UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE MÉTODOS DE EXECUÇÃO DE REVESTIMENTO DE PISO DE ÁREAS EXTERNAS

MILENA AMANDA SBABO DA CUNHA

ORIENTADORA: JÉSSICA SIQUEIRA DE SOUZA

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL EM ENGENHARIA CIVIL 2

BRASÍLIA/DF: DEZEMBRO/2025

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE MÉTODOS DE EXECUÇÃO DE REVESTIMENTO DE PISO DE ÁREAS EXTERNAS

MILENA AMANDA SBABO DA CUNHA

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.

APROVADA POR:

_____

JÉSSICA SIQUEIRA DE SOUZA, DSc. (UnB)
(ORIENTADOR)

_____

LAIS ALVES DA SILVA PIRES, MSc. (UnB)
(EXAMINADORA INTERNA)

_____

VALDIRENE MARIA SILVA CAPUZZO, DSc. (UnB)
(EXAMINADOR INTERNO)

DATA: BRASÍLIA/DF, DEZEMBRO DE 2025.

FICHA CATALOGRÁFICA

CUNHA, MILENA AMANDA SBABO
ESTUDO COMPARATIVO ENTRE MÉTODOS DE EXECUÇÃO DE REVESTIMENTO DE PISO DE ÁREAS EXTERNAS.

ix, 81 p., 297 mm (ENC/FT/UnB, Bacharel, Engenharia Civil, 2025)
Monografia de Projeto Final – Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. REVESTIMENTO DE PISO	2. PISO ELEVADO
3. PISO CERÂMICO	4. MADEIRA PLÁSTICA
I. ENC/FT/UnB	II. Título (Bacharel)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

CUNHA, M. A. S. (2025). *ESTUDO COMPARATIVO ENTRE MÉTODOS DE EXECUÇÃO DE REVESTIMENTO DE PISO DE ÁREAS EXTERNAS*. Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 81 p.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Milena Amanda Sbabo da Cunha
TÍTULO DA MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL: Estudo comparativo entre métodos de execução de revestimento de piso de áreas externas
GRAU / ANO: Bacharel em Engenharia Civil / 2025

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias desta monografia de Projeto Final e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de Projeto Final pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

_____

Milena Amanda Sbabo da Cunha

milena.amanda@hotmail.com

Dedico este trabalho a Deus, que tem me sustentado com Sua infinita Graça, e aos meus pais Anderson e Simone, que me abençoaram com todo o suporte e direcionamento necessários para que eu chegasse até aqui.

RESUMO

O presente trabalho realiza uma análise comparativa entre três sistemas de revestimento de piso aplicados em áreas externas, sendo eles piso cerâmico, piso em madeira plástica e piso elevado, considerando custos, aspectos construtivos e sustentabilidade. A metodologia foi estruturada em quatro etapas: preparação, levantamento de custos, avaliação técnica e análise ambiental. Foram elaborados formulários, realizados levantamentos de mercado, visitas técnicas e coleta de dados junto a fabricantes e empresas instaladoras. Os resultados indicam que o piso cerâmico apresenta o menor custo inicial e elevada produtividade, porém possui limitações quanto à reversibilidade, geração de resíduos e maior risco de manifestações patológicas, como eflorescência. A madeira plástica destaca-se pela instalação seca, reutilização, desempenho mecânico compatível e forte caráter sustentável, embora com custos mais elevados e menor produtividade. O piso elevado, por sua vez, apresenta versatilidade construtiva, fácil manutenção e alta durabilidade, sendo a solução de maior custo. Conclui-se que a escolha do revestimento deve considerar não apenas o investimento inicial, mas também desempenho, manutenção e impactos ambientais ao longo da vida útil.

Palavras-chave: revestimentos de piso; madeira plástica; piso elevado; piso cerâmico.

ABSTRACT

This study presents a comparative analysis of three flooring systems applied in outdoor areas, ceramic flooring, plastic decking, and raised flooring, considering cost, constructive aspects, and sustainability. The methodology was structured into four stages: preparation, cost assessment, technical evaluation, and environmental analysis. Data was obtained through market research, technical visits, questionnaires, and information provided by manufacturers and specialized installation companies. The results show that ceramic flooring has the lowest initial cost and high productivity, but presents limitations related to reversibility, waste generation, and greater susceptibility to pathological manifestations such as efflorescence. Wood plastic composite stands out for its dry installation process, reusability, compatible mechanical performance, and strong sustainable character, although with higher costs and lower productivity. Raised flooring demonstrates constructive versatility, easy maintenance, and high durability, representing the most expensive solution. It is concluded that the choice of flooring system should consider not only the initial investment but also performance, maintenance requirements, and environmental impacts throughout the product's life cycle.

Keywords: floor coverings; plastic decking; raised flooring; ceramic tile.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 1
2. OBJETIVOS 2
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 3
3.1. REVESTIMENTOS DE PISO DE ÁREAS EXTERNAS 3
3.1.1. Piso cerâmico 3
3.1.2. Piso em Madeira Plástica 4
3.1.3. Piso Elevado 6
3.2. PARÂMETROS DE COMPARAÇÃO 8
3.2.1. Custo 8
3.2.2. Aspectos construtivos 9
3.2.3. Sustentabilidade 10
4. METODOLOGIA 11
4.1. CUSTOS 13
4.2. ASPECTOS CONSTRUTIVOS 14
4.3. SUSTENTABILIDADE 16
4.4. DEFINIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS INSUMOS REPRESENTATIVOS 17
4.4.1. Piso cerâmico 17
4.4.2. Piso em madeira plástica 19
4.4.3. Piso elevado 20
5. **RESULTADOS E DISCUSSÕES 23**
5.1. CUSTOS 23
5.1.1. Piso cerâmico 23
5.1.2. Piso em madeira plástica 25
5.1.3. Piso elevado 28
5.2. ASPECTOS CONSTRUTIVOS 31
5.2.1. Piso cerâmico 31
5.2.2. Piso em madeira plástica 34

3.2.3. Piso elevado 37
5.3. SUSTENTABILIDADE 41
5.3.1. Piso cerâmico 42
5.3.2. Piso em madeira plástica 44
5.3.3 Piso elevado 46
6. CONCLUSÃO 50
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 52
ANEXO A – Laudo de resistência dos pisos em madeira plástica 57
ANEXO B – Laudos de resistência dos pisos elevados 58
ANEXO C – Certificados e parecer técnico de sustentabilidade das empresas pesquisadas 66
ANEXO D – Formulário para coleta de dados 71

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Deck de madeira ecológica WPC 5
Figura 2 - Deck de madeira 100% plástica..... 5
Figura 3 - Pedestais com diferentes alturas para acomodar as variações de cota do contrapiso..... 6
Figura 4 - Piso elevado de granito apoiado pelos cantos sobre pedestais plásticos 7
Figura 5 - Piso elevado com placas plásticas intermediando pedestais e revestimento 7
Figura 6 - Sequência de procedimento metodológico 11
Figura 7 - Layout arquitetônico de referência 13
Figura 8 - Porcelanato de referência, dimensões 120 x 120 cm..... 18
Figura 9 - Perfis dos modelos de deck e assoalho..... 20
Figura 10 - Piso elevado com placas intertravadas com revestimento em granito 21
Figura 11 - piso elevado com porcelanato estruturado..... 22
Figura 12 - Comparativo de custo unitário dos tipos de piso..... 31
Figura 13 - Montantes para estrutura de piso em madeira plástica 34
Figura 14 - Camada impermeabilizante em piso externo..... 35
Figura 15 -Pedestal de altura regulável para piso elevado 38
Figura 16 - Representação de placas de piso elevado no formato arredondado..... 39
Figura 17 - Coleta de resíduos destinados à triagem..... 45
Figura A.1 - Laudo de resistência à tração e flexão de madeira plástica.....58
Figura B.1 - Laudo de resistência à carga distribuída de piso elevado, página 1.....59
Figura B.2 - Laudo de resistência à carga distribuída de piso elevado, página 2.....60
Figura B.3 - Laudo de resistência à carga concentrada no centro da placa de piso, página 1.....61
Figura B.4 - Laudo de resistência à carga concentrada no centro da placa de piso elevado, página 2....62
Figura B.5 - Laudo de resistência à carga concentrada na borda da placa de piso, página 1.....63
Figura B.6 - Laudo de resistência à carga concentrada na borda da placa de piso elevado, página 2....65
Figura B.7 - Características técnicas do sistema de piso elevado com revestimento de granito.....66
Figura B.8 - Características técnicas do sistema de piso elevado com revestimento de pedra natural...67
Figura C.1 - Certificado de sustentabilidade emitido pela ABIPLAST - Associação Brasileira de Indústria do Plástico.....68
Figura C.2 - Certificado de sustentabilidade emitido pelo instituto Chico Mendes.....69
Figura C.3 - Certificado de sustentabilidade emitido pela *Bureau Veritas Certification*.....70

Figura C.4 - Parecer técnico emitido pela PROCERT – Programa de Certificação pelo Compromisso com a Responsabilidade Socioambiental.....71
Figura C.5 - Sumário do parecer técnico consultado no estudo.....72
Figura D.1 - Parte I do formulário para coleta de dados 73
Figura D.2 - Parte II do formulário para coleta de dados 74
Figura D.3 - Parte III do formulário para coleta de dados 75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Custo dos insumos utilizados no piso cerâmico 23
Tabela 2 - Custo total de insumos e mão de obra utilizados no piso cerâmico 25
Tabela 3 - Custo dos insumos utilizados no piso em madeira plástica 26
Tabela 4 - Custo total de insumos e mão de obra utilizados no piso em madeira plástica 27
Tabela 5 - Custo dos insumos utilizados no piso elevado 28
Tabela 6 - Custo total de insumos e mão de obra utilizados no piso elevado 29
Tabela 7 - Vantagens e desvantagens dos sistemas de revestimento de piso em termos de aspectos construtivos 41
Tabela 8 - Vantagens e desvantagens dos sistemas de revestimento de piso em termos de sustentabilidade 48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AsBEA	Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura
CBCS	Conselho Brasileiro de Construção Sustentável
CMMAD	Comissão Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento
EPD	Declarações Ambientais de Produto
EoL	Fim de vida
GWP	Potencial de aquecimento global
LCC	Life Cycle Costing
TBL	Triple Bottom Line
WPC	Wood Plastic Composite

1. INTRODUÇÃO

No campo da construção civil, a aplicação de revestimentos em pisos e paredes constitui uma das etapas finais da obra e integra a fase de acabamentos. Por ser uma camada exposta, o revestimento é um dos elementos mais percebidos pelos usuários nas edificações, exigindo atenção especial por parte de arquitetos, engenheiros e construtores.

No caso dos sistemas de revestimento de pisos, um dos métodos mais utilizados no Brasil é o assentamento de placas cerâmicas. Longhi (2012) destaca que essa predominância se deve à simplicidade de aplicação e ao custo relativamente baixo, tornando o sistema acessível para obras de diferentes portes. Lisboa (2017) ressalta, por sua vez, que o revestimento cerâmico apresenta excelente relação custo-benefício, resistência às intempéries, capacidade de corrigir imperfeições da base e potencial de contribuir para o conforto térmico e acústico das edificações.

Entretanto, apesar de suas diversas vantagens, o revestimento cerâmico em áreas externas cria condições propícias a manifestações patológicas como a eflorescência, cuja relevância constitui um dos principais motivadores deste estudo comparativo. A eflorescência é caracterizada pela formação de depósitos salinos na superfície do revestimento, resultado da reação entre água e sais minerais presentes na argamassa. O problema reside no fato de que, conforme comentado por Bolina (2019), a presença dessas manifestações afeta a estética das edificações, compromete sua integridade e impacta negativamente o conceito de habitabilidade, o que preocupa os profissionais responsáveis pelo projeto e execução da construção.

Como alternativas ao sistema tradicional, técnicas como piso elevado e piso em madeira plástica têm ganhado espaço, pois dispensam o uso de argamassa e, consequentemente, reduzem significativamente o risco da anomalia. O presente estudo, portanto, propõe uma análise comparativa dessas três soluções de revestimento — cerâmico convencional, piso elevado e piso em madeira plástica — com base em critérios de custo, operação e sustentabilidade. A partir dessa comparação, busca-se avaliar o custo-benefício de cada alternativa, considerando sua viabilidade técnica, econômica e sustentável.

2. OBJETIVOS

O objetivo geral desta pesquisa consiste em comparar métodos de execução de revestimentos de piso sob os aspectos econômico e operacional. Os sistemas comparados são o revestimento cerâmico convencional, o piso elevado e o piso em madeira plástica.

Os objetivos específicos são:

- Comparar os custos dos sistemas de piso elevado, piso em madeira plástica e revestimento cerâmico aplicados em áreas externas, conforme valores praticados no mercado nacional.
- Analisar os aspectos construtivos e operacionais dos diferentes sistemas de revestimento de piso, considerando a produtividade na instalação, a interferência na impermeabilização, a adaptabilidade, a resistência mecânica, a sustentabilidade e a necessidade de mão de obra especializada.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. REVESTIMENTOS DE PISO DE ÁREAS EXTERNAS

3.1.1. Piso cerâmico

O revestimento cerâmico assentado sobre argamassa constitui um dos métodos mais empregados para pisos no Brasil. Segundo Longhi (2012), sua ampla aceitação decorre principalmente da facilidade de aplicação e do baixo custo quando comparado a outros sistemas de revestimento. Soma-se a esses fatores a dispensa de mão de obra especializada, a ampla disponibilidade dos materiais e a versatilidade de soluções proporcionadas pela argamassa, aspectos que contribuem para sua utilização recorrente (Gasperin, 2011).

A argamassa resulta da combinação de um ligante, um agregado e água, sendo caracterizada por suas propriedades aglutinantes. Os ligantes mais utilizados são de natureza mineral, como cal, gesso e cimento. Contudo, conforme destaca Margalha (2011), o cimento e determinados tipos de cal, embora apresentem elevada resistência, contêm quantidades significativas de sais solúveis. Esses sais podem provocar danos ao revestimento ao longo do tempo, especialmente durante ciclos de variação de temperatura e umidade, favorecendo manifestações patológicas.

No que se refere ao agregado, a areia natural é o material mais empregado, atuando como a estrutura da argamassa, cuja coesão ocorre pela ligação entre seus grãos e o ligante. De acordo com Casarek et al. (2007), os agregados representam aproximadamente 60% a 80% da composição da argamassa pronta, exercendo influência significativa tanto no comportamento no estado fresco quanto no desempenho do revestimento. A autora ressalta ainda que características relacionadas à composição química e mineralógica dos agregados podem constituir fontes de patologias. Entre elas, destaca-se a presença de sais solúveis na areia, que, além de acelerar a pega da argamassa e contribuir para a desagregação do revestimento, favorece a formação de eflorescência quando há falhas na impermeabilização.

Observa-se, portanto, que a durabilidade da argamassa de assentamento está diretamente associada à presença de umidade e de sais solúveis passíveis de lixiviação (Recena, 2023). Conforme apontado por Bauer (2008), a ocorrência desses sais nos materiais está intimamente relacionada ao surgimento da eflorescência. Segundo Bauer (2008), a ocorrência da eflorescência depende da

atuação simultânea de três condições fundamentais: a presença de sais solúveis nos materiais, a disponibilidade de água e a existência de pressão hidrostática suficiente para conduzir a solução salina até a superfície. Na ausência de qualquer um desses fatores, o fenômeno não se manifesta e, por isso, a importância de um sistema de impermeabilização sem falhas.

Dessa forma, embora amplamente difundido, o sistema cerâmico convencional apresenta vulnerabilidades decorrentes da interação entre argamassa, umidade e sais, o que justifica a investigação de alternativas construtivas isentas de argamassa e menos suscetíveis a esse tipo de manifestação patológica.

3.1.2. Piso em Madeira Plástica

A madeira plástica surgiu como uma solução inovadora no final do século XX, inicialmente nos Estados Unidos e na Europa, como alternativa à madeira natural em aplicações externas. Os primeiros produtos comerciais, desenvolvidos na década de 1990, destacaram-se pela baixa necessidade de manutenção e pela maior resistência à umidade e ao ataque de pragas (Brito, 2023).

O termo “madeira plástica” é utilizado para designar dois materiais distintos. O primeiro é o *Wood Plastic Composite* (WPC), composto pela mistura de fibras de madeira natural e polímeros plásticos, geralmente em proporções próximas a 60% e 40%, respectivamente, resultando em aparência semelhante à madeira convencional. O segundo corresponde à madeira plástica propriamente dita, composta integralmente por plástico, sem adição de fibras vegetais. Embora visualmente semelhantes, como ilustrado nas Figuras 1 e 2, as diferenças de composição impactam diretamente o desempenho dos materiais. O WPC pode absorver umidade ao longo do tempo, tornando-se mais suscetível a deformações, fungos e insetos, enquanto a madeira plástica 100% polimérica é impermeável, imune a pragas e mais resistente às intempéries.



Figura 1 - Deck de madeira ecológica WPC

Fonte: BR Floor (2023)



Figura 2 - Deck de madeira 100% plástica

Fonte: Weg Home (2023)

A versatilidade do material contribui para sua ampla adoção, permitindo aplicações em pisos, revestimentos de paredes, pergolados e mobiliário urbano. Sua instalação é realizada sobre montantes do próprio material, possibilitando a elevação do sistema para vencer vãos de até 2 metros e dispensando o uso de argamassa de assentamento.

Considerando a maior oferta de fabricantes de madeira 100% plástica no Brasil, o presente estudo concentra-se nesse material, sendo este o significado adotado para todas as menções ao termo “madeira plástica”.

3.1.3. Piso Elevado

O piso elevado é um sistema construtivo composto por placas modulares apoiadas sobre pedestais ajustáveis, que criam uma elevação em relação ao contrapiso e formam um espaço técnico livre entre a base e a superfície de uso. Essa configuração permite a passagem oculta de instalações como cabos elétricos, redes hidráulicas, sistemas de dados e outros dutos, sem a necessidade de cortes ou intervenções estruturais posteriores na laje. Assim como o piso em madeira plástica, se trata de uma solução de montagem a seco, que dispensa o uso de argamassa e se adapta com facilidade a irregularidades do terreno por meio da regulagem dos pedestais. Outra semelhança com o método de madeira plástica é que o sistema permite a retirada ou substituição das placas de forma prática, facilitando manutenções e reconfigurações futuras do espaço. Além disso, a elevação do sistema também permite que sua superfície seja nivelada e que a inclinação para escoamento da água seja feita abaixo da estrutura, seja no contrapiso ou na laje impermeabilizada. A Figura 3 mostra de forma esquemática como isso ocorre.

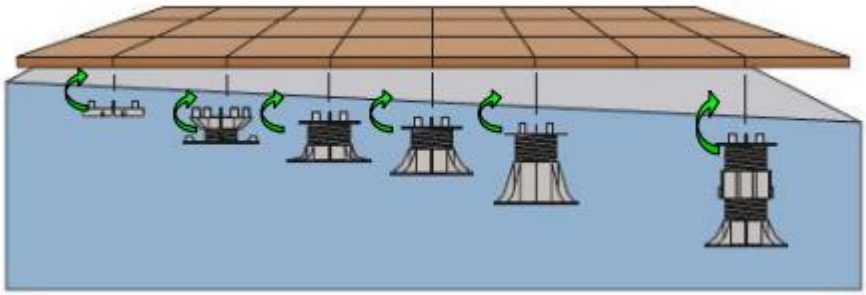


Figura 3 - Pedestais com diferentes alturas para acomodar as variações de cota do contrapiso

Fonte: Catálogo Belgard (2008)

O termo piso elevado, em si, remete ao sistema estrutural, sendo possível variar o revestimento final de acordo com a demanda do ambiente e com a preferência estética. Para áreas externas, é comum o uso de pedras de granito, de ardósia ou cimentícias, apoiadas sobre pedestais e com espaçamentos entre as peças. Uma das formas de aplicação do sistema de piso elevado consiste no apoio das placas de revestimento diretamente pelos quatro cantos sobre bases pontuais, normalmente pedestais plásticos ou de concreto, conforme ilustrado na Figura 4. Já outro modelo disponível no mercado brasileiro utiliza placas modulares de polipropileno, que funcionam como estrutura intermediária entre os pedestais e o revestimento final, como mostrado na Figura 5.



Figura 4 - Piso elevado de granito apoiado pelos cantos sobre pedestais plásticos

Fonte: Empresa C (2024)

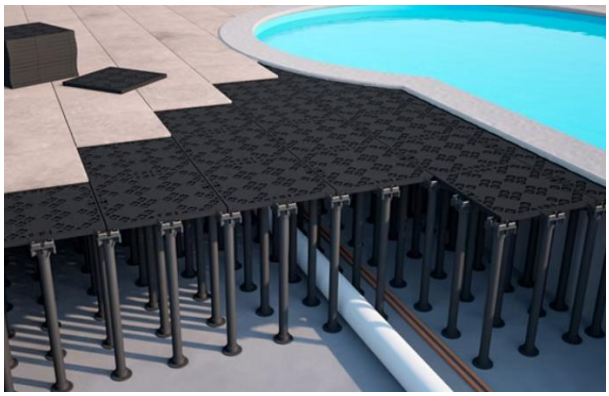


Figura 5 - Piso elevado com placas plásticas intermediando pedestais e revestimento

Fonte: Empresa B (2024)

Independentemente do modelo adotado, o sistema de piso elevado apresenta algumas características construtivas interessantes que contribuem para sua presença em ambientes corporativos e técnicos no Brasil, especialmente pela facilidade de acesso a sistemas ocultos e pela flexibilidade na manutenção. Apesar de consolidado em ambientes internos, seu uso em áreas externas ainda é relativamente incomum, mesmo em situações em que os pisos convencionais estão sujeitos a ações constantes de intempéries e ao surgimento de manifestações patológicas, como a eflorescência. Nesse cenário, considera-se pertinente estudar este sistema como uma alternativa possível, considerando que sua viabilidade depende diretamente da relação entre custo, aspectos operacionais e critérios de sustentabilidade, os quais serão discutidos ao longo deste estudo.

3.2. PARÂMETROS DE COMPARAÇÃO

3.2.1. Custo

O estudo de custos ocupa papel central na Engenharia Civil e na gestão de empreendimentos, uma vez que influencia diretamente a viabilidade técnica e econômica das soluções adotadas pelas construtoras. A correta estimativa e análise dos dispêndios associados aos métodos construtivos possibilitam decisões mais assertivas, reduzem o risco financeiro das obras e contribuem para o controle eficiente dos recursos. Nesse contexto, compreender os custos vinculados aos diferentes métodos de revestimento de piso torna-se essencial para garantir competitividade, desempenho satisfatório e prevenção de falhas construtivas.

A análise de custos relacionados aos métodos de revestimento de piso deve considerar não apenas o investimento inicial, mas também os impactos econômicos associados à durabilidade dos sistemas e às possíveis intervenções decorrentes de manifestações patológicas. Esse enfoque ganha relevância na medida em que patologias apresentam custos de reparação significativamente elevados e, quanto mais cedo ocorre a identificação das anomalias, menores são os gastos e a complexidade das correções necessárias, prolongando o desempenho dos sistemas (Santana; Neto; Lima, 2022).

Para Vilela Dias (2004), a engenharia de custos deve abranger não apenas a estimativa inicial dos investimentos, mas também o planejamento e o controle sistemático durante a execução da obra. Com base nos dados apresentados por Santos e Vazquez (2010), observa-se que falhas e manifestações patológicas recorrentes no pós-obra resultam em demandas de reparo que tendem a elevar os custos operacionais, podendo impactar a rentabilidade do empreendimento. De maneira complementar, Zhong e Wu (2015) apontam que os investimentos feitos ainda na etapa construtiva são decisivos para evitar despesas futuras, especialmente aquelas associadas à habitabilidade e ao desempenho global da edificação. Dessa forma, a seleção do método de revestimento deve considerar não apenas o custo de implantação, mas também os impactos financeiros decorrentes de sua durabilidade, da probabilidade de falhas e das necessidades de intervenções que esses fatores possam gerar ao longo do tempo.

3.2.2. Aspectos construtivos

A avaliação dos aspectos construtivos envolve a análise integrada das camadas constituintes dos sistemas de revestimento, da complexidade de execução, do tempo necessário para instalação, dos equipamentos empregados, do nível de especialização da mão de obra e da interação com sistemas complementares, especialmente a impermeabilização. Barros (2001) destaca que a escolha inadequada da camada de fixação ou a incompatibilidade entre os materiais utilizados no substrato e no revestimento compromete significativamente a durabilidade e o desempenho final do piso, evidenciando a necessidade de critérios técnicos rigorosos durante a definição do método executivo.

A preservação da impermeabilização constitui um ponto crítico em áreas externas, uma vez que métodos de assentamento que exigem perfurações, cargas indevidas ou contato inadequado com essa camada elevam de forma considerável a probabilidade de infiltrações. Tais falhas podem desencadear manifestações patológicas associadas à umidade, como reforça Belon (2019), ao apontar que esse tipo de anomalia é recorrente em obras. Rowell (2017) complementa afirmando que a umidade tende a migrar pelos vazios da superfície frágil dos materiais até evaporar ou se depositar em regiões específicas, o que torna fundamental compreender a interação entre cada sistema de revestimento e a impermeabilização para prevenir danos e prolongar a vida útil da construção.

No que se refere à produtividade, reconhece-se que esse indicador exerce influência direta tanto no prazo quanto no custo final da obra. Lee, Ahmad e Sarijari (2023) destacam que a produtividade na construção civil está relacionada à eficiência com que os recursos são convertidos em resultados mensuráveis, abrangendo diferentes dimensões de análise e dependendo de métodos de monitoramento capazes de refletir o desempenho real da mão de obra. A adequada medição da produtividade é essencial para a gestão operacional, pois possibilita identificar oportunidades de otimização e redução de desperdícios. Ademais, o aumento do número de profissionais envolvidos na execução implica elevação de custos, o que reforça a importância de métodos executivos que conciliem rapidez, eficiência e qualidade. Para o presente estudo, portanto, destaca-se a produtividade física, que considera o tempo necessário para executar cada método de revestimento.

Assim, os aspectos construtivos devem ser compreendidos como um conjunto de fatores inter-relacionados que abrangem a complexidade de execução, a compatibilidade com a impermeabilização, o tempo de instalação e de liberação ao tráfego, a necessidade de conhecimentos técnicos específicos, a facilidade de manutenção e de reversibilidade, bem como a produtividade da mão de obra. Esses elementos, analisados em conjunto, influenciam diretamente o desempenho, a

durabilidade e os custos ao longo da vida útil da edificação, estabelecendo uma conexão direta com os demais parâmetros do estudo comparativo.

3.2.3. Sustentabilidade

A sustentabilidade constitui um dos eixos fundamentais da engenharia contemporânea, buscando integrar desempenho técnico, responsabilidade ambiental e benefícios sociais. Conforme Wong e Zhou (2015), esse conceito baseia-se no princípio do *triple bottom line* (TBL), que envolve os pilares econômico, ambiental e social. O marco global do conceito foi estabelecido pela Comissão Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD), cujo Relatório Brundtland (1987) definiu desenvolvimento sustentável como aquele que atende às necessidades presentes sem comprometer as gerações futuras. Essa definição foi reforçada na Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável (2002), que consolidou os três pilares como interdependentes.

Em relação aos materiais, o relatório *The Fraud of Plastic Recycling* (Center for Climate Integrity, 2024) evidencia que mais de nove bilhões de toneladas de plástico foram produzidas desde a década de 1950, sendo menos de 10% efetivamente recicladas. Essa realidade intensifica a necessidade de soluções tecnológicas que valorizem a circularidade de materiais e reduzam o impacto ambiental.

A construção civil é um dos setores mais impactantes ambientalmente, responsável pelo consumo de grande volume de matérias-primas e pela geração significativa de resíduos. Estudos indicam que o setor consome cerca de 50% do aço produzido mundialmente e aproximadamente 3 bilhões de toneladas de matérias-primas para fabricação de produtos *(World Economic Forum*, 2016). Azzi, Duc e Ha (2015) destacam que, devido a esse elevado impacto, soluções construtivas que minimizam falhas e reduzem a necessidade de reparos contribuem diretamente para a mitigação do consumo de recursos naturais e da geração de resíduos. No contexto da patologia das construções, adotar métodos e materiais que evitem defeitos reduz a demanda por retrabalhos, economiza energia, diminui o descarte e prolonga a vida útil das edificações, promovendo maior alinhamento entre economia e preservação ambiental.

4. METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho é desenvolvida com o objetivo de possibilitar a análise comparativa entre três sistemas de revestimento de piso aplicados em áreas externas: o revestimento cerâmico convencional, o piso elevado e o piso em madeira plástica. O processo metodológico é estruturado considerando dois parâmetros, sendo eles custos e aspectos construtivos, além de uma fase preparatória. As fases de aplicação da metodologia são apresentadas na Figura 6.

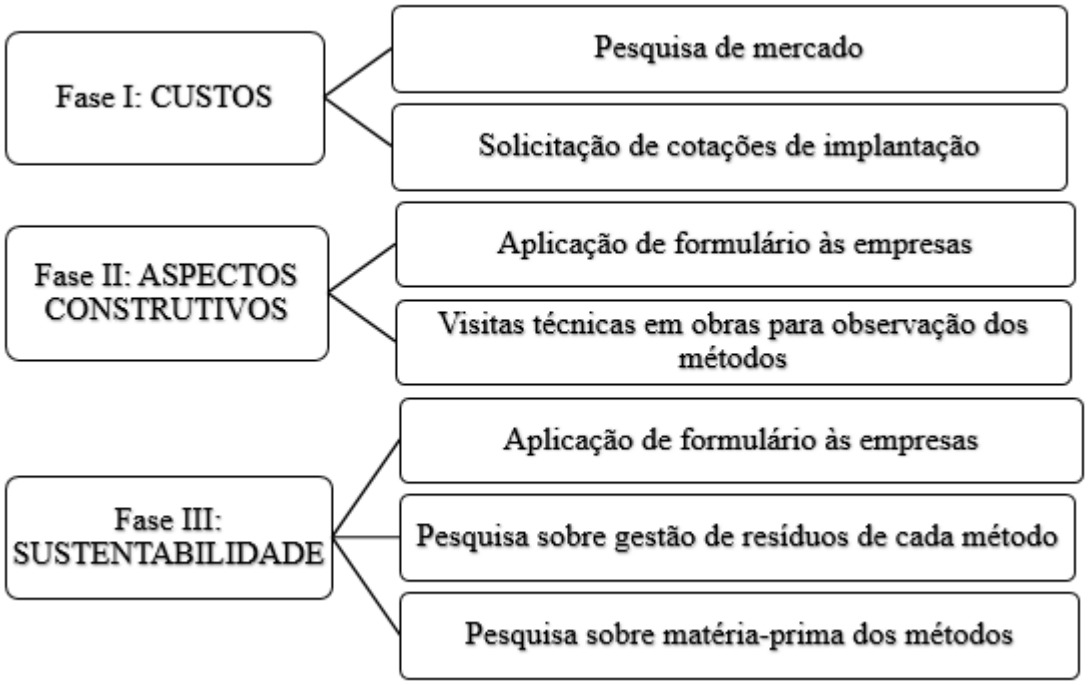


Figura 6 - Sequência de procedimento metodológico

Fonte: Autora (2025)

Para assegurar a equivalência das condições de análise entre os sistemas de revestimento avaliados, estabelece-se previamente uma base metodológica padronizada, composta pela definição geométrica da área de estudo, pela seleção representativa de insumos e pela elaboração de instrumento estruturado de coleta de dados. Essa padronização constitui o suporte técnico para as etapas comparativas subsequentes de custos e aspectos construtivos.

Inicialmente, elabora-se um instrumento de coleta de dados destinado às empresas fornecedoras de piso elevado e de piso em madeira plástica, apresentado no Anexo D. O formulário é estruturado com questionamentos voltados aos principais parâmetros técnicos, executivos, operacionais e ambientais necessários à análise comparativa. Entre os aspectos investigados incluem-se: a capacidade de carga por metro quadrado dos modelos comercializados, mediante solicitação de laudos técnicos de ensaio; o tempo médio de instalação, expresso em área executada por dia; os métodos empregados na fixação ou posicionamento de pedestais, com ênfase na preservação da camada impermeabilizante em áreas externas; a resistência mecânica; os prazos de instalação e de liberação ao tráfego; e a vida útil estimada dos produtos.

O instrumento também contempla a avaliação do desempenho dos sistemas sob exposição prolongada às intempéries. Quando não é viável a realização de visitas técnicas *in loco*, solicita-se às empresas o envio de evidências documentais, como registros fotográficos de instalações antigas, de modo a subsidiar a análise do comportamento dos materiais ao longo do tempo. Adicionalmente, são coletadas informações relativas à gestão dos resíduos gerados durante a execução, incluindo recortes, retalhos e demais sobras provenientes da instalação, com o objetivo de verificar o alinhamento das práticas adotadas às diretrizes contemporâneas de sustentabilidade e manejo de resíduos na construção civil.

Paralelamente, desenvolve-se um layout arquitetônico de referência representativo de uma cobertura de área de lazer externa típica de empreendimentos residenciais, composta por churrasqueira, banheiro e piscina. O modelo contempla setores descobertos, submetidos à incidência direta de água pluvial, radiação solar e variações térmicas, condições compatíveis com a realidade de aplicação dos sistemas analisados. Para fins de padronização comparativa, considera-se exclusivamente a área útil destinada à aplicação dos revestimentos, descontando-se a superfície ocupada pela piscina, resultando em uma área total de 80 m², conforme ilustrado na Figura 9. Esse layout constitui a base geométrica para o levantamento de quantitativos e para a solicitação de orçamentos, garantindo uniformidade nas propostas recebidas e assegurando comparabilidade técnica e econômica entre os sistemas avaliados. A consolidação das informações obtidas por meio do instrumento de coleta e da padronização geométrica estabelece, assim, uma base técnica consistente e homogênea para o desenvolvimento das etapas subsequentes do estudo comparativo.

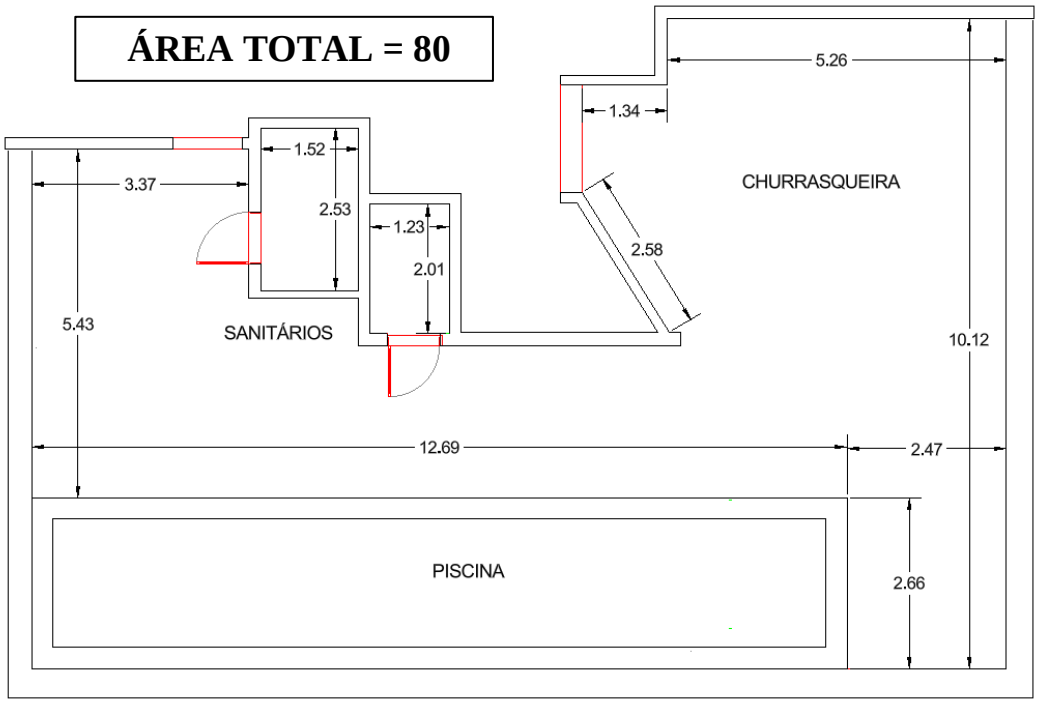


Figura 7 - Layout arquitetônico de referência

Fonte: Autora (2025)

4.1. CUSTOS

Na fase destinada à apuração de custos, o estudo contempla a identificação, quantificação e análise dos valores envolvidos na implantação de cada um dos sistemas de piso avaliados, permitindo a comparação entre as soluções sob uma perspectiva orçamentária. Inicialmente realiza-se um levantamento exploratório por meio de pesquisa em plataformas digitais, catálogos técnicos e sites institucionais, para identificar as principais marcas de referência no mercado brasileiro de madeira plástica e de piso elevado, bem como fornecedores que disponibilizam envio para o Distrito Federal. Essa etapa busca garantir que os modelos analisados representem alternativas amplamente comercializadas no país, evitando distorções decorrentes de soluções pouco difundidas ou de disponibilidade restrita.

Com a relação de empresas mapeada, procede-se à solicitação de cotações formais para cada um dos sistemas considerados na pesquisa, em que as propostas incluem tanto o fornecimento dos materiais quanto a execução completa dos serviços de instalação. Todas as cotações são padronizadas pela mesma área de referência, correspondente ao layout arquitetônico adotado no estudo, o que

permite manter equivalência nas condições de comparação e evitar variações de preço associadas à dimensão contratada. Sempre que possível, solicita-se valores referentes a diferentes modelos de cada sistema, de forma a contemplar variações típicas de mercado e enriquecer a análise comparativa.

Para o piso cerâmico, a metodologia adota um procedimento diferenciado devido à natureza amplamente consolidada desse sistema no setor da construção civil. Realiza-se contato com construtoras atuantes no Distrito Federal para obter dados de compra reais referentes aos insumos utilizados no assentamento de porcelanato em obras de médio e grande porte. Os valores utilizados derivam de notas fiscais e registros de aquisição, o que confere maior precisão e aderência aos preços praticados em escala industrial.

No que se refere a execução do piso cerâmico, realiza-se uma coleta de valores por metro quadrado junto a empresas terceirizadas atuantes no Distrito Federal, com experiência em obras de médio e grande porte e usualmente contratadas por construtoras, com o intuito de assegurar que o estudo utilize parâmetros compatíveis com a realidade do mercado e de manter equivalência com o piso em madeira plástica e o piso elevado, cuja instalação também demanda equipes qualificadas. A análise abrange o serviço completo de assentamento e rejuntamento, incluindo o preparo das superfícies, a aplicação da argamassa colante e a execução das juntas.

Ao término da coleta e consolidação dos dados orçamentários, a comparação entre os métodos de revestimento de piso é realizada com base na média aritmética dos valores obtidos para cada modelo representativo dentro de cada sistema analisado. Para cada método, consideram-se os preços referentes ao fornecimento de materiais e à execução dos serviços, conforme as cotações formais e os registros de aquisição levantados. A adoção da média dos preços coletados busca reduzir a influência de variações pontuais entre fornecedores, padrões de acabamento ou estratégias comerciais específicas, estabelecendo um parâmetro comparativo mais equilibrado e tecnicamente representativo das condições praticadas no mercado nacional.

4.2. ASPECTOS CONSTRUTIVOS

Na segunda fase do estudo, são analisados os fatores relacionados aos aspectos construtivos e operacionais da execução dos sistemas de revestimento de piso comparados, os quais constituem elementos relevantes no contexto da construção civil contemporânea. Essa abordagem visa avaliar as condições práticas de execução em obra, considerando não apenas o desempenho dos sistemas —

entendido como o comportamento da edificação e de seus componentes quando submetidos às condições de uso e de exposição previstas em projeto, conforme estabelecido pela ABNT NBR 15575:2013 —, mas também os impactos gerados ao longo das etapas de instalação, uso, manutenção e eventual substituição dos revestimentos.

Nesse contexto, a sustentabilidade é tratada como um dos aspectos construtivos analisados, uma vez que as decisões relacionadas aos métodos de execução, às matérias-primas empregadas e à durabilidade dos sistemas influenciam diretamente o consumo de recursos naturais, a geração de resíduos e a vida útil das soluções adotadas. Assim, a análise construtiva incorpora critérios associados ao pilar ambiental da sustentabilidade, especialmente aqueles relacionados à ecoeficiência dos processos produtivos e construtivos.

A execução desta etapa tem início com um levantamento documental em publicações técnicas, sites institucionais e catálogos de fornecedores, com o objetivo de compreender os métodos de instalação, a composição das camadas de assentamento e as principais manifestações patológicas associadas a cada sistema. Essa etapa mostra-se essencial, uma vez que a durabilidade, o desempenho e o impacto ambiental dos revestimentos podem ser significativamente comprometidos por escolhas inadequadas durante a execução. Conforme destaca Barros (2001), a utilização de uma camada de fixação incompatível com o substrato ou com o revestimento compromete de forma significativa o desempenho do sistema, reforçando a necessidade de uma avaliação criteriosa da composição dos métodos construtivos adotados.

De forma paralela, o formulário elaborado na etapa de preparação é aplicado junto às empresas consultadas, possibilitando a obtenção de informações detalhadas sobre a complexidade de execução de cada método, os equipamentos e conhecimentos técnicos necessários, o grau de especialização da mão de obra, os prazos de instalação e de liberação ao tráfego, a resistência mecânica (para a qual são solicitados laudos técnicos), o desempenho acústico, a interferência sobre os sistemas de impermeabilização, a produtividade da mão de obra e os impactos operacionais associados à instalação e à manutenção dos revestimentos.

Adicionalmente, no âmbito dos aspectos construtivos, são analisados critérios relacionados à sustentabilidade com base em princípios da construção sustentável apresentados pela Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura e pelo Conselho Brasileiro de Construção Sustentável, tais como o uso de matérias-primas que contribuam para a redução do consumo energético, a durabilidade dos sistemas, as possibilidades de reuso e reciclagem dos materiais e a gestão adequada dos resíduos

gerados durante a fabricação, instalação e eventual substituição dos pisos. Para tanto, realiza-se pesquisa bibliográfica e consultas junto aos fabricantes, abrangendo a cadeia produtiva e residual de cada método, com solicitação de material comprobatório, como registros fotográficos e audiovisuais, além de visitas técnicas a fábricas quando aplicável.

Para embasar e validar as análises, são realizadas visitas técnicas a obras de construção civil em Brasília nas quais os sistemas de revestimento comparados encontram-se em execução ou já foram concluídos. Essa etapa permite a observação in loco da realidade operacional, da produtividade efetiva, dos ajustes necessários durante a instalação e dos impactos diretos sobre o cronograma da obra. Dessa forma, torna-se possível confrontar os dados fornecidos pelos fabricantes e executores com a prática de campo, estabelecendo uma análise crítica mais precisa e integrada dos aspectos construtivos, operacionais e ambientais de cada sistema de revestimento avaliado.

4.3. SUSTENTABILIDADE

Na terceira fase, o parâmetro adotado para comparação dos revestimentos de piso é a sustentabilidade, que inclui fatores como vida útil e impacto ambiental gerado pela cadeia produtiva de cada método analisado. Dentre os pilares econômico, social e ambiental da sustentabilidade, este estudo analisa principalmente o pilar ambiental, considerando os processos de fabricação, instalação e gestão residual dos tipos de revestimento de piso.

A pesquisa utiliza como critérios básicos alguns princípios fundamentais da construção sustentável apresentados pela Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura (AsBEA) e pelo Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS), a saber: o uso de matérias-primas que contribuam para a ecoeficiência do processo e para a redução do consumo energético, a redução, reutilização, reciclagem e destinação adequada de resíduos sólidos.

Para obter as informações relacionadas a esses critérios, é realizada uma pesquisa junto a fabricantes sobre toda a cadeia produtiva e residual de cada método de revestimento comparado, solicitando material comprobatório em foto e filmagem, e realizando visitas em fábricas. Em seguida, conduz-se uma revisão do estado da arte sobre as matérias-primas utilizadas nos diferentes métodos, analisando as propriedades dos materiais empregados. O mesmo procedimento é aplicado à avaliação

da vida útil dos produtos, das possibilidades de reuso e reciclagem e da gestão dos resíduos gerados por cada tipo de revestimento, além da verificação de certificações de sustentabilidade das empresas fabricantes e fornecedoras dos pisos.

4.4. DEFINIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS INSUMOS REPRESENTATIVOS

4.4.1. Piso cerâmico

Para a análise comparativa dos custos entre os métodos de revestimento estudados, são considerados, no caso do piso cerâmico, os materiais tradicionalmente aplicados acima do contrapiso previamente impermeabilizado, a saber: a argamassa de assentamento, o revestimento cerâmico e o rejunte.

No que se refere à argamassa de assentamento, o mercado dispõe de diversas tipologias, cada uma adequada a condições específicas de uso, como o tipo de revestimento, o ambiente de aplicação, a exposição à umidade, às variações térmicas e aos movimentos da estrutura. A seleção adequada desse insumo é fundamental para evitar manifestações patológicas. Para áreas externas, o estudo adota a argamassa bicomponente, composta por um componente em pó de base cimentícia e por um componente líquido à base de resina polimérica. Essa escolha se justifica pelo teor reduzido de sais solúveis, característica que contribui para a mitigação da eflorescência, além de oferecer maior aderência, flexibilidade e durabilidade em ambientes sujeitos à umidade, à radiação solar e à variação térmica.

Quanto ao revestimento cerâmico, o porcelanato é selecionado como referência, por se tratar de uma cerâmica de alto desempenho, caracterizada pela baixa absorção de água, elevada resistência mecânica e acabamento estético superior. O mercado disponibiliza esse tipo de produto em diversos formatos, texturas e padrões de superfície. Para representar essa categoria no estudo, é adotado o porcelanato esmaltado retificado no formato 120 × 120 cm, modelo LM Concrete Gray Esmaltado Externo, cuja superfície cimentícia, resistência e adequação ao uso em ambientes externos são amplamente reconhecidas. Conforme ilustrado na Figura 8, trata-se de um revestimento alinhado às tendências contemporâneas de projeto arquitetônico. A adoção desse modelo é motivada pelo fato de que o produto é utilizado em uma das obras visitadas durante o desenvolvimento da pesquisa, onde

apresentou elevada aceitação entre os compradores. Dessa forma, o porcelanato selecionado representa, de maneira fiel, soluções cerâmicas de alto padrão, garantindo uma comparação compatível com os demais sistemas de piso avaliados.



Figura 8 - Porcelanato de referência, dimensões 120 x 120 cm

Fonte: Autora (2025)

No que concerne ao rejunte, observa-se que o mercado oferece diferentes alternativas, como os tipos cimentício, epóxi, acrílico, à base de poliuretano (PU) e silicone, cada qual indicado para condições específicas de uso. Para áreas externas, o rejunte acrílico se destaca por apresentar baixa porosidade, maior flexibilidade e ausência de cimento Portland em sua composição, fatores que contribuem para a redução da formação de sais solúveis e, consequentemente, da eflorescência. Embora alternativas como rejuntes epóxi, selantes PU e silicone sejam ocasionalmente consideradas, os próprios fabricantes não recomendam seu uso nesta função em pisos externos, o que reforça a adequação do rejunte acrílico para este tipo de aplicação. Assim, para o presente estudo, é adotado o rejunte acrílico Quartzolit, também observado em uso em uma das obras visitadas, o que garante maior alinhamento entre a análise e as práticas adotadas no setor da construção civil.

4.4.2. Piso em madeira plástica

Na etapa de preparação, foram realizadas cotações junto a diferentes fornecedores e empresas especializadas de madeira plástica, abrangendo produtos utilizados no mercado nacional e adequados ao uso externo. Uma vez que este estudo consiste em avaliar os revestimentos propriamente ditos, evitando interferências associadas a sistemas elevados ou alterações de nível, todas as cotações foram conduzidas considerando a instalação direta sobre a base existente, com a menor elevação possível dos montantes e perfis. Essa decisão permite que os três sistemas comparados mantenham equivalência técnica quanto às condições de aplicação.

Dentro da categoria de madeira plástica, dois formatos foram selecionados para análise. O modelo assoalho foi desenvolvido para simular a aparência de pisos de madeira natural e apresenta encaixe tipo macho-fêmea, o que confere maior estabilidade, continuidade visual e menor passagem de água e sujeira entre as peças. Trata-se de um formato aplicado com frequência em sacadas, varandas e áreas elevadas. Já o deck ripado é tradicionalmente composto por ripas largas com espaçamento visível entre elas. Esse modelo permite escoamento eficiente da água e ventilação entre as peças, sendo amplamente recomendado para áreas totalmente expostas. A pesquisa identificou uma maior variedade comercial de modelos de deck em relação ao assoalho, fato confirmado por fabricantes e distribuidores consultados durante o estudo. Por isso, foi possível coletar propostas de custos de três modelos, conforme apresentado na Figura 9.



Figura 9 - Perfis dos modelos de deck e assoalho

Fonte: Autora (2025)

Essas definições constituem a base técnica das etapas subsequentes de análise, permitindo que os custos e as comparações apresentadas reflitam a realidade de mercado e as possibilidades construtivas atualmente disponíveis.

4.4.3. Piso elevado

No caso do piso elevado, observa-se que diferentes modalidades de execução estão disponíveis no mercado, cada uma caracterizada por configurações estruturais específicas e distintos níveis de desempenho. A primeira modalidade considerada corresponde ao sistema de placas intertravadas com revestimento em granito, adotado com altura de pedestais regulável entre sete e quinze centímetros. Opta-se pela menor altura, pois o objetivo reside na eliminação da camada de argamassa, mantendo o piso o mais próximo possível do contrapiso, sem a obrigatoriedade de criar um vão técnico para passagem de instalações, conforme apresentado na Figura 10. O sistema inclui a estrutura de pedestais e as placas já revestidas com granito Cinza Castelo, selecionado por apresentar estética e padrão de acabamento compatíveis com os métodos de revestimento analisados, especialmente o porcelanato 120 × 120 cm e a madeira plástica.



Figura 10 - Piso elevado com placas intertravadas com revestimento em granito

Fonte: Empresa B (2025)

Em uma segunda modalidade, adota-se o sistema de piso elevado composto por pedestais avulsos, sem placas estruturais intermediárias. Trata-se de uma solução simplificada, em que a própria pedra natural possui espessura superior e é apoiada diretamente sobre os pedestais, dispensando o uso de módulos estruturais. Assim como na alternativa anterior, utiliza-se o granito Cinza Castelo e a menor altura de pedestais, de modo a apenas substituir a camada de argamassa sem criar espaço técnico. A avaliação dessa modalidade permite identificar como a variação do sistema estrutural, com ou sem placas intermediárias, altera o comportamento do conjunto, particularmente no que se refere à estabilidade, ao apoio e ao processo de montagem.

Na fase de preparação, verifica-se que diversos fornecedores de piso elevado desaconselham o uso de porcelanato em áreas externas, principalmente devido à sensibilidade térmica do material e ao risco de fissuração. Apesar disso, identifica-se uma empresa que oferece o sistema de piso elevado com porcelanato estruturado, conforme apresentado na Figura 11, possibilitando a inclusão dessa modalidade na análise.



Figura 11 - piso elevado com porcelanato estruturado

Fonte: Empresa A (2025)

Para garantir equivalência metodológica entre os sistemas estudados, adota-se o mesmo porcelanato LM Concrete Gray Esmaltado Externo 120 × 120 cm utilizado no revestimento cerâmico tradicional. Antes da instalação, o porcelanato passa por um processo industrial que engloba a correção do alinhamento e a aplicação de uma tela de reforço na face inferior, aumentando sua rigidez e resistência às tensões. Dessa forma, essa modalidade representa uma solução tecnicamente viável para o uso de porcelanato em piso elevado, desde que submetida a processo de industrialização adequado.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. CUSTOS

5.1.1. Piso cerâmico

Para que fosse possível assegurar que as soluções avaliadas representassem condições reais de aplicação, os valores utilizados na comparação de custos foram obtidos a partir de notas fiscais de 2025 das obras analisadas, o que reflete diretamente os preços praticados por grandes construtoras, já considerando os descontos obtidos por compras em larga escala. Isso garante maior fidelidade à realidade econômica do setor, evitando distorções causadas por valores de varejo da argamassa, da cerâmica e do rejunte.

O custo de cada insumo empregado na execução do revestimento cerâmico, por metro quadrado, está apresentado na Tabela 1, seguido da análise dos critérios adotados e dos cálculos realizados para a obtenção dos valores correspondentes. Na sequência, são apresentados os custos referentes à mão de obra, de modo a compor uma estimativa completa do sistema de piso.

Tabela 1 - Custo dos insumos por metro quadrado de piso cerâmico

Insumos	**Custo / m²**
Argamassa de assentamento bicomponente	R$ 74,00
Porcelanato esmaltado de dimensões 120 x 120 cm	R$ 199,96
Rejunte acrílico	R$ 2,25
Materiais de apoio	R$ 2,06
Total	**R$ 277,89**

Para a determinação do custo da argamassa, adota-se como referência a Argamassa ACIII E bicomponente, composta por pó cimentício e componente líquido à base de resina polimérica, para preparação e aplicação. A partir de notas fiscais fornecidas por uma construtora de grande porte atuante em Brasília, identifica-se valor médio de R$ 185,00 para a embalagem de 20 kg. Utiliza-se o aplicativo técnico da empresa fabricante para consulta do rendimento indicado para áreas externas, adotando-se o consumo de 8 kg/m². Considerando a área de 80 m² definida no layout arquitetônico

de referência, a demanda total resulta em 640 kg de argamassa, o que corresponde ao custo de R$ 5.920,00, equivalente a R$ 74,00 / m².

Para o revestimento cerâmico, adota-se o porcelanato Concrete Gray Esmaltado, para uso externo, no formato 120 × 120 cm, classificado como produto de médio a alto padrão. A quantidade necessária de peças é obtida pela divisão da área total de 80 m² pela área da placa, acrescida de 25% referentes a perdas e recortes, percentual também aplicado às estimativas dos sistemas em madeira plástica e piso elevado. Para o cálculo dos rodapés, consideram-se faixas de 20 cm de altura, permitindo a obtenção de seis rodapés por peça, com acréscimo de 10% para perdas. O custo unitário do porcelanato, obtido por meio de notas fiscais, corresponde a R$ 197,73. O quantitativo final de 81 peças para revestimento e rodapés resulta em custo total de R$ 15.996,96, equivalente a R$ 199,96 / m².

Para o rejuntamento, adota-se o rejunte acrílico, selecionado por apresentar desempenho compatível com aplicações em áreas externas. A estimativa de consumo é obtida por meio do aplicativo técnico disponibilizado pelo fabricante, considerando a área de 80 m² e juntas com espessura de 4 mm. O cálculo resulta na necessidade de 8 kg de material. O valor unitário, informado pelo setor de compras da construtora consultada, corresponde a R$ 22,50 por quilograma, totalizando R$ 180,00 para a aplicação na área estudada, equivalente a R$ 2,25 / m².

Para estimar o custo dos materiais de apoio utilizados no assentamento do porcelanato 120 × 120 cm, realizou-se o cálculo da quantidade necessária de peças do sistema nível clip + cunha, considerando quatro pontos de nivelamento por placa, distribuídos nos vértices. A partir do total de 81 peças utilizadas no revestimento da área de referência, obtém-se a necessidade proporcional de espaçadores e cunhas, compondo o conjunto mínimo para garantir o nivelamento adequado das peças durante a aplicação. Após a verificação dos valores praticados em obra para esses insumos, definiu-se o custo de R$ 165,00 para a aquisição dos componentes adicionais de nivelamento, de modo a manter equivalência metodológica com os demais sistemas analisados, cujas cotações já contemplam materiais auxiliares próprios de instalação, o que corresponde a R$ 2,08 / m².

Após a definição dos custos dos insumos necessários à instalação do revestimento cerâmico, procede-se à análise do custo referente à mão de obra especializada. A Tabela 2 apresenta o resumo dos valores apurados para materiais, serviços e o custo total de implantação do sistema de piso cerâmico.

Tabela 2 - Custo total de insumos e mão de obra por metro quadrado de piso cerâmico

Componentes	**Custo / m²**
Insumos	R$ 277,89
Mão de obra de instalação	R$ 99,00
Total	**R$ 377,27**

A execução de pisos cerâmicos em grandes formatos, como porcelanatos retificados, demanda mão de obra especializada, capaz de atender aos requisitos de precisão, alinhamento e acabamento exigidos por esse tipo de revestimento. Para assegurar parâmetros compatíveis com a prática de mercado e manter equivalência com os sistemas de madeira plástica e piso elevado, cuja instalação também requer equipes qualificadas, realizou-se a coleta de valores junto a três empresas terceirizadas atuantes no Distrito Federal, todas com experiência em obras de médio e grande porte. A análise considerou o serviço completo de assentamento e rejuntamento, incluindo preparo da base, aplicação da argamassa colante e execução das juntas. A média dos orçamentos resultou em R$ 99,00 por metro quadrado, valor adotado como referência para o custo da mão de obra especializada.

Com base nos dados coletados e nas especificações adotadas para o sistema de piso cerâmico na área de estudo, o custo total resulta da soma dos valores referentes ao revestimento porcelanato, à argamassa colante, ao rejunte acrílico e à mão de obra especializada para assentamento e rejuntamento. A apuração considerou o quantitativo de materiais necessários para os 80 m² do layout arquitetônico, utilizando preços obtidos por meio de notas fiscais e orçamentos fornecidos por empresas e construtoras atuantes no Distrito Federal. A partir desses parâmetros, consolidou-se o custo total do sistema de piso cerâmico em R$ 30.181,96, correspondente a R$ 377,27 / m², valor utilizado como referência para a comparação técnica e econômica com os demais métodos de revestimento avaliados neste estudo.

5.1.2. Piso em madeira plástica

Para assegurar que os valores utilizados na comparação de custos representassem condições reais de aplicação, realizou-se uma pesquisa de mercado abrangendo fornecedores e empresas especializadas na comercialização e instalação de pisos em madeira plástica. As cotações foram

obtidas considerando modelos e padrões de acabamento disponíveis no mercado nacional, todos adequados ao uso externo e compatíveis com o padrão estético adotado neste estudo. Assim como no sistema cerâmico, buscou-se utilizar dados provenientes de fornecedores que atendem ao Distrito Federal, garantindo a viabilidade logística e a equivalência metodológica entre as alternativas analisadas.

As cotações foram conduzidas exclusivamente para modelos aplicados diretamente sobre o piso, evitando soluções com sistemas elevados ou alterações de nível. Essa diretriz assegura equivalência entre os sistemas estudados, uma vez que a análise se concentra exclusivamente no revestimento e em seus componentes auxiliares, sem considerar interferências estruturais adicionais. A Tabela 3 apresenta o conjunto de custos dos insumos utilizados nos diferentes modelos de madeira plástica considerados na comparação.

Tabela 3 - Custo dos insumos por metro quadrado de piso em madeira plástica

Insumos	**Custo / m²**			
	Assoalho	**Deck I**	**Deck II**	**Deck III**
Perfis texturizados	R$ 445,69	R$ 398,68	R$ 361,18	R$ 486,16
Estrutura de barrotes	R$ 46,53	R$ 63,81	R$ 63,81	R$ 60,09
Total	**R$ 492,23**	**R$ 462,50**	**R$ 425,00**	**R$ 546,25**

Os valores obtidos para os componentes do sistema em madeira plástica foram levantados a partir de cotações realizadas com fornecedores especializados, abrangendo tanto o modelo assoalho quanto quatro variações de deck ripado. Para o modelo assoalho, verificou-se que o revestimento texturizado, composto por perfis de 220 × 32 mm, apresentou custo de R$ 445,69 / m² para a área de referência, enquanto os barrotes necessários para sua instalação, no perfil refilado 40 × 50 mm, corresponderam a R$ 46,53 / m². Esse conjunto representa a configuração indicada para ambientes elevados ou com circulação inferior, em razão do encaixe tipo macho-fêmea, que reduz a passagem de água e resíduos entre as peças.

No caso dos modelos de deck, foram analisadas quatro alternativas comerciais, com diferenças de dimensões, padrões de acabamento e linha de fabricação. O deck I, composto por perfis de 90 × 32 × 3000 mm, apresentou custo de R$ 395,68 / m² para a área de 80 m², enquanto os barrotes correspondentes, no perfil 64 × 70 mm, totalizaram R$ 63,81 / m². Para o deck II, que utiliza perfis mais largos, de 150 × 32 × 3000 mm, o valor do revestimento na mesma área foi de R$ 28.895,00,

mantendo a R$ 63,81 / m² o custo dos barrotes. Já o deck IV, também com perfis de 100 × 25 × 2500 mm, porém pertencente a outra linha de fabricação, registrou custo de R$ 486,16 / m², acompanhado de barrotes no perfil 82 × 52 mm, ao custo de R$ 60,09 / m².

Observa-se que, dentro de uma mesma linha de produção, perfis mais largos tendem a apresentar menor custo por metro quadrado instalado, uma vez que a redução no número de juntas diminui tanto o volume de material destinado às conexões quanto o tempo necessário para montagem, resultando em menor consumo de recursos no processo de instalação. Percebe-se também que, embora alguns perfis apresentem dimensões semelhantes, há variação nos preços em função das diferentes linhas de produção, níveis de acabamento, texturas e características estéticas, o que explica a amplitude de valores identificada entre os fornecedores.

Após a definição dos custos dos insumos necessários para a instalação do sistema em madeira plástica, procede-se à análise do custo correspondente à mão de obra especializada. Para esse fim, cada fornecedor consultado foi orientado a apresentar proposta orçamentária contendo a discriminação dos valores relativos aos serviços de instalação. Sendo assim, adotou-se o custo informado pelos fornecedores consultados, resultando em R$ 12.522,50 para o modelo assoalho, R$ 13.050,00 para os decks I e II, e R$ 12.950,00 para o deck IV. Esses valores já contemplam a instalação do revestimento e da estrutura de apoio, garantindo equivalência aos critérios utilizados para o piso cerâmico e o piso elevado. A Tabela 4 apresenta o resumo dos custos obtidos para materiais, mão de obra e o total de implantação do sistema de piso em madeira plástica.

Tabela 4 - Custo total de insumos e mão de obra por metro quadrado de piso em madeira plástica

Componentes	**Assoalho**	**Deck I**	**Deck II**	**Deck III**
Insumos	R$ 492,23	R$ 462,50	R$ 425,00	R$ 546,25
Mão de obra de instalação	R$ 156,53	R$ 163,25	R$ 163,25	R$ 161,87
Total	**R$ 648,76**	**R$ 625,65**	**R$ 588,25**	**R$ 708,12**

A diversidade de modelos cotados permite representar de forma mais fidedigna a amplitude de preços praticados no mercado nacional, especialmente considerando que o deck, em suas diferentes configurações, apresenta maior oferta comercial e variedade de padrões. A média dos valores apresentados para os diferentes modelos de piso em madeira plástica é de aproximadamente R$ 642,72 / m². Observa-se que o deck III apresenta um custo consideravelmente mais elevado em

comparação aos demais, resultado de sua linha de perfil mais estreita e da marca de maior renome, fatores que aumentam o consumo de acessórios de conexão e o tempo de montagem. Esses dados fundamentam a composição dos custos de materiais apresentados.

5.1.3. Piso elevado

Para garantir que a análise comparativa entre os sistemas de revestimento reflita condições reais de aplicação, os custos do piso elevado são obtidos diretamente de propostas comerciais fornecidas por empresas atuantes no Distrito Federal. As cotações contemplam todos os componentes necessários à implantação do sistema, incluindo a estrutura de pedestais ajustáveis, os revestimentos acabados (granito ou porcelanato estruturado) e a mão de obra de montagem. Dessa forma, assegura-se equivalência metodológica com os demais sistemas avaliados, permitindo a comparação direta dos valores totais de execução.

Os valores relativos aos componentes estruturais e aos revestimentos empregados na execução do piso elevado estão sistematizados na Tabela 5, acompanhados da descrição dos parâmetros adotados e dos procedimentos utilizados para o cálculo dos respectivos quantitativos.

Tabela 5 - Custo dos insumos por metro quadrado de piso elevado

Insumos	**Custo / m²**		
	Placas intertravadas com Granito	**Pedestais com Granito**	**Pedestais com Porcelanato**
Estrutura de pedestais/placas	R$ 298,70	R$ 66,89	R$ 66,10
Granito/Porcelanato	R$ 243,60	R$ 480,79	R$ 431,35
Total	**R$ 542,30**	**R$ 547,68**	**R$ 497,46**

Para o modelo de piso elevado com placas intertravadas e revestimento em granito, adota-se uma estrutura composta por pedestais ajustáveis e módulos estruturais no formato 60 × 60 cm. Essa configuração fornece apoio contínuo ao revestimento e permite a regulagem de altura necessária para a eliminação da camada de argamassa, mantendo o nível final o mais próximo possível do contrapiso impermeabilizado. O custo total da estrutura corresponde a R$ 298,70 / m². O revestimento empregado nesse modelo é o granito Cinza Castelo, selecionado por apresentar desempenho adequado

em áreas externas, baixa porosidade e elevada resistência mecânica. A aquisição das placas destinadas às áreas de circulação e rodapés resulta no valor de R$ 243,60 / m². Esse custo inclui ainda o processo de colagem das pedras sobre as placas estruturais, realizado em fábrica, garantindo maior estabilidade dimensional e regularidade superficial.

Na modalidade de piso elevado composto apenas por pedestais ajustáveis e revestimento em granito, a solução estrutural é simplificada, uma vez que as placas estruturais intermediárias não são utilizadas. Nesse caso, as peças de granito possuem espessura superior e são instaladas diretamente sobre os pedestais. Essa adaptação reduz o custo da estrutura para R$ 66,89 / m², mas mantém o revestimento em granito Cinza Castelo, cujo custo total é de R$ 480,79 / m². A adoção dessa configuração permite avaliar o impacto da redução de componentes estruturais no custo final do sistema.

A terceira alternativa analisada corresponde ao piso elevado com porcelanato estruturado, no formato 120 × 120 cm. A estrutura de apoio é composta por pedestais ajustáveis, totalizando R$ 66,10 / m². O revestimento adotado é o porcelanato LM Concrete Gray Esmaltado Externo (Roca Brasil Cerâmica), previamente estruturado em fábrica por meio da correção de empenos, regularização da base e aplicação de tela de reforço. O custo total do porcelanato estruturado é de R$ 431,35 / m². Essa solução se diferencia das demais por exigir maior densidade de pedestais devido ao tamanho e à esbeltez das placas cerâmicas.

A Tabela 6 apresenta os valores referentes à mão de obra de instalação dos três métodos avaliados, considerando a execução completa do sistema — incluindo nivelamento dos pedestais, colocação das placas estruturais quando aplicável, assentamento das peças de acabamento e ajustes finais para nivelamento e estabilidade.

Tabela 6 - Custo total de insumos e mão de obra utilizados no piso elevado

Componentes	**Placas intertravadas com Granito**	**Pedestais com Granito**	**Pedestais com Porcelanato**
Insumos	R$ 542,30	R$ 547,68	R$ 497,46
Mão de obra de instalação	R$ 181,22	R$ 236,63	R$ 233,85
Total	**R$ 723,51**	**R$ 784,31**	**R$ 731,31**

Para a análise do investimento associado à mão de obra especializada, cada empresa consultada foi instruída a apresentar proposta orçamentária contendo a discriminação dos valores destinados aos serviços de montagem do sistema, incluindo a instalação dos pedestais, das placas estruturais e dos revestimentos em granito ou porcelanato. Dessa forma, adotam-se os valores informados diretamente pelos fornecedores, os quais contemplam integralmente as etapas de nivelamento, fixação dos componentes estruturais e assentamento das peças de acabamento.

Os custos de mão de obra resultam em R$ 181,22 / m² para o modelo de placas intertravadas com granito, R$ 236,63 / m² para o sistema de pedestais com granito, e R$ 233,85 / m² para o modelo composto por pedestais com porcelanato estruturado. Esses valores asseguram equivalência metodológica às estimativas realizadas para o piso cerâmico e para o revestimento em madeira plástica, uma vez que abrangem todas as etapas operacionais necessárias à implementação do sistema.

A análise dos resultados evidencia que o modelo com pedestais e granito apresenta o maior custo total, devido ao valor mais elevado do revestimento, que necessita de maior espessura para garantir estabilidade quando instalado sem placas intermediárias. Já o sistema de placas intertravadas com granito apresenta o menor custo entre os três modelos avaliados, resultado da distribuição das cargas por meio dos módulos estruturais, que reduz a espessura necessária do granito e melhora a relação custo-benefício do conjunto. O piso elevado com porcelanato estruturado apresenta custo intermediário entre as demais soluções, mesmo utilizando um revestimento cerâmico de maior valor agregado. Esse comportamento decorre da redução do quantitativo de revestimento natural e da maior eficiência estrutural do sistema, embora demande maior cuidado na etapa de industrialização das peças.

Para viabilizar uma comparação mais clara entre os sistemas, a Figura 14 apresenta um gráfico comparativo do custo médio por metro quadrado de cada método de revestimento de piso.

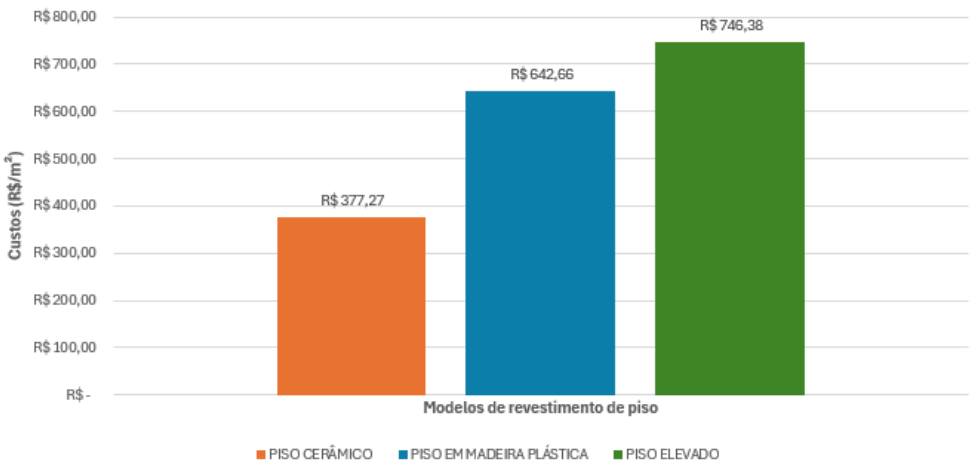


Figura 12 - Comparativo de custo unitário dos tipos de piso

Fonte: Autora (2025)

De maneira geral, observa-se que o piso cerâmico se mantém como a alternativa de menor custo inicial, enquanto o piso elevado e a madeira plástica configuram soluções de investimento mais elevado, oferecendo, entretanto, benefícios construtivos e estéticos, especialmente no que se refere à possibilidade de elevação da estrutura. Assim, a escolha do sistema de revestimento deve considerar de forma equilibrada o orçamento disponível, o padrão de acabamento pretendido e as expectativas de desempenho e durabilidade ao longo do tempo.

No caso específico do piso elevado, o maior consumo de material, a necessidade de preparação em fábrica e a utilização de acabamentos de alto padrão contribuem para que este método se apresente como a alternativa mais onerosa entre os sistemas avaliados neste estudo. Ainda assim, a diversidade de cotações coletadas permite compreender de que maneira as variações estruturais e de revestimento impactam diretamente o custo final, reforçando a importância da análise comparativa de diferentes combinações de materiais para a identificação da solução mais eficiente em termos de custo-benefício dentro de cada contexto construtivo.

5.2. ASPECTOS CONSTRUTIVOS

5.2.1. Piso cerâmico

Um dos fatores que contribuem para a popularidade do revestimento cerâmico é justamente o aspecto construtivo e operacional, dado o fato de que a maioria dos profissionais da construção civil,

especialmente pedreiros, estão familiarizados com sua aplicação. Essa ampla experiência facilita a adoção do sistema, tornando-o o mais utilizado nas obras convencionais. Entretanto, apesar da difusão da técnica, pôde-se perceber, em campo, que a execução de pisos cerâmicos com bom desempenho e acabamento de alto padrão requer mão de obra especializada. Isso se torna ainda mais relevante quando se trata de porcelanatos de grandes formatos, como os de 120x120 cm, que exigem maior precisão no nivelamento, uso de ferramentas adequadas e técnicas específicas de assentamento. Para esse tipo de peça, é recomendado que a aplicação seja realizada em dupla, garantindo o correto manuseio, alinhamento e regularidade da superfície, uma vez que falhas nessa etapa comprometem diretamente o resultado e a durabilidade do sistema.

Do ponto de vista construtivo, a instalação do piso cerâmico segue um sistema tradicional de assentamento com argamassa colante, aplicada sobre um contrapiso devidamente nivelado. A argamassa promove a aderência entre a base e a peça cerâmica, e sua escolha deve considerar as características do ambiente, como exposição à umidade, variações térmicas e tipo de tráfego. A camada de rejunte, aplicada posteriormente, além de complementar o aspecto estético, tem função técnica de acomodar variações dimensionais e proteger contra infiltrações. No entanto, a execução inadequada do rejuntamento e a presença de resíduos solúveis na argamassa podem favorecer a ocorrência de manifestações patológicas, como a eflorescência.

No que se refere à impermeabilização, o sistema apresenta a vantagem de, em condições normais de execução, oferecer baixo risco de danos à camada impermeabilizante, uma vez que sua instalação não exige perfurações ou elementos de fixação que possam comprometer a estanqueidade. Entretanto, modificações posteriores nesse tipo de revestimento, como a substituição de porcelanatos por razões estéticas ou técnicas, podem gerar impactos significativos. Durante uma das visitas de campo realizadas neste estudo, foi observado um caso em que a necessidade de troca de peças, motivada pelo assentamento inicial inadequado que resultou em piso oco, ocasionou danos diretos à impermeabilização em poliureia. A ação do operário no processo de demolição da peça e da argamassa de assentamento, com uma talhadeira, levou à ruptura da camada impermeabilizante, o que evidencia que, embora a instalação inicial seja relativamente segura sob o ponto de vista da proteção contra infiltrações, eventuais reparos ou reformas implicam riscos consideráveis de comprometimento do sistema de impermeabilização.

Em relação à reversibilidade e reaproveitamento, o sistema de piso cerâmico apresenta limitações significativas. A desmontagem das peças para reutilização é praticamente inviável, uma

vez que a fixação por argamassa é definitiva após sua cura. O único momento em que ainda há alguma possibilidade de remoção sem quebra é imediatamente após o assentamento, enquanto a argamassa permanece maleável, o que limita severamente a adaptabilidade do sistema. Na prática, isso significa que qualquer necessidade de reparo ou alteração envolve demolição parcial, geração de entulho e perdas materiais.

Portanto, embora o piso cerâmico seja um sistema consolidado, de aplicação amplamente conhecida e custo competitivo, seu desempenho e acabamento dependem fortemente da qualificação da mão de obra e do rigor na execução. Além disso, sua natureza não reversível e maior suscetibilidade a falhas de instalação reforçam a importância de um planejamento técnico criterioso e da adoção de boas práticas construtivas para garantir durabilidade e qualidade ao longo do tempo.

Em relação à resistência à flexão, o porcelanato LM Concrete Gray Externo 120x120, apresenta, conforme sua ficha técnica disponível no site do fabricante, um valor mínimo de 35 MPa. De acordo com a ABNT NBR 13818:1997, os porcelanatos de alto desempenho devem apresentar resistência à flexão mínima de 27 MPa, demonstrando que o produto atende integralmente aos critérios normativos de segurança e qualidade.

A respeito do tempo de instalação, foi realizado levantamento em obra com três empresas de assentamento de revestimento cerâmico no Distrito Federal. As equipes especializadas registraram rendimentos médios de 90 m²/dia, 85 m²/dia e 80 m²/dia, considerando duplas para a execução de porcelanato de alto padrão. Em geral, esse rendimento é alcançado por equipes compostas por dois a três profissionais, incluindo pedreiro e ajudante, garantindo o manuseio correto das peças de grande formato. Em termos operacionais, é fundamental respeitar os tempos técnicos de cura da argamassa colante: após o assentamento, deve-se aguardar entre 24 e 36 horas para a liberação ao tráfego leve, a fim de garantir a aderência completa das peças ao substrato e evitar deslocamentos.

O rejuntamento também não deve ser feito no mesmo dia, já que a argamassa colante precisa atingir resistência mínima para evitar o deslocamento das peças e garantir a uniformidade da junta; por isso, essa etapa geralmente é realizada no dia seguinte ou até dois dias após o assentamento. Após a aplicação do rejunte, ainda é necessário um período de cura, que varia de acordo com o tipo de produto utilizado: no caso do rejunte acrílico, o tráfego leve costuma ser liberado em cerca de 24 horas, de acordo com o fabricante.

5.2.2. Piso em madeira plástica

Durante a pesquisa junto a fabricantes de madeira plástica e nas visitas técnicas realizadas, foram reunidas informações consistentes sobre os aspectos construtivos e operacionais desse tipo de revestimento, amplamente empregado em áreas externas. O sistema é composto por montantes estruturais fabricados a partir do mesmo material reciclado, chamados de barrotes, conforme mostra a Figura 13. As características dos barrotes asseguram compatibilidade entre os elementos e resistência ao longo do tempo, além de reforçar o caráter sustentável da solução.



Figura 13 - Montantes para estrutura de piso em madeira plástica

Fonte: Autora (2025)

Uma das principais vantagens técnicas do piso em madeira plástica está relacionada à sua forma de instalação, que é modular, seca e não requer o uso de argamassa para instalação. No início da pesquisa, uma das preocupações levantadas foi quanto à fixação dos montantes do sistema de piso elevado diretamente sobre o contrapiso, especialmente em áreas externas onde há a presença de impermeabilização. Existem diferentes métodos e materiais utilizados para impermeabilizar pisos externos, como a poliureia, ilustrada na Figura 14, e, em todos eles, qualquer tipo de perfuração pode comprometer a estanqueidade do sistema, causando infiltrações e prejuízos estruturais.



Figura 14 - Camada impermeabilizante em piso externo

Fonte: Autora (2025)

A respeito da fixação, foram identificadas diferentes formas adotadas pelas empresas fornecedoras. A forma mais comum encontrada consiste no simples apoio dos montantes diretamente sobre o contrapiso ou laje, sem qualquer tipo de perfuração. Nesse caso, a estabilidade do sistema é assegurada pelo intertravamento das peças, que se encaixam entre si diretamente sobre os montantes, eliminando fixações adicionais. Outra empresa utiliza uma estrutura com sarrafos, sobre os quais o tablado de apoio é fixado, também sem a necessidade de furar a base. Uma terceira solução observada faz uso de pequenos montes de concreto, moldados sobre a impermeabilização, que servem como apoio para os montantes, igualmente sem interferência direta na laje. Essas variações demonstram que, embora existam diferentes métodos executivos, todos buscam respeitar a integridade da impermeabilização, característica valorizada por engenheiros e projetistas em áreas externas e expostas à umidade. Além disso, a montagem é limpa, com baixa geração de resíduos, e os recortes ou sobras de material podem ser recolhidos e retornados ao fabricante para reinserção no processo produtivo, em conformidade com os princípios da economia circular e da logística reversa.

A execução desse sistema, no entanto, exige mão de obra especializada. Devido às especificidades do método, que envolve nivelamento, alinhamento, fixação e encaixe adequado das réguas, não se recomenda a utilização de equipes convencionais da construtora. A maior parte dos fabricantes exige que a instalação seja realizada por profissionais capacitados ou indicados pela própria empresa fornecedora, assegurando a correta aplicação do sistema, sua durabilidade e o cumprimento das garantias oferecidas. Isso implica na contratação direta de empresas especializadas como parte do fornecimento do piso, o que compõe parte do encarecimento do produto.

Outro diferencial relevante é a possibilidade de desmontagem e reutilização. Por ser um sistema seco e não invasivo, as peças podem ser removidas e reinstaladas sem causar danos à base ou ao próprio material. Essa reversibilidade facilita manutenções pontuais, alterações de layout e até mesmo a transferência do piso para outro local, prolongando sua vida útil e reduzindo impactos ambientais em reformas futuras.

A flexibilidade construtiva do sistema também permite variações na altura da instalação. Os montantes podem ser configurados para elevações ajustáveis, podendo atingir até 2 metros em aplicações específicas. Esse recurso é especialmente útil em áreas com desnível, ambientes que demandam nivelamento com pisos internos ou em projetos que exigem passagem de infraestrutura técnica sob o revestimento. Além disso, a madeira plástica permite execução de formatos diferenciados, como curvas e contornos orgânicos, bem como degraus de escadas com acabamento contínuo e uniforme, mantendo a coerência estética e o desempenho técnico do conjunto.

No que se refere à resistência mecânica, outro aspecto analisado neste estudo, foram coletados resultados da madeira plástica a partir de laudos fornecidos por fabricantes e ensaios realizados, disponíveis no Anexo A, os quais permitem uma comparação direta com os parâmetros estabelecidos em normas técnicas para revestimentos cerâmicos. Os ensaios realizados com a madeira plástica indicaram resistência à flexão em torno de 36,46 ± 6,95 MPa, valor superior ao mínimo exigido para porcelanatos cerâmicos. Quanto à resistência à tração, os resultados apresentaram média de 9,13 ± 7,95 MPa, com alongamento na ruptura de aproximadamente 2,91 ± 0,70%. Embora esse desempenho seja inferior ao de materiais que possuem estrutura rígida, como a cerâmica, a madeira plástica apresenta comportamento mais dúctil, ou seja, suporta pequenas deformações antes da ruptura. Essa característica é particularmente relevante em áreas externas, onde o material está sujeito a variações de temperatura, carregamentos pontuais e movimentações da base. Enquanto o porcelanato, apesar de bastante resistente, possui natureza frágil e rompe de forma abrupta sob sobrecarga, a madeira

plástica, mesmo com valores menores de tração, apresenta maior tolerância à deformação, o que contribui para reduzir riscos de fissuração ou trincas superficiais. Dessa forma, observa-se que a madeira plástica apresenta desempenho mecânico compatível com as exigências normativas de revestimentos para piso, superando porcelanatos no quesito resistência à flexão e destacando-se por sua capacidade de absorver deformações sem falhas bruscas, aspecto que agrega valor à sua aplicação em ambientes externos.

Em relação ao tempo de instalação do piso em madeira plástica, foram consultadas oito empresas especializadas, resultando em uma média de 42 m² por dia para um grupo de quatro instaladores, considerando tanto a montagem da estrutura de apoio quanto a fixação das réguas de revestimento. Esse ritmo de execução, embora inferior ao de sistemas mais tradicionais, como o cerâmico, reflete a complexidade do sistema modular, o que também contribui para um custo final mais elevado. Para a área analisada no estudo, a execução completa demanda aproximadamente dois dias de trabalho. Um aspecto operacional vantajoso, no entanto, é a liberação imediata para tráfego, permitindo o uso da superfície assim que a instalação é finalizada, sem necessidade de períodos de cura ou restrição de acesso.

3.2.3. Piso elevado

Durante a pesquisa de mercado e de campo sobre aspectos construtivos, percebeu-se que piso elevado com montantes plásticos tem se consolidado como uma boa e funcional solução para áreas externas, substituindo modelos antigos que utilizavam pedestais de concreto ou de metal. Os pedestais utilizados permitem ajustes de altura que variam de sete centímetros até dois metros, atendendo diferentes condições de projeto, desníveis e necessidades de passagem de instalações técnicas. A Figura 15 apresenta uma peça de montante de altura regulável, que promove uma junta seca de quatro milímetros entre as placas para escoamento de água.



Figura 15 -Pedestal de altura regulável para piso elevado

Fonte: Autora (2025)

Os revestimentos do piso elevado podem ser compostos por ardósia, granito, porcelanato ou materiais cimentícios, sendo assentadas diretamente sobre os montantes, quando se utilizam pedras mais espessas, ou sobre uma base plástica que se estende por toda a área sob a pedra, oferecendo maior confiabilidade e estabilidade devido ao intertravamento das peças. Um dos principais benefícios deste modelo de piso é a possibilidade de remover as placas, o que permite o acesso direto à laje impermeabilizada para manutenção, sem comprometer a estanqueidade do sistema. Outro ponto positivo do modelo é o fato de permitir cortes em formatos arredondados, a fim de se adequar a curvas, pilares e exigências arquitetônicas da construção, como mostra a Figura 19. Além disso, embora seja mais caro, o modelo também garante maior segurança na instalação e durabilidade do conjunto.

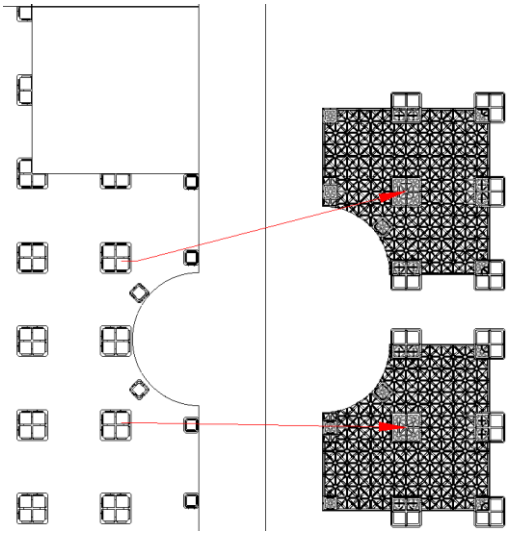


Figura 16 - Representação de placas de piso elevado no formato arredondado

Fonte: Remaster (2025)

Durante a pesquisa com fornecedores sobre diferentes tipos de revestimento, algumas empresas alertaram que, em áreas externas, o porcelanato apresenta risco de falhas de acabamento, trincas e quebras, reforçando a adequação de pedras naturais ou cimentícias nesse contexto. Apesar da contraindicação, a Empresa A afirma que, historicamente, registrou poucos problemas com a matéria devido à sua estrutura reforçada. Nesse sistema, o porcelanato pode ser assentado sobre pedra natural com adesivos especiais ou apoiado em maior número de pedestais, dependendo do tamanho das peças.

Em ambos os casos, o material passa por um processo de industrialização em fábrica, que inclui correção de alinhamento e aplicação de tela estrutural na face inferior, garantindo maior resistência. Quanto ao desempenho acústico, o revestimento pode emitir som cavo em situações como passagem de carrinhos de bebê, tornando-o mais indicado para varandas e áreas de lazer de tráfego restrito. A Empresa A não utiliza revestimentos cimentícios, devido a problemas recorrentes como ferrugem e perda de massa quando expostos às intempéries.

Em relação à exposição a condições externas, a Empresa B apresentou uma solução inovadora voltado para pisos elevados em jardins autoirrigáveis sobre lajes impermeabilizadas. O sistema utiliza placas e pedestais plásticos reciclados, formando um reservatório capaz de reter até 70 litros/m² de água da chuva e redistribuí-la por capilaridade, sem necessidade de bombas ou energia elétrica. Essa solução contribui para mitigação de enchentes, melhora do conforto térmico, maior durabilidade da

impermeabilização e pontuação em certificações ambientais, ampliando o uso de áreas verdes em ambientes urbanos.

Sobre a resistência mecânica do piso elevado de forma geral, solicitou-se laudos e documentos de ensaios que permitissem sua verificação e comparação com os demais métodos de piso. Conforme verificado nos documentos disponibilizados por diferentes fornecedores, disponibilizados no Anexo A, as placas de pedra natural apresentam resistência elevada à carga, com valores superiores a 1200 kg/m² para carga distribuída e média de 600 kg para carga concentrada, além de permitir montagem e desmontagem simples, dispensando fixações como parafusos, o que protege a impermeabilização e aumenta a agilidade operacional. Já o granito apresenta resistência à carga distribuída superior a 1000 kg/m² e carga concentrada acima de 600 kg, mantendo excelente desempenho mecânico em áreas externas.

Em termos de execução, o tempo médio de instalação de pisos elevados com placas de pedra natural varia conforme o método adotado e a experiência da equipe, sendo comum um rendimento de aproximadamente 40 a 60 m² por dia para equipes especializadas com três funcionários. O processo é ligeiramente mais demorado quando se utiliza a base plástica sob toda a pedra. Apesar desse ritmo ser inferior ao de sistemas mais convencionais, como o piso cerâmico, a montagem é rápida no sentido operacional, pois as placas permitem liberação imediata ao tráfego, sem necessidade de tempo de cura.

Dentre as vantagens do piso elevado, as empresas entrevistadas de forma geral destacaram benefícios como a redução de recortes devido à produção sob medida, a eliminação de empoçamentos de água por meio do nivelamento ajustável dos pedestais e a melhoria do conforto térmico e acústico proporcionada pelo bolsão de ar formado entre o contrapiso e o revestimento acabado. Além desses fatores, o sistema apresenta flexibilidade construtiva, alta durabilidade, resistência mecânica, compatibilidade com sistemas de impermeabilização, manutenção simplificada, produtividade elevada e rápida liberação ao tráfego. Em conjunto, tais características reforçam a relevância do piso elevado como uma solução eficiente, versátil e de alto desempenho para ambientes externos expostos às intempéries.

A Tabela 7 sintetiza as principais vantagens e desvantagens dos sistemas de piso cerâmico, madeira plástica e piso elevado, considerando aspectos construtivos, operacionais e de manutenção. Essa compilação permite uma análise comparativa objetiva, evidenciando diferenças em termos de

instalação, durabilidade, flexibilidade, reversibilidade e limitações técnicas, e fornece subsídios técnicos para a avaliação da melhor solução em função das necessidades do projeto.

Tabela 7 - Vantagens e desvantagens dos sistemas de revestimento de piso em termos de aspectos construtivos

Piso	**Vantagens**	**Desvantagens**
Cerâmico	- Técnica consolidada com mão de obra amplamente disponível - Nivelamento simples - Normas de resistência atendidas - Produtividade alta (80–90 m²/dia)	- Tempo de cura necessário - Remoção parcial limitada - Geração de entulho em manutenção
Madeira Plástica	- Modularidade e altura ajustável - Peças removíveis e reutilizáveis - Liberação imediata ao tráfego - Compatibilidade com impermeabilização - Sustentável e reaproveitável	- Produtividade menor (40-50 m²/dia) - Requer mão de obra especializada - Sensível a deformações sob cargas concentradas
Piso Elevado	- Placas removíveis, manutenção facilitada - Ajuste de altura e cortes em curvas - Liberação imediata ao tráfego	- Produtividade intermediária (40–60 m²/dia) - Requer mão de obra especializada

5.3. SUSTENTABILIDADE

A sustentabilidade é um critério central na avaliação de soluções construtivas, especialmente em ambientes urbanos, onde a redução de impactos ambientais é uma exigência técnica, normativa e de mercado. Nesse contexto, a pegada de carbono constitui indicador de referência para estimar o potencial de emissão de gases de efeito estufa. Este estudo previa comparar a pegada de carbono dos sistemas de piso cerâmico, piso em madeira plástica e piso elevado. Contudo, verificou-se indisponibilidade de dados consolidados na literatura e ausência de Declarações Ambientais de Produto (EPD) emitidas pelos principais fabricantes nacionais consultados. Essa lacuna, comum no

setor brasileiro devido à baixa difusão da ACV e ao alto custo para emissão de EPD, inviabiliza a obtenção de valores quantitativos precisos e comparáveis.

Diante disso, adota-se uma abordagem metodológica complementar baseada em outros critérios de sustentabilidade. São analisados o uso de matérias-primas recicladas, a reciclabilidade ao fim da vida útil, a geração e o reaproveitamento de resíduos durante a instalação, práticas de logística reversa, eficiência no uso de recursos naturais e iniciativas alinhadas à economia circular. A inclusão de polipropileno (PP) e polietileno (PE) se justifica por esses polímeros comporem tanto as réguas de madeira plástica quanto os pedestais do piso elevado, sendo materiais diretamente relacionados aos sistemas avaliados.

Também foi aplicado um formulário técnico a 14 empresas dos setores de madeira plástica e piso elevado, obtendo-se oito respostas. O questionário abordou gestão de resíduos, destinação de sobras, potencial de reaproveitamento, políticas ambientais e práticas de economia circular. As informações fornecidas ampliam o entendimento sobre o desempenho ambiental dos sistemas e mitigam parcialmente a ausência de dados numéricos de pegada de carbono.

Essas estratégias permitem construir uma avaliação de sustentabilidade alinhada às diretrizes contemporâneas de desempenho ambiental na construção civil. Laudos, documentos técnicos e certificações disponibilizados por algumas empresas estão reunidos no Anexo C, reforçando a rastreabilidade e a transparência adotadas na pesquisa.

5.3.1. Piso cerâmico

No contexto dos revestimentos cerâmicos, diversas estratégias podem contribuir para a redução dos impactos ambientais ao longo da vida útil do produto. Entre as principais medidas, destacam-se a utilização de peças de menor espessura, que reduzem o consumo de matérias-primas e a demanda energética durante a queima, a incorporação de resíduos industriais reciclados na massa cerâmica, a otimização dos processos térmicos, com recuperação de calor e uso de energia renovável, e o desenvolvimento de argamassas e rejuntes com menor pegada ambiental. Além disso, práticas como logística reversa de embalagens, reutilização de sobras de corte, reaproveitamento de água no processo produtivo e gestão adequada dos resíduos no canteiro integram o conjunto de ações recomendadas para mitigar impactos.

Por outro lado, a elevada durabilidade do revestimento cerâmico constitui uma vantagem ambiental relevante. Quando executado adequadamente, o sistema pode manter seu desempenho por várias décadas sem necessidade de substituição, reduzindo a frequência de intervenções, o consumo de recursos ao longo da vida útil e a geração de resíduos associados a reformas. Esse fator representa um dos principais pontos positivos do revestimento cerâmico sob a ótica da sustentabilidade, especialmente em comparação com sistemas cuja vida útil é mais sensível a condições ambientais externas.

Embora a implementação prática ainda seja pouco desenvolvida, a literatura científica demonstra que o setor cerâmico possui amplo potencial para incorporar soluções efetivamente sustentáveis. Pesquisas recentes evidenciam, por exemplo, que a adição de 1% de nanopartículas às massas cerâmicas pode reduzir até 20% dos impactos ambientais sem comprometer o desempenho mecânico (Saavedra; Osma, 2024). Da mesma forma, o uso de resíduos industriais como substitutos parciais de matérias-primas virgens mostra resultados consistentes: a substituição de 30% de feldspato por cinza de *fly ash* reduz os impactos em cerca de 8% para mudança climática, 10% para acidificação e 22% para ecotoxicidade terrestre (Yuan *et al*., 2024). Alternativas baseadas em resíduos agroindustriais também revelam potencial significativo, como demonstrado no estudo de García *et al*. (2021), que avalia a utilização de bagaço de azeitona na produção de cerâmicas, promovendo economia circular e diminuindo a extração de recursos naturais.

De acordo com García *et al.* (2021), entretanto, a adoção industrial dessas tecnologias enfrenta desafios relevantes, como a necessidade de investimentos em modernização de equipamentos, a variabilidade e disponibilidade dos resíduos utilizados como insumo, e a falta de padronização normativa que facilite a aceitação desses materiais em larga escala. Além disso, a ausência de Declarações Ambientais de Produto (EPD) no setor brasileiro dificulta a comparação objetiva entre produtos e retardam a adoção de critérios ambientais nas decisões de compra.

Ainda assim, a combinação entre avanços tecnológicos, pesquisas aplicadas e demandas regulatórias progressivamente mais rígidas indica que o revestimento cerâmico possui capacidade de evoluir para modelos produtivos de menor impacto ambiental. O conjunto de evidências apresentado reforça que, embora o setor nacional ainda não incorpore amplamente práticas sustentáveis, existe base científica que demonstra o potencial de melhoria e que justifica a necessidade de ampliar a discussão técnica sobre sustentabilidade nesse segmento.

5.3.2. Piso em madeira plástica

Durante o levantamento de campo, foram identificadas empresas fabricantes de madeira plástica distribuídas nacionalmente, aqui denominadas Empresa D, Empresa E, Empresa F, Empresa G e Empresa H. O conjunto de documentos fornecidos, localizado no Anexo C, permitiu caracterizar padrões produtivos convergentes no setor.

De modo geral, todas as fabricantes utilizam resíduos plásticos, especialmente polietileno (PE) e polipropileno (PP), como base para a extrusão das réguas, eliminando o uso de madeira natural e contribuindo para a redução do desmatamento e da extração de recursos não renováveis. Esse comportamento industrial interfere diretamente no cenário identificado não presente estudo, segundo o qual o acúmulo global de resíduos plásticos permanece crítico. O desempenho dos fabricantes analisados evidencia que a madeira plástica se consolida como alternativa tecnicamente viável para agregar valor ao resíduo pós-consumo e reduzir pressões ambientais decorrentes de sistemas de reciclagem pouco eficientes.

A Empresa D apresentou o conjunto mais robusto de dados ambientais entre as analisadas. Os resultados indicam reaproveitamento acumulado superior a 86 mil toneladas de resíduos plásticos, associado à preservação estimada de 46 mil árvores que deixariam de ser cortadas caso fosse utilizada madeira convencional. A empresa reporta ainda reaproveitamento de 90% da água industrial, uso de iluminação natural e LED e prática consolidada de logística reversa, permitindo reinserção de sobras e resíduos de corte no próprio processo. A Figura 21 apresenta o registro do processo de coleta de resíduos destinados à triagem e posterior incorporação ao ciclo produtivo da madeira plástica da Empresa D. Embora a empresa declare ausência de emissões de gases de efeito estufa durante a fabricação, ainda não apresenta inventário formal de carbono ou Declaração Ambiental de Produto (EPD), o que limita a comparabilidade direta com parâmetros internacionais.



Figura 17 - Coleta de resíduos destinados à triagem

Fonte: Empresa D (2024)

A Empresa E, também de grande porte, mantém práticas alinhadas à sustentabilidade, empregando cerca de 90% de polímeros reciclados, eliminando madeira natural, utilizando aditivos não tóxicos e oferecendo produtos com vida útil estimada em até 25 anos. A baixa geração de resíduos e a possibilidade de retorno de sobras para reprocessamento reforçam a consistência do modelo de produção. Ainda que a empresa não apresente métricas consolidadas de emissões, o reaproveitamento de polímeros pós-consumo contribui para evitar emissões associadas ao descarte em aterros e sistemas de incineração, ponto crítico segundo o *Center for Climate Integrity* (2024), que identifica o descarte inadequado como vetor central de aumento de impactos ambientais globais.

A Empresa F adota resíduos plásticos industriais e informa indicadores equivalentes à preservação de recursos florestais, alegando que cada 700 kg de material produzido corresponde à preservação de uma árvore adulta. A empresa destaca também que seus produtos podem ser reincorporados ao processo produtivo ao final da vida útil. Essa prática converge com a abordagem apresentada por Zhou *et al.* (2022), que demonstram que o reprocessamento da madeira plástica para produção de novos compósitos reduz a demanda por matéria-prima virgem e prolonga a vida útil do material. Além disso, os autores apontam que, em cenários de fim de vida (EoL), a reciclagem mecânica pode reduzir em até 84,2% o potencial de aquecimento global (GWP) quando comparada à incineração, reforçando a relevância da recirculação interna do material. Já as Empresas G e H, fabricantes de pisos e mobiliários ecológicos, confirmam a utilização de resíduos plásticos como insumo principal, embora disponibilizem menor nível de detalhamento sobre métricas ambientais específicas. Mesmo assim, suas práticas contribuem para redução de resíduos de difícil destinação e substituição de madeira natural.

De modo geral, os resultados indicam que o setor brasileiro de madeira plástica apresenta avanços significativos em direção à sustentabilidade. A convergência de práticas de uso de insumos reciclados, reciclabilidade total do produto, durabilidade elevada e baixa necessidade de manutenção reforça a aplicabilidade da madeira plástica como alternativa de menor impacto ambiental em comparação a revestimentos convencionais. Todavia, observa-se lacuna relevante, de que a maior parte das empresas ainda não possui inventários de emissões, EPDs ou dados de ciclo de vida consolidados, o que limita a quantificação precisa dos benefícios ambientais. Ainda assim, a análise qualitativa do ciclo produtivo, aliada às evidências apresentadas pelo relatório do *Center for Climate Integrity* (2024) e pelos resultados de Zhou *et al.* (2022), indica que o setor opera em um modelo compatível com diretrizes de economia circular, mitigação de impactos ambientais e responsabilidade socioambiental na construção civil.

5.3.3 Piso elevado

No que se refere à sustentabilidade do piso elevado, as informações coletadas junto aos principais fabricantes indicam que este sistema apresenta características relevantes para a construção sustentável, especialmente pela utilização de materiais reciclados, pela montagem modular a seco e pela possibilidade de reversibilidade.

A Empresa A, pioneira no mercado de piso elevado no Brasil, informa em seu relatório de sustentabilidade que seus produtos são fabricados com polipropileno (PP) reciclado, integralmente recicláveis e derivados predominantemente de resíduos pós-consumo. Essa abordagem produtiva se alinha aos princípios da economia circular, ao reduzir a demanda por matéria-prima virgem e mitigar a destinação inadequada de resíduos plásticos. A incorporação de PP pós-consumo na fabricação dos pedestais, conforme observado nesta pesquisa, encontra respaldo técnico na literatura científica. A análise de ciclo de vida conduzida por Al-Ma’adeed *et al.* (2011) demonstra que matrizes de polipropileno (PP) e de polietileno de baixa densidade (LDPE) obtidas por reciclagem apresentam impactos ambientais inferiores em relação aos mesmos materiais produzidos a partir de resina virgem, considerando 1 kg de material em um cenário *cradle-to-grave* (da extração da matéria-prima à disposição final). Os autores também identificaram reduções significativas nas categorias GWP – *Global Warming Potential* (potencial de aquecimento global) e ADP – *Abiotic Depletion Potential* (potencial de esgotamento de recursos abióticos), importantes índices de sustentabilidade.

Segundo o estudo, tais reduções decorrem da menor intensidade energética dos processos associados à reciclagem, como lavagem, secagem e extrusão, quando comparados às etapas de extração, refino e polimerização exigidas para a produção de resina virgem. Além disso, os autores destacam que compósitos produzidos com matriz reciclada, quando reforçados adequadamente, mantêm desempenho estrutural compatível com as aplicações propostas, apresentando simultaneamente pegada ambiental reduzida. Assim, a adoção de PP reciclado pela Empresa A não apenas se mostra coerente com práticas industriais sustentáveis, mas também é tecnicamente sustentada por evidências científicas que apontam vantagens ambientais mensuráveis frente ao uso de polímeros virgens (AL-MA'ADEED *et al.*, 2011). Além disso, a Empresa A adota o sistema denominado "Scrap Zero", que visa a inexistência de perdas no processo produtivo: todos os recortes e sobras retornam ao reciclador, passam por nova trituração e são reinseridos na linha de produção sob a forma de grânulos, fechando o ciclo de reaproveitamento.

A Empresa B, por sua vez, primeira a comercializar piso elevado para áreas externas no país, enfatiza a durabilidade e a adaptabilidade do sistema, utilizando junta aberta como solução para o escoamento de águas pluviais. Essa característica reduz problemas relacionados ao acúmulo de água e à impermeabilização da superfície, favorecendo a manutenção do desempenho ao longo do tempo. Além disso, a montagem não requer o uso de argamassa ou colas, diminuindo a geração de entulho e permitindo a desmontagem e o reaproveitamento das peças ao final da vida útil, prática que reforça o conceito de construção reversível.

A Empresa C, referência no fornecimento e instalação de pisos elevados de diferentes marcas, não divulgou relatórios específicos de impacto ambiental, mas confirmou a adoção das vantagens gerais deste método construtivo, como modularidade e reutilização de componentes.

De forma mais ampla, a literatura técnica ressalta que pisos elevados reduzem a geração de resíduos durante a instalação, facilitam o acesso às infraestruturas instaladas sob o pavimento — evitando demolições futuras e prolongando a vida útil da edificação — e, em muitos casos, utilizam termoplásticos recicláveis em sua estrutura. Tais atributos estão alinhados aos princípios de construção sustentável apontados pela Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura (AsBEA) e pelo Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS), que incluem o uso de matérias-primas ecoeficientes, a redução do consumo energético e hídrico, a adaptação às necessidades atuais e futuras dos usuários e a gestão adequada dos resíduos sólidos.

Assim, mesmo com diferentes níveis de detalhamento apresentados pelos fabricantes brasileiros, verifica-se que o piso elevado constitui uma solução construtiva coerente com as diretrizes contemporâneas de sustentabilidade, oferecendo vantagens significativas em comparação com sistemas convencionais assentados com argamassa, os quais demandam maior consumo de insumos e geram mais resíduos durante a execução.

A Tabela 8 apresenta uma síntese das principais vantagens e desvantagens ambientais associadas aos sistemas de piso cerâmico, madeira plástica e piso elevado, considerando os critérios adotados nas avaliações de sustentabilidade, como uso de matérias-primas recicladas, reciclabilidade ao fim da vida útil, geração e reaproveitamento de resíduos, eficiência no uso de recursos e alinhamento às práticas de economia circular. A consolidação dessas informações permite uma comparação objetiva entre os sistemas, destacando suas contribuições e limitações sob a ótica ambiental.

Tabela 8 - Vantagens e desvantagens dos sistemas de revestimento de piso em termos de sustentabilidade

Piso	**Vantagens**	**Desvantagens**
Piso cerâmico	• Alta durabilidade, baixa necessidade de substituição. • Possibilidade de incorporar resíduos industriais. • Potencial de redução de impacto ambiental com espessuras reduzidas e otimização energética na queima.	• Baixa adoção prática de ações sustentáveis pelas construtoras. • Processo produtivo tradicional intensivo em energia. • Setor ainda carece de EPDs e ACVs consolidadas. • Baixa implementação industrial das tecnologias sustentáveis já demonstradas pela literatura.
Piso em madeira plástica	• Utiliza resíduos plásticos (PE e PP), evitando descarte inadequado. • Reduz consumo de madeira natural e, portanto, pressão sobre florestas. • Produto 100% reciclável e pode ser reprocessado no fim da vida útil.	• Ausência de inventários formais de carbono e EPDs na maioria das empresas. • Indicadores ambientais ainda pouco padronizados no setor. • Dependência da disponibilidade de resíduos plásticos adequados para o processo.

	• Empresas apresentam práticas consolidadas de reaproveitamento interno de resíduos e logística reversa. • Redução de até 84,2% no GWP quando reciclado em vez de incinerado.	
Piso elevado	• Uso de PP reciclado e potencial de reciclagem total dos componentes. • Montagem a seco, reduz geração de entulho e desperdícios. • Reversibilidade: permite desmontagem e reaproveitamento integral das peças. • Sistema modular evita demolições futuras para acesso a infraestruturas.	• Ausência de EPDs e ACVs limita mensuração precisa dos impactos. • Depende de correta gestão de resíduos termoplásticos para garantir reciclabilidade real.

6. CONCLUSÃO

O estudo comparativo entre métodos de execução de revestimento de piso de áreas externas teve como objetivo comparar o piso cerâmico assentado com argamassa, o piso em madeira plástica e o piso elevado, visando identificar suas implicações em termos de custo, aspectos construtivos e sustentabilidade.

Do ponto de vista econômico, a análise de custos evidenciou diferenças significativas entre os métodos estudados. O piso cerâmico apresentou o menor custo médio, aproximadamente R$ 377/m², configurando-se como a opção mais econômica. O piso em madeira plástica, com custo médio de R$ 708/m², representa um acréscimo de cerca de 88% em relação à cerâmica, enquanto o piso elevado, com média de R$ 746/m², apresenta custo aproximadamente 98% superior ao da cerâmica e 5% acima do da madeira plástica.

No que tange aos aspectos construtivos, os sistemas industrializados madeira plástica e piso elevado demonstraram maior previsibilidade na execução, melhor controle dos parâmetros de instalação e menor interferência na impermeabilização existente. Em contraste, o piso cerâmico, embora amplamente utilizado e de elevada durabilidade quando corretamente assentado, mostrou-se mais suscetível a falhas relacionadas à mão de obra, variações térmicas e à gestão inadequada da umidade, demandando maior atenção às boas práticas de projeto e execução.

Em relação à sustentabilidade, a análise qualitativa revelou vantagens relevantes para os sistemas industrializados. A madeira plástica e o piso elevado incorporam polímeros reciclados (PE e PP), promovendo o reaproveitamento de resíduos plásticos e a redução da pressão sobre recursos naturais, em consonância com práticas de economia circular e logística reversa, especialmente diante do cenário crítico de reciclagem global. O setor cerâmico, embora possua elevado potencial tecnológico para melhorias ambientais, ainda apresenta baixa adoção de práticas sustentáveis em campo, o que limita seu desempenho ambiental efetivo.

De forma integrada, os resultados indicam que a escolha do método de revestimento deve considerar simultaneamente custo, compatibilidade construtiva e impactos ambientais. Nesse contexto, tanto o piso elevado quanto a madeira plástica configuram alternativas competitivas, duráveis e alinhadas às demandas contemporâneas de racionalização de resíduos e sustentabilidade, enquanto o piso cerâmico permanece como solução economicamente viável e de longa vida útil, desde que executado seguindo rigorosamente as boas práticas construtivas.

Conclui-se que a adoção de métodos construtivos que minimizem interferências na impermeabilização, aprimorem a produtividade da mão de obra, reduzam retrabalhos e incorporem critérios de sustentabilidade tende a resultar em melhor desempenho global de pisos externos. Recomenda-se que construtoras e projetistas integrem ferramentas de análise de ciclo de vida, monitoramento rigoroso da execução e critérios ambientais e operacionais na seleção de revestimentos, promovendo edificações mais duráveis, eficientes e ambientalmente responsáveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Antunes, C. (2013). “As patologias da construção civil e suas reações nas obras.” São Paulo.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2024). “NBR 13752: Perícias de engenharia.” Rio de Janeiro: ABNT.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2020). “NBR 16747: Inspeção predial.” Rio de Janeiro: ABNT.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2013). “NBR 15575: Edificações habitacionais – Desempenho.” Rio de Janeiro: ABNT.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2013). “NBR ISO 15686-5: Edifícios e obras de engenharia civil – Planejamento da durabilidade – Parte 5: Custo do ciclo de vida.” Rio de Janeiro: ABNT.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2021). “NBR 15575: Edificações habitacionais – Desempenho.” Rio de Janeiro: ABNT.

Azzi, M.; Duc, H.; Ha, Q. P. (2015). “Toward sustainable energy usage in the power generation and construction sectors – a case study of Australia.” *Automation in Construction*, v. 59.

Bauer, L. A. F. (2008). “Materiais de construção.” Rio de Janeiro: LTC.

Barros, M. M. S. B. (2001). “Patologia de revestimentos de argamassa: análise das causas e recomendações.” São Paulo: EPUSP.

Belon, K. (2019). “Manifestações patológicas nas construções pela presença de umidade: uma revisão bibliográfica.” 4º Simpósio Paranaense de Patologia das Construções.

Boccato, V. R. C. (2006). “Metodologia da pesquisa bibliográfica na área odontológica e o artigo científico como forma de comunicação.” *Revista Odontológica da Universidade Cidade de São Paulo*.

Bolina, F. L.; Tutikian, B. F.; Helene, P. (2019). “Patologia de estruturas.” São Paulo: Oficina de Textos.

Brasil. (1990). “Lei nº 8.078, de 11 de outubro de 1990 – Código de Defesa do Consumidor.” Diário Oficial da União, Brasília.

Brito, J. Z.; Trindade, C. A. (2023). “Compósitos madeira-plástico: tecnologia associada à sustentabilidade.” Campo Grande: Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

Carvalho, A. N. J.; Silva, A. P.; Neto, F. M. (1999). “Perícias em patologias de revestimentos de fachadas.” Porto Alegre: IBAPE.

Carasek, H. (2007). “Patologia das argamassas de revestimento.” Goiânia: PPG-GECON, Universidade Federal de Goiás.

Center for Climate Integrity. (2024). “The fraud of plastic recycling.” Washington, D.C.: Center for Climate Integrity.

Cincotto, M. A.; Silva, M. A. C.; Carasek, H. (1995). “Argamassas de revestimento: características, propriedades e métodos de ensaio.” São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas.

Degussa. (2003). “Manual de reparo, proteção e reforço de estruturas de concreto.” São Paulo: Rehabilitar.

França, A. A. V. (2011). “Patologia das construções: uma especialidade na engenharia civil.” *Téchne*, n. 174.

García, A. B. L.; Palomino, T. C.; Maroto, J. M.; Andreola, N. M. F. (2021). “Application of life cycle assessment in the environmental study of sustainable ceramic bricks made with ‘alperujo’ (olive pomace).” *Applied Sciences*.

Gasperin, J. (2011). “Aderência de revestimentos de argamassa em substrato de concreto: influência da forma de aplicação e composição do chapisco.” Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Gil, A. C. (2002). “Como elaborar projetos de pesquisa.” São Paulo: Atlas.

Helene, P. R. L. (1992). “Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto.” São Paulo: Pini.

Helene, P. R. L. (1988). “Manual prático para reparo e reforço de estruturas de concreto.” São Paulo: Pini.

Helene, P. R. L. (1997). “Vida útil das estruturas de concreto.” Porto Alegre: UFRGS.

Lamberts, R.; Dutra, L.; Pereira, F. O. R. (2013). “Eficiência energética na arquitetura.” São Paulo: Oficina de Textos.

Lee, T. Y.; Ahmad, F.; Sarijari, M. A. (2023). “Current status and future research trends of construction labor productivity monitoring: a bibliometric review.” *Buildings,* n. 6.

Lisboa, E. S. (2017). “Materiais de construção: concreto e argamassa.” Porto Alegre: Grupo A.

Longhi, M. A. (2012). “Revestimentos de argamassa industrializada sobre substrato de concreto estrutural: análise do desempenho quando submetidos a envelhecimento acelerado.” Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Luporini, T. J. (2005). “Memória e fontes iconográficas: os desafios para a pesquisa em história da educação.” *Revista Diálogo Educacional,* v. 5, n. 14.

Margalha, M. G. (2011). “Argamassas.” Évora: Universidade de Évora.

Mobley, R. K.; Higgins, L. R.; Brautigam, D. P. (1995). “Maintenance Engineering Handbook.” New York: McGraw Hill.

Recena, F. A. P. (2023). “Conhecendo Argamassa.” Porto Alegre: EdiPUCRS.

Rowell, R.; Bongers, F. (2017). “Role of moisture in the failure of coatings on wood.” *Coatings,* v. 7, n. 12.

Santana, L. M.; Neto, L. L.; Lima, F. F. (2022). “Análise de manifestações patológicas em estruturas de pontes de concreto.” Revista Novos Desafios, v. 2, n. 1.

Santos, P. L. (2000). “A imagem enquanto fonte de pesquisa: a fotografia publicitária.” Iniciação Científica Cesumar.

Santos, V. A. L. dos; Vazquez, E. G. (2010). “Estudo estatístico de patologias na pós-entrega de empreendimentos imobiliários.” Canela: ANTAC.

Saavedra, E. L.; Osma, J. F. (2024). “Impact of nanoparticle additions on life cycle assessment (LCA) of ceramic tiles production.” *Nanomaterials*.

Souza, M. F. (2008). “Patologias ocasionadas pela umidade nas edificações.” Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais.

Souza, U. E. L. (2006). “Como aumentar a eficiência da mão de obra: manual de gestão da produtividade na construção civil.” São Paulo: Pini.

Souza, U. E. L. (1998). “Produtividade e custos dos sistemas de vedação vertical.” São Paulo: PCC-EPUSP.

Vazquez, E. G.; Santos, V. A. L. (2010). “Estudo estatístico de patologias na pós-entrega de empreendimentos imobiliários.” Canela: ANTAC.

Verçoza, E. J. (1991). “Patologia das edificações.” Porto Alegre: Sagra.

Vilela Dias, P. R. (2004). “Engenharia de custos: metodologia de orçamentação para obras civis.” Curitiba.

Warren, S. (2008). “Empirical challenges in organizational aesthetics research: towards a sensual methodology.” *Organization Studies*.

Weimer, B. F.; Thomas, M.; Dresch, F. (2018). “Patologia das estruturas.” Porto Alegre: Sagah.

Wong, J. K.; Zhou, J. (2015). “Enhancing environmental sustainability over building life cycles through green BIM: a review.” *Automation in Construction*, v. 57.

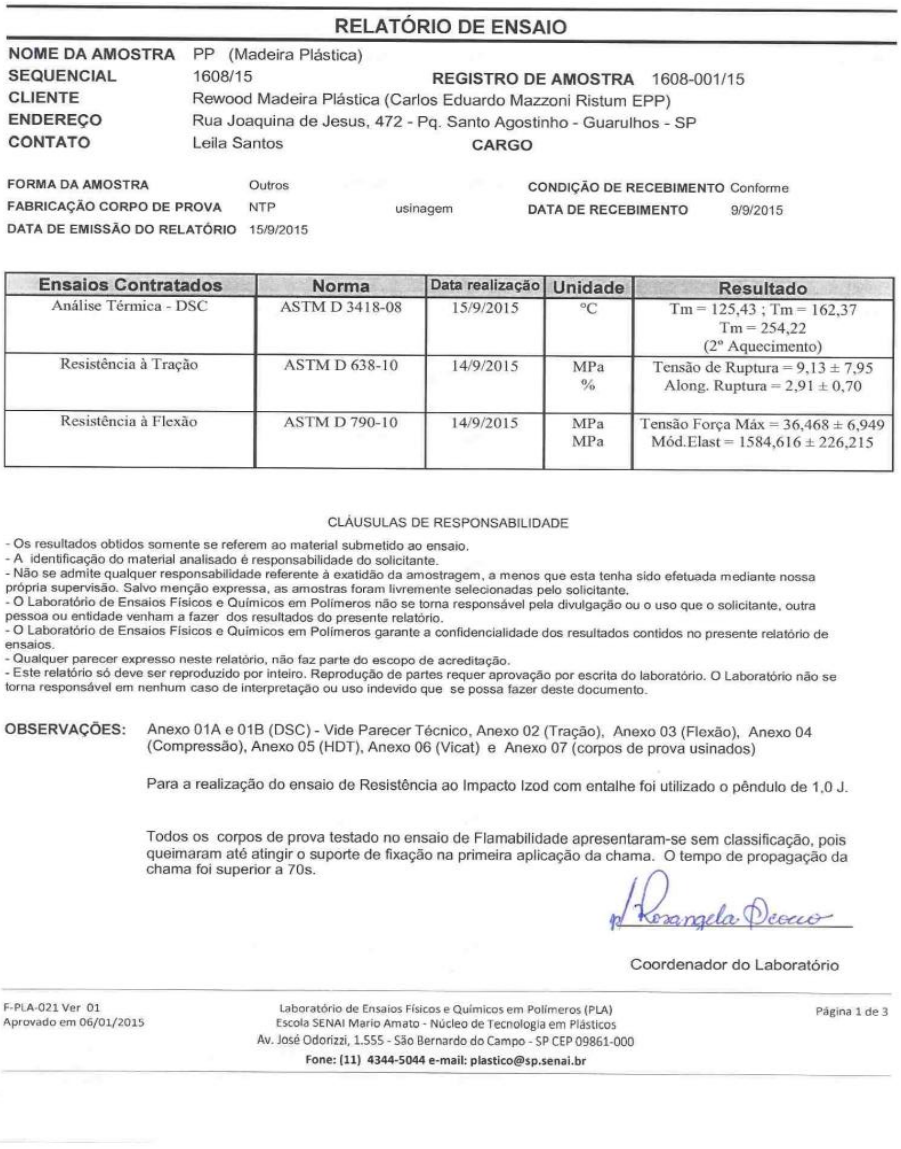
World Economic Forum. (2016). “Shaping the future of construction: a breakthrough in mindset and technology.” Geneva: World Economic Forum.

Yuan, Q. *et al.* (2024). “Life cycle assessment of ceramic tiles manufactured using industrial waste fly ash.” *Journal of Building Engineering*, v. 97.

Zhong, Y.; Wu, P. (2015). “Economic sustainability, environmental sustainability, and constructability indicators related to concrete and steel projects.” *Journal of Cleaner Production*.

Zhou, H.; Li, W.; Hao, X. (2022). “Recycling end-of-life WPC products into ultra-high-filled, high-performance wood fiber/polyethylene composites: a sustainable strategy for clean and cyclic processing in the WPC industry.” *Journal of Materials Research and Technology*.

ANEXO A – Laudo de resistência dos pisos em madeira plástica



RELATÓRIO DE ENSAIO

NOME DA AMOSTRA PP (Madeira Plástica)
SEQUENCIAL 1608/15 **REGISTRO DE AMOSTRA** 1608-001/15
CLIENTE Rewood Madeira Plástica (Carlos Eduardo Mazzoni Ristum EPP)
ENDEREÇO Rua Joaquina de Jesus, 472 - Pq. Santo Agostinho - Guarulhos - SP
CONTATO Leila Santos **CARGO**

FORMA DA AMOSTRA Outros **CONDIÇÃO DE RECEBIMENTO** Conforme
FABRICAÇÃO CORPO DE PROVA NTP usinagem **DATA DE RECEBIMENTO** 9/9/2015
DATA DE EMISSÃO DO RELATÓRIO 15/9/2015

Ensaios Contratados	Norma	Data realização	Unidade	Resultado
Análise Térmica - DSC	ASTM D 3418-08	15/9/2015	°C	Tm = 125,43 ; Tm = 162,37 Tm = 254,22 (2º Aquecimento)
Resistência à Tração	ASTM D 638-10	14/9/2015	MPa %	Tensão de Ruptura = 9,13 ± 7,95 Along. Ruptura = 2,91 ± 0,70
Resistência à Flexão	ASTM D 790-10	14/9/2015	MPa MPa	Tensão Força Máx = 36,468 ± 6,949 Mód.Elast = 1584,616 ± 226,215

CLÁUSULAS DE RESPONSABILIDADE

- Os resultados obtidos somente se referem ao material submetido ao ensaio.
- A identificação do material analisado é responsabilidade do solicitante.
- Não se admite qualquer responsabilidade referente à exatidão da amostragem, a menos que esta tenha sido efetuada mediante nossa própria supervisão. Salvo menção expressa, as amostras foram livremente selecionadas pelo solicitante.
- O Laboratório de Ensaios Físicos e Químicos em Polímeros não se torna responsável pela divulgação ou o uso que o solicitante, outra pessoa ou entidade venham a fazer dos resultados do presente relatório.
- O Laboratório de Ensaios Físicos e Químicos em Polímeros garante a confidencialidade dos resultados contidos no presente relatório de ensaios.
- Qualquer parecer expresso neste relatório, não faz parte do escopo de acreditação.
- Este relatório só deve ser reproduzido por inteiro. Reprodução de partes requer aprovação por escrita do laboratório. O Laboratório não se torna responsável em nenhum caso de interpretação ou uso indevido que se possa fazer deste documento.

OBSERVAÇÕES: Anexo 01A e 01B (DSC) - Vide Parecer Técnico, Anexo 02 (Tração), Anexo 03 (Flexão), Anexo 04 (Compressão), Anexo 05 (HDT), Anexo 06 (Vicat) e Anexo 07 (corpos de prova usinados)

Para a realização do ensaio de Resistência ao Impacto Izod com entalhe foi utilizado o pêndulo de 1,0 J.

Todos os corpos de prova testado no ensaio de Flamabilidade apresentaram-se sem classificação, pois queimaram até atingir o suporte de fixação na primeira aplicação da chama. O tempo de propagação da chama foi superior a 70s.

Rosangela Dercio

Coordenador do Laboratório

F-PLA-021 Ver 01
Aprovado em 06/01/2015

Laboratório de Ensaios Físicos e Químicos em Polímeros (PLA)
Escola SENAI Mario Amato - Núcleo de Tecnologia em Plásticos
Av. José Odorizzi, 1.555 - São Bernardo do Campo - SP CEP 09861-000
Fone: (11) 4344-5044 e-mail: plastico@sp.senai.br

Página 1 de 3

.

Figura A.1 - Laudo de resistência à tração e flexão de madeira plástica

ANEXO B – Laudos de resistência dos pisos elevados

Laboratório de Ensaio Acreditado pelo Cgcre de acordo com NBR ISO IEC 17025, sob o nº CRL 0003.
O INMETRO é signatário do Acordo de Reconhecimento Mútuo do ILAC – International Laboratory Acreditation Cooperation.

RELATÓRIO DE ENSAIO

PISO ELEVADO

ENSAIO DE RESISTÊNCIA À CARGA UNIFORMEMENTE DISTRIBUÍDA

INTERESSADO:

Avenida dos Imigrantes 5995 - Jardim Morumbi
CEP: 12926-210 - Braganca Paulista (SP)
Ref.: (PJ100-041683)

1. IDENTIFICAÇÃO DA(S) AMOSTRAS(S)

01 (um) conjunto de placa e pedestais identificado pelo interessado como: Piso elevado Remaster com 9 apoios sem revestimento em placa 60x60cm, recebida no laboratório em 13/05/2019.
Identificação interna n°: AM-17-MAI-19-049691.

2. MÉTODO / ESPECIFICAÇÕES

C-MC-023:2016 – Determinação da resistência à carga vertical uniformemente distribuída.

3. RESULTADOS OBTIDOS

Verificação da resistência à carga vertical uniformemente distribuída.

Carga aplicada (N)	Deformação obtida (mm)
500	0,2
1000	0,2
1500	0,3
2000	0,3
2500	0,4
3000	0,5
3500	0,6
4000	0,6
4320	0,7
Deflexão após 24 horas sob carga*	0,2
Residual após 3 minutos	0,2

Os resultados apresentados no presente documento referem-se exclusivamente a(s) amostra(s) ensaiada(s).
A reprodução deste documento somente poderá ser feita na íntegra e sua utilização para fins promocionais depende de autorização prévia.

Figura B.1 - Laudo de resistência à carga distribuída de piso elevado, página 1

Laboratório de Ensaio Acreditado pelo Cgcre de acordo com NBR ISO IEC 17025, sob o nº CRL 0003.
O INMETRO é signatário do Acordo de Reconhecimento Mútuo do ILAC – International Laboratory Acreditation Cooperation.



Fotografia nº 1 – Amostra durante o ensaio.

4. DATA DO(S) ENSAIO(S)

Ensaio realizado em 14/05/2019.

São Paulo, 29 de maio de 2019.

Centro Tecnológico de Controle da Qualidade

SUPERVISOR DE LABORATORIO

WRV

Os resultados apresentados no presente documento referem-se exclusivamente a(s) amostra(s) ensaiada(s).
A reprodução deste documento somente poderá ser feita na íntegra e sua utilização para fins promocionais depende de autorização prévia.

Figura B.2 - Laudo de resistência à carga distribuída de piso elevado, página 2

Laboratório de Ensaio Acreditado pelo Cgcre de acordo com NBR ISO IEC 17025, sob o nº CRL 0003.
O INMETRO é signatário do Acordo de Reconhecimento Mútuo do ILAC – International Laboratory Acreditation Cooperation.

RELATÓRIO DE ENSAIO

PISO ELEVADO

ENSAIOS DE RESISTÊNCIA À CARGA VERTICAL CONCENTRADA

INTERESSADO:

Avenida dos Imigrantes 5995 - Jardim Morumbi
CEP: 12926-210 - Braganca Paulista (SP)
Ref.: (PJ100-041683)

1. IDENTIFICAÇÃO DA(S) AMOSTRAS(S)

01 (um) conjunto de placa e pedestais identificado pelo interessado como: Piso elevado Remaster com 9 apoios sem revestimento em placa 60x60cm, recebida no laboratório em 13/05/2019.
Identificação interna n°: AM-17-MAI-19-049691.

2. MÉTODO / ESPECIFICAÇÕES

NBR 12048:1991 – Pisos elevados – Determinação da resistência às cargas verticais concentradas – Método de ensaio.

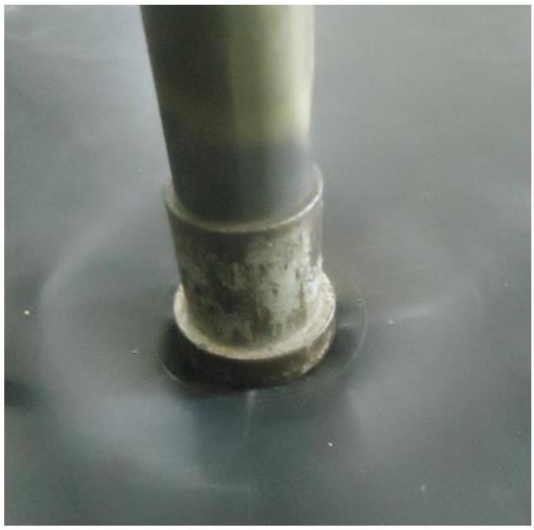
3. RESULTADOS OBTIDOS

Verificação da resistência à carga vertical concentrada no centro da placa.

Carga aplicada (N)	Deformação obtida (mm)
500	1,1
0	0,4
1000	1,5
0	0,5
1500	1,8
0	0,7
2000	2,1
0	0,7
2500	2,3
0	0,9
3000	2,4
0	1,0
3500	2,5
0	1,0
4000	2,6
0	1,0
4400	2,7
0	1,04

Os resultados apresentados no presente documento referem-se exclusivamente a(s) amostra(s) ensaiada(s).
A reprodução deste documento somente poderá ser feita na íntegra e sua utilização para fins promocionais depende de autorização prévia.

Figura B.3 – Laudo de resistência à carga concentrada no centro da placa de piso elevado, página 1



Fotografia nº 1 – Amostra durante o ensaio.

4. DATA DO(S) ENSAIO(S)

Ensaio realizado em 13/05/2019.

São Paulo, 29 de maio de 2019.

Centro Tecnológico de Controle da Qualidade

SUPERVISOR DE LABORATORIO

WRV

Os resultados apresentados no presente documento referem-se exclusivamente a(s) amostra(s) ensaiada(s).
A reprodução deste documento somente poderá ser feita na íntegra e sua utilização para fins promocionais depende de autorização prévia.

Figura B.4 – Laudo de resistência à carga concentrada no centro da placa de piso elevado, página 2

Laboratório de Ensaio Acreditado pelo Cgcre de acordo com NBR ISO IEC 17025, sob o nº CRL 0003.
O INMETRO é signatário do Acordo de Reconhecimento Mútuo do ILAC – International Laboratory Acreditation Cooperation.

RELATÓRIO DE ENSAIO

PISO ELEVADO

ENSAIOS DE RESISTÊNCIA À CARGA VERTICAL CONCENTRADA

INTERESSADO:

Avenida dos Imigrantes 5995 - Jardim Morumbi
CEP: 12926-210 - Braganca Paulista (SP)
Ref.: (PJ100-041683)

1. IDENTIFICAÇÃO DA(S) AMOSTRAS(S)

01 (um) conjunto de placa e pedestais identificado pelo interessado como: Piso elevado Remaster com 9 apoios sem revestimento em placa 60x60cm, recebida no laboratório em 13/05/2019.
Identificação interna n°: AM-17-MAI-19-049691.

2. MÉTODO / ESPECIFICAÇÕES

NBR 12048:1991 – Pisos elevados – Determinação da resistência às cargas verticais concentradas – Método de ensaio.

3. RESULTADOS OBTIDOS

Verificação da resistência à carga vertical concentrada no ponto médio da borda lateral.

Carga aplicada (N)	Deformação obtida (mm)
500	0,5
0	0,0
1000	0,8
0	0,1
1500	1,1
0	0,1
2000	1,4
0	0,2
2500	1,7
0	0,2
3000	2,5
0	0,4
3500	2,9
0	0,7
4000	3,4
0	1,1
4400	3,5
0	1,5

Os resultados apresentados no presente documento referem-se exclusivamente a(s) amostra(s) ensaiada(s).
A reprodução deste documento somente poderá ser feita na íntegra e sua utilização para fins promocionais depende de autorização prévia.

Figura B.5 – Laudo de resistência à carga concentrada na borda da placa de piso elevado, página 1



Fotografia nº 1 – Amostra durante o ensaio

4. DATA DO(S) ENSAIO(S)

Ensaio realizado em 13/05/2019.

São Paulo, 29 de maio de 2019.

Centro Tecnológico de Controle da Qualidade

SUPERVISOR DE LABORATORIO

WRV

Os resultados apresentados no presente documento referem-se exclusivamente a(s) amostra(s) ensaiada(s).
A reprodução deste documento somente poderá ser feita na íntegra e sua utilização para fins promocionais depende de autorização prévia.

Figura B.6 – Laudo de resistência à carga concentrada na borda da placa de piso elevado, página 2



Sistema de Piso Elevado Linha Grannitus®

Descrição do Produto

O Sistema de Piso Elevado Linha **Grannitus® Levitare®** é um sistema baseado em pedestais patenteados, reguláveis em altura e placas de granito natural, estruturadas, calibradas e industrializas.
O **Grannitus®** é uma placa de granito natural extra resistente, devido sua estruturação que desenvolvida com pioneirismo pela **Levitare®**.

Caraterísticas Técnicas

Placa padrão	55 x 55 x 2	cm
Peso do sistema:	60	kg/m²
Resistência à carga distribuída superior a	1000	kg/m²
Resistência à carga concentrada superior a	600	kg
Flecha no centro da placa com carga concentrada de 450kg	Dentro da norma ABNT	

Os dados de resistência à carga variam de acordo com o tipo de granito e são medidos pelo L. A. Falcão Bauer por solicitação da **Levitare®** . Exemplo: Granito Ocre Itabira; Resistência à carga concentrada superior a 900 kg (9000 N).
O Sistema de Piso Elevado Linha **Grannitus® Levitare®** pode seu utilizado tanto para áreas internas quanto para áreas externas.

Piso Elevado - Área Interna

O Sistema de Piso Elevado Linha **Grannitus® Levitare®** para áreas Internas é usualmente fornecido com acabamento de superfície Polida e Junta Seca, podendo entretanto ter superfície Levigada, Resinada etc. O Piso já vem industrializado pela fábrica da própria **Levitare®**.

Piso Elevado - Área Externa

O Sistema de Piso Elevado Linha **Grannitus® Levitare®** para áreas Externas é usualmente fornecido com acabamento de superfície Jateada e Junta Aberta (para escoamento de água), podendo entretanto ter superfície Flameada, Apicoada etc. O Piso já vem industrializado pela fábrica da própria **Levitare®**.
O Sistema de Piso Elevado Linha **Grannitus® Levitare®** para áreas externas tem inúmeras aplicações, tais como: Decks de Piscina, Passeios de Jardim (Paisagismo), Sacadas, Coberturas etc.

Vantagens do sistema

- **Altamente durável e resistente;**
- **Não oxida**: Placas de pedra natural. A pesar dos cuidados no tratamento superficial dispensado à maioria dos sistemas de piso elevado em aço, tem-se verificado que muitas instalações apresentam oxidações prematuras em curto espaço de tempo;
- **Manutenção mínima**;
- **Planicidade melhor**: Devido à calibragem da espessura, as placas assentam perfeitamente, evitando desníveis e empenamentos;
- **Montagem e desmontagem simples**. Dispensa o uso de elementos de fixação como parafusos, etc, aumentando a velocidade da montagem e da desmontagem;
- **Ressonância menor**. Devido a placa ser maciça;
- **Totalmente anti-rangido**;
- **Melhor relação custo benefício** . O sistema é em média 20% mais barato que o convencional de placas de aço;
- **Anti-estático:** O Granito é uma pedra que não acumula carga eletrostática;
- **Intercambialidade:** Tolerancias de fabricação que garantem intercambiabilidade das placas.

LEVITARE – A Evolução do Piso
Rua Otavio Tarquínio de Souza, 1051 – Campo Belo – 04613-003 São Paulo
Fone/Fax: (11) 5533-6699 – e-mail: levitare@levitare.com.br

Figura B.7 – Características técnicas do sistema de piso elevado com revestimento de granito



Sistema de Piso Elevado Linha Petrum®

Descrição do Produto

O Sistema de Piso Elevado Linha **Petrum® Levitare®** é um sistema baseado em pedestais patenteados, reguláveis em altura e placas calibradas de pedra natural.
O **Petrum®** é uma placa de pedra natural extra resistente, desenvolvida com pioneirismo pela **Levitare®,** calibrada dos dois lados para manter uma altura uniforme, dispensando nivelamento de cada placa.

Caraterísticas Técnicas

Placa padrão	60 x 60 x 2,5	cm
Peso do sistema:	60	kg/m²
Resistência à carga distribuída superior a	1200	kg/m²
Resistência à carga concentrada superior a	600	kg
Flecha no centro da placa com carga concentrada de 450kg	1,43	mm

Os dados de carga foram medidos pelo I. a. Falcão Bauer por solicitação da **Levitare®** .
O Sistema de Piso Elevado Linha **Petrum® Levitare®** pode seu utilizado tanto para áreas internas quanto para áreas externas.

Piso Elevado - Área Interna

O Sistema de Piso Elevado Linha **Petrum® Levitare®** para áreas Internas, pode ser fornecido com diversos tipos de acabamento: Porcelanatos, Madeiras (Parquet, Tacão etc), Fórmicas, Vinílicos etc que já vem industrializados pela fábrica da própria **Levitare®**, ou ser entregues com a pedra em seu estado natural como acabamento final ou para aplicação de acabamentos como carpet.

Piso Elevado - Área Externa

O Sistema de Piso Elevado Linha **Petrum® Levitare®** para áreas Externas**,** pode ser fornecido com acabamentos como Porcelanato que já vem industrializados pela fábrica da própria **Levitare®**, ou ser entregues com a pedra em seu estado natural como acabamento final.
O Sistema de Piso Elevado Linha **Petrum® Levitare®** para áreas externas tem inúmeras aplicações, tais como: áreas de sombreamento, proteção de tubulações e instalações, bases de jardim, pisos técnicos etc.

Vantagens do sistema

- **Altamente durável e resistente.**
- **Não oxida**: Placas de pedra natural. A pesar dos cuidados no tratamento superficial dispensado à maioria dos sistemas de piso elevado em aço, tem-se verificado que muitas instalações apresentam oxidações prematuras em curto espaço de tempo;
- **Manutenção mínima**;
- **Planicidade melhor**: Devido à calibragem da espessura, as placas assentam perfeitamente, evitando desníveis e empenamento;
- **Montagem e desmontagem simples**. Dispensa o uso de elementos de fixação como parafusos, etc, aumentando a velocidade da montagem e da desmontagem;
- **Ressonância menor**. Devido a placa ser maciça;
- **Totalmente anti-rangido**;
- **Melhor relação custo benefício** . O sistema é em média 20% mais barato que o convencional de placas de aço;
- **Anti-estático:** O Petrum é uma pedra que não acumula carga eletrostática;
- **Intercambialidade:** Tolerancias de fabricação que garantem intercambiabilidade das placas.

LEVITARE – A Evolução do Piso
Rua Otavio Tarquínio de Souza, 1051 – Campo Belo – 04613-003 São Paulo
Fone/Fax: (11) 5533-6699 – e-mail: levitare@levitare.com.br

Figura B.8 – Características técnicas do sistema de piso elevado com revestimento de pedra natural

ANEXO C – Certificados e parecer técnico de sustentabilidade das empresas pesquisadas



CERTIFICADO

SENAPLAS

SELO NACIONAL DE PLÁSTICOS RECICLADOS ABIPLAST

A ABIPLAST – Associação Brasileira da Indústria do Plástico
confere à [redacted]
inscrita no CNPJ: 17.214.638/0001-28
o direito de uso da marca SENAPLAS - Selo Nacional de Plásticos Reciclados, número do **certificado S/00362024,** durante o período de 2 anos enquanto o cumprimento dos termos de uso da mesma.

São Paulo,21 de setembro de 2022

CNRPLAS
CÂMARA NACIONAL DOS RECICLADORES DE MATERIAIS PLÁSTICOS

abiplast
Associação Brasileira da Indústria do Plástico

Eng. Ricardo Jamil Hajaj
Coordenador da Câmara Nacional dos Recicladores de Materiais Plásticos
Conselheiro Fiscal ABIPLAST

Figura C.1 – Certificado de sustentabilidade emitido pela ABIPLAST - Associação Brasileira de Indústria do Plástico



Figura C.2 – Certificado de sustentabilidade emitido pelo instituto Chico Mendes



Bureau Veritas Certification

Rodovia João Paulo Reolon, 4200, São Gabriel - 84602-000 - União da Vitória/PR - Brasil

Bureau Veritas Certification Holding SAS - UK Branch certifica que o Sistema de Gestão da organização acima foi avaliado e encontrado em conformidade com os requisitos da norma detalhada abaixo

ISO 9001:2015

Escopo de Certificação

PROCESSAMENTO DE REJEITOS INDUSTRIAIS, TRANSFORMANDO-OS EM RESÍDUOS PLÁSTICOS PARA OBTENÇÃO DE MATÉRIA-PRIMA E FABRICAÇÃO DE MADEIRA PLÁSTICA.

Data da aprovação original:	12-06-2024
Validade do certificado anterior:	NA
Data da auditoria de recertificação/certificação:	31-05-2024
Data de início do ciclo de certificação / recertificação:	12-06-2024
Sujeito à operação satisfatória contínua do sistema de gestão da organização, este certificado é válido até:	11-06-2027

Certificado N°: BR042114 Versão: 1 Data de emissão: 12-06-2024

UKAS MANAGEMENT SYSTEMS 0008

Signed on behalf of BVCH SAS UK Branch

Endereço do corpo de certificação: 5th Floor, 66 Prescot Street, London, E1 8HG, United Kingdom

Escritório local: Rua Piauí, 435, Santa Paula - 09541-150 - São Caetano do Sul/SP - Brasil

Para esclarecimentos adicionais em relação ao escopo e validade deste certificado, e a aplicabilidade dos requisitos do sistema de gestão, ligar para: +551126559001.

UKAS Certificate Template Single Site Rev.4.1 28 Aug 2023

1/1

Figura C.3 – Certificado de sustentabilidade emitido pela *Bureau Veritas Certification*



Figura C.4 – Parecer técnico emitido pela PROCERT – Programa de Certificação pelo Compromisso com a Responsabilidade Socioambiental



Sumário

INTRODUÇÃO 3
OBJETIVO DO PARECER TÉCNICO 5
DOCUMENTOS APRESENTADOS PARA HOMOLOGAR A CERTIFICAÇÃO 6
METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO 6
APRESENTAÇÃO DA EMPRESA CERTIFICADA 7
AVALIAÇÃO 9
GOVERNANÇA CORPORATIVA 9
GESTÃO SOCIAL 10
COLABORADORES 11
CLIENTES 11
CARACTERIZAÇÃO DO PRODUTO 11
DESCRIÇÃO DO PRODUTO 11
CICLO DE VIDA DO PRODUTO 14
GESTÃO AMBIENTAL 17
GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS 17
EMISSÕES ATMOSFÉRICAS 19
USO DE ENERGIA 19
GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS 19
DIFERENCIAIS DO PRODUTO 19
SUSTETABILIDADE – O PROCESSO DE RECICLAGEM DO PLÁSTICO 20
RESULTADOS 22
RECOMENDAÇÕES 25
CONCLUSÃO 29

Instituto Internacional de Pesquisa e Responsabilidade Socioambiental Chico Mendes
Rod. PR 506, 2617 Jardim das Acácias — Quatro Barras/ PR CEP: 83.420-000
Sede Verde: operacional@institutochicomendes.org.br / www.institutochicomendes.org.br | (41) 3672 – 3681

Figura C.5 – Sumário do parecer técnico consultado no estudo

ANEXO D – Formulário para coleta de dados

REVESTIMENTO DE PISO | Áreas Externas

Prezado(a),

Agradecemos pela atenção e disponibilidade em responder a este formulário. Esta pesquisa tem como objetivos o **desenvolvimento de um trabalho acadêmico na Universidade de Brasília (UnB)**, voltado à análise de diferentes alternativas de revestimentos de piso.

Solicitamos que o preenchimento de todas as respostas seja feito com base nos dados da sua empresa para áreas externas, garantindo representatividade nas análises.

Sua colaboração é muito apreciada e será de grande valor para o progresso da Construção Civil no Brasil!

1. Nome da Empresa:

2. Sistema de revestimento comercializado:

   Marcar apenas uma oval.

   - ◯ Piso Cerâmico
   - ◯ Piso Elevado
   - ◯ Piso em Madeira Plástica

3. Qual a faixa de valores estimados para fornecimento e instalação completa do sistema (R$/m²), considerando área externa de 80 m².

Figura D.1 - Parte I do formulário para coleta de dados

4. O valor informado inclui todos os insumos estruturais e acessórios necessários (suportes, pedestais, perfis, argamassa, rejunte, fixadores etc.)?

5. Qual a capacidade de carga admissível do sistema (kg/m²)? (Solicita-se anexar laudo técnico, se possível.)

6. Qual o tempo médio de instalação (m²/dia) por equipe padrão?

7. O sistema exige mão de obra especializada ou certificada?

8. Qual o prazo médio de liberação para tráfego após a instalação?

9. O método de instalação interfere diretamente na camada impermeabilizante?

10. No caso de utilização de pedestais ou fixações, há perfuração da impermeabilização?

11. Qual a vida útil estimada do sistema em área externa descoberta?

Figura D.2 - Parte II do formulário para coleta de dados

12. A empresa possui registros de obras com mais de 5 anos de exposição externa?

13. Quais são as principais matérias-primas utilizadas na fabricação do produto?

14. Como é feita a gestão dos resíduos gerados, como recortes, retalhos e sobras de material (pedestais e pisos)?

15. Ao final da vida útil, o material pode ser reciclado?

16. A empresa possui certificações ambientais? (Solicita-se anexo dos certificados, se possível.)

Figura D.3 - Parte III do formulário para coleta de dados