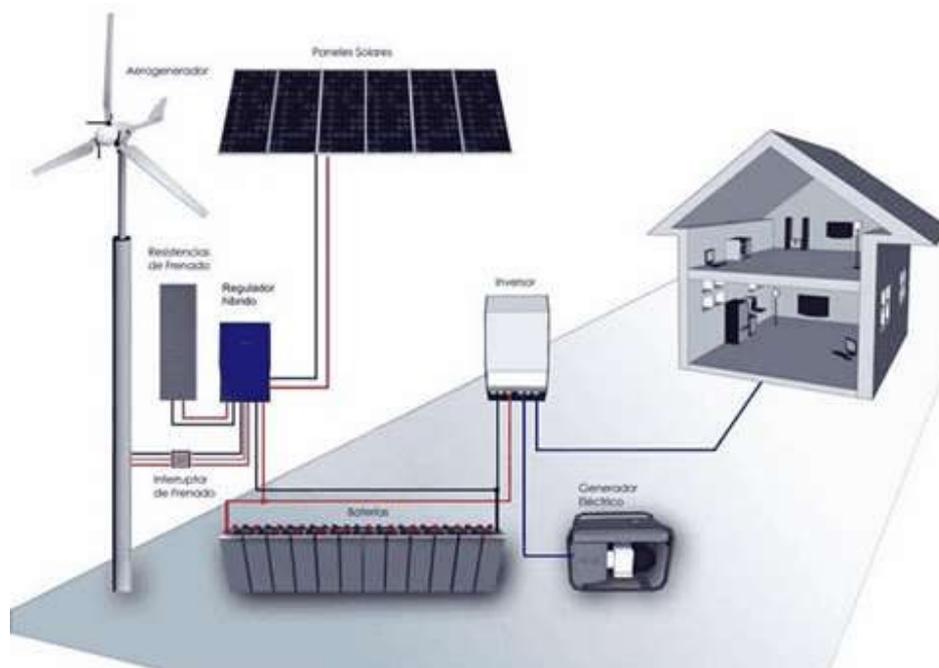
Fonte: Reis (2008).

Ressalta-se que o uso da energia eólica doméstica remete a busca por uma energia renovável, pela preservação do meio ambiente e por um caminho mais sustentável. A Resolução nº 482 da Agência Nacional de Energia Elétrica Aneel trouxe benefícios ao permitir a compensação de créditos na conta de luz, através da energia gerada pelo micro e a minigeração distribuída, que produzem energia limpa pelos sistemas alternativos e injetam na rede de distribuição.

Um sistema de energia híbrido se caracteriza por ser constituído de duas ou mais fontes renováveis que estão ligadas para garantir eficiência ao sistema, em virtude de proporcionar maior equilíbrio por uma fonte atender em períodos que a outra não produz energia.

Na utilização do sistema on-grid e um acúmulo de energia para caso de eventualidade podem ser incluídos outros tipos de geração de energia como, por exemplo, a energia eólica. A Figura 3 faz um demonstrativo de como funcionaria nosso sistema.

Figura 3 - Sistema híbrido (energia eólica e fotovoltaica).



Fonte: Reis (2008).

Vê-se na Figura 3 um exemplo de sistema híbrido, formado por uma bateria de módulo de painéis fotovoltaicos, que conta também com uma turbina eólica para contribuir com a geração de energia.

Para a fase de construção é viável considerar a utilização dos sistemas com aplicação doméstica pesquisados, observando que os equipamentos que compreendem estes sistemas possuem características que possibilitam a mudança do seu local de instalação dando-se a devida atenção ao seu transporte e armazenamento em virtude da fragilidade de alguns itens, como é o caso dos vidros presentes nas placas solares.

A bateria de placas solares a ser instaladas permitem um melhor conforto térmico ao promover sombra a qualquer instalação que se encontre abaixo, como a parte administrativa, refeitório ou outros elementos do canteiro de obras.

A utilização de sistema domésticos na fase de construção se apresenta como uma interessante alternativa sustentável, por apresentar vantagens desde o local escolhido para instalação dos equipamentos até a possibilidade de executar obras em locais remotos sem acesso a distribuição/transmissão da concessionária que atende a região.

3.3.2 Tratamento de esgoto através de Bacia de Evapotranspiração (BET) ou Fossa verde (Bananeiras)

O tratamento de esgoto é importante e relevante na preservação do meio ambiente, afeta diretamente os recursos hídricos, pois os resíduos liberados podem conter componentes que podem ocasionar a perda de oxigênio da água, causar escurecimento e mau cheiro devido ao excesso de nutrientes, prejudicando o equilíbrio biológico (RODRIGUES, 2012).

O tanque de evapotranspiração (TEvap) é uma solução para edificações que se encontram em locais não assistidos pela rede de saneamento e que propicia a preservação do meio ambiente ao evitar o descarte do esgoto in natura que polui os recursos hídricos próximos. Trate-se de um sistema de tratamento de águas negras que utiliza plantas, apresentando-se como uma alternativa aos sistemas de tratamento convencionais.

Consiste em um tanque impermeabilizado, dimensionado para a demanda desejada, preenchido com diferentes camadas de substrato e plantado com espécies vegetais de crescimento rápido e que possuem grande demanda por água (PAULO; BERNARDES, 2009).

Figura 4 - Bacia de Evapotranspiração.



Fonte: Paulo e Bernardes (2009).

A bacia de evapotranspiração (Figura 4), dentre os sistemas ecológicos de saneamento, é uma tecnologia proposta por permacultores para o tratamento e reuso das águas residuárias que consiste em um sistema plantado, onde ocorre a decomposição anaeróbica da matéria orgânica e absorção dos nutrientes e das águas pelas raízes (PAULO; BERNARDES, 2009).

3.3.3 Reaproveitamento de água da chuva e água cinza de reuso

O reuso feito de maneira consciente (direta) começou a ser praticado no mundo após os anos 60 do século passado, porém sem um devido controle de qualidade dos

efluentes tratados. Foi em 1971 que a OMS reconheceu os riscos do reuso de águas residuárias para a saúde dos usuários (PASCHOALATO; MELLIS; CIRINO, 2004).

As águas das chuvas apresentam grande potencial de reuso em finalidades não potáveis após devido tratamento. Sua utilização pode ocorrer em edificações residenciais, condomínios, instalações industriais e comércios, indicadas para atividades em que não há o risco de contato primário com o corpo humano, como a irrigação de canteiros e jardins, lavagens de pisos, calçadas, de carros e descargas de bacias sanitárias (OTTERPOHL, 2001).

Segundo Orsi e Sarubo (2010), para avaliar a viabilidade da implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais faz-se necessário a coleta e análise de alguns dados pluviométricos da região, como índice pluviométrico, duração, intensidade e frequência. A partir destes dados é possível verificar como a disponibilidade pluviométrica da região irá suprir a demanda do usuário.

A captação e armazenamento das águas da chuva é mais comum em regiões áridas devido à restrição na disponibilidade de água e da frequência de chuvas da região ser baixa. Um exemplo disso é o Sertão do Nordeste Brasileiro, onde até hoje muitas famílias dependem da construção de cisternas (reservatórios utilizados para armazenar a água da chuva para posterior consumo) para terem água disponível em épocas de escassez (TOMAZ, 2003).

Em alguns países são oferecidos financiamentos para o desenvolvimento de sistemas de captação de água da chuva. Os Estados Unidos possuem mais de 150 mil reservatórios destinados ao armazenamento dessas águas (TOMAZ, 2003). A cidade de Sumida, no Japão, é diversificada pela prática de coleta da água da chuva como alternativa para garantir o abastecimento em eventuais emergências, como no caso do combate a incêndios.

Atualmente, em muitas das residências destes países são utilizados um sistema duplo de distribuição de água fria, um para finalidades potáveis e o outro para fins não potáveis (principalmente no uso de bacias sanitárias), isso gera uma economia de água superior a 30%.

Já na cidade de Tóquio o governo decretou que as edificações que utilizam mais de 100 m³ de água/dia ou que tenham uma área de mais de 30.000 m² façam o

aproveitamento de águas pluviais ou o reuso de águas cinzas (TOMAZ, 2003). Em 1995, na cidade de Kitakyushu, no Japão, um edifício com 14 pavimentos foi construído com um sistema de aproveitamento de água da chuva com capacidade de armazenar aproximadamente 1 milhão de litros, os quais foram tratados juntamente com as águas cinzas e em seguida utilizados na descarga de vasos sanitários desse edifício (TOMAZ, 1998).

É comum em outros países se coletar uma parcela da água das chuvas para que os canais do sistema de drenagem das cidades não transbordem, como é o caso da Holanda, que reaproveita esta água para combate a incêndios, irrigação e limpezas diversas (PNUMA, 2001).

Na Austrália, o sistema de aproveitamento de águas pluviais proporciona uma economia da ordem de 45% em atividades domésticas e de 65% em atividades agrícolas (MAY, 2009).

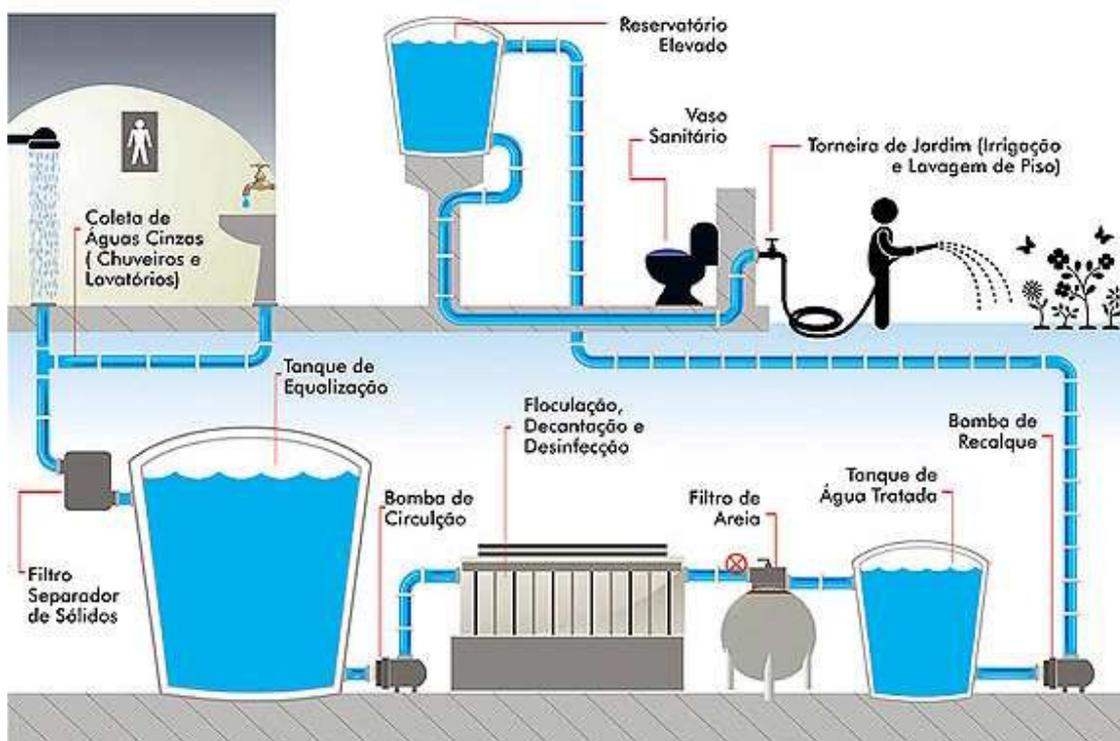
No Brasil, a captação e o aproveitamento das águas pluviais são realizados nas áreas urbanas como fonte alternativa de água para fins menos nobres, com o intuito de reduzir problemas como inundações nos centros urbanos causados pela alta impermeabilização do solo, além de também proporcionar a conservação de água potável (GOMES *et al.*, 2014).

Quanto à prática do reuso de águas cinzas, Otterpohl (2001) nos ensina que as chamadas águas cinzas consistem nas águas residuais provenientes de pias, lavatórios, chuveiros e máquina de lavar roupas. Estas águas se submetidas a um sistema de tratamento adequado apresentam um grande potencial para uso em fins menos nobres.

Para Rapoport (2004) a água proveniente de pias de cozinhas deve ser excluída do conceito de águas cinzas em razão da grande quantidade de óleos, gorduras e resíduos orgânicos degradáveis o que acaba dificultando o seu tratamento e posterior reuso.

A Figura 5 demonstra a origem das águas cinzas oriundas do banheiro (pia e chuveiros), seu processamento e a reutilização após o tratamento.

Figura 5 - Reutilização de Águas Cinza.



Fonte: Rapoport, 2004.

Mancuso e Santos (2003) citam alguns critérios necessários e que devem ser atendidos por um sistema de reuso de águas cinzas para que ele possa operar de maneira eficiente e funcione em condições adequadas de saúde e segurança:

- o sistema deve ser totalmente independente do sistema de água potável e todos os pontos de consumo devem ser facilmente identificados como água não potável para que seja evitado qualquer ingestão acidental;
- o sistema não deve oferecer nenhum tipo de risco sanitário aos usuários ou dano ao sistema hidráulico da edificação;
- a água de reuso não deve apresentar turbidez, cor, odor ou característica que causem rejeição por parte do usuário;
- a operação do sistema não deve causar nenhum tipo de prejuízo ou desequilíbrio ao ecossistema;

- e) a qualidade da água de reuso deve atender ao uso à qual se destina, de maneira a evitar danos materiais e efeitos adversos à saúde dos usuários;
- f) as águas cinzas devem ser submetidas a um eficiente sistema de tratamento para que a sua qualidade final possa ser garantida e confiável.

A prática do reuso de águas cinzas e do aproveitamento de águas pluviais vem sendo defendida por muitos pesquisadores e profissionais da área, tendo em vista que estas águas tratadas podem ser utilizadas para abastecimento de edificações comerciais para fins não-potáveis.

3.3.4 Conforto térmico (*correntes de vento*)

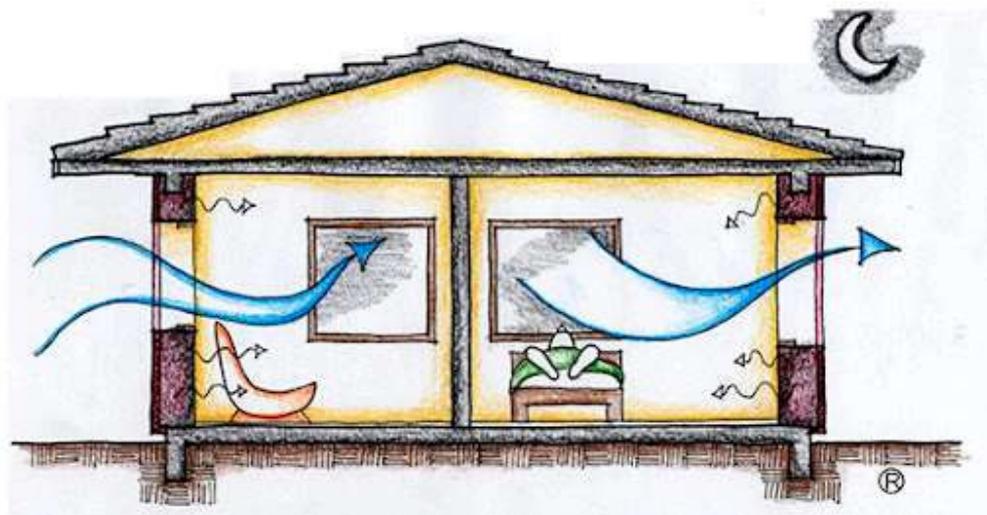
Segundo de Sousa e Leder (2019), conforto térmico é definido como a zona onde o usuário necessita de consumir a menor quantidade de energia para se sentir confortável no ambiente. E completa que quando as condições exteriores permitem que os mecanismos de regulação térmica de um indivíduo sejam reduzidos o máximo possível, ou seja, que seu organismo esteja em equilíbrio com o meio envolvente ele estará em conforto térmico.

Nas construções, buscar conforto térmico aos usuários que irão usufruir do ambiente significa utilizar diferentes soluções que influenciarão diretamente nas condições do ambiente interno. Dentre eles, podemos citar telhado verde, telhas termoacústicas, orientação solar, ventilação cruzada, sombreamento, drywall, cobogós e brises (quebra sol).

Nas edificações localizadas nas regiões quentes e úmidas, a arquitetura adotada, seguindo estudos realizados no sentido de favorecer o aproveitamento dos ventos, minimiza a necessidade de ventilação mecânica e climatização dos ambientes (BASTIDE *et al.*, 2006). Os autores ressaltam a importância de projeto das aberturas no aproveitamento da ventilação natural.

Ou seja, uma construção com aberturas distribuídas sobre diferentes fachadas aumentará o potencial para se obter uma adequada ventilação natural, para assim criar ambientes com diferentes pressões e permitir a passagem do ar pelos vários pontos criados.

Figura 6 - Ventilação Natural.



Fonte: Brasil (2022).

Para Frota e Schiffer (2003) a ventilação natural nas construções ocorre pelo deslocamento do ar dado pela diferença de pressão existente, através da entrada e saída pelas aberturas. Uma alternativa quanto ao uso da ventilação natural se dá através do uso do efeito chaminé e ventilação cruzada. Segundo Morishita e Schmid (2007) a ventilação cruzada depende da corrente de ar e consiste no transpasse do vento pelo ambiente de forma a atravessá-lo.

3.3.5 Laje verde

Buscando alternativas para reduzir os impactos e compensar o meio ambiente, o telhado verde, ou laje verde como também é conhecido, surge como uma solução eficiente para reduzir os impactos provenientes da impermeabilização presente nas cidades. É uma realidade na Europa, enquanto no Brasil esse sistema construtivo ainda é pouco explorado, sendo mais encontrado nas regiões de São Paulo e no Rio Grande do Sul, embora venha se destacando e sendo visto como uma ótima alternativa para as grandes cidades (SILVA, 2011).

Na implantação do telhado verde alguns pontos são fundamentais e devem ser observados, como a escolha das plantas corretas, para depois não sofrer com a presença de pragas que dificultam e exigem mais manutenção, e considerar a carga adicional provocada pelo telhado verde à construção, inclusive quando saturado (OLIVEIRA, 2009).

3.3.6 Compostagem para resíduos orgânicos domésticos

A decomposição controlada de restos vegetais e animais, que imita os processos que acontecem na natureza, é uma técnica antiga, aplicada para transformar materiais orgânicos crus e imaturos em composto rico em húmus e propício para aplicação em terras agrícolas (OLIVEIRA; LIMA; CAJAZEIRA 2004).

As três fases comuns nos variados métodos de aplicação da compostagem, são determinadas pelas diferentes características da massa em degradação ao longo do tempo do processo. A primeira fase inicia logo que os materiais são misturados e encaminhados para o pátio de compostagem, onde repousam enquanto os microrganismos iniciam o consumo da matéria de fácil degradação, utilizando principalmente compostos solúveis prontamente disponíveis e parte da celulose, o que leva à multiplicação das bactérias, liberação de calor, gás carbônico e água (DOUBLET; POITRENAUD; HOUOT, 2011).

A segunda fase é denominada de bioestabilização, quando é comum o ataque microbiano nas frações mais resistentes, como a hemicelulose e lignina (CORRÊA *et al.*, 2012). Na terceira e última fase do processo ocorre a humificação, onde a fração lignina, os produtos mineralizados e a biomassa morta dos microrganismos resultam na formação de húmus, o que fornece um composto com coloração escura, cheiro de terra e grande capacidade de retenção de água e nutrientes (PEREIRA NETO, 2007).

A compostagem doméstica é uma solução interessante por proporcionar a diminuição da quantidade de resíduos descartado em aterros e lixões, e, ao reduzir a quantidade de lixo descartada de maneira irregular, evita a emissão de gases do efeito estufa liberados nestes pontos.

3.3.7 Tijolo Ecológico, Madeira Plástica e Sistemas Construtivos Alternativos

A construção civil, pela geração de grande quantidade de resíduos sólidos é reconhecida como uma das atividades que mais agridem o meio ambiente (LÔBO *et al.*, 2020). Visando a sustentabilidade na construção civil, estudos buscam por opções para a construção de tijolos utilizando materiais de menor impacto ambiental. As construções dos tijolos podem ser feitas com o uso isolado ou combinado de materiais e técnicas construtivas (SILVA *et al.*, 2014).

O tijolo ecológico ou tijolo de solo-cimento é proveniente da mistura de solo, cimento e água. Quando não se dispõe de um solo com as características indicadas, deve-se considerar a possibilidade de realizar a mistura de dois ou mais solos, de modo que o resultado seja favorável em termos técnicos e econômicos (SOUZA; SEGANTINI; PEREIRA, 2008).

Destacam-se como vantagens na utilização de tijolos ecológicos, a utilização de matéria prima natural de alta disponibilidade e o baixo custo, pois o solo é o componente que entra em maior quantidade na mistura, e ainda, por ser empregado o solo do próprio local da construção da obra (OLIVEIRA; AMARAL; SCHNEIDER, 2014).

Com a busca por sistemas construtivos econômicos e produtivos, sem comprometer a qualidade e o desempenho de edifícios, o método construtivo com paredes de concreto tem se mostrado uma alternativa viável para as construções (SOARES *et al.*, 2021). Atendendo à construção de empreendimentos de médio e grande porte, o método apresenta uma ótima alternativa para empreendimentos que exigem um curto prazo de entrega, economia e mão de obra otimizada (SGOBBI; MIRANDA, 2021).

A madeira plástica é um produto que pode substituir a madeira natural sem prejuízo à construção. É fabricada a partir da transformação de matérias-primas reaproveitáveis e que podem ser recicladas. As vantagens que o plástico oferece estão presente na madeira plástica, além disso, oferece condições ideais para aplicação de pregos e parafusos, as ferramentas exigidas para o trabalho são as mesmas para madeira comum e não precisa de tratamento com verniz (KIELING; PEREIRA; SANTOS, 2019).

A produção de madeira plástica surgiu no final dos anos 1980 e foi motivada pelo alto custo de transporte e da necessidade de reduzir a quantidade de resíduos sólidos nos aterros sanitários devido à falta de espaço físico (PINHO, 2011).

A ampliação do uso da madeira plástica encontra obstáculo na necessidade de melhorar o desempenho físico e mecânico. A contato da água oriunda de intempéries nas fibras de madeira que compõe a madeira plástica reduz parcialmente a rigidez da peça. Enquanto isso, baixa complexidade na produção torna a madeira plástica uma opção atrativa para a redução da disseminação do plástico no ambiente, aumentando a vida útil dos aterros sanitários. Atendendo diferentes necessidades, a madeira plástica possibilita o uso do plástico por vários anos em virtude do reuso maior que o da madeira comum (KIELING; PEREIRA; SANTOS, 2019).

Ponzoni (2013) infere que um dos métodos inovadores e amplamente utilizado nas obras de apelo social é o sistema construtivo paredes de concreto, que é moldada in loco. Esse método vem ganhando mais espaço entre os países latino-americanos e já existente no Brasil, como por exemplo nas habitações do programa Minha Casa Minha Vida (SGOBI; MIRANDA, 2021). Embora possa ser utilizado em qualquer tipo de construção, o fator econômico é o que determina sua viabilidade, sendo necessário avaliar o número de utilizações dos formulários, que é o ponto determinante no custo final e, conseqüentemente, na atratividade da escolha das paredes de concreto (CORSINI, 2011).

Voltando-se para as construções realizadas em outros países, se vê no Canadá, Europa e Estados Unidos utilizarem de *wood frame* (estrutura de perfis de madeira leve) ou *steel frame* (perfis de aço leve), combinadas com o fechamento através da aplicação de placas que podem ser de gesso acartonado, poliestireno expandido e cimentícias (ALDERMAN, 2013; KOSNY *et al.*, 2014).

A tecnologia de construção Light Steel Framing (LSF) chegou no Brasil no final da década de 1990 para a construção de casas residenciais. Para a sua utilização, deve-se adaptar a tecnologia ao Brasil visto que o sistema de design foi importado dos Estados Unidos e está otimizado para funcionar naquele clima temperado (GOMES; SOUZA; TRIBESS, 2013). O LSF emprega princípios de industrialização da construção, empregando conceitos de racionalização e padronização que transformam o canteiro de

obras em uma linha de montagem, utilizando-se de perfis leves de aço formados a frio a partir de chapas de aço galvanizados que possuem função estrutural (CAMPOS; SOUZA, 2010).

Considerado um sistema vantajoso na construção civil, quando comparado ao sistema tradicional de alvenaria, apresenta benefícios tanto para a construção quanto para o meio ambiente. Para a construção é um método rápido de ser construído e para o meio ambiente porque, comparando com o método tradicional, utiliza menos matéria prima e por ter um projeto bem definido quase não tem desperdícios e gera pouco resíduos (MENDONÇA; MOUÇO, 2016).

Semelhante ao LSF, o wood frame é um sistema construtivo também industrializado, que utiliza perfis de madeira reflorestada e tratada, podendo ser aplicado na concepção de painéis para pisos, paredes e telhados e receber materiais com características para promover o conforto térmico e acústico, e materiais inflamáveis (MOLINA; CALIL JUNIOR, 2010).

O sistema construtivo em *wood frame* (estrutura de perfis de madeira leve) mostra-se viável, minimizando os desperdícios causadores de impactos ambientais e aumentando a produtividade, por ser uma construção seca, com facilidade de manuseio dos elementos construtivos do sistema (MOLINA; CALIL JÚNIOR, 2010). Além disso, os resíduos sólidos de obra de *wood frame*, além de serem em quantidades menores em comparação com a construção convencional, são resíduos recicláveis.

Com o déficit habitacional brasileiro de cerca de seis milhões de residências, uma alternativa encontrada por construtoras foi a elaboração de edificações multifamiliares, ocupando menos espaço e com mais pessoas habitando a mesma área de terreno (BORTONE; NUNES; GIGLIO, 2019).

A principal desvantagem desse sistema construtivo é a limitação de fornecedores no Brasil, tendo uma produção de matéria-prima restrita para o sistema construtivo (LACERDA; GOMES, 2014).

4 BUILDING INFORMATION MODELING - BIM

Buscando uma visão sistêmica do ciclo produtivo de um empreendimento, este estudo contempla o uso da modelagem BIM permitindo analisar o empreendimento como um todo podendo levar a um impacto significativo na economia do mesmo (MOHAMAD; AMORIN, 2015). O conceito da Metodologia Building Information Modeling (BIM) não é apenas uma mera evolução dos desenhos 3D ou uma ferramenta tecnológica, ele representa um novo conceito ao abordar as atividades do empreendimento como um todo.

Segundo Sakamori (2015), o BIM proporciona uma visão sistêmica de todo o ciclo construtivo de um empreendimento, permitindo analisar o empreendimento como um todo, agregando a todas as etapas e atividades um gerenciamento estratégico. A adesão dos conceitos da Metodologia BIM e suas ferramentas por uma indústria tão grande pode levar a um impacto significativo na economia, tendo em vista que a indústria da construção civil no Brasil representa um dos setores com maiores investimentos na economia, estando entre uma das maiores do mundo e sendo responsável por 2% da indústria global (MOHAMAD; AMORIN, 2015).

Visando este crescimento econômico, o governo brasileiro promulgou o Decreto Federal nº 9.938, em 22 de agosto de 2019, uma Estratégia Nacional de Disseminação do *Building Information Modeling* no Brasil (Estratégia BIM BR), onde o desenvolvimento de projetos em BIM se tornara obrigatório em obras públicas a partir de 2021. As Estratégia BIM BR elencadas no Decreto nº 9.938 de 22 de agosto de 2019, tem como objetivos:

- I. Difundir o BIM e seus benefícios;
- II. Coordenar a estruturação do setor público para a adoção do BIM;
- III. Criar condições favoráveis para o investimento, público e privado, em BIM;
- IV. Estimular a capacitação em BIM;
- V. Propor atos normativos que estabeleçam parâmetros para as compras e as contratações públicas com uso do BIM;
- VI. Desenvolver normas técnicas, guias e protocolos específicos para adoção do BIM;
- VII. Desenvolver a Plataforma e a Biblioteca Nacional BIM;
- VIII. Estimular o desenvolvimento e a aplicação de novas tecnologias relacionadas ao BIM;
- IX. Incentivar a concorrência no mercado por meio de padrões neutros de interoperabilidade BIM. (BRASIL, 2019).

Com esta medida, a Associação Brasileira de Desenvolvimento da Indústria (ABDI) prevê um aumento na produtividade de 10% para o setor das indústrias da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC), além de proporcionar uma redução de custos de aproximadamente 20% (SALERNO; DAHER, 2006).

Quanto às dimensões, as atividades desenvolvidas por equipes de um projeto ao longo de sua vida útil podem ser classificadas quando da utilização do BIM para as diferentes camadas de informações (Figura 7).

Figura 7 - Dimensões do BIM.



Fonte: Lima (2020, p. 11).

As dimensões ilustradas na Figura 7, segundo Lima (2020, p. 11) podem ser definidas da seguinte forma:

- Forma 3D: dimensões tridimensionais do projeto, é representada por uma modelagem paramétrica de todas as informações contidas no projeto; permite a colaboração multidisciplinar entre as diferentes equipes durante sua concepção.
- Tempo 4D: dimensão relacionada ao planejamento das equipes de trabalho, procura otimizar as atividades desenvolvidas entre construtores e fornecedores procurando atender a um cronograma; permite a simulação

de fluxos e processo de trabalho para um gerenciamento do canteiro de obra, possibilitando estabelecer cronogramas enxutos (*Lean Construction*).

- Custo 5D: dimensão relacionada com o orçamento, permite a orçamentação em tempo real do levantamento de quantitativos, dando suporte ao planejamento (4D).
- Sustentabilidade 6D: dimensão relacionada à sustentabilidade do empreendimento, proporciona uma análise do consumo de energia durante a construção e operação do edifício; permite simulações quanto ao caminho do sol, análise de isolamento térmico, ventilação, emissão de CO₂, busca por materiais sustentáveis.
- Gerenciamento 7D: dimensão relacionada ao gerenciamento de informações inerentes ao projeto, como manuais de operação e manutenção, manuais com especificações de prazos de garantia, informações de fabricantes, entre outros; determina planos para manutenção e prevenção de falhas em peças e equipamentos, fornece uma garantia quanto à conformidade com as normas de operações do empreendimento.

O Decreto nº 10.306, publicado no dia 2 de abril de 2020 no Diário Oficial da União (DOU), estabelece a utilização do BIM na execução direta ou indireta de obras e serviços de arquitetura e engenharia, realizadas pelos órgãos e entidades da administração pública federal. A iniciativa parte do plano estabelecido na Estratégia BIM BR, instituída anteriormente pelo Decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019 (BRASIL, 2020).

5 METODOLOGIA

Trata-se de pesquisa exploratória e descritiva que envolve uma análise qualitativa. Quanto aos procedimentos técnicos buscou-se apoio na pesquisa bibliográfica e no estudo de caso sobre unidades habitacionais horizontais populares sustentáveis. Como instrumento de coleta de dados optou-se pelo questionário na plataforma *google forms*. A pesquisa foi realizada com construtores atuantes na cidade de São Luís (MA) que desenvolvem práticas de sustentabilidade em seus empreendimentos com a utilização de amostragem por acessibilidade.

Com a finalidade de conhecer o universo onde a pesquisa está inserida, foi solicitado ao SINDUSCON, entidade representativa da categoria de construtoras, que informassem o seu número total de associados (Apêndice A), tendo respondido através de declaração (Anexo A) 183 firmas de construção civil atualmente na região, mas sem discriminar os seus segmentos de atuação. Disparado o link para participação da pesquisa, alcançou-se o total de 26 respostas.

O formulário da pesquisa (Apêndice B) contém 12 questões e está dividido em cinco partes, a primeira parte com apresentação da pesquisa.

A segunda parte com o perfil do entrevistado, destacando informações como o grau de escolaridade, o tempo de atuação no segmento de construção de unidades habitacionais horizontais e a praça. A terceira parte do questionário foi motivada pelo interesse em saber sobre as barreiras no setor para a promoção da sustentabilidade na construção civil.

A quarta parte identificou as práticas de sustentabilidade realizadas no canteiro de obras e a destinação dos resíduos gerados atualmente e uma questão aberta, para que a pessoa que respondeu ao questionário indicasse, caso haja, a solução dada para a reutilização de resíduos.

A quinta e última parte do questionário apresentou duas perguntas, sendo a primeira voltada a conhecer o diferencial relacionado a sustentabilidade que o entrevistado já implementou nas casas que oferece, e, a pergunta seguinte procurando identificar a motivação que move o entrevistado no sentido de seguir incluindo práticas de sustentabilidade nas casas que oferece ao mercado.

Conforme pode-se observar no Apêndice C, as respostas obtidas forneceram dados para elaboração dos gráficos relacionados a cada pergunta que compõe o questionário. Encerrado o prazo para a coleta das respostas e alcançado um total de 26 questionários respondidos e validados, representando uma amostra de 14% do universo pesquisado, passou-se a analisar as respostas obtidas.

A dissertação também apresenta um modelo de casa sustentável com a ferramenta tecnológica BIM.

6 RESULTADOS

As práticas sustentáveis estão cada vez mais presentes no setor da construção civil. Com a pressão de diferentes partes interessadas, como governos, consumidores, associações, investidores e empresas, há um clima geral de alerta, estímulo e pressão ao setor para incorporação destas práticas.

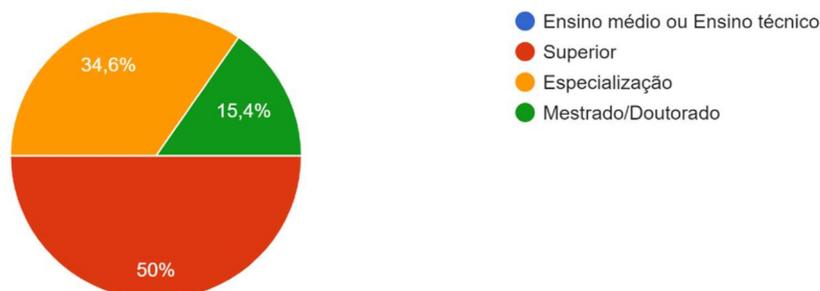
A construção civil é uma atividade tendencialmente consumidora de recursos naturais e em muitos casos resultando em impacto que deteriora significativamente o meio ambiente. Por este motivo procura constantemente reduzir ou compensar os impactos negativos e aumentar os impactos positivos (ZANELA; LUCHESI, 2015).

Com o propósito de conhecer com mais profundidade o que está acontecendo junto aos construtores de São Luís/MA e região, inicialmente buscou-se aplicar junto aos construtores um formulário de pesquisa com o auxílio da plataforma *google forms*.

Os resultados do estudo evidenciaram que 50% dos respondentes possuem o curso superior e a outra metade divide-se em 34,6 % de especialistas e 15,4% de mestres e/ou doutores. Não houve registros para o grau de escolaridade ensino médio ou técnico (Gráfico 1).

Gráfico 1 - Grau de escolaridade dos entrevistados.

Indique seu grau de escolaridade
26 respostas



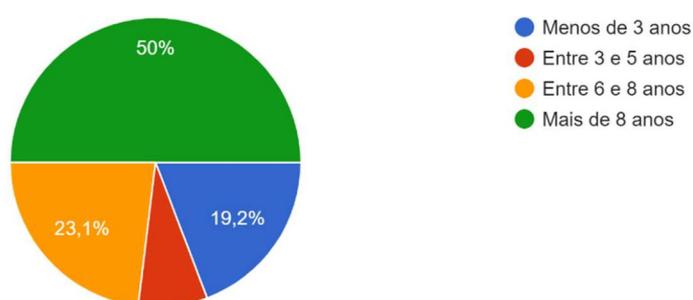
Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

Em relação ao tempo de atuação na área de construção de unidades habitacionais horizontais, 50% dos respondentes atuam na área de construção de unidades habitacionais há mais de 8 anos, 23,1 % entre 6 e 8 anos, 19,2% menos de 3 anos e 7,7% entre 3 e 5 anos como é possível observar no Gráfico 2.

Gráfico 2 - Tempo de atuação na área

Há quanto tempo a pessoa que responde à entrevista atua a área de construção de unidades habitacionais horizontais?

26 respostas



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

Observa-se que 57,7% atuam exclusivamente na capital e região metropolitana, 19,2% no interior do Estado e 23,1% responderam atuar tanto na capital quanto no interior do Estado do Maranhão. Após resultados apresentados, evidenciou-se que a amostra é composta por pessoas com nível superior, inclusive contando com especialistas e mestres e/ou doutores, com experiência consolidada e atuante na capital do Estado do Maranhão e Região Metropolitana de São Luís.

Os motivos para não inclusão da sustentabilidade no setor estão apresentados na Tabela 1 abaixo, elaborada pelo autor após atribuição de pontos de 1 a 5 pelos entrevistados para cada motivo indicado, considerando mais importante aqueles que receberam maior quantidade de pontos. A falta de incentivos governamentais, custos de construção adicionais e falta de conhecimento sobre as tecnologias sustentáveis foram os principais motivos destacados na pesquisa.

Tabela 1 - Motivos para não inclusão da sustentabilidade no setor.

Motivo	Pontos recebidos	Colocação
Falta de incentivos governamentais	99	1º
Custos de construção adicionais	90	2º
Falta de conhecimento sobre as tecnologias sustentáveis	89	3º
Necessárias mudanças tecnológicas	88	4º
Escassez de mão de obra qualificada para práticas sustentáveis	87	5º
Falta de tecnologias / técnicas para apoiar práticas sustentáveis	82	6º
Falta de experiência para adquirir materiais sustentáveis	81	7º
Os benefícios da construção sustentável ainda não estão claros para a construtora	68	8º
A construção sustentável leva a atrasos na conclusão do projeto	55	9º

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Foram incluídas no questionário duas questões abertas para que o respondente incluísse de maneira espontânea, com base em sua experiência profissional no setor, aspectos importantes para uma construção mais sustentável. A análise das respostas das duas questões contou com o auxílio do software *Wordclouds* para contagem das palavra-chave utilizadas pelos entrevistados e elaboração das figuras nuvem de palavras correspondentes.

Uma das questões perguntou como a construção civil pode minimizar seus impactos ambientais. Da análise das respostas observou-se que os termos mais recorrentes foram “materiais”, “construção”, “resíduos”, “sustentáveis” e “reuso”, por terem aparecido mais de 10 vezes de um total de 100 palavras chaves.

Figura 9 - Nuvem de palavras da pergunta 7.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

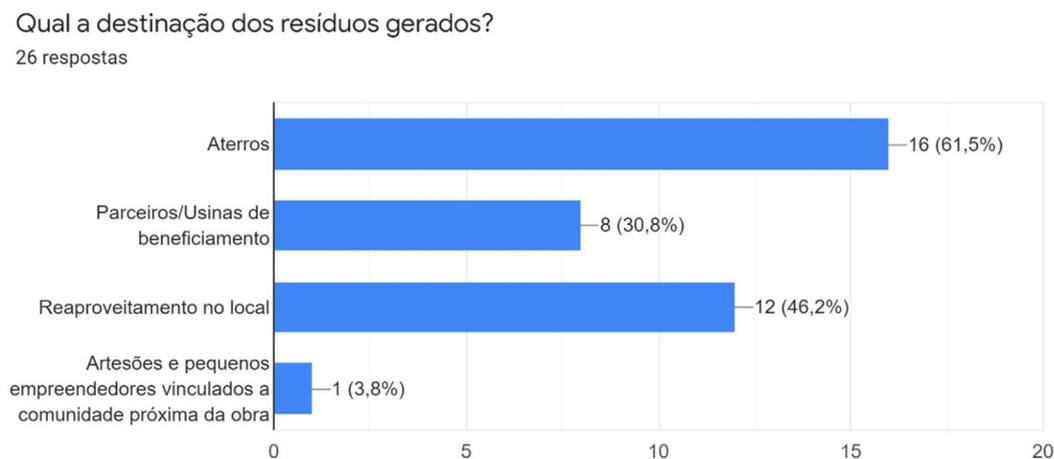
A leitura demonstrou que, além das respostas contendo as palavras-chaves mais recorrentes, que se trata de tecnologias mais populares e acessíveis, outras tecnologias mais recentes e especializadas também foram registradas, o que demonstra que o tema sustentabilidade é acompanhado de perto e o desejo de se aprofundar é constante.

Uma das questões abordava as práticas de sustentabilidade realizadas na fase de construção. As respostas indicam que a coleta seletiva dos resíduos da construção civil, o reaproveitamento resíduo da construção civil e o reaproveitamento de água pluvial são as práticas mais destacadas. Os respondentes também mencionaram outras iniciativas como: atenção às técnicas de conforto térmico para as instalações do canteiro de obras; técnicas de industrialização da parede de concreto e fidelidade às especificações técnicas contidas nos projetos no que se refere a obedecer ao dimensionamento de materiais e serviços.

Em relação à destinação dos resíduos gerados na fase da construção, os resultados do estudo evidenciaram que destinar os resíduos para aterros ainda é prática

mais usual, mas o reaproveitamento no local já apresenta uma parcela relevante, assim como a aproximação com parceiros/usinas de beneficiamento.

Gráfico 3 - Destinação dos resíduos gerados na fase da construção.



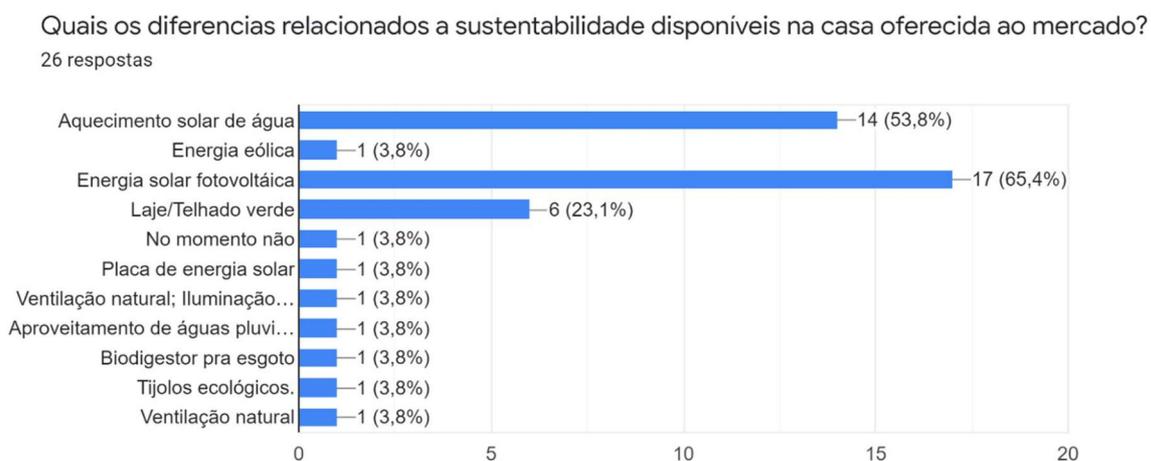
Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

Também relacionado aos resíduos foi perguntado sobre a reutilização dos resíduos no canteiro de obra. Os respondentes informaram que as madeiras são usadas em formas e escoramentos diversos e restos de demolição, blocos cerâmicos, pisos, concreto em geral, são reaproveitados para regularização de área, calçamentos e elementos não estruturais.

A última parte do questionário teve como objetivo conhecer o que está sendo agregado como diferencial voltado à sustentabilidade das unidades habitacionais horizontais oferecidas ao mercado e o que motiva os construtores a avançar neste tema. O Gráfico 4 destaca os diferenciais relacionados à sustentabilidade disponíveis na casa pronta. A questão mencionava quatro diferenciais e indicava um campo aberto para acrescentar outras não previstas pelo autor.

Com a totalização das respostas restou demonstrados um alinhamento do proposto pelo autor com o que está sendo experimentado pelos entrevistados. Revelou ainda outras tecnologias e soluções ligadas ao tema que não foram previstas para a pesquisa e que passaram a fazer parte.

Gráfico 4 - Diferenciais relacionados à sustentabilidade disponíveis na casa pronta.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

O Gráfico 5 destaca os motivos para a inclusão das práticas de sustentabilidade nas casas prontas. Os resultados revelaram que o principal motivador para o entrevistado continuar avançando alinhando com as práticas de sustentabilidade é ser reconhecido como uma empresa que tem boas práticas de sustentabilidade, seguido pela redução de custos, atender expectativa da demanda, atender normas vigentes e, por último, atender exigências do governo.

Gráfico 5 - Motivos para a inclusão das práticas de sustentabilidade nas casas prontas.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

A pesquisa retornou uma amostra com pessoas de nível superior, inclusive 34,6% com especialização e 15,4% com Mestrado/Doutorado, que demonstraram estar familiarizados com conceitos e práticas de sustentabilidades, implementando as mesmas em suas operações quando viável economicamente, e com interesse em ser reconhecida no mercado, se destacando positivamente da concorrência.

7 MODELOS DE CASA PADRÃO E CASA SUSTENTÁVEL

Este capítulo apresenta as características de uma casa tipo, baseada em um projeto base da Cartilha do Custo Unitário Básico da Habitação (CUB), criado pela Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC). Os projetos citados na cartilha do CUB são todos projetos-padrão da NBR 12721:2006 e está alinhada com a unidade habitacional horizontal objeto da presente dissertação.

Esta norma determina o procedimento para a avaliação de custos unitários de construção, para incorporação imobiliária e algumas disposições para condomínios. Além de auxiliar no cumprimento de duas Leis Federais: A Lei 4591/64, que dispõe sobre condomínios em edificações e incorporação imobiliária, e a Lei 4864/65, que cria medidas de estímulo à construção civil.

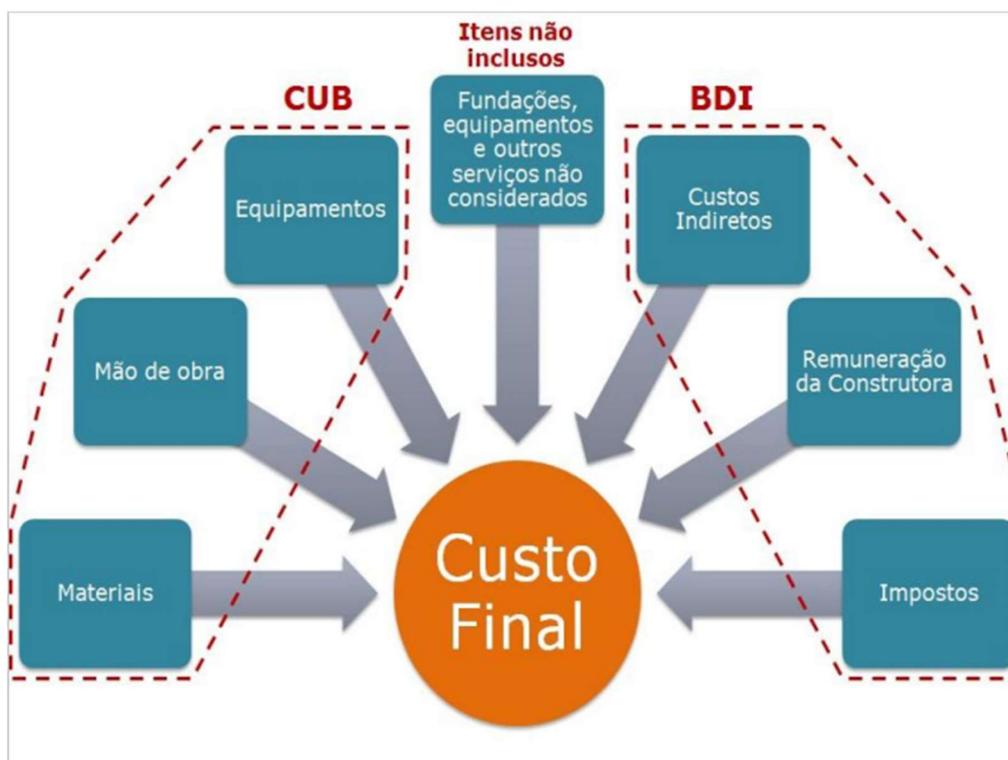
Em seguida, aplicaremos algumas das técnicas e práticas já observadas em capítulos anteriores.

7.1 Casa Padrão

A casa é baseada no Projeto-Padrão e classificado como R1-N, é uma residência padrão normal. Está descrito na Tabela 01 da NBR 12721:2006, além de ter sua planta baixa ilustrada na Cartilha CUB (ABNT, 2006; CBIC; SINDUSCON, 2007). Segundo a CBIC, no mês de novembro de 2021 tivemos o CUB no Estado do Maranhão de R\$/m² na ordem de 1.717,49. Sendo padrão Normal (CBIC; SINDUSCON, 2021).

Vale citar que o CUB não leva em consideração alguns custos, sendo composto apenas por despesas comuns na edificação. Na imagem abaixo temos um exemplo de como é dividido esse preço.

Figura 10 - Composição de preço.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

Sendo assim, utilizaremos o Projeto-Padrão apenas no nível de Projeto, tendo como Orçamentação o Modelo em Preço Unitário.

7.1.1 Caracterização

A unidade habitacional idealizada para o presente estudo se enquadra na faixa mais comercializada do PMCVA e, por este motivo, possui uma configuração padrão e compostas pelos materiais facilmente encontrados no mercado. Se caracteriza pela divisão nos ambientes sala e cozinha, dois dormitórios, uma suíte, banheiro social e área de serviço localizada nos fundos. A parte estrutural será realizada no local (*in loco*) em concreto armado. Cobertura com laje pré-moldada preenchida com concreto também

feito in loco. A ferragem necessária para a armadura será com aço CA-50 e CA-60. A alvenaria, em geral, será executada com tijolos cerâmicos de 6 e 8 furos necessidade na aplicação, assentadas com argamassa convencional. Os vãos de janelas contarão com vergas e contra-vergas em concreto armado ou reforçada com aço na alvenaria, conforme permite a norma, com a finalidade de evitar futuras trincas.

Para revestir as paredes de alvenarias será lançado chapisco e reboco fino ou grosso conforme necessidade, executadas com argamassa feita na obra. O revestimento cerâmico estará presente nos ambientes molhados, compondo as paredes dos banheiros até o teto, na cozinha até o teto na parede da pia e nas áreas molhadas da lavanderia.

O revestimento das paredes internas terá pintura látex com tinta látex branca fosca. Para a área externa a pintura será com tinta acrílica fosca. As portas, caixa de porta e alisares terão tinta esmalte acetinado branco.

As janelas contarão com duas folhas, sendo uma fixa e outra móvel, de vidro temperado incolor de 8mm, com perfil de alumínio. As portas externas seguirão o padrão das janelas ou variar para madeira, dependendo do preço encontrado no mercado, e os acessórios fechaduras e dobradiças terão cor lisa ou escovadas. Os rodapés das paredes serão de cerâmica, acompanhando o piso.

A cobertura será composta por telhado aparente com telhas cerâmicas portuguesa ou similar em estrutura de madeira de lei.

As instalações elétricas seguirão as normas vigentes e ocorrerão de acordo com o dimensionado no projeto no que diz respeito a localização das tomadas, interruptores e campainha. Não estão contemplados custos com materiais de decoração e mão de obra específica como instalação de luminárias e lustres. A ligação monofásica será a entrada da distribuição da concessionária, conforme padrão.

As instalações hidrossanitárias utilizarão metais somente nos registros, a tubulação de água e esgoto será de tubos de PVC. O reservatório será em polietileno e terá capacidade para 500 litros, sendo suficiente para atender uma unidade com 4 usuários. Contará ainda bacias sanitárias do tipo caixa acoplada e na área externa destinada ao tanque de lavar roupa será atendido pelas instalações hidrossanitárias necessárias.

Os muros que fecharão o perímetro serão levantados nas laterais, fundos e frente com alvenaria revestida com chapisco. O muro frontal terá o recorte para porta e portão de alumínio

A área externa contará com drenagem a ser realizada conforme projeto hidrossanitário e contará com calçadas de passeio ao redor da casa de concreto.

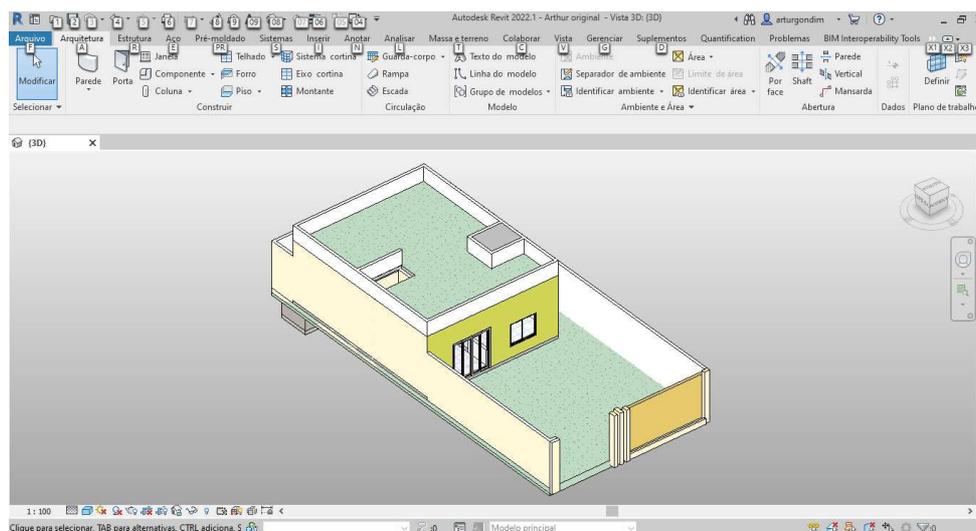
7.1.2 Modelo BIM para a Casa Padrão

Para a construção da representação digital do projeto da casa tipo, foram utilizados os softwares abaixo relacionados, todos integrantes do conceito BIM. Ao lado de cada software foi indicado a área de atuação que contribuiu.

- a) Autodesk® Revit® - Arquitetura
- b) Autodesk® Revit® MEP- Instalações hidráulicas
- c) AltoQi QiElétrica - Instalações elétricas
- d) Autodesk® Naviswork– Compatibilização (Clash Simples)
- e) Orcafascio, Seobras - Orçamento

Após definição do projeto padrão iniciou-se a modelagem virtual propriamente dita. Definimos o tamanho do terreno e os níveis, que vão se dividir entre Térreo, Cobertura e Altura de Forro.

Figura 11 - Modelagem virtual.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Segundo Mattos (2006), o orçamento analítico é a representação detalhada e procura antecipar o custo da obra. É efetuado a partir de composições de custos e pesquisa de preços dos insumos no comércio ou tabelas existentes. Procura chegar ao valor mais próximo possível do custo real de execução do projeto. O Orçamento Analítico é montado por várias composições dos custos unitários que compõem os serviços da obra. Levando em consideração custos como: Material, Mão de obra, Ferramentas, Equipamentos etc.

Os custos podem ser divididos em diretos e indiretos e a Estrutura Analítica de Projeto (EAP) pode apresentar vários níveis. Abaixo se observa, na Tabela 2, o Orçamento Analítico.

Tabela 2 - Orçamento Analítico Nível 01.

							(Continua)
Item	Descrição	Unidade	Quantidade	Custo	Custo c/ BDI	Total	
1	SERVIÇOS PRELIMINARES					R\$ 6.628,82	
2	INFRAESTRUTURA					R\$ 13.338,62	
3	SUPERESTRUTURA					R\$ 39.029,92	
4	PAREDES, PAINÉIS E REVESTIMENTO					R\$ 93.824,12	
5	INSTALAÇÕES SANITÁRIAS					R\$ 9.505,62	
6	INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS		1			R\$ 12.261,25	
7	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS		1			R\$ 7.531,03	
						(conclusão)	
8	INSTALAÇÕES PLUVIAIS		1			R\$ 10.532,01	
9	ESQUADRIAS, GRANITOS, LOUÇAS E METAIS		1			R\$ 16.317,44	
TOTAL						R\$ 209.759,29	

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

7.2 Casa Sustentável

Conforme citado, temos elaborado o projeto baseado no modelo de projeto-padrão, da cartilha CUB. Iremos fazer um pequeno comparativo de quanto custaria para adicionar algumas tecnologias sustentáveis nesta residência.

As tecnologias são: o Sistema de Aproveitamento de água pluvial não potável, o telhado verde e a Minigeração de energia fotovoltaica. O primeiro já tem norma brasileira

a NBR 1552 (ABNT, 2007), voltada ao aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, já o segundo respeita os parâmetros ditos na NBR 15575 (ABNT, 2007), que dita o desempenho em edificações habitacionais e foi dividida em sete partes. Quanto à terceira tecnologia temos a NBR 16690 (ABNT, 2007), que estabelece os requisitos de projeto das instalações elétricas de arranjos fotovoltaicos.

Para comparação, a orçamentação das tecnologias foi feita e pode ser vista na Tabela 3 a seguir. Observa-se que são serviços com elevado valor de investimento.

Tabela 3 - Orçamento Analítico Nível 01.

10	DISPOSITIVOS SUSTENTABILIDADE					R\$ 71.309,00
10.1	SISTEMA DE REAPROVEITAMENTO DE ÁGUA FRIA	vb	1	R\$16.500,00	R\$16.500,00	R\$ 16.500,00
10.2	TELHADO VERDE	m2	70	R\$ 260,00	R\$ 260,00	R\$ 18.200,00
10.3	SISTEMA DE ENERGIA FOTOVOLTAICA	vb	1	R\$39.209,00	R\$39.209,00	R\$ 39.209,00

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

7.2.1 Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis

A construção civil tem demonstrado cada dia mais interesse sobre a importância da sustentabilidade em obras. Dentro dessas soluções, se viu necessário a importância de gerenciar a utilização da água, proporcionando a racionalização e o combate ao desperdício.

Segundo Tomaz (2003), essa prática é milenar e já foi empregada em vários países. A Captação de águas pluviais é uma prática ambientalmente sustentável, pois o Armazenamento e a utilização dessas águas para fins menos nobres geram economia de água potável, além de impedir seu escoamento nas vias e evitar alagamentos.

A NBR 15527 segue para meios de dimensionamento e instalação as NBR's 5626 e 10844, que comentam sobre instalações prediais de água fria e instalações prediais de águas pluviais, respectivamente.

Ela comenta sobre os condutores, reservatórios e instalações prediais. Porém é mais específica para os reservatórios.

Segundo (NBR 15527:2007) os reservatórios devem ter extravasor, dispositivo de esgotamento, cobertura, inspeção e ventilação de segurança. Deve-se evitar que

materiais flutuantes ou sólidos entrem no reservatório e sinalizar e separar todos os pontos de consumos de água não potáveis (ABNT, 2007).

A Norma também determina fórmulas para dimensionamento do reservatório, os parâmetros de Qualidade da água e frequência de Manutenção, como demonstrado nas Figuras 12 e 13 a continuação.

Figura 12 - Eq. Azevedo neto – Dimensionamento Reservatório.

A.3 Método Azevedo Neto

O volume de chuva é obtido pela seguinte equação:

$$V = 0,042 \times P \times A \times T$$

onde:

P é o valor numérico da precipitação média anual, expresso em milímetros (mm);

T é o valor numérico do número de meses de pouca chuva ou seca;

A é o valor numérico da área de coleta em projeção, expresso em metros quadrados (m²);

V é o valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório, expresso em litros (L).

Fonte: ABNT (2007, p. 7).

Figura 13 - Parâmetros de Qualidade.

4.5 Qualidade da água

4.5.1 Os padrões de qualidade devem ser definidos pelo projetista de acordo com a utilização prevista. Para usos mais restritivos, deve ser utilizada a Tabela 1.

Tabela 1 — Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis

Parâmetro	Análise	Valor
Coliformes totais	Semestral	Ausência em 100 mL
Coliformes termotolerantes	Semestral	Ausência em 100 mL
Cloro residual livre ^a	Mensal	0,5 a 3,0 mg/L
Turbidez	Mensal	< 2,0 uT ^b , para usos menos restritivos < 5,0 uT
Cor aparente (caso não seja utilizado nenhum corante, ou antes da sua utilização)	Mensal	< 15 uH ^c
Deve prever ajuste de pH para proteção das redes de distribuição, caso necessário	mensal	pH de 6,0 a 8,0 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado

NOTA Podem ser usados outros processos de desinfecção além do cloro, como a aplicação de raio ultravioleta e aplicação de ozônio.

^a No caso de serem utilizados compostos de cloro para desinfecção.

^b uT é a unidade de turbidez.

^c uH é a unidade Hazen.

Fonte: ABNT (2007, p. 4).

Figura 14 - Frequência de Manutenção.

5 Manutenção

5.1 Deve-se realizar manutenção em todo o sistema de aproveitamento de água de chuva de acordo com a Tabela 2.

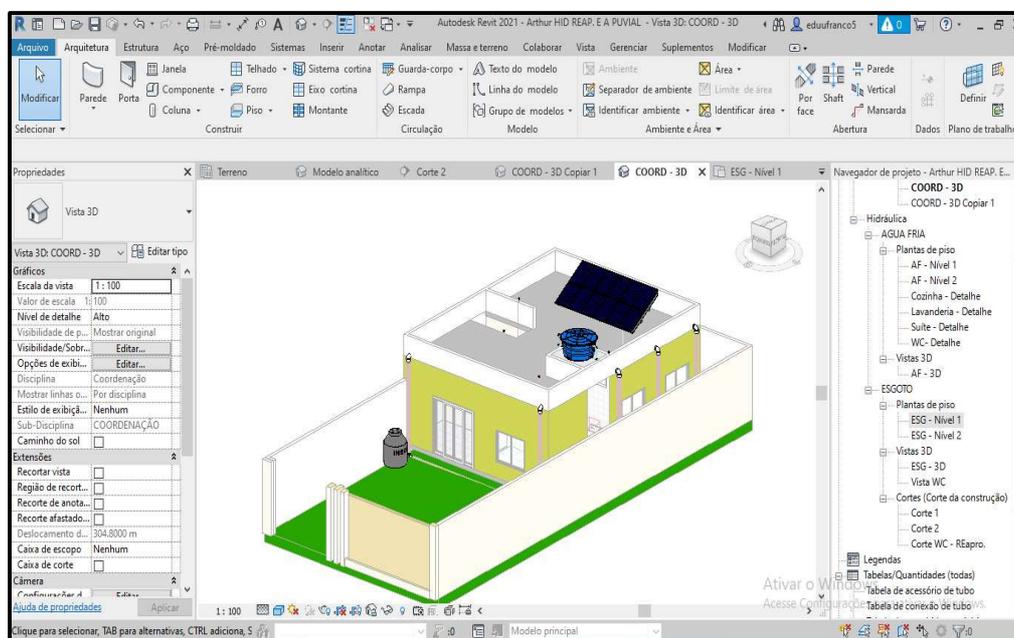
Tabela 2 — Frequência de manutenção

Componente	Frequência de manutenção
Dispositivo de descarte de detritos	Inspeção mensal Limpeza trimestral
Dispositivo de descarte do escoamento inicial	Limpeza mensal
Calhas, condutores verticais e horizontais	Semestral
Dispositivos de desinfecção	Mensal
Bombas	Mensal
Reservatório	Limpeza e desinfecção anual

Fonte: ABNT (2007, p. 5).

Abaixo na Figura 15 podemos observar uma ilustração do dispositivo no modelo Hidrossanitário.

Figura 15 - Ilustração de Sistema de reaproveitamento de Água Pluvial.

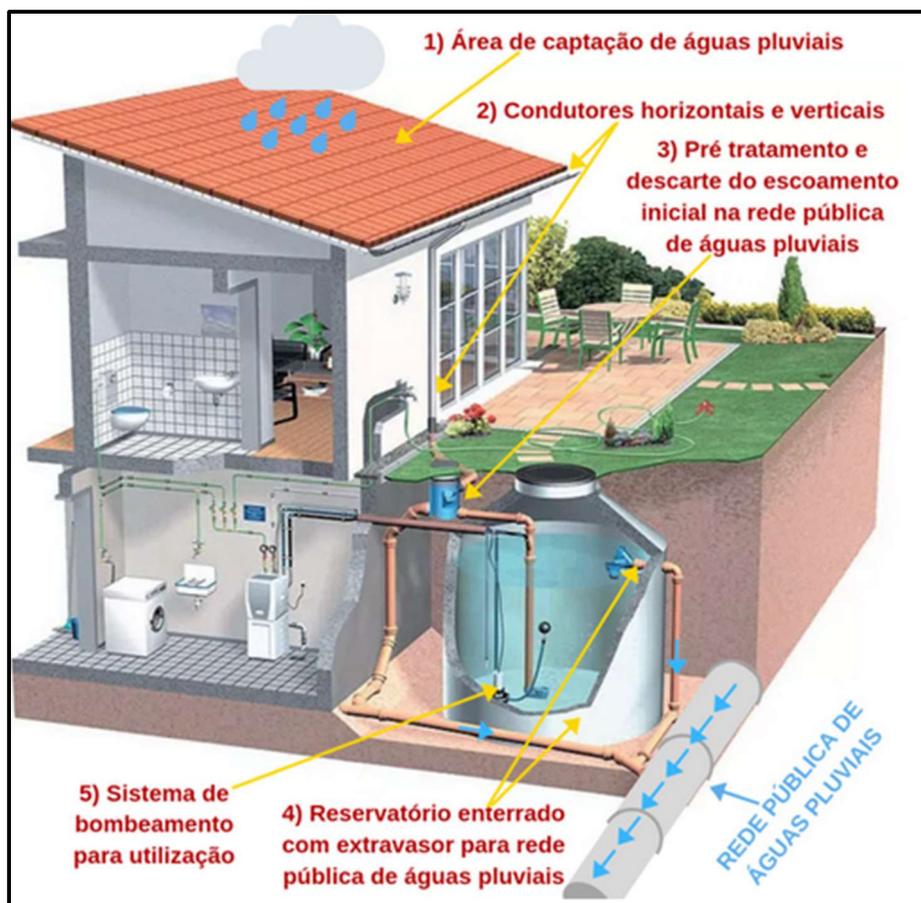


Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

Para instalação do Sistema de água pluvial teremos o custo aproximado de R\$ 16.500. Porém, também tendo custos de operação (controle de Qualidade) e de manutenção.

Com isso, apesar de termos vários custos financeiros agregados, percebe-se que podemos reduzir significativamente o uso de água potável para fins desnecessários. Com isso, o custo de compra de água potável diminui diretamente, tornando um sistema fácil de ser instalado e bem efetivo no ponto de vista sustentável e econômico. Para fins de curiosidade, a Figura 20 demonstra como seria o sistema de captação de acordo com a Norma.

Figura 16 - Sistema de reaproveitamento de Água Pluvial.



Fonte: Asis Engenharia (2019).

7.2.2 Telhado Verde

Como citado anteriormente, a execução do telhado verde não detém uma Norma Técnica definitiva, porém temos a Norma de Desempenho como parâmetro para instalação.

Esta Norma, NBR 15575:2013, é dividida em: Estanqueidade da água, Desempenho Térmico, Desempenho Acústico, Desempenho Lumínico, Saúde, Higiene e qualidade de Ar, Funcionalidade e Acessibilidade e Conforto Tátil e antropodinâmico (ABNT, 2013).

Com isso, percebe-se que as partes 1 até 4 estão diretamente ligadas à elaboração do projeto desta tecnologia.

Segundo a NBR 15575-1:2013, a “Sustentabilidade é um dos requisitos do usuário da edificação, expresso pelos seguintes fatores: durabilidade, manutenibilidade e impacto ambiental.” (ABNT, 2013).

A Norma ainda cita parâmetros para medir a qualidade e comenta sobre as boas práticas na execução e avaliação de dispositivos para que atendam tais critérios. A figura 17 abaixo demonstra alguns critérios adotados para a avaliação da estanqueidade, que seria de grande importância para instalação do telhado verde.

Figura 17 - NBR 15575.

<p>10 Estanqueidade</p> <p>10.1 Generalidades</p> <p>A exposição à água de chuva, à umidade proveniente do solo e aquela proveniente do uso da edificação habitacional devem ser consideradas em projeto, pois a umidade acelera os mecanismos de deterioração e acarreta a perda das condições de habitabilidade e de higiene do ambiente construído.</p> <p>10.2 Requisito – Estanqueidade a fontes de umidade externas à edificação</p> <p>Assegurar estanqueidade às fontes de umidades externas ao sistema.</p> <p>10.2.1 Critério – Estanqueidade à água de chuva e à umidade do solo e do lençol freático</p> <p>Atendimento aos requisitos especificados nas ABNT NBR 15575-3 a ABNT NBR 15575-5.</p> <p>10.2.2 Método de avaliação</p> <p>Análise do projeto e métodos de ensaio especificados nas ABNT NBR 15575-3 a ABNT NBR 15575-5.</p> <p>10.2.3 Premissas de projeto</p> <p>Devem ser previstos nos projetos a prevenção de infiltração da água de chuva e da umidade do solo nas habitações, por meio dos detalhes indicados a seguir:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) condições de implantação dos conjuntos habitacionais, de forma a drenar adequadamente a água de chuva incidente em ruas internas, lotes vizinhos ou mesmo no entorno próximo ao conjunto; b) sistemas que impossibilitem a penetração de líquidos ou umidades de porões e subsolos, jardins contíguos às fachadas e quaisquer paredes em contato com o solo, ou pelo direcionamento das águas, sem prejuízo da utilização do ambiente e dos sistemas correlatos e sem comprometer a segurança estrutural. No caso de haver sistemas de impermeabilização, estes devem seguir a ABNT NBR 9575; c) sistemas que impossibilitem a penetração de líquidos ou umidades em fundações e pisos em contato com o solo;

Fonte: ABNT (2013, p. 20).

O telhado verde é uma tecnologia interessante, porém requer muitos detalhes para sua execução, passando por atividades de estanqueidade, drenagem, desempenho térmico, acústico e lumínico.

Tem como vantagem o melhoramento do conforto térmico, ajuda a combater os efeitos das ilhas de calor, melhora o isolamento acústico, melhora o isolamento a chuvas, além de ter uma maior retenção de água pluvial.

Porém, esse sistema apresenta desvantagens do ponto de vista econômico, já que não traz retorno financeiro direto. Além de ser pouco explorado ou utilizado no Brasil, tem escassez de mão de obra e burocracia para aprovação de projeto de prefeitura. Além disso temos a manutenção.

A seguir podemos observar a Figura 18 com um telhado verde instalado:

Figura 18 - Telhado Verde.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

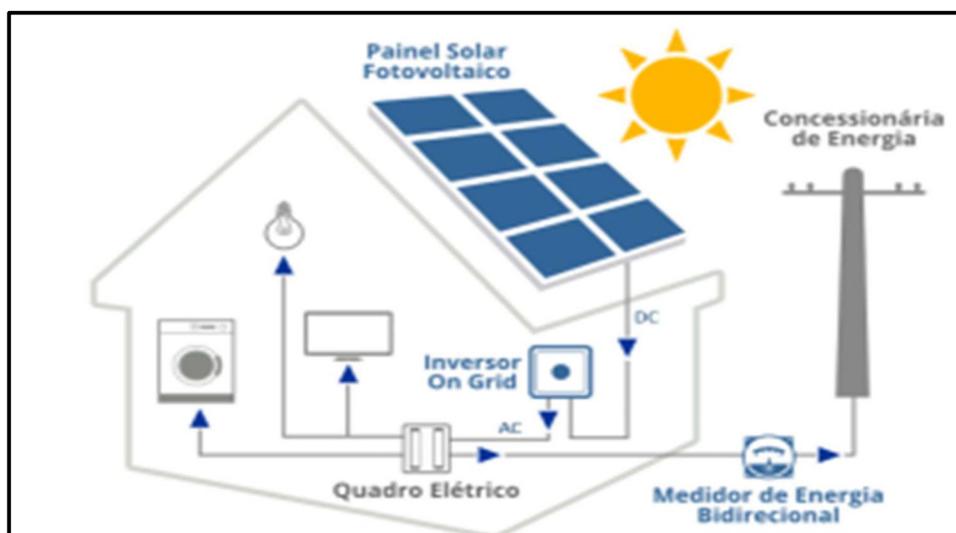
7.2.3 Minigeração Energia Fotovoltaica

A permissão para consumidores instalarem sistemas de minigeração e microgeração de energia na sua unidade consumidora foi definida pela Resolução nº482/2012 da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), posteriormente modificada pela Resolução nº 687/2015.

Além das resoluções em janeiro de 2022, o Diário Oficial publicou a Lei Nº 14.300, segundo a qual a microgeração distribuída é uma central geradora de energia elétrica instalada menor ou igual a 75KW e que utilize cogeração qualificada, conforme resolução da ANEEL.

Como dito anteriormente, a energia fotovoltaica pode ter sistemas Híbridos, on grid e off-grid. O conceito utilizado no projeto foi do sistema on-grid, o qual tem sua geração jogado na rede da concessionária. O que geraria créditos para o consumidor trocar por energia. Abaixo, na Figura, 19 podemos verificar um esquema deste tipo de sistema.

Figura 19 - Esquema de Sistema On-Grid.



Fonte: Esquema de Sistema On-Grid. (2019).

O sistema de microgeração pode ser financiado e tem vários incentivos do governo. Como mencionado na tabela 02, o valor médio para instalação do sistema seria R\$ 46.209. O valor bem mais alto que os outros dois sistemas. Porém, este é o único dos três sistemas que apresenta um plano de *payback* a partir do contrato do financiamento. Abaixo, na figura 20, temos uma demonstração de como funcionaria este *payback* através dos créditos da concessionária.

Figura 20 - Plano de Payback.

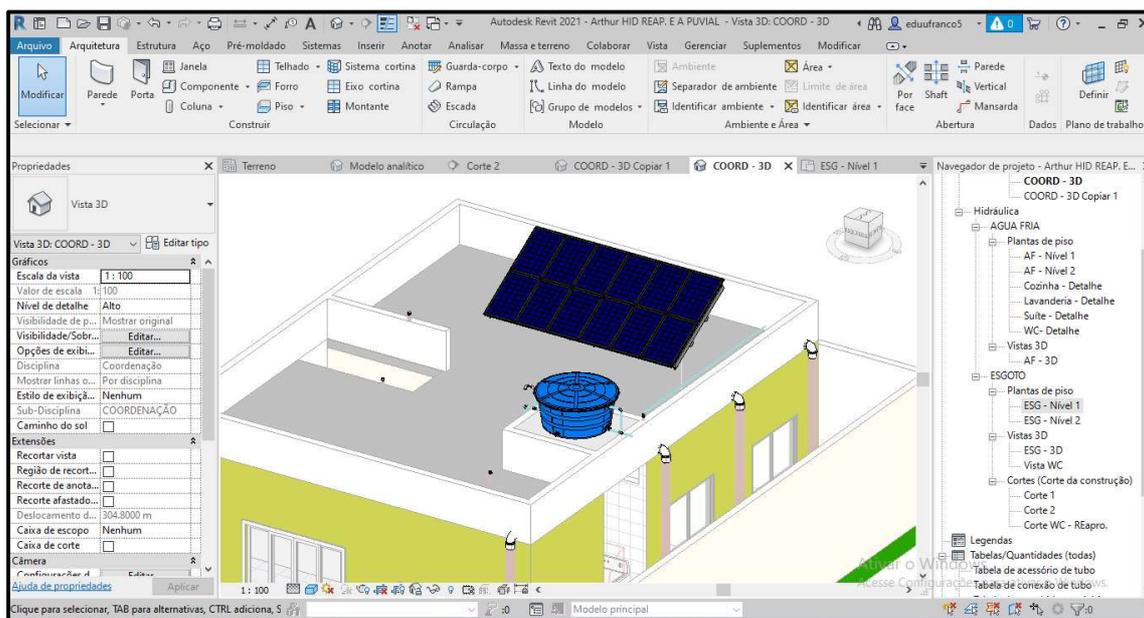
Status	Ano	Preço tarifa (R\$/KWh) *	Produção de energia (KWh/ano) **	Produção de energia total (R\$)	Resultado financeiro (R\$)	CDB 130% CDI (R\$) ***	Poupança (R\$) ****
Investimento	0	0,00	0,00	0,00	-51.545,23	0,00	0,00
Investimento	1	0,98	14.436,00	14.147,28	-37.397,95	54.493,62	53.168,90
Investimento	2	1,02	14.321,00	28.740,38	-22.804,85	57.610,65	54.843,73
Investimento	3	1,06	14.206,00	43.798,74	-7.746,49	60.905,98	56.571,30
Lucro	4	1,10	14.092,00	59.328,12	7.782,89	64.389,80	58.353,30
Lucro	5	1,15	13.979,00	75.348,05	23.802,82	68.072,90	60.191,43
Lucro	6	1,19	13.867,00	91.877,51	40.332,28	71.966,67	62.087,46
Lucro	7	1,24	13.756,00	108.934,95	57.389,72	76.083,16	64.043,21
Lucro	8	1,29	13.646,00	126.538,29	74.993,06	80.435,12	66.060,57

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

Verificando a Figura 20, percebemos que em quatro anos o sistema já se pagou por completo. Sendo que nove anos depois o consumidor teria lucrado R\$ 126.538,29. Ou seja, aproximadamente 37% a mais que se tivesse investido no CDB 130% CDI.

Abaixo, temos na Figura 21 representando o Sistema On- Grid instalado no modelo:

Figura 21 - Sistema On-grid no Modelo.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

7.2.2 Casa Tipo Conceito

Com essas análises, percebemos que ao escolher sistemas sustentáveis para edificações é de suma importância avaliar a viabilidade Técnica e Econômica, além da Ambiental. O projeto torna-se perfeito se tiver o link das três viabilidades, porém tudo é definido de acordo com a necessidade do cliente.

Outra questão interessante é que o ponto de vista econômico sempre pesará mais para o usuário, sendo assim a minigeração de energia aparece como uma das melhores soluções sustentáveis para aplicação em edificações.

8 CONCLUSÃO

O objetivo deste estudo foi verificar as práticas de sustentabilidade inseridas no contexto da construção de unidades habitacionais horizontais populares na cidade de São Luís (MA), revelando, ao final, que os construtores têm conhecimento de conceitos e técnicas sobre o tema e demonstram interesse em seguir implementando no segmento. A partir dos objetivos propostos, esperou-se encontrar soluções viáveis que pudessem ser facilmente implementadas para melhorar o conforto dos usuários e maximizar a preservação do meio ambiente em que se encontram as unidades habitacionais populares na cidade de São Luís.

Diante disso, os resultados apontaram sobre a importância e atenção para a fase de planejamento da construção, com a escolha de materiais que não agridam o equilíbrio do meio ambiente, utilizando metodologias que favoreçam o reuso desses materiais e gerem menos resíduos. Encontrou-se ainda a necessidade da promoção do tema sustentabilidade para todos os agentes no cenário da construção de unidades habitacionais horizontais, através de parcerias com variadas instituições, com a finalidade de passar mais conhecimento e provocar o surgimento de uma consciência sobre a preservação do meio ambiente.

Ainda pode-se destacar como resultados apresentados na pesquisa a abordagem dos entrevistados sobre a importância do uso de tecnologias, além da utilização de tecnologias mais recentes e especializadas na construção das unidades habitacionais horizontais, demonstrando que o tema sustentabilidade é acompanhado de perto e o desejo do aprofundamento no tema é constante.

Adicionalmente, verificou-se que o principal motivador para o entrevistado continuar avançando alinhado com as práticas de sustentabilidade é ser reconhecido como uma empresa que possui boas práticas de sustentabilidade, seguido pela redução de custos, atendendo as expectativas do mercado, as normas vigentes e as exigências do governo.

Diante disso, os resultados desta pesquisa sugerem que a implantação de algumas tecnologias enfrenta o obstáculo da elevação do custo para serem mais exploradas, exigindo que os construtores encontrem soluções mais viáveis que possam

ser facilmente implementadas para melhorar o conforto dos usuários e maximizar a preservação do meio ambiente em que se encontram.

O profissional de engenharia ligado ao setor de construção exerce suas funções aplicando no dia a dia os conhecimentos obtidos sobre as ciências da natureza para resolver problemas com que se depara. Como uma evolução natural, aprimorando seus conhecimentos com o tema sustentabilidade, o resultado será a presença de um profissional que não só resolverá problemas como naturalmente encontrará soluções que favoreçam a preservação do meio ambiente.

Algumas limitações foram admitidas neste estudo. Por se tratar de uma pesquisa com a utilização de amostragem por acessibilidade e exploratória, não é possível a generalização dos resultados.

Recomenda-se que se desenvolvam estudos com modelos que identifiquem os efeitos da sustentabilidade em outros fatores ligados às construtoras civis, como alcance de outros de mercados, orientação para o valor, entre outros, contribuindo assim com a compreensão dessa temática.

A partir do que foi apresentado, conclui-se que os resultados desta pesquisa poderão auxiliar as construtoras a alcançarem vantagens competitivas e encorajar uma forte orientação para o mercado através do desenvolvimento de tecnologias, técnicas e práticas baseadas em sustentabilidade. Dessa forma, através do desenvolvimento elas poderão permitir que as unidades habitacionais sustentáveis apresentem um desempenho superior às demais.

REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 12721**: avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edilícios- Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

ABNT. **NBR 15527**. Água de chuva: aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis: requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

ABNT. **NBR 15575-1**: edificações habitacionais: desempenho parte 1: requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

AFONSO, Cintia Maria. **Sustentabilidade**: caminho ou utopia? São Paulo: Annablume, 2006.

ALDERMAN, Delton. Housing and construction markets. **Forest Products Annual Market Review**, p. 115-122, 2013.

AMORIM, S. R. L. *et al.* **Proposta de Política Industrial para construção civil**: edificações. São Paulo: Deconic, 2008.

ÂNGULO, Sérgio Cirelli; ZORDAN, Sérgio Edurado; JOHN, Vanderley Moacyr. **Desenvolvimento sustentável e a reciclagem de resíduos na construção civil**. São Paulo: IBRACON, 2001.

ASIS ENGENHARIA. **NBR 15527:2019**: aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis. São José dos Campos, 18 out. 2019. Disponível em: <https://asisengenharia.com.br/index.php/2019/10/18/nbr-155272019-aproveitamento-de-agua-de-chuva-de-coberturas-para-fins-nao-potaveis/>. Acesso em: 11 fev. 2022.

ATHANASIA, A. L. The economics of photovoltaic stand-alone residential households: a case study for various European and Mediterranean locations. **Solar Energy & Solar Cells**, n. 62, p.411-427, 2000.

AZEVEDO, Sérgio de; ARAÚJO, Maria Bernadette. Questões metodológicas sobre o “déficit”: o perigo de abordagens corporativas. **Cadernos Metrópole**, n.17 p. 241-255, 1º sem. 2007.

BARBIERI, José Carlos *et al.* Inovação e sustentabilidade: novos modelos e proposições. **Revista de Administração de Empresas**, v. 50, p. 146-154, 2010.

BARON, Cristina Maria; PERISSINOTTO. A produção da habitação e os conjuntos habitacionais dos Institutos de Aposentadorias e Pensões-IAPs. **Revista Tópos**, v. 5, n. 2, p. 102-127, 2011.

BASTIDE, Alain *et al.* Building energy efficiency and thermal comfort in tropical climates: Presentation of a numerical approach for predicting the percentage of well-ventilated

living spaces in buildings using natural ventilation. **Energy and buildings**, v. 38, n. 9, p. 1093-1103, 2006.

BLANCO, Andrés Guillermo; CIBILS, Vicente Fretes; MIRANDA, Andrés Muñoz. **Procura-se casa para alugar**: opções de política para a América Latina e Caribe. Washington: Inter-American Development Bank, 2014.

BORTONE, Heitor; NUNES, Gustavo Henrique; GIGLIO, Thalita Gorban Ferreira. Desempenho termoenergético de edificações multifamiliares em wood frame. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENT E CONSTRUÍDO–ENCAC, 15.; ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENT E CONSTRUÍDO–ELACAC, 11., 2019, Joao Pessoa. **Anais** [...] Porto Alegre: ANTAC, 2019.

BRASIL. **Decreto Nº 10.306 de 02 de abril de 2020**. Estabelece a utilização do Building Information Modelling [...]. Brasília, DF: Presidência da República, 2020. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-10.306-de-2-de-abril-de-2020-251068946>. Acesso em: 11 fev. 2022.

BRASIL. **Decreto Nº 10.600, de 14 de janeiro de 2021**. Regulamenta a Lei nº 14.118, de 12 de janeiro de 2021, que institui o Programa Casa Verde e Amarela. Brasília, DF: Presidência da República, 2021. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/decreto/D10600.htm. Acesso em: 11 fev. 2022.

BRASIL. **Decreto Nº 9.983, de 22 de agosto de 2019**. Dispõe sobre a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling e institui o Comitê Gestor da Estratégia do Building Information Modelling. Brasília, DF: Presidência da República, 2019. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/decreto/D9983.htm#:~:text=DECRETO%20N%C2%BA%209.983%2C%20DE%2022,que%20lhe%20confere%20o%20art. Acesso em: 11 fev. 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Projete**. Brasília, DF, 2022. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/projete/estrategia/ventilacao-natural/>. Acesso em: 26 out. 2021.

BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J. M. E. Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. **Cerâmica**, v. 61, p. 178-189, 2015.

CAMPOS, Holdianh Cardoso; SOUZA, Henor Arthur de. Avaliação pós-ocupação de edificações estruturadas em aço, focando edificações em light steel framing. *In*: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DA CONSTRUÇÃO METÁLICA, 4., São Paulo, 2010. **Anais** [...]. São Paulo: ABCEM, 2010.

CARREGOSA, Elenice; SILVA, Sandra Lúcia; KUNHAVALIK, José Pedro. Sociedade, natureza e desenvolvimento: uma relação em construção. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 18, 2014.

CASTILLO ESPARCIA, A.; LÓPEZ GÓMEZ, S. Public Opinion about Climate Change in United States, Partisan View and Media Coverage of the 2019 United Nations Climate Change Conference (COP 25) in Madrid. **Sustainability** v. 13, n. 7, p. 1-19, 2021.

CBIC; SINDUSCON (Minas Gerais). **Custo Unitário Básico (CUB/m²):** principais aspectos. Belo Horizonte: SINDUSCON, 2007. Disponível em: <http://www.cub.org.br/cartilha-cub-m2>. Acesso em: 11 fev. 2022.

CBIC; SINDUSCON MA. **NBR 12.721:2006 - CUB 2006 – novembro/2021.** Disponível em: <http://www.cub.org.br/cub-m2-estadual/MA/>. Acesso em: 11 fev. 2022.

CEF. **Selo Casa Azul + CAIXA:** boas práticas para uma habitação mais sustentável. 2021. Disponível em: <https://www.caixa.gov.br/sustentabilidade/negocios-sustentaveis/selo-casa-azul-caixa/Paginas/default.aspx>. Acesso em: 23 mar. 2022.

CONAMA. Resolução CONAMA n.º 307. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 17 jul. 2002.

CORRÊA, É. K. *et al.* Chemical characteristics of beddings for swine: Effects of bedding depths and of addition of inoculums in a pilot-scale. **Bioresource Technology**, v. 123, p.62-65, 2012.

CORSINI, Rodnei. Paredes normatizadas. Norma inédita para paredes de concreto moldadas in loco entra em vigor e promete impulsionar uso da tecnologia em edificações. **Revista Técnica**, n. 183, 2011.

DOUBLET, C. J.; POITRENAUD, F. M.; HOUOT, S. Influence of bulking agents on organic matter evolution during sewage sludge composting: consequences on compost organic matter stability and N availability. **Bioresource Technology**, v. 102, n. 2, p. 1298-1307, 2011.

ESPAÇO LARVERDELAR. **Arquitetura bioclimática.** Governador Valadares, 2021. Disponível em: <http://espaco.larverdelar.com.br/portfolio-items/arquitetura-bioclimatica-leed-v4/>. Acesso em: 11 fev. 2022.

ESQUEMA de aplicação do inversor. em uma residência abastecida por energia solar fotovoltaica. *In:* MINHA casa solar, 3 jul. 2019. Disponível em: <http://blog.minhacasasolar.com.br/inversor-solar-tudo-o-que-voce-precisa-saber-esta-aqui/esquema-de-aplicacao-do-inversor-em-uma-residencia-abastecida-por-energia-solar-fotovoltaica/>. Acesso em: 11 fev. 2022.

FERRADOR FILHO, A.; AGUIAR, A.; KNISS, C. eficiência energética com base nos critérios procel: estudo de caso em edifício público. **HOLOS**, v. 7, p. 2-25, 2018

FJP. **Déficit Habitacional no Brasil – 2011-2012.** Belo Horizonte: FJP, 2015.

FJP. **Déficit habitacional no Brasil 2015.** Belo Horizonte: FJP, 2018.

FJP. **Déficit habitacional no Brasil 2016 - 2019**. Belo Horizonte: FJP, 2021.

FJP. **Metodologia do deficit habitacional e da inadequação de domicílios no Brasil – 2016-2019**. Fundação João Pinheiro. – Belo Horizonte: FJP, 2013.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manual de conforto térmico: arquitetura, urbanismo**. São Paulo: Studio Nobel: 2003.

FURTADO, Aline Fernanda. Um estudo sobre o desafio do ensino de engenharia frente aos problemas econômicos, energéticos e a sustentabilidade. ENCONTRO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO E CONGRESSO INTERNACIONAL DE TRABALHO DOCENTE E PROCESSOS EDUCATIVOS, 7., Uberaba, 2013. **Anais [...]**. Uberaba: Universidade de Uberaba, 2013. p. 4-19.

FURTADO, L *et al.* Relação entre Sustentabilidade e Inovação: uma análise da legitimidade organizacional das empresas do setor elétrico brasileiro. **Revista Catarinense da Ciência Contábil**, v. 18, p. 1-16, 2019.

GIJZEN, S. *et al.* **Organizing 3D building information models with the help of work breakdown structures to improve the clash detection process**. Enschede: University of Twente, 2010. Disponível em: https://essay.utwente.nl/59401/1/scriptie_S_Gijzen.pdf. Acesso em: 11 fev. 2022.

GOETZE, Felipe. **Projeto de microgeração fotovoltaica residencial: estudo de caso**. 2017. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, BR-RS, 2017.

GOLDEMBERG, José; AGOPYAN, Vahan; JOHN, Vanderley M. **O Desafio da sustentabilidade na construção civil**. São Paulo: Blucher, 2011.

GOMES, Adriano Pinto; SOUZA, Henor Artur de; TRIBESS, Arlindo. Impact of thermal bridging on the performance of buildings using Light Steel Framing in Brazil. **Applied Thermal Engineering**, v. 52, n. 1, p. 84-89, 2013.

GOMES, Uende Aparecida Figueiredo *et al.* A captação de água de chuva no Brasil: novos aportes a partir de um olhar internacional. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 19, n. 1, p. 7-16, 2014.

GONÇALVES, Joana Carla Soares; DUARTE, Denise Helena Silva. Arquitetura sustentável: uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiências de pesquisa, prática e ensino. **Ambiente Construído**, v. 6, n. 4, p. 51–81, out/dez. 2006.

GRÜNBERG, Paula Regina Mendes; MEDEIROS, Marcelo Henrique Farias de; TAVARES, Sergio Fernando. Certificação Ambiental de Habitações: Comparação entre Leed for Homes, Processo Aqua e Selo Casa Azul. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo v. 17, n. 2 n p. 195-214, abr./jun. 2014.

JOHN, Vanderley M. *et al.*, **Reciclagem de Resíduos na Construção Civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. 2000. Tese (Doutorado em Construção Civil) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

KIELING, A.; PEREIRA, S.; SANTOS, Maria Cristina dos. Compósitos de madeira plástica: considerações gerais. **Scientia Amazonia**, v. 8, n. 1, p. B1-B14, 2019.

KOSNY, J. *et al.* A review of high R-value wood framed and composite wood wall technologies using advanced insulation techniques. **Energy and Buildings**, v. 72, p. 441-456, 2014.

KURESKI, R. *et al.* O macrossetor da construção civil na economia brasileira em 2004. **Ambiente Construído**, v. 8, n. 1, p. 7–19, 2008.

LACERDA, Juliana Ferreira Santos Bastos; GOMES, Jefferson de Oliveira. Uma visão mais sustentável dos sistemas construtivos no Brasil: análise do estado da arte. **Revista E-Tech: Tecnologias para Competitividade Industrial**, v. 7, n. 2, p. 167-186, 2014.

LIMA, Marcos Vinicius de Souza. **Contribuições do Building Information Modeling (BIM) para obras públicas**: um estudo de caso para a universidade federal de ouro preto (UFOP) da subestação de energia. 2020. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2020.

LÔBO, Josefa Missiliene Cordeiro *et al.* Análise mercadológica do tijolo ecológico solo-cimento na Região Metropolitana do Cariri. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 9, n. 8, e180984966-e180984966, 2020.

LOVEDAY, J.; MORRISON, G.M.; MARTIN, D.A. Identifying Knowledge and Process Gaps from a Systematic Literature Review of Net-Zero Definitions. **Sustainability** v. 14, n. 5, p. 1-37, 2022.

MANCUSO, P. C. S; SANTOS, H. F dos. **Reuso de água**. 1. ed. Barueri: Manole, 2003.

MARIN, Eriberto Francisco Bevilaqua; MASCARENHAS, Giovanni Martins de Araújo. Direito ao meio ambiente e mudanças climáticas: o constitucionalismo brasileiro e o acordo de Paris. **Revista de Direito Econômico e Socioambiental**, v. 11, n. 2, p. 254-287, 2020.

MATTOS, Aldo Dórea. **Como preparar orçamentos de obras**: dicas para orçamentistas: estudos de caso: exemplos. 1. ed. São Paulo: Editora PINI, 2006.

MAY, Simone. **Caracterização, tratamento e reuso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações**. 2009. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

MELLO, Luiz Carlos Brasil de Brito; AMORIM, Sérgio Roberto Leusin de. O subsetor de edificações da construção civil no Brasil: uma análise comparativa em relação à União Europeia e aos Estados Unidos. **Production**, v. 19, p. 388-399, 2009.

MELO, Sarah Silva de. **Análise comparativa entre programas governamentais de habitação**: programa minha casa minha vida e programa casa verde e amarela. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Contábeis) - Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2021.

MENDONÇA, Beatriz Costa de; MOUÇO, Daniel Lemos. Análise térmica de edificações construídas em light steel frame. *In*: ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 22.; XVI ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 16.; ENCONTRO DE INICIAÇÃO À DOCÊNCIA, 6., São José dos Campos, 2016. **Anais [...]**. São José dos Campos: Universidade do Vale do Paraíba, 2016.

MOHAMAD, K.; AMORIN, S. R. Leusin de. **BIM Building Information Modeling No Brasil e na União Europeia**. Brasília: Diálogo Setoriais, 2015.

MOLINA, J. C.; CALIL JÚNIOR, C. Sistema construtivo em wood frame para casas de madeira. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, v. 31, n. 2, p. 143-156, 2010.

MONTEIRO, Adriana Roseno; VERAS, Antonio Tolrino de Rezende. A questão habitacional no Brasil. **Mercator (Fortaleza)**, v. 16, 2017.

MOREIRA, Vinícius; EUCLYDES, Fillipe Maciel; MARTINS, Andreia de Fátima Hoelzle. Uma década de “Minha Casa, Minha Vida”: análise da produção científica sobre o programa. **NAU Social**, v. 12, n. 23, p. 787–806-787–806, 2021.

MORISHITA, Cláudia; SCHMID, Aloísio Leoni. Ventilação natural por efeito chaminé em sobrados. *In*: ENCONTRO NACIONAL, 9.; LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONTRUÍDO, 5., Outo Preto, 2007. **Anais [...]**. [S. l.: s. n.], 2007.

NASCIMENTO, Elimar Pinheiro do. Trajetória da sustentabilidade: do ambiental ao social, do social ao econômico. **Estudos avançados**, v. 26, p. 51-64, 2012.

NASCIMENTO, P. Considerações sobre as indústrias de equipamentos para produção de energias eólica e solar fotovoltaica e suas dimensões científicas no Brasil. **Radar**, n. 39, p. 7-25, jun. 2015.

NEVES, Leticia de Oliveira. **Arquitetura bioclimática e a obra de Severiano Porto**: estratégias de ventilação natural. 2006. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de São Paulo, São Carlos, SP. 2006.

NISHIMURA, F.; FREITAS, C. E.; ALMEIDA, R. Impacto do Financiamento Habitacional Sobre o Mercado de Trabalho na Construção Civil. **Revista Brasileira de Economia**, v. 72, n. 4, p. 497-514, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.5935/0034-7140.20180024>. Acesso em: 16 set. 2021.

NOGUEIRA, Carina Ferreira Barros; SAFFARO, Fernanda Aranha; GUADANHIM JUNIOR, Sidnei. Diretrizes de projeto para a redução de perdas na produção de Habitações de Interesse Social customizadas com painéis pré-fabricados em sistemas de construção a seco. **Ambiente Construído**, v. 18, n. 1, p. 67-89, 2018.

OLIVEIRA, Eric Watson Netto de. **Telhados verdes para habitações de interesse social**: retenção das águas pluviais e conforto térmico. 2009. Tese (Doutorado em Engenharia) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

OLIVEIRA, Fabriccio de Almeida *et al.* Previsão da geração de resíduos na construção civil por meio da modelagem BIM. **Ambiente Construído**, v. 20, p. 157-176, 2020.

OLIVEIRA, Francisco Nelsieudes Sombra; LIMA, Hermínio José Moreira; CAJAZEIRA, João Paulo. **Uso da compostagem em sistemas agrícolas orgânicos**. Brasília, DF: Embrapa Agroindústria Tropical, 2004.

OLIVEIRA, J. R.; AMARAL, A. G.; SCHNEIDER, R. M. Incorporação de resíduos sólidos de torneiras mecânicas na fabricação de tijolos solo-cimento. **Nativa**, Sinop, v. 2, n. 1, p. 53-57, jan./mar. 2014.

OLIVEIRA, Lucas Rabello *et al.* Sustentabilidade: da evolução dos conceitos à implementação como estratégia nas organizações. **Produção**, v. 22, n. 1, p. 70–82, jan/fev. 2012.

ONU. **Agenda 2030**: objetivos do desenvolvimento sustentável. Nova York: ONU, 2015.

ORSI, M. C. V. L.; SARUBO, R. S. Captação e Tratamento de águas pluviais para uso não potável. **Revista SAPERE**: Revista científica da Faculdade de Tecnologia de Tatuí, v. 2, n. 1, jan./jun. 2010.

OTTERPOHL, R. Black, brown, yellow, grey – the new color of sanitation. **Water** 21, p. 31-41, out. 2001.

PASCHOALATO, C. F. P. R.; MELLIS, G. V.; CIRINO, T. M. A. O Enquadramento legal específico para o reuso de águas residuárias de ETE frente ao CONAMA 20. *In*: CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL, 29., 2004, Panamá. **Anais** [...]. [Panamá: s. n.], 2004.

PAULINO, Higor Soares; BARBETO, Matheus Sevilha; MACIEL, Lucas Pires. Greenwashing: sustentabilidade questionada. *In*: ENCONTRO TOLEDO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 2019, Presidente Prudente. **Anais** [...]. Presidente Prudente: Centro Universitário Antonio Eufrásio de Toledo, 2019.

PAULO, P. L.; BERNARDES, F. S. **Estudo de tanque de evapotranspiração para tratamento domiciliar de águas negras**. Campo Grande: Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2009.

PEREIRA NETO, J. T. **Manual da compostagem**: processo de baixo custo. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2007.

PINHO, António Monteiro. **Gestão de projetos de parques eólicos**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2008.

PINHO, P. M. **Avaliação dos planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos urbanos na Amazônia Brasileira**. 2011 Tese (Doutorado em Ciência Ambiental) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

PNUMA. **Informativo do comitê brasileiro do programa das nações unidas para o meio ambiente**. Curitiba, 2021. Disponível em: <https://www.unep.org/pt-br/ciencia-dados>

PONZONI, Jéssica. **Paredes de concreto moldadas in loco**: verificação do atendimento às recomendações da norma NBR 16055/2012 nos procedimentos executivos em obra de edifício residencial. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

POTT, Crisla Maciel; ESTRELA, Carina Costa. Histórico ambiental: desastres ambientais e o despertar de um novo pensamento. **Estudos avançados**, v. 31, p. 271-283, 2017.

PRADO, E. S.; PELIN, E. R. **Moradia no Brasil**: reflexões sobre o problema habitacional brasileiro. São Paulo: FIPE/USP; CBMM, 1993.

RAPOPORT, B. **Águas cinzas**: caracterização, avaliação financeira e tratamento para reuso domiciliar e condominial. Rio de Janeiro: Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública, 2004.

REIS, Mônica Magalhães. **Sistema eólico de pequeno porte para interligação a rede elétrica**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

ROBINSON, Warren C. The Limits to Growth: a report for the club of rome's project on the predicament of mankind. **Demography**, v. 10, p. 289–299, 1973.

RODRIGUES, C., **Mecanismos regulatórios, tarifários e econômicos na geração distribuída**: o caso dos sistemas fotovoltaicos conectados à rede. 2002. Dissertação (Mestrado em Planejamento de Sistemas Energéticos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

RODRIGUES, E. B. **Tratamento de esgoto por zona de raízes**: experiências vivenciadas numa escola rural no município de Campos Novos – SC. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2012.

RUBIN, Graziela Rossatto; BOLFE, Sandra Ana. O desenvolvimento da habitação social no Brasil. **Ciência e Natura**, v. 36, n. 2, p. 201-213, 2014.

SAKAMORI, M. M. **Modelagem 5D (BIM)**: processo de orçamentação com estudo sobre controle de custos e valor agregado para empreendimentos de construção civil. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

SALERNO, Mario Sergio; DAHER, Talita. **Política industrial, tecnológica e de comércio exterior do governo federal (PITCE):** balanço e perspectivas. Brasília, DF: Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, 2006.

SANTOS, L. C. F. **Avaliação de impactos ambientais da construção:** comparação entre sistemas construtivos em alvenaria e em wood light frame. 2012. Trabalho de conclusão de curso (Especialização) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

SARTORI, Simone *et al.* Sustentabilidade e Desenvolvimento Sustentável: Uma Taxonomia no Campo da Literatura. **Ambiente & Sociedade**, v. 17, n. 1, p. 1–22, jan/mar. 2014.

SATO, Luana. **A evolução das técnicas construtivas em São Paulo:** residências unifamiliares de alto padrão. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

SAVITZ, Andrew W.; WEBER, Karl. **The Tiple Bottom Line:** how today's best-run companies are achieving economic, social and environmental success - and how you can too. San Francisco, California: Jossey-bass: A Wiley Brand, 2014.

SCHIRMER, Waldir Nagel *et al.* A poluição do ar em ambientes internos e a síndrome dos edifícios doentes. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 16, n. 8, p. 3583-3590, ago. 2011.

SGOBBI, Vinicius Gabriel; MIRANDA, Lucas Rodrigo. Um estudo sobre o método construtivo paredes de concreto moldadas in loco—sua execução, vantagens e desvantagens. **Revista Científica Multidisciplinar**, v. 1, n. 1, p. e210915-e210915, 2021.

SILVA, Neusiane da Costa. **Telhado verde:** sistema construtivo de maior eficiência e menor impacto ambiental. 2011. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

SILVA, Viviane F. *et al.* Produção de tijolo ecológico para construção de residência no semiárido. **Revista Educação Agrícola Superior**, v. 29, n. 1, p. 41-44, 2014.

SOARES, R. G. P. *et al.* Comparação de metodologias para determinação do desempenho térmico de casas com sistema estrutural do tipo paredes de concreto. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 7, e0310716004-e0310716004, 2021.

SOUSA, Mayara Cynthia Brasileiro de; LEDER, Solange Maria. Reflexões sobre terminologias utilizadas para definir o conforto térmico humano. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, v. 10, p. e019028-e019028, 2019.

SOUZA, I. B. M.; SEGANTINI, A. A. S.; PEREIRA, A. J. Tijolos prensados de solo-cimento confeccionados com resíduos de concreto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.12, n.2, p. 205-212, 2008.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva**: para áreas urbanas e fins não potáveis. São Paulo: Navegar Editora, 2003.

TOMAZ, P. **Conservação da água**. 1. ed. São Paulo: Parma, 1998.

ZANELA, Elisane Brião; LUCHESI, Rosana. Materiais e construções sustentáveis: reutilização e reciclagem. *In*: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E SEMINÁRIO INTEGRADO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, Chapecó, 2015. **Anais** [...]. Chapecó: Unoesc, 2015.

APÊNDICE A – Troca de e-mails coleta de informações

05/12/2021 15:41

E-mail de UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO - Solicitação de Informação



ARTUR SOUSA GONDIM SILVA <artur.gondim@discente.ufma.br>

Solicitação de informação

4 mensagens

ARTUR SOUSA GONDIM SILVA <artur.gondim@discente.ufma.br> 30 de novembro de 2021 13:51
Para: maynasinduscon@gmail.com

Boa tarde,

Me chamo Artur Souza Gondim Silva, e, com a finalidade de enriquecer a pesquisa constante em minha dissertação de mestrado pelo Programa de Pós-Graduação em Energia e Ambiente - PPGEA/CCET, da Universidade Federal do Maranhão - UFMA, orientado pela Prof. Dra. Darliane Ribeiro Cunha, solicito a gentileza de informar número de construtoras ativas neste sindicato.
Desde já agradeço a atenção dispensada.

Atenciosamente,
Artur Souza Gondim Silva

ARTUR SOUSA GONDIM SILVA <artur.gondim@discente.ufma.br> 30 de novembro de 2021 15:11
Para: arturgondim@gmail.com

[Texto das mensagens anteriores oculto]

Mayna Braga <maynasinduscon@gmail.com> 30 de novembro de 2021 15:31
Para: ARTUR SOUSA GONDIM SILVA <artur.gondim@discente.ufma.br>

Recebido.
[Texto das mensagens anteriores oculto]

Mayna Braga <maynasinduscon@gmail.com> 30 de novembro de 2021 15:31
Para: ARTUR SOUSA GONDIM SILVA <artur.gondim@discente.ufma.br>

[Texto das mensagens anteriores oculto]

APÊNDICE B – Questionário de coleta dos dados

26/11/2021 21:44

Pesquisa Acadêmica

Pesquisa Acadêmica

Sou Artur Souza Gondim Silva e este questionário é parte de minha dissertação de mestrado pelo Programa de Pós-Graduação em Energia e Ambiente - PPGEA/CCET, da Universidade Federal do Maranhão - UFMA, orientada pela Prof. Dra. Darlane Ribeiro Cunha. Gostaria de contar com o seu apoio, respondendo as questões que seguem. Não é solicitada nenhuma identificação e a informação do questionário somente será usada para fins acadêmicos. Ao clicar para continuar respondendo o questionário, você concorda em participar da pesquisa. Estimamos um tempo médio de resposta de 10 minutos. Desde já, agradecemos a participação!
(artur.gondim@diacecente.ufma.br)

***Obrigatório**

1. Deseja continuar? *

Mercar apenas uma oval.

- Sim
 Não

Perfil da pessoa que responde à entrevista

2. Indique seu grau de escolaridade *

Mercar apenas uma oval.

- Ensino médio ou Ensino técnico
 Superior
 Especialização
 Mestrado/Doutorado

26/11/2021 21:44

Pesquisa Acadêmica

3. Há quanto tempo a pessoa que responde à entrevista atua a área de construção de unidades habitacionais horizontais? *

Marcar apenas uma oval.

- Menos de 3 anos
 Entre 3 e 5 anos
 Entre 6 e 8 anos
 Mais de 8 anos

4. Indique a praça de atuação *

Marque todas que se aplicam.

- Capital e região metropolitana
 Interior do Estado

Aspectos gerais da sustentabilidade

26/11/2021 21:44

Pesquisa Académica

5. Dos motivos assinalados abaixo, indique quais mais impactam para a não inclusão da sustentabilidade na atividade de construção de unidades habitacionais horizontais (considerando 1 para menos importante e 5 para mais importante)

Marcar apenas uma oval por linha.

	1	2	3	4	5
Custos de construção adicionais	<input type="radio"/>				
Os benefícios da construção sustentável ainda não estão claros para a construtora	<input type="radio"/>				
Necessárias mudanças tecnológicas	<input type="radio"/>				
Escassez de mão de obra qualificada para práticas sustentáveis	<input type="radio"/>				
Falta de conhecimento sobre as tecnologias sustentáveis	<input type="radio"/>				
Falta de tecnologias / técnicas para apoiar práticas sustentáveis	<input type="radio"/>				
A construção sustentável leva a atrasos na conclusão do projeto	<input type="radio"/>				
Falta de experiência para adquirir materiais sustentáveis	<input type="radio"/>				
Falta de incentivos governamentais	<input type="radio"/>				

6. Como a construção civil pode minimizar seus impactos ambientais? *

7. Quais as tecnologias que a sua construtora tem interesse em implementar que podem auxiliar na sustentabilidade? *

Sustentabilidade no canteiro de obras

8. Indique abaixo as práticas de sustentabilidade realizadas na fase de construção *

Marque todas que se aplicam.

- Atenção às técnicas de conforto térmico para as instalações do canteiro de obras
- Coleta seletiva dos resíduos da construção civil
- Reaproveitamento de água pluvial
- Reaproveitamento de resíduos da construção civil

Outro: _____

9. Qual a destinação dos resíduos gerados? *

Marque todas que se aplicam.

- Aterros
- Parcelas/Usinas de beneficiamento
- Reaproveitamento no local

Outro: _____

10. Caso a construtora reutilize resíduos no processo de construção, indique os tipos de resíduos utilizados e seu destino. *

Sustentabilidade nas casas oferecidas ao mercado

11. **Quais os diferenciais relacionados a sustentabilidade disponíveis na casa oferecida ao mercado? ***

Marque todas que se aplicam.

- Aquecimento solar de água
 Energia eólica
 Energia solar fotovoltaica
 Laje/Telhado verde

Outro: _____

12. **Quais os motivos da inclusão de práticas de sustentabilidade nas casas prontas? ***

Marque todas que se aplicam.

- Exigência do governo
 Atendimento a normas vigentes
 Atender expectativa da demanda
 Redução de custos
 Ser conhecida como uma empresa que tem boas práticas de sustentabilidade

Outro: _____

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

APÊNDICE C – Apresentação gráfica dos dados da pesquisa

10/02/2022 22:29

Pesquisa Acadêmica

Pesquisa Acadêmica

26 respostas

[Publicar análise](#)

Deseja continuar?

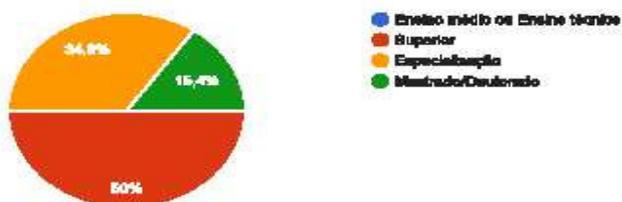
26 respostas



Perfil da pessoa que responde à entrevista

Indique seu grau de escolaridade

26 respostas

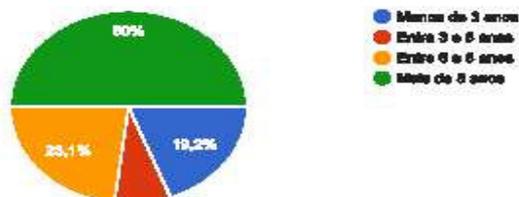


19/02/2022 22:29

Pesquisas Acadêmicas

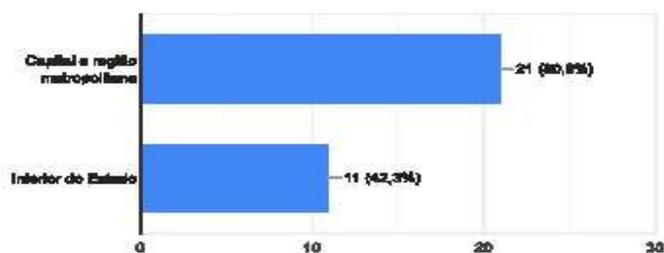
Há quanto tempo a pessoa que responde à entrevista atua a área de construção de unidades habitacionais horizontais?

25 respostas



Indique a praça de atuação

25 respostas

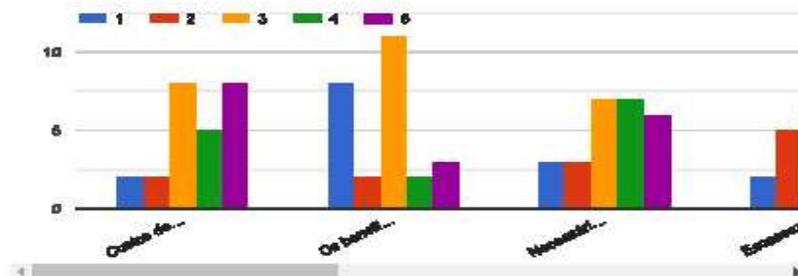


Aspectos gerais de sustentabilidade

10/02/2022 22:29

Pesquisas Acadêmicas

Dos motivos assinalados abaixo, indique quais mais impactam para a não inclusão da sustentabilidade na atividade de construção de unidades habitacionais horizontais (considerando 1 para menos importante e 5 para mais importante)



Como a construção civil pode minimizar seus impactos ambientais?

21 respostas

Através de reuso de águas pluviais, adotando metodologias construtivas que gerem menos desperdícios, utilização de energia solar, pavimentação drenante, utilizando materiais ecológicos.

Ao passo que novos materiais com tecnologias ou ressignificados são utilizados além de seu uso consciente para minimizar os gastos.

Investindo em tecnologia

Utilizando material sustentável

Reutilizar materiais

Ela deve buscar entender o modo de produção capitalista no qual está inserida.

Regulha fiscais para incentivar construtores

Uso de materiais recicláveis, adaptação de edificações com conforto ambiental, uso

10/02/2022 22:29

Pesquisas Acadêmicas

Quais as tecnologias que a sua construtora tem interesse em implementar que podem auxiliar na sustentabilidade?

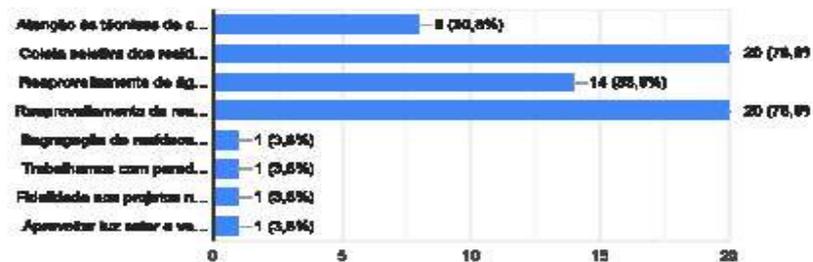
25 respostas

- Tijolos ecológicos, bioenergia solar
- Energia solar, reaproveitamento de água pluvial e eflu
- Reuso de água, energia solar
- Aproveitamento de resíduos sólidos e energia solar
- Reuso de materiais
- A cooperação e produção para suprir as necessidades da população e não de lucros de poucas.
- Fossa ecológica, e tudo voltado para áreas do saneamento
- Uso de materiais recicláveis e energia sustentável
- Automecilia de procedimentos

Sustentabilidade no canteiro de obras

Indique abaixo as práticas de sustentabilidade realizadas na fase de construção

25 respostas

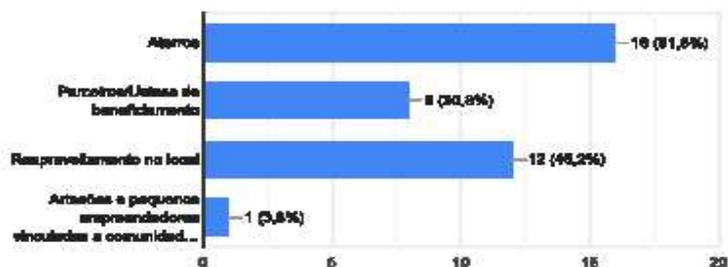


10/02/2022 22:20

Pesquisas Acadêmicas

Qual a destinação dos resíduos gerados?

25 respostas



Caso a construtora reutilize resíduos no processo da construção, indique os tipos de resíduos utilizados e seu destino.

24 respostas

Não reutiliza

Reutiliza restos de blocos cerâmicos e piso para regularização

Não utiliza

Utilização na fabricação de blocos de vedação

Entulho

Ornato de demolição sempre é aproveitado para calçamentos e elementos não estruturais

Na construção civil hoje, não tem como reutilizar materiais. Sobras de madeiras podem ser reciclado. E alguns materiais pode ser utilizados pra aterros.

Madeiras: Ferro: Destino: novas construções

Sustentabilidade nas casas oferecidas no mercado

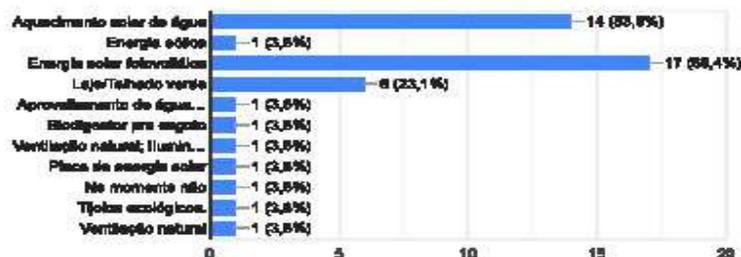


10/02/2022 22:29

Pequenos Negócios

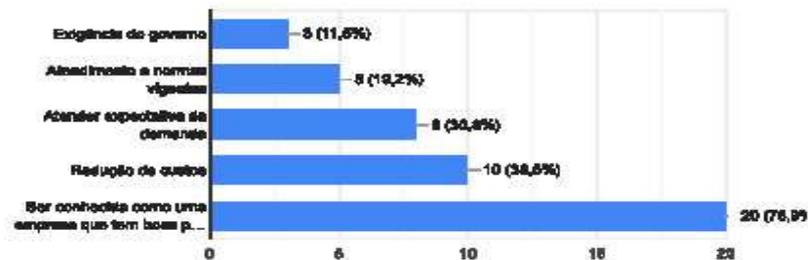
Quais os diferenciais relacionados a sustentabilidade disponíveis na casa oferecida ao mercado?

26 respostas



Quais os motivos da inclusão de práticas de sustentabilidade nas casas prontas?

26 respostas



Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google. Denunciar abuso - Termos do Serviço - Políticas de Privacidade

Google Formulários



ANEXO A – Declaração SINDUSCON - MA

SINDUSCON-MA
SINDICATO DAS INDÚSTRIAS DA
CONSTRUÇÃO CIVIL DO ESTADO DO MARANHÃO

DECLARAÇÃO

Declaramos, para os devidos fins, que atualmente, o Sindicato das Indústrias de Construção Civil do Estado do Maranhão – SINDUSCON-MA congrega, em seu quadro de associados, 183 (cento e oitenta e três) empresas do setor de construção civil.

São Luís, 03 de dezembro de 2021.


Mayna Braga
Assessora da Presidência

CNPJ nº 05.644.315/0001-95
Av. Jerônimo de Albuquerque, s/n, 3º Andar, Ed. Albano Franco, Bequimão
Fone: (98) 99207-5842 CEP: 65080-645 São Luís/MA
E-mail: mayna@sinduscon.org.br Site: www.sindusconma.org.br