



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

GUILHERME WILBERSTAEDT SAVAS

ANÁLISE DE SISTEMAS DE VEDAÇÃO VERTICAL PARA EDIFICAÇÕES

Florianópolis

2021

Guilherme Wilberstaedt Savas

ANÁLISE DE SISTEMAS DE VEDAÇÃO VERTICAL PARA EDIFICAÇÕES

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Civil do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientadora: Prof^a. Cristine do Nascimento Mutti, Ph.D.

Coorientador: Prof. Giovanni Maria Arrigone, Ph.D.

Florianópolis

2021

Ficha de identificação da obra

A ficha de identificação é elaborada pelo próprio autor.

Orientações em:

<http://portalbu.ufsc.br/ficha>

Guilherme Wilberstaedt Savas

ANÁLISE DE SISTEMAS DE VEDAÇÃO VERTICAL PARA EDIFICAÇÕES

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Engenheiro Civil” e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Engenharia Civil

Florianópolis, 29 de setembro de 2021.

Prof.^a Liane Ramos da Silva, Dr.^a
Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:

Prof.^a Cristine do Nascimento Mutti, Ph.D.
Orientadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Giovanni Maria Arrigone, Ph.D.
Coorientador
Grupo SEACon - UFSC

Prof. Eduardo Lobo, Dr.
Avaliador
Universidade Federal de Santa Catarina

Victor Delegregó, Eng.
Avaliador

Este trabalho é dedicado ao meu querido pai, por todo amor e exemplo, e a todos os que me ajudaram ao longo desta caminhada.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, aos meus pais, Márcio (*in memoriam*) e Cláudia, por todo o amor, carinho e incentivo dedicados em minha formação e educação. Vocês sempre serão meus verdadeiros exemplos.

A minha irmã Beatriz, pelo companheirismo, apoio e ajuda, que muito contribuíram para a realização deste trabalho.

A Deus, pela minha vida, saúde e por me permitir ultrapassar todos os obstáculos encontrados.

À professora Cristine Mutti, por toda dedicação e motivação durante a orientação deste trabalho. Obrigado por acreditar no meu potencial.

Ao professor Giovanni Arrigone, pelo empenho e aprendizado durante a coorientação deste trabalho.

A todos os professores que fizeram parte da minha vida acadêmica e disponibilizaram do seu tempo para auxiliar na minha formação profissional e pessoal.

Aos familiares e amigos, que estiveram sempre ao meu lado, pela amizade e laço incondicional.

RESUMO

A indústria da construção civil é um setor relevante para o país e um dos dez setores cruciais, em nível global, para a transição do modelo econômico vigente para um que priorize o desenvolvimento sustentável. No decorrer de sua história, tem empregado sistemas construtivos tradicionais e mão-de-obra mal qualificada, além de ter consumido, em grande quantidade, recursos naturais e energéticos. Nesse contexto, a incorporação de inovações tecnológicas nos sistemas de vedações verticais tem se tornado uma alternativa para a redução de problemas desse setor. No entanto, desenvolver e incorporar essas novas tecnologias não é trivial, pois é preciso realizar uma série de ponderações, como considerar fatores geográficos, além de capacitar a mão de obra e compatibilizar essas inovações com os outros sistemas da edificação, por exemplo. Em vista disso, neste Trabalho de Conclusão de Curso realiza-se uma pesquisa bibliográfica a fim de discutir, de forma descritiva e qualitativa, os diferentes sistemas de vedação vertical disponíveis para edificações no mercado nacional sob os aspectos do desempenho da construção, além de questões referentes à economia, à sustentabilidade e à produtividade na execução das obras. Objetivamente, discutem-se as principais particularidades de cada sistema de vedação vertical, bem como as características construtivas, os custos e desperdícios, o desempenho térmico e acústico, a durabilidade, a produtividade e velocidade de execução, a amplitude de aplicação e informações adicionais. Além disso, classifica-se cada aspecto de cada sistema entre positivo, negativo ou neutro de acordo com o número de vantagens e desvantagens inerentes a eles. Para tanto, são analisados dezessete trabalhos, entre artigos, livros, boletins técnicos, monografias, dissertações e teses, a fim de levantar material e organizar os oito sistemas de vedação vertical mais utilizados no Brasil, compostos de alvenaria convencional, paredes maciças moldadas no local, painéis pré-fabricados de blocos cerâmicos ou de concreto ou de concreto reforçado com fibra de vidro ou de poliestireno e placas cimentícias, *steel frame* e *wood frame*. Ao final, os resultados demonstram que, de modo geral, as paredes maciças moldadas no local e os painéis pré-fabricados de concreto são os sistemas mais vantajosos, enquanto a alvenaria convencional é o mais desvantajoso. Destaca-se também o potencial que o *wood frame* e o *steel frame* podem alcançar no mercado nacional se os problemas relacionados com a falta de normativas forem superados.

Palavras-chave: Desenvolvimento sustentável. Pesquisa bibliográfica. Sistemas de vedações verticais. Desempenho da construção.

ABSTRACT

The civil construction industry is a relevant sector for the country and one of the ten crucial sectors, globally, for the transition from the current economic model to one that prioritizes sustainable development. Throughout its history, it has used traditional building systems and poorly qualified labor, in addition to having consumed, in large quantities, natural and energy resources. In this context, the incorporation of technological innovations in vertical sealing systems has become an alternative to reduce problems in this sector. However, developing and incorporating these new technologies is not trivial, as it is necessary to carry out a series of considerations, such as considering geographic factors, in addition to training the workforce and making these innovations compatible with other building systems, for example. In view of this, in this Final Course Paper, a bibliographical review is carried out in order to discuss, in a descriptive and qualitative way, the different vertical sealing systems available for buildings in the national market in terms of construction performance, in addition to questions referring to economy, sustainability and productivity in the execution of the works. Objectively, the main characteristics of each vertical sealing system are discussed, as well as the constructive characteristics, costs and waste, thermal and acoustic performance, durability, productivity and execution speed, application range and additional information. Furthermore, every aspect of each system is classified as positive, negative, or neutral according to the number of advantages and disadvantages inherent to them. To this end, seventeen works are analyzed, including articles, books, technical bulletins, monographs, dissertations, and theses, in order to gather material and organize the eight most used vertical sealing systems in Brazil, composed of conventional masonry, solid walls molded in place, prefabricated panels of ceramic or concrete blocks or reinforced concrete with fiberglass or polystyrene and cementitious plates, steel frame and wood frame. In the end, the results demonstrate that, in general, solid cast-in-place walls and prefabricated concrete panels are the most advantageous systems, while conventional masonry is the most disadvantageous. The potential that wood frame and steel frame could achieve in the domestic market is also highlighted if the problems related to the lack of regulations are overcome.

Keywords: Sustainable development. Bibliographic research. Vertical sealing systems. Construction performance.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Pilares da sustentabilidade.	22
Figura 2: Dimensões de uma construção sustentável.....	23
Figura 3: Sistemas de vedação e outros elementos esquematizados em uma edificação.	27
Figura 4: Zonas bioclimáticas brasileiras.	36

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Vantagens e desvantagens dos métodos construtivos de vedação vertical com parede de concreto e parede de alvenaria segundo Santos (2013).	47
Quadro 2: Referências utilizadas para análises dos processos.	51
Quadro 3: Características construtivas dos diferentes sistemas de vedação vertical.	55
Quadro 4: Custos e desperdícios em sistemas de vedação vertical.	56
Quadro 5: Sistemas de vedação vertical de acordo com o desempenho térmico e acústico.	58
Quadro 6: Sistemas de vedação vertical de acordo com a durabilidade.	60
Quadro 7: Sistemas de vedação vertical de acordo com a produtividade e a velocidade de execução.	61
Quadro 8: Amplitude de aplicação e informações de sistemas de vedação vertical.	63
Quadro 9: Principais particularidades de cada sistema de vedação vertical.	65
Quadro 10: Resumo das características dos oito sistemas de vedação vertical estudados.	66
Quadro 11: Ranque do número de ocorrências positivas, neutras e negativas de classificação dos SVV estudados em todos os aspectos analisados.	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Custos com o material e com a mão-de-obra dos três processos construtivos analisados por Silva (2002).....	46
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas
- AECE – Alvenaria Estrutural e Vedação em Blocos Cerâmicos
- AECO – Alvenaria Estrutural e Vedação em Blocos de Concreto
- AQUA – Alta Qualidade Ambiental
- ASTM – Sociedade Americana de Ensaios e Materiais (do inglês, *American Society for Testing and Materials*)
- BIM – Modelagem de Informação da Construção (do inglês, *Building Information Modeling*)
- BU – Biblioteca Universitária
- CACE – Concreto Armado e Vedação em Blocos Cerâmicos
- CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
- EPS – Poliestireno Expandido
- GRC – Concreto Reforçado com Fibras de Vidro (do inglês, *Glassfibre Reinforced Concrete*)
- INFOHAB – Centro de Referência e Informação em Habitação
- ISO – Organização Internacional de Padronização (do inglês, *International Organization for Standardization*)
- LEED – Liderança em Energia e Design Ambiental (do inglês, *Leadership in Energy and Environmental Design*)
- MASP-HIS – Metodologia de Avaliação da Sustentabilidade em Projeto Habitação de Interesse Social
- MMA – Ministério do Meio Ambiente
- NBR – Norma Técnica Brasileira
- ONU – Organização das Nações Unidas
- OSB – Chapas de Tiras de Madeira Orientadas (do inglês, *Oriented Strand Board*)
- PPAC – Painéis Pré-fabricados Arquitetônicos de Concreto
- PVC – Policloreto de Vinil
- RUP – Razão Unitária de Produção
- SINAPI – Sistema Nacional de Custos e Índices da Construção Civil
- SVV – Sistema de Vedação Vertical

SVVIE – Sistemas de Vedações Verticais Internas e Externas

TCC – Trabalho de Conclusão de Curso

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

VUP – Vida Útil de Projeto

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	JUSTIFICATIVA	16
1.2	OBJETIVOS	19
1.2.1	Objetivo Geral	19
1.2.2	Objetivos Específicos	19
1.3	LIMITAÇÃO E DELIMITAÇÕES	20
1.4	Estrutura do trabalho	20
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	21
2.1	SUSTENTABILIDADE E GESTÃO DA CONSTRUÇÃO	21
2.1.1	Sustentabilidade na construção civil	22
2.1.2	Gestão da obra com a modelagem de informação da construção	25
2.2	SISTEMAS DE VEDAÇÃO	27
2.2.1	Classificações	30
2.2.1.1	<i>Função que desempenha no conjunto do edifício</i>	30
2.2.1.2	<i>Técnicas de execução</i>	31
2.2.1.3	<i>Mobilidade</i>	31
2.2.1.4	<i>Densidade superficial</i>	32
2.2.1.5	<i>Estruturação</i>	32
2.2.1.6	<i>Continuidade do pano</i>	33
2.2.1.7	<i>Continuidade superficial</i>	33
2.2.1.8	<i>Acabamento</i>	33
2.2.1.9	<i>Grau de industrialização</i>	34
2.3	NORMAS TÉCNICAS DE DESEMPENHO DAS VEDAÇÕES VERTICAIS	34
2.3.1	Desempenho Térmico	36

2.3.2	Desempenho Acústico	37
2.3.3	Desempenho de Segurança ao Fogo	37
2.3.4	Durabilidade e Manutenibilidade	38
2.4	CUSTO, PRODUTIVIDADE E DESPERDÍCIO.....	39
2.4.1	Custos em sistemas de vedação vertical.....	40
2.4.2	Produtividade em sistemas de vedação vertical	41
2.4.3	Desperdícios na alvenaria de vedação e na construção civil	43
2.4.4	Estudos sobre custo, produtividade e desperdício	44
3	METODOLOGIA	50
4	RESULTADOS E ANÁLISES.....	55
4.1	CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS	55
4.2	CUSTOS E DESPERDÍCIOS.....	56
4.3	DESEMPENHO TÉRMICO E ACÚSTICO.....	58
4.4	DURABILIDADE.....	59
4.5	PRODUTIVIDADE E VELOCIDADE DE EXECUÇÃO	60
4.6	AMPLITUDE DE APLICAÇÃO E INFORMAÇÕES ADICIONAIS.....	62
4.7	PRINCIPAIS PARTICULARIDADES	65
4.8	CONSIDERAÇÕES SOBRE OS SISTEMAS DE VEDAÇÃO VERTICAL .	71
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	73
5.1	CONCLUSÕES	73
5.2	SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS.....	74
	REFERÊNCIAS.....	75

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção é um dos setores econômicos mais importantes de um país, e segue ao longo dos anos baseado excessivamente em sistemas construtivos tradicionais e na utilização de mão-de-obra pouco qualificada, sendo ainda caracterizado pelo alto consumo de recursos naturais e energéticos (JAIME, 2018; MATEUS, 2004).

Para os sistemas de vedações verticais, que convencionalmente tem como método construtivo alvenarias de bloco de cerâmico ou de concreto com revestimentos argamassados, incorporar sistemas com inovações tecnológicas é uma alternativa para eliminação de muitos de seus problemas, tais como, baixa produtividade, lentidão na execução, altos índices de desperdício, falta de regularidade dimensional, técnicas artesanais e baixa qualificação da mão de obra (ARAÚJO; PAES; VERÍSSIMO, 2013; BARROS, 2013).

A escolha do melhor sistema executivo para cada projeto nem sempre é uma escolha fácil de se fazer, pois deve-se levar em consideração as características da região onde está inserido, a capacitação da mão de obra que irá executá-lo, a compatibilização com os outros sistemas utilizados na edificação, entre outros fatores. Cada obra traz seus desafios e particularidades que devem ser avaliados a fim de escolher a técnica mais apropriada. Araújo, Paes e Veríssimo (2013) destacam que a adoção de novas tecnologias na produção de vedações deve ser embasada por conhecimento técnico e científico que respaldem sua utilização, a fim de evitar futuras falhas em seu desempenho.

1.1 JUSTIFICATIVA

De acordo com Garcia et al. (2012), a indústria da construção é um dos dez setores cruciais para a mudança do modelo econômico atual para um mais sustentável ou “verde”. Por meio da quantidade de recursos consumidos e de resíduos gerados, a construção civil tem provocado, ao longo dos séculos, fortes impactos ao meio ambiente. Com a crise do petróleo, por volta da década de setenta, iniciou-se uma discussão em torno do consumo de energia, mas também da busca pela conscientização social em vista da fragilidade do planeta Terra (MATEUS, 2004).

Embora o produto elaborado pela indústria da construção deva satisfazer a funcionalidade e a estética requisitadas pelo dono da obra assim como as normas técnicas, sobretudo as de durabilidade e segurança, é preciso que gere o menor impacto possível ao meio ambiente com o menor custo possível. Então, ainda se faz necessário buscar novos processos construtivos que atendam as urgências do desenvolvimento sustentável e agreguem maior rendimento a fim de reduzir os custos de produção, os desperdícios e as manutenções nas obras, mas também resultar em economia de energia e de água assim como num consumo consciente de matérias primas (MATEUS, 2004).

Portanto, no ramo da construção civil, é necessária a busca de tecnologias sustentáveis com o intuito de agilizar as obras e gerar menos resíduos em edificações e, assim, aumentar a eficiência energética diante de uma realidade com recursos naturais finitos e uso frequente de materiais não-renováveis. Mateus (2004) também afirma que se deve atentar, em uma obra, ao equilíbrio entre seis pilares: a economia, o meio ambiente, a estética, a funcionalidade, a durabilidade e a segurança. Tal equilíbrio pode ser atingido por meio do bom senso e dos conhecimentos tecnológicos dos diversos agentes responsáveis por elaborar e executar a construção. Com isso, pode-se construir edifícios que sejam permanentemente compatíveis com as exigências humanas tanto do presente quanto do futuro (MATEUS, 2004).

No entanto, a difusão de uma nova tecnologia fundamentada nesses seis pilares nem sempre é um caminho simples de se percorrer. Segundo Mahapatra, Narasimhan e Barbieri (2010), a difusão de uma inovação depende de fatores da cadeia de suprimentos, composta por fornecedores, fabricantes e prestadores de serviço, mas também engloba as instituições, tais como as universidades, os institutos de pesquisa, as associações de interesse público ou privado e os órgãos governamentais, ou seja, locais por onde o conhecimento transita. Além disso, o processo de inovação é influenciado por fatores culturais, econômicos, sociais, políticos e organizacionais (MAHAPATRA; NARASIMHAN; BARBIERI, 2010). Dessa forma, a academia torna-se o propulsor da difusão dessa tecnologia a buscar, por meio da pesquisa, a disseminação do conhecimento necessário para a evolução da indústria da construção.

Salgado (2013) afirmou que o projeto, a produção e a operação das edificações quando analisados de forma integrada, desde a fase de concepção do empreendimento, não são bem recebidos por parte do mercado imobiliário brasileiro,

o qual sofre com os impactos da elevada inflação. Isso decorre da premissa falsa, a qual algumas construtoras e incorporadoras acreditam, de que o investimento nas soluções sustentáveis é desvantajoso uma vez que elevaria os custos da construção. Outra crença do setor é de que ele não se beneficiaria de imediato dos benefícios econômicos oriundos da adoção dos requisitos de sustentabilidade nas construções, embora haja pesquisas que desmintam isso (SALGADO, 2013). Nessa questão, Salgado (2013, p. 5) afirma que:

“[...] a produção de empreendimentos imobiliários que considerem a vertente ambiental deve ser analisada não apenas pelo aspecto evidente dos benefícios que as construções sustentáveis trazem para o meio ambiente, mas também pela possibilidade de realização de negócios lucrativos.”

Portanto, empreender na construção sustentável tem o potencial de gerar lucro ao mesmo tempo que protege o meio ambiente e traz benefícios à sociedade. Ademais, isso deve ser compreendido como uma oportunidade de negócio lucrativo a longo prazo pelas empresas que adotarem esses princípios (GARCIA et al., 2012; SALGADO, 2013).

Finalmente, enumeram-se uma série de justificativas benéficas para a adoção de práticas sustentáveis pela indústria da construção civil. De acordo com Garcia et al. (2012), as empresas sustentáveis serão mais competitivas e bem-sucedidas do que as não-sustentáveis no futuro, por causa do aumento dos preços em recursos e fontes de energia, da construção de novas competências, além de mudanças no design de produtos, nos serviços, na organização e na logística, todas alterações que demandam tempo para serem implementadas. Outra questão é que as empresas que se preparem melhor serão as que investirem em maquinário com a finalidade de mitigar riscos ambientais e humanos de modo a garantir a proteção e a saúde dos trabalhadores. Por fim, afirma-se que serviços e produtos sustentáveis serão cada vez mais demandados pelos consumidores e pela opinião pública.

Salgado (2013) também pondera os benefícios das práticas sustentáveis na construção civil. A primeira delas é a criação de empregos e a consequente melhora da equidade social. A segunda é a redução de custos em duas frentes: na assistência técnica pós-entrega e na administração do condomínio. O primeiro caso se explica pelo fato de a própria empresa ficar mais responsável com a fase de produção do empreendimento, o que impacta na economia com manutenção e reparos. Já o

segundo caso é consequência das medidas economizadoras adotadas durante a concepção e a construção do edifício, o que reduz os custos de operação.

Outros benefícios apontados por Salgado (2013) são:

- a) A satisfação dos usuários com o desempenho das edificações sustentáveis, o que reverte em boa imagem para a empresa;
- b) Geração de novos negócios, e consequentemente multiplicação dos lucros;
- c) Geração de novos empregos para a pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias inovadoras para a construção e que supram as demandas sociais e ambientais;
- d) Outros benefícios econômicos para os usuários e os gestores, uma vez que foram economizados recursos na construção, logo para a sociedade e para o meio ambiente também.

Assim, neste Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), busca-se identificar e apresentar os sistemas de vedação existentes, com foco nos aspectos de desempenho e no aproveitamento de recursos.

1.2 OBJETIVOS

Nas seções abaixo estão descritos o objetivo geral e os objetivos específicos deste Trabalho de Conclusão de Curso.

1.2.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo geral identificar os sistemas de vedação vertical disponíveis para edificações, destacando aspectos sustentáveis, de custo, desempenho térmico e acústico, produtividade na execução e durabilidade.

1.2.2 Objetivos Específicos

O trabalho tem como meta atingir os seguintes objetivos específicos:

- a) Identificar os SVV disponíveis no mercado nacional;
- b) Realizar uma análise comparativa geral entre os sistemas encontrados com base nos dados coletados;

- c) Evidenciar as particularidades de cada sistema a fim de auxiliar na escolha do mais adequado quanto às necessidades específicas de cada projeto.
- d) Apresentar uma análise qualitativa sobre aspectos positivos e negativos dos sistemas.

1.3 LIMITAÇÃO E DELIMITAÇÕES

Em função do foco definido para o estudo, as discussões e a pesquisa delimitam-se aos sistemas de vedação vertical (SVV). Além disso, os aspectos de desempenho foram analisados de forma geral, sem entrar em detalhes de orçamentos e ensaios específicos. Ademais, na análise geral, não foi levado em conta se determinado aspecto tem peso maior ou menor. Por fim, os dados apresentados ao longo deste TCC foram obtidos de pesquisas pretéritas, tais como artigos, dissertações, teses e outros TCCs, além de manuais dos fabricantes. Portanto, não foi realizada pesquisa de campo para este trabalho.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Na introdução deste trabalho (capítulo 1), apresenta-se o tema, faz-se a justificativa do trabalho, enumeram-se os objetivos e são informadas as delimitações da pesquisa. No capítulo 2, discorre-se sobre os fundamentos teóricos necessários para a execução deste TCC, tais como sustentabilidade na construção civil, sistemas de vedação e normas técnicas relacionadas à durabilidade e manutenibilidade, mas também aos desempenhos térmico, acústico e de segurança contra incêndios. Ainda no capítulo 2, é realizada a revisão bibliográfica sobre sistemas de vedação vertical com foco nos custos, desperdícios e produtividade. No capítulo 3, é apresentada a metodologia aplicada nesta pesquisa. No capítulo 4, os resultados são elaborados e discutidos. Finalmente, no capítulo 5, são feitas as considerações finais do TCC, em que os objetivos atingidos são reforçados, mas também são elaboradas sugestões de trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo elucida os fundamentos teóricos que dizem respeito aos sistemas de vedação vertical (SVV). Primeiramente, a sustentabilidade é contextualizada na indústria da construção. Em seguida, são discutidos os sistemas de vedação, com enfoque nos SVV, bem como algumas normas técnicas brasileiras (NBRs) de desempenho relevantes para a pesquisa deste TCC.

2.1 SUSTENTABILIDADE E GESTÃO DA CONSTRUÇÃO

O conceito de sustentabilidade tem duas origens de acordo com Nascimento (2011). A primeira, baseada na biologia e relacionada com a ecologia, refere-se à capacidade de recuperação e reprodução de ecossistemas em virtude as interferências antrópicas e naturais. A segunda, baseada na economia, recebe conotação de desenvolvimento por conta da percepção crescente de que o padrão de produção e consumo, em expansão no mundo, não tem perspectiva de perdurar. Assim, a sustentabilidade fundamenta-se sobre a consciência da finitude dos recursos naturais (NASCIMENTO, 2011).

A sustentabilidade como tema geral passou a ganhar mais notoriedade após a segunda metade do século XX. Em 1972, em Estocolmo, ganhou destaque na primeira reunião internacional que visava discutir a sustentabilidade em escala global – a Conferência das Nações Unidas sobre Ambiente Humano. A partir de então, a Organização das Nações Unidas (ONU) passou realizar conferências esporádicas para a discussão do desenvolvimento sustentável e mudanças climáticas em âmbito global, bem como a formulação de agendas e acordos pelos estados signatários. Dessas conferências, destacam-se a Rio-92 (1992), a Rio+10 (2002), a Rio+20 (2012) e a Cúpula de Paris (2015) (ONU, 2010; ONU, 2012; ONU, 2015; MOTTA; AGUILAR, 2009; SALGADO, 2013).

Além dessas e outras conferências, esforços e acordos foram firmados pela comunidade internacional nas últimas três décadas. Como exemplo, cita-se um estudo realizado por Elkington (1994), que propôs o conceito do *Triple Bottom Line*, ou 3P (*People, Planet e Profit* – respectivamente Pessoas, Planeta e Lucro em português) como é popularmente conhecido. Esses são os três pilares que representam as dimensões econômica, social e ambiental, como evidencia a Figura 1.

Figura 1: Pilares da sustentabilidade.



Fonte: STROPA (2016).

Ao analisar cada um desses pilares, tem-se o âmbito econômico como a criação de empreendimentos viáveis, lucrativos e atraentes para investidores. Também a dimensão social, a qual se preocupa com o estabelecimento de ações justas para trabalhadores, parceiros e sociedade, além do bem-estar das pessoas, o que impacta na melhoria da qualidade de vida. Por fim, o pilar ambiental, que vem analisar a interação de processos com o meio ambiente, sem lhe causar danos permanentes, por meio da melhor eficiência na utilização dos recursos naturais e da diminuição do desperdício dos materiais (ESTENDER; PITTA, 2008).

Com a finalidade de relacionar a sustentabilidade com a indústria da construção, discute-se a implementação da agenda sustentável no âmbito da construção civil. Por fim, a gestão de recursos nas obras é discutida com ênfase na modelagem de informação da construção.

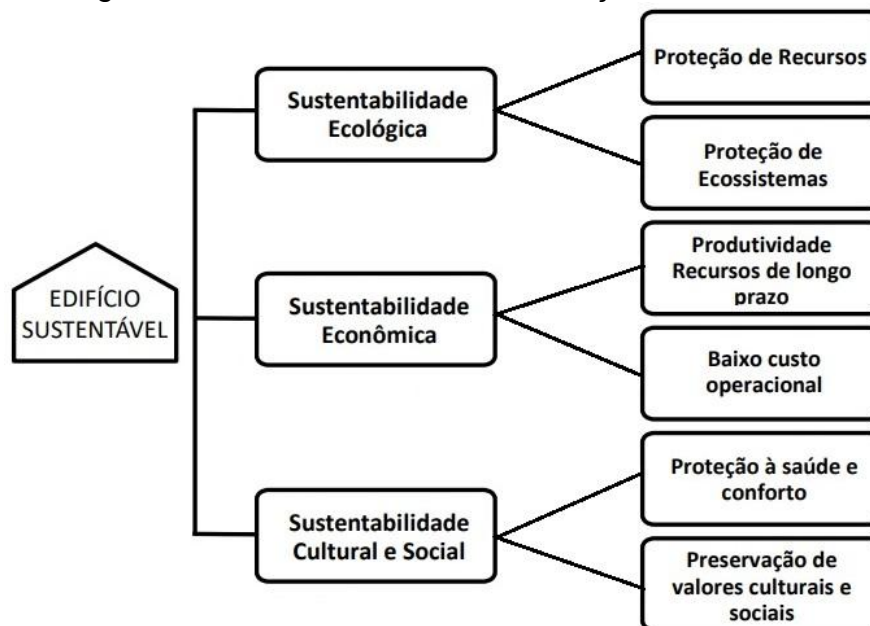
2.1.1 Sustentabilidade na construção civil

A sustentabilidade começou a ser discutida no âmbito da construção civil, em 1994, na Primeira Conferência Mundial sobre Construção Sustentável, realizada em Tampa, Flórida. A construção sustentável se refere à aplicação da sustentabilidade sobre as atividades construtivas, e entre as responsabilidades da indústria da construção está a criação e a gestão responsável de um ambiente construído de forma

saudável, isto é, com a consideração dos princípios ecológicos e da utilização eficiente dos recursos (KIBERT, 1994).

Esse conceito é resumido na Figura 2 ao afirmar que um edifício sustentável é aquele que atende a requisitos ecológicos (ou ambientais), econômicos e sociais, de modo que, neste último ponto, também possa atender questões culturais (ANTONIOLI, 2003).

Figura 2: Dimensões de uma construção sustentável.



Fonte: Adaptado de Antonioli (2003).

Ao longo dessa primeira conferência, foram sugeridos os seguintes princípios para o exercício da sustentabilidade nas construções sustentáveis (KIBERT, 1994):

- a) Minimizar o consumo de recursos;
- b) Maximizar a reutilização dos recursos;
- c) Utilizar recursos renováveis e recicláveis;
- d) Proteger o ambiente natural;
- e) Criar um ambiente saudável e não tóxico;
- f) Fomentar a qualidade ao criar o ambiente construído.

De acordo com Kibbert (1994), ao analisar a indústria da construção em termos de impactos ambientais, revela-se a necessidade de uma mudança para que se alcance a sustentabilidade, em que, primeiramente, deve-se estudar e avaliar as

características e técnicas da construção tradicional e compará-las com novos critérios sustentáveis para materiais de construção, produtos e processos construtivos.

Segundo Mateus (2004), tradicionalmente, uma construção só poderia ser competitiva, sem alterar consideravelmente os custos da obra, se: possuísse o nível de qualidade exigido pelo projeto, utilizasse sistemas construtivos que otimizassem a produtividade durante a fase de construção e, por fim, conduzisse à diminuição do período de construção de modo a proporcionar uma maior rapidez na recuperação do investimento. À medida que as preocupações ambientais têm ganhado espaço no ramo, o conceito de qualidade na construção passou a incorporá-las.

Assim, a qualidade foi elevada a outro patamar, visto que a qualidade ambiental passou a se difundir. A partir deste ponto, instaurou-se o conceito de “construção ecoeficiente”, também conhecido pelos nomes de “construção verde” ou “construção sustentável”. Tal conceito afirma que a construção deve ser feita com impacto ambiental mínimo, e, quando possível, que as obras consigam auxiliar na recuperação do meio ambiente através da geração de energia limpa e da utilização de materiais capazes de gerar, por exemplo, oxigênio (MATEUS, 2004).

Nesse contexto, foram criados selos, certificações, etiquetas e guias nacionais e internacionais para avaliar as edificações sustentáveis. Além disso, distinguem-se entre os voltados para o mercado, os quais são bastante utilizados na propaganda dos edifícios sustentáveis, e os orientados para pesquisa, os quais são empregados na fundamentação científica no desenvolvimento de novos sistemas (CEOLIN; LIBRELOTTO, 2016).

A respeito do primeiro grupo, a certificação mais difundida a âmbito mundial é a Liderança em Energia e Design Ambiental (LEED). No Brasil, para avaliar os projetos e as edificações considerando os aspectos econômicos, ambientais e sociais da realidade nacional, é comum serem utilizados, por alguns escritórios de engenharia e arquitetura do país, o selo Procel Edifica, adotado desde 2003, a certificação de Alta Qualidade Ambiental (AQUA), que começou a ser utilizada em 2008 a partir da adaptação de uma certificação homônima francesa de 1974, e o Selo Azul da Caixa Econômica Federal desde 2010 (CEOLIN; LIBRELOTTO, 2016; CENTRO DE TECNOLOGIA DAS EDIFICAÇÕES, 2019; SALGADO, 2013). Alguns dão mais peso a um desses critérios em detrimento dos outros dois. O Selo Azul, por exemplo, dá mais importância à questão social e considera a matriz renovável da energia elétrica

do país. Já o Selo Procel Edifica valoriza a eficiência energética nas edificações (CEOLIN; LIBRELOTTO, 2016; SALGADO, 2013).

No meio acadêmico, um exemplo para avaliar a sustentabilidade dos projetos de edifícios, de forma qualitativa e quantitativa, é a Metodologia de Avaliação da Sustentabilidade em Projeto de Habitação de Interesse Social (MASP-HIS). Tal método foi elaborado em 2009 e possui o objetivo de mensurar os possíveis impactos socioeconômicos e ambientais do ciclo de vida da edificação, ainda na fase de projeto, para assegurar a qualidade por meio da gestão desses aspectos. Em 2013, a metodologia foi atualizada para considerar também os efeitos de diferentes materiais utilizados na obra, assim como avaliar a forma como a aplicação dos recursos naturais resultará na minimização dos impactos ambientais nas fases de uso e descarte do edifício (CEOLIN; LIBRELOTTO, 2016).

Ademais, no MASP-HIS, são definidas seis etapas de avaliação, tal que metade delas deve dimensionar os aspectos socioculturais, ambientais e econômicos enquanto a outra parcela deve analisar as categorias e subcategorias. Estas últimas são compostas pela estrutura, pela cobertura, pelas instalações, pelo tratamento, pela pintura e pelas vedações, tanto as horizontais quanto as verticais. Por fim, essa metodologia também permite comparar os subsistemas a fim de definir uma alternativa construtiva mais sustentável (CEOLIN; LIBRELOTTO, 2016).

Finalmente, Salgado (2013) afirma que há oportunidades razoáveis para negócios sustentáveis no ambiente da indústria da construção civil, visto que agregam valor ambiental ao empreendimento ao passo que possibilitam a diminuição de custos de operação das edificações por meio da redução do consumo de recursos naturais, o que também é benéfico para a sociedade. Citam-se, como exemplos de negócios sustentáveis, o uso racional da água e da energia solar, tanto para iluminação quanto para a geração de energia, além do uso de sistemas que possibilitem a ventilação de ar fresco para o usufruto dos habitantes em ambientes internos. Portanto, a sustentabilidade ecológica pode garantir a sustentabilidade econômica das empresas do setor da construção civil (SALGADO, 2013).

2.1.2 Gestão da obra com a modelagem de informação da construção

Da perspectiva da sustentabilidade econômica, é preciso aperfeiçoar a gestão da produtividade e do consumo de materiais utilizados na execução da obra a fim de

obter ganhos financeiros e economia no tempo do ofício da construção (SALVADOR; MARCHIORI, 2012). Uma alternativa cada vez mais adotada na indústria da construção civil é o uso da modelagem de informação da construção, conhecido popularmente pela sigla BIM, que provém do inglês e significa *Business Information Modelling* (MIARA et al., 2019; OLIVEIRA, 2015; SILVA JUNIOR E FILHO, 2018).

Por meio de um modelo digital tridimensional preciso que explora a superposição das disciplinas de um projeto de edifício, a tecnologia BIM agrega informações relevantes para todo o ciclo de vida da construção ao iniciar pela concepção, passando pela execução, pela operação, pela manutenção até chegar à demolição (MIARA et al., 2019; SILVA JUNIOR; FILHO, 2018). Desse modo o sistema BIM proporciona uma melhor compreensão e um acompanhamento mais eficaz de todas as etapas, além de possibilitar a integração das equipes multidisciplinares das empreiteiras na mitigação de falhas nos projetos das disciplinas (OLIVEIRA, 2015).

Dentre as informações modeladas, destacam-se os prazos, as especificações, os custos, os parâmetros de desempenho e os dados dos fabricantes (SILVA JUNIOR E FILHO, 2018). Ademais, os projetistas podem testar diferentes alternativas para os projetos por meio da visualização dos impactos de cada uma delas no modelo virtual da edificação. Isso inclui as opções que agregam algum valor sustentável ao edifício, tal como a gestão de resíduos da construção e da demolição, os quais costumam se destinar aos aterros (MIARA et al., 2019). Portanto, o BIM proporciona aos projetistas a tomada de decisões de uma maneira mais racional, uma vez que facilita a gestão dos materiais e ocasiona redução de mão de obra (MIARA et al., 2019; OLIVEIRA, 2015).

Para a modelagem da informação acontecer, é preciso haver uma coleta amostral, periódica, simples e descentralizada de dados, os quais provém do canteiro de obras e são inseridos pelos gestores BIM. Essas informações são armazenadas em um banco de dados da empresa e é compartilhado de forma rápida e precisa entre as equipes da construtora ou da incorporadora, dos investidores e de projetistas. Então, a partir desse banco, a equipe da gestão do projeto pode planejar ações, tais como a compra de insumos e a confecção da folha de pagamento dos assalariados, e, assim, melhorar o gerenciamento de recursos e a produtividade da obra (OLIVEIRA, 2015).

Por fim, Silva Junior e Filho (2018) frisam que, apesar de o BIM ser muito útil por agregar informações confiáveis e precisas que resultem em projetos mais

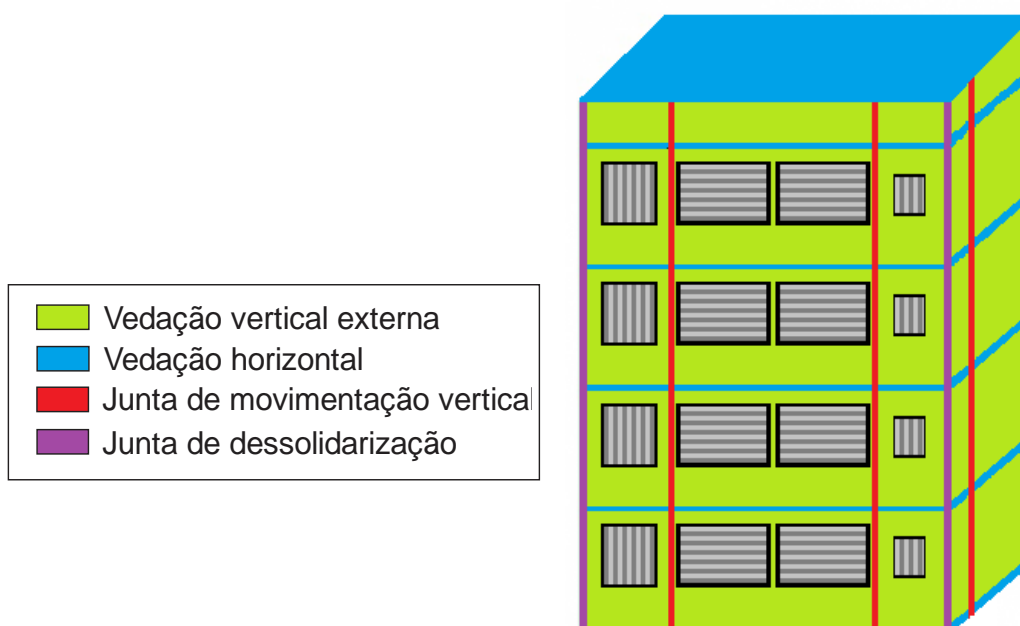
qualificados, competitivos e com adequado nível de desempenho do mercado, cabe ainda aos projetistas analisar manualmente os modelos em vista da implementação das obras no mundo real com as normas de desempenho vigentes.

2.2 SISTEMAS DE VEDAÇÃO

Segundo o Grupo de Pesquisa Virtuhab (2020) da UFSC, “vedações são os elementos destinados para o fechamento externo e/ou interno de uma edificação.” Ainda, segundo o mesmo grupo, as vedações podem agir como parte estrutural de muitas obras.

Existem basicamente dois sistemas de vedação, o horizontal, que é utilizado entre os andares de uma edificação e compreende aos pisos e tetos, e o vertical, o qual corresponde ao invólucro do edifício além das paredes, das divisórias leves e da vedação leve de fachada (ABNT, 2013a; AZEVEDO, 2019; MORETTI, 2016; SABBATINI et al., 2013; SABBATINI, 1989). Esses dois sistemas são esquematizados na Figura 3.

Figura 3: Sistemas de vedação e outros elementos esquematizados em uma edificação.



Fonte: Autoria própria.

Sobre as juntas que aparecem na Figura 3, a norma mais atual que trata sobre o tema, a NBR 13.755 de 2017, não faz uma distinção clara entre os dois tipos em comparação com a versão de 1996 da mesma norma, visto que a junta de dessolidarização é tratada como um tipo especial de junta de movimentação (ABNT, 2017). Portanto, recorre-se à norma antiga, a qual, segundo Ribeiro (2006), classifica a junta de movimentação como um “espaço regular cuja função é *subdividir* o revestimento para aliviar tensões provocadas pela movimentação da base ou do próprio revestimento” (RIBEIRO, 2006, p. 25). Já a junta de dessolidarização é um “espaço regular cuja função é *separar* o revestimento para aliviar tensões provocadas pela movimentação da base ou do próprio revestimento” (RIBEIRO, 2006, p. 25).

Explicado isso, afirma-se que, neste TCC, será dado enfoque ao sistema de vedação vertical. Para tanto, antes de destacar suas funções e importância, define-se o edifício como um sistema composto por diversos subsistemas, conforme apontado por Sabbatini et al. (2013).

Segundo esses autores, esses subsistemas podem ser classificados entre funcionais e construtivos. Do ponto de vista funcional, correspondem: às fundações, à estrutura, às vedações verticais, às vedações horizontais, aos sistemas prediais e às coberturas. Já sob o aspecto construtivo, caracterizam-se: as esquadrias, as aberturas, os revestimentos verticais, o fechamento propriamente dito (vedo), os revestimentos horizontais, a impermeabilização, o telhado, o sistema hidrossanitário, o sistema de comunicação, os sistemas de segurança, dentro outros. Dessa subclassificação, conclui-se que as esquadrias e o revestimento vertical fazem parte da vedação vertical (SABBATINI et al., 2013).

Após essas ponderações, definem-se as funções da vedação vertical. A principal é delimitar os espaços internos verticalmente ao mesmo tempo que controla a ação de agentes externos indesejáveis (PORTAL VIRTUHAB, c2021; SABBATINI et al., 2013), tais como vento, chuva, frio, calor, propagação do som, entre outros. Mas também servir de suporte e proteção dos sistemas prediais do edifício e criar as condições de habitabilidade para ele, tais como conforto, higiene, saúde e segurança de utilização (OLIVEIRA E SABBATINI, 2003; SABBATINI et al., 2013).

Com a finalidade de determinar essas funções, as vedações verticais devem ser feitas com materiais com propriedades específicas, as quais visam atender a requisitos específicos de desempenho, definidos por normas técnicas brasileiras

(NBRs) específicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Dentre esses requisitos, Sabbatini et al. (2013) e Nakamura (2014) destacam os seguintes:

a) Desempenho térmico, sobretudo o que concerne à absorvência à radiação solar, além da transmitância e da capacidade térmicas; tudo de acordo conforme a quarta parte da NBR 15.575:2013 (ABNT, 2013b);

b) Desempenho estrutural no que tange à estabilidade dimensional, à resistência mecânica e à capacidade de absorver deformações, como a dos impactos de corpo mole e de corpo duro, as das solicitações transmitidas por portas para as paredes e das cargas transmitidas por peças suspensas para as paredes. Além disso, a estrutura vedada deve atender aos estados limites de serviço (ELS) e último (ELU) definidos na seção 10 da NBR 6.118:2014 (ABNT, 2014);

c) Estanqueidade à água;

d) Controle da passagem de ar;

e) Controle da iluminação natural e artificial e de raios visuais, este em vista de garantir certa privacidade, conforme especificações da NBR 15.575:2013 (ABNT, 2013b);

f) Desempenho acústico em consonância com a parte quatro da NBR 15.575:2013 (ABNT, 2013b); especialmente no que se refere à isolamento do som entre os ambientes internos e entre estes e o exterior do edifício;

g) Tempo de resistência ao fogo e proteção generalizada contra inflamação segundo a quarta parte da NBR 15.575:2013 (ABNT, 2013b);

h) Durabilidade e manutenibilidade, com atendimento à Vida Útil de Projeto (VUP) conforme à parte quatro da NBR 15.575:2013 (ABNT, 2013b), referente ao desempenho dos sistemas de vedação de edificações habitacionais;

i) Padrões estéticos em vista do conforto visual;

j) Facilidade de limpeza e higienização;

k) Custos iniciais e de manutenção compatíveis com o empreendimento.

Os itens (a), (f), (g) e (h) serão mais detalhados na seção 2.3, a qual discute melhor alguns aspectos das normas técnicas citadas. Quanto à importância das vedações verticais, são inúmeras. Sabbatini et al. (2013) afirmam que elas são importantes, porque estabelecem as diretrizes para o planejamento e programação da execução, visto que elas podem estar no caminho crítico da obra. Além disso, na medida em que interferem nas instalações elétricas e hidrossanitárias, as vedações verticais definem o potencial de racionalização da produção por meio das esquadrias,

dos revestimentos e da impermeabilização, tal que esta última corresponde a um elemento de vedação horizontal. Também estipulam grande parte do desempenho da edificação, uma vez que são responsáveis pelos aspectos pertinentes à habitabilidade.

Além dos aspectos de importância destacados, há mais duas a se destacar. A primeira delas é que o modo como são projetadas e executadas as vedações verticais é diretamente proporcional a eventuais ocorrências de patologias da construção, a exemplo de fissuras e descolamento de revestimentos. Por último, é comum que essas vedações venham a ser parte acessória da estrutura do edifício, quando não integram a própria estrutura dele, tal como ocorre nos edifícios construídos com alvenarias estruturais ou painéis portantes (AZEVEDO, 2019; SABBATINI et al., 2013).

2.2.1 Classificações

Os sistemas de vedação vertical podem ser classificados sob diversos aspectos quanto: à função que desempenham no conjunto, à técnica de execução utilizada, à mobilidade, à densidade superficial, à estruturação, à continuidade do pano, à continuidade superficial e ao acabamento (FRANCO, 1998, apud CAMILLO, 2010, pp. 33-35; JAIME, 2018; SABBATINI et al., 2013; TANIGUTI, 1999).

Enfim, Sabbatini (1989) acrescenta uma classificação extra, conforme o grau de industrialização da vedação vertical. Cada uma dessas formas de classificação será discutida em maiores detalhes nos nove itens seguintes.

2.2.1.1 Função que desempenha no conjunto do edifício

É a classificação mais usual; inclusive é recorrente em normas técnicas (ABNT, 2013b). Conforme esse critério, as vedações verticais podem ser classificadas de acordo com as funções desempenhadas externamente e internamente ao edifício, tal que esta última possui uma subdivisão de duas funções. A primeira delas, de função externa, é a vedação de fachada, também conhecida pelo nome de envoltória externa. Nessa classificação, deve-se garantir proteção lateral contra a ação de agentes externos. Em relação às demais classificações, ambas de função interna, são elas a de compartimentação ou divisão interna, que divide os ambientes internos de

uma mesma edificação, e a de separação ou divisória entre unidades e a área comum (ABNT, 2013b; FRANCO, 1998, apud CAMILLO, 2010, pp. 33-35; SABBATINI et al., 2013).

2.2.1.2 Técnicas de execução

Em relação à técnica de execução usada na produção das vedações, classificam-se em três: por conformação, por acoplamento a seco e por acoplamento úmido (FRANCO, 1998, apud CAMILLO, 2010, pp. 33-35; SABBATINI et al., 2013).

Nas técnicas de execução por conformação, as vedações verticais são moldadas no próprio local com a utilização de água. Exemplos práticos são as vedações em alvenaria e de painéis moldados no local da construção (SABBATINI et al., 2013).

Já nas técnicas de execução por acoplamento a seco, as vedações verticais são montadas a seco, isto é, sem a necessidade de água, a exemplo das vedações produzidas com painéis leves (FRANCO, 1998, apud CAMILLO, 2010, pp. 33-35).

Por fim, nas técnicas de execução por acoplamento úmido, as vedações verticais são montadas com solidarização com argamassa. Exemplos desse tipo de vedação são as produzidas com elementos pré-moldados ou pré-fabricados de concreto (FRANCO, 1998, apud CAMILLO, 2010, pp. 33-35).

2.2.1.3 Mobilidade

Segundo Sabbatini et al. (2013, p. 20), “a mobilidade de uma vedação refere-se à facilidade ou não de sua remoção do local no qual fora inicialmente aplicada”. Portanto, por meio desse critério de classificação, as vedações verticais podem ser divididas em quatro tipos: fixas, desmontáveis, removíveis e móveis.

As vedações verticais fixas são imutáveis e necessitam receber os acabamentos no local. Por isso, caso ocorra transformação do espaço no futuro, os elementos constituintes dessa vedação dificilmente serão recuperados (SABBATINI et al., 2013).

Quanto às vedações verticais desmontáveis, são passíveis de serem desmontadas com pouca ou nenhuma degradação. Quando forem remontadas, os

ajustes necessários demandarão mais tempo. Além disso, algumas peças possivelmente terão que ser repostas (JAIME, 2018; TANIGUTI, 1999).

Já vedações verticais removíveis são passíveis de serem desmontadas e montadas com facilidade sem que ocorra degradação dos elementos constituintes, os quais são totalmente modulares. Por fim, as vedações verticais móveis são baixas e dizem respeito às divisórias empregadas na compartimentação simples dos ambientes internos. Por causa disso, não estão vinculadas a nenhuma outra parte da edificação (JAIME, 2018; SABBATINI et al., 2013; TANIGUTI, 1999).

2.2.1.4 Densidade superficial

A densidade superficial é definida como o quociente entre a massa da vedação e a área que ela ocupa. De acordo com esse critério de classificação, as vedações verticais podem ser leves, com densidade superficial menor que 60 kg/m^2 e necessariamente não utilizadas na estrutura do edifício, e pesadas, com valor da grandeza acima do indicado. Neste caso, as vedações verticais pesadas podem ser elementos estruturais na obra (ABNT, 2013b; TANIGUTI, 1999).

2.2.1.5 Estruturação

A estruturação é uma propriedade que concerne às características de sustentação da vedação vertical no edifício. Desse jeito, Franco (1998, apud CAMILLO, 2010, pp. 33-35) e Taniguti (1999), classificam as vedações verticais entre estruturadas (ou resistentes), autossuportantes (ou autoportantes). Além disso, Sabbatini et al (2013) também colocam as vedações pneumáticas nesse critério.

As estruturadas são vedações que precisam de um suporte reticular dos componentes da vedação, os quais são constituídos por divisórias de madeira, gesso acartonado, entre outros. Já as autoportantes são vedações que não precisam desse suporte, a exemplo da alvenaria (todos os tipos) (FRANCO, 1998, apud CAMILLO, 2010, pp. 33-35; TANIGUTI, 1999).

Por fim, as pneumáticas, de uso incomum, são vedações que recebem sustentação por ar comprimido injetável, conforme ocorre com os galpões de lona (SABBATINI et al., 2013).

2.2.1.6 Continuidade do pano

Nesse sistema de classificação, considera-se a relação entre a continuidade do pano em função da distribuição dos esforços por ele todo. De acordo com esse critério, as vedações verticais são classificadas em monolíticas, modulares e de acordo com Franco (1998, apud CAMILLO, 2010, pp. 33-35), pneumáticas.

Antes de adentrar nos detalhes de cada classificação, é importante ressaltar que as vedações verticais pneumáticas são as mesmas definidas anteriormente. A diferença é que o autor Franco (1998, apud CAMILLO, 2010, pp. 33-35) classifica esse tipo de vedação de acordo com a continuidade do pano enquanto Sabbatini et al. (2013) as colocam sob o critério da estruturação.

Nas monolíticas, os esforços transmitidos para a vedação são absorvidos por todo o conjunto de elementos, os quais trabalham de forma solidária, a exemplo das alvenarias. Já nas modulares, essa absorção é feita por cada componente de maneira individual, em virtude da existência de juntas, tais como ocorre nos painéis de gesso acartonado (FRANCO, 1998, apud CAMILLO, 2010, pp. 33-35).

2.2.1.7 Continuidade superficial

Essa forma de classificar os sistemas de vedação vertical considera a continuidade visual delas em contínuas e descontínuas. Nas contínuas, as juntas não ficam visíveis entre os componentes enquanto, nas descontínuas, elas são visíveis (FRANCO, 1998, apud CAMILLO, 2010; SABBATINI et al., 2013).

2.2.1.8 Acabamento

Segundo este critério de classificação, considera-se o instante quando o acabamento da vedação vertical é incorporado a ela. Assim, as vedações verticais recebem três denominações. A primeira é o acabamento com revestimento incorporado, o qual se refere às vedações verticais que são posicionadas acabadas nos seus respectivos lugares definitivos, sem a necessidade de aplicação de revestimentos depois desse posicionamento. Como exemplo, citam-se as divisórias leves com estrutura em colmeia e acabamento com chapas de laminado melamínico

e os painéis pré-moldados de concreto com prévia aplicação de cerâmica (FRANCO, 1998, apud CAMILLO, 2010, pp. 33-35).

A segunda classificação de acordo com esse critério é o acabamento com revestimento a posteriori, que se trata das vedações verticais executadas em seus lugares definitivos, sem a aplicação prévia de revestimentos. Como exemplo dessa classificação, citam-se os painéis de gesso acartonado e da maioria das alvenarias (SABBATINI et al., 2013).

Por fim, há o acabamento sem revestimento, compostos por vedações verticais sem necessidade de aplicação de revestimentos e com possibilidade de pintura. Esse é o caso de tipos específicos de alvenaria, compostas por características que lhes garantem estanqueidade (FRANCO, 1998, apud CAMILLO, 2010, pp. 33-35).

2.2.1.9 Grau de industrialização

Existe ainda a classificação em função do grau de industrialização do processo de produção da vedação vertical. Esse critério distingue as vedações entre industrializadas, que possuem alto grau de industrialização, e entre as tradicionais racionalizadas, que possuem grau intermediário de industrialização. Estas últimas também são conhecidas apenas como racionalizados ou, ainda, semi-industrializadas (SABBATINI, 1989).

2.3 NORMAS TÉCNICAS DE DESEMPENHO DAS VEDAÇÕES VERTICAIS

Na seção 2.2 deste TCC, foram discutidas as funções das vedações verticais. Nela, afirmou-se que os materiais que as compõem devem atender a requisitos específicos de desempenho além dos de durabilidade e de manutenibilidade conforme a quarta parte da NBR 15.575:2013 (ABNT, 2013b). Contudo, pouco foi discutido naquela seção. Portanto, esta seção propõe elucidar todos esses requisitos.

O conteúdo presente nessa NBR visa preservar a vida útil das edificações. Segundo Pizzoni e Valle (2017, p. 2):

“A vida útil das construções, de modo geral, é o período após a edificação entrar em utilização e no qual as condições mínimas de habitabilidade, como o desempenho térmico, acústico, de higiene, de segurança, entre outros, estão acima dos níveis considerados aceitáveis, considerando certa frequência de manutenção. [...]”

Além disso, a vida útil é diretamente proporcional à durabilidade dos materiais construtivos, a qual está relacionada com a capacidade de se exporem e suportarem as intempéries, tais como alteração de temperatura, umidade, ação de insolação e ventos. Para isso, é preciso que sejam feitas manutenções periódicas e cumpridos os requisitos mínimos de desempenho com a finalidade de retardar a degradação das edificações, ou de partes delas, e, assim, evitar o envelhecimento precoce delas (PIZZONI; VALLE, 2017).

Elucidado isso, apresenta-se melhor a NBR 15.575 do ano de 2013 (ABNT, 2013b). Essa norma, intitulada “Edificações habitacionais – Desempenho”, elabora os requisitos de desempenho que esses tipos de edifícios devem atender a fim de prolongar a vida útil deles. É dividida em seis partes tal que a primeira elabora os requisitos gerais enquanto as outras cinco discorrem sobre as exigências dos subsistemas que compõem a obra. Enquanto a parte dois é sobre os sistemas estruturais, a parte três cobre os sistemas de piso. Já a quarta parte é referente aos sistemas de vedações verticais internas e externas enquanto a quinta é sobre os sistemas de cobertura e, finalmente, a sexta parte cobre os sistemas hidrossanitários.

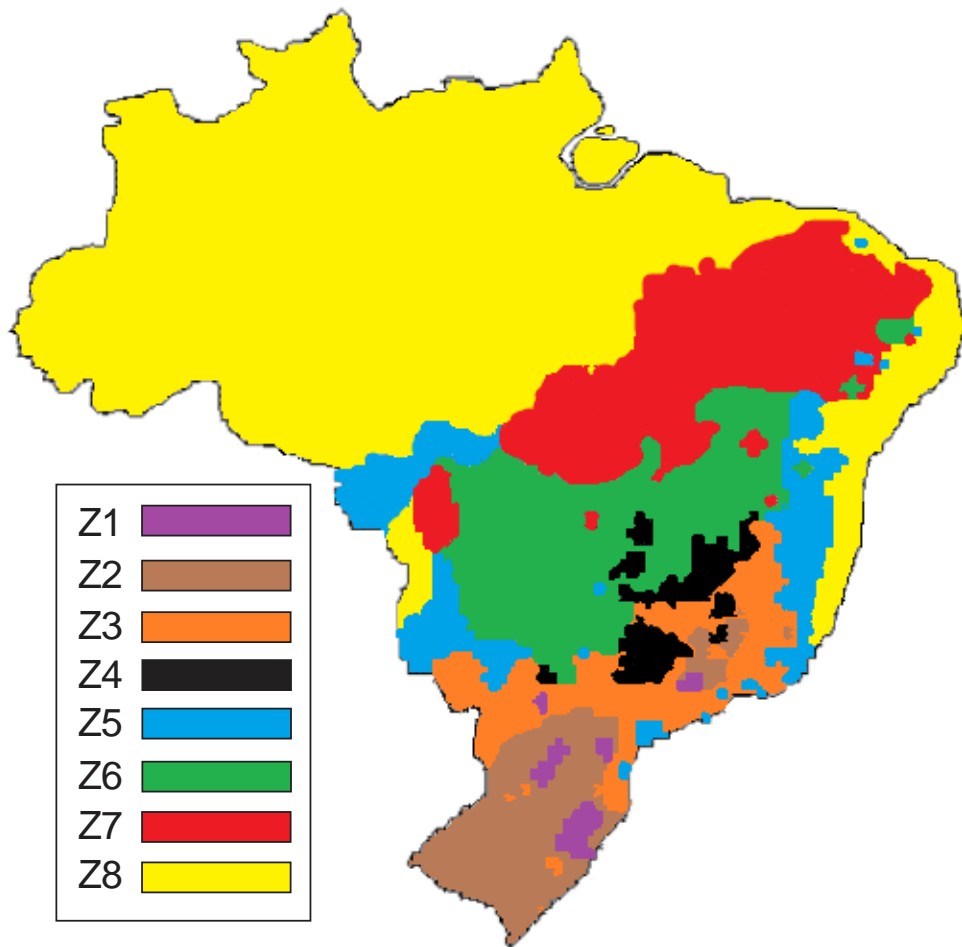
Para este TCC, interessa-se discorrer sobre as exigências de desempenho das vedações verticais; logo, a parte quatro dessa norma. Mais especificamente os desempenhos térmico, acústico, lumínico e de proteção contra incêndios além da durabilidade e de manutenibilidade.

Para alguns desses desempenhos, a norma faz uso do conceito de zonas bioclimáticas, as quais são definidas pela ABNT NBR 15220-3 (ABNT, 2003). Segundo o mapa representado na Figura 4, Florianópolis, bem como grande parte da região costeira catarinense, faz parte da zona bioclimática número 3 (ABNT, 2003).

Nessa região geográfica, a abertura da ventilação deve possuir um tamanho de nível médio e deve permitir ventilação cruzada no verão e proporcionar, com vedações internas pesadas, aquecimento solar da edificação no inverno. Para isso, as paredes externas devem ser levemente refletoras e a cobertura levemente isolada (ABNT, 2003).

A seguir, são feitas as discussões referentes a cada desempenho de acordo com a NBR 15.575-4:2013 (ABNT, 2013b).

Figura 4: Zonas bioclimáticas brasileiras.



Fonte: Adaptado de ABNT (2003).

2.3.1 Desempenho Térmico

Na seção 11 da NBR 15.575-4:2013 (ABNT, 2013b), estão descritos os critérios e requisitos para verificação dos níveis mínimos de desempenho térmico de vedações verticais externas e internas. Essas condições podem ser verificadas por meio de simulações ou de medições de campo, ambas as quais consideram condições de sombreamento e de ventilação. Contudo, como essas duas condições não são analisadas neste TCC, não será discutida essa parte da norma. Além desses dois critérios, o desempenho térmico também deve atender ao requisito das paredes externas, o qual leva em consideração outros dois critérios: o da transmitância térmica (U) e o da capacidade térmica (C_T) delas (ABNT, 2013b).

A transmitância térmica de uma parede é o inverso da resistência térmica total dela, a qual, por sua vez, é a soma das resistências superficiais (resistência série),

perpendiculares ao fluxo de calor, das camadas planas e câmaras de ar que a constituem entre o ambiente externo e o interno (ABNT, 2005).

2.3.2 Desempenho Acústico

Na seção 12 da quarta parte da NBR 15.575:2013 (ABNT, 2013b), estão descritos os critérios e requisitos para verificação dos níveis mínimos do isolamento acústico de entre o meio externo e o interno além da isolação sonora entre as unidades autônomas e entre as dependências de uma delas e as áreas comuns do edifício. O principal método para a obtenção dos valores normativos é feito através de ensaios de campo para o sistema construtivo, definidos pelas normas ISO 140-4, ISO 140-5 e ISO 10052, mas também pode ser realizado com instrumentos de precisão em laboratório em consonância com a norma ISO 10140-2 (ABNT, 2013b).

Basicamente, o requisito de desempenho acústico deve atender a dois critérios. O primeiro, verificado em ensaio de campo, é a diferença padronizada de nível ponderada, promovida pela vedação externa a dois metros do dormitório ao considerar: fachada e cobertura para casas térreas e sobrados, e somente fachada para os edifícios multipiso. Já o segundo é também a diferença padronizada de nível ponderada, porém promovida pela vedação entre os ambientes, também verificada em ensaio de campo.

2.3.3 Desempenho de Segurança ao Fogo

Na seção 8 da quarta parte da NBR 15.575:2013 (ABNT, 2013b), estão descritos os três requisitos específicos de desempenho dos sistemas de vedação vertical de segurança contra incêndios. O primeiro deles se refere a dificultar a ocorrência de inflamação generalizada no ambiente de origem do incêndio assim como não gerar fumaça excessiva capaz de impedir a fuga dos ocupantes em situações de incêndio.

Como critério, avalia-se a reação ao fogo da face interna dos sistemas de vedações verticais e respectivos miolos isolantes térmicos e absorventes acústicos. Além disso, independentemente do ambiente no qual estiverem associadas, as superfícies internas das fachadas e ambas as superfícies das vedações verticais internas devem classificar-se como incombustíveis ou inflamáveis, segundo a ISO

1182, com índice de propagação superficial de chama menor ou igual a 25, conforme a NBR 9442, e densidade específica ótica máxima de fumaça menor ou igual a 450, como indicado pela norma internacional ASTM E62. Quando associadas ao espaço da cozinha, essas superfícies, quando inflamáveis, podem aguentar até 75 de índice de propagação superficial de chama. Por fim, quando associadas a outros espaços interno da habitação, o índice de propagação superficial de chama do material combustível pode ser de até 150.

O segundo requisito do desempenho de proteção ao incêndio é dificultar a propagação desse fenômeno. Já o terceiro, além de garantir o segundo, deve também preservar a estabilidade estrutural da edificação.

Quanto ao segundo requisito, o critério a ser atendido é a avaliação da reação ao fogo da face externa das vedações verticais que compõem a fachada, que devem ser confeccionadas necessariamente com material incombustível ou, no máximo, inflamável com índice de propagação superficial de chama de até 25 e densidade específica ótica máxima de fumaça superior a 450.

Ao que tange o terceiro requisito, o critério é a resistência ao fogo de elementos estruturais e de compartimentação por trinta minutos¹, com considerações de avaliação relativas à estabilidade, estanqueidade e isolamento térmica nas paredes estruturais e de geminação de edifícios, e, no caso das unidades habitacionais unifamiliares, essas condições devem ser atendidas somente nos sistemas de vedações verticais internas e externas (SVVIE) da cozinha e de ambientes que abriguem equipamento de gás. Para isso, “os sistemas ou elementos de vedação vertical que integram as edificações habitacionais devem atender a ABNT NBR 14.432 para controlar os riscos de propagação do incêndio e preservar a estabilidade estrutural da edificação em situação de incêndio”. (ABNT, 2013b, p. 22).

2.3.4 Durabilidade e Manutenibilidade

Na seção 14 da quarta parte da NBR 15.575:2013 (ABNT, 2013b), estão descritos os três requisitos e seus respectivos critérios para a durabilidade e manutenibilidade dos sistemas de vedação vertical. O primeiro deles concerne às

¹ Esse tempo é o considerado para edifícios de até cinco pavimentos e unidades habitacionais unifamiliares, isoladas, de até dois andares. Para casos diferentes desses, deve-se considerar um tempo diferente, relacionado à altura da edificação conforme a versão mais recente da NBR 14.432 (ABNT, 2013b).

paredes externas da vedação vertical e, segundo a norma “devem ser limitados os deslocamentos, fissurações e falhas nas paredes externas, incluindo seus revestimentos, em função de ciclos de exposição ao calor e resfriamento que ocorrem durante a vida útil do edifício.” (ABNT, 2013b, p. 30).

No que diz respeito à segunda requisição, é a vida útil de projeto dos SVVIE, os quais precisam manter a capacidade funcional e as características estéticas, ambas em função do envelhecimento natural dos materiais durante a vida útil de projeto e compatíveis com o Anexo C da parte um da NBR 15.575:2013 (ABNT, 2013a). Para tanto, os sistemas de vedação vertical externo e interno do edifício habitacional devem apresentar Vida Útil de Projeto (VUP) maior ou igual aos períodos especificados no referido anexo da norma. Portanto, a VUP mínima para as vedações verticais externas e internas é de, respectivamente, 40 anos e 20 anos. Além disso, ambos os sistemas de vedação vertical devem ser submetidos a manutenções preventivas e, sempre que necessário, a manutenções corretivas e de conservação previstas no manual de operação, uso e manutenção da obra.

Por fim, há o requisito de manutenibilidade dos sistemas de vedações verticais internas e externas, isto é, “manter a capacidade funcional durante a vida útil de projeto, desde que submetidos às intervenções periódicas de manutenção especificadas pelos respectivos fornecedores” (ABNT, 2013b, p. 31). Isso pode ser assegurado por meio de manutenções preventivas periódicas e manutenções corretivas sempre que algum problema se manifestar, com a finalidade de evitar que uma falha simples evolua para uma patologia severa. Segundo a norma, essas manutenções devem ser realizadas em consonância com o manual de operação, uso e manutenção fornecido pelo incorporador ou pela construtora.

2.4 CUSTO, PRODUTIVIDADE E DESPÉRDÍCIO

Introduzidos os sistemas de vedações verticais e as normas referentes aos desempenhos selecionados, dá-se enfoque a estudos pretéritos relativos ao custo de sistemas de vedação vertical assim como o desempenho e a produtividade, isto é, a velocidade de execução dessa parte da obra. Antes disso, no entanto, discute-se melhor os critérios e conceitos por detrás dos custos, produtividade e desperdícios de sistemas de vedação.

2.4.1 Custos em sistemas de vedação vertical

Os custos dos sistemas de vedações verticais seguem a lógica dos custos para todos os sistemas de uma obra. Segundo Cabral (1988), o custo é definido como o gasto relativo a produtos e serviços utilizados na produção de outros bens e serviços. Podem ser divididos, de acordo com a facilidade de aquisição, em custos diretos e custos indiretos (CABRAL, 1988; LIBRELOTTO et al., 1998; MARCHESAN, 2001; TISAKA, 2006). Ainda, segundo os critérios de Tisaka (2006), também recebem uma terceira divisão, chamada de benefício.

O custo direto é compreendido como o somatório dos custos de todos os materiais e equipamentos além da mão-de-obra empregada em cada um dos serviços de execução do edifício (CABRAL, 1988; LIBRELOTTO et al., 1998; MARCHESAN, 2001; TISAKA, 2006; SOUZA et al., 2016). Já o custo indireto é calculado como uma estimativa, pois incorpora os gastos não incorporados à obra, mas que são importantes para a sua execução, a exemplo dos custos com transporte de funcionários e materiais, perdas, impostos, seguros, salário dos funcionários, entre outros (CABRAL, 1988; LIBRELOTTO et al., 1998; MARCHESAN, 2001; TISAKA, 2006). Finalmente, Tisaka (2006) define o benefício como sendo a previsão de lucro esperado pelo construtor somada a uma taxa de despesas comerciais e reserva de contingência.

Além do que já foi exposto, Silva e Rohden (2019) apontam que os custos dos SVV possuem relação estrita com o atendimento dos requisitos de desempenho das edificações previstas pela NBR 15.575 (ABNT, 2013b). Nesse caso, os custos com os materiais e com a mão de obra são afetados. Por exemplo, no objeto de estudo dos autores, houve economia de até 4% quando utilizadas placas *drywall* em detrimento da alvenaria para o isolamento acústico entre as paredes internas da edificação. Quando somada à mão de obra, a economia chega a 35% devido à velocidade de execução mais rápida, o que também é corroborado pelos resultados da pesquisa de Guimarães et al. (2021).

Por fim, a BIM é uma plataforma com ferramentas que auxiliam a gerir todos esses custos com a obra, uma vez que pode prever a quantidade de materiais de maneira automática e com precisão em diversas disciplinas do projeto. Por isso, estudos que integrem o BIM com o Sistema Nacional de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) têm sido realizados com a finalidade de verificar se as

modelagens de projetos realizadas em BIM atendem às regulações do SINAPI em obras públicas brasileiras. Mesmo assim, os custos finais verdadeiros devem ser ajustados entre a construtora e os fornecedores (FELISBERTO et al., 2021).

2.4.2 Produtividade em sistemas de vedação vertical

Produtividade é a transformação dos recursos em produtos através de um processo (MAEDA; SOUZA, 2000; MORETTI, 2016). De acordo com Oliveira (1999), produtividade também pode ser definida como a relação entre produtos ou serviços e insumos; a quantidade de serviços ou bens produzidos por um fator de produção. É mensurada por meio de índices obtidos da razão entre uma determinada grandeza física de produção e um intervalo de tempo para realização do trabalho. Ademais, produtividade é a razão entre os resultados obtidos pelos recursos utilizados de tal maneira que ela aumenta quando os resultados aumentam ao manter os recursos constantes (MORETTI, 2016; WINCKLER, 2019). Pode-se definir ainda, segundo Maeda e Souza (2000), como a relação entre resultados obtidos e esforço despendido para executar um produto ou tarefa.

Segundo Oliveira, Dall'Oglio e Martini (1998), a produtividade se interliga diretamente com todos os processos que envolvem o método construtivo. Então, quando se aumenta a produtividade, eleva-se também a eficiência do serviço, ao produzir mais em menos tempo a partir dos processos disponíveis. Procura-se também, nesses processos, reduzir as perdas e desperdícios de materiais e mão-de-obra.

Segundo Oliveira (1999), a relevância de saber a produtividade de uma obra se deve a alguns fatores. O primeiro deles é a estimativa de custos de projetos futuros a partir de dados sobre a produtividade das obras passadas como, possivelmente, a melhor maneira de estimar os custos de projetos futuros. O segundo fator é que a determinação da produtividade é essencial para definir parâmetros os quais auxiliam no planejamento de obras. Enfim, o levantamento sistemático de índices de produtividade é crucial para programas de intervenção e melhoria dos processos produtivos.

Sobre esses índices de produtividade, eles são utilizados, segundo Oliveira (1999) para o controle de eficiência, por intermédio da comparação de valores de referências oriundas dos objetivos de projeto, dos índices históricos do setor e do

histórico das empresas. Além disso, são medidos usualmente em homens-hora na execução de um serviço, como no caso da alvenaria utilizada como vedação vertical ou no conjunto da obra. Por outro lado, autores como Oliveira, Dall'Oglio e Martini (1998), defendem que esse índice de produtividade concerne à quantidade de produtos produzidos num intervalo de tempo por um operário, tal como ocorre pela medição área de alvenaria executada por um pedreiro em um determinado período.

Outra forma de mensurar produtividade da mão-de-obra, e a mais abrangente na literatura, é por meio da razão unitária de produção (RUP), que pode ser diária, cumulativa ou potencial. A RUP diária, conforme o nome sugere, baseia-se na avaliação diária da produtividade da mão-de-obra. Para obtê-la, deve-se avaliar o esforço humano despendido, em homens-hora (Hh), para a quantidade de serviço produzido ao final de cada dia de execução do serviço. Quanto à RUP cumulativa, é determinada a cada dia a partir do acúmulo de homens-hora e de serviço desde o primeiro dia de trabalho. Por fim, a RUP potencial é a que representa uma produtividade potencialmente alcançável desde que não se tenha problemas quanto à gestão do trabalho e mantido um certo ritmo de execução (BARROS E LUTTEMBARCK, 2019; MORETTI, 2016; SALVADOR E MARCHIORI, 2012; SILVA, 2002; WINCKLER, 2019).

No que diz respeito à medição da produtividade da mão-de-obra, deve ser feita de forma cuidadosa (SOUZA, 2000). Sobre a equipe envolvida, deve-se atentar se essa é direta, ou seja, composta por operários envolvidos diretamente na atividade, se é direta e de apoio, isto é, se existem ajudantes além dos operários, ou se a equipe é global, com um inspetor.

A respeito dos fatores que afetam a produtividade, Picchi (1993) as menciona e as resume em quatro categorias distintas. A primeira delas é o fator gerencial, que engloba o planejamento da obra, comunicação entre a construtora e os pedreiros, a comunicação entre a construtora e os engenheiros além das capacidades gerenciais. A segunda categoria é a dos fatores de trabalho e ambiente, composta por: supervisão, habilidade dos trabalhadores, disponibilidade de mão-de-obra, motivação dos trabalhadores, satisfação no trabalho, atitudes dos empregados em relação à gerência, segurança no canteiro e disposições sindicais. A terceira é o fator de projeto, composto pelos desenhos e especificações, tempo requerido para decisões, planejamento do proprietário, grau de dificuldade do projeto e nível tecnológico. A

quarta e última categoria é a dos fatores relacionados aos recursos, tais como disponibilidade de materiais e ferramentas além da adequação de equipamentos.

Além desses fatores, Salvador e Marchiori (2012) afirmam que a produtividade e o consumo de materiais estão relacionados diretamente à habilidade da equipe da obra assim como a consciência com a obra em execução. Ademais, a supervisão da execução é determinante não só para a produtividade e o consumo, mas também para o controle da qualidade da obra, o qual deve ocorrer desde a execução da estrutura e das vedações (SALVADOR; MARCHIORI, 2012).

Especificamente sobre os sistemas de vedação vertical, Guimarães et al. (2021), Silva e Rohden (2019) indicam que a produtividade está associada ao material utilizado ao sistema de vedação. Por exemplo, placas *drywall* aumentam a velocidade de produção quando utilizadas no lugar da alvenaria convencional, o que indica produtividade elevada e gasto reduzido com a mão de obra (GUIMARÃES et al., 2021; SILVA E ROHDEN, 2019). Além do *drywall*, o concreto policloreto de vinil (PVC) é outro material utilizado em vedações que possibilita maior produtividade em obras da construção civil, visto que proporciona uma maior simplicidade construtiva (SILVA et al., 2018). Por fim, destaca-se que os processos produtivos não mantêm a constância ao longo do tempo. É comum que a produtividade seja, de certa forma, ineficiente no início de um serviço, mas que melhore com o tempo. Entretanto, perto do final, é comum haver uma queda na produtividade, por causa de um efeito conhecido como desmobilização. Por causa disso, os processos produtivos não geram os mesmos resultados sempre mesmo quando automatizados (HEZEL; OLIVEIRA, 2001).

2.4.3 Desperdícios na alvenaria de vedação e na construção civil

As definições de desperdício e de perda são abordadas de maneira diferente por autores. Segundo Souza (2005, p. 23), “perda é toda quantidade de material consumida além da quantidade teoricamente necessária que é aquela indicada no projeto e seus memoriais, ou demais prescrições do executor, para o produto sendo executado.”. Por outro lado, para Formoso (1994, p. 21),

O conceito de ‘perda’ na construção civil é associado frequentemente ao desperdício de materiais. No entanto, uma abordagem mais abrangente deve considerar os desperdícios como toda e qualquer ineficiência que se reflita no uso de equipamentos, materiais, mão-de-obra e capital em quantidades superiores àquela à produção da edificação.

Segundo a Resolução 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA – os resíduos de construção civil são os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras (CONAMA, 2002).

Essas definições comprovam a pluralidade que o assunto alcança e evidenciam a importância de se discutir o assunto, em vista de haver cada vez menos custos na construção e nos impactos ambientais, sejam eles pela extração de novos materiais ou pelo descarte e reaproveitamento de materiais.

As perdas são consequência de um processo de baixa qualidade; acarretam não somente uma elevação de custos, mas também um produto final com qualidade deficiente, por muitas vezes distante do ideal. As atividades de conversão, isto é, aquelas que envolvem o processamento dos materiais em produtos acabados, deveriam contar com processos mais eficientes, a fim de reduzir o desperdício e gerar produtos de qualidade satisfatória (FORMOSO, 1994). Esse é o caso da alvenaria de vedação, onde os materiais, tais como tijolos, argamassa e reboco, são preparados. Através de um processo de execução dão forma ao produto final.

As alvenarias de vedação são elementos tradicionalmente empregados na construção civil, responsáveis por grande parte do desempenho de uma edificação como um todo, pois determinam aspectos relativos ao conforto, à higiene, à saúde e à segurança de utilização (LORDSLEEM, 2012).

2.4.4 Estudos sobre custo, produtividade e desperdício

Dall Molin e Malandrin (2017) comparam, para habitações populares nacionais, os custos de diferentes vedações verticais, cada qual com um material distinto: alvenaria convencional, *light steel frame* e *wood frame*. No estudo deles, o orçamento final do modelo metálico provou ser o mais barato (R\$ 44.562,41), em virtude dos custos indiretos, contra os R\$ 47.304,69 da alvenaria convencional e R\$ 50.592,84 do modelo em madeira. Esses números comprovaram que tanto o *light steel frame* quanto o *wood frame*, que não são comumente empregados em obras no Brasil, podem competir contra a supremacia da alvenaria convencional no mercado nacional

de moradias populares, principalmente o metálico, o qual foi orçado com o menor preço dentre todos os materiais de vedação vertical.

Já Rosário (2017), divulga um estudo comparativo de custo e de tempo de construção, sob as mesmas condições meteorológicas, entre três materiais empregados a uma residência unifamiliar de um pavimento: a alvenaria estrutural com bloco cimentício, as paredes de concreto armado moldadas no local e a alvenaria em painéis modulares, também moldados no local. Dos resultados dessa pesquisa, concluiu-se que o material adotado não impacta o tempo de construção, visto que a demora em construir essa casa é a mesma para os três casos. No entanto, o orçamento da obra da vedação vertical é impactado. Em ordem crescente de custos totais, para a mesma área padronizada em 127,05 m², tem-se a alvenaria em painéis modulares (R\$ 167.330,71), a alvenaria estrutural em bloco cimentício (R\$ 177.781,76) e as paredes de concreto armado (R\$ 257.886,97) (ROSÁRIO, 2017). Segundo o autor, esse custo mais elevado das paredes de concreto, em comparação com os métodos de alvenaria, é explicado pelos seguintes fatores: custo do concreto; custos elevados para a aquisição de fôrmas, transporte e logística; e demanda em treinar e contratar uma mão-de-obra mais qualificada.

Por fim, ainda sobre custos de sistemas de vedações verticais, Silva (2002) compara os orçamentos entre processos construtivos com concreto armado e vedação em blocos cerâmicos (CACE), com alvenaria estrutural e vedação em blocos cerâmicos (AECE) e outra alvenaria estrutural, porém com blocos de concreto na vedação (AECO); todos para um edifício de quatro pavimentos, cada qual constituído por quatro apartamentos. O estudo detalha bem os custos de vários subsistemas da obra, a qual é realizada no estado do Paraná e em consonância com a legislação daquele estado. Especificamente para os elementos da vedação vertical da construção, que são as paredes e painéis, o revestimento interno e o revestimento externo, somados à mão-de-obra, têm-se os custos conforme divulgado na Tabela 1 (SILVA, 2002).

Da Tabela 1, evidencia-se que o orçamento do sistema de vedação vertical mais barato, no estudo de Silva (2002) é o com concreto armado com vedação em blocos cerâmicos, com valor de R\$ 17.839,62. O projeto com esse método é 60,5% mais barato que o empregado com alvenaria estrutural e vedação em blocos cerâmicos e 83,0% menos custoso que o de alvenaria estrutural e vedação em blocos de concreto.

Tabela 1: Custos com o material e com a mão-de-obra dos três processos construtivos analisados por Silva (2002).

Componentes dos SSV	Isumo	CACE	AECE	AECO
Paredes e painéis	Material	R\$ 7.280,89	R\$ 22.975,79	R\$ 26.972,34
	Mão-de-obra	R\$ 553,12	R\$ 1.282,71	R\$ 1.031,73
Revestimento externo	Material	R\$ 2.888,65	R\$ 1.842,53	R\$ 2.014,37
	Mão-de-obra	R\$ 333,42	R\$ 257,40	R\$ 256,65
Revestimento interno	Material	R\$ 6.196,93	R\$ 1.645,11	R\$ 1.748,56
	Mão-de-obra	R\$ 586,61	R\$ 630,74	R\$ 622,93
Custo total das vedações verticais		R\$ 17.839,62	R\$ 28.634,28	R\$ 32.646,58

Fonte: Adaptado de SILVA (2002)

A respeito da produtividade de sistemas de vedação vertical, Almeida (2010) compara a execução de fachadas com a alvenaria de blocos cerâmicos com revestimento de pastilha, chamada de sistema 1, e com painéis pré-fabricados arquitetônicos de concreto (PPAC), o qual é nomeado sistema 2. Recorda-se que, segundo as classificações apresentadas na seção 2.2.1, o sistema 1 é classificado como industrializado, pesado, sem função estrutural, de vedação externa de fachada, com execução por acoplamento a seco. Já o sistema 2 é do tipo racionalizado, pesado, sem função estrutural, de vedação externa de fachada, com execução por conformação.

Nesse estudo, Almeida (2010), concluiu que a maior vantagem apresentada pelo fornecedor da tecnologia de PPAC foi o potencial de incrementar, em nível industrial, o processo de produção da edificação. Entretanto, a produção de painéis para as fachadas apresentou características artesanais, em especial na fabricação, o que não aumentou nem a produtividade nem o nível da produção dos painéis. Segundo Almeida (2010), isso ocorre em virtude da inexistência de uniformidade no projeto arquitetônico, mas também em vista de a forma como este foi elaborado para execução ter sido com o método convencional, o qual teve que ser adaptado ao longo das decisões de elaboração do restante dos projetos.

Esse estudo também concluiu que a maior vantagem do uso do PPAC nas fachadas foi a rápida velocidade de execução, isto é, o sistema de vedação vertical apresentou grau elevado de produtividade, característica essa amparada pelo planejamento voltado à eficiência da montagem dos painéis, e pôde, assim, reduzir os prazos de entrega da obra e os custos de mão-de-obra. Por fim, Almeida (2010) indica que, como os processos construtivos tendem à industrialização, é preciso que os

profissionais da construção civil se aperfeiçoem melhor no ofício através de treinamento e motivação. Ademais, é necessário, desenvolver manuais e normas técnicas que estabeleçam parâmetros no âmbito técnico de maneira que critérios de desempenho, coordenação dimensional, padronização e tolerâncias sejam todos estabelecidos.

Sobre as vantagens e as desvantagens dos métodos construtivos parede em alvenaria de blocos cerâmicos e parede de concreto armado moldada no local com fôrmas metálicas, Santos (2013) as resume no Quadro 1. Cabe salientar que a categorização das vantagens e desvantagens é relativa em alguns casos, isto é, depende da ótica que se avalia.

Quadro 1: Vantagens e desvantagens dos métodos construtivos de vedação vertical com parede de concreto e parede de alvenaria segundo Santos (2013).

Método Construtivo	Parede de concreto	Parede em alvenaria
Vantagens	Velocidade de execução	Facilidade de composição dos elementos de qualquer forma e dimensão
	Garantia de cumprimento de prazos	
	Industrialização do processo	
	Maior controle de qualidade	Baixa inversão de capital na produção
	Qualificação da mão de obra	Total disponibilidade de matéria prima
	Eliminação do chapisco e reboco	Boa estanqueidade à água
	Abertura exata dos vãos	Boa resistência ao fogo
Desvantagens	O conjunto de fôrma é predeterminado, restringindo eventuais modificações	As soluções construtivas são improvisadas durante a execução do serviço
		Qualidade deficiente dos materiais e da execução
	A viabilidade se dá apenas com elevado número de repetições	Muitos retrabalhos na execução dos rasgos para passagem de tubulações e eletrodutos;
	Alto custo das fôrmas pode inviabilizar o processo	Necessidade de revestimento adicional para a busca de uma textura lisa.

Fonte: Adaptado de SANTOS (2013).

No que diz respeito às vantagens das edificações *wood frame* em contraste com as de alvenaria, Brügemann (2017) fez a modelagem de um projeto residencial unifamiliar com a estrutura de madeira e comparou com um equivalente, porém

confeccionado com alvenaria. Nesse estudo, foi constatado que o *wood frame* ocasionou uma economia de 30% com os custos de construção, além de atender a todos os requisitos mínimos de desempenho da NBR 15.575 (ABNT, 2013b) abordados, em contraste da edificação projetada com alvenaria, a qual falha em atender algumas exigências térmicas no inverno. Por causa do desempenho térmico insuficiente, mesmo fazendo alterações de projeto para aumentar a ventilação natural, a residência projetada com alvenaria requer mais uso de ar-condicionado no verão e de calefação no inverno, o que eleva o consumo de energia elétrica. Por fim, esse estudo concluiu que os custos com manutenção ao longo da vida útil são 53% maiores na edificação de alvenaria em comparação com a de *wood frame* e que este último é, portanto, o mais barato quando considerados os custos globais (BRÜGEMANN, 2017).

Finalmente, Moretti (2016) realizou um estudo em dois apartamentos modelos tal que um é executado com alvenaria convencional enquanto o outro com alvenaria racionalizada. Isso com o objetivo de gerar subsídios para a escolha na maneira de execução da vedação vertical e ao considerar a produtividade da mão-de-obra, o consumo de materiais, o que inclui os desperdícios, e a qualidade do produto final.

Apesar do consumo menor da alvenaria racionalizada, tal estudo resultou em um custo mais elevado dessa alvenaria, com uma diferença de R\$ 131.346,59 a mais em relação à alvenaria convencional, tal que grande parte dessa diferença provém do preço total dos blocos, os quais são altos na racionalizada em virtude da ocorrência de desperdício significativo de argamassa (MORETTI, 2016). Já na alvenaria convencional, o desperdício provém dos blocos quebrados, os quais possuíam qualidade inferior aos do projeto com alvenaria racionalizada e, por isso, representavam uma porção considerável do total de entulho. Em ambos os projetos, no entanto, os valores elevados de desperdício podem estar relacionados ao consumo (MORETTI, 2016).

O autor do estudo concluiu que a viabilidade da alvenaria racionalizada depende da redução do custo dos blocos, e que isso pode ser alcançado quando contratados fornecedores mais próximos ao local da execução da obra, o que diminuiria o custo e o desperdício associados ao transporte (MORETTI, 2016).

Além do custo mais elevado, Moretti (2016) afirma que a grande variedade de blocos do projeto com alvenaria racionalizada dificultou a execução por parte do oficial, o que pode ter contribuído para reduzir a produtividade. Entretanto, a alvenaria

racionalizada apresentou um menor indicador de perda de materiais e um menor consumo de argamassa para o assentamento. Esclarecido tudo isso, Moretti (2016) constata que o sistema racionalizado apresenta um grande potencial para a melhoria da produtividade e, assim, poder ser usado em grande escala.

3 METODOLOGIA

Este capítulo apresenta os procedimentos metodológicos utilizados para o desenvolvimento deste trabalho de conclusão de curso. Em vista dos objetivos apresentados no capítulo 1, esta pesquisa é caracterizada pelo teor descritivo, uma vez que proporciona maior familiaridade com o tema, de modo a fazer comparações, evidenciar particularidades e levantar hipóteses por meio, no caso deste TCC, de uma pesquisa bibliográfica (GIL, 1991).

A coleta dos dados foi realizada a partir de artigos e trabalhos acadêmicos de repositórios de universidades brasileiras, dos acervos do INFOHAB (Centro de Referência e Informação em Habitação) e CBIC (Câmara Brasileira da Indústria da Construção), mas também dos acervos científicos Scielo e Google Acadêmico. Também foram consultadas revistas eletrônicas, anais de congressos e empresas do mercado da construção civil com a finalidade de diversificar as fontes das informações. Durante as buscas fez-se uso de palavras-chave, tais como “sistemas de vedação vertical”, “vedação vertical”, “tipos de sistemas de vedação”. Durante essa etapa, procurou-se por trabalhos que contivessem informações pertinentes às características construtivas; aos custos e desperdícios; aos desempenhos acústico e térmico; à durabilidade; à produtividade e velocidade na execução; e à amplitude da aplicação. Isso se deve ao fato de que todas essas informações serão usadas na análise qualitativa realizada no capítulo 4. Tal pesquisa resultou na seleção e análise de dezessete referências, distribuídas dentre as seguintes categorias:

- a) Um artigo publicado em anais de congresso;
- b) Dois artigos publicados em revistas técnicas de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo;
- c) Dois artigos publicados em revistas científicas;
- d) Três Trabalhos de Conclusão de Curso;
- e) Duas dissertações;
- f) Uma tese;
- g) Dois livros;
- h) Dois capítulos de livro;
- i) Dois boletins técnicos.

No Quadro 2, são mostradas as dezessete referências bibliográficas, enumeradas pela ordem alfabética dos sobrenomes dos autores. Nele, também

constam informações tais como título, categoria e banco de dados onde foram encontradas. Demais informações podem ser constatadas na seção de Referências Bibliográficas deste TCC.

Quadro 2: Referências utilizadas para análises dos processos.

Autor(es)	Título	Ano	Categoria	Banco de Dados
BEIER, A. V. et al	<i>O Uso do Sistema Construtivo Wood Frame Relacionado a Propriedades Térmicas Sustentáveis em Comparação com o Método de Alvenaria Convencional em Edificações</i>	2017	Artigo publicado em anais de congresso	Google Acadêmico
BRÜGGEMANN, C.	<i>Comparativo entre alvenaria e wood frame ao longo da vida útil</i>	2017	TCC	Repositório UFSC
CESAR, C.; ROMAN, H	<i>Inovação Tecnológica na Construção Habitacional</i>	2006	Capítulo de livro	Acervo INFOHAB
CESAR, C.	<i>Desempenho estrutural de painéis pré-fabricados com blocos cerâmicos</i>	2007	Tese	Repositório UFSC
DALL MOLIN, B. H. C.; MALANDRIN, L. L.	<i>Comparativo de custo entre os sistemas construtivos alvenaria convencional, light steel frame e wood frame para habitação popular</i>	2017	TCC	Repositório UTFPR
GOMES, J. O.; LACERDA, J. F. S. B.	<i>Uma visão mais sustentável dos sistemas construtivos no Brasil: análise do estado da arte</i>	2014	Artigo de revista científica	Google Acadêmico
LOURENÇON, A. C.	<i>Debate: Conheça as características do steel framing, sistema que garante obra rápida com mínima geração de resíduos</i>	2011	Artigo de revista técnica	Revista AU
MACEDO, D. B. G.	<i>Análise de isolamento sonoro de sistemas construtivos residenciais estruturados em aço</i>	2004	Dissertação	Repositório UFMG

Autor(es)	Título	Ano	Categoria	Banco de Dados
MENDES, M. C. M.; FABRICIO, M. M.; IMAI, C.	<i>Sistemas construtivos inovadores no contexto do SiNAT: normativas, produção e aplicações de painéis de vedação</i>	2017	Capítulo de livro	Google Acadêmico
MOURA, R. S. L. M.; BERTINI, A. A.; HEINECK, L. F. M.	<i>Catálogo de inovação na construção civil</i>	2016	Livro	Acervo CBIC
OLIVEIRA, L. A.; SABBATINI, F. H.	<i>Tecnologia de painéis pré-fabricados arquitetônicos de concreto para emprego em fachadas de edifícios</i>	2003	Boletim técnico	Acervo INFOHAB
SANTOS, E. B.	<i>Estudo comparativo de viabilidade entre alvenaria de blocos cerâmicos e paredes de concreto moldadas no local com fôrmas metálicas em habitações populares</i>	2013	TCC	Repositório UTFPR
SILVA, A.	<i>Comparação de custos entre os processos construtivos em concreto armado e em alvenaria estrutural em blocos cerâmico e de concreto</i>	2002	Dissertação	Repositório UFSC
SILVA, F.	<i>Sistemas Construtivos: Paredes de concreto armado moldadas in loco</i>	2011	Artigo de revista técnica	Revista Técnica
SILVA, M.; SILVA, V.	<i>Painéis de Vedação</i>	2004	Livro	Acervo BU UFSC
SILVA, V.; JOHN, V.	<i>Painéis em Cimento Reforçado com Fibras de Vidro (GRC)</i>	1998	Boletim técnico	Acervo INFOHAB
SOTSEK, N.; SANTOS, A. P. L.	<i>Panorama do sistema construtivo light wood frame no Brasil</i>	2018	Artigo de revista científica	Scielo

Fonte: Autoria própria.

Dessa pesquisa, foram delimitados oito sistemas de vedação vertical, enumerados a seguir:

- a) Alvenaria convencional;

- b) Paredes maciças moldadas no local;
- c) Painéis pré-fabricados de blocos cerâmicos;
- d) Painéis pré-fabricados de concreto;
- e) Painéis pré-fabricados de concreto reforçado com fibra de vidro (GRC);
- f) Painéis pré-fabricados de poliestireno (EPS) e placas cimentícias;
- g) *Steel frame*;
- h) *Wood frame*.

As informações coletadas foram tabuladas e os sistemas são comparados através de cada aspecto pesquisado. A representação é feita mediante a utilização de cores que permitiram a categorização de pontos positivos, negativos e neutros, destacados em verde, vermelho e amarelo, respectivamente nos quadros do capítulo seguinte. Então, em verde, a característica analisada possui mais vantagens que desvantagens de modo que o sistema receba uma classificação positiva; em amarelo, as vantagens e as desvantagens se contrabalançam de forma que o sistema seja classificado como neutro; por fim, em vermelho, as desvantagens sobressaem-se em número sobre as vantagens de maneira que a classificação dos sistemas de vedação seja negativa. Cabe lembrar que não está no escopo do trabalho avaliar os pesos das vantagens e desvantagens.

Por meio dessa classificação, também é possível promover uma análise qualitativa sobre as particularidades de cada SVV estudado, bem como a predominância ou equilíbrio dos tópicos positivos ou negativos de cada sistema, para cada uma das sete principais categorias de informações coletadas. Então, faz-se uma comparação dos oito tipos de SVV por meio de uma análise de cada informação pesquisada de maneira que cada uma seja retratada em uma seção diferente no capítulo 4. Essas informações são:

- a) Características construtivas;
- b) Custos e desperdícios;
- c) Desempenho térmico e acústico;
- d) Durabilidade;
- e) Produtividade e velocidade de execução;
- f) Amplitude de aplicação e informações adicionais;
- g) Principais particularidades.

Por fim, são explanadas as considerações finais sobre os sistemas de vedação vertical mais vantajosos com base em todo conteúdo coletado e pela ponderação das análises realizadas.

4 RESULTADOS E ANÁLISES

Neste capítulo, são apresentados separadamente os dados referentes a cada parâmetro avaliado para os sistemas construtivos de vedações verticais. Além disso, são feitos comentários sobre a análise dos resultados. A seção 4.7 traz o quadro comparativo completo.

4.1 CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS

Esta seção aborda as características construtivas de cada sistema de vedação avaliado, tal como expostas no Quadro 3. No quadro, ainda não foi feita a categorização por cores que diferenciem os aspectos positivos dos negativos entre os sistemas.

Quadro 3: Características construtivas dos diferentes sistemas de vedação vertical.

Sistemas de Vedação Vertical	Características Construtivas
Alvenaria Convencional	<ul style="list-style-type: none"> • Composto por blocos cerâmicos e argamassa; • Necessidade de revestimentos adicionais para ter textura lisa.
Paredes maciças moldadas no local	<ul style="list-style-type: none"> • Composto por paredes estruturais maciças de concreto comum moldadas no local, armadas com telas metálicas eletrosoldadas (posicionadas no centro das paredes).
Painéis pré-fabricados de blocos cerâmicos	<ul style="list-style-type: none"> • Fabricados em formas, com duas camadas de concreto armado (ou protendido) e enchimento com bloco cerâmico de espessura reduzida; • Chega ao canteiro pronto para montagem (com revestimento externo, esquadrias instaladas e tubulações elétricas embutidas).
Painéis pré-fabricados de concreto	<ul style="list-style-type: none"> • Formas de aço ou poliéster reforçado com fibra de vidro (de comprimento, espessura e forma variados) recebem o concreto com mistura de agregados, água e cimento e armação de aço; • Vedação externa pesada.
Painéis pré-fabricados de concreto reforçado com fibra de vidro (GRC)	<ul style="list-style-type: none"> • Geometria simples ou sanduíche (com material interno de isolamento), o concreto é misturado com fibra de vidro; • Vedação externa leve.
Painéis pré-fabricados de EPS e placas cimentícias	<ul style="list-style-type: none"> • Compostos por perfis metálicos e painel de EPS (com recorte para tubulações elétricas e hidráulicas) entre duas placas cimentícias; • Vedação externa/interna leve.
Steel Frame	<ul style="list-style-type: none"> • Composto por estruturas de perfis de aço galvanizado, isolante termoacústico e fechamentos por placas (cimentícias, de madeira, <i>drywall</i>, entre outros).
Wood Frame	<ul style="list-style-type: none"> • Composto por estrutura geralmente de <i>Pinus</i>, material isolante térmico/acústico; • Fechamento externo realizado em chapas de tiras de madeira orientadas (OSB) e membrana hidrófuga, revestidas de placas cimentícias, e fechamento interno em chapas de gesso acartonado.

Fontes: Beir et al. (2017), Brüggemann (2017), Cesar; Roman (2006), Cesar (2007), Dall Molin; Malandrin (2017), Gomes; Lacerda (2014), Lourençon (2011), Macedo (2004), Mendes; Fabricio; Imai (2017), Moura; Bertini; Heick (2016), Oliveira; Sabbatini (2003), Santos (2013), Silva (2002), Silva (2011), Silva; Silva (2004), Silva; John (1998), Sotsek; Santos (2018).

4.2 CUSTOS E DESPERDÍCIOS

Esta seção aborda os dados referentes ao custo do sistema e ao desperdício de forma geral, inclusive material, tempo e mão de obra, conforme resumido no Quadro 4. Cabe lembrar que os aspectos positivos são destacados em verde, neutros em amarelo e negativos em vermelho.

Quadro 4: Custos e desperdícios em sistemas de vedação vertical.

Sistemas de Vedação Vertical	Custos e Desperdício
Alvenaria Convencional	<ul style="list-style-type: none"> • Baixo custo em geral, especialmente dos materiais; • Alto consumo de mão de obra; • Grande desperdício (perdas, instalação de dutos).
Paredes maciças moldadas no local	<ul style="list-style-type: none"> • Custo de produção maior (formas e concreto), porém com menor custo de mão de obra, revestimentos, entre outros; • Alto custo de reforma; • Menor desperdício se comparado ao sistema convencional.
Painéis pré-fabricados de blocos cerâmicos	<ul style="list-style-type: none"> • Menor custo de produção pela redução da mão de obra e de resíduos gerados no canteiro.
Painéis pré-fabricados de concreto	<ul style="list-style-type: none"> • Redução da mão de obra e de resíduos gerados no canteiro, pela padronização e industrialização; • Alto custo (especialmente na necessidade de painéis diferenciados).
Painéis pré-fabricados de concreto reforçado com fibra de vidro (GRC)	<ul style="list-style-type: none"> • Redução da mão de obra e de resíduos gerados no canteiro; • Bom custo-benefício, especialmente por proporcionar variáveis aplicações.
Painéis pré-fabricados de EPS e placas cimentícias	<ul style="list-style-type: none"> • Alto custo de mão de obra e de materiais, em comparação ao sistema convencional; • Boa relação custo-benefício, baixo desperdício.
<i>Steel Frame</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Custos comparáveis ao sistema convencional (por conta do custo do aço, mão de obra e mercado ainda reduzido); • Baixa geração de resíduos e índice de desperdício.
<i>Wood Frame</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Custos muito competitivos, menores que os de sistemas convencionais; • Redução de mão de obra e de resíduos gerados no canteiro; • Maior parte do custo concentrado na fábrica (indústria).

Fontes: Beir et al. (2017), Brüggemann (2017), Cesar; Roman (2006), Cesar (2007), Dall Molin; Malandrin (2017), Gomes; Lacerda (2014), Lourençon (2011), Macedo (2004), Mendes; Fabricio; Imai (2017), Moura; Bertini; Heick (2016), Oliveira; Sabbatini (2003), Santos (2013), Silva (2002), Silva (2011), Silva; Silva (2004), Silva; John (1998), Sotsek; Santos (2018).

Categorizar os sistemas quanto ao custo e ao desperdício simultaneamente exige cautela e deve-se levar em conta as particularidades de cada projeto. Alguns fatores, como, por exemplo, o tempo de execução, podem ser determinantes quanto à escolha do sistema mais desejado.

Destacam-se, na análise, como aspectos positivos (cor verde), a baixa geração de resíduos, a redução da mão de obra e os custos baixos e competitivos,

quando comparados ao sistema mais convencional – alvenaria de blocos cerâmicos e argamassa. Os sistemas *wood frame* e *steel frame*, em geral, apresentam custos mais baixos, exceto na mão de obra, que precisa ser mais especializada, portanto mais cara. Além do que, o desperdício destes dois últimos sistemas de vedação é mais baixo, uma vez que os materiais utilizados são produtos pré-fabricados em indústria, o que também contribui para o menor tempo de execução destes sistemas, se comparados ao sistema tradicional.

Outros dois sistemas que se destacaram positivamente nesta análise foram os painéis pré-fabricados, tanto os de blocos cerâmicos quanto os de concreto reforçado com fibra de vidro. É sabido que os processos industrializados viabilizam a minimização de custos, de perdas de material e de mão de obra, o que possibilita, portanto, uma construção mais econômica, limpa, sustentável e em menor tempo.

No Quadro 4, há também os sistemas classificados como neutros (cor amarela), isto é, aqueles que as vantagens e as desvantagens se contrabalançam, tal como o alto custo, porém com menor desperdício, comparado com a alvenaria convencional, dos sistemas de paredes maciças moldadas no local, os painéis pré-fabricados de concreto e os painéis pré-fabricados de poliestireno expandido (EPS) e placas cimentícias.

Os sistemas industrializados que utilizam painéis pré-fabricados se destacam por terem baixo desperdício de materiais e diminuir a necessidade de mão de obra, visto que são processos mais aprimorados. O que levou esses métodos a serem classificados como neutros nesse trabalho foi o custo mais elevado de materiais, incrementado pela industrialização para a produção de formas, painéis de formatos e tamanhos diferenciados (não padronizados), além do processo para produzir o próprio EPS.

A respeito da alvenaria convencional, com blocos de cerâmica e argamassa, este é o sistema mais utilizado no Brasil, principalmente por possuir baixo custo de materiais e de mão de obra, além de ser bem conhecido e difundido em todas as regiões do país, o que justifica sua ampla utilização (CESAR, 2007; DALL MOLIN E MALANDRIN, 2017; SILVA, 2002). No entanto, tal sistema não pode ser considerado sustentável em virtude do alto consumo de materiais, da geração de entulhos, do alto desperdício com retrabalho, com necessidades de cortes e ajustes. Por possuir mais desvantagens do que vantagens, é, então, o único sistema classificado negativamente (cor vermelha) pela métrica dos custos e desperdícios.

4.3 DESEMPENHO TÉRMICO E ACÚSTICO

O desempenho térmico e acústico é um fator importante em habitações. Uma edificação projetada corretamente para o clima no qual está inserida traz conforto ao usuário, além de ter o potencial de economizar energia. Nesta seção, classificam-se os sistemas de vedação vertical, de acordo com esses dois critérios e a mesma lógica de cores adotada previamente, em positivos e neutros novamente. No Quadro 5, estão resumidas as principais características de cada SVV.

Quadro 5: Sistemas de vedação vertical de acordo com o desempenho térmico e acústico.

Sistemas de Vedação Vertical	Desempenho térmico e acústico
Alvenaria Convencional	• Bom desempenho térmico e acústico.
Paredes maciças moldadas no local	• Excelente isolamento térmico e acústico devido ao desempenho de resistência do concreto a processos químicos e físicos.
Painéis pré-fabricados de blocos cerâmicos	• Similar à alvenaria comum, o sistema atende às exigências de desempenho de unidades habitacionais de padrão popular, requerendo adaptações para uso em outras tipologias.
Painéis pré-fabricados de concreto	• Bom desempenho térmico e acústico; • Resistência ao fogo.
Painéis pré-fabricados de concreto reforçado com fibra de vidro (GRC)	• Bom desempenho térmico e acústico especialmente em modulação sanduíche; • Em alguns casos, o isolamento térmico em situações de incêndio não é de grande eficácia.
Painéis pré-fabricados de EPS e placas cimentícias	• Bom desempenho térmico e acústico, materiais de baixa condutividade térmica e boa absorção de som; • Material incombustível.
<i>Steel Frame</i>	• Bons níveis de isolamento térmico e acústico.
<i>Wood Frame</i>	• Empregado em climas variados, atende com excelência a questões de ruídos e conforto climático; • Isolamento superior ao sistema convencional de alvenaria (materiais com baixa condutividade térmica).

Fontes: Beir et al. (2017), Brüggemann (2017), Cesar; Roman (2006), Cesar (2007), Dall Molin; Malandrin (2017), Gomes; Lacerda (2014), Lourençon (2011), Macedo (2004), Mendes; Fabricio; Imai (2017), Moura; Bertini; Heick (2016), Oliveira; Sabbatini (2003), Santos (2013), Silva (2002), Silva (2011), Silva; Silva (2004), Silva; John (1998), Sotsek; Santos (2018).

A alvenaria convencional, apesar do seu eficaz desempenho térmico e acústico, pode ser eventualmente associada a outras soluções construtivas, tal como a utilização de manta de isolamento e acabamento interno da parede em gesso acartonado, por exemplo, com o intuito de aumentar a espessura e, assim, conferir um melhor desempenho. Já as paredes maciças e os painéis pré-fabricados são

sistemas com maior controle de qualidade de produção, ou seja, estão menos sujeitos a irregularidades na execução que venham a comprometer o desempenho.

Os painéis pré-fabricados de concreto com fibra de vidro são de elevado desempenho térmico e acústico, principalmente se associados a outras técnicas construtivas, como placas de cerâmica e gesso, em modulação sanduíche. Deve-se atentar para a resistência ao fogo, uma vez que o sistema costuma ser mais fino e leve que os outros, o que pode afetar o desempenho com mais facilidade se não for associado a outras técnicas. Assim como nos painéis de concreto com fibra de vidro, os sistemas *steel frame* e *wood frame* proporcionam bons níveis de desempenho térmico e acústico, visto que se associam a outras técnicas construtivas com materiais de baixa condutividade térmica.

Portanto, pode-se compreender que os sistemas mais satisfatórios, em termos de desempenho, são aqueles que se associam à técnica construtiva de sanduíche com materiais diversos. Ademais, em geral, todos os sistemas apresentados neste trabalho possuem bons índices de desempenho térmico e acústico. As diferenças entre eles são as características que os diferentes materiais proporcionam, em termos de desempenho e conforto, em conjunto com as técnicas construtivas. Por fim, cabe destacar que os sistemas de esquadrias também impactam diretamente na vedação das edificações. Por isso, as soluções que proporcionam melhores desempenhos também devem ser avaliadas com cautela.

4.4 DURABILIDADE

Nesta seção, classificam-se os SVV, de acordo com a durabilidade. No Quadro 6, estão resumidas as principais características de cada SVV. De imediato, nota-se que todos os sistemas são duradouros, ou seja, classificação positiva.

A durabilidade das edificações bem como seus sistemas de vedação é intimamente relacionada à qualidade dos materiais utilizados, a problemas de projeto e de execução, e à falta de manutenção adequada. Além disso, a durabilidade está relacionada com o desempenho dos materiais sob determinadas condições ambientais. Logo, comparar a durabilidade de diferentes sistemas de vedação vertical se torna uma tarefa complexa, visto que, além de utilizarem materiais diversos, todos os sistemas são considerados duradouros. A diferença entre eles é o tipo e a frequência da manutenção exigida ao longo dos anos.

Quadro 6: Sistemas de vedação vertical de acordo com a durabilidade.

Sistemas de Vedação Vertical	Durabilidade
Alvenaria Convencional	<ul style="list-style-type: none"> • Boa durabilidade; • Um dos mais propensos a apresentar patologias.
Paredes maciças moldadas no local	<ul style="list-style-type: none"> • Boa durabilidade, patologias mais controladas (como fissuras ou rachaduras).
Painéis pré-fabricados de blocos cerâmicos	<ul style="list-style-type: none"> • Similar a alvenaria tradicional.
Painéis pré-fabricados de concreto	<ul style="list-style-type: none"> • Grande durabilidade; • Cuidados com manutenção comum para concreto (manchas, corrosão de armação, etc.).
Painéis pré-fabricados de concreto reforçado com fibra de vidro (GRC)	<ul style="list-style-type: none"> • Boa durabilidade, pela resistência conferida ao concreto; • Necessária atenção no tipo de fibra, por conta da alcalinidade do cimento.
Painéis pré-fabricados de EPS e placas cimentícias	<ul style="list-style-type: none"> • Boa durabilidade.
<i>Steel Frame</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Boa durabilidade, com excelente capacidade de resistência a impactos físicos, intempéries e corrosão;
<i>Wood Frame</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Boa durabilidade, comparável à alvenaria convencional; • Boa resistência a impactos físicos e intempéries; • Pode haver tratamento da madeira, o que garante o desempenho da estrutura.

Fontes: Beir et al. (2017), Brüggemann (2017), Cesar; Roman (2006), Cesar (2007), Dall Molin; Malandrin (2017), Gomes; Lacerda (2014), Lourençon (2011), Macedo (2004), Mendes; Fabricio; Imai (2017), Moura; Bertini; Heick (2016), Oliveira; Sabbatini (2003), Santos (2013), Silva (2002), Silva (2011), Silva; Silva (2004), Silva; John (1998), Sotsek; Santos (2018).

A alvenaria convencional, juntamente com os painéis pré-fabricados de blocos cerâmicos, são os mais propensos a manifestarem patologias, como fissuras e rachaduras. Os sistemas mais industrializados, se bem executados e com materiais de qualidade, costumam apresentar menos patologias com o passar o tempo.

4.5 PRODUTIVIDADE E VELOCIDADE DE EXECUÇÃO

Nesta seção, classificam-se os SVV, de acordo com a produtividade e a velocidade de execução. No Quadro 7, estão resumidas as principais características de cada SVV, com os positivos em verde os negativos em vermelho.

Quadro 7: Sistemas de vedação vertical de acordo com a produtividade e a velocidade de execução.

Sistemas de Vedação Vertical	Produtividade / Velocidade de Execução
Alvenaria Convencional	<ul style="list-style-type: none"> • Baixa produtividade, o que demanda mais tempo de execução; • Não requer mão de obra especializada.
Paredes maciças moldadas no local	<ul style="list-style-type: none"> • Alta produtividade, até o dobro da alvenaria convencional; • Maior controle do enquadramento.
Painéis pré-fabricados de blocos cerâmicos	<ul style="list-style-type: none"> • Maior produtividade e controle de qualidade; • Menor prazo de execução.
Painéis pré-fabricados de concreto	<ul style="list-style-type: none"> • Maior produtividade; • Menor prazo de execução; • Pode ser produzido na própria obra.
Painéis pré-fabricados de concreto reforçado com fibra de vidro (GRC)	<ul style="list-style-type: none"> • Maior produtividade e menor prazo de execução comparada a métodos tradicionais.
Painéis pré-fabricados de EPS e placas cimentícias	<ul style="list-style-type: none"> • Alta produtividade comparada aos métodos convencionais.
<i>Steel Frame</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Rapidez na execução; • Requer mão de obra qualificada.
<i>Wood Frame</i>	<ul style="list-style-type: none"> • A maior parte do processo é industrializado; • Rapidez na execução; • Requer mão de obra qualificada.

Fontes: Beir et al. (2017), Brüggemann (2017), Cesar; Roman (2006), Cesar (2007), Dall Molin; Malandrín (2017), Gomes; Lacerda (2014), Lourençon (2011), Macedo (2004), Mendes; Fabricio; Imai (2017), Moura; Bertini; Heick (2016), Oliveira; Sabbatini (2003), Santos (2013), Silva (2002), Silva (2011), Silva; Silva (2004), Silva; John (1998), Sotsek; Santos (2018).

Entre os sistemas de vedação apresentados, o que se destaca pela baixa produtividade é a alvenaria convencional. O sistema possui altos índices de desperdício de materiais e de geração de resíduos, principalmente por conta do uso excessivo de argamassa e da necessidade de instalar as tubulações hidráulicas e elétricas na alvenaria finalizada, o que demanda a abertura, e posterior fechamento com argamassa novamente, das paredes. Esses motivos, juntamente com o processo rudimentar de execução, é a causa de a alvenaria convencional ter o tempo de execução mais longo dentre todos os outros sistemas. O sistema de painéis pré-fabricados de blocos cerâmicos possui maior produtividade que a alvenaria comum, porque otimiza a execução, o transporte e a acomodação, além de oferecer maior controle da produção de maneira a evitar desperdícios em excesso. Ademais, há um maior controle do enquadramento dos módulos por conta da utilização de moldes e do monitoramento da execução durante a pré-fabricação.

Assim, pode-se aferir que os outros sistemas pré-fabricados apresentados (de concreto, concreto com fibra de vidro, EPS e placas cimentícias) também garantem uma maior produtividade. Isso se deve, principalmente, à velocidade da execução,

visto que ela não fica completamente associada à eficiência da mão de obra e às condições climáticas, por exemplo. Os produtos finais ficam sujeitos ao controle de qualidade de fábrica a fim de garantir menor custo final, economia de insumos, melhor organização dos canteiros, o que assegura maior sustentabilidade e eficiência a todo o processo. Por conseguinte, esses sistemas apresentam maior produtividade.

Por fim, o *steel frame* e o *wood frame* também se caracterizam por serem sistemas de construção pré-fabricados e, portanto, são de alta produtividade por contarem com os benefícios da rapidez na execução, da economia de materiais, entre outros. Todavia, a mão de obra, nesses casos, precisa ser ainda mais qualificada, e, como esses sistemas ainda não são muito disseminados nacionalmente, torna-se mais custosa, o que reflete desfavoravelmente no conceito global de produtividade.

4.6 AMPLITUDE DE APLICAÇÃO E INFORMAÇÕES ADICIONAIS

Nesta seção, classificam-se os SVV, de acordo com a amplitude de aplicação. Informações a respeito são descritas para cada um dos SVVs no Quadro 8. Os pontos positivos estão elencados em verde, os neutros em amarelo e os negativos em vermelho. Ademais, esta análise possui o objetivo de evidenciar as particularidades bem como discutir os pontos favoráveis e desfavoráveis relativos à aplicação característica de cada sistema de vedação vertical.

A alvenaria convencional proporciona flexibilidade e versatilidade de formas e criações, porque a simplicidade da execução permite as vedações de se adaptarem às diferentes demandas de projetos. Essas características conferem à alvenaria convencional uma grande amplitude de aplicação, juntamente com a grande disponibilidade de matérias-primas em todo o território nacional. Esse tipo de sistema requer o uso de revestimentos que auxiliem na estanqueidade, a fim de evitar patologias relacionadas à infiltração de água. Dentre as patologias mais comuns, destaca-se a falta de prumo e nível, provenientes de uma execução não adequada.

Quadro 8: Amplitude de aplicação e informações de sistemas de vedação vertical.

Sistemas de Vedação Vertical	Amplitude de aplicação	Informações sobre aplicação
Alvenaria Convencional	<ul style="list-style-type: none"> Boa flexibilidade e versatilidade, devido à facilidade de adaptação aos projetos. 	<ul style="list-style-type: none"> Total disponibilidade de matérias primas em qualquer região; É comum o desenvolvimento de patologias por falta de prumo, nível e vedação adequada; Necessidade de revestimentos para estanqueidade.
Paredes maciças moldadas no local	<ul style="list-style-type: none"> Atendem principalmente a leiautes diferenciados, pela possibilidade de montagem de formas (madeira, aço ou plástico) de acordo com projeto. 	<ul style="list-style-type: none"> Destinado a edificações de até cinco andares; Sem necessidade de chapisco nem de reboco, apenas revestimento calfinado (ou gesso) e pintura.
Painéis pré-fabricados de blocos cerâmicos	<ul style="list-style-type: none"> Menor flexibilidade e versatilidade. 	<ul style="list-style-type: none"> Sem restrições quanto ao clima da região; Materiais da alvenaria comum facilmente encontrados.
Painéis pré-fabricados de concreto	<ul style="list-style-type: none"> Variabilidade arquitetônica com produção de acordo com a necessidade. 	<ul style="list-style-type: none"> O grande peso pode dificultar o manuseio e o transporte até a obra; Necessidade de juntas de aplicação; Aplicação mais recorrente em grandes obras; Necessidade ocasional de escoramento até travamento.
Painéis pré-fabricados de concreto reforçado com fibra de vidro (GRC)	<ul style="list-style-type: none"> A fibra proporciona grande flexibilidade de formas (alta plasticidade), dimensões, cores e texturas, sem restrições. 	<ul style="list-style-type: none"> Painéis mais resistentes a impactos, à tração e à flexão; Possibilitam maior facilidade no manuseio, no transporte e na aplicação; Melhor acabamento; Necessita de elemento de fixação (em alguns casos, perfis de aço) e juntas (para a dilatação e a estanqueidade).
Painéis pré-fabricados de EPS e placas cimentícias	<ul style="list-style-type: none"> Pouca flexibilidade de formas, porque os painéis são fabricados em tamanhos únicos, sem a possibilidade de peças curvas. 	<ul style="list-style-type: none"> Requer mão de obra especializada; Acabamento excelente, sem necessidade de reboco; Necessidade de juntas.
<i>Steel Frame</i>	<ul style="list-style-type: none"> Dificuldade de aceitação do mercado nacional (indústria não difundida, percepção de estrutura leve e não confiável); Flexibilidade e versatilidade construtiva. 	<ul style="list-style-type: none"> Aplicação para climas diversos, materiais comumente encontrados no mercado.
<i>Wood Frame</i>	<ul style="list-style-type: none"> Dificuldade de aceitação do mercado nacional (poucas normas, indústria não difundida, ideia de madeira como material arcaico e que transmite sensação de pobreza). 	<ul style="list-style-type: none"> Empregado em climas muito variados devido ao bom isolamento térmico e à matéria-prima abundante.

Fontes: Beir et al. (2017), Brüggemann (2017), Cesar; Roman (2006), Cesar (2007), Dall Molin; Malandrin (2017), Gomes; Lacerda (2014), Lourençon (2011), Macedo (2004), Mendes; Fabricio; Imai (2017), Moura; Bertini; Heick (2016), Oliveira; Sabbatini (2003), Santos (2013), Silva (2002), Silva (2011), Silva; Silva (2004), Silva; John (1998), Sotsek; Santos (2018).

As paredes maciças moldadas no local também atendem a diferentes demandas de projetos quanto ao leiaute, afinal as formas podem ser fabricadas com diferentes tamanhos e desenhos. O acabamento das vedações é simplificado por meio de revestimento calfinado (ou gesso) e pintura, de modo a dispensar o chapisco e o reboco, tal como ocorre na alvenaria convencional. Assim como nas paredes maciças, os painéis pré-fabricados de concreto também permitem variabilidades arquitetônicas, principalmente em grandes obras. O peso deles pode dificultar o manuseio e o transporte até a obra. Além disso, as juntas de dilatação são imprescindíveis para uma execução primorosa com a finalidade de evitar patologias.

Os painéis pré-fabricados de blocos cerâmicos possuem menor flexibilidade e versatilidade, uma vez que as formas com camadas de concreto armado e enchimento de blocos cerâmicos acabam por delimitar o formato dos painéis. Assim como na alvenaria convencional, o método não é restringido por climas e regiões.

Já os painéis pré-fabricados de concreto com fibra de vidro, devido à alta plasticidade, concedem uma grande flexibilidade de formas, dimensões, cores e texturas. Em geral, são mais resistentes a impactos, à tração e à flexão, além de possibilitarem o manuseio, o transporte e a aplicação com mais facilidade e de proporcionarem um melhor acabamento.

Em relação aos painéis pré-fabricados de EPS e placas cimentícias, garantem pouca flexibilidade às vedações, visto que são fabricados em formatos únicos, sem peças curvas. Portanto, devem ser utilizados em projetos mais simples, em que não há demandas arquitetônicas que fujam dos formatos mais usuais. Ademais, a mão de obra precisa ser especializada e é necessário que existam juntas de dilatação entre as peças. Por fim, o acabamento é fino, de maneira a dispensar o uso de chapisco e de reboco.

Tanto o sistema *steel frame* quanto o *wood frame* têm suas disseminações afetadas pela dificuldade de aceitação do mercado nacional, apesar de ambos poderem ser aplicados em climas e regiões diversas em virtude das boas características de desempenho. No que tange a essa dificuldade, decorre da falta de difusão de indústrias especializadas nesses sistemas no país, mas também da escassa existência de normas técnicas brasileiras sobre SVV que utilizam o aço e a madeira. Sobre este último material, pesa ainda, contra a aceitação do *wood frame*, a cultura nacional, visto que a população enxerga a madeira, nas edificações, como um material arcaico e associado à pobreza (BEIER et al., 2017).

4.7 PRINCIPAIS PARTICULARIDADES

No Quadro 9, são resumidas as principais particularidades de cada um dos oito sistemas de vedação vertical estudados neste TCC.

Quadro 9: Principais particularidades de cada sistema de vedação vertical.

Sistemas de Vedação Vertical	Principais particularidades
Alvenaria Convencional	<ul style="list-style-type: none"> • Bloco de concreto, cerâmico, concreto celular, solo cimento, pedra, entre outros.
Paredes maciças moldadas no local	<ul style="list-style-type: none"> • Tubulações elétricas e de água devem ser posicionadas antes da concretagem.
Painéis pré-fabricados de blocos cerâmicos	<ul style="list-style-type: none"> • Baixo impacto ambiental devido à redução de resíduos.
Painéis pré-fabricados de concreto	<ul style="list-style-type: none"> • Uma fiscalização mais rígida é necessária na execução, especialmente se moldado em obra; • Possibilidade de desempenhar papel estrutural.
Painéis pré-fabricados de concreto reforçado com fibra de vidro (GRC)	<ul style="list-style-type: none"> • Os métodos para a construção utilizados são o de pré-mistura (premix) e o de projeção simultânea (<i>spray-up</i>, ar comprimido); • Utilizado na restauração de edifícios de valor histórico, na renovação de fachadas.
Painéis pré-fabricados de EPS e placas cimentícias	<ul style="list-style-type: none"> • Obra sustentável, sem desperdícios.
<i>Steel Frame</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Sustentável: obra limpa com baixo desperdício; • Economia em fundações, por causa de menores esforços de carga na estrutura; • Existência de limite de número de pavimentos.
<i>Wood Frame</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Maior confiabilidade, controle do processo e possibilidade de padronização; • Sustentável: matéria-prima renovável e com menos resíduos; • Existência de limite de número de pavimentos.

Fontes: Beir et al. (2017), Brüggemann (2017), Cesar; Roman (2006), Cesar (2007), Dall Molin; Malandrin (2017), Gomes; Lacerda (2014), Lourençon (2011), Macedo (2004), Mendes; Fabricio; Imai (2017), Moura; Bertini; Heick (2016), Oliveira; Sabbatini (2003), Santos (2013), Silva (2002), Silva (2011), Silva; Silva (2004), Silva; John (1998), Sotsek; Santos (2018).

Por fim, no Quadro 10, é realizado um resumo de todas as informações pesquisadas a respeito dos oito sistemas de vedação vertical.

Quadro 10: Resumo das características dos oito sistemas de vedação vertical estudados (parte I).

Sistemas de Vedação Vertical	Características Construtivas	Custos e Desperdício	Desempenho térmico e acústico	Durabilidade	Produtividade / velocidade de execução	Amplitude de aplicação	Informações sobre aplicação	Principais Particularidades
Alvenaria Convencional	<ul style="list-style-type: none"> • Composto por blocos e argamassa; • Necessidade de revestimentos adicionais para ter textura lisa. 	<ul style="list-style-type: none"> • Baixo custo em geral, especialmente dos materiais; • Alto consumo de mão de obra; • Grande desperdício (perdas, instalação de dutos). 	<ul style="list-style-type: none"> • Bom desempenho térmico e acústico. 	<ul style="list-style-type: none"> • Boa durabilidade; • Um dos mais propensos a apresentar patologias. 	<ul style="list-style-type: none"> • Baixa produtividade, o que demanda mais tempo de execução; • Não requer mão de obra especializada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Boa flexibilidade e versatilidade, devido à facilidade de adaptação aos projetos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Total disponibilidade de matérias primas, em qualquer região; • É comum o desenvolvimento de patologias por falta prumo, nível e vedação adequada; • Necessidade de revestimentos, para estanqueidade. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bloco de concreto, cerâmico, concreto celular, solo cimento, pedra, entre outros.
Paredes maciças moldadas no local	<ul style="list-style-type: none"> • Composto por paredes estruturais maciças de concreto comum moldadas no local, armadas com telas metálicas eletrossoldadas (posicionadas no centro das paredes). 	<ul style="list-style-type: none"> • Custo de produção maior (formas e concreto), porém com menor custo de mão de obra, revestimentos, entre outros; • Alto custo de reforma; • Menor desperdício se comparado ao sistema convencional. 	<ul style="list-style-type: none"> • Excelente isolamento térmico e acústico devido ao desempenho de resistência do concreto a processos químicos e físicos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Boa durabilidade, patologias mais controladas (como fissuras ou rachaduras). 	<ul style="list-style-type: none"> • Alta produtividade, até o dobro da alvenaria convencional; • Maior controle do enquadramento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Atendem principalmente a leiautes diferenciados, pela possibilidade de montagem de formas (madeira, aço ou plástico) de acordo com projeto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Destinado a edificações de até cinco andares; • Sem necessidade de chapisco nem de reboco, apenas revestimento calfinado (ou gesso) e pintura. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tubulações elétricas e de água devem ser posicionadas antes da concretagem.

Fontes: Beir et al. (2017), Brüggemann (2017), Cesar; Roman (2006), Cesar (2007), Dall Molin; Malandrin (2017), Gomes; Lacerda (2014), Lourençon (2011), Macedo (2004), Mendes; Fabricio; Imai (2017), Moura; Bertini; Heick (2016), Oliveira; Sabbatini (2003), Santos (2013), Silva (2002), Silva (2011), Silva; Silva (2004), Silva; John (1998), Sotsek; Santos (2018).

Quadro 10: Resumo das características dos oito sistemas de vedação vertical estudados (parte 2).

Sistemas de Vedação Vertical	Características Construtivas	Custos e Desperdício	Desempenho térmico e acústico	Durabilidade	Produtividade / velocidade e de execução	Amplitude de aplicação	Informações sobre aplicação	Principais Particularidades
Painéis pré-fabricados de blocos cerâmicos	<ul style="list-style-type: none"> • Fabricados em formas, com duas camadas de concreto armado (ou protendido) e enchimento com bloco cerâmico de espessura reduzida; • Chega ao canteiro pronto para montagem (com revestimento externo, esquadrias instaladas e tubulações elétricas embutidas). 	<ul style="list-style-type: none"> • Menor custo de produção pela redução da mão de obra e de resíduos gerados no canteiro. 	<ul style="list-style-type: none"> • Similar à alvenaria comum, o sistema atende às exigências de desempenho de unidades habitacionais de padrão popular, requerendo adaptações para uso em outras tipologias. 	<ul style="list-style-type: none"> • Similar a alvenaria tradicional. 	<ul style="list-style-type: none"> • Maior produtividade e controle de qualidade ; • Menor prazo de execução. 	<ul style="list-style-type: none"> • Menor flexibilidade e versatilidade. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sem restrições quanto ao clima da região; • Materiais da alvenaria comum são facilmente encontrados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Baixo impacto ambiental devido à redução de resíduos.
Painéis pré-fabricados de concreto	<ul style="list-style-type: none"> • Formas de aço ou poliéster reforçado com fibra de vidro (de comprimento, espessura e forma variados) recebem o concreto com mistura de agregados, água e cimento de acordo com projeto e armação de aço; • Vedação externa pesada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Redução da mão de obra e de resíduos gerados no canteiro, pela padronização e industrialização; • Alto custo (especialmente na necessidade de painéis diferenciados). 	<ul style="list-style-type: none"> • Bom desempenho térmico e acústico; • Resistência ao fogo; 	<ul style="list-style-type: none"> • Grande durabilidade; • Cuidados com manutenção comum para concreto (manchas, corrosão de armação, etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> • Maior produtividade; • Menor prazo de execução; • Pode ser produzido na própria obra. 	<ul style="list-style-type: none"> • Variabilidade arquitetônica com produção de acordo com a necessidade. 	<ul style="list-style-type: none"> • O grande peso pode dificultar o manuseio e o transporte até a obra; • Necessidade de juntas de aplicação; • Aplicação mais recorrente em grandes obras; • Necessidade ocasional de escoramento até travamento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Necessária uma fiscalização mais rígida na execução, especialmente se moldado em obra; • Possibilidade de desempenhar papel estrutural.

Fontes: Beir et al. (2017), Brüggemann (2017), Cesar; Roman (2006), Cesar (2007), Dall Molin; Malandrin (2017), Gomes; Lacerda (2014), Lourençon (2011), Macedo (2004), Mendes; Fabricio; Imai (2017), Moura; Bertini; Heick (2016), Oliveira; Sabbatini (2003), Santos (2013), Silva (2002), Silva (2011), Silva; Silva (2004), Silva; John (1998), Sotsek; Santos (2018).

Quadro 10: Resumo das características dos oito sistemas de vedação vertical estudados (parte 3).

Sistemas de Vedação Vertical	Características Construtivas	Custos e Desperdício	Desempenho térmico e acústico	Durabilidade	Produtividade e / velocidade de execução	Amplitude de aplicação	Informações sobre aplicação	Principais Particularidades
Painéis pré-fabricados de concreto reforçado com fibra de vidro (GRC)	<ul style="list-style-type: none"> • Geometria simples ou sanduíche (com material interno de isolamento); • O concreto é misturado com fibra de vidro; • Vedação externa leve. 	<ul style="list-style-type: none"> • Redução da mão de obra e de resíduos gerados no canteiro; • Bom custo-benefício, especialmente por proporcionar variáveis aplicações. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bom desempenho térmico e acústico, especialmente em modulação sanduíche; • Em alguns casos, o isolamento térmico em caso de incêndio não é de grande eficácia. 	<ul style="list-style-type: none"> • Boa durabilidade e pela resistência conferida ao concreto; • Necessária a atenção no tipo de fibra, por conta da alcalinidade do cimento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Maior produtividade e menor prazo de execução comparada a métodos tradicionais. 	<ul style="list-style-type: none"> • A fibra proporciona grande flexibilidade de formas (alta plasticidade), dimensões, cores e texturas, sem restrições. 	<ul style="list-style-type: none"> • Painéis mais resistentes à impactos, à tração e à flexão. Possibilitam maior facilidade no manuseio, transporte e aplicação; • Melhor acabamento; • Necessita de elemento de fixação (alguns casos perfis de aço) e juntas para dilatação e estanqueidade. 	<ul style="list-style-type: none"> • Os métodos para construção utilizados são o de pré-mistura (premix) e o de projeção simultânea (<i>spray-up</i>, ar comprimido); • Utilizado na restauração de edifícios de valor histórico, renovação de fachadas, entre outros.
Painéis pré-fabricados de EPS e placas cimentícias	<ul style="list-style-type: none"> • Compostos por perfis metálicos e painel de EPS (com recorte para tubulações elétricas e hidráulicas) entre duas placas cimentícias; • Vedação externa/interna leve. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto custo de mão de obra e de materiais, em comparação ao sistema convencional; • Boa relação custo-benefício, baixo desperdício. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bom desempenho térmico e acústico, materiais de baixa condutividade térmica e boa absorção de som; • Material incombustível. 	<ul style="list-style-type: none"> • Boa durabilidade. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alta produtividade comparada aos métodos convencionais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pouca flexibilidade de formas, visto que os painéis são fabricados em tamanhos únicos, sem a possibilidade de peças curvas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Requer mão de obra especializada; • Acabamento excelente, sem necessidade de reboco; • Necessidade de juntas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Obra sustentável, sem desperdícios.

Fontes: Beir et al. (2017), Brüggemann (2017), Cesar; Roman (2006), Cesar (2007), Dall Molin; Malandrin (2017), Gomes; Lacerda (2014), Lourençon (2011), Macedo (2004), Mendes; Fabricio; Imai (2017), Moura; Bertini; Heick (2016), Oliveira; Sabbatini (2003), Santos (2013), Silva (2002), Silva (2011), Silva; Silva (2004), Silva; John (1998), Sotsek; Santos (2018).

Quadro 10: Resumo das características dos oito sistemas de vedação vertical estudados (parte 4).

Sistemas de Vedação Vertical	Características Construtivas	Custos e Desperdício	Desempenho térmico e acústico	Durabilidade	Produtividade / velocidade de execução	Amplitude de aplicação	Informações sobre aplicação	Principais Particularidades
<i>Steel Frame</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Composto por estruturas de perfis de aço galvanizado, isolante termoacústico e fechamentos por placas (cimentícias, de madeira, drywall, entre outros). 	<ul style="list-style-type: none"> • Custos comparáveis ao sistema convencional (por conta do custo do aço, mão de obra e mercado ainda reduzido); • Baixa geração de resíduos e índice de desperdício. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bons níveis de isolamento térmico e acústico. 	<ul style="list-style-type: none"> • Boa durabilidade, com excelente capacidade de resistência a impactos físicos, intempéries e corrosão. 	<ul style="list-style-type: none"> • Rapidez na execução; • Requer mão de obra qualificada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dificuldade de aceitação do mercado nacional (indústria não difundida, percepção de estrutura leve e não confiável); • Flexibilidade e versatilidade construtiva. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicação para climas diversos, materiais comumente encontrados no mercado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sustentável: obra limpa com baixo desperdício; • Economia em fundações: menores esforços de carga na estrutura; • Existência de limite de número de pavimentos.

Fontes: Beir et al. (2017), Brüggemann (2017), Cesar; Roman (2006), Cesar (2007), Dall Molin; Malandrin (2017), Gomes; Lacerda (2014), Lourençon (2011), Macedo (2004), Mendes; Fabricio; Imai (2017), Moura; Bertini; Heick (2016), Oliveira; Sabbatini (2003), Santos (2013), Silva (2002), Silva (2011), Silva; Silva (2004), Silva; John (1998), Sotsek; Santos (2018).

Quadro 10: Resumo das características dos oito sistemas de vedação vertical estudados (parte 5).

Sistemas de Vedação Vertical	Características Construtivas	Custos e Desperdício	Desempenho térmico e acústico	Durabilidade	Produtividade / velocidade de execução	Amplitude de aplicação	Informações sobre aplicação	Principais Particularidades
<i>Wood Frame</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Composto por estrutura geralmente de <i>Pinus</i>, material isolante termoacústico; • Fechamento externo realizado em chapas de tiras de madeira orientadas (OSB) e membrana hidrófuga, revestidas de placas cimentícias, e fechamento interno em chapas de gesso acartonado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Custos muito competitivos, menores que os de sistemas convencionais; • Redução de mão de obra e de resíduos gerados no canteiro; • Maior parte do custo concentrado na fábrica (indústria). 	<ul style="list-style-type: none"> • Empregado em climas variados, atende com excelência a questões de ruídos e conforto climático; • Isolamento superior ao sistema convencional de alvenaria (materiais com baixa condutividade térmica). 	<ul style="list-style-type: none"> • Boa durabilidade, comparável a alvenaria convencional; • Boa resistência a impactos físicos e a intempéries; • Pode haver tratamento da madeira, o que garante o desempenho da estrutura. 	<ul style="list-style-type: none"> • A maior parte do processo é industrializado; • Rapidez na execução; • Requer mão de obra qualificada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dificuldade de aceitação do mercado nacional (poucas normas, indústria não difundida, ideia de madeira como material arcaico e transmite sensação de pobreza). 	<ul style="list-style-type: none"> • Empregado em climas muito variados devido ao bom isolamento e à matéria-prima abundante. 	<ul style="list-style-type: none"> • Maior confiabilidade, controle do processo e possibilidade de padronização; • Sustentável: matéria-prima renovável e com menos resíduos; Existência de limite de número de pavimentos.

Fontes: Beir et al. (2017), Brüggemann (2017), Cesar; Roman (2006), Cesar (2007), Dall Molin; Malandrin (2017), Gomes; Lacerda (2014), Lourençon (2011), Macedo (2004), Mendes; Fabricio; Imai (2017), Moura; Bertini; Heick (2016), Oliveira; Sabbatini (2003), Santos (2013), Silva (2002), Silva (2011), Silva; Silva (2004), Silva; John (1998), Sotsek; Santos (2018).

4.8 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS SISTEMAS DE VEDAÇÃO VERTICAL

Com base no que foi discutido ao longo deste capítulo, analisa-se o número de ocorrências que cada sistema foi classificado positivamente, negativamente ou neutralmente a fim de obter uma possível indicação de qual seria o sistema de vedação mais vantajoso no mercado nacional. A quantidade dessas ocorrências é resumida em forma de ranque no Quadro 11.

Quadro 11: Ranque do número de ocorrências positivas, neutras e negativas de classificação dos SVV estudados em todos os aspectos analisados.

Sistemas de Vedação Vertical	Ocorrências positivas	Ocorrências neutras	Ocorrências negativas
Paredes maciças moldadas no local	4	1	0
Painéis pré-fabricados de concreto	4	1	0
<i>Wood Frame</i>	4	0	1
Painéis pré-fabricados de concreto reforçado com fibra de vidro (GRC)	3	2	0
<i>Steel Frame</i>	3	2	0
Painéis pré-fabricados de EPS e placas cimentícias	3	1	1
Painéis pré-fabricados de blocos cerâmicos	2	2	1
Alvenaria Convencional	1	2	2

Fonte: Autoria própria

Do Quadro 11, conclui-se que dois sistemas de vedações verticais se sobressaem em detrimento dos demais para serem utilizados em obras nacionais, quando consideradas todas as características de modo integral. Portanto, com quatro ocorrências positivas, uma neutra e nenhuma negativa, os SVV com paredes maciças moldadas no local e os painéis pré-fabricados de concreto são os mais vantajosos. O *wood frame* também possui quatro ocorrências positivas, porém perde por possuir nenhuma neutra e uma ocorrência negativa, decorrente do cenário atual do mercado no que tange à amplitude de aplicação, problema similar ao do *steel frame*. Já a alvenaria convencional aparenta ser o mais desvantajoso, com apenas uma ocorrência positiva, ligada à amplitude de aplicação, mais duas negativas e duas neutras, o que pode ser explicado por ser uma tecnologia mais antiga e difundida que, portanto, foi superada, em diversos aspectos, pela mais novas.

A partir de então, reforçam-se os motivos pelos quais os dois primeiros SVV do Quadro 11 aparentemente são os mais vantajosos. Primeiramente, é interessante destacar que ambos os sistemas receberam a classificação neutra no critério dos

custos e desperdícios. Nesse quesito, ambos têm alto custo, com destaque para o custo elevado na reforma de sistemas com paredes maciças moldadas no local, mas também ambos possuem desperdício baixo de resíduos e mão de obra barata.

Sobre as paredes maciças moldadas no local, são utilizadas em edificações de até cinco andares. Além disso, duram bastante, com facilidade de controle das patologias, e possuem excelente isolamento termoacústico, com material resistente a degradações ocasionadas por processos químicos e físicos. Também possuem facilidade de se adaptarem a diferentes leiautes de projetos e a produtividade na obra é boa.

Já os painéis pré-fabricados de concreto, são comumente usados em grandes obras, requerem juntas de aplicação e, por serem pesados, podem ser difíceis de serem transportados até o local da execução. Ademais, possuem bom desempenho térmico e acústico, além de resistirem bem ao fogo. Também duram bastante, embora serem mais susceptíveis a manchas e corrosão da armação que o SVV anterior, o que demanda mais manutenção. Por fim, são arquitetonicamente versáteis, apresentam elevada produtividade, com possibilidade de os painéis serem confeccionados na própria obra, e possuem menor prazo de execução.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 CONCLUSÕES

O objetivo geral do trabalho foi atingido, pois foram identificados os sistemas de vedação disponíveis para edificações, destacando os aspectos sustentáveis, de custo, desempenho térmico e acústico, produtividade na execução, e durabilidade.

Os objetivos específicos também foram atingidos, visto que foram identificados os oito sistemas de vedação vertical disponíveis no mercado nacional conforme resumido no capítulo 3. Também foi realizada, a partir dos dados coletados, uma análise comparativa geral entre os sistemas encontrados destacando-se os aspectos de custos e desperdícios, desempenho térmico e acústico, durabilidade, produtividade e velocidade de execução, características construtivas, principais particularidades, e informações adicionais e amplitude de aplicação, conforme pode ser visto no capítulo 4, com resumo no Quadro 10.

Além disso, as particularidades de cada sistema foram evidenciadas, e podem servir de base para a escolha do SVV mais adequado quanto às necessidades específicas de cada projeto. Por fim, foi possível realizar uma análise qualitativa sobre aspectos positivos e negativos dos sistemas de vedação vertical com alvenaria convencional, com paredes maciças moldadas no local, com painéis pré-fabricados de blocos cerâmicos, de concreto e de concreto reforçado com fibra de vidro, com painéis pré-fabricados de poliestireno e placas cimentícias, *steel frame* e *wood frame*.

Neste Trabalho de Conclusão de Curso, constatou-se que a alvenaria convencional é popularmente utilizada há mais tempo. Contudo, popular não significa mais eficiente, visto que, da análise da seção 4.8, os sistemas mais indicados como vantajosos para o mercado nacional são as paredes maciças moldadas no local e os painéis de concreto. Cabe lembrar que existem outras variações de SSV que não foram abordados neste trabalho, como, por exemplo, tijolo maciço, bloco de concreto celular, painéis de PVC preenchidos com concreto, painéis metálicos, entre outros.

Da pesquisa, também foi constatado o potencial de aplicação que o *wood frame* e o *steel frame* têm no Brasil. Observou-se que a falta de normas técnicas que regularizam os dois métodos de vedação vertical no país pode ser um dos motivos pelos quais os sistemas ainda não sejam amplamente aplicados. Para isso,

recomenda-se conciliar a modernização das pesquisas em vista do conhecimento científico e da propagação do desenvolvimento sustentável para o bem-estar do ser humano nas edificações.

5.2 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Este TCC contribui na análise qualitativa dos sistemas de vedação vertical utilizados no Brasil. Como propostas de trabalhos futuros, sugere-se selecionar dois ou mais desses sistemas a fim de conduzir avaliações profundas e pontuais com análises quantitativas e qualitativas. Também se reforça a importância de conduzir uma pesquisa de campo, composta por ensaios, visitas a fabricantes e obras, além de realizar entrevistas com clientes.

Outra sugestão é realizar uma análise ponderada dos aspectos, aplicando todos sistemas de vedação apresentados a um único projeto de edificação.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. C. **Fachadas com painéis pré-fabricados arquitetônicos de concreto (PPAC) e de alvenaria de blocos cerâmicos com revestimento de pastilha: comparativo dos processos de execução.** [s.l.] Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil), Departamento de Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre - RS, 2010.

ANTONIOLI, P. E. **Estudo Crítico Sobre Subsídios Conceituais Para Suporte Do Planejamento De Sistemas De Gerenciamento De Facilidades Em Edificações Produtivas.** [s.l.] Dissertação (Mestrado em Engenharia), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo - SP, 2003.

ARAUJO, A.; PAES, J. L. R.; VERÍSSIMO, G. D. S. Sistemas De Vedação Em Alvenaria Para Edifícios De Estrutura Metálica: Detalhamento Com Base Na Prevenção De Manifestações Patológicas. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 8, n. 2, p. 27, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220 - Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social.** Rio de Janeiro - RJ, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220 - Desempenho térmico de edificações - Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações.** Rio de Janeiro - RJ, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575 — Edificações habitacionais — Desempenho Parte 1: Requisitos gerais.** Rio de Janeiro - RJ, 2013a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575 - Edificações habitacionais - Desempenho. Parte 4: Sistemas de vedações verticais internas e externas.** Rio de Janeiro - RJ, 2013b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118 -Projeto de estruturas de concreto - Procedimento**.Rio de Janeiro - RJ, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13755 - Revestimentos cerâmicos de fachadas e paredes externas com utilização de argamassa colante - Projeto, execução, inspeção e aceitação - Procedimento**. Rio de Janeiro - RJ: [s.n.].

AZEVEDO, M. C. R. DE. **Organização do Conhecimento Relativo à Execução das Paredes de Alvenaria**. [s.l.] Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil), Departamento de Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - SC, 2019.

BARROS, A. R.; LUTTEMBARCK, M. DE O. **Análise da Produtividade da mão de obra aplicada ao subsistema de vedação vertical interna em gesso acartonado com tabela de referência**. [s.l.] Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil), Faculdades Doctum de Caratinga, Caratinga - MG, 2019.

BARROS, M. M. S. B. DE. Tecnologias construtivas para produção de edifícios no Brasil: perspectivas e desafios. In: **Produto 4 - Diagnóstico da Divisão da Construção de Edifícios**. 2. ed. Rio de Janeiro: FGV/IEL, 2013. p. 1–38.

BEIER, A. V. et al. **O Uso do Sistema Construtivo Wood Frame Relacionado a Propriedades Térmicas Sustentáveis em Comparação com o Método de Alvenaria Convencional em Edificações**. XXVIII Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia. **Anais...UNIJUÍ**, Ijuí - RS: 2017

BRÜGGEMANN, C. **Comparativo entre alvenaria e wood frame ao longo da vida útil**. [s.l.] Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil), Departamento de Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - SC, 2017.

BURTON, I. Our Common Future: The World Commission on Environmentand Development. **Environment**, v. 29, n. 5, p. 25–29, 1987.

CABRAL, E. C. C. **Proposta de Metodologia de Orçamento Operacional para Obras de Edificação**. [s.l.] Dissertação de mestrado (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Produção, Programa de

Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - SC, 1988.

CAMILLO, M. G. D. **Análise da utilização de chapas e placas industrializadas nas vedações verticais internas em construções residenciais na Região Sul do Brasil.** [s.l.] Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - SC, 2010.

CENTRO DE TECNOLOGIA DE EDIFICAÇÕES. **O que é a Certificação AQUA e qual sua importância?** Disponível em: <<https://cte.com.br/blog/sustentabilidade/certificacao-aqua/>>. Acesso em: 6 set. 2021.

CEOLIN, E. D.; LIBRELOTTO, L. I. Avaliação da sustentabilidade de habitação de interesse social (HIS) através da metodologia MASP-HIS. **Mix Sustentável - edição especial**, v. 2, n. 1, p. 107–113, 2016.

CESAR, C. G. **Desempenho estrutural de painéis pré-fabricados com blocos cerâmicos.** [s.l.] Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - SC, 2007.

CESAR, C. G.; ROMAN, H. R. Pesquisa e desenvolvimento de processos construtivos industrializados em cerâmica estrutural. In: BONIN, L. C.; AMORIM, S. R. L. DE (Eds.). **Inovação Tecnológica na Construção Habitacional.** Porto Alegre -RS: Prolivros Ltda., 2006. v. 6p. 116–141.

CONAMA. **Resolução nº 307 de 5 de julho de 2002.** Brasília - DF, 2002.

DALL MOLIN, B. H. DE C.; MALANDRIN, L. L. **Comparativo de custo entre os sistemas construtivos alvenaria convencional, light steel frame e wood frame para habitação popular.** [s.l.] Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil), Departamento Acadêmico da Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão - PR, 2017.

ELKINGTON, J. Triple bottom line revolution: reporting for the third millennium. **Australian CPA**, v. 69, n. 11, p. 75, 1994.

ESTENDER, A. C.; PITTA, T. DE T. M. O conceito do desenvolvimento sustentável. **Revista Terceiro Setor & Gestão-UNG-SER**, v. 2, n. 1, p. 22–28, 2008.

FELISBERTO, A. D. et al. BIM cost estimation guidelines for Brazilian public sector infrastructure. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, v. 12, p. 1–21, 2021.

FORMOSO, C. T. **Gestão da qualidade na construção civil: uma abordagem para empresas de pequeno porte**. Porto Alegre: Programa da Qualidade e Produtividade na Construção Civil-RS, 1994.

FRANCO, L. S. O projeto das vedações verticais: características e a importância para a racionalização do processo de produção. **Seminário Tecnologia E Gestão Na Produção De Edifícios: Vedações Verticais**, 1, p. 221–236, 1998.

GARCIA, M. C. T. et al. Understanding the Rio+20 Conference: Building a fair green economy and democratic governance of the planet in a framework of sustainable development. In: **RIO+20 United Nations Conference on Sustainable Development**. Rio de Janeiro - RJ: ONU, 2012.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 3ª ed. São Paulo: Atlas, 1991.

GOMES, J. DE O.; LACERDA, J. F. S. B. 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.

GUIMARÃES, M. M. et al. Comparação das características físicas e financeiras entre os sistemas de vedação drywall e alvenaria convencional- estudo de caso / Comparison of physical and financial characteristics between drywall sealing systems and conventional masonry - case study. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 4, p. 48760–48775, 2021.

HEZEL, C. R.; OLIVEIRA, R. R. **Estudo da variabilidade da produtividade na execução de obras**. Simpósio Brasileiro de Gestão da Qualidade e Organização do Trabalho no Ambiente Construído, II. **Anais...**Fortaleza - CE: 2001

HOLANDA, E. P. T. DE. **Novas tecnologias construtivas para produção de vedações Verticais: Diretrizes para o treinamento da mão-de-obra**. [s.l.] Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Departamento da Engenharia de

Construção Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo - SP, 2003.

JAIME, P. V. A. **Caracterização do uso de chapas de gesso acartonado e o controle da geração de resíduo na execução de vedações verticais internas.** [s.l.] Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - SC, 2018.

KIBERT, C. J. Establishing Principles and a Model for Sustainable Construction. In: **Sustainable Construction.** Tampa - FL: CIB TG, 1994. p. 3–12.

LIBRELOTTO ET AL., L. I. **Custos na construção civil: uma análise teórica e comparativa.** Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, VII – Qualidade no Processo Construtivo. **Anais...** Florianópolis - SC: 1998

LORDSLEEM JR., A. C.; MELHADO, S. B. Análise De Escopo Do Projeto Para Produção Da Alvenaria De Vedação. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 6, n. 1, p. 3–14, 2011.

LOURENÇON, A. C. **Debate: Conheça as características do steel framing, sistema que garante obra rápida com mínima geração de resíduos** Revista AU, **Edição 210**, set. 2011. Disponível em: <<http://au17.pini.com.br/arquitetura-urbanismo/210/conheca-as-caracteristicas-do-steel-frame-sistema-que-garante-obra-235178-1.aspx>>. Acesso em: 21 jun. 2021

MACEDO, D. B. G. **Análise de isolamento sonoro de sistemas construtivos residenciais estruturados em aço.** [s.l.] Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Estruturas, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte - MG, 2004.

MAEDA, F. M.; SOUZA, U. E. L. **Produtividade da mão-de-obra e materiais na execução de revestimento em pasta de gesso aplicado sobre paredes internas de edificações.** Encontro Nacional do Ambiente Construído, VIII. **Anais...** Salvador - BA: 2000

MAHAPATRA, S. K.; NARASIMHAN, R.; BARBIERI, P. Strategic interdependence, governance effectiveness and supplier performance: A dyadic case study investigation

and theory development. **Journal of Operations Management**, v. 28, n. 6, p. 537–552, 2010.

MARCHESAN, P. R. C. **Modelo integrado de gestão de custos e controle da produção para obras civis**. [s.l.] Dissertação de mestrado (Mestrado em Engenharia Civil), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre - RS, 2001.

MATEUS, R. **Novas tecnologias construtivas com vista à sustentabilidade da construção**. [s.l.] Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Departamento de Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Braga, 2004.

MENDES, M. C. M.; FABRICIO, M. M.; IMAI, C. Sistemas Construtivos Inovadores no Contexto do SiNAT: Normativas, Produção e Aplicações de Painéis de Vedação. In: SCIENZA (Ed.). . **Avaliação de Desempenho de Tecnologias Construtivas Inovadoras: Conforto Ambiental, Durabilidade e Pós-Ocupação**. Porto Alegre - RS: ANTAC, 2017. p. 169–194.

MIARA, R. D.; TAVARES, S. F.; SCHEER, S. Gerenciamento de resíduos da construção com BIM: Uma exploração sobre a realidade atual. In: **XI Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção e VIII Encuentro Latinoamericano de Gestión y Economía de la Construcción**. Londrina - PR: SIBRAGEC-ELAGEC, 2019.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. **Sistema Nacional de Avaliações Técnicas - SINAT**. Disponível em: <http://pbqp-h.mdr.gov.br/projetos_sinat.php>. Acesso em: 21 ago. 2021.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Agenda 21 Brasileira**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-brasileira>>. Acesso em: 15 nov. 2017.

MORETTI, M. **Subsídios para a Escolha da Vedação Vertical: Produtividade, Consumo de Materiais e Qualidade Final na Execução de Alvenaria Convencional e Racionalizada**. [s.l.] Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil), Departamento de Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - SC, 2016.

MOTTA, S. R. F.; AGUILAR, M. T. P. Sustentabilidade e processos de projetos de edificações. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, v. 4, n. 1, p. 84–119, 2009.

MOURA, R. DE S. L. M.; BERTINI, A. A.; HEINECK, L. F. M. **Catálogo de inovação na construção civil**. Brasília - DF: CBIC, 2016.

NAKAMURA, J. **Saiba que critérios técnicos adotar na hora de escolher um sistema construtivo inovador**. *Revista Técnica*, Edição 211 Pini, , out. 2014. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/211/artigo327637-1.aspx>>. Acesso em: 29 jun. 2019

NASCIMENTO, E. P. DO. Trajetória da sustentabilidade: do ambiental ao social, do social ao econômico. **Estudos Avançados**, v. 26, n. 74, p. 51–64, 2012.

OLIVEIRA, A. F. DE. **Gerenciamento/Coordenação de Projetos através do BIM 4D: (BIM – Building Information Modeling)**. [s.l.] Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil), Centro Universitário do Vale do Ipojuca UNIFAVIP-DeVry, Caruaru - PE, 2015.

OLIVEIRA, L. A. DE; SABBATINI, F. H. **Tecnologia de painéis pré-fabricados arquitetônicos de concreto para emprego em fachadas de edifícios**. São Paulo - SP: USP, 2003.

OLIVEIRA, R. R. Repetição e produtividade na construção civil: estudo da execução de estruturas de edifícios. **Obras produtivas: metodologia para melhoria da qualidade e produtividade em obras de caráter repetitivo**, n. 045, 1999.

OLIVEIRA, R. R.; DALL' OGLIO, S.; MARTINI, C. E. **Estudo de fatores que afetam a produtividade em obras repetitivas**. Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, VII. **Anais...** Florianópolis - SC: 1998 Disponível em: <http://www.habitare.org.br/pdf/relatorios/8/prodcient/ArtHTML_05/05-EFAPOR.htm>

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **The future we want: Outcome document of the United Nations Conference on Sustainable Development**. Rio de Janeiro - RJ: ONU, 2012.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Paris Agreement**. Paris, França: ONU, 2015.

PICCHI, F. A. **Sistemas de qualidade: uso em empresas de edifícios.** [s.l.] Tese de doutorado (Doutorado em Engenharia Civil), Departamento da Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo - SP, 1993.

PIZZONI, C. P.; VALLE, Â. DO. **Vida Útil Das Construções Wood Frame No Brasil: Durabilidade E Desempenho Useful Life of Wood Frame Constructions in.** Clem-Cimad2017.Unnoba.Edu.Ar. **Anais...**Buenos Aires, Argentina: 2017Disponível em: <<http://clem-cimad2017.unnoba.edu.ar/papers/T8-08.pdf>>

PORTAL VIRTUHAB. **Vedações [conceito].** Disponível em: <<https://portalvirtuhab.paginas.ufsc.br/vedacoes-conceito/>>. Acesso em: 6 abr. 2021.

POSSAN, E.; DEMOLINER, C. A. Desempenho, Durabilidade E Vida Útil Das Edificações: Abordagem Geral. **Revista Técnico-Científica do CREA-PR**, v. 1, p. 14, 2013.

RIBEIRO, F. A. **Especificação de juntas de movimentação em revestimentos cerâmicos de fachadas de edifícios: levantamento do estado da arte.** [s.l.] Dissertação (Mestrado em Engenharia), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo - SP, 2006.

ROSÁRIO, A. M. C. Estudo Comparativo de Custo entre Alvenaria Estrutural, Paredes de Concreto Armado e Alvenaria em Painéis Modulares. **Revista Construindo**, v. 8, p. 61–74, 2017.

SABBATINI, F. H. **Desenvolvimento de Métodos, Processos e Sistemas construtivos - Formulação e Aplicação de uma Metodologia.** [s.l.] Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Departamento da Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo - SP, 1989.

SABBATINI, F. H.; FRANCO, L. S.; BARROS, M. M. S. B. Capítulo 1: Fundamentos. In: **Tecnologia de Vedações Verticais.** Apostila, São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo: Versão Revisada, 2013. p. 17–25.

SALGADO, M. S. A Construção Sustentável Como Alternativa para a Sustentabilidade Econômica das Empresas. In: **Encontro Latinoamericano de Edificações e Comunidades Sustentáveis.** [s.l.] ELECS, 2013.

SALVADOR, J. S.; MARCHIORI, F. F. Produtividade de mão de obra e consumo de materiais em revestimento de argamassa de fachada – Estudo de caso em Florianópolis. In: **XIV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**. Juiz de Fora - MG: ENTAC, 2012. p. 3301–3305.

SANTOS, E. DE B. **Estudo comparativo de viabilidade entre alvenaria de blocos cerâmicos e paredes de concreto moldadas no local com fôrmas metálicas em habitações populares**. [s.l.] Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil), Departamento Acadêmico da Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão - PR, 2013.

SILVA, A. H. **Comparação de Custos entre os Processos Construtivos em Concreto Armado e em Alvenaria Estrutural em Blocos Cerâmico e de Concreto**. [s.l.] Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - SC, 2002.

SILVA, A. L. DA et al. Sistema de vedação vertical – Concreto PVC. **Ciências exatas e tecnológicas**, v. 4, n. 3, p. 85–96, 2018.

SILVA, A. L. S.; ROHDEN, A. B. Custo para o atendimento do desempenho acústico em sistemas de vedações horizontais e verticais conforme NBR 15575. **Revista InterScientia**, v. 7, n. 2, p. 4–26, 2019.

SILVA, F. **Sistemas Construtivos: Paredes de concreto armado moldadas in loco** **Revista Técnica, Edição 167** Pini, , fev. 2011. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/167/paredes-de-concreto-armado-moldadas-in-loco-286799-1.aspx>>. Acesso em: 21 jun. 2021

SILVA JUNIOR, M. A.; FILHO, C. V. M. Verificação de critérios de desempenho em projetos de arquitetura com a modelagem BIM. **Pesquisa em Arquitetura e Construção**, v. 9, n. 4, p. 334–343, 2018.

SILVA, M. G. DA; SILVA, V. G. DA. **Painéis de vedação**. 2ª ed. Rio de Janeiro - RJ: IBS/CBCA, 2004.

SILVA, V. G. DA; JOHN, V. M. **Painéis em Cimento Reforçado com Fibras de Vidro (GRC)**. São Paulo - SP: EPUSP, 1998.

SOTSEK, N. C.; SANTOS, A. DE P. L. Panorama do sistema construtivo light wood frame no Brasil. **Ambiente Construído**, v. 18, n. 3, p. 309–326, 2018.

SOUZA, U. E. L. DE. Como Medir a Produtividade Da Mão-De-Obra Na. **Engineering**, p. 8, 2000.

SOUZA, U. E. L. DE. **Como reduzir perdas nos canteiros: manual de gestão do consumo de materiais na construção civil**. São Paulo: Pini, 2005.

SOUZA, U. E. L. DE; KATO, C. S.; MARCHIORI, F. F. Developing budget reference systems: Two case studies. In: **CIB World Building Congress 2016**. Tampere, Finlândia: CIB, 2016. v. 4.

STROPA, K. C. **Desenvolvimento sustentável**. Disponível em: <<https://www.revide.com.br/blog/karla-cristina-stropa-goulart/desenvolvimento-sustentavel>>. Acesso em: 15 nov. 2020.

TANIGUTI, E. K. **Método construtivo de vedação vertical interna de chapas de gesso acartonado**. [s.l.] Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo - SP, 1999.

TISAKA, M. **Orçamento na construção civil: consultoria, projeto e execução**. São Paulo: Pini, 2006.

WINCKLER, V. L. **Estudo comparativo de custo e produtividade entre sistemas de vedação com bloco cerâmico e bloco de gesso**. [s.l.] Monografia (Especialização em Gerenciamento de Obras), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba - PR, 2019.